

第10.5.1表 消火設備の主な故障警報

	設備	主な警報要素
消火 ポンプ	電動消火ポンプ（消火ポンプ（A））及び 電動消火ポンプ（1号，2号及び3号炉共 用）	ポンプ自動停止，電動機過負荷
	ディーゼル駆動消火ポンプ（消火ポンプ （B））及びディーゼル駆動消火ポンプ（1 号，2号及び3号炉共用）	ポンプ自動停止，装置異常 （燃料及び冷却水レベルの低下）
消火 設備	全域ハロン自動消火設備（一部1号，2号 及び3号炉共用）	設備異常 （電源故障，断線，短絡，地絡等）

第10.5.2表 火災感知設備の火災感知器の概略

火災感知器の設置箇所	火災感知器の設置型式	
一般エリア	煙感知器 ^{※2}	熱感知器 ^{※2} 炎感知器（赤外線） ^{※1,2}
	熱感知器 ^{※2}	炎感知器（赤外線） ^{※1,2}
原子炉格納容器	煙感知器	熱感知器
		熱感知器 ^{※1}
	熱感知器	炎感知器（赤外線） ^{※1}
体積制御タンク室及び蓄電池室	防爆型煙感知器 ^{※1}	防爆型熱感知器 ^{※1}
海水ポンプエリア及び補助給水タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}
燃料油貯油槽エリア及び重油タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}
焼却炉建家	煙感知器（1号，2号及び3号炉共用）	熱感知器（1号，2号及び3号炉共用） 炎感知器（赤外線）（1号，2号及び3号炉共用） ^{※1}
	熱感知器（1号，2号及び3号炉共用）	炎感知器（赤外線）（1号，2号及び3号炉共用） ^{※1}
	防爆型煙感知器（1号，2号及び3号炉共用） ^{※1}	防爆型熱感知器（1号，2号及び3号炉共用） ^{※1}
原子炉建屋，原子炉補助建屋通路部，ほう酸タンク室及び換気空調設備室	煙感知器	熱感知器
		光ファイバ温度監視装置
海水管トレンチ室	煙感知器	光ファイバ温度監視装置
	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}
中央制御室フロアケーブルダクト及び1次系計装盤室フロアケーブルダクト	煙感知器	光ファイバ温度監視装置
中央制御盤内及び工学的安全施設作動設備内（安全防護系シーケンス盤）	高感度煙検出設備	
使用済燃料乾式貯蔵施設	煙感知器，熱感知器，炎感知器（赤外線） ^{※1}	

※1：非アナログ式の火災感知器

※2：1－固体廃棄物貯蔵庫，2－固体廃棄物貯蔵庫，蒸気発生器保管庫及び雑固体処理建屋内の1号，2号及び3号炉共用を含む。

第10.5.3表 消火設備の概略仕様

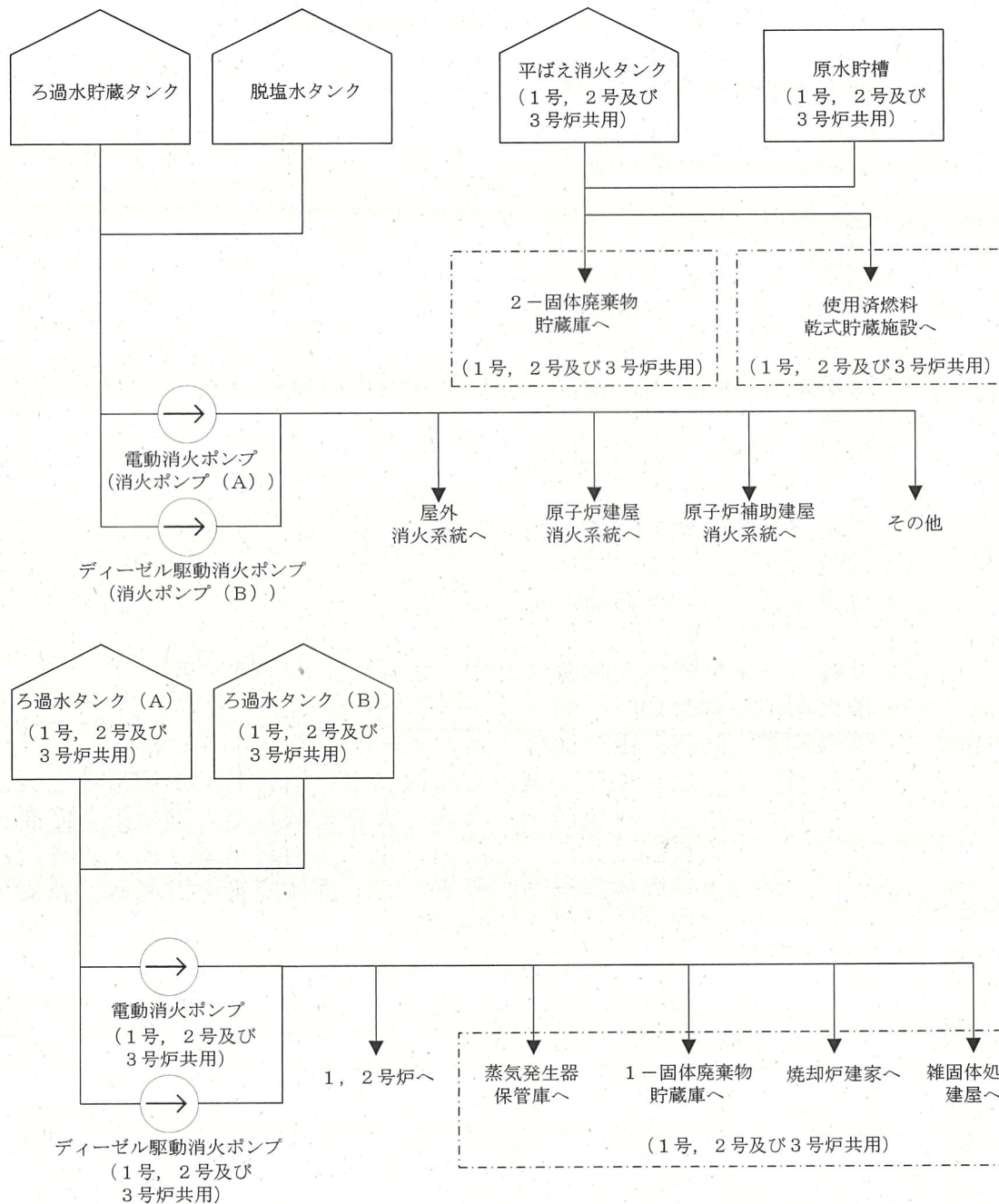
- (1) 消火ポンプ (A)
 - ・ 個数 1
 - ・ 容量 約660m³/h

- (2) 消火ポンプ (B)
 - ・ 個数 1
 - ・ 容量 約660m³/h

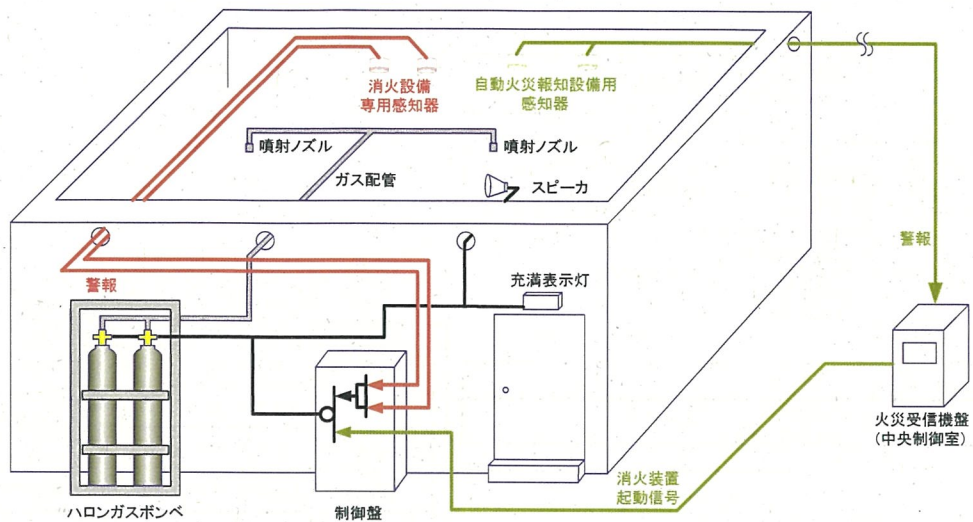
- (3) 電動消火ポンプ (1号, 2号及び3号炉共用)
 - ・ 個数 1
 - ・ 容量 約546m³/h

- (4) ディーゼル駆動消火ポンプ (1号, 2号及び3号炉共用)
 - ・ 個数 1
 - ・ 容量 約498m³/h

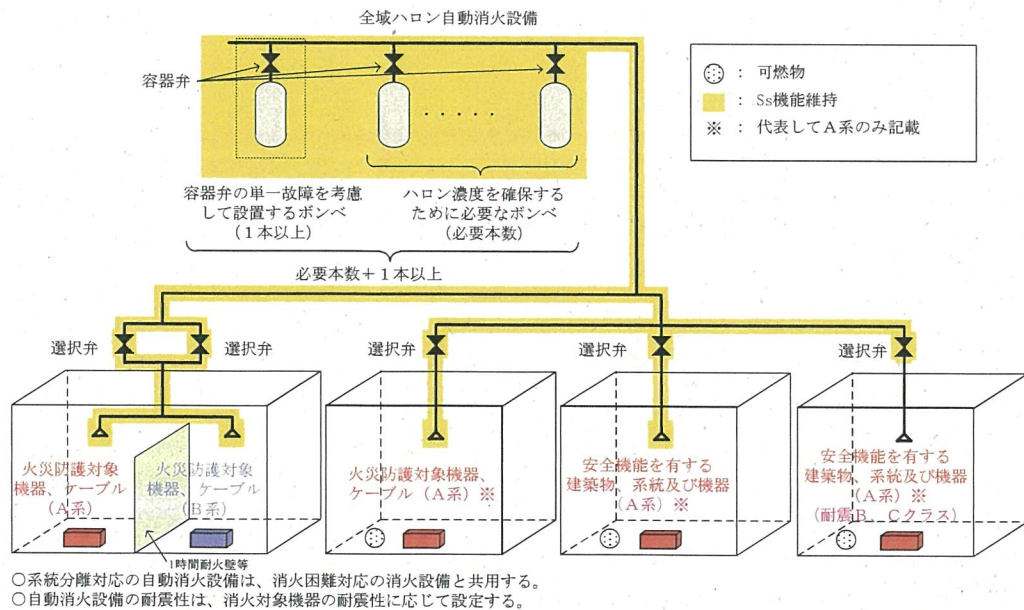
- (5) 全域ハロン自動消火設備 (1号, 2号及び3号炉共用)
 - ・ 消火剤: ハロン1301
 - ・ 消火剤量: 防護区画の体積1立方メートル当たり0.32kg以上
 - ・ 設置箇所: 火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画, 火災の影響軽減のための対策が必要な火災区域又は火災区画 (原子炉補助建屋, 原子炉建屋, 1-固体廃棄物貯蔵庫, 2-固体廃棄物貯蔵庫, 雑固体処理建屋及び焼却炉建家)



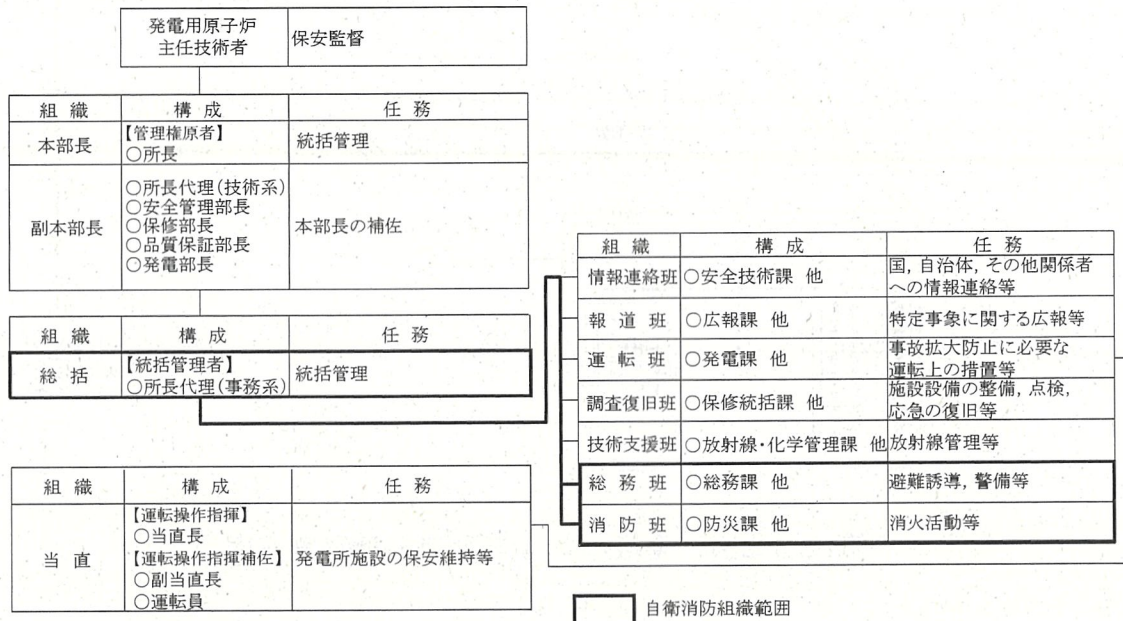
第10.5.1図 消火栓設備系統図



第10.5.2図 全域ハロン自動消火設備概要図



第10.5.3図 系統分離に応じた独立性を考慮した全域ハロン自動消火設備



第10.5.4図 自衛消防組織体制図

2. 火災防護について

(別添資料)

火災防護に係る審査基準への適合性について(使用済燃料
乾式貯蔵施設)

別 添

火災防護に係る審査基準への
適合性について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

<目 次>

1. 概要
2. 火災防護審査基準の要求事項について
 - 2.1 基本事項
 - 2.1.1 火災発生防止
 - 2.1.1.1 原子炉施設内の火災発生防止について
 - 2.1.1.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について
 - 2.1.1.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止について
 - 2.1.2 火災の感知及び消火
 - 2.1.2.1 早期の火災感知及び消火について
 - 2.1.2.2 地震等の自然現象の考慮
 - 2.1.2.3 消火設備の破損、誤動作及び誤操作による安全機能への影響
 - 2.1.3 火災の影響軽減
 - 2.1.3.1 火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減対策について
 - 2.1.3.2 火災影響評価について
 - 2.2 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について
 - 2.3 火災防護計画について
- 添付資料－1 火災区域及び火災区画面図
- 添付資料－2 使用済燃料乾式貯蔵容器の監視用計器について
- 添付資料－3 建屋内装材の不燃性について
- 添付資料－4 使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおける設置機器に対する火災防護上の整理
- 添付資料－5 使用済燃料乾式貯蔵容器取扱中の各様態における火災防護対策について

1. 概要

「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（以下「火災防護審査基準」という。）」では、原子炉施設の火災防護対策の詳細に関して、原子炉施設の安全機能確保の観点から、考慮すべき事項を定められている。

使用済燃料乾式貯蔵施設の内部火災に対する防護対策が、火災防護審査基準に適合していることを以下に示す。

なお、本資料にて示す基本方針以外の事項については、消防法に基づく火災防護対策を実施する。

2. 火災防護審査基準の要求事項について

火災防護審査基準では、火災の発生防止、火災の感知及び消火設備の設置並びに火災の影響軽減対策を要求しており、使用済燃料乾式貯蔵施設は以下のとおり審査基準の各要求に適合している。

2.1 基本事項

〔要求事項〕

(1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。

①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構造物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画

②放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構造物、系統及び機器が設置される火災区域

(参考)

審査に当たっては、本基準中にある（参考）に示す事項について確認すること。また、上記事項に記載されていないものについては、JEAC4626-2010 及びJEAG4607-2010 を参照すること。

なお、本基準の要求事項の中には、基本設計の段階においてそれが満足されているか否かを確認することができないものもあるが、その点については詳細設計の段階及び運転管理の段階において確認する必要がある。

使用済燃料乾式貯蔵施設内の火災区域又は火災区画に設置される放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づき、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

(1) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち使用済燃料乾式貯蔵容器は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に該当する。

(2) 火災防護を行う機器等の選定

使用済燃料乾式貯蔵施設において火災が発生した場合に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を防護する必要があることから、放射性物質の貯蔵機能を有する使用済燃料乾式貯蔵容器の火災防護を行う機器として選定する。

(3) 火災区域及び火災区画の設定

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域であり、他の火災区域と隣接しない火災区域として設定する。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器を設置する使用済燃料乾式貯蔵建屋を火災区域として設定する。

火災区域のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵機能を有する使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアを火災区画とし、使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに隣接する使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア及び使用済燃料乾式貯蔵施設ユーティリティエリア（以下、「使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア等」という。）を火災区画として設定する。（添付資料－1）

2.1.1 火災発生防止

2.1.1.1 原子炉施設内の火災発生防止について

[要求事項]

2.1.1 原子炉施設は火災の発生を防止するために以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

(1) 発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域は、以下の事項を考慮した、火災の発生防止対策を講じること。

①漏えいの防止、拡大防止

発火性物質又は引火性物質の漏えいの防止対策、拡大防止対策を講じること。ただし、雰囲気の不活性化等により、火災が発生するおそれがない場合は、この限りでない。

②配置上の考慮

発火性物質又は引火性物質の火災によって、原子炉施設の安全機能を損なうことがないように配置すること。

③換気

換気ができる設計であること。

④防爆

防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施すこと。

⑤貯蔵

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域における発火性物質又は引火性物質の貯蔵は、運転に必要な量にとどめること。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれがある火災区域には、滞留する蒸気又は微粉を屋外の高所に排出する設備を設けるとともに、電気・計装品は防爆型とすること。また、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設けること。

(3) 火花を発生する設備や高温の設備等発火源となる設備を設置しないこと。ただし、災害の発生を防止する付帯設備を設けた場合は、この限りでない。

(4) 火災区域内で水素が漏えいしても、水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように、水素を排気できる換気設備を設置すること。また、水素が漏えいするおそれのある場所には、その漏えいを検出して中央制御室にその警報を発すること。

(5) 放射線分解等により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講じること。

(6) 電気系統は、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱防止のため、保護継電器と遮断器の組合せ等により故障回路の早期遮断を行い、過熱、焼損

の防止する設計であること。

(参考)

(1) 発火性又は引火性物質について

発火性又は引火性物質としては、例えば、消防法で定められる危険物、高圧ガス保安法で定められる高圧ガスのうち可燃性のもの等が挙げられ、発火性又は引火性気体、発火性又は引火性液体、発火性又は引火性固体が含まれる。

(5) 放射線分解に伴う水素の対策について

BWR の具体的な水素対策については、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン(平成17年10月)」に基づいたものとなっていること。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、以下のとおり、火災の発生を防止するための対策を講じる設計とする。

(1) 火災の発生防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、消防法で定められる危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」、高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められる水素、窒素、液化炭酸ガス及び空調用冷媒等のうち、可燃性である「水素」及び「アセチレン」のような、発火性又は引火性物質を内包する設備はない。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

使用済燃料乾式貯蔵施設において有機溶剤を使用し可燃性蒸気が滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所の局所排気を行い、滞留を防止する設計とする。

なお、使用済燃料乾式貯蔵施設には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん(石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん)」や「爆発性粉じん(金属粉じんのように空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん)」のような可燃性の微粉を発生する設備はない。

(3) 発火源への対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、火花を発生する設備はない。

(4) 水素及びアセチレン対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、水素又はアセチレンを内包する設備はない。

(5) 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射線分解等により水素を発生させる設備はない。

(6) 過電流による過熱防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設の電気系統の過電流による過熱の防止対策は、以下の設計とする。

電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱及び焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により、故障回路を早期に遮断する設計とする。

(7) その他の発生防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設において可燃性物質を使用する場合は、火災の発生を防止するため、着火源の排除、異常な温度上昇の防止、可燃性物質の漏えい防止対策等の措置を講じた設計とする。

2.1.1.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について

[要求事項]

2.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下の各号に掲げるとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。ただし、当該構築物、系統及び機器の材料が、不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）である場合、もしくは、当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合は、この限りではない。

- (1) 機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体、及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は不燃性材料を使用すること。
- (2) 建屋内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用すること。
- (3) ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。
- (4) 換気設備のフィルタは、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、チャコールフィルタについては、この限りでない。
- (5) 保温材は金属、ロックウール又はグラスウール等、不燃性のものを使用すること。
- (6) 建屋内装材は、不燃性材料を使用すること。

(参考)

「当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合」とは、ポンプ、弁等の駆動部の潤滑油、機器躯体内部に設置される電気配線、不燃材料の表面に塗布されるコーティング剤等、当該材料が発火した場合においても、他の構築物、系統又は機器において火災を生じさせるおそれが小さい場合をいう。

(3) 難燃ケーブルについて

使用するケーブルについて、「火災により着火し難く、著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」を有していることが、延焼性及び自己消火性の実証試験により示されていること。

(実証試験の例)

- ・自己消火性の実証試験・・・UL 垂直燃焼試験
- ・延焼性の実証試験・・・IEEE383 または IEEE1202

使用済燃料乾式貯蔵施設において、放射性物質の貯蔵機能を維持するために必要な機器に対しては、不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計とする。また、不燃性材料及び難燃性材料が使用できない場合は、以下の設計とする。

- ・ 不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する。
- ・ 当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

(1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設の主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し、ステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼等の金属材料、又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。（添付資料－２）

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射性物質の貯蔵機能を維持するために必要な変圧器及び遮断器はない。

(3) 難燃性ケーブルの使用

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射性物質の貯蔵機能を維持するために必要なケーブルはない。

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料及び難燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射性物質の貯蔵機能を維持するために必要な換気装置のフィルタを設置しない。

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射性物質の貯蔵機能を維持するために必要な保温材を使用しない。

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設の内装材は、建築基準法に基づく不燃性材料又はこれと同等の性能を有することを試験により確認した不燃性材料、又は消防法に基づく防災物品若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。（添付資料－３）

2.1.1.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止について

[要求事項]

2.1.3 落雷、地震等の自然現象によって、原子炉施設内の構築物、系統及び機器に火災が発生しないように以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

- (1) 落雷による火災の発生防止対策として、建屋等に避雷設備を設置すること。
- (2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止すること。なお、耐震設計については実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））に従うこと。

使用済燃料乾式貯蔵施設に想定される自然現象は、落雷、地震、津波、火山、森林火災、竜巻、風（台風）、凍結、降水、積雪、生物学的事象、地滑り、洪水及び高潮である。

津波、森林火災及び竜巻（風（台風）含む。）は、それぞれの現象に対して、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なわないように防護することで、火災の発生防止を行う設計とする。

凍結、降水、積雪及び生物学的事象は、火源が発生する自然現象ではなく、火山についても、火山から使用済燃料乾式貯蔵施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると、火源が発生する自然現象ではない。

地滑り、洪水及び高潮は、使用済燃料乾式貯蔵施設の地形を考慮すると、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を有する機器に影響を与える可能性がないため、火災が発生するおそれはない。

したがって、落雷、地震について、これら現象によって火災が発生しないように、以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

(1) 落雷による火災の発生防止

落雷による火災発生を防止するため、地盤面から高さ 20m を超える使用済燃料乾式貯蔵建屋は、建築基準法に基づき「JIS A 4201 建築物等の避雷設備（避雷針）」に準拠した避雷設備を設置する設計とする。

(2) 地震による火災の発生防止

十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する。

なお、耐震については「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に従い設計する。

2.1.2 火災の感知及び消火

2.1.2.1 早期の火災感知及び消火について

[要求事項]

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ①各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。
- ②火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講じること。
- ③外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

(参考)

(1) 火災感知設備について

早期に火災を感知し、かつ、誤作動（火災でないにもかかわらず火災信号を発すること）を防止するための方策がとられていること。

(早期に火災を感知するための方策)

- ・固有の信号を発する異なる種類の感知器としては、例えば、煙感知器と炎感知器のような組み合わせとなっていること。
- ・感知器の設置場所を1つずつ特定することにより火災の発生場所を特定することができる受信機を用いられていること。

(誤作動を防止するための方策)

- ・平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験機能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。

炎感知器又は熱感知器に代えて、赤外線感知機能等を備えた監視カメラシステムを用いても差し支えない。この場合、死角となる場所がないように当該システムが適切に設置されていること。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域である。

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金

属製で十分な耐火能力を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止する。（添付資料－４）

使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア等は、主要な機器が不燃物で構成され、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能であり、貯蔵準備作業中、作業員が離れる必要がある場合は、使用済燃料乾式貯蔵容器を使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに保管（仮置き）する。（添付資料－５）

したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから、使用済燃料乾式貯蔵施設の火災感知設備については、消防法に基づき設置する設計とする。

①火災感知器の環境条件等の考慮

火災感知設備の火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や火災の炎が生じる前に発煙する等の想定される火災の性質を考慮した設計とする。

②固有の信号を発する火災感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、「①火災感知器の環境条件等の考慮」の環境条件等を考慮し、消防法に基づき設置する設計とする。

③電源の確保

火災区域又は火災区画に設置する火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるように、消防法に基づき蓄電池を設け電源を確保する。

④火災受信機盤

火災区域又は火災区画で発生した火災は、中央制御室に設置されている火災感知設備の受信機で監視できる。

[要求事項]

(2) 消火設備

- ①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域または火災区画であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
- ②放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
- ③消火用水供給系の水源及び消火ポンプ系は、多重性又は多様性を備えた設計であること。
- ④原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を備えた設計であること。
- ⑤消火設備は、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等による二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置すること。
- ⑥可燃性物質の性状を踏まえ、想定される火災の性質に応じた十分な容量の消火剤を備えること。
- ⑦移動式消火設備を配備すること。
- ⑧消火剤に水を使用する消火設備は、2 時間の最大放水量を確保できる設計であること。
- ⑨消火用水供給系をサービス系または水道水系と共用する場合には、隔離弁等を設置して遮断する等の措置により、消火水の供給を優先する設計であること。
- ⑩消火設備は、故障警報を中央制御室に吹鳴する設計であること。
- ⑪消火設備は、外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ⑫消火栓は、全ての火災区域の消火活動に対処できるよう配置すること。
- ⑬固定式のガス系消火設備は、作動前に職員等の退出ができるように警報を吹鳴させる設計であること。
- ⑭管理区域内で消火設備から消火剤が放出された場合に、放射性物質を含むおそれのある排水が管理区域外へ流出することを防止する設計であること。
- ⑮電源を内蔵した消火設備の操作等に必要な照明器具を、必要な火災区域及びその出入通路に設置すること。

(参考)

(2) 消火設備について

- ①-1 手動操作による固定式消火設備を設置する場合は、早期に消火設備の起動が可能となるよう中央制御室から消火設備を起動できるように設計されていること。
上記の対策を講じた上で、中央制御室以外の火災区域又は火災区画に消火設備の起動装置を設置することは差し支えない。
- ①-2 自動消火設備にはスプリンクラー設備、水噴霧消火設備及びガス系消火設備（自動起動の場合に限る。）があり、手動操作による固定式消火設備には、ガス系消火設備等がある。中央制御室のように常時人がいる場所には、ハロン 1301 を除きガス系消火設備が設けられていないことを確認すること。
- ④ 「系統分離に応じた独立性」とは、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器が系統分離を行うため複数の火災区域又は火災区画に分離して設置されている場合に、それらの火災区域又は火災区画に設置された消火設備が、消火ポンプ系（その電源を含む。）等の動的機器の単一故障により、同時に機能を喪失することがないことをいう。
- ⑦ 移動式消火設備については、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 53 年通商産業省令第 77 号）第 85 条の 5」を踏まえて設置されていること。
- ⑧ 消火設備のための必要水量は、要求される放水時間及び必要圧力での最大流量を基に設計されていること。この最大流量は、要求される固定式消火設備及び手動消火設備の最大流量を合計したものであること。なお、最大放水量の継続時間としての 2 時間は、米国原子力規制委員会(NRC)が定める Regulatory Guide 1.189 で規定されている値である。上記の条件で設定された防火水槽の必要容量は、Regulatory guide1.189 では 1,136,000 リットル (1,136 m³) 以上としている。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域である。

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止する。（添付資料-4）

使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア等は、主要な機器が不燃物で構成され、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能であり、貯蔵準備作業中、作業員が離れる必要がある場合は、使用済燃料乾式貯蔵容器を使用済燃料乾式貯

蔵施設貯蔵エリアに保管（仮置き）する。（添付資料－5）

したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから、使用済燃料乾式貯蔵施設の消火設備については、消防法に基づき消火器及び屋内消火栓を設置する設計とする。

①原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の安全停止に必要な機器ではない。

②使用済燃料乾式貯蔵施設の火災区域に設置する消火設備

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止する。

使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア等は、主要な機器が不燃物で構成され、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能であり、貯蔵準備作業中、作業員が離れる必要がある場合は、使用済燃料乾式貯蔵容器を使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに保管（仮置き）する。

したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから、消防法に基づき消火器及び屋内消火栓を設置する設計とする。

輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には、自衛消防隊にて対応する。

③消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

消火用水供給系の水源は、平ばえ消火タンク（約 150m³）及び原水貯槽（約 600m³）を各 1 基設置し、静水頭により消火水を供給する設計とする。

④系統分離に応じた独立性の考慮

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の安全停止に必要な機器ではない。

⑤火災に対する二次的影響の考慮

使用済燃料乾式貯蔵容器は、金属製の密封容器であるため、流体流出等の二次的影響を受けない。

⑥想定火災の性質に応じた消火剤の容量について

消火剤に水を使用する消火設備の容量は、「⑧消火用水の最大放水量の確保」に示す。

⑦移動式消火設備の配備

移動式消火設備は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第83条の5に基づき、消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車（1台）及び水槽付消防自動車（1台）を配備する。



化学消防自動車



水槽付消防自動車

⑧消火用水の最大放水量の確保

使用済燃料乾式貯蔵施設の消火剤に水を使用する消火設備は、以下のとおり2時間の最大放水量を確保できる設計とする。

水消火設備に必要な消火水の容量について、屋内消火栓は、消防法施行令第11条（屋内消火栓設備に関する基準）を満足するよう設計する。

消火用水供給系の水源である平ばえ消火タンク及び原水貯槽は、2本の屋外消火栓を同時に使用して消火することを想定し、屋外消火栓に必要な圧力及び必要な流量（350L/min）で、消火を2時間継続した場合の水量（84m³）を確保する設計とする。

⑨水消火設備の優先供給

消火用水供給水系は、飲料水系や所内用水系等と共用する場合には、隔離弁を設置して遮断する措置により、消火用水の供給を優先する設計とする。

⑩消火設備の故障警報

使用済燃料乾式貯蔵施設の消火用水は、静水頭により消火水を供給する設計であり、消火ポンプ等の動的機器を設置しない設計とするため、故障警報はない。

⑪消火設備の電源確保

使用済燃料乾式貯蔵施設の消火用水は、静水頭により消火水を供給する設計のため、電源は必要ない。

⑫消火栓の配置

使用済燃料乾式貯蔵施設の火災区域に設置する消火栓は、消防法施行令第11条（屋内消火栓設備に関する基準）に準拠し、使用済燃料乾式貯蔵建屋内

は消火栓から半径 25m の範囲における消火活動を考慮した設計とする。

⑬固定式ガス消火設備における退出警報

使用済燃料乾式貯蔵施設は、固定式ガス消火設備を設置しない。

⑭管理区域内からの放出消火剤の流出防止

管理区域内で放出した消火水は、放射性物質を含むおそれがある場合には、管理区域外への流出を防止するため、目皿や配管により排水及び回収し、液体廃棄物処理設備で処理する設計とする。

⑮操作等が必要な消火設備の照明器具

消火栓、消火設備現場盤の設置場所及び設置場所への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、消防法で要求される消火継続時間 20 分に現場への移動等の時間を考慮した、1 時間以上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

2.1.2.2 地震等の自然現象の考慮

[要求事項]

2.2.2 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に示すように、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

- (1) 凍結するおそれがある消火設備は、凍結防止対策を講じた設計であること。
- (2) 風水害に対して消火設備の性能が著しく阻害されない設計であること。
- (3) 消火配管は、地震時における地盤変位対策を考慮した設計であること。

(参考)

火災防護対象機器等が設置される火災区画には、耐震B・Cクラスの機器が設置されている場合が考えられる。これらの機器が基準地震動により損傷しSクラス機器である原子炉の火災防護対象機器の機能を失わせることがないことが要求される場所であるが、その際、耐震B・Cクラス機器に基準地震動による損傷に伴う火災が発生した場合においても、火災防護対象機器等の機能が維持されることについて確認されていない。

- (2) 消火設備を構成するポンプ等の機器が水没等で機能しなくなることを防ぐよう、設計に当たっては配置が考慮されていること。

火災感知設備及び消火設備は、以下に示す地震等の自然現象によっても、機能及び性能が維持される設計とする。

(1) 凍結防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、屋内消火栓を設置する。

(2) 風水害対策について

風水害により、性能が阻害されるようなポンプ等の機器は設置しない設計とする。

(3) 地震時の地盤変位対策について

消火配管は、地震時における地盤変位対策として、建屋貫通部付近の接続部には機械式継手ではなく溶接継手を採用し、地盤変位の影響を直接受けまいよう、地上化又はトレンチ内に設置する設計とする。

また、建屋外部から建屋内部の消火栓に給水することが可能な給水接続口については、消防法に基づき設置する設計とする。

(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について

上記の風水害を含め、使用済燃料乾式貯蔵施設に想定される自然現象は、落雷、地震、津波、火山、森林火災、竜巻、風（台風）、凍結、降水、積雪、生物学的事象、地滑り、洪水及び高潮である。火災防護設備がこれらの自然事象

の影響により、機能、性能を阻害された場合には、基本的には設備の予備等を用いて早期の取替復旧を行うこととするが、必要に応じて火災監視員の配置や、代替消火設備の配備等を行い、必要な性能を維持することとする。

2.1.2.3 消火設備の破損、誤動作及び誤操作による安全機能への影響

[要求事項]

2.2.3 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、消火設備の破損、誤動作又は誤操作によって、安全機能を失わない設計であること。また、消火設備の破損、誤動作又は誤操作による溢水の安全機能への影響について「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」により確認すること。

(参考)

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイドでは、発生要因別に分類した以下の溢水を想定することとしている。

- a. 想定する機器の破損等によって生じる漏水による溢水
- b. 発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水
- c. 地震に起因する機器の破損等により生じる漏水による溢水

このうち、b. に含まれる火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水として、以下が想定されていること。

- ①火災感知により自動作動するスプリンクラーからの放水
- ②建屋内の消火活動のために設置される消火栓からの放水
- ③原子炉格納容器スプレイ系統からの放水による溢水

消火設備の放水による溢水等は、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に基づき、安全機能への影響がないよう設計する。

2.1.3 火災の影響軽減

2.1.3.1 火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減対策について

[要求事項]

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

- (1) 原子炉の高温停止及び低温停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域については、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離すること。
- (2) 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及びこれらに関連する非安全系のケーブルとの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計であること。具体的には、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが次に掲げるいずれかの要件を満たしていること。
 - a. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離されていること。
 - b. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間の水平距離が6 m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。
 - c. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。
- (3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域については、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁によって他の火災区域から分離されていること。
- (4) 換気設備は、他の火災区域の火、熱、又は煙が安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域に悪影響を及ぼさないように設計すること。また、フィルタの延焼を防護する対策を講じた設計であること。
- (5) 電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域及び中央制御室のような通常運転員が駐在する火災区域では、火災発生時の煙を排気できるように排煙設備を設置すること。なお、排気に伴い放射性物質の環境への放出を抑制する必要が生じた場合には、排気を停止できる設計であること。
- (6) 油タンクには排気ファン又はベント管を設け、屋外に排気できるように設計されていること。

(参考)

- (1) 耐火壁の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されていること。
- (2) -1 隔壁等の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されていること。

こと。

- (2) -2 系統分離を b. (6m 離隔+火災感知・自動消火) または c. (1 時間の耐火能力を有する隔壁等+火災感知・自動消火) に示す方法により行う場合には、各々の方法により得られる火災防護上の効果が、a. (3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等) に示す方法によって得られる効果と同等であることが示されていること。

使用済燃料乾式貯蔵施設の火災及び隣接する火災区域における火災による影響に対し、火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。なお、使用済燃料乾式貯蔵施設は、他の火災区域と隣接する火災区域はない。

(1) 火災区域の分離

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器ではない。

(2) 火災防護対象機器等の系統分離

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器ではない。

(3) 放射性物質貯蔵等の機器等に対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する耐火壁によって囲まれた火災区域である。なお、使用済燃料乾式貯蔵施設は、独立した建屋であり、他の火災区域と隣接する火災区域はない。

(4) 換気設備に対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、自然換気により換気を行う設計であり、放射性物質の貯蔵機能に悪影響を及ぼす換気設備はない。

(5) 煙に対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設において、電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域及び中央制御室のような通常運転員が駐在する火災区域はない。

(6) 油タンクに対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設に油タンクはない。

2.1.3.2 火災影響評価について

[要求事項]

2.3.2 原子炉施設内のいかなる火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計であること。また、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認すること。(火災影響評価の具体的手法は「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」による。)

(参考)

「高温停止及び低温停止できる」とは、想定される火災の原子炉への影響を考慮して、高温停止状態及び低温停止状態の達成、維持に必要な系統及び機器がその機能を果たすことができることをいう。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器ではない。

2.2 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について

〔要求事項〕

3. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

火災防護対策の設計においては、2. に定める基本事項のほか、安全機能を有する構築物、系統及び機器のそれぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じること。

(参考)

安全機能を有する構築物、系統及び機器の特徴を考慮した火災防護対策として、NRC が定めるRegulatory Guide 1.189 には、以下のものが示されている。

(1) ケーブル処理室

①消防隊員のアクセスのために、少なくとも二箇所の入口を設けること。

②ケーブルトレイ間は、少なくとも幅0.9 m、高さ1.5 m 分離すること。

(2) 電気室

電気室を他の目的で使用しないこと。

(3) 蓄電池室

①蓄電池室には、直流開閉装置やインバーターを収容しないこと。

②蓄電池室の換気設備が、2%を十分下回る水素濃度に維持できるようにすること。

③換気機能の喪失時には制御室に警報を発する設計であること。

(4) ポンプ室

煙を排気する対策を講じること。

(5) 中央制御室等

①周辺の部屋との間の換気設備には、火災時に閉じる防火ダンパを設置すること。

②カーペットを敷かないこと。ただし、防災性を有するものはこの限りではない。

なお、防災性については、消防法施行令第4条の3によること。

(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

消火中に臨界が生じないように、臨界防止を考慮した対策を講じること。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

- ①換気設備は、他の火災区域や環境への放射性物質の放出を防ぐために、隔離できる設計であること。
- ②放水した消火水の溜り水は汚染のおそれがあるため、液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計であること。
- ③放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂、チャコールフィルタ及びHEPA フィルタなどは、密閉した金属製のタンク又は容器内に貯蔵すること。
- ④放射性物質の崩壊熱による火災の発生を考慮した対策を講じること。

以下に示す火災区域又は火災区画は、それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を設計する。

(1) ケーブル処理室

使用済燃料乾式貯蔵施設にケーブル処理室はない。

(2) 電気室

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに電気室はない。

(3) 蓄電池室

使用済燃料乾式貯蔵施設に蓄電池室はない。

(4) ポンプ室

使用済燃料乾式貯蔵施設にポンプ室はない。

(5) 中央制御室等

使用済燃料乾式貯蔵施設に中央制御室等はない。

(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

使用済燃料乾式貯蔵容器は、消火水が噴霧されても臨界とならないよう、使用済燃料乾式貯蔵容器内に消火水が流入しない設計とする。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備ではない。

2.3 火災防護計画について

[要求事項]

(2) 火災防護対策並びに火災防護対策を実施するために必要な手順、機器及び職員の体制を含めた火災防護計画を策定すること。

(参考)

審査に当たっては、本基準中にある(参考)に示す事項について確認すること。また、上記事項に記載されていないものについては、JEAC4626-2010及びJEAG4607-2010を参照すること。

なお、本基準の要求事項の中には、基本設計の段階においてそれが満足されているか否かを確認することができないものもあるが、その点については詳細設計の段階及び運転管理の段階において確認する必要がある。

火災防護計画について

1. 原子炉施設設置者が、火災防護対策を適切に実施するための火災防護計画を策定していること。
2. 同計画に、各原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施される火災防護対策及び計画を実施するために必要な手順、機器、組織体制が定められていること。なお、ここでいう組織体制は下記に関する内容を含む。
 - ①事業者の組織内における責任の所在。
 - ②同計画を遂行する各責任者に委任された権限。
 - ③同計画を遂行するための運営管理及び要員の確保。
3. 同計画に、安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、以下の3つの深層防護の概念に基づいて火災区域及び火災区画を考慮した適切な火災防護対策が含まれていること。
 - ①火災の発生を防止する。
 - ②火災を早期に感知して速やかに消火する。
 - ③消火活動により、速やかに鎮火しない事態においても、原子炉の高温停止及び低温停止の機能が確保されるように、当該安全機能を有する構築物、系統及び機器を防護する。
4. 同計画が以下に示すとおりとなっていることを確認すること。
 - ①原子炉施設全体を対象とする計画になっていること。
 - ②原子炉を高温停止及び低温停止する機能の確保を目的とした火災の発生防止、火災の感知及び消火、火災による影響の軽減の各対策の概要が記載されていること。

火災防護計画は、火災防護審査基準の要求事項を踏まえ、以下に示す考え方に基づき策定する。

- (1) 使用済燃料乾式貯蔵施設を含む発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施する火災防護対策を適切に実施するために、伊方発電所における火災防護対策全般を網羅した火災防護計画を策定する。
- (2) 使用済燃料乾式貯蔵施設を含む発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施する火災防護対策及び計画を実施するために必要な手順、機器、組織体制を定める。具体的には、火災防護対策の内容、その対策を実施するための組織における各責任者と権限、火災防護計画を遂行するための組織とその運営管理及び必要な要員の確保（要員への教育訓練を含む。）について定める。
- (3) 使用済燃料乾式貯蔵施設を含む発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づいて、火災区域及び火災区画を考慮した以下のような火災防護対策を定める。

①火災の発生防止対策

- ・ 発火性又は引火性物質を内包する設備は、壁による配置上の分離により分離する。
- ・ 発火性又は引火性物質を内包する設備がある火災区域の建屋等は、空調機器による機械換気又は自然換気を行う。
- ・ 火災区域において有機溶剤を使用し、可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、作業場所の局所排気及び建屋の機械換気により、滞留を防止する。
- ・ 落雷、地震等の自然現象による火災が発生しないように、避雷設備の設置、十分な支持性能をもつ地盤への安全機能を有する構築物、系統及び機器の設置等の対策を実施する。
- ・ 点検等で使用する資機材（可燃物）は、火災区域、火災区画毎の制限発熱量を超過しないように可燃物の管理を行う手順を定める。
- ・ 溶接等の作業において、火気作業の計画策定、消火器等の配備、監視人の配置等の火気作業の管理を行う手順を定める。
- ・ 使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、可燃物の保管を禁止することを定める。
- ・ 使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアの一般照明は、通常時は主管電源を切っておき、入域時のみ電源を入れる運用とする。

②火災の感知及び消火に係る対策

- ・ 消火設備は、煙等による二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系

統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置する。

- ・水消火設備に必要な消火水の容量は、消防法施行規則等に基づいて算出した容量とする。
- ・移動式消火設備は、化学消防自動車1台、水槽付消防自動車1台を配備する。
- ・消火栓は、使用済燃料乾式貯蔵施設は、消火栓から半径25mの範囲を考慮して配置する。
- ・消火栓への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、蓄電池を内蔵する照明器具を設置する。
- ・屋外の消火設備の凍結を防止するため、屋外消火栓を微開して通水する手順を定める。
- ・消火配管は、地震時における地盤変位対策として、建屋接続部には機械式継手でなく溶接継手を採用し、地盤変位の影響を直接受けまいよう、地上化又はトレンチ内に設置する設計とする。

(4) 火災防護計画は、伊方発電所全体を対象範囲とし、具体的には、以下の項目を記載する。

- ・「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第8条に基づく(3)に示す対策
- ・森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発、発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災から安全施設を防護する対策
- ・使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵準備作業中は、常時作業員がいる運用とし、作業員が離れる場合は、使用済燃料乾式貯蔵容器を可燃物の保管禁止エリアである使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに保管する。

ただし、原子力災害に至る場合の火災発生時の対処、原子力災害と同時に発生する火災発生時の対処、大規模損壊に伴う大規模な火災が発生した場合の対処は、別途定める規定文書に基づいて対応する。

なお、上記に示す以外の構築物、系統及び機器は、消防法に基づく火災防護対策を実施する。

また、火災防護計画は、その計画において定める火災防護対策全般に係る定期的な評価及び改善を行うことによって、PDCAサイクルを回して継続的な改善を図って行くことを定めるとともに、火災防護に必要な設備の改造等を行う場合には、火災防護審査基準等への適合性を確認することを定める。

火災防護計画は、伊方発電所原子炉施設保安規定に基づく二次文書として制定し、業務遂行に係るルール等を記載する。さらに、具体的な業務手順、方法等については、三次文書として定める。

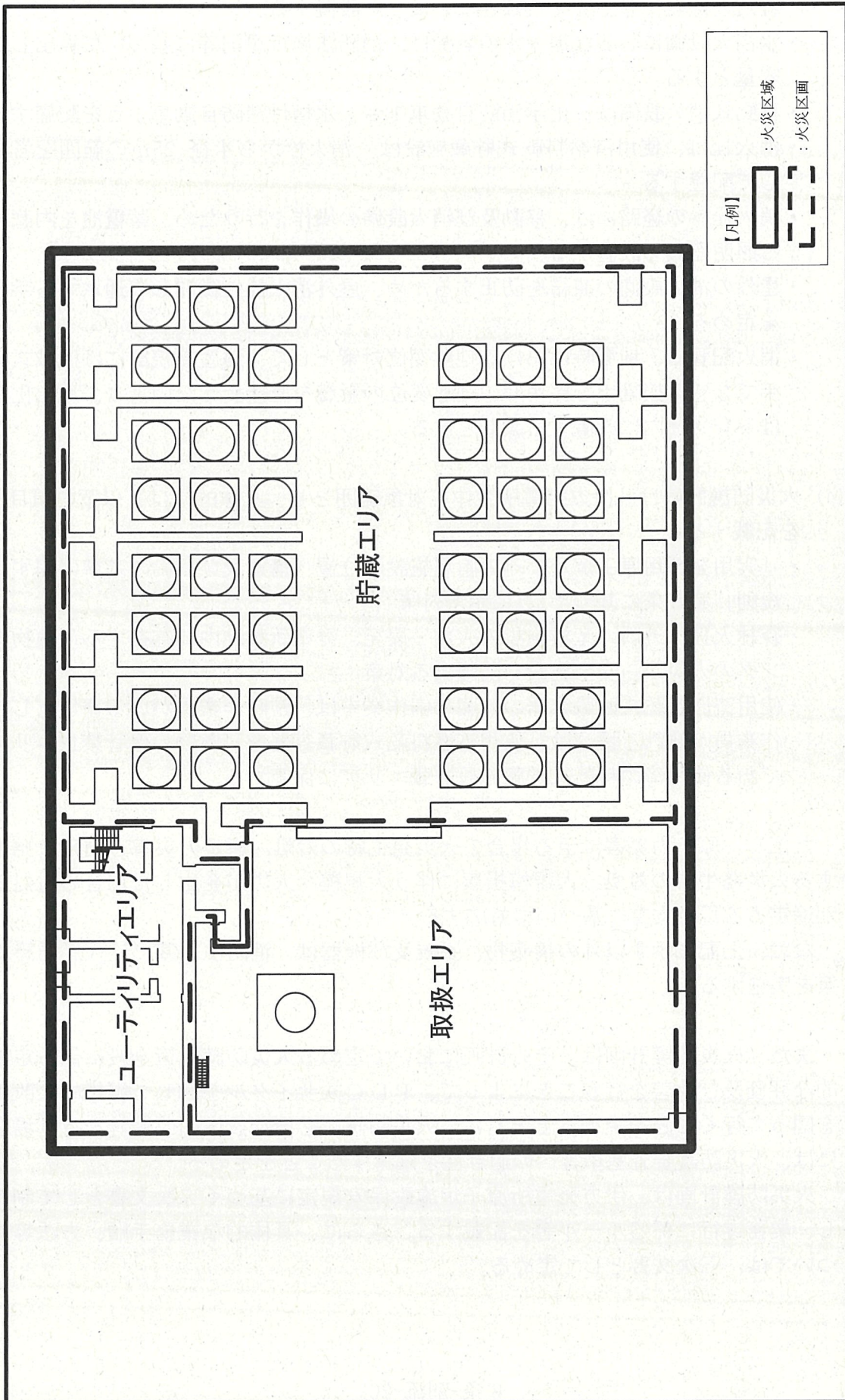


図1 火災区域及び火災区画面図

使用済燃料乾式貯蔵容器の監視用計器について

使用済燃料乾式貯蔵施設における使用済燃料乾式貯蔵容器の監視用計器については、常時監視を要しないことから、必要なときに作業員が使用済燃料乾式貯蔵容器毎に圧力及び温度を計測できるように、下表に示す機械式の圧力計及び可搬の電気式の温度計を設置することを検討している。

ここで、火災防護の観点から、どちらの方式においても、発火源とならないように、機械式は不燃材料で構成し、可搬の電気式は常時通電しない設計としている。

表1 使用済燃料乾式貯蔵容器の監視用計器（圧力計及び温度計）

	機械式	可搬の電気式
設置イメージ	<p>圧力計 (ブルドン管式圧力計)</p> <p>継手</p> <p>圧力導出管</p> <p>圧力計</p> <p>圧力計</p> <p>圧力導出管</p> <p>圧力導出管</p> <p><A 部詳細図></p> <p><B 部詳細図></p>	<p>温度計 (接触式ハンディ温度計)</p> <p>温度センサ</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵容器表面</p> <p>温度センサ</p> <p>温度センサ</p> <p><C 部詳細図></p>
火災防護上の整理	<ul style="list-style-type: none"> 計器が不燃材[*]で構成されており、電源が不要のため、発火源とならない。 構成部品（圧力計、圧力導出管、継手、ガスケット等）は、全て金属製 	<ul style="list-style-type: none"> 計器は常時通電しないことから、発火源とならない。（必要なときに、作業員が通電し、計測する。）

建屋内装材の不燃性について

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアに使用する建屋内装材は、「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」（以下「火災防護審査基準」という。）に準じて、以下のとおり設計する。

1. 建屋内装材における国内規制内容

建物の天井、壁、床に使用される内装材には、出火時の急速な火災拡大を防止するための防火規制が定められている。

火災拡大には天井材及び壁材の寄与が大きく、床材の寄与は小さいことから、国内規制では下表のとおり「天井材及び壁材」と「床材」で規制内容が異なる。天井材及び壁材については建築基準法により、また、床材については消防法により規制されている。

表1 規制内容比較

	建築基準法 (第35条の2)	消防法 (第8条の3)
規制の種類	内装制限	防災規制
規制の対象	壁材、天井材	床材 (じゅうたん等)
規制適合品の分類	不燃材料 準不燃材料 難燃材料	防災物品
認定(確認)の方法	試験による認定 仕様規定	試験による認定

2. 内装材の適合性判定

建屋内装材における国内規制内容を踏まえ、建築基準法における不燃材料、準不燃材料及び消防法における防災物品として防火性能を確認できた材料を、火災防護審査基準に適合する「不燃性材料」とする。

また、国内規定に定められる防火要求において、試験により確認できた材料を「代替材料」と位置付ける。（火災防護審査基準 2.1.2 ただし書きの適用）

なお、耐放射線等の機能要求があり、代替材料の使用が技術上困難な場合で、不燃材料の表面に塗布されたコーティング剤については、不燃性材料と同等と位置付ける。（火災防護審査基準 2.1.2 ただし書き及び（参考）の適用）

以上より、下記フローに基づき、内装材の適合性を確認する。

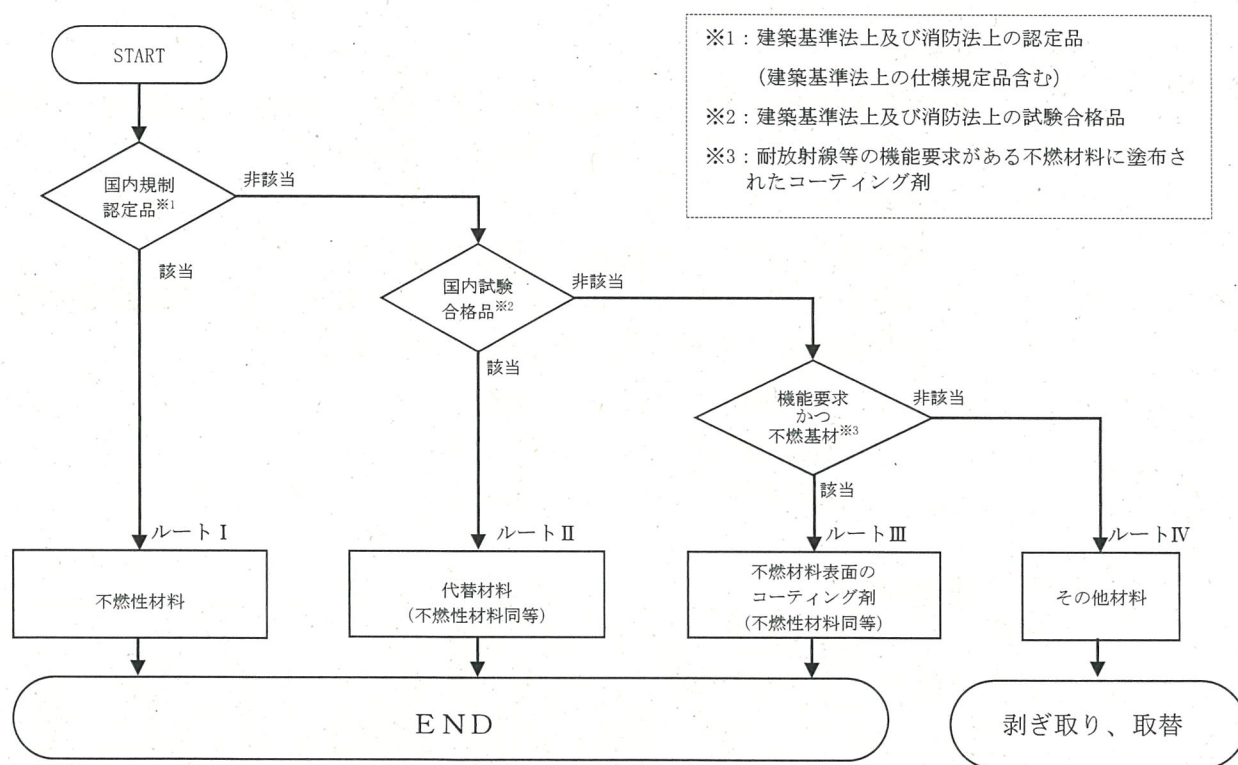


図1 内装材の適合性判定フロー

3. 内装材の認定、仕様規定の確認（ルートⅠ）

建屋内装材における防火規制上の認定及び仕様規定への適合を確認する。

4. 試験による内装材の適合性判定（ルートⅡ）

建屋内装材のうち防火規制上の認定及び仕様規定への適合が確認できない材料については、表2に示す試験により、不燃性材料の防火性能と同等以上（「代替材料」）であることを確認する。

表2 試験項目

対象部位	規制分類	試験名
天井材、壁材	建築基準法	コーンカロリメータ試験

4.1 コーンカロリメータ試験

(1) 試験方法

公的試験機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」に規定された発熱性試験・評価方法によるものとし、概要は以下のとおり。

- ・ 試験体は $n = 3$ とする。
- ・ 試験体の基材は、現地施工状況と同等とする。
- ・ 試験装置により加熱（電気ヒーター： 50kW/m^2 ）し、判定基準を満足する時間により防火性能グレードを評価する。
 - a 不燃材料 20 分間
 - b 準不燃材料 10 分間
 - c 難燃材料 5 分間

(2) 判定基準

判定基準	総発熱量が 8MJ/m^2 以下であること。
	最高発熱速度が、10秒以上継続して 200kW/m^2 を超えないこと。
	防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がないこと。 ^{※4}

※4：基材がコンクリート又は鉄骨等であるため、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴は発生しない。

5. 不燃材料表面に塗布されたコーティング剤の適合性判定結果（ルートⅢ）

耐放射線等の機能要求があり、代替材料の使用が技術上困難な場合で、不燃材料の表面に塗布されたコーティング剤については、不燃性材料と同等と位置付ける。（火災防護審査基準 2.1.2 ただし書き及び（参考）の適用）

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおける設置機器に対する火災防護上の整理

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおける火災防護上の整理について、以下の表1のとおりとする。

本表に示すとおり、使用済燃料乾式貯蔵容器は金属製で十分な耐火性能を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止することから、火災による安全機能への影響は考えにくい。

表1 機器・機材に対する火災防護上の整理表

機器・機材	火災防護上の整理
使用済燃料乾式貯蔵容器	金属容器であり、十分な耐火性能を有していることから発火源とはならない。
監視用計器	機械式計器又は可搬の電気式計器を使用することとしている。機械式計器は不燃材料で構成され、電気式計器は常時通電しない。
一般照明	通常時は主管電源を切っておき、貯蔵エリア入域時のみ電源を入れる運用とする。また、過電流保護装置により故障時には、電流をしゃ断すること、乾式キャスクに近接するような一般照明がないこと、及び可燃物の保管を禁止するエリアとする。
消火設備用照明器具、誘導灯	過電流保護装置により故障時には電流をしゃ断すること、乾式キャスクに近接するような消火設備用照明器具、誘導灯がないこと、及び可燃物の保管を禁止するエリアとする。
ケーブル	専用の電線管で布設する。
火災感知器	消防法に基づき設置する。
消火器、屋内消火栓	消防法に基づき設置する。
エアパレット	貯蔵準備作業時には、電気駆動のエアパレットを貯蔵エリアにて使用するが、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能である。

使用済燃料乾式貯蔵容器取扱中の各様態における火災防護対策について

使用済燃料乾式貯蔵施設における使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中の取扱フロー及び使用済燃料乾式貯蔵施設のエリア毎の火災防護対策設備について以下に示す。

表1 使用済燃料乾式貯蔵容器取扱中の各様態

取扱様態	作業エリア	状態	適用法令
① 取扱エリア搬入 ～ 検査架台（監視計器取付け）	取扱エリア	貯蔵準備 作業	炉規制法 消防法
② 検査架台～貯蔵エリア搬入	取扱エリア～貯蔵エリア		
③ 貯蔵架台固縛	貯蔵エリア		
④ 貯蔵	貯蔵エリア	貯蔵	

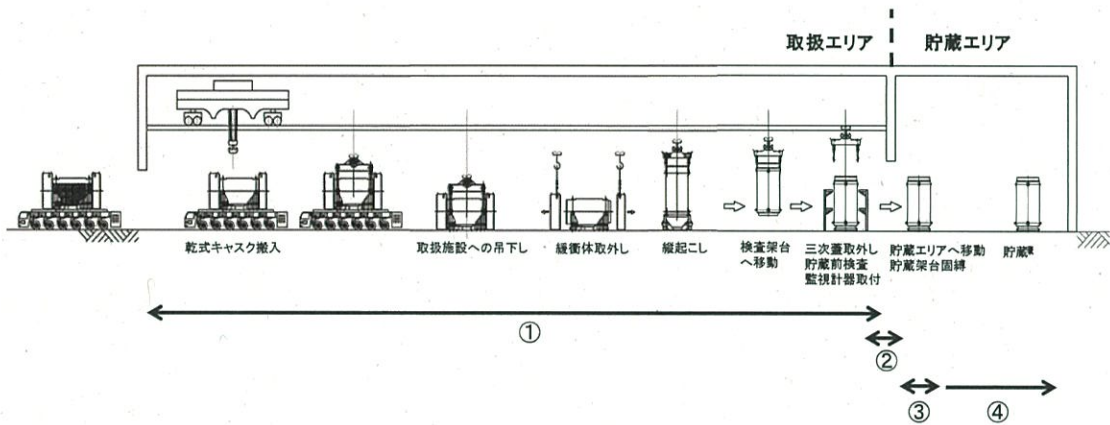


図1 使用済燃料乾式貯蔵容器取扱いフローイメージ

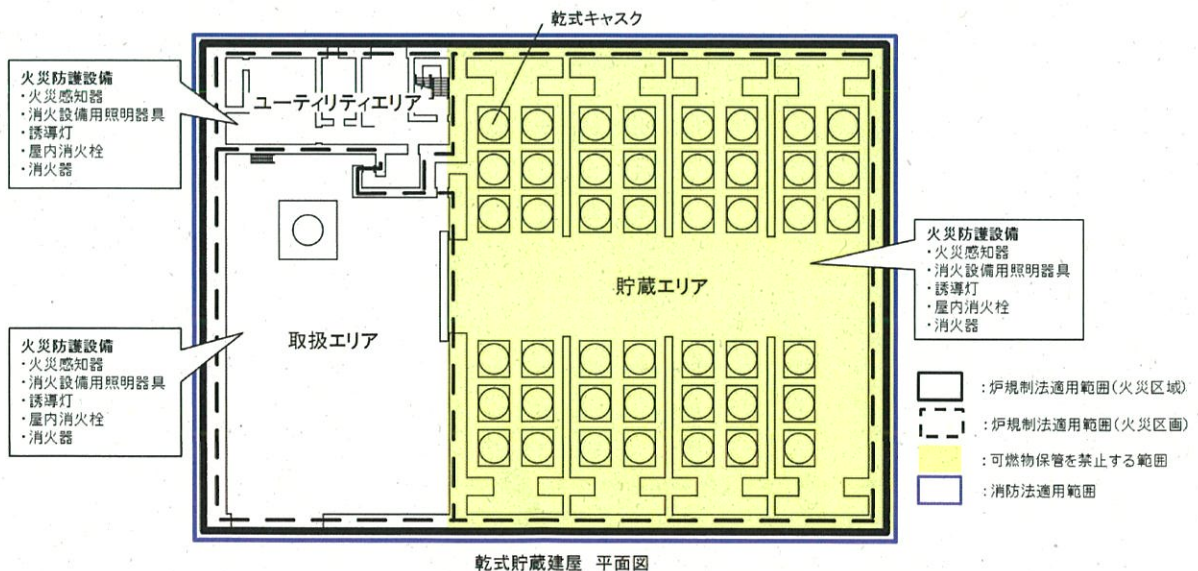


図2 使用済燃料乾式貯蔵施設の火災防護対策設備

12 条
安全施設

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項に対する適合性
 - (1) 位置、構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.2 気象等
 - 1.3 設備等

2. 安全施設
(別添資料)
安全施設 (使用済燃料乾式貯蔵施設)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

変更なし

(2) 安全設計方針

1.3 安全機能の重要度分類

発電用原子炉施設の安全機能の相対的重要度を、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき、次のように定め、これらの機能を果たすべき構築物、系統及び機器を適切に設計する。

1.3.1 安全上の機能別重要度分類

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それらが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類する。

(1) その機能の喪失により、発電用原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系で以下「P.S」という。）。

(2) 発電用原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系で以下「MS」という。）。

また、P.S及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器をその有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類する。それぞれのクラスの呼称は、第1.3.1表に掲げるとおりとする。

上記に基づく発電用原子炉施設の安全上の機能別重要度分類を第1.3.2表に示す。

なお、各クラスに属する構築物、系統及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に掲げる基本的目標を達成できるようにする。

- a. クラス1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し，かつ，維持すること。
- b. クラス2：高度の信頼性を確保し，かつ，維持すること。
- c. クラス3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し，かつ，維持すること。

1.3.2 分類の適用の原則

発電用原子炉施設の安全上の機能別重要度分類を具体的に適用するに当たっては，原則として次によることとする。

- (1) 安全機能を直接果たす構築物，系統及び機器（以下「当該系」という。）が，その機能を果たすために直接又は間接に必要なとする構築物，系統及び機器（以下「関連系」という。）の範囲と分類は，次の各号に掲げるところによるものとする。
 - a. 当該系の機能遂行に直接必要となる関連系（以下「直接関連系」という。）は，当該系と同位の重要度を有するものとみなす。
 - b. 当該系の機能遂行に直接必要はないが，その信頼性を維持し，又は担保するために必要な関連系（以下「間接関連系」という。）は，当該系より下位の重要度を有するものとみなす。ただし，当該系がクラス3であるときは，間接関連系はクラス3とみなす。
- (2) 1つの構築物，系統又は機器が，2つ以上の安全機能を有するときは，果たすべきすべての安全機能に対する設計上の要求を満足させるものとする。
- (3) 安全機能を有する構築物，系統又は機器は，これら2つ以上のものの間において，又は安全機能を有しないものとの間において，その一方の運転又は故障等により，同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され，もって発電用原子炉施設の安全が損なわれることのないように，機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮する。
- (4) 重要度の異なる構築物，系統又は機器を接続するときは，下位の重要度のものに上位の重要度のものと同等の設計上の要求を課すか，又は上位の重要度のものと同等の隔離装置等によって，下位の重要度のものの故障等により上位の重要度

のものの安全機能が損なわれないように、適切な機能的隔離が行われるよう考慮する。

第 1.3.1 表 安全上の機能別重要度分類を行う構築物，系統及び機器
(平成 30 年 5 月 25 日発電用原子炉設置変更許可申請分)

構築物，系統及び機器
使用済燃料乾式貯蔵容器
使用済燃料乾式貯蔵建屋

第 1.3.2 表 安全上の機能別重要度分類
(平成 30 年 5 月 25 日発電用原子炉設置変更許可申請分)

機能による分類		安全機能を有する構築物，系統及び機器		安全機能を有しない構築物，系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの (PS)	異常の影響緩和の機能を有するもの (MS)	
重要度による分類	安全に関連する構築物，系統及び機器	クラス 1	PS-1	MS-1
		クラス 2	PS-2	MS-2
		クラス 3	PS-3	MS-3
安全に関連しない構築物，系統及び機器				安全機能以外の機能のみを行うもの

第 1.3.3 表 本原子炉施設の安全上の機能別重要度分類
 (平成 30 年 5 月 25 日発電用原子炉設置変更許可申請分)

分類	異常発生防止系			
	定義	機能	構築物, 系統 又は機器	特記すべき 関連系 ^(注1)
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって, 炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが, 敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物, 系統及び機器	原子炉冷却材圧力バウダリに直接接続されていないものであって, 放射性物質を貯蔵する機能	使用済燃料乾式貯蔵容器 ^(注2)	使用済燃料乾式貯蔵建屋 [PS-3] ^(注3)

(注1) 関連系については, 「1.3.2 分類の適用の原則」参照。

(注2) 貯蔵架台及び基礎を含む。

(注3) 間接関連系に相当する。

(3) 適合性説明

(安全施設)

第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。

- 3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。
- 4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。
- 5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。
- 7 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。

1 について

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき、それが果たす安全機能の性質に応じて分類し、十分高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。

3 について

使用済燃料乾式貯蔵施設の設計条件を設定するに当たっては、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、供用中に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮し、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。

4 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、それらの健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、必要性及びプラントに与える影響を考慮して、供用中に試験又は検査ができる設計とする。

試験又は検査が可能な設計とする対象設備を表に示す。

表 試験又は検査が可能な設計とする対象設備

構築物，系統及び機器	設計上の考慮
燃料の貯蔵設備	安全機能を有する構築物，系統及び機器は，適切な定期的試験及び検査ができる設計とする。

5 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は，蒸気タービン，ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により，安全性を損なわない設計とする。

7 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は，2以上の発電用原子炉施設において共用するが，1号炉及び2号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なわない設計とする。

1.3 気象等

該当なし

1.4 設備等

該当なし

2. 安全施設

(別添資料)

安全施設 (使用済燃料乾式貯蔵施設)

別 添

安全施設
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

目 次

1. 安全機能の重要度分類
2. 環境条件における安全機能の健全性
3. 試験・検査性
4. 飛散物による損傷防止
5. 安全施設の共用・相互接続

12-1 安全機能の重要度分類

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を確保するために必要な各種の機能（安全機能）について、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下、「重要度分類審査指針」という。）を踏まえ、それらの相対的重要度を定め、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を有する構築物、系統又は機器を機能別に重要度分類し、その根拠を示す。

2. 安全上の機能別重要度分類

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それらが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類する。

- (1) その機能の喪失により、発電用原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系で以下「PS」という。）。
- (2) 発電用原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系で以下「MS」という。）。

また、PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器をその有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類する。それぞれのクラスの呼称は、表1に掲げるとおりとする。

上記に基づく使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類を表2に示すとともに、その根拠を表3に示す。

ここで、使用済燃料乾式貯蔵建屋については、使用済燃料乾式貯蔵容器単体で放射性物質を貯蔵する機能を有しており、仮に使用済燃料乾式貯蔵建屋が損壊した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が担保されている限り、放射性物質の放出には至らないことから、使用済燃料乾式貯蔵容器の機能遂行に直接必要はない関連系（以下、「間接関連系」という。）として整理している。

また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能は、16条安全審査資料の参考2「伊方発電所 乾式貯蔵施設に係る原子力規制委員会の審査方針を踏まえた影響評価」において示すように、伊方発電所敷地境界線量の目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を達成するためには必要であるが、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能を期待しない場合（建屋なしの場合）において、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第29条及び

「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」で要求されている線量限度 (1mSv/y) を達成できるため、使用済燃料乾式貯蔵建屋を使用済燃料乾式貯蔵容器の間接関連系として整理している。

なお、各クラスに属する構築物、系統及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に掲げる基本的目標を達成できるようにする。

- a. クラス1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- b. クラス2：高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- c. クラス3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

表1 安全上の機能別重要度分類

機能による分類		安全機能を有する構築物、系統及び機器		安全機能を有しない構築物、系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの (PS)	異常の影響緩和の機能を有するもの (MS)	
重要度による分類	安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス1	PS-1	MS-1
		クラス2	PS-2	MS-2
		クラス3	PS-3	MS-3
安全に関連しない構築物、系統及び機器				安全機能以外の機能のみを行うもの

表 2 使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類

分類	異常発生防止系			
	定義	機能	構築物，系統 又は機器	特記すべき 関連系
PS-2	その損傷又は故障により発生する事象によって，炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが，敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物，系統及び機器	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能	使用済燃料乾式貯蔵容器 ^(注1)	使用済燃料乾式貯蔵建屋 [PS-3] ^(注2)

(注1) 貯蔵架台及び基礎を含む。

(注2) 間接関連系に相当する。

表 3 使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類の根拠

分類	構築物，系統又は機器	分類の根拠
PS-2	使用済燃料乾式貯蔵容器	使用済燃料乾式貯蔵容器は，原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能を有するため，PS-2に該当する。
PS-3	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵建屋（貯蔵機能を有する範囲）は，使用済燃料乾式貯蔵容器（PS-2）の貯蔵機能を補完する構築物であり，使用済燃料乾式貯蔵容器の間接関連系と考えられることから，PS-2の一つ下位のPS-3に該当する。

12-2 環境条件における安全機能の健全性

使用済燃料乾式貯蔵施設については、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、供用期間中に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮し、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。使用済燃料乾式貯蔵施設の設備について、表4に示す劣化事象を考慮する。

表4 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき劣化事象

	劣化事象
使用済燃料乾式貯蔵容器	熱的劣化, 腐食, 放射線劣化
使用済燃料乾式貯蔵建屋	コンクリート劣化

使用済燃料乾式貯蔵施設の各設備について、環境条件における健全性を確認するために、考慮すべき条件の記載内容を表5に示す。

また、使用済燃料乾式貯蔵施設について、環境条件における健全性を表6に示す。

表5 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する各環境条件の設定方法

環境条件における健全性	記載内容
温度	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境温度を考慮した温度を記載する。
圧力	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境圧力を考慮した圧力を記載する。
湿度	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境湿度を考慮した湿度を記載する。
屋外天候	屋外に設置する設備については、屋外の環境条件を考慮し、対象となる機器のうち、屋内に設置するものは、屋内に設置する旨を記載する。
放射線（機器）	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境放射線を考慮した放射線条件を記載する。
放射線（人）	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に人が受ける放射線を考慮した放射線条件を記載する。
海水	機器に対する海水通水の有無を記載する。
電磁波	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される電磁波の有無を記載する。ここで、対象となる機器が金属筐体で囲まれている、電子部品を組み込まない等により、電磁波による影響を受けない場合は、その旨を記載する。
荷重	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される自然現象等（地震等）から機器が受ける荷重に対する設計を記載する。
他設備からの影響	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される自然現象等（地震等）により、使用済燃料乾式貯蔵容器が他設備から受ける波及的影響について記載する。

表6 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき条件（1 / 2）

環境条件 における 健全性	使用済燃料乾式貯蔵施設	
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵容器
温度	・使用済燃料乾式貯蔵容器からの放熱を考慮した貯蔵エリアの雰囲気温度（50℃）を環境温度とする。	・使用済燃料乾式貯蔵容器からの放熱を考慮した貯蔵エリアの雰囲気温度（50℃）を環境温度とする。
圧力	・使用済燃料貯蔵建屋は、屋外と常に通じているため、大気圧を環境圧力とする。	
湿度	・使用済燃料貯蔵建屋は、屋外に設置し、屋外と常に通じているため、湿度 100%を環境湿度とする。	・使用済燃料貯蔵容器を設置する貯蔵エリアは、屋外と常に通じているため、湿度 100%を環境湿度とする。
屋外天候	・屋外の環境条件を考慮する。	・屋内に設置する。
放射線 (機器)	・使用済燃料乾式貯蔵容器からの放射線を考慮した放射線（1mGy/h）を機器の放射線条件とする。	・使用済燃料乾式貯蔵容器からの放射線、使用済燃料乾式貯蔵容器の相互影響を考慮した放射線（3mGy/h）を機器の放射線条件とする。
放射線 (人)	—	・表面の放射線（2mSv/h）以下及び表面から 1m 離れた位置における放射線（100 μSv/h）以下とする。
海水	・海水を通水しない。	
電磁波	・電子部品を組み込まないため、電磁波の影響を受けない。	・電子部品を組み込まないため、電磁波の影響を受けない。
荷重	・地震、風（台風）、竜巻、積雪及び火山による荷重及びこれらの荷重の組合せにも機能を有効に発揮できる設計とする。	・屋内に設置するため、地震による荷重評価を行い、荷重に対して機能を有効に発揮できる設計とする。

表6 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき条件 (2 / 2)

環境条件 における 健全性	使用済燃料乾式貯蔵施設	
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵容器
他設備か らの影響	<ul style="list-style-type: none"> ・地震により，使用済燃料乾式貯蔵容器へ波及的影響を及ぼさない設計とする。 ・地震以外の自然現象及び外部人為事象により，使用済燃料乾式貯蔵容器へ波及的影響を及ぼさない設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震の波及的影響により，安全機能を喪失しない設計とする。 ・地震以外の自然現象及び外部人為事象による波及的影響により，安全機能を喪失しない設計とする。

12-3 試験・検査性

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵施設が、供用期間中に安全機能を維持していることを確認するために、試験・検査が可能であることを示す。

2. 検査及び点検・保守

(1) 供用期間中の使用済燃料乾式貯蔵施設の検査

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができていることを監視するために、蓋間圧力を圧力計により監視できる設計とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器内の使用済燃料の崩壊熱が適切に除去できていることを監視するために、使用済燃料乾式貯蔵容器の外筒外表面の温度を温度計により監視できる設計とする。

b. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料式貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視するために、雰囲気温度を温度計により監視できる設計とする。

(2) 供用期間中の使用済燃料乾式貯蔵施設の点検・保守

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器の周辺に点検用歩廊を設置し、点検・保守のために寄付きが可能な設計とする。

b. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料式貯蔵建屋は、建屋給排気口の閉塞の有無を確認できる設計とする。

なお、具体的な点検・保守の実施内容については、今後定めることとする。

12-4 飛散物による損傷防止

使用済燃料乾式貯蔵施設においては、貯蔵エリアに内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する配管等及び高速回転機器を配置しない設計とすることから、これらの破損による飛散物が生じることはなく、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。

12-5 安全施設の共用・相互接続

重要安全施設ではない使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、2以上の発電用原子炉施設において共用するが、1号炉及び2号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なわない設計とすることを表7に示す。

表7 使用済燃料乾式貯蔵建屋の共用に関する基準適合性

共用設備	重要度分類	共用により安全性を損なわないことの説明
使用済燃料乾式貯蔵建屋 (1号, 2号及び3号炉共用)	PS-3	<p>使用済燃料乾式貯蔵建屋は、以下の理由により、1号, 2号及び3号炉共用とすることによって、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1号, 2号及び3号炉の使用済燃料は、臨界, 遮蔽, 除熱, 閉じ込め防止の安全機能を満足するよう、それぞれの使用済燃料専用設計された使用済燃料乾式貯蔵容器(1, 2号炉: MSF-32P型, 3号炉: MSF-24P型)に貯蔵できる設計としている。 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器(1, 2号炉用及び3号炉用)を貯蔵した場合に、以下に示すように、使用済燃料乾式貯蔵施設に影響を与えない設計としている。 <ul style="list-style-type: none"> (a) 除熱機能 発熱量の大きい3号炉用の使用済燃料乾式貯蔵容器(MSF-24P型)を45基貯蔵する場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋の雰囲気温度が、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を担保する50℃以下となる設計とすることから、使用済燃料乾式貯蔵施設の除熱機能に影響を与えない。 (b) 遮蔽機能 使用済燃料乾式貯蔵容器(1, 2号炉用及び3号炉用)の表面から1mの位置における線量率を保守的に100μSv/hとなるように規格化して線量評価しても、敷地境界における年間線量が基準値を満足することから、使用済燃料乾式貯蔵施設の遮蔽機能に影響を与えない。

16 条

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

〈目 次〉

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項に対する適合性
 - (1) 位置、構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.2 気象等
 - 1.3 設備等

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
 - 2.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵容量について
 - 2.2 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について
 - 2.3 使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件について
 - 2.4 使用済燃料貯蔵容器の設計貯蔵期間について
 - 2.5 使用済燃料乾式貯蔵容器の4つの安全機能について
 - 2.5.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能について
 - 2.5.2 使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能について
 - 2.5.3 使用済燃料乾式貯蔵容器の遮蔽機能について
 - 2.5.4 使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について
 - 2.6 使用済燃料乾式貯蔵容器の長期健全性について
 - 2.7 使用済燃料乾式貯蔵容器を通常に取り扱う場合の設計上想定される事象について
 - 2.8 使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力等の監視について

3. 自然現象等に対する使用済燃料乾式貯蔵施設の設計方針
 - 3.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の設備の分類及び担保すべき機能について
 - 3.2 兼用キャスク及び周辺施設の設計方針

【参考資料】

- 参考1 使用済燃料乾式貯蔵容器の設計及び評価で引用している文献の記載内容について
- 参考2 伊方発電所 乾式貯蔵施設に係る原子力規制委員会の審査方針を踏まえた影響評価
- 参考3 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置変更許可に係る詳細な確認範囲について
- 参考4 貯蔵中の乾式キャスクの転倒防止（エアパレット搬送時含む）について
- 参考5 解析条件等の比較（核燃料輸送物設計承認申請／設置変更許可申請）
- 参考6 乾式貯蔵建屋天井クレーンによる乾式キャスクへの悪影響の有無について
- 参考7 設置許可基準規則第16条第1項の取扱いについて
- 参考8 使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力の監視頻度の妥当性について

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

五 発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、「(1)耐震構造」、「(2)耐津波構造」に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）は、燃料体等を取り扱う能力を有し、燃料体等が臨界に達するおそれがなく、崩壊熱により燃料体等が溶融せず、使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有し燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できる設計とする。

燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。）は、燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納でき、放射性物質の放出を低減できる設計とする。また、燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有する」とともに、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有し、貯蔵された使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有し、使用済燃料ピットから放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料ピットから水が漏れ出した場合において、水の漏れを検知することができる設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれない設計とすることとし、使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物については落下しない設計とする。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、それを中央制御室に伝えるとともに、外部電源が使用できない場合においても非常用所内電源からの電源供給により、使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量を監視することができる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により十分に遮蔽することができる設計とするとともに、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容量最大に燃料集合体を収納し、貯蔵容器

内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても臨界に達するおそれのない設計とするとともに、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とする。

二 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

(1) 核燃料物質取扱設備の構造

核燃料物質取扱設備（燃料取扱設備）は、燃料取替クレーン、使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び3号炉共用）、燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び3号炉共用）、燃料移送装置等で構成する。

ウラン新燃料は、燃料取扱設備により、燃料取扱棟内において、ウラン新燃料の輸送容器から新燃料貯蔵設備又は使用済燃料貯蔵設備に移し、原子炉格納容器内に搬入する。ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料は、燃料取扱設備により、燃料取扱棟内において、ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の輸送容器から使用済燃料貯蔵設備に移し、原子炉格納容器内に搬入する。燃料取替は、原子炉上部の原子炉キャビティに水張りし、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で行う。

使用済燃料は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内に移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（1号、2号及び3号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。

また、2号炉又は3号炉の使用済燃料貯蔵設備にて貯蔵する使用済燃料のうち、十分に冷却した使用済燃料は、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬し、貯蔵する。

燃料取扱設備は、燃料取扱時において燃料が臨界に達することのない設計とするとともに、燃料集合体の落下を防止する設計とする。

なお、使用済燃料の1号炉又は2号炉使用済燃料貯蔵設備から3号炉使用済燃料貯蔵設備への運搬には使用済燃料輸送容器を使用する。使用済燃料の2号炉又は3号炉の使用済燃料貯蔵設備から使用済燃料乾式貯蔵施設、あるいは使用済燃料乾式貯蔵施設から3号炉の使用済燃料貯蔵設備への運搬には使用済燃料乾式貯蔵容器を使用する。使用済燃料の再処理工場への搬出には、使用済燃料輸送容器又は使用済燃料乾式貯蔵容器を使用する。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

(i) 新燃料貯蔵設備

a. 構造

新燃料貯蔵設備は、ウラン新燃料を新燃料ラックに挿入して貯蔵するものであり、燃料取扱棟内に設置する。

新燃料貯蔵設備は、想定されるいかなる状態においても燃料が臨界に達することのない設計とする。

b. 貯蔵能力

全炉心燃料の約 100%相当分

(ii) 使用済燃料貯蔵設備

a. 構造

使用済燃料貯蔵設備（1号、2号及び3号炉共用）は、使用済燃料及び新燃料をほう酸水中の使用済燃料ラックに挿入して貯蔵する鉄筋コンクリート造、ステンレス鋼内張りの水槽（使用済燃料ピット）であり、燃料取扱棟内に設ける。

使用済燃料ピットは、燃料体等の上部に十分な水深を確保する設計とするとともに、使用済燃料ピット水位、水温及び使用済燃料ピット水の漏えい並びに燃料取扱棟内の放射線量率を監視する設備を設け、さらに、万一漏えいを生じた場合には、ほう酸水を補給できる設計とする。

使用済燃料貯蔵設備は、想定されるいかなる状態においても燃料が臨界に達することのない設計とする。

使用済燃料貯蔵設備は、燃料体等の取扱中に想定される落下時にも著しい使用済燃料ピット水の減少を引き起こすような損傷を避けるよう設計する。

使用済燃料ピットは、使用済燃料ピットの冷却機能喪失、使用済燃料ピットの注水機能喪失、使用済燃料ピット水の小規模な漏えいが発生した場合において、燃料の貯蔵機能を確保できる設計とする。

また、使用済燃料ピットからの大量の水の漏えいにより使用済燃料ピット水位が使用済燃料ピット出口配管下端未満かつ水位低下が継続する場合に、スプレイや蒸気条件下でも臨界にならないよう配慮したラック形状及び燃料配置によって、臨界を防止することができる設計とする。

b. 貯蔵能力

全炉心燃料の約 1,150%相当分（1号、2号及び3号炉共用）

(iii) 使用済燃料乾式貯蔵施設

a. 構造

使用済燃料乾式貯蔵施設は、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器及び周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号及び3号炉共用）等からなる。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料の収納後にその内部を乾燥させ、使用済燃料を不活性ガスとともに封入する金属製の容器である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵し、自然冷却のための給排気口を設けた鉄筋コンクリート造の建屋である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により十分に遮蔽する設計とするとともに、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容量最大に燃料集合体を収納し、貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても臨界に達するおそれのない設計とするとともに、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とする。

b. 貯蔵能力

全炉心燃料の約 760%相当分（1号、2号及び3号炉共用）

(2) 安全設計方針

該当なし

(3) 適合性説明

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条

2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。

一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。

イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。

ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。

ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。

一 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。

二 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。

三 使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

適合のための設計方針

2 について

一 燃料体等の貯蔵設備は、以下のように設計する。

イ 使用済燃料乾式貯蔵施設内では、使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋部を開放することなく、かつ、内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容器のみで担保する設計とする。

ロ 使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要とする燃料集合体数並びにウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

ハ 使用済燃料乾式貯蔵容器はSクラスの耐震性を有する設計とし、使用済燃料乾式貯蔵容器内のバスケットは、適切な燃料集合体間隔を保持することにより、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、貯蔵容量最大に燃料集合体を収納し、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が0.95（解析上の不確定さを含む。）以下となる設計とする。

4 について

- 一 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により十分に遮蔽する設計とする。
- 二 使用済燃料乾式貯蔵容器は、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とする。
- 三 使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

4.1 燃料取扱及び貯蔵設備

4.1.1 通常運転時等

4.1.1.1 概要

燃料取扱及び貯蔵設備は、新燃料を発電所内に搬入してから使用済燃料を発電所外に搬出するまでの燃料取扱い及び貯蔵を安全かつ確実に行うものである。

燃料取扱設備の配置を第4.1.1図及び第4.1.2図に示す。

発電所に搬入したウラン新燃料は、受入検査後、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料ピットに貯蔵する。これらのウラン新燃料は、再装荷燃料等とともに炉心へ装荷するが、新燃料貯蔵庫に貯蔵したウラン新燃料は、炉心へ装荷する前に通常使用済燃料ピットに一時的に保管する。発電所に搬入したウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料は、受入検査後、使用済燃料ピットに貯蔵した後、炉心へ装荷する。

炉心への装荷の手順は、以下に示す燃料の取出しとほぼ逆の手順によって行う。

原子炉停止後、原子炉より取り出す使用済燃料は、燃料取替クレーン、燃料移送装置、使用済燃料ピットクレーン等を使用して、ほう酸水を張った原子炉キャビティ、燃料取替用チャンネル及び燃料移送管を通して使用済燃料ピットへ移動する。

これらの使用済燃料の移送は、遮蔽及び冷却のため、すべて水中で行う。

使用済燃料は、使用済燃料ピットに貯蔵するが、必要に応じて使用済燃料ピット内で別に用意した容器に入れて貯蔵する。

使用済燃料は、使用済燃料ピット内で通常1年間以上冷却し、冷却を終えた使用済燃料は、使用済燃料ピットクレーン等を使用して水中で使用済燃料輸送容器に入れ再処理工場へ搬出する。

なお、使用済燃料のうち、十分に冷却した使用済燃料は、必要に応じ使用済燃料乾式貯蔵容器に入れ使用済燃料乾式貯蔵施設に運搬し、貯蔵した後、再処

理工場へ搬出する。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量は中央制御室で監視できるとともに、異常時は中央制御室に警報を発信する。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器の一次蓋と二次蓋との間の圧力を監視できるものとする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放可能であり、使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、使用済燃料集合体の過度な変形が生じないものとする。また、閉じ込め機能の異常に対し、使用済燃料ピットへの移送のうえ、燃料の取出しや詰替えを行うものとする。

4.1.1.2 設計方針

燃料取扱及び貯蔵設備は、新燃料の搬入から使用済燃料の搬出までの取扱い及び貯蔵を安全かつ確実に行うことができるよう以下の方針により設計する。

(1) 燃料取扱及び貯蔵設備のうち安全上重要な機器は、適切な定期的試験及び検査ができる設計とする。

(2) 貯蔵設備は、適切な格納性と空気浄化系を有する区画として設計する。

(3) 新燃料貯蔵設備は、1回の燃料取替えに必要とする燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。また、使用済燃料の貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要とする燃料集合体数並びにウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

(4) 燃料取扱設備は、移送操作中の燃料体等の落下を防止するためワイヤロープ二重化等の適切な落下防止措置を有する設計とする。

(5) 使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の取扱及び貯蔵設備は、放射線業務従事者の線量を合理的に達成できる限り低くする設計とする。

(6) 使用済燃料貯蔵設備は、使用済燃料ピット水浄化冷却設備を有する設計とする。使用済燃料ピット水浄化冷却設備は、使用済燃料ピット水を冷却して使用済燃料ピットに貯蔵した使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの崩壊熱を十分除去できるとともに、使用済燃料ピット水を適切な水質に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、自然冷却によって使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とし、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計により監視できる設計とする。

(7) 使用済燃料ピットは、冷却用の使用済燃料ピット水の保有量が著しく減少することを防止するため、十分な耐震性を有する設計とするとともに、使用

済燃料ピットに接続する配管は、使用済燃料ピット水の減少を引き起こさない設計とする。

また、使用済燃料ピットの水位計は、水位の異常な低下及び上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、水位の異常な低下又は上昇時に警報を発信する設計とする。使用済燃料ピットの温度計は、ピット水の過熱状態を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な温度上昇時に警報を発信する設計とする。燃料取扱場所の線量当量率計は、管理区域境界における線量当量率限度から設置区域における立入り制限値を包絡する計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常時に警報を発信する設計とする。さらに、使用済燃料ピット内張りからの漏えい検知のための装置を有する設計とする。

外部電源が利用できない場合においても、非常用所内電源からの給電により使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量が監視可能な設計とする。

さらに、万一漏えいが生じた場合には、燃料取替用水タンクからほう素濃度 4,400ppm 以上のほう酸水を補給できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮蔽材及び中性子遮蔽材により十分に遮蔽する設計とする。

- (8) 使用済燃料貯蔵設備は、燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時においても著しい使用済燃料ピット水の減少を引き起こすような損傷が生じない設計とする。
- (9) 使用済燃料貯蔵設備は、ほう素濃度 4,400ppm 以上のほう酸水で満たし、定期的にほう素濃度を分析する。また、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.98 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

新燃料貯蔵設備は、浸水することのないようにするが、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.95 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。さらに、いかなる密度の水分雰囲気でも満たされたと仮定しても未臨界性を確保できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器内のバスケットは、適切な燃料集合体間隔を保持することにより、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、貯蔵容量最大に燃料集合体を収納し、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が 0.95 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

- (10) 1号及び2号炉の使用済燃料を収納する使用済燃料ピット及びラックは、Sクラスの耐震性を有する設計とし、地震時においても、1号及び2号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器（貯蔵架台及び基礎を含む）はSクラスに分類したうえで、基準地震動によ地震力に対して、安全機能が損なわれる恐れがないよう設計する。

(11) 落下時に使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物については、使用済燃料ピット周辺の状況、現場における作業実績、図面等にて確認することにより、落下時のエネルギーを評価し、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギー（39.3kJ）以上となる設備等を抽出する。抽出された設備等については、地震時にも落下しない設計とする。

床面や壁面へ固定する重量物については、使用済燃料ピットからの隔離を確保するため、使用済燃料ピットへ落下するおそれはない。

a. 燃料取扱棟

燃料取扱棟の屋根を支持する鉄骨梁は、基準地震動に対する発生応力が終局耐力を超えず、使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。また、屋根は鋼板の上に鉄筋コンクリート造の床を設け、地震による剥落のない構造とする。

また、下層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して健全性が確保される設計とする。上層部の壁を構成する鋼板や鋼材は、基準地震動に対して耐震性を有する支柱や間柱に溶接又はボルトで接続された一体構造とし、地震により使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。

b. 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーンは、基準地震動による地震荷重に対し、クレーン本体の健全性評価及び転倒落下防止評価を行い、使用済燃料ピットへの落下物とならないよう、以下を満足する設計とする。

(a) クレーン本体の健全性評価においては、保守的に吊荷ありの条件で、脚部等に発生する地震荷重が許容応力以下であること。

(b) 転倒落下防止評価においては、走行レール頭部を抱き込む構造をしたクレーンの浮上り防止爪について、保守的に吊荷なしの条件で、地震時の発生応力が、浮上り防止爪、取付けボルト等の許容応力以下であること。

(c) 走行レールの健全性評価においては、走行方向、走行直角方向及び鉛直方向について、地震時に基礎ボルトに発生する荷重が、許容応力以下であること。

また、使用済燃料ピットクレーンは、ワイヤロープ二重化、フック部外れ止め及び動力電源喪失時保持機能により、落下防止対策を講じた設計とする。

c. 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーンは、使用済燃料ピットの上部に走行レールが無く、仮に脱落したとしても建屋の構造上、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物とならない設計とする。仮に落下後の移動を想定しても、使用済燃料ピットとの間に燃料取替用チャンネルがあるため、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物となることはない。

(12) 使用済燃料乾式貯蔵施設内では、使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋部を開放することなく、かつ、内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容

器のみで担保し、閉じ込め機能を周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により適切に監視することができる設計とする。

(13) 使用済燃料乾式貯蔵施設では、使用済燃料乾式貯蔵建屋内において、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車により使用済燃料乾式貯蔵容器を取扱い、貯蔵する設計とする。
使用済燃料乾式貯蔵容器は、通常に取り扱う場合の設計上想定される事象に対し、安全機能が維持される設計とする。

4.1.1.3 主要設備の仕様

燃料取扱及び貯蔵設備の主要設備の仕様を第4.1.1表に示す。

4.1.1.4 主要設備

(1) 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は、燃料取扱棟内の独立した区画に設け、キャン型のラックにウラン新燃料を1体ずつ挿入する構造とし、乾燥状態で貯蔵する。

新燃料貯蔵庫は、万一純水で満たされたとしても実効増倍率が0.95以下になるよう設計する。さらに、いかなる密度の水分雰囲気でも満たされたと仮定しても臨界未満となるよう設計する。

貯蔵容量は全炉心燃料の約100%相当分とする。

新燃料貯蔵庫は浸水することのない構造とし、さらに、排水口を設ける。また、水消火設備は設けない。

(2) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピット（1号、2号及び3号炉共用）は、燃料取扱棟内に設け鉄筋コンクリート造とし、耐震設計Sクラスの構造物で、壁は遮へいを考慮して十分厚くする。使用済燃料ピット内面は、漏水を防ぎ保守を容易にするために、ステンレス鋼板で内張りした構造とする。

使用済燃料ピット水の減少防止のために、使用済燃料ピット水浄化冷却設備の取水のための配管は使用済燃料ピット上部に取り付け、また、注水のための配管にはサイホンブレーカを取り付ける。さらに、使用済燃料ピット底部には排水口は設けない。

使用済燃料ピットのステンレス鋼板内張りから、万一漏えいが生じた場合に漏えい水の検知ができるように漏えい検知装置を設置し、燃料取替用水タンクからほう素濃度4,400ppm以上のほう酸水を補給できる設計とする。また、使用済燃料ピットには水位及び温度警報装置を設けて、水位高、水位低及び温度高の警報を中央制御室に発する。

使用済燃料ピット内には、原子炉容器から取り出した使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料を鉛直に保持し、ほう素濃度4,400ppm以上のほう酸水中に貯蔵するためのキャン型の使用済燃料ラックを配置する。使用済燃料ラックは、各ラックのセルに1体ずつ燃料集合体を挿入する構造で、耐震設計Sクラスとし、ラック中心間隔は、たとえ設備容量分の新

燃料を貯蔵し、純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は0.98以下になるように決定する。

使用済燃料ピットには、バーナブルポイズン、使用済制御棒クラスタ等を貯蔵保管するとともに、ウラン新燃料を一時的に保管することもある。さらに、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器を置くためにキャスクピットを設ける。

貯蔵容量は、全炉心燃料の約1,150%相当分(1号、2号及び3号炉共用)とする。

(3) 除染場ピット

除染場ピット(1号、2号及び3号炉共用)は、キャスクピットに隣接して設け、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器の除染を行う。

(4) 原子炉キャビティ及び燃料取替用キャナル

原子炉キャビティは原子炉容器上方に設け、燃料取替時にほう酸水を満たすことにより燃料取扱時に必要な遮へいが得られるようにする。

原子炉容器と原子炉キャビティ底面のすきまは、水張りに先立ってシールリングによってシールする。

原子炉キャビティは、鉄筋コンクリート造で、内面はステンレス鋼板で内張りし、炉心構造物及びその他の必要な工具を置くことができる十分な広さを持たせる。

燃料取替用キャナルは、原子炉キャビティと燃料取扱棟の間で燃料集合体を移送するための水路である。この水路は原子炉格納容器を貫通する燃料移送管を介して、燃料取扱棟内キャナル(1号、2号及び3号炉共用)と原子炉格納容器内キャナルに分かれる。

原子炉格納容器内キャナルの側壁の高さ及び内張材料は原子炉キャビティと同じとし、燃料取替時に原子炉キャビティとつながるプールを形成する。

(5) 燃料取替クレーン

燃料取替クレーンは、原子炉キャビティと原子炉格納容器内キャナルの上に設けたレール上を水平に移動する架台と、その上を移動する移送台車よりなるブリッジクレーンである。

移送台車上には、運転台及び燃料集合体をつかむためのグリッパチューブを内蔵したマストチューブアセンブリがあり、燃料集合体は、マストチューブ内に入った状態で原子炉キャビティ及び原子炉格納容器内キャナルの適当な位置に移動することができる。

グリッパチューブは二重ワイヤで保持するとともに、その下部にあるグリッパを空気作動式とし、燃料集合体をつかんだ状態で空気が喪失しても、安全側に働いて燃料集合体を落とすことのない構造とする。

架台及び移送台車の駆動並びにグリッパチューブの昇降を安全かつ確実に行うために、各装置にはインターロックを設ける。

燃料取替クレーンは、地震時にも転倒することがないように設計し、さらに、走行部はレールを抱え込む構造とする。

(6) 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び3号炉共用）は、使用済燃料ピット上を移動するブリッジクレーンであり、使用済燃料ピット内での3号炉の燃料集合体の移動は、架台上のホイスト、3号炉燃料用取扱工具等によって行う。また、1号炉及び2号炉の燃料集合体の移動は、架台上のホイスト、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具等によって行う。

本クレーンは、駆動源の喪失に対しフェイル・アズ・イズの設計とするとともに、フックは二重ワイヤで保持し、各々の取扱工具は、燃料取扱中に燃料集合体が外れて落下することのないような機械的インターロックを設ける。また、本クレーンは、燃料取扱事故が発生した場合、燃料集合体落下信号を発信するように設計する。

なお、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具は、3号炉の燃料集合体をつかめない構造とし、3号炉燃料用取扱工具は、1号炉及び2号炉の燃料集合体をつかめない構造とすることにより誤操作を防止する。

本クレーンは、地震時にも転倒することがないように設計し、さらに、走行部はレールを抱え込む構造とする。

(7) 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び3号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料の移動を安全かつ確実に進行天井走行形クレーンである。

燃料取扱棟クレーンは、フックを二重ワイヤで保持し新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料の落下を防止するとともに、地震時にも落下することがないように設計とし、その移動範囲を重量物の落下により使用済燃料ピットに影響を及ぼすことがないように限定する。

(8) 新燃料エレベータ

新燃料エレベータは、1体の燃料集合体を載せることのできる箱型エレベータで、燃料取扱棟クレーンから使用済燃料ピットクレーンに新燃料を受渡しする装置である。新燃料エレベータは、駆動源の喪失に対しフェイル・アズ・イズの設計とするとともに二重ワイヤにより燃料集合体の落下を防止する構造とする。

(9) 燃料移送装置

燃料移送装置は、燃料移送管を通して燃料を移送するために、水中でレール上を走行する移送台車及び燃料移送管の両端のトラックフレームに燃料集合体の姿勢を変えるリフティング機構を設ける。

移送台車及びリフティング機構には、燃料集合体の受渡しを安全かつ確実にできるようにインターロックを設ける。

燃料取替時以外は、移送台車を使用済燃料ピット側に納め、燃料移送管の隔離弁を閉止し、閉止ふたを閉じる。

(10) ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料取扱装置

ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料取扱装置は、ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の把持及び昇降機能を持ち、遮へい等放射線防護上の措置を講じた装置であり、燃料取扱棟クレーンに吊り下げて使用する。

本装置の吊り下げには、落下防止のため、二重ワイヤを使用する。

また、本装置のグリッパは、ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の落下防止のため、燃料集合体昇降機能の駆動部に二重ワイヤを使用するとともに、グリッパを空気作動式とし、ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料をつかんだ状態で空気が喪失しても、安全側に働いてウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料を落とすことのない構造とする。

なお、本装置は、操作員の被ばく低減の観点から、ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料から適切な距離を保って操作する。

(11) 使用済燃料ピット水位

使用済燃料ピット水位は、通常水位からの水位の低下及び上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常を検知した場合は警報を発する。

(12) 使用済燃料ピット温度

使用済燃料ピット温度は、ピット水の水温を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常を検知した場合は警報を発する。

(13) 使用済燃料ピットエリアモニタ

使用済燃料ピットエリアモニタは、使用済燃料ピット周辺の放射線量を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常を検知した場合は警報を発する。

(14) 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料を収納する使用済燃料乾式貯蔵容器及び周辺施設(使用済燃料乾式貯蔵建屋(1号、2号及び3号炉共用)、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車)で構成する。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、蓋、バスケット等で構成され、これらの部材は、設計貯蔵期間(60年)の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年劣化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を失うことのないようにする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、1号及び2号炉用燃料を収納する容器と3号炉用燃料を収納する容器を合計45基配置できる容量とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器には、使用済燃料ピット内で使用済燃料を収納し、排水後内部にヘリウムガスを封入する。

使用済燃料乾式貯蔵容器(タイプ1)

ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 14×14 燃料 (1号及び2号炉用)

ウラン 235 濃縮度 約 4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下

冷却年数 15年以上

使用済燃料乾式貯蔵容器 (タイプ2)

ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料 (3号炉用)

ウラン 235 濃縮度 約 4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下

冷却年数 15年以上

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器表面の線量当量率が 2mSv/h 以下及び容器表面から 1m 離れた位置における線量当量率が $100\mu\text{Sv/h}$ 以下となるよう、収納される使用済燃料の放射能強度を考慮して十分に遮蔽できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は、設計貯蔵期間において、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去し、安全機能を担保する各部位及び使用済燃料が、構造健全性及び性能を維持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器 (貯蔵架台及び基礎を含む) はSクラスに分類したうえで、基準地震動によ地震力に対して、安全機能が損なわれる恐れがないよう設計する。

使用済燃料乾式貯蔵容器内のバスケットは、個々の使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器内部の所定の位置に収納し、適切な燃料集合体間隔を保持することにより燃料集合体は相互に接近しない構造とする。また、使用済燃料を全容量収納し、容器内の燃料位置等について想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を 0.95 以下に保ち、使用済燃料の臨界を防止できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、蓋部及び金属ガスケットにより漏えいを防止し、設計貯蔵期間中の貯蔵容器内部圧力を負圧に維持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実にを行う天井走行形クレーンである。使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、フックを二重ワイヤで保持し使用済燃料乾式貯蔵容器の落下を防止するとともに、その移動範囲を重量物の落下により貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を及ぼすことがないように使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアのみに限定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリ

アと使用済燃料乾式貯蔵建屋貯蔵エリアの間において、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実にを行う搬送台車である。

使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋間圧力は、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵容器の表面温度は、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵建屋の雰囲気温度は、使用済燃料乾式貯蔵建屋雰囲気温度計で監視する。

4.1.1.5 試験検査

燃料取扱及び貯蔵設備は、機器の使用に先立って機能試験、検査を実施する。

また、使用済燃料ピットのほう素濃度は定期的に分析する。

4.1.1.6 手順等

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設は、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理を行う。

- (1) 使用済燃料ピットへの重量物落下防止対策
 - a. 使用済燃料ピット周辺に設置する設備や取扱う吊荷については、予め定めた評価フローに基づき評価を行い、使用済燃料ピットに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。
 - b. 日常作業等において使用済燃料ピット周辺に持ち込む物品については、必要最低限に制限するとともに落下防止措置を実施する。
 - c. 使用済燃料ピット上で作業を行う使用済燃料ピットクレーンについては、クレーン等安全規則に基づき、定期点検及び作業開始前点検を実施するとともに、クレーンの運転、玉掛けは有資格者が実施する。

第 4.1.1 表 燃料取扱及び貯蔵設備の設備仕様

- | | | |
|------------------------------|--|--|
| (1) 新燃料貯蔵庫 | | |
| 個 数 | 1 | |
| ラック容量 | 燃料集合体約 150 体分
(全炉心燃料の約 100%相当分) | |
| ラック材料 | ステンレス鋼 | |
| (2) 使用済燃料ピット (1号, 2号及び3号炉共用) | | |
| 個 数 | 2 | |
| ラ ッ ク 容 量 | 燃料集合体 1,800 体分
(全炉心燃料の約 1,150%相当分) | |
| ラ ッ ク 材 料 | ボロン添加 (0.95~1.05wt%) ステンレス鋼 ⁽²⁾ 及び
ステンレス鋼 (ボロン添加 (0.95~1.05wt%) ス
テンレス鋼板付き) | |
| ライニング材料 | ステンレス鋼 | |
| (3) 除染場ピット (1号, 2号及び3号炉共用) | | |

- 個 数 1
- (4) 原子炉キャビティ及び燃料取替用チャンネル
 個 数 1 } 燃料取替用チャンネルのうち燃料取扱棟内チャンネルは1号、2号及び3号炉共用
- ライニング材料 ステンレス鋼
- (5) 燃料取替クレーン
 台 数 1
- (6) 使用済燃料ピットクレーン（1号、2号及び3号炉共用）
 台 数 1
- (7) 燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び3号炉共用）
 台 数 1
- (8) 新燃料エレベータ
 台 数 1
- (9) 燃料移送装置
 台 数 1
- (10) ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料取扱装置
 台 数 1
- (11) 使用済燃料ピット水位
 個 数 2
 計 測 範 囲 NWL-20cm~+20cm
 (EL. +31.66~32.06m)
 種 類 浮力式水位検出器
- (12) 使用済燃料ピット温度
 個 数 2
 計 測 範 囲 0~100℃
 種 類 測温抵抗体
- (13) 使用済燃料ピットエリアモニタ
 個 数 1
 計 測 範 囲 $1 \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$
 種 類 半導体式検出器
- (14) 使用済燃料乾式貯蔵施設
- | | |
|---------|-------------------------------------|
| 個 数 | 1 |
| 貯 蔵 能 力 | 全炉心燃料の約760%相当分
(使用済燃料乾式貯蔵容器45基分) |
| 種 類 | 使用済燃料乾式貯蔵容器 |
| ・タイプ1 | 最大収納体数 32 |
| 主要寸法 | 全長 約5.2m
外径 約2.6m |
| ・タイプ2 | 最大収納体数 24 |

主要寸法 全長 約 5.2m

外径 約 2.6m

周辺施設

・使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号及び3号炉

共用）

・使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計

・使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計

・使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計

・使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン

・使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

2.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵容量について

貯蔵容量に関する要求事項は以下のとおりである。

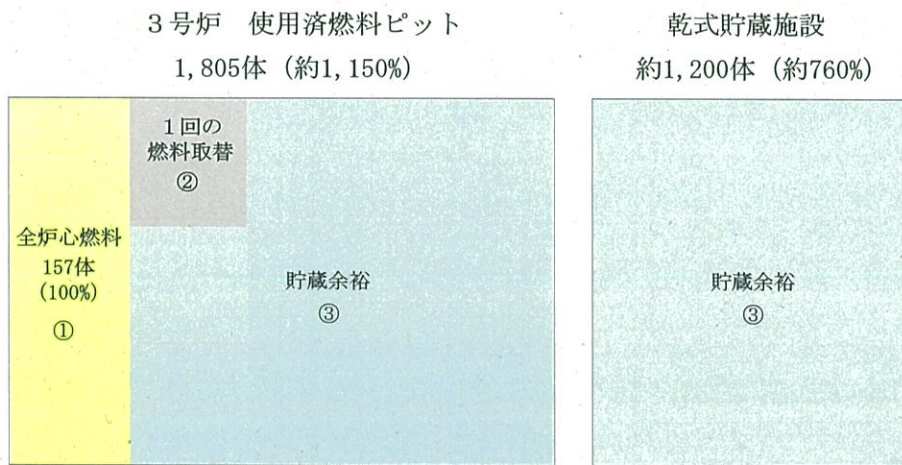
①設置許可基準規則第16条第2項一号ロ

- ・燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。

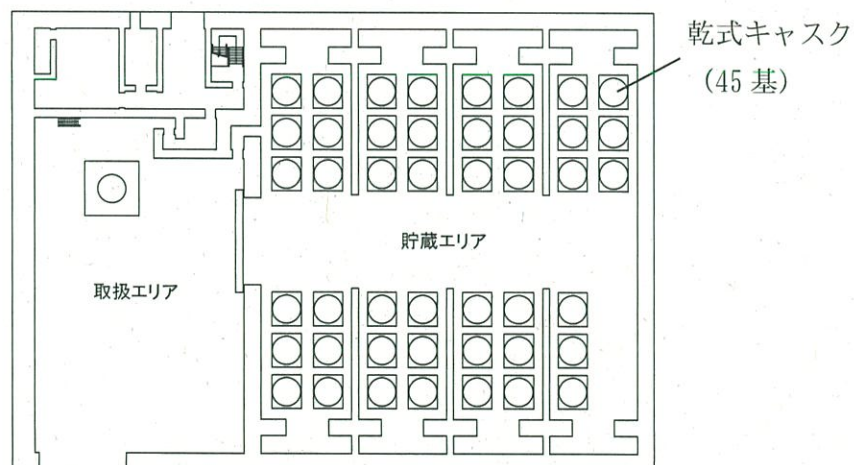
使用済燃料乾式貯蔵施設(以下、「乾式貯蔵施設」という)は、全炉心燃料の約760%相当分とする。

使用済燃料の貯蔵設備は、使用済燃料ピット(全炉心燃料の約1,150%)において全炉心燃料(①)及び1回の燃料取替え(②)に必要な貯蔵容量を確保することとしており、使用済燃料ピット及び使用済燃料乾式貯蔵容器(以下、「乾式キャスク」という)貯蔵分を含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要な燃料集合体数に十分余裕(③)を持たせた貯蔵容量(①+②+③)とする設計とする。

なお、取扱中の乾式キャスク内の燃料を取り出す容量は貯蔵余裕(③)において確保している。



第2.1-1図 貯蔵容量の考え方



第2.1-2図 乾式貯蔵施設(平面図)

2.2 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について

(1) 乾式キャスクの概要

乾式キャスクとは、使用済燃料を乾式貯蔵施設へ搬入し、貯蔵終了後、再処理工場にそのまま搬出することが可能な輸送貯蔵兼用容器である。

乾式キャスクは、14×14型燃料(1号及び2号炉用)を収納するタイプ1(MSF-32P型)及び17×17型燃料(3号炉用)を収納するタイプ2(MSF-24P型)の2タイプである。

乾式キャスクは、乾式キャスク本体、蓋部、バスケット等で構成し、乾式貯蔵施設内に基礎ボルトで基礎に固定された貯蔵架台(支持構造物)に設置する。乾式キャスクの構造を第2.2-1図～第2.2-4図、乾式キャスク仕様を第2.2-1表に示す。

(a) 乾式キャスク本体

乾式キャスク本体は、胴、レジン及び外筒等で構成する。

胴及び外筒は炭素鋼製でガンマ線遮蔽材であり、レジン中性子遮蔽材である。

乾式キャスク本体の取り扱いのために、上部トラニオン及び下部トラニオンを取り付ける。

(b) 蓋部

蓋部は、一次蓋及び二次蓋で構成する。

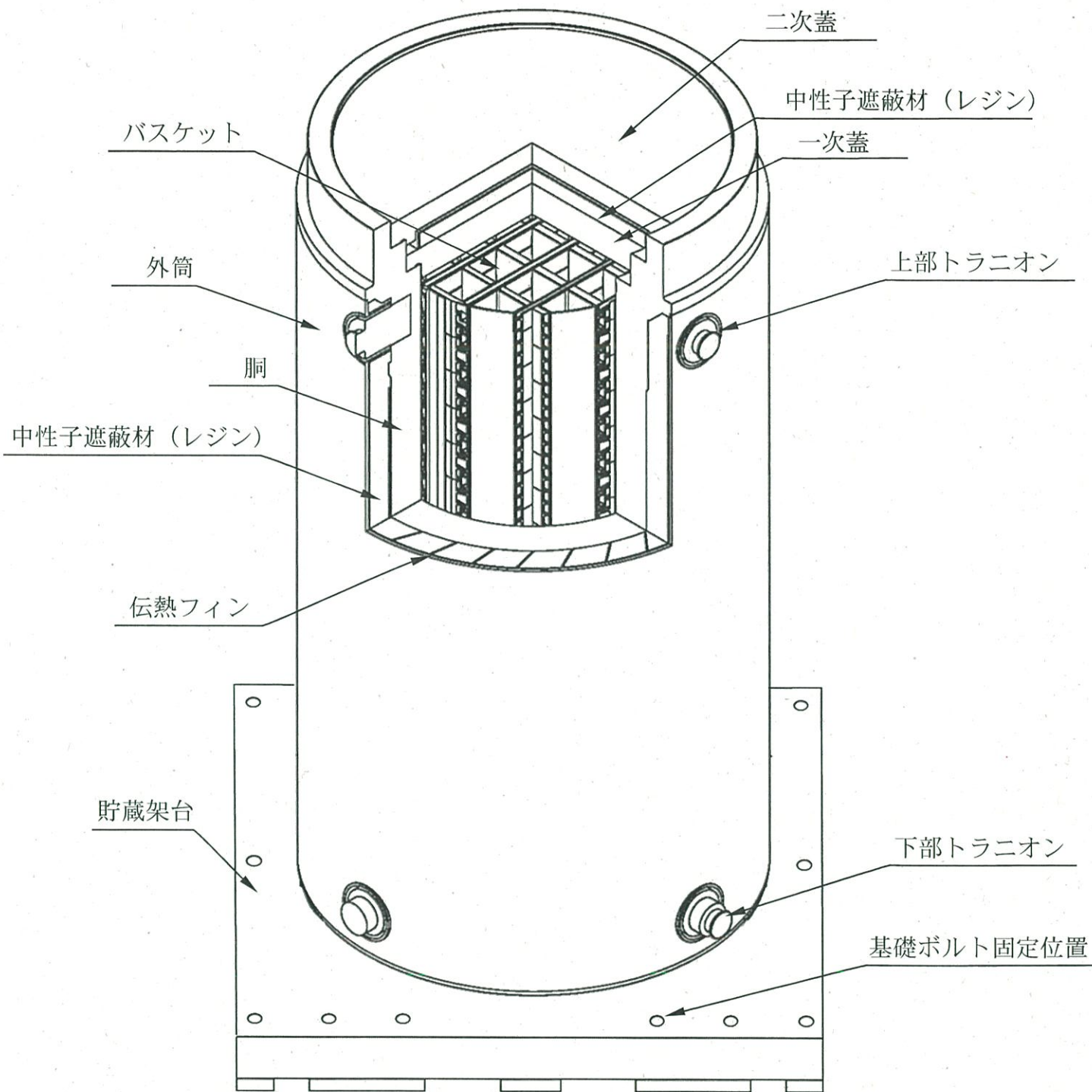
一次蓋は炭素鋼製であり、ボルトで乾式キャスク本体上面に取り付け、閉じ込め境界を構成する。一次蓋に充填するレジン中性子遮蔽材、一次蓋の炭素鋼はガンマ線遮蔽材である。

二次蓋は炭素鋼製であり、ボルトで乾式キャスク本体上面に取り付ける。

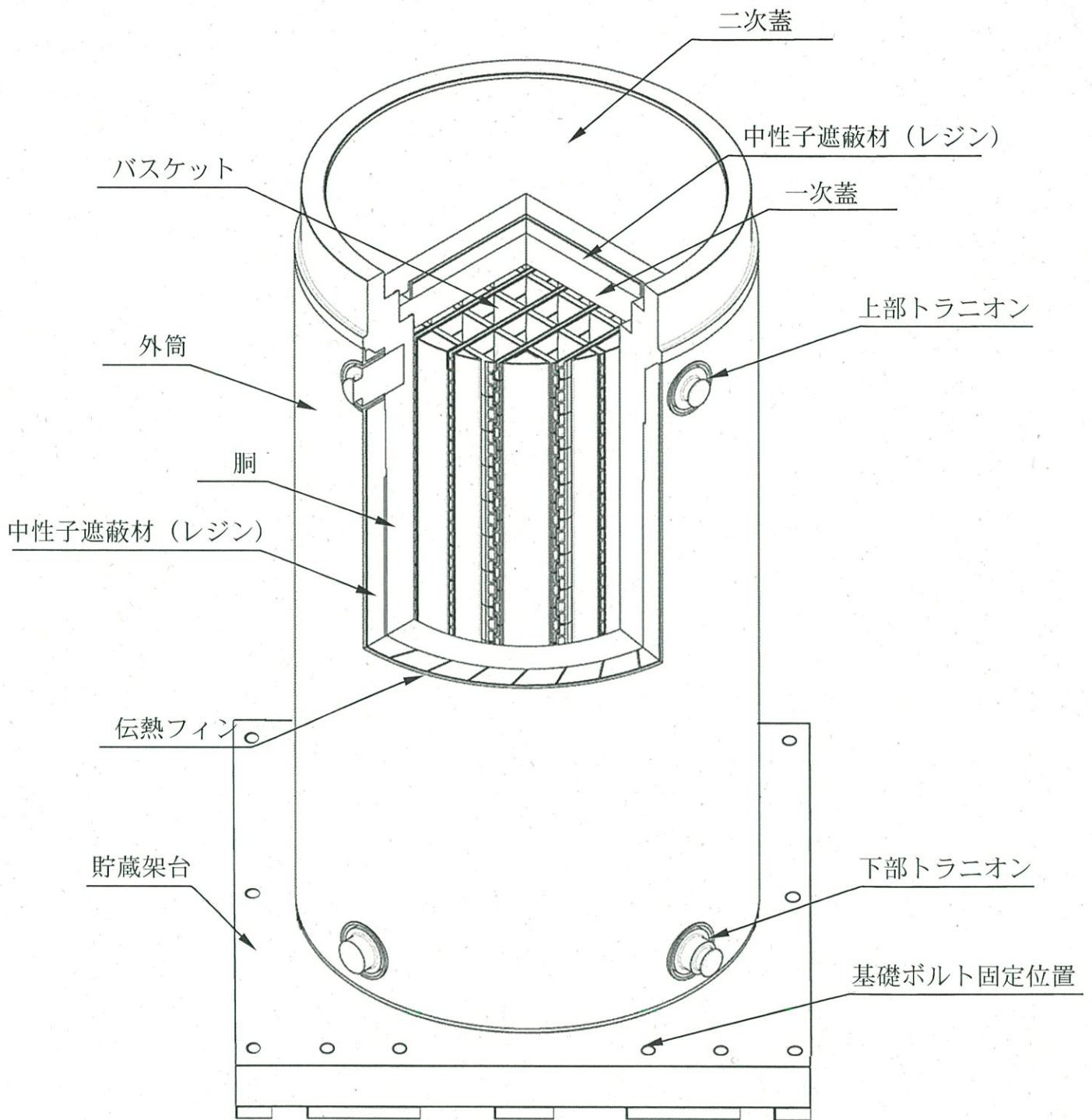
一次蓋のシール部には長期にわたって閉じ込め機能を維持するため、また、二次蓋のシール部には圧力監視境界を設けて閉じ込め監視境界を形成するために金属ガスケットを取り付ける。

(c) バスケット

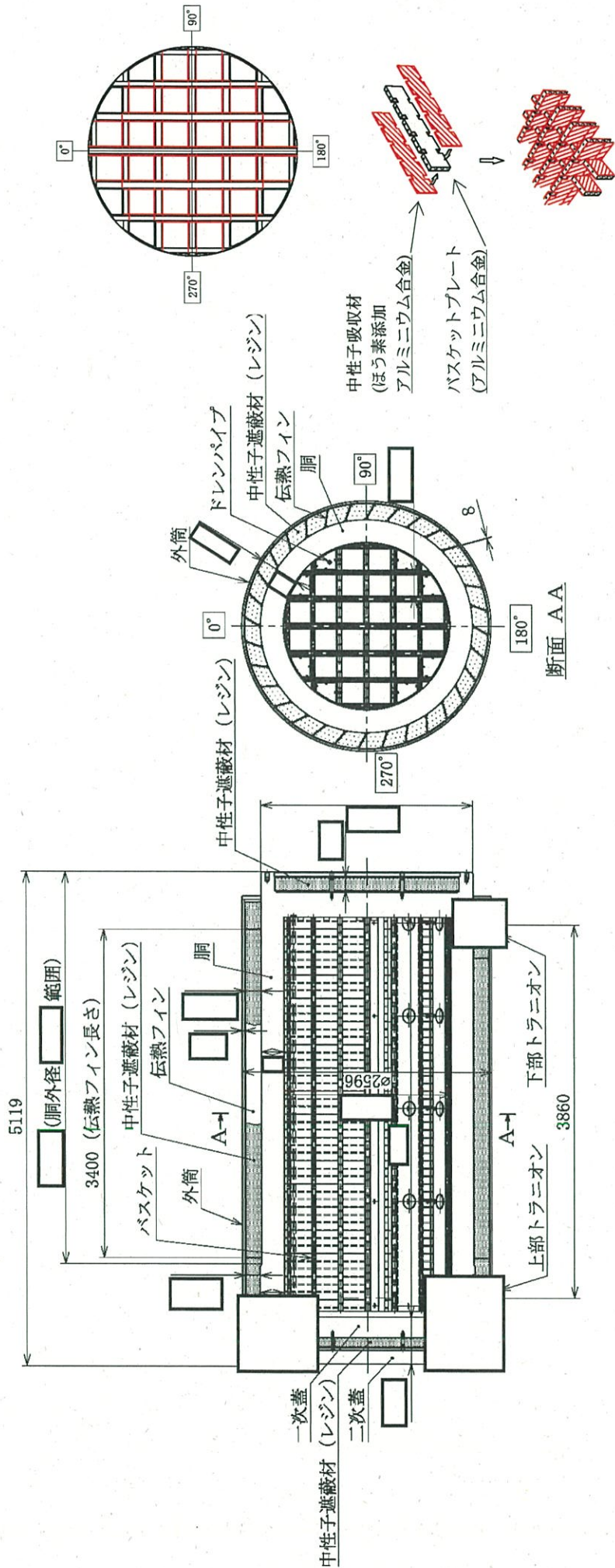
バスケットは断面形状が中空状であるアルミニウム合金製のバスケットプレートで構成する格子構造とし、個々の使用済燃料を乾式キャスク本体内部に配置されたバスケットの所定の格子内に収納する。また、使用済燃料の未臨界性を維持するために、中性子吸収材を併せて配置する。



第 2. 2-1 図 乾式キャスクの構造 (MSF-24P 型)



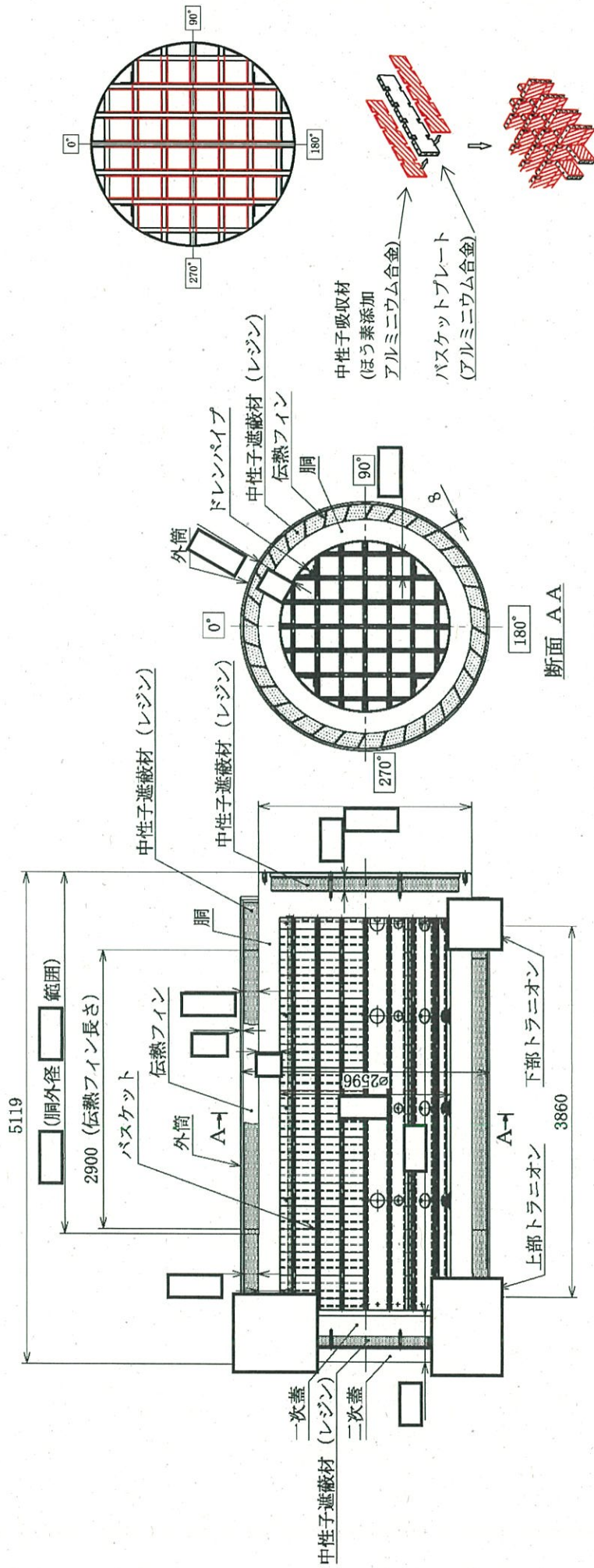
第 2. 2-2 図 乾式キャスクの構造 (MSF-32P 型)



【バスケット構造図】

(単位: mm)

第 2.2-3 図 乾式キヤスク断面図 (MSF-24P 型)



【バスケット構造図】

(単位:mm)

第 2.2-4 図 乾式キャスク断面図 (MSF-32P 型)

第 2.2-1 表 乾式キャスク仕様

項 目		仕 様	
乾式キャスク型式		MSF-24P 型	MSF-32P 型
全質量 (使用済燃料集合体を含む)		約 117 t	約 117 t
寸 法	全 長	約 5.2 m	約 5.2 m
	外 径	約 2.6 m	約 2.6 m
最 大 収 納 体 数		24 体	32 体
主 要 材 質	乾式キャスク本体		
	胴 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼	炭素鋼
	外筒 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼	炭素鋼
	ト ラ ニ オ ン	ステンレス鋼	ステンレス鋼
	中 性 子 遮 蔽 材	レジン	レジン
	伝 熱 フ ィ ン	銅	銅
	蓋 部		
	一 次 蓋	炭素鋼	炭素鋼
	二 次 蓋	炭素鋼	炭素鋼
	蓋 ボ ル ト	ニッケルクロムモリブデン鋼	ニッケルクロムモリブデン鋼
バ ス ケ ッ ト	アルミニウム合金 (中性子吸収材を配置)	アルミニウム合金* (中性子吸収材を配置)	
内 部 充 填 ガ ス		ヘリウムガス	ヘリウムガス
シ ー ル 材		金属ガスケット	金属ガスケット

※：バスケットサポートの一部に炭素鋼を使用している。

2.3 使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件について

乾式キャスクへ収納する使用済燃料仕様を第 2.3-1 表及び第 2.3-2 表に、使用済燃料に挿入して収納することができるバーナブルポイズン集合体仕様を第 2.3-3 表に示す。また、使用済燃料の収納配置を第 2.3-1 図及び第 2.3-2 図に示す。

なお、運転中のデータ、 SHIPPING 検査等により健全であることを確認した使用済燃料を収納する。

また、MSF-24P 型には、回収ウラン燃料も収納するが、回収ウラン燃料については、15 年冷却した通常ウラン燃料と比較して、放射エネルギーは同程度以下であるが、発熱量は比較的高いため、発熱量が同程度以下となるよう 20 年以上冷却した後、収納する。

乾式キャスクへの使用済燃料の装荷にあたっては、次頁以降に示す収納条件を満足することを確認したうえで装荷する。

第 2.3-1 表 使用済燃料仕様 (MSF-24P 型)

項 目		仕 様			
		中 央 部		外 周 部	
燃料集合体の種類		17×17 燃料			
		A 型	B 型	A 型	B 型
形 状	集 合 体 幅 (m m)	約 214			
	全 長 (m m)	約 4,100			
質 量 (kg 以下)		約 680			
燃料集合体 1 体の仕様	初 期 濃 縮 度 (w t % 以下)	約 4.1		約 4.1	
	最 高 燃 焼 度 (GWd/t 以下) (燃料集合体平均)	48		44	
	冷 却 期 間 (年 以 上)	15 [※]	17	15	17
乾 式 キ ャ ス ク 1 基 当 た り の 平 均 燃 焼 度 (G W d / t 以下)		44			

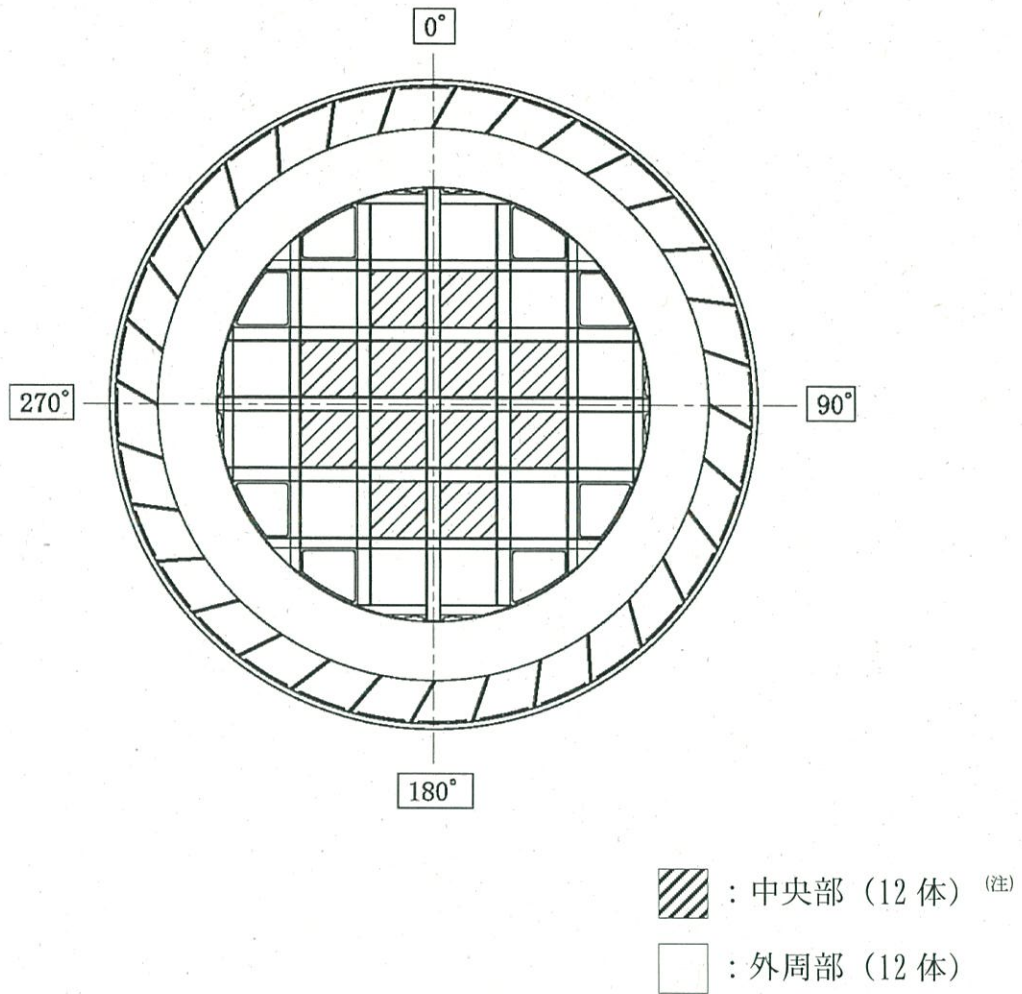
※：回収ウラン燃料については、15年冷却した通常ウラン燃料と放射能及び発熱量が同程度以下となるよう20年以上冷却した後、収納する。

第 2.3-2 表 使用済燃料仕様 (MSF-32P 型)

項目		評価条件					
		中央部			外周部		
燃料集合体の種類		14×14 燃料					
		A型	B型	A型	B型	A型	B型
形状	集合体幅 (mm)	約 197					
	全長 (mm)	約 4,100					
質量 (kg 以下)		約 590					
燃料集合体 1 体の仕様	初期濃縮度 (wt% 以下)	約 4.1		約 3.4			
	最高燃焼度 (GWd/t 以下) (燃料集合体平均)	48		39			
	冷却期間 (年以上)	15			25		
乾式キャスク 1 基当たりの 平均燃焼度 (GWd/t 以下)		45			33		

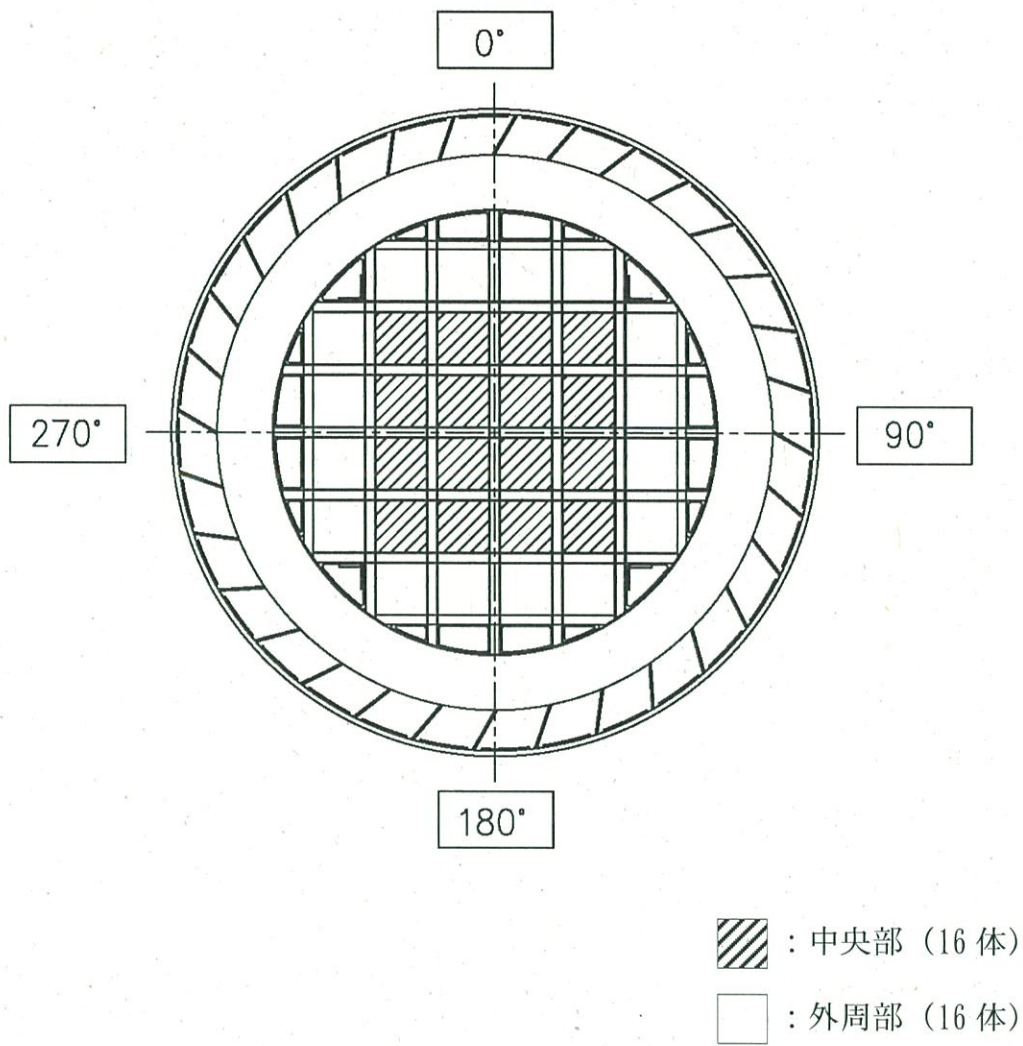
第 2.3-3 表 バーナブルポイズン集合体仕様 (MSF-24P 型のみ)

項 目		仕 様	
バーナブルポイズン		17×17 燃料用	
集合体の種類		A型	B型
形 状	集 合 体 幅 (m m)	約 161	
	全 長 (m m)	約 4,000	
質 量 (k g 以下)		約 29	
照 射 期 間 (日 以下)		2,344 (約 90GWd/t 相当)	
冷 却 期 間 (年 以上)		15	



(注) 中央部には燃料集合体単独あるいは、バーナブルポイズン集合体を挿入した状態で乾式キャスクに収納することができる。

第 2.3-1 図 使用済燃料集合体の収納配置 (MSF-24P 型)



第 2.3-2 図 使用済燃料集合体の収納配置 (MSF-32P 型)

2.4 使用済燃料乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間について

2.4.1 要求事項

乾式キャスクの設計貯蔵期間に関する要求事項は以下のとおりである。

- (1) 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「4. 自然現象等に対する兼用キャスクの設計 4.6 設計貯蔵期間」には以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

設計貯蔵期間は、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

』

【確認内容】

『

設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能を評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

』

2.4.2 適合性について

審査ガイドでは、設置（変更）許可に係る審査において、兼用キャスクの有する4つの安全機能（臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能及び閉じ込め機能）に係る設計の基本方針の妥当性を確認することが定められており、乾式キャスクの設計貯蔵期間については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

〔確認内容〕

設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能を評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

乾式キャスクの設計貯蔵期間は60年とし、設置（変更）許可申請書で明確にする。

また、設計貯蔵期間中の乾式キャスクの材料及び構造の健全性については、2.6項で説明する。

2.5 使用済燃料乾式貯蔵容器の4つの安全機能について

2.3項の使用済燃料の収納条件を踏まえ、MSF-32P型及びMSF-24P型の各解析条件の概要を第2.5-1表及び第2.5-2表に示す。

1, 2, 3号との使用済燃料を、専用の乾式キャスク（MSF-32P型、MSF-24P型）にて貯蔵することで、4つの安全機能（閉じ込め、臨界防止、遮蔽、除熱）が確保できる設計とする。また、1, 2, 3号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下、「乾式貯蔵建屋」という）が乾式キャスク（MSF-32P型、MSF-24P型）の除熱機能を阻害しない設計とする。

本項では、乾式キャスクの通常貯蔵時[※]のうち、乾式キャスクを静置している状態における4つの安全機能について説明し、通常取り扱い時の評価は2.7項で説明する。

なお、乾式キャスク収納条件、配置条件に適合する使用済燃料であることを確認のうえ、乾式キャスクへ収納する。

※：発電所敷地内において兼用キャスクを通常に取り扱い、又は静置している状態をいう。

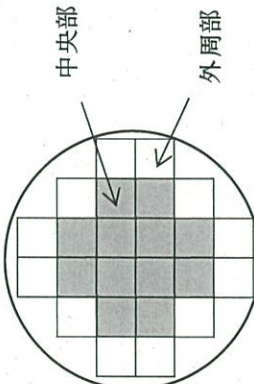
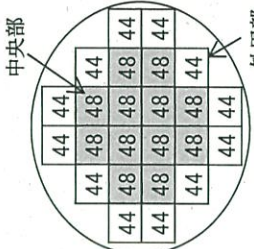
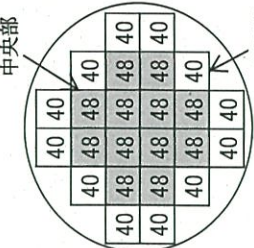
第 2.5-1 表 1, 2 号炉用燃料 乾式キャスク解析条件の概要

	キャスク収納制限 配置制限	燃料スペース		解析条件					
		中央部	外周部	臨界		遮蔽		除熱	
				中央部	外周部	中央部	外周部	中央部	外周部
燃料タイプ	14×14型 (A/B型)	中央部	外周部	14×14型 (A型)	14×14型 (B型)	14×14型 (A型)	14×14型 (A型)		
	初期ウラン濃縮度 (wt%)	≤4.2	≤3.5	4.1	3.4				
	ウラン重量 (kg)								
燃料 集合体 1 体の 仕様	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤48	≤39	≤48	≤39	0	48	39	48 ※1
	SFPでの冷却期間 (年)	≥15	≥25	-	-	-	15	25	15
	平均燃焼度 (GWd/t)	≤45	≤33	-	-	0	-	-	45
キャスク 1 基あたり									
収納物仕様									
	配置※2								

※1：中央部 16 体のうち中心 4 体を除く 12 体は、中央部 16 体の燃焼度が平均 45GWd/t になるよう 44GWd/t としている。

※2：数値は燃焼度 (GWd/t) を示す。

第2.5-2表 3号炉用燃料 乾式キャスク解析条件の概要

燃料集合体 1体の仕様	キャスク収納制限 配置制限		燃料スペース	解析条件		
	中央部	外周部		臨界	遮蔽	除熱
燃料タイプ	17×17型 (A/B型)		17×17型 (A/B型)	17×17型 (A型)	17×17型 (A型)	17×17型 (A型)
初期ウラン濃縮度 (wt%)	≦4.2		4.1			
ウラン重量 (kg)						
最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≦48	≦44	≦48	48	44	48 40 ※2
SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≧15 ※1 B型: ≧17	A型: ≧15 B型: ≧17	-	15	15	15
最高燃焼度 (GWd/t)	≦90	-	-	90	-	-
SFPでの冷却期間 (年)	≧15	-	-	15	-	-
平均燃焼度 (GWd/t)	≦44		-	-	-	44
キャスク 1基あたり				0		
配置※3						

※1：回収ウラン燃料については、15年冷却した通常ウラン燃料と放射エネルギー及び発熱量が同程度以下となるよう20年以上冷却した後、収納する。
 ※2：外周部12体は、乾式キャスク全体の燃焼度が平均44GWd/tになるよう40GWd/tとしている。
 ※3：数値は燃焼度 (GWd/t) を示す。

なお、各解析については、第 2.5-3 表及び第 2.5-4 表のとおり、三菱重工業株が型式設計特定容器等の型式指定を受けた MSF-21P 型での設計で使用した解析コード及びライブラリと同等のものを使用しており、特殊性及び新規性はない。

第 2.5-3 表 解析コード（ライブラリ含む）比較

評価項目	解析コード	
	MSF-21P 型	MSF-32P 型及び MSF-24P 型
臨界	SCALE 4.4a (KENO-V.a) ／ (燃料領域均質化) (断面積ライブラリ： ENDF/B-V 238 群)	SCALE 6.2.1 (KENO-VI) ／ (燃料ピンモデル化) (断面積ライブラリ： ENDF/B-VII 252 群)
遮蔽	ORIGEN2 DOT3.5 (断面積ライブラリ：MATXSLIB-J33)	ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) DOT3.5 (断面積ライブラリ：MATXSLIB-J33)
除熱	ORIGEN2 ABAQUS	ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) ABAQUS

第 2.5-4 表 解析における変更箇所

	変更項目	MSF-21P 型	MSF-32P 型及び MSF-24P 型
臨界	・コード ／モデル化 ・断面積 ライブラリ	SCALE 4.4a (KENO-V.a) ／ (燃料領域均質化) ENDF/B-V 238 群	SCALE 6.2.1 (KENO-VI) ／ (燃料ピンモデル化) ENDF/B-VII 252 群
遮蔽	・断面積 ライブラリ	MATXSLIB-J33	MATXSLIB-J33
除熱	・解析モデル	2D モデル (モデル検証に 3D モデルを適用)	3D モデル

- 2.5.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能について
乾式キャスクの閉じ込め機能を別添1に示す。
- 2.5.2 使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能について
乾式キャスクの臨界防止機能を別添2に示す。
- 2.5.3 使用済燃料乾式貯蔵容器の遮蔽機能について
乾式キャスクの遮蔽機能を別添3に示す。
- 2.5.4 使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について
乾式キャスクの除熱機能を別添4に示す。

2.6 使用済燃料乾式貯蔵容器の長期健全性について

2.6.1 要求事項

材料・構造健全性に関する要求事項は、以下のとおりである。

(1) 設置許可基準規則要求事項

①設置許可基準規則第16条第2項一号イ

- ・燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。

②設置許可基準規則第16条第2項一号ハ

- ・燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

③設置許可基準規則第16条第4項一号

- ・使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。

④設置許可基準規則第16条第4項二号

- ・使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。

⑤設置許可基準規則第16条第4項三号

- ・使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

⑥設置許可基準規則解釈別記4第16条5項

- ・第16条第2項第1号ハ及び同条第4項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。
 - ・設計貯蔵期間を明確にしていること。
 - ・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

(2) 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「4. 自然現象等に対する兼用キャスクの設計 4.5 材料・構造健全性」には以下のよう記載されている。

【審査における確認事項】

『

設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及び当該環境下での兼用キャスクの経年変化に対して十分な信頼性を有する材料及び構造であること。また、貯蔵建屋を設置しない場合は、雨水等により兼用キャスクの安全機能が喪失しないよう対策が講じられていること。輸送荷姿等の緩衝体を装着した状態で貯蔵を行う場合は、緩衝体の経年変化についても考慮していること。

』

【確認内容】

『

- (1) 安全機能を維持する上で重要な兼用キャスクの構成部材は、兼用キャスクの最低使用温度における低温脆性を考慮したものであること。また、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及び当該環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化の影響を、設計入力値（例えば、寸法、形状、強度及び材料物性値）又は設計基準値の算定に際し考慮していること。さらに、必要に応じて防食措置等が講じられていること。
- (2) 兼用キャスク内部の不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、兼用キャスクに収納される使用済燃料の経年変化を低減又は防止する設計であること。

』

2.6.2 適合性について

審査ガイドでは、設置（変更）許可に係る審査において、兼用キャスクの有する4つの安全機能（臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能及び閉じ込め機能）に係る設計の基本方針の妥当性を確認することが定められており、乾式キャスクの材料・構造健全性については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

〔確認内容〕

- (1) 安全機能を維持する上で重要な兼用キャスクの構成部材は、兼用キャスクの最低使用温度における低温脆性を考慮したものであること。また、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及び当該環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化の影響を、設計入力値（例えば、寸法、形状、強度及び材料物性値）又は設計基準値の算定に際し考慮していること。さらに、必要に応じて防食措置等が講じられていること。
- (2) 兼用キャスク内部の不活性環境を維持し、温度を制限される範囲に収めることにより、兼用キャスクに収納される使用済燃料の経年変化を低減又は防止する設計であること。

乾式キャスクの主要な構成部材は、設計貯蔵期間中（60年間）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のある材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持する。これらの経年変化要因に対する乾式キャスクの主要な構成部材及び使用済燃料被覆管の健全性評価を以下に示す。

なお、本評価においては、以下の点について保守性を有している。

- ・評価に適用する中性子照射量は、減衰を考慮せず初期の照射量が60年間継続する条件で算出している。（乾式キャスク各部材の中性子照射量は第2.6-1表のとおり。）

(1) 胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルト

【照射影響】

胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルトに使用する炭素鋼及びニッケルクロムモリブデン鋼については、中性子照射量が 10^{16} n/cm²までは、顕著な機械的特性変化は見られない¹⁾ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 5.9×10^{14} n/cm²であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルトに使用する炭素鋼及びニッケルクロムモリブデン鋼は、設計用強度・物性値が規定²⁾されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変化を考慮する必要はない。

【化学的影響】

乾式キャスク内部の使用済燃料を閉じ込める空間は、使用済燃料収納時にその空間を真空乾燥するとともに、不活性ガスであるヘリウムを封入し、貯蔵する設計としている。したがって、不活性雰囲気は維持されるため、残留水分（10 wt%）を考

慮しても腐食の影響はない³⁾。また、胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルトに使用する炭素鋼及びニッケルクロムモリブデン鋼は、設計貯蔵期間中の温度条件において、仮に燃料破損率1%相当の燃料棒内ガスの存在を考慮しても、腐食の影響はない⁴⁾。

一次蓋と二次蓋の間の空間部（以下「蓋間空間」という。）には不活性ガスであるヘリウムを封入し、不活性雰囲気維持されるため、腐食の影響はない。また、胴外面及び一次蓋は中性子遮蔽材（レジン）に接しており、中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。なお、大気に触れる部分については、塗装等の防食措置により腐食を防止する。

(2) バスケット

【照射影響】

バスケットプレート及びバスケットサポートに使用するアルミニウム合金、並びにバスケットサポートに使用する炭素鋼（MSF-32P型）は、中性子照射量が 10^{16} n/cm²まで顕著な機械的特性変化は見られない^{1)、5)}ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 1.5×10^{15} n/cm²であることから照射脆化の影響はない。また、中性子吸収材に使用するほう素添加アルミニウム合金については、中性子吸収材中のほう素の設計貯蔵期間中の減損割合は 10^{-5} 程度*であり無視し得るほど小さいため、臨界防止機能への影響はない。

※：以下のとおり算出。

$$B-10 \text{ 減損割合} = \sigma \times \phi \times t \quad (\text{n})$$

ここで、

$$\sigma : B-10 \text{ の熱中性子領域 (0.025eV) での全断面積 (3840barn} = 3.840 \times 10^{-21} \text{ (cm}^2\text{))} \quad 6)$$

ϕ : 全中性子束

$$7.977 \times 10^5 \text{ [MSF-24P 型] (n/cm}^2\text{/s)}$$

$$7.613 \times 10^5 \text{ [MSF-32P 型] (n/cm}^2\text{/s)}$$

遮蔽解析結果（燃料集合体領域の最大値）。保守的に貯蔵初期の値を60年一定とする。

$$t : \text{照射期間 (60年間} = 1.9 \times 10^9 \text{ (s))}$$

(計算結果)

$$\textcircled{1} \text{MSF-24P 型} : 3.840 \times 10^{-21} \times 7.977 \times 10^5 \times 1.9 \times 10^9 = 5.83 \times 10^{-6}$$

($\Rightarrow 10^{-5}$ 以下であり、 10^{-5} 程度と設定)

$$\textcircled{2} \text{MSF-32P 型} : 3.840 \times 10^{-21} \times 7.613 \times 10^5 \times 1.9 \times 10^9 = 5.56 \times 10^{-6}$$

($\Rightarrow 10^{-5}$ 以下であり、 10^{-5} 程度と設定)

【熱的影響】

バスケットプレート及びバスケットサポートに使用するアルミニウム合金、並びにバスケットサポートに使用する炭素鋼（MSF-32P型）は、貯蔵状態における温度において、設計用強度・物性値が規定^{2)、5)}されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変化を考慮する必要はない。

なお、バスケットプレート及びバスケットサポートに使用するアルミニウム合金

の設計用強度は、設計貯蔵期間中の熱ばく露条件（250℃）を模擬した条件での材料試験により得られた材料特性を保守的に包絡するように設定しており、クリープによる設計貯蔵期間中の熱ばく露による強度低下を適切に考慮している^{5)、7)}。

【化学的影響】

バスケットが置かれた空間は、使用済燃料収納時にその空間を真空乾燥するとともに、不活性ガスであるヘリウムを封入する設計としている。したがって、不活性雰囲気は維持されるため、残留水分（10 wt%）を考慮しても腐食の影響はない。^{4)、8)}

また、MSF-32P 型のバスケットサポートに使用する炭素鋼は、設計貯蔵期間中の温度条件において、仮に燃料破損率 1%相当の燃料棒内ガスの存在を考慮しても、腐食の影響はない⁴⁾。

(3) トラニオン

【照射影響】

トラニオンに使用するステンレス鋼は、中性子照射量が 10^{17} n/cm² までは、顕著な機械的特性変化は見られない⁹⁾ ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 5.9×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

トラニオンに使用するステンレス鋼は、貯蔵状態における温度において、設計用強度・物性値が規定²⁾ されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変化を考慮する必要はない。

【化学的影響】

トラニオンの内面は中性子遮蔽材（レジン）に接しており、中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。¹⁰⁾

(4) 外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバー

【照射影響】

外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーに使用する炭素鋼は、中性子照射量が 10^{16} n/cm² までは、顕著な機械的特性変化は見られない¹¹⁾ ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は、外筒では 3.3×10^{12} n/cm²、蓋部中性子遮蔽材カバーでは 5.9×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーに使用する炭素鋼は、設計用強度・物性値が規定²⁾ されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変

化を考慮する必要はない。

【化学的影響】

外筒の内面及び蓋部中性子遮蔽材カバーの内面は中性子遮蔽材（レジン）に接しており、中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。¹⁰⁾ また、蓋間空間には不活性ガスであるヘリウムを封入し、蓋部中性子遮蔽材カバーの外表面は不活性雰囲気維持されるため、腐食の影響はない。なお、外筒の外表面については、塗装等の防食措置により腐食を防止する。

(5) 下部端板及び底部中性子遮蔽材カバー

【照射影響】

下部端板及び底部中性子遮蔽材カバーに使用するステンレス鋼は、中性子照射量が 10^{17} n/cm² までは、顕著な機械的特性変化は見られない⁹⁾ ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 8.2×10^{13} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

下部端板及び底部中性子遮蔽材カバーに使用するステンレス鋼は、設計用強度・物性値が規定²⁾ されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変化を考慮する必要はない。

【化学的影響】

下部端板の内面及び底部中性子遮蔽材カバーの内面は中性子遮蔽材（レジン）に接しており、中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため腐食の影響はない。¹⁰⁾

(6) 中性子遮蔽材

【照射影響】

中性子遮蔽材（レジン）は、中性子照射量が 10^{15} n/cm² までは、顕著な質量減損は見られないことが示されており^{11)、12)}、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 1.6×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響、化学的影響】

中性子遮蔽材は、設計貯蔵期間中の熱的（化学的）影響により質量減損（2%程度）が発生¹¹⁾ するため、遮蔽評価上、保守的に 2.5 % の質量減損を考慮する。

(7) 金属ガスケット

【照射影響】

金属ガスケットに使用するアルミニウム及びニッケル基合金は、中性子照射量がそれぞれ 10^{19} n/cm² 又は 10^{21} n/cm² までは、顕著な機械的特性変化は見られない¹³⁾、

¹⁴⁾ ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 2.0×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

また、高温時の健全性についてラーソン・ミラー・パラメータ (LMP) で評価すると、150℃では100年以上閉じ込め機能を維持できる¹⁵⁾。さらに、設計貯蔵期間中の温度条件において長期密封性能試験(19年以上)が実施され、閉じ込め機能が維持されることが確認されている¹⁶⁾。

【化学的影響】

蓋間空間には不活性ガスであるヘリウムを封入し、その圧力を監視する設計としている。閉じ込め境界である一次蓋の金属ガスケット及び圧力監視境界である二次蓋の金属ガスケットの内側は不活性雰囲気であり、腐食を考慮する必要はない。

大気と接触する二次蓋金属ガスケットの外側については、約3年間の塩水噴霧試験を実施し、実機の使用環境より厳しい塩水噴霧環境においても漏えい率に変化のないことが確認されている¹⁷⁾。また、10年間海浜条件で大気ばく露させた際の平均浸食深さ及び最大孔食深さ³⁾を用い、設計貯蔵期間中の浸食深さと孔食深さを評価した結果、それぞれ約0.025mm及び約0.33mmであり、外被材の製造公差※を含めても、板厚0.5mmより小さいため、閉じ込め機能に影響はない。

※：金属ガスケットの製造公差の例 (ノミナル寸法：0.5mm、製造公差：mm、mm)

(8) 伝熱フィン

【照射影響】

伝熱フィンに使用する銅は、中性子照射量が 10^{16} n/cm² までは、顕著な機械的特性変化は見られない¹⁸⁾ ことが示されており、最も中性子照射量が高くなる箇所においても、設計貯蔵期間中の中性子照射量は 1.6×10^{14} n/cm² であることから照射脆化の影響はない。

【熱的影響】

銅は、設計貯蔵期間中の温度条件において、設計用強度・物性値が規定¹⁹⁾されており、その温度範囲で使用するため、低温脆性を含め、熱による経年変化を考慮する必要はない。

【化学的影響】

銅の電極電位は炭素鋼に比べて高く、イオン化傾向の低い金属である²⁰⁾ ことから、銅は腐食することはなく、炭素鋼が選択的に腐食される。また、中性子遮蔽材(レジン)に接しており、中性子遮蔽材の熱劣化により水が生じるが、酸化鉄の生成により酸素の拡散障壁が形成されること、及び中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため、腐食の影響はない。

伝熱フィンと胴及び外筒の接合部において異種金属接触による腐食促進の可能性

があるが、密閉静止した淡水環境における銅が接続した鋼の腐食試験において鋼単独の場合の腐食速度と同程度になることが確認されている²¹⁾。また、中性子遮蔽材の熱劣化により生じる水分量は限定的であり、中性子遮蔽材充填空間は閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため、異種金属接触による接合部への腐食促進の影響は小さく、腐食の影響はない。

(9) 使用済燃料被覆管

【照射影響】

燃料被覆管に使用するジルカロイは、設計貯蔵期間中の中性子照射量が 1.5×10^{15} n/cm² であり、炉内の中性子照射量 ($10^{21} \sim 10^{22}$ n/cm²) に対して十分低いことから、照射の影響は無視し得る²²⁾。

【熱的影響】

熱による経年変化としては、クリープひずみの進行による燃料被覆管の破損、照射硬化の回復による燃料被覆管強度の低下、燃料被覆管中の水素化物再配向による燃料被覆管の脆化、及び応力腐食割れについて評価する必要がある²²⁾。

クリープひずみの進行については、予測式に基づく累積クリープひずみが 1 % 以下となるよう制限することで防止できる²²⁾ ことが示されており、燃料被覆管中の水素化物再配向に係る制限以内では、クリープひずみが 1% を超えることはない。

照射硬化の回復については、国内軽水炉で照射された PWR 照射済被覆管を用いた照射硬化回復試験の結果では、硬化の回復のしきい値は 300 °C 近傍²²⁾ であり、しきい値以下であれば照射硬化の回復の可能性は小さいため、使用済燃料被覆管の温度を制限することにより防止する。

燃料被覆管中の水素化物再配向については、国内の軽水炉で照射された PWR 燃料の燃料被覆管を用いた水素化物再配向試験及び機械的特性試験の結果、被覆管の周方向機械的特性が低下しない燃料被覆管の温度が 275 °C 以下、周方向応力が 100 MPa 以下²²⁾ と求められており、燃料被覆管温度と周方向応力を制限することによって、機械的特性の劣化を防止する。

応力腐食割れについては、燃料棒ペレットの温度上昇による腐食性核分裂生成ガスの放出はなく、また、原子炉運転中に燃料棒ペレットから放出されたヨウ素はヨウ化セシウムとして安定に存在することから応力腐食割れが発生する化学的雰囲気となっていない²²⁾。なお、腐食性雰囲気での応力腐食割れ試験でジルカロイ-4 の応力腐食割れのしきい応力は 200 MPa であり、設計貯蔵期間中の応力はこれに比べて十分低い²²⁾。

上記に示す通り、燃料被覆管中の水素化物再配向を防止することにより、他の発生も同時に防ぐことができる。設計貯蔵期間中の燃料被覆管の温度及び周方向応力は、275°C 及び 100MPa を超えないことから、熱による経年変化を考慮する必要はない。

い。

【化学的影響】

残留水分が 10 wt% 以下の不活性雰囲気にある燃料被覆管の酸化量及び水素吸収量は無視し得るほど小さい⁸⁾ ため、健全性に影響はない。

第 2.6-1 表 乾式キャスク主要な構成部位の中性子照射量

	構造材中最大となる 全中性子照射量 (n/cm ²) ※1		判定基準 (n/cm ²)
	MSF-32P型	MSF-24P型	
(1) 胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルト ※2	4.8×10^{14}	5.9×10^{14}	$< 10^{16}$
(2) バスケット ※3	1.5×10^{15}	1.5×10^{15}	$< 10^{16}$
(3) トラニオン ※2	4.8×10^{14}	5.9×10^{14}	$< 10^{17}$
(4) 外筒	3.1×10^{12}	3.3×10^{12}	$< 10^{16}$
(4) 蓋部中性子遮蔽材カバー ※2	4.8×10^{14}	5.9×10^{14}	$< 10^{16}$
(5) 下部端板及び底部中性子遮蔽材カバー	7.4×10^{13}	8.2×10^{13}	$< 10^{17}$
(6) 中性子遮蔽材 ※4	1.3×10^{14}	1.6×10^{14}	$< 10^{15}$
(7) 金属ガスケット	1.8×10^{14}	2.0×10^{14}	$< 10^{19}$
(8) 伝熱フィン ※4	1.3×10^{14}	1.6×10^{14}	$< 10^{16}$
(9) 使用済燃料被覆管	1.5×10^{15}	1.5×10^{15}	$< 10^{21 \sim 22}$

※1：遮蔽解析結果から得られた中性子束が 60 年間一定であると仮定して算出した値。

※2：最大となる胴領域の値を記載。

※3：最大となるキャピティ内領域（使用済燃料領域）の値を記載。

※4：最大となる側部中性子遮蔽材領域の値を記載。

2.6.3 参考文献

- 1) K. Farrell, S. T. Mahmood, R. E. Stoller, L. K. Mansur, "An Evaluation of Low Temperature Radiation Embrittlement Mechanisms in Ferritic Alloys", *Journal of Nuclear Materials*, Vol. 210, (1994).
- 2) (一社)日本機械学会, 「発電用原子力設備規格 材料規格(2012年版)(JSME S NJ1-2012)」, (2012).
- 3) 日本アルミニウム協会, 「アルミニウムハンドブック第7版」, (2007).
- 4) (独)原子力安全基盤機構, 「平成15年度 金属キャスク貯蔵技術確証試験 報告書 最終報告」, (2004).
- 5) 三菱重工業(株), 「型式設計特定容器等の型式指定申請書 本文及び添付書類の一部補正について」, (2017).
- 6) T. Nakagawa, H. Kawasaki, K. Shibata, "Curves and Tables of Neutron Cross Sections in JENDL-3.3", JAERI-Data/Code 2002-020, (2002).
- 7) 前口貴治、川原慶幸、山本隆一、崎間公久、玉置廣紀, 「A3004-H112合金の機械的性質に及ぼす長時間加熱および焼きなましの影響」, 軽金属, 第68巻 第12号, (2018).
- 8) (一社)日本原子力学会標準委員会, 「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:2010 (AESJ-SC-F002:2010)」, (2010).
- 9) 土肥謙次, 秀耕一郎, 黛正己, 恩地健雄, 大岡紀一, 「304ステンレス鋼のSCC特性に及ぼす中性子照射効果(その2) -熱鋭敏化材のSCC感受性に及ぼす照射影響-」, (一財)電力中央研究所, (1997).
- 10) (公社)腐食防食協会編, 「腐食・防食ハンドブック CD-ROM版 第2版」, 丸善(株), (2005).
- 11) (財)原子力発電技術機構, 「平成14年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(金属キャスク貯蔵技術確証試験) 報告書」, (2003).
- 12) T. Ichihashi, D. Ishiko, A. Ogawa, M. Morishima, "Verification Tests of Neutron Shielding Materials and Shielding Assessment", *Proceedings of the 15th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials*, (2007).
- 13) H. Yoshida, et al., "Reactor Irradiation Effects on Al 1100", *Proc. Jpn. Congr. Mater. Res.*, Vol. 24, (1981).
- 14) T. T. Claudson. "Cladding and Structural Materials Semi-Annual Progress Report", HEDL-TME 75-77, (1975).
- 15) 加藤治, 伊藤千浩, 三枝利有, 「使用済燃料貯蔵キャスクの長期密封性能評価手法

- の開発」, 日本原子力学会誌, Vol. 38, No. 6, (1996).
- 16) (一財)電力中央研究所, 「平成 21 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 報告書」, (2010).
 - 17) 小崎明朗, 「使用済燃料貯蔵中の耐久性に関する海外動向他」, (株)日本原子力情報センター主催セミナー「使用済燃料貯蔵技術の現状と課題」, (1998).
 - 18) S. J. Zinkle, G. L. Kulcinski, “Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper Alloys”, ASTM STP888, (1986).
 - 19) (一財)日本規格協会, 「圧力容器の設計 (JIS B 8267 : 2015)」, (2015).
 - 20) (公社)腐食防食協会編, 「材料環境学入門」, 丸善(株), (1993).
 - 21) 能登谷武紀, 密閉系淡水における鋼-銅系のガルバニック腐食, 伸銅技術研究会誌 33 巻, (1994).
 - 22) 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 核燃料サイクル安全小委員会 中間貯蔵ワーキンググループ 輸送ワーキンググループ, 「金属製乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵施設における金属製乾式キャスクとその収納物の長期健全性について」, (2009).