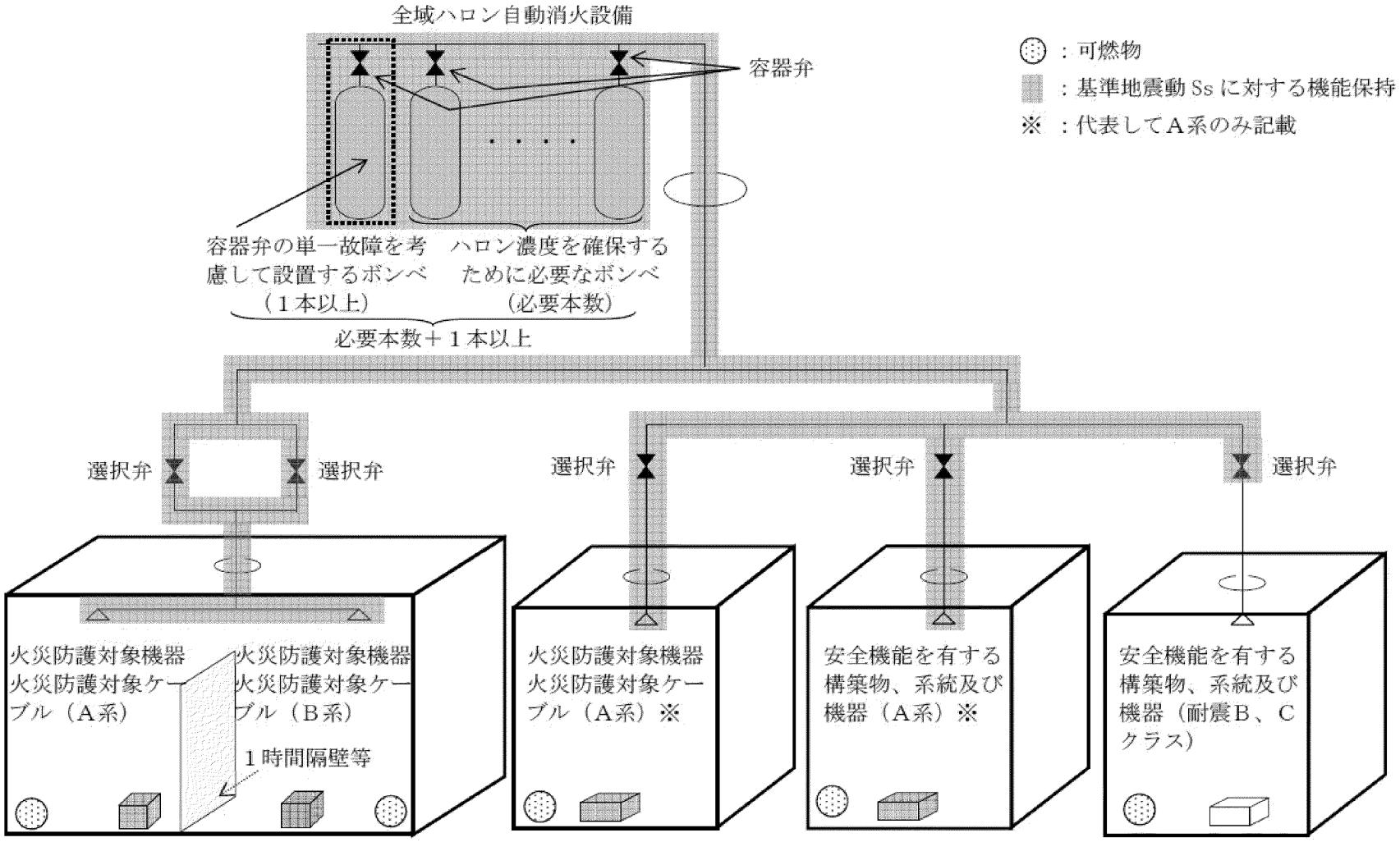
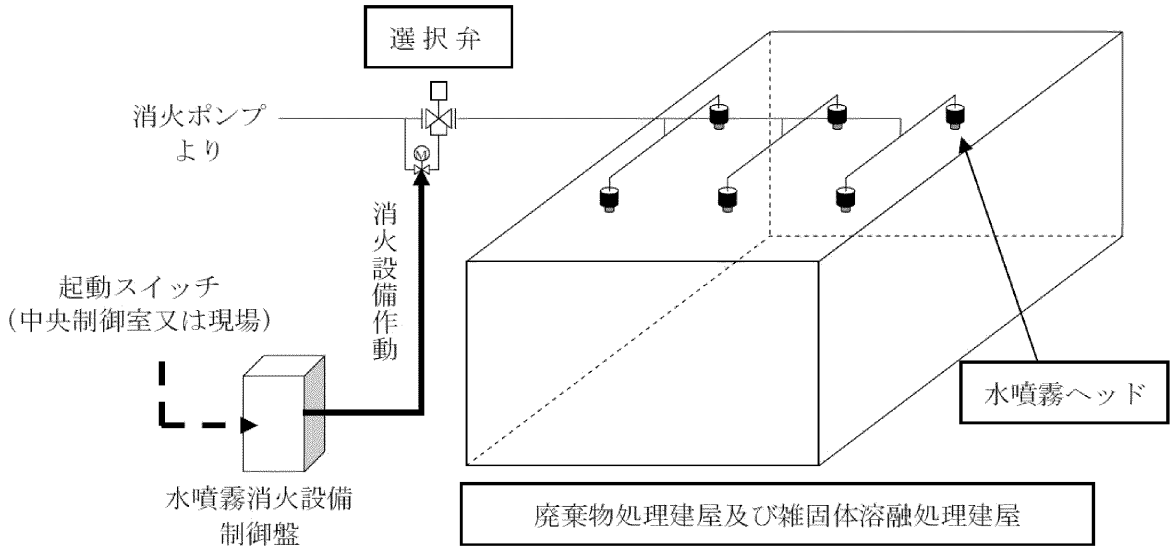
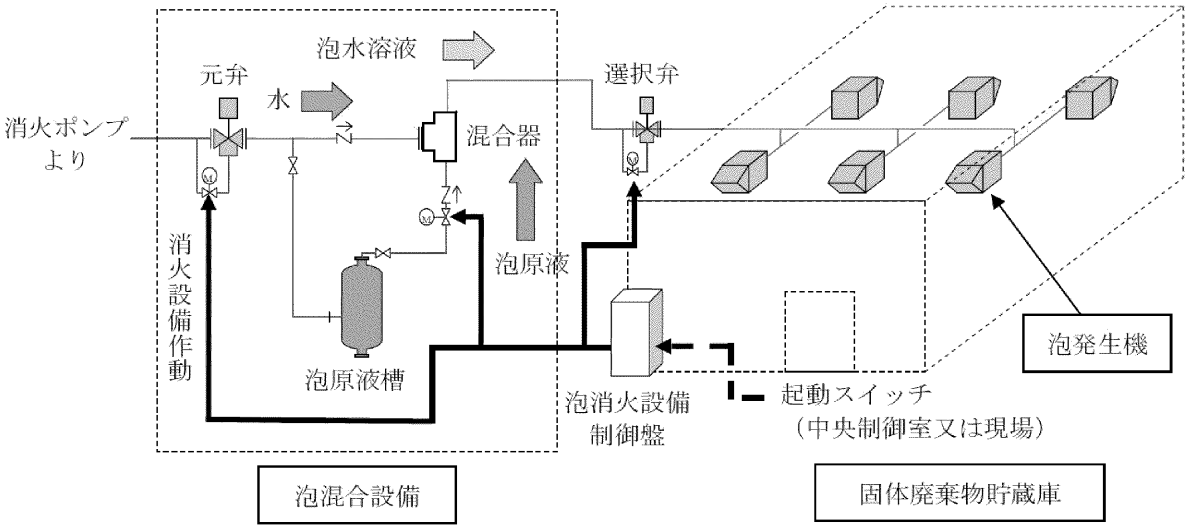


○ 系統分離対応の自動消火設備は、消火困難対応の消火設備と共用する。
○ 自動消火設備の耐震性は、火災防護対象機器等の耐震クラス要求に応じて、機能を保持する設計とする。

第 10.5.4 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概要図



第 10.5.5 図　水噴霧消火設備概要図



第 10.5.6 図　泡消火設備概要図

技術的支援

指令部

組織	構成	主な任務
本部長 【管理権原者】	○所長	本部の統括及び方針の決定
副本部長	○第一所長 ○第二所長	本部長の補佐
統括管理者	○次長 （防災担当）	自衛消防隊の統括管理
本部付	○発電用原子炉主任技術者 等	○本部長への意見具申 ○各班長への助言又は協力

運転員（当直員）

組織	構成	主な任務
運転員 （当直員）	○発電第一課 ○発電第二課	運転上の措置

専属自衛消防隊（委託員）

組織	構成	主な任務
専属自衛消防隊 （委託員）	○防災指揮者 ○機関員 ○操作員　等	消火活動

作業班

組織	構成	主な任務
総括班	○技術第一課 ○技術第二課	本部の運営
運転支援班	○技術第一課 ○技術第二課 ○発電第一課 ○発電第二課	運転措置の技術的支援
安全管理班	○安全管理第一課 ○安全管理第二課	放射線管理
保修班	○保修第一課 ○保修第二課	設備の保修
運転班	○発電第一課 ○発電第二課	運転上の措置
広報班	○環境広報担当	自治体・プレス対応
総務班	○防災課 ○総務課	本部の設営・庶務
土木建築班	○土木建築課	土木建築設備の保修
原子力訓練センター班	○原子力訓練センター	避難者の誘導

第 10.5.7 図　自衛消防隊体制図

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　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
　　2.1.2　火災防護を行う機器等の選定
　　2.1.3　火災区域及び火災区画の設定
　2.2　火災発生防止
　　2.2.1　原子炉施設の火災発生防止について
　　2.2.2　不燃性材料及び難燃性材料の使用について
　　2.2.3　落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止について
　2.3　火災の感知及び消火
　　2.3.1　早期の火災感知及び消火について
　　2.3.2　地震等の自然現象の考慮
　　2.3.3　消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響
　2.4　火災の影響軽減
　　2.4.1　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
　　2.4.2　火災影響評価について
　2.5　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
　2.6　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

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築物、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築物、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築物、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。

2.1.1　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（以下「乾式貯蔵容器」という。）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。

2.1.2　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乾式貯蔵容器を火災防護を行う機器として選定する。

2.1.3　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、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、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（以下「貯蔵エリア」という。）を火災区画とし、乾式貯蔵容器を取り扱う使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア（以下「取扱エリア」という。）を火災区画として設定する。

（添付資料－１）

2.2　火災発生防止

2.2.1　原子炉施設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附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) 発火性又は引火性物質に対する火災の発生防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設における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には、以下の火災の発生防止対策を講じる設計とする。

発火性又は引火性物質としては、消防法で定められる危険物のうち「潤滑油」を対象とする。

なお、発火性又は引火性物質としては、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」を対象とするが、「水素」を内包する設備はない。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器である乾式貯蔵容器を設置する貯蔵エリアには、発火性又は引火性物質を内包する設備はない。

ａ． 漏えいの防止、拡大防止

取扱エリアに設置する発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は、漏えいの防止対策を講じるとともに、漏えいした潤滑油が拡大することを防止する設計とする。

ｂ． 配置上の考慮

取扱エリアに設置する発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、潤滑油を内包する設備と放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器との間に耐火壁等の設置又は離隔を確保する配置上の考慮を行う設計とする。

ｃ．　換　　気

発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備がある取扱エリアは、火災の発生を防止するために、空調機器による機械換気により換気を行う設計とする。

ｄ．　防　　爆

取扱エリアに設置する発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は、「ａ.漏えいの防止、拡大防止」で示すように、潤滑油の漏えいを防止する設計とするとともに、漏えいした潤滑油の拡大を防止する設計とする。

潤滑油が設備の外部へ漏えいしても、これらの引火点は、油内包機器を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性の蒸気とならず、「ｃ.換気」で示したように機械換気を行うことから、潤滑油が爆発性雰囲気を形成するおそれはない。

ｅ．　貯　　蔵

取扱エリアには、発火性又は引火性物質を貯蔵する機器はない。

(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及び可燃性物質の発火点以上に高温となる設備はない。

(4)　水素対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、水素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内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。

2.2.2　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有する構築物、系統及び機器に対しては、不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計とし、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。

① 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。）を使用する設計とする。
② 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放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器のうち、機器及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し、炭素鋼等の不燃性材料を使用する設計とする。

(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内の変圧器及び遮断器のうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係る変圧器及び遮断器はない。

(3) 難燃ケーブルの使用

使用済燃料乾式貯蔵施設内のケーブルのうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係るケーブルはない。

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設内の換気設備のフィルタのうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係る換気設備のフィルタはない。

(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内の保温材のうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係る保温材はない。

(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材料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不燃性材料を使用する設計とする。

2.2.3　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、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮である。

津波（高潮を含む。）、森林火災及び竜巻（風（台風）を含む。）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については、火源が発生する自然現象ではなく、火山の影響についても、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。

地滑り及び洪水は、玄海原子力発電所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、建築基準法に基づき地盤面から高さ 20m を超える建築物には、「JIS A 4201 建築物等の雷保護」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

使用済燃料乾式貯蔵施設は、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設計とする。

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。

2.3　火災の感知及び消火

2.3.1　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。

火災感知設備及び消火設備は、以下に示すとおり、使用済燃料乾式貯蔵施設における放射性物質の貯蔵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とする。

(1)　火災感知設備

〔要求事項〕

（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。

火災感知設備は、使用済燃料乾式貯蔵施設における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画の火災を早期に感知する設計とする。

火災感知器と受信機を含む火災報知盤等で構成される火災感知設備は、以下を踏まえた設計とする。

a． 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、火災は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。

b． 固有の信号を発する火災感知器の設置

貯蔵エリアは、保管する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貯蔵エリアにおいて乾式貯蔵容器へ火災の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。

取扱エリアは、主要な機器が不燃物で構成され、乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は常時作業員がいることから、万一の火災発生時には作業員により早期の火災感知及び消火が可能であり、貯蔵準備作業中に作業員が離れる必要がある場合は乾式貯蔵容器を貯蔵エリアに保管（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、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。

c． 火災報知盤

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る火災報知盤にて監視する。

d． 火災感知設備の電源確保

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を可能とするため、消防法に基づき蓄電池を設け電源を確保する設計とする。

(2) 消火設備

〔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、消火用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 m^3）以上としている。

消火設備は、使用済燃料乾式貯蔵施設における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又は火災区画の火災を早期に消火する設計とする。

貯蔵エリアは、保管する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貯蔵エリアにおいて、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。

取扱エリアは、主要な機器が不燃物で構成され、乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は常時作業員がいることから、万一の火災発生時には作業員により早期の火災感知及び消火が可能であり、貯蔵準備作業中に作業員が離れる必要がある場合は乾式貯蔵容器を貯蔵エリアに保管（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、貯蔵エリア及び取扱エリアの消火設備については、消火器及び水消火設備（屋内消火栓設備）を設置する設計とする。

また、輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には専属自衛消防隊にて対応する。

使用済燃料乾式貯蔵施設における消火設備は、以下を踏まえた設計とする。

a．　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、原水タンク（約 10,000m^3）を２基設置し多重性を有する設計とする。

消火用水供給系の消火ポンプは、電動消火ポンプ、ディーゼル消火ポンプを１台ずつ設置し、多様性を有する設計とする。

b．　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、系統及び機器は設置されておらず、系統分離対策が不要であるため、系統分離に応じた独立性は考慮不要である。

c．　火災に対する二次的影響の考慮

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。

d．　想定火災の性質に応じた消火剤の容量

消火剤に水を使用する水消火設備（屋内消火栓設備）の容量は、「ｆ.消火用水の最大放水量の確保」に示す。

e．　移動式消火設備の配備

玄海原子力発電所においては、移動式消火設備として「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）及び小型動力ポンプ付水槽車（１台）を配備している。

化学消防自動車

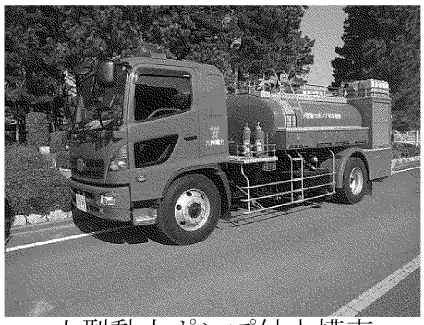

小型動力ポンプ付水槽車

図 17　移動式消火設備外観図

f．　消火用水の最大放水量の確保

消火用水供給系の水源である原水タンクは、最大放水量である主変圧器の消火ノズルから放水するために必要な圧力及び必要な流量を満足する消火ポンプの定格流量（14m^3/min）で、消火を２時間継続した場合の水量（1,680m^3）に対して、十分な水量（約 10,000m^3）を確保する設計とする。

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

g．　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。

h．　消火設備の故障警報

電動消火ポンプ、ディーゼル消火ポンプ等の消火設備は、電源断等の故障警報を中央制御室に発する設計とする。

i．　消火設備の電源確保

ディーゼル消火ポンプは、外部電源喪失時にも起動できるように蓄電池により電源を確保することにより、消火用水供給系の機能を喪失しない設計とする。

j．　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、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。

k．　固定式ガス消火設備の退出警報

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。

l．　管理区域内からの放出消火剤の流出防止

使用済燃料乾式貯蔵建屋の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、放出消火水を回収し液体廃棄物処理設備で処理する設計とする。

ｍ．　消火用の照明器具について

使用済燃料乾式貯蔵建屋内の消火栓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、消防法の消火継続時間 20 分に現場への移動等の時間を考慮し、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。

ｎ．　その他の消火設備について

使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置する消火設備は、消火器及び水消火設備（屋内消火栓設備）に加え、消防法に基づいた地階への消火設備として、連結散水設備の設置を検討する。なお、連結散水設備の設置の有無及び設置範囲等の詳細な設置方針については、使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造等を考慮し、地元消防との折衝を踏まえ対応する。

2.3.2　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ところであるが、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ければならない。

（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のないよう、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

外気温度が０℃まで低下した場合は、屋外の消火設備の凍結を防止するために消火栓及び消火配管のブロー弁を微開し通水する運用とする。また、屋外に設置する火災感知設備はない。

(2)　風水害対策

ディーゼル消火ポンプ、電動消火ポンプは、風水害により性能が阻害されないよう、流れ込む水の影響を受けにくい建屋内に設置する設計とする。また、屋外に設置する火災感知設備はない。

(3)　地震対策

ａ．　地震対策

火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は、その火災区域又は火災区画に設置する安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、機能を維持できる設計とする。

ｂ．地盤変位対策

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ないよう、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を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、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮である。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。

2.3.3　消火設備の破損、誤作動又は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

消火設備の放水等による溢水は、「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」第９条に基づき、安全機能へ影響がないよう設計する。

2.4　火災の影響軽減

2.4.1　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６ｍ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。

（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による影響に対し、火災の影響軽減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) 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、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、系統及び機器は設置されていないため、火災区域の分離及び火災防護対象機器等の系統分離は考慮不要である。

(2) 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、放射性物質の貯蔵のみを有する構築物、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。また、使用済燃料乾式貯蔵施設は、他の火災区域と隣接しない火災区域であるため、耐火壁による放射性物質の閉じ込め機能に期待しない。したがって、火災区域の境界壁は３時間以上の耐火能力を確保しない設計とする。

(3) 換気設備に対する火災の影響軽減対策

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。

(4) 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。

(5) 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。

2.4.2　火災影響評価について

〔要求事項〕

2.3.2 発電用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、系統及び機器は設置されていないため、火災影響評価による原子炉の高温停止及び低温停止が達成可能であることの確認は不要である。

2.5　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、防炎性を有するものはこの限りではない。

なお、防炎性については、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実施する設計とする。

(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

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のような通常運転員が駐在する箇所はない。

(6)　使用済燃料貯蔵設備及び新燃料貯蔵設備

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。

2.6　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、玄海原子力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、火災防護対象となる機器のリスト、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。

ａ．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、漏えいの防止、拡大防止対策を実施する。

・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）が、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とともに、有機溶剤は必要な量以上に持ち込まない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。

・貯蔵エリアは、可燃物の保管を禁止することを定める。

・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。

b．火災の感知及び消火に係る対策

・火災感知器作動時は、火災報知盤により火災発生場所を確認し、関係箇所への通報連絡、現場での火災の状況確認及び消火設備作動状況の確認を実施する等の手順を定める。

・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なように蓄電池を設置する。

・火災感知設備は、故障時に早期に取り替えられるように予備を保有する。

・火災報知盤は、中央制御室に設置し、常時監視できる設計とする。また、火災報知盤の巡視の手順を定める。

・消火用水供給系の水源及び消火ポンプは、多重性又は多様性を有するように設置する。

・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（屋内消火栓設備）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、小型動力ポンプ付水槽車１台を配備する。

・消火ポンプ及び消火設備は、電源断等の故障警報を中央制御室に発する設計とする。また、故障警報発信時の手順を定める。

・ディーゼル消火ポンプ及び消火設備は、外部電源喪失時にも設備の作動ができるように、必要な電源容量を有した蓄電池を設置する。

・消火栓は、消防法施行令に基づき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て配置する。

・屋内の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、消火栓及び消火配管のブロー弁を微開し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ないよう地上化又はトレンチ内に設置する等の対策を講じる設計とする。

（４）火災防護計画は、玄海原子力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

・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する。また、作業員が離れる場合は、乾式貯蔵容器を可燃物の保管禁止エリアである貯蔵エ

リアに保管（仮置き）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。

さらに、火災防護計画は、玄海原子力発電所発電用原子炉施設保安規定に基づく規定文書として制定することとし、業務遂行に関わるルール、具体的な判断基準等を記載した火災防護計画（基準）を二次文書として定め、さらに、火災防護計画（基準）に定める内容について、具体的な業務処理手順、方法等を記載した火災防護計画（要領）を三次文書として定める。

なお、火災防護対策全般に関する対応は、火災防護計画（基準）、火災防護計画（要領）の他、運転基準、保修基準、教育訓練基準等の各関連規定文書に必要事項を定め、適切に実施する。

具体的には、火災防護計画は、火災防護対策全般を網羅するように定めるとともに、火災発生時の運転操作等については運転基準に、持込み可燃物管理や火気作業の管理については保修基準や作業管理要領に、火災防護に必要な設備の保守管理については保修基準に基づく保全プログラム運用要領や土木建築基準に基づく土木建築要領に、教育訓練については教育訓練基準や教育訓練要領に、それぞれ定め、火災防護計画の規定内容と合わせて実施することで、火災防護対策を適切に実施する。

添付資料１

火災区域及び火災区画

【 ┅ 】: 防護上の観点から公開できません

「　」：防護上の観点から公開できません

「 」：防護上の観点から公開できません

「 」：防護上の観点から公開できません

9条
溢水による損傷の防止

第 9 条：溢水による損傷の防止等

＜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. 溢水による損傷の防止等
　（別添資料 1）内部溢水の影響評価について

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

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

(d)　溢水による損傷の防止

安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

そのために、溢水防護に係る設計時に発電用原子炉施設内において発生が想定される溢水の影響を評価（以下「溢水評価」という。）し、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計とする。さらに使用済燃料ピットにおいては、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持できる設計とする。

また、溢水の影響を受けて運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した場合に、それらに対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても異常状態を収束できる設計とし、これらの機能を維持するために必要な設備（以下「防護対象設備」という。）が、浸水防護や検知機能等によって、没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計（多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なわない設計）とする。

溢水評価では、溢水源として発生要因別に分類した以下の溢水を想定する。また、溢水評価に当たっては、溢水防護区画を設定し、溢水評価が保守的になるように溢水経路を設定する。

・溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水
・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
・地震に起因する機器の破損等により生じる溢水（使用済燃料ピットのスロッシングにより発生する溢水を含む。）
・その他の要因（地下水の流入、地震以外の自然現象に起因して生じる破損等）により生じる溢水

溢水評価に当たっては、防護対象設備の機能喪失高さ（溢水の影響を受けて、防護対象設備の安全機能を損なうおそれがある高さ）、溢水防護区画を

構成する壁、扉、堰等について、設備等の設置状況を踏まえ評価条件を設定する。

溢水評価において、溢水影響を軽減するための壁、扉、堰等の浸水防護設備、床開口部、防護カバー等の設備については、必要により保守点検や水密扉閉止等の運用を適切に実施することにより、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

また、設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備（ポンプ、弁、使用済燃料ピット及び原子炉キャビティ（キャナルを含む。）等）から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしない設計とする。

ヌ．その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(3)　その他の主要な事項

（ⅱ）　浸水防護設備

b.　内部溢水に対する防護設備

安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。そのために、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損（地震起因を含む。）、消火系統等の作動、使用済燃料ピット等のスロッシングその他の事象による溢水が発生した場合においても、発電用原子炉施設内における壁、扉、堰等により、防護対象設備が、安全機能を損なわない設計とする。また、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持できる設計とする。

(2) 安全設計方針

1.7　溢水防護に関する基本方針

「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」の要求事項を踏まえ、安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

そのために、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計とする。さらに使用済燃料ピットにおいては、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持できる設計とする。

これらの機能を維持するために必要な設備（以下「防護対象設備」という。）について、設置許可基準規則第9条及び第12条の要求事項を踏まえ、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（以下「評価ガイド」という。）も参照し、以下のとおり選定する。

- 重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を適切に維持するために必要な設備
- プール冷却及びプールへの給水の機能を適切に維持するために必要な設備

発電用原子炉施設内における溢水として、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損（地震起因を含む。）、消火系統等の作動、使用済燃料ピット等のスロッシングその他の事象により発生した溢水を考慮し、防護対象設備が没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計（多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なわない設計）とする。さらに、発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針に基づき、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても事象を収束できる設計とする。

地震、津波、竜巻等の自然現象による波及的影響により発生する溢水に関しては、防護対象設備及び溢水源となる屋外タンク等の配置も踏まえて、最も厳しい条件となる自然現象による溢水の影響を考慮し、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

また、放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備（ポンプ、弁、使用済燃料ピット及び原子炉キャビティ（キャナルを含む。）等）から放射性物質を含む液体の漏えいを想定する場合には、溢水が管理区域外へ漏えいしないよう、建屋内の壁、扉、堰等により伝ぱ経路を制限する設計とする。

1.7.1　防護対象設備を抽出するための方針

防護対象設備は、発電用原子炉施設内で発生した溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を損なわない設計（原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計。）とするために必要な設備とする。

さらに、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持するための系統設備も防護対象設備とする。

原子炉の高温停止、低温停止及びその維持に必要な系統設備については、具体的に以下を選定する。

・原子炉停止：原子炉停止系（制御棒）
・ほう酸添加：原子炉停止系（化学体積制御系のほう酸注入機能）
・崩壊熱除去：補助給水系、主蒸気系、余熱除去系
・１次系減圧：１次冷却材系統の減圧機能
・上記系統の関連系（原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、制御用空気系、換気空調系、非常用電源系、空調用冷水系、電気盤）

以上の系統設備に加え、発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針を参考に、以下の溢水により発生し得る原子炉外乱及び溢水の原因となり得る原子炉外乱に対処する設備を抽出する。

・想定破損による溢水（単一機器の破損を想定）
・消火水の放水による溢水（単一の溢水源を想定）
・地震による耐震Ｂ、Ｃクラス機器からの溢水

抽出に当たっては、溢水事象となり得る運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故も考慮する。また、地震に対しては溢水だけでなく、地震に起因する原子炉外乱（主給水流量喪失、外部電源喪失等）も考慮する。

溢水評価上想定する起因事象として抽出する運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を第 1.7.1 表及び第 1.7.2 表に示す。また、溢水評価上想定する事象とその対処系統を第1.7.3表に示す。

なお、抽出された防護対象設備のうち、以下の設備は溢水影響を受けても、必要とされる安全機能を損なわないことから、溢水による影響評価の対象として抽出しない。

(1)　溢水の影響を受けない静的機器

構造が単純で外部から動力の供給を必要としないことから、溢水の影響を受けて安全機能を損なわない容器、熱交換器、フィルタ、安全弁、逆止弁、手動弁、配管及び没水に対する耐性を有するケーブル。

(2) 原子炉格納容器内に設置されている機器

原子炉格納容器内で想定される溢水である原子炉冷却材喪失（以下「LOCA」という。）及び主蒸気管・主給水管破断時の原子炉格納容器内の状態を考慮しても、没水、被水及び蒸気の影響を受けないことを試験も含めて確認している機器。

(3) フェイル位置で安全機能を損なわない機器

溢水の影響により、動作機能を損なっても要求開度を維持する主蒸気逃がし弁元弁等の電動弁。動作機能を損なった時にフェイル位置となる加圧器スプレイ弁等の空気作動弁。プラント状態の監視に必要としない機器。

(4) 要求機能が他の機器により代替される機器

主給水隔離弁の隔離機能は、主給水逆止弁の逆流防止機能により代替。補助給水隔離弁の隔離機能は、補助給水ポンプ出口流量設定弁の隔離機能により代替。

以上の考えに基づき選定された溢水から防護すべき系統設備を第 1.7.4 表に示す。

1.7.2 溢水源及び溢水量を設定するための方針

溢水源及び溢水量としては、発生要因別に分類した以下の溢水を想定して評価することとし、評価条件については評価ガイドを参照する。

①溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水（以下「想定破損による溢水」という。）

②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（以下「消火水の放水による溢水」という。）

③地震に起因する機器の破損等により生じる溢水（使用済燃料ピットのスロッシングにより発生する溢水を含む。）（以下「地震起因による溢水」という。）

④その他の要因（地下水の流入、地震以外の自然現象に起因して生じる破損等）により生じる溢水（以下「その他の溢水」という。）

溢水源となり得る機器は、流体を内包する容器及び配管とし、①、

③又は④の評価において破損を想定するものは、それぞれの評価での溢水源として設定する。

(1)　想定破損による溢水

想定破損による溢水については、単一の配管の破損による溢水を想定して、配管の破損箇所を溢水源として設定する。また、破損を想定する配管は、内包する流体のエネルギに応じて、以下で定義する高エネルギ配管又は低エネルギ配管に分類する。

・「高エネルギ配管」とは、呼び径 25A(1B)を超える配管であって、プラントの通常運転時に運転温度が 95℃を超えるか又は運転圧力が 1.9MPa[gage]を超える配管。ただし、被水及び蒸気の影響については配管径に関係なく評価する。

・「低エネルギ配管」とは、呼び径 25A(1B)を超える配管であって、プラントの通常運転時に運転温度が 95℃以下で、かつ運転圧力が 1.9MPa[gage]以下の配管。ただし、運転圧力が静水頭圧の配管は除く。

・高エネルギ配管として運転している割合が当該系統の運転している時間の２％又はプラント運転期間の１％より小さければ、低エネルギ配管として扱う。

配管の破損形状の想定に当たっては、高エネルギ配管は原則「完全全周破断」、低エネルギ配管は原則「配管内径の 1/2 の長さと配管肉厚の 1/2 の幅を有する貫通クラック」（以下「貫通クラック」という。）を想定する。

ただし、応力評価を実施する配管については発生応力 Sn と許容応力 Sa の比により、以下で示した応力評価の結果に基づく破損形状を想定する。

また、応力評価の結果により破損形状の想定を行う場合は、評価結果に影響するような減肉がないことを確認するために継続的な肉厚管理を実施する。

【高エネルギ配管（ターミナルエンド部を除く。）】

$Sn \leqq 0.4Sa$ ⇒ 破損想定不要

$0.4Sa < Sn \leqq 0.8Sa$ ⇒ 貫通クラック

【低エネルギ配管】

$Sn \leqq 0.4Sa$ ⇒ 破損想定不要

想定する破損箇所は防護対象設備への溢水影響が最も大きくなる位置とし、溢水量は、異常の検知、事象の判断及び漏えい箇所特定並びに隔離により漏えい停止するまでの時間（運転員の状況確認及び隔離操作を含む。）を適切に考慮し、想定する破損箇所か

ら流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。

ここで、漏水量は、配管の破損形状を考慮した流出流量に漏水箇所の隔離までに必要な時間（以下「隔離時間」という。）を乗じて設定する。

(2)　消火水の放水による溢水

消火水の放水による溢水については、発電用原子炉施設内に設置される消火設備等からの放水を溢水源として設定し、消火設備等からの単位時間当たりの放水量と放水時間から溢水量を設定する。

消火設備等のうち、消火栓からの放水量については、３時間の放水により想定される溢水量を基本とするが、火災源が小さい場合においては、日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010)」解説-4-5（1）の規定による「火災荷重」及び「等価火災時間」を用いて放水量を算定し、溢水量を設定する。

消火栓以外の設備としては、スプリンクラや格納容器スプレイ系統があるが、防護対象設備が設置されている建屋には、自動作動するスプリンクラは設置しない設計とし、防護対象設備が設置されている建屋外のスプリンクラに対しては、その作動による溢水の流入により、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とすることから溢水源として想定しない。

また、原子炉格納容器内の防護対象設備については、格納容器スプレイ系統の作動により発生する溢水により、安全機能を損なわない設計とする。なお、格納容器スプレイ系統は、作動信号系の単一故障により誤作動が発生しないように設計上考慮されている（手動作動ロジック（２／２）、自動作動ロジック（２／４））ことから誤作動による溢水は想定しない。

(3)　地震起因による溢水

地震起因による溢水については、溢水源となり得る機器（流体を内包する機器）のうち、基準地震動による地震力により破損が生じる機器及び使用済燃料ピットのスロッシングによる漏えい水を溢水源として設定する。

耐震Ｓクラス機器については、基準地震動による地震力によって破損は生じないことから溢水源として想定しない。また、耐震Ｂ、Ｃクラス機器のうち耐震対策工事の実施あるいは製作上の裕度の考慮により、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保

されるものについては溢水源として想定しない。

溢水量の算出に当たっては、漏水が生じるとした機器のうち防護対象設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとして評価する。溢水源となる容器については全保有水量を考慮し、溢水源となる配管については完全全周破断による溢水量を考慮する。また、運転員による手動操作により漏えい停止を期待する場合は、漏えい停止までの適切な隔離時間を考慮し、配管の破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。ここで、漏水量は、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて設定する。

基準地震動による地震力に対して、耐震性が確保されない循環水管については、伸縮継手の全円周状の破損を想定し、循環水ポンプを停止するまでの間に生じる溢水量を設定する。その際、循環水管の破損箇所からの津波の流入量も考慮する。

使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量の算出に当たっては、基準地震動による地震力により生じるスロッシング現象を３次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮する。また、使用済燃料ピットの初期水位等は保守的となる条件で評価する。

水密化区画内には防護対象設備が設置されておらず、かつ地震起因により水密化区画内で発生が想定される溢水は、区画外へ漏えいしない設計とすることから、防護対象設備への溢水の影響はなく、水密化区画内で発生する溢水は溢水源として想定しない。

耐震評価の具体的な考え方を以下に示す。

・構造強度評価に係る応答解析は、基準地震動を用いた動的解析によることとし、機器の応答性状を適切に表現できるモデルを設定する。その上で、当該機器の据付床の水平方向及び鉛直方向それぞれの床応答を用いて応答解析を行い、それぞれの応答解析結果を適切に組み合わせる。

・応答解析に用いる減衰定数は、安全上適切と認められる規格及び基準、既往の振動実験、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

・応力評価に当たり、簡易的な手法を用いる場合は詳細な評価手法に対して保守性を有するよう留意し、簡易的な手法での評価結果が厳しい箇所については詳細評価を実施することで健全性を確保する。

・基準地震動による地震力に対する発生応力の評価基準値は、安

全上適切と認められる規格及び基準で規定されている値又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

・バウンダリ機能確保の観点から、設備の実力を反映する場合には規格基準以外の評価基準値の適用も検討する。

(4) その他の溢水

その他の溢水については、地下水の流入、竜巻による飛来物の衝突による屋外タンクの破損に伴う漏えい等の地震以外の自然現象に伴う溢水、機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等を想定する。

1.7.3 溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針

(1) 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画を溢水防護区画とし、防護対象設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。溢水防護区画は壁、扉、堰等、又はそれらの組合せによって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画を構成する壁、扉、堰等については、現場の設備等の設置状況を踏まえ評価条件を設定する。

(2) 溢水経路の設定

発生した溢水は、階段あるいは機器ハッチを経由して、上層階から下層階へ全量が伝ぱするものとする。溢水経路は、溢水防護区画内の水位が最も高くなるように保守的に設定する。

具体的には、溢水防護区画内で発生する溢水に対しては、床ドレン、開口部、貫通部、扉から他区画への流出は想定しない（定量的に他区画への流出を確認できる場合は除く。）保守的な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

溢水防護区画外で発生する溢水に対しては、床ドレン、開口部、貫通部、扉から溢水防護区画内への流入を想定した（流入防止対策が施されている場合は除く。）保守的な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

溢水経路を構成する壁、扉、堰等は、基準地震動による地震力に対し健全性を維持できるとともに、保守管理及び水密扉閉止等の運用を適切に実施することにより溢水の伝ぱを防止できるものとする。溢水が長期間滞留する水密化区画境界の壁にひび割れが生じるおそれがある場合は、ひび割れからの漏水量を算出し溢水評価に影響を与えないことを確認する。

貫通部に実施した流出及び流入防止対策は、基準地震動による

地震力に対し健全性を維持できるとともに、保守管理を適切に実施することにより溢水の伝ぱを防止できるものとする。

火災により壁貫通部の止水機能が損なわれ、当該貫通部から溢水防護区画に消火水が流入するおそれがある場合には、当該貫通部からの消火水の流入を考慮する。消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝ぱを考慮する。

1.7.4　建屋内の防護対象設備を防護するための設計方針

想定破損による溢水、消火水の放水による溢水、地震起因による溢水及びその他の溢水に対して、防護対象設備が以下に示す没水、被水及び蒸気の影響を受けて、安全機能を損なわない設計とするとともに、使用済燃料ピットのスロッシングにおける水位低下を考慮しても、使用済燃料ピットの冷却機能、給水機能等が維持できる設計とする。

また、溢水評価において、現場操作が必要な設備に対しては、必要に応じて環境の温度及び放射線量を考慮しても、運転員による操作場所までのアクセスが可能な設計とする。なお、必要となる操作を中央制御室で行う場合は、操作を行う運転員は中央制御室に常駐していることからアクセス性を失わずに対応できる。

1.7.4.1　没水の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.1.1　没水の影響に対する評価方針

「1.7.2　溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源から発生する溢水量と「1.7.3　溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針」にて設定した溢水防護区画及び溢水経路から算出した溢水水位に対し、防護対象設備が安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には、以下に示す要求のいずれかを満足していれば防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

・発生した溢水による水位が、溢水の影響を受けて防護対象設備の安全機能を損なうおそれがある高さ（以下「機能喪失高さ」という。）を上回らないこと。その際、溢水の流入状態、溢水源からの距離、人のアクセス等による一時的な水位変動を考慮し、発生した溢水による水位に対して裕度が確保されていること。さらに、溢水防護区画への資機材の持ち込み等による床面積への影響を考慮すること。

機能喪失高さについては、防護対象設備の各付属品の設置

状況も踏まえ、没水によって安全機能を損なうおそれのある最低の高さを設定する。

防護対象設備の機能喪失高さ設定における考え方の例を第1.7.5表に示す。

・防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され、同時に安全機能を損なうことのないこと。その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。

1.7.4.1.2　没水の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が没水により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組合せの対策を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

(1)　溢水源又は溢水経路に対する対策

a.　中央制御室の警報発信等により溢水の発生を早期に検知し、漏えい箇所を早期に隔離できる設計とする。

b.　発生を想定する溢水に対して、壁、扉、堰等による溢水伝ぱ防止対策を図る設計とする。溢水伝ぱ防止対策として設置する壁、扉、堰等は、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は基準地震動による地震力に対し健全性を維持できる設計とする。

c.　想定破損による溢水に対しては、破損を想定する配管について、補強工事等の実施により発生応力を低減し、溢水源から除外することにより溢水量を低減する。

d.　地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより溢水量を低減する。

e.　その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等に対しては、漏えい検知システム等により早期に検知し、漏えい箇所の特定及び漏えい箇所の隔離等により漏えいを止めることで防護対象設備の安全機能を損なわない設計とする。

(2)　防護対象設備に対する対策

a.　防護対象設備の機能喪失高さが、発生した溢水による水位に対し裕度を持って上回る設計とする。具体的には、電気盤類

については盤そのものが筐体を有しており、盤外の水面にゆらぎが生じても筐体の効果により盤内の水面はほぼ静止した状態にあることを考慮して30mm以上の裕度を確保する。また、その他の防護対象設備については、溢水の伝ぱ経路による流況等を考慮し、50mm以上の裕度を確保する。

b.　壁、扉、堰等により防護対象設備が没水しない設計とする。設置する壁、扉、堰等は、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は基準地震動による地震力に対し健全性を維持できる設計とする。

1.7.4.2　被水の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.2.1　被水の影響に対する評価方針

「1.7.2　溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水、及び天井面の開口部若しくは貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある防護対象設備が被水により安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には、以下に示す要求のいずれかを満足していれば防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

(1)　防護対象設備があらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を生じないよう、以下に示すいずれかの保護構造を有していること。

a.　「JIS C 0920電気機械器具の外郭による保護等級（IPコード）」における第二特性数字4以上相当の保護等級を有すること。

b.　実機での被水条件を考慮しても安全機能を損なわないことを被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等により、被水防護措置がなされていること。

(2)　防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され、同時に安全機能を損なうことのないこと。その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。

1.7.4.2.2　被水の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が被水により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組合せの対策を行うこ

とにより、安全機能を損なわない設計とする。

(1)　溢水源又は溢水経路に対する対策

a.　発生を想定する溢水に対して、壁、扉、堰等による溢水伝ぱ防止対策を図る設計とする。溢水伝ぱ防止対策として設置する壁、扉、堰等は、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は基準地震動による地震力に対し健全性を維持できる設計とする。

b.　想定破損による溢水に対しては、破損を想定する配管について、補強工事等の実施により発生応力を低減し、溢水源から除外することにより被水の影響が発生しない設計とする。

c.　地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより被水の影響が発生しない設計とする。

d.　消火水の放水による溢水に対しては、防護対象設備が設置されている溢水防護区画においてハロン消火設備等の水消火を行わない消火手段を採用することにより、被水の影響が発生しない設計とする。

また、水消火を行う場合には、水消火による被水の影響を最小限に止めるため、防護対象設備に対して不用意な放水を行わないことを消火活動における運用及び留意事項として「火災防護計画」に定める。

(2)　防護対象設備に対する対策

a.　「JIS C 0920 電気機械器具の外郭による保護等級（IP コード）」における第二特性数字４以上相当の保護等級を有する機器への取替えを行う。

b.　実機での被水条件を考慮しても安全機能を損なわないことを被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等により、被水防護措置を行う。

1.7.4.3　蒸気放出の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.3.1　蒸気放出の影響に対する評価方針

「1.7.2　溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源からの漏えい蒸気の拡散による影響を確認するために、熱流体解析コードを用い、実機を模擬した空調条件や解析区画を設定して解析を実施し、防護対象設備が蒸気放出の影響により安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には、想定破損発生区画内での漏えい蒸気による防護対象設備への影響及び区画間を拡散する漏えい蒸気による防護対象設備への影響が、蒸気曝露試験又は机上評価によって防護対象設備の健全性が確認されている条件（温度、湿度及び圧力）を超えなければ、防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

このとき、破損想定箇所の近傍に防護対象設備が設置されている場合は、漏えい蒸気の直接噴出による防護対象設備への影響も考慮するとともに、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障も考慮する。

1.7.4.3.2　蒸気放出の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が蒸気放出の影響により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組合せの対策を行うことにより、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

(1)　溢水源又は溢水経路に対する対策

a.　発生を想定する蒸気放出に対して、壁、扉、堰等による溢水伝ぱ防止対策を図る設計とする。溢水伝ぱ防止対策として設置する壁、扉、堰等は、溢水により発生する蒸気に対して気密性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は基準地震動による地震力に対し健全性を維持できる設計とする。

b.　想定破損による溢水に対しては、破損を想定する配管について、補強工事等の実施により発生応力を低減し、破損形状を特定することにより蒸気放出による影響を軽減する設計とする。

c.　発生を想定する蒸気に対して、蒸気の漏えいを検知し、中央制御室からの遠隔隔離（自動又は手動）を行うための自動検知・遠隔隔離システムを設置し、漏えい蒸気を早期隔離することで蒸気影響を緩和する設計とする。自動検知・遠隔隔離システムは、温度検出器、蒸気遮断弁、検知制御盤及び検知監視盤で構成する。

また、自動検知・遠隔隔離システムだけでは防護対象設備の健全性が確保されない破損想定箇所については、防護カバーを設置し、配管と防護カバーのすき間を設定することで漏えい蒸気量を抑制して、溢水防護区画内雰囲気温度への影響

を軽減する設計とする。

さらに、信頼性向上の観点から、防護カバー近傍には小規模漏えい検知を目的とした特定配置温度検出器を設置し、蒸気の漏えいを早期検知する設計とする。

各系統の蒸気影響評価における想定破損評価条件を第1.7.6表に示す。

d. 地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより蒸気放出による影響が発生しない設計とする。

(2) 防護対象設備に対する対策

a. 蒸気放出の影響に対して耐性を有しない防護対象設備については、蒸気曝露試験又は机上評価によって蒸気放出の影響に対して耐性を有することが確認された機器への取替えを行う。

1.7.4.4 使用済燃料ピットのスロッシング後の機能維持に関する設計方針

基準地震動による地震力によって生じるスロッシング現象を3次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮する。その際、使用済燃料ピットの初期水位等の評価条件は保守的となるように設定する。算出した溢水量からスロッシング後の使用済燃料ピット水位を求め、使用済燃料ピットの冷却機能（水温 65℃以下）及び給水機能、並びに燃料体等からの放射線に対する遮へい機能（水面の設計基準線量率≦0.01mSv／h）の維持に必要な水位が確保される設計とする。

1.7.5 海水ポンプエリアの溢水評価に関する設計方針

海水ポンプエリア内にある防護対象設備が海水ポンプエリア内及びエリア外で発生する溢水の影響を受けて、安全機能を損なわない設計とする。

具体的には、海水ポンプエリア外で発生する地震に起因する循環水管の伸縮継手の全円周状の破損や屋外タンク接続配管の完全全周破断等による溢水が、海水ポンプエリアへ流入しないようにするために、壁、扉、堰等による溢水伝ぱ防止対策を図る設計とする。

海水ポンプエリア内で発生する溢水に対しては、床開口部から排出できる設計とする。なお、評価ガイドに基づき、床開口部のうち排出量が最も大きい開口部１か所からの流出は期待しないものとして排出量を算出する。

1.7.6　溢水防護区画を内包する建屋への外部からの流入防止に関する設計方針

溢水防護区画を内包する建屋において、建屋外で発生を想定する溢水により、建屋内に設置される防護対象設備が安全機能を損なうおそれがある場合には、壁、扉、堰等により建屋内への流入を防止する設計とし、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

地下水については、建屋基礎下に設置している集水配管により、建屋最下層にある湧水サンプに集水する設計とし、周囲の地下水水位を考慮しても溢水防護区画へ地下水が流入しないよう湧水サンプポンプにより排水する設計とする。

また、湧水サンプポンプ、湧水サンプポンプ電源及び吐出ラインは、基準地震動による地震力に対して、その機能を損なわない設計とする。

1.7.7　放射性物質を含んだ液体の管理区域外への漏えいを防止するための設計方針

原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋の管理区域内で発生した溢水は、建屋最下層に貯留できる設計とする。

また、非管理区域への溢水経路には壁、扉、堰等を設け、非管理区域への漏えいを防止する設計とする。

1.7.8　手順等

溢水評価に関して、以下の内容を含む手順等を定める。

(1)　配管の想定破損評価において、応力評価の結果により破損形状の想定を行う場合は、評価結果に影響するような減肉がないことを、継続的な肉厚管理で確認する。

(2)　配管の想定破損による溢水が発生する場合及び基準地震動による地震力により耐震Ｂ、Ｃクラスの機器が破損し溢水が発生する場合においては、隔離手順を定める。

(3)　運転実績（高エネルギ配管として運転している割合が当該系統の運転している時間の２％又はプラント運転期間の１％より小

さい）により、低エネルギ配管としている設備については、運転時間管理を行う。

(4) 水密区画壁のひび割れに伴う少量の漏水に備えて、予め回収手順を定める。

(5) 溢水防護区画において、各種対策設備の追加及び資機材の持込み等により評価条件としている可燃性物質の量及び床面積に見直しがある場合は、予め定めた手順により溢水評価への影響確認を行う。

(6) 水密扉については、開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順を定める。

(7) 防護対象設備に対する消火水被水の影響を最小限に止めるため、消火活動における運用及び留意事項について「火災防護計画」に定める。

第 1.7.1 表 溢水評価上想定する起因事象
（運転時の異常な過渡変化）

起因事象	考慮要否	スクリーンアウトする理由
原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	○	
出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	○	
制御棒の落下及び不整合	○	
原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈	○	
原子炉冷却材流量の部分喪失	○	
原子炉冷却材系の停止ループの誤起動	○	
外部電源喪失	－	外部電源喪失により常用電源が喪失することから、「主給水流量喪失」及び「原子炉冷却材流量の喪失」に包絡される。
主給水流量喪失	○	
蒸気負荷の異常な増加	－	蒸気負荷が増加し、炉心に正の反応度が添加された後の反応度フィードバック効果により原子炉出力は抑制され整定する。 このように、本事象では対処設備は不要であるため、溢水評価上考慮不要。
２次冷却系の異常な減圧	○	
蒸気発生器への過剰給水	○	
負荷の喪失	○	
原子炉冷却材系の異常な減圧	○	
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	○	

第 1.7.2 表　溢水評価上想定する起因事象
(設計基準事故)

起因事象	考慮要否	スクリーンアウトする理由
原子炉冷却材喪失(LOCA)	○※	
原子炉冷却材流量の喪失	○	
原子炉冷却材ポンプの軸固着	－	溢水の発生によって1次冷却材ポンプの回転軸は固着しない。
主給水管破断	○※	
主蒸気管破断	○※	
制御棒飛び出し	○※	
蒸気発生器伝熱管破損	－	溢水の発生によって蒸気発生器の伝熱管は損傷しない。

※ 溢水の原因となり得る事象であるため、対策として考慮する。

第 1.7.3 表 溢水評価上想定する事象とその対処系統

<table>
<tr><th>溢水評価上想定する事象</th><th>左記事象に対する対処機能</th><th>対処系統</th></tr>
<tr><td>①「原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き」「出力運転中の制御棒の異常な引き抜き」
「制御棒の落下及び不整合」</td><td rowspan="9">・原子炉トリップ
・補助給水</td><td rowspan="9">・安全保護系
・原子炉停止系
（制御棒、ほう酸注入系統）
・補助給水系統

*1 主給水バイパス制御弁開
*2 復水ポンプ停止、主給水制御弁・隔離弁閉
*3 タービントリップ</td></tr>
<tr><td>②「原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈」
（ほう素濃度制御系異常）</td></tr>
<tr><td>③「原子炉冷却材流量の部分喪失」及び「原子炉冷却材流量の喪失」
（１次冷却材ポンプの停止）</td></tr>
<tr><td>④「原子炉冷却材系の停止ループの誤起動」
（１次冷却材ポンプの誤起動）</td></tr>
<tr><td>⑤蒸気発生器への過剰給水（主給水制御弁開他*1）</td></tr>
<tr><td>⑥主給水流量喪失（主給水ポンプ停止他*2）</td></tr>
<tr><td>⑦負荷の喪失（主蒸気隔離弁閉他*3）</td></tr>
<tr><td>⑧出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動</td></tr>
<tr><td>⑨主給水管破断</td></tr>
<tr><td>⑩２次冷却系の異常な減圧
（タービンバイパス弁開他*4）</td><td rowspan="3">上記機能に加え、
・高圧注入</td><td rowspan="3">上記系統に加え、
・高圧注入系統
*4 主蒸気逃がし弁開
*5 加圧器スプレイ弁開、加圧器補助スプレイ弁開</td></tr>
<tr><td>⑪原子炉冷却材系の異常な減圧
（加圧器逃がし弁開他*5）</td></tr>
<tr><td>⑫主蒸気管破断</td></tr>
<tr><td>⑬「原子炉冷却材喪失（LOCA）」及び「制御棒飛び出し」</td><td>上記機能に加え、
・低圧注入
・格納容器スプレイ
・格納容器隔離</td><td>上記系統に加え、
・余熱除去系統
・格納容器スプレイ系統
・格納容器隔離弁</td></tr>
</table>

第 1.7.4 表　溢水から防護すべき系統設備

補助給水系統
化学体積制御系統
高圧注入系統
主蒸気系統
余熱除去系統
原子炉補機冷却水系統
原子炉補機冷却海水系統
制御用空気系統
換気空調系統
非常用電源系統（ディーゼル発電機含む。）
格納容器スプレイ系統
空調用冷水系統
電気盤（原子炉停止系、原子炉保護系含む。）
使用済燃料ピット水浄化冷却系統
燃料取替用水系統

第 1.7.5 表 防護対象設備の機能喪失高さの考え方（例示）

機　　器	機　能　喪　失　高　さ
弁	①電動弁：取付け配管センタ位置又は電動弁駆動装置下端部を基に設定 ②空気作動弁：各付属品（アクチュエータ、電磁弁、減圧弁、リミットスイッチ等）のうち、最低高さの付属品の下端部
ダ ン パ	各付属品（アクチュエータ、電磁弁、減圧弁、リミットスイッチ等）のうち最低高さの付属品の下端部
ポ ン プ	①ポンプあるいは電動機のいずれか低い箇所 ②ポンプは軸貫通部又は油タンクのエアブリーザ部の低い方 ③電動機は下端部
フ ァ ン	電動機の下端部位又は端子箱下端の低い方
盤 (操作盤含む。)	盤内の計器類の最下部（中央制御室及び現場の盤の下部に溢水影響を受けるカップリング部等はない。）
計　　器	計器本体又は伝送器の下端部

第 1.7.6 表　蒸気影響評価における配管の想定破損評価条件

<table>
<tr><th colspan="2">系　　統</th><th>破損想定</th><th>隔離</th></tr>
<tr><td rowspan="2">補助蒸気系統</td><td>一般部（1B を超える。）</td><td>貫通クラック</td><td rowspan="2">自動/手動</td></tr>
<tr><td>ターミナルエンド部
一般部（1B 以下）</td><td rowspan="4">完全全周破断</td></tr>
<tr><td colspan="2">化学体積制御系統（抽出）</td><td rowspan="3">手動</td></tr>
<tr><td colspan="2">蒸気発生器ブローダウン系統</td></tr>
<tr><td colspan="2">蒸気発生器ブローダウンサンプリング系統</td></tr>
</table>

(3)適合性説明

(溢水による損傷の防止等)

第九条　安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない

適合のための設計方針

1　について

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、発電用原子炉施設内において溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

1.2　気象等

該当なし

1.3　設備等

10.6.2 内部溢水に対する防護設備

10.6.2.1 概　　要

発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、施設内に設ける壁、扉、堰等の浸水防護設備により、防護対象設備が、その安全機能を損なわない設計とする。

10.6.2.2 設計方針

浸水防護設備は、以下の方針で設計する。

(1)　堰の高さは、溢水水位に対して裕度を確保する設計とする。また、地震時に期待する場合は、基準地震動による地震力に対して溢水の伝ぱを防止する機能が十分に保持できる設計とする。

(2)　水密扉は、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は、基準地震動による地震力に対して浸水を防止する機能が十分に保持できる設計とする。

(3)　防護壁は、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は、基準地震動による地震力に対して浸水を防止する機能が十分に保持できる設計とする。

(4)　(1)～(3)以外の浸水防護設備についても、溢水により発生する水圧に対して止水性を有する設計とする。また、地震時に期待する場合は、基準地震動による地震力に対して浸水を防止する機能が十分に保持できる設計とする。

10.6.2.3 試験検査

浸水防護設備は、健全性及び性能を確認するため、発電用原子炉の運転中又は停止中に、定期的に試験又は検査を実施する。

2. 溢水による損傷の防止等

（別添資料１）内部溢水の影響評価について

別添１

玄海原子力発電所
内部溢水の影響評価について

目　　次

1 溢水防護に関する基本方針
2 防護対象設備を抽出するための方針
2.1 設置許可基準規則第九条の要求事項について
2.2 防護対象設備の抽出
2.3 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定について

添付資料１　　溢水時の使用済燃料乾式貯蔵容器の健全性について

※「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という
「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」（以下「兼用キャスクガイド」という。）

1 溢水防護に関する基本方針

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とするために、溢水が発生した場合でも、放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。

2 防護対象設備を抽出するための方針

設置許可基準規則第九条の要求事項を踏まえ、溢水から防護すべき設備（以下「防護対象設備」という。）を抽出する。

2.1 設置許可基準規則第九条の要求事項について

○　設置許可基準規則第九条及びその解釈は、安全施設が内部溢水により安全機能を損なわないことを求めている。

設置許可基準規則　第九条	設置許可基準規則の解釈
（溢水による損傷の防止等） 第九条 安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわないものでなければならない。	第９条（溢水による損傷の防止等） ３ 第１項に規定する「安全機能を損なわないもの」とは、発電用原子炉施設内部で発生が想定される溢水に対し、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できること、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できることをいう。さらに、使用済燃料貯蔵層においては、プール冷却機能及びプールへの給水機能を維持できることをいう。

2.1 防護対象設備の抽出

使用済燃料乾式貯蔵施設内の設備、並びに使用済燃料乾式貯蔵施設の防護対象設備の抽出結果を表１に示す。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、放射性物質の閉じ込め機能を持つ使用済燃料乾式貯蔵容器*を防護対象設備として抽出した。

*:支持部及び基礎を含む。

表１　使用済燃料乾式貯蔵施設の防護対象設備の抽出結果

設備	兼用キャスクガイドでの設備分類	防護対象設備
使用済燃料乾式貯蔵容器*	兼用キャスク，周辺施設（支持部及び基礎）	○
計装設備	周辺施設	
クレーン類	周辺施設	
使用済燃料乾式貯蔵建屋等（貯蔵建屋（遮蔽壁含む））	周辺施設	

*:支持部及び基礎を含む。

2.3 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定について

防護対象設備として抽出した設備のうち、既許可では以下に示す静的機器は、溢水事象を想定しても必要とされる安全機能を損なわないことから、溢水影響評価の対象として抽出しない。

(1) 溢水の影響を受けない静的機器

構造が単純で外部から動力の供給を必要としないことから、溢水の影響を受けて安全機能を損なわない容器、熱交換器、フィルタ、安全弁、逆止弁、手動弁、配管及び没水に対する耐性を有するケーブル。

使用済燃料乾式貯蔵容器は単純で頑丈な構造の金属製の静的機器（容器）であり、外部から動力の供給を必要としないため、溢水影響を受けても要求される安全機能を損なわないことから、溢水影響評価の対象とする防護対象設備には該当しない。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器の放射性物質の閉じ込め機能は、金属製のガスケットを頑丈な胴と一次蓋で挟んで圧縮することで維持しており、輸送状態で 200m の水中に浸漬させても問題ない設計となっている。使用済燃料乾式貯蔵容器は溢水影響評価の対象とする防護対象設備に該当しないものの、設置許可基準規則第九条及びその解釈の要求事項を踏まえ、貯蔵状態（三次蓋及び緩

衝体が無い状態）で 200m の水圧を想定しても、一次蓋に発生する応力はおおむね弾性範囲内であり、放射性物質の閉じ込め機能を担保できることを確認した。

（添付資料１）

溢水時の使用済燃料乾式貯蔵容器の健全性について

使用済燃料乾式貯蔵容器は、輸送状態で200mの水中に浸漬させても問題ない設計としている。使用済燃料乾式貯蔵容器は溢水影響評価の対象とする防護対象設備に該当しないものの、設置許可基準規則第九条及びその解釈の要求事項を踏まえ、貯蔵状態（三次蓋及び緩衝体が無い状態）で200mの水圧を想定しても使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能を担保する一次蓋部に変形が生じないことを以下のように確認している。

１．評価方法

使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能は、金属製のガスケットを頑丈な胴と一次蓋で挟んで圧縮することで維持しており、一次蓋に発生する応力が設計降伏点以下であることを確認する。

蓋の最大応力は蓋端部に生じる。この半径方向曲げ応力σb（MPa）は次式で与えられる。

$$\sigma_b = 0.75\frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

a:蓋半径（mm）
P:差圧（MPa）
t:板厚（mm）

２．評価結果

図１に使用済燃料乾式貯蔵容器（MSF-24P）概略図、図２に使用済燃料乾式貯蔵容器（MSF-21P）概略図を示す。

一次蓋の強度評価を実施した。表１　一次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果（MSF-24P）及び表２　一次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果（MSF-21P）の計算結果より、一次蓋は健全であることを確認した。

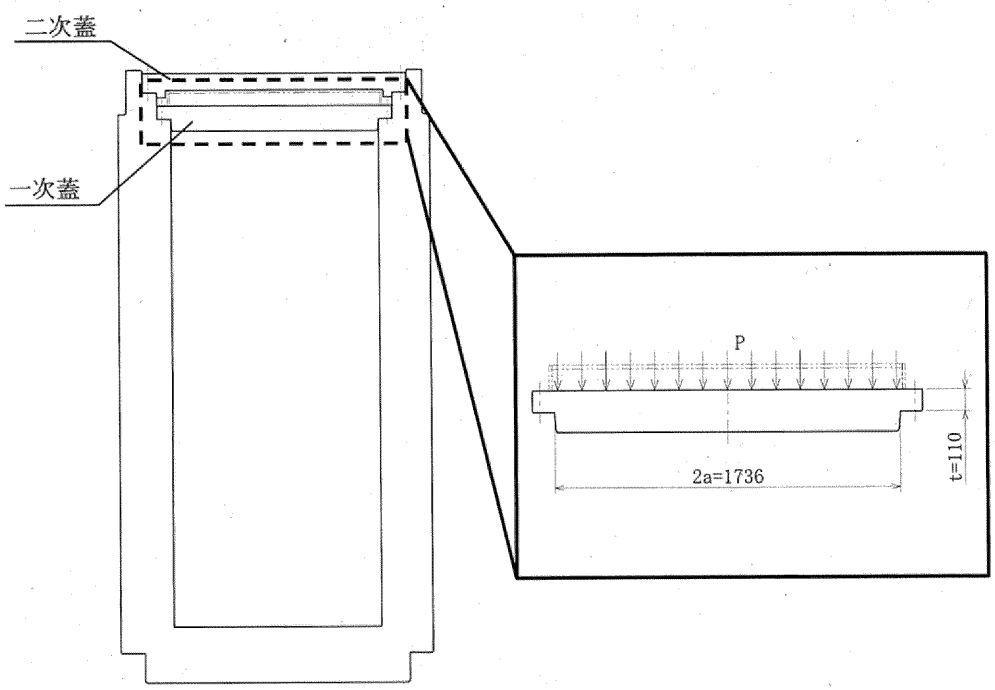


図１　使用済燃料乾式貯蔵容器（MSF-24P）　概略図

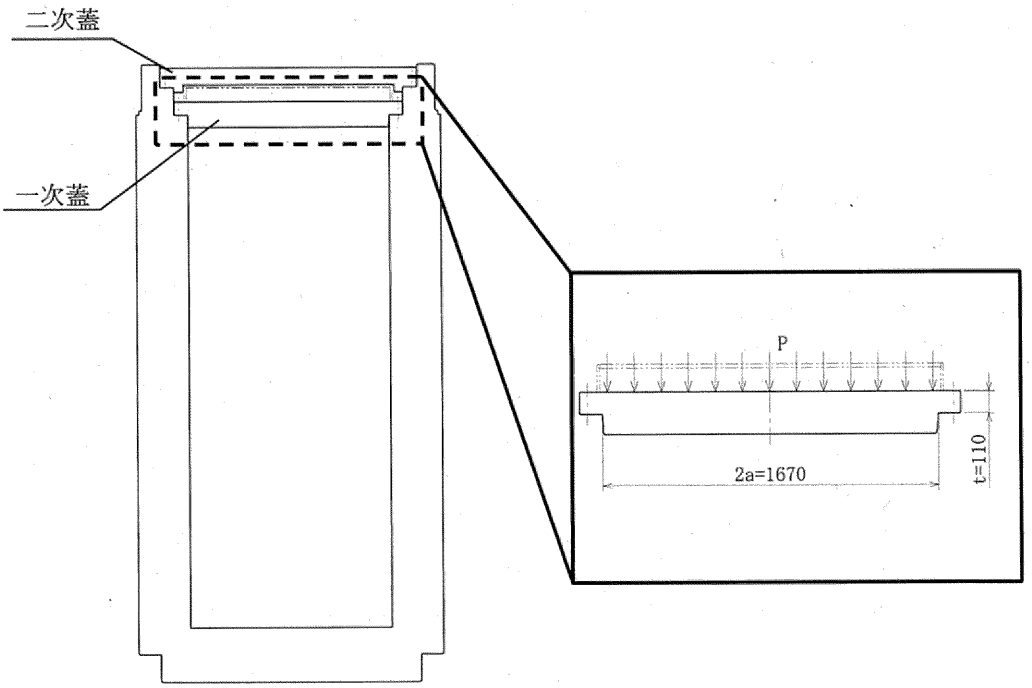


図２　使用済燃料乾式貯蔵容器（MSF-21P）　概略図

表１　一次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果（MSF-24P）

蓋半径：a（mm）	差圧：P（MPa）	板厚：t（mm）
868	2.1※1	110
最大曲げ応力：σ_b（MPa）	蓋の温度（℃）	基準値：Sy（MPa）
99	115	185

※１　通常は一次蓋の外側に二次蓋が設置されているが、二次蓋はなく直接一次蓋が加圧される条件で、かつ、差圧が大きくなるよう使用済燃料乾式貯蔵容器内圧を 0MPa として計算した。

表２　一次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果（MSF-21P）

蓋半径：a（mm）	差圧：P（MPa）	板厚：t（mm）
835	2.1※1	110
最大曲げ応力：σ_b（MPa）	蓋の温度（℃）	基準値：Sy（MPa）
91	115	185

※１　通常は一次蓋の外側に二次蓋が設置されているが、二次蓋はなく直接一次蓋が加圧される条件で、かつ、差圧が大きくなるよう使用済燃料乾式貯蔵容器内圧を 0MPa として計算した。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器のその他の安全機能(臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能)については、以下のとおり 16 条の評価結果に包絡される。

・臨界防止機能：16 条では使用済燃料乾式貯蔵容器内部を『冠水状態』とし使用済燃料乾式貯蔵容器の外部を真空とした環境下において無限に配列した体系（完全反射）で評価しており、水で覆われた場合でも 16 条の臨界評価結果に包絡される。

・遮蔽機能：16 条では空気で覆われた条件で評価しており、水で覆われた場合、使用済燃料乾式貯蔵容器表面から 1m 地点の線量当量率が、水の遮蔽効果により小さくなるため、16 条の遮蔽評価に包絡される。

・除熱機能：16 条では使用済燃料乾式貯蔵容器の周囲温度を 50℃で評価しており、水で覆われることにより、より冷却されることから、16 条の除熱評価に包絡される。

11 条

安全避難通路等

〈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．安全避難通路等
（別添資料）
安全避難通路等について（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

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

(f) 安全避難通路等

発電用原子炉施設には、その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路及び照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用照明を設ける。

設計基準事故が発生した場合に用いる照明として、作業用照明を設置する。作業用照明は、ディーゼル発電機又は蓄電池を内蔵した電源から電力を供給できる設計とする。また、現場作業の緊急性との関連において、万一、作業用照明設置箇所以外での対応が必要になった場合や、作業用電源の枯渇後の対応など仮設照明の準備に時間的猶予がある場合には、可搬型照明も活用する。

(2) 安全設計方針

1.　安全設計

1.1　安全設計の方針

1.1.1　安全設計の基本方針

1.1.1.11　避難通路、照明、通信連絡設備

発電用原子炉施設には、標識を設置した安全避難通路、避難用及び作業用照明、通信連絡設備等を設ける。

(3) 適合性説明

（安全避難通路等）

第十一条　発電用原子炉施設には、次に掲げる設備を設けなければならない。 一　その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路 二　照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明

適合のための設計方針

一　使用済燃料乾式貯蔵施設の建屋内には避難通路を設ける。また、必要に応じて、標識並びに非常灯及び誘導灯を設け、その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる設計とする。

二　使用済燃料乾式貯蔵施設の非常灯及び誘導灯は、照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

10.11 安全避難通路等

10.11.1 概　要

照明用電源は、電気施設のうち所内低圧系統より、原子炉格納容器内、原子炉周辺建屋内、原子炉補助建屋内及びタービン建屋内等の照明設備へ給電する。

中央制御室及びその他必要な場所の非常灯及び誘導灯は、非常用母線から給電するとともに、照明用の電源が喪失した場合に蓄電池から給電する。

設計基準事故が発生した場合に用いる照明として、避難用の照明とは別に作業用照明を設置する。作業用照明は、外部電源喪失時及び全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供

給が交流動力電源設備から開始されるまでの間においても点灯できるよう、非常用母線に接続しディーゼル発電機からも電力を供給できるもの及び常用母線に接続し蓄電池を内蔵した専用の無停電電源装置から給電可能なものを併設することで、昼夜、場所を問わず作業が可能となる設計とする。

また、その他現場作業が必要となった場合を考慮し、可搬型照明を配備する。

10.11.2 設計方針

安全避難通路は、その位置を明確かつ恒久的に表示することにより、容易に識別できるように避難用照明を設置する。また、避難用照明は、照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なうおそれがないようにする。さらに、設計基準事故が発生した場合に用いる照明（避難用の照明を除く。）及びその専用の電源を設ける。

10.11.3 主要設備

10.11.3.1 照明設備

照明用電源は、パワーセンタ、原子炉コントロールセンタ及びタービンコントロールセンタ等の所内低圧系統から原子炉格納容器内、原子炉周辺建屋内、原子炉補助建屋内及びタービン建屋内等の照明設備へ給電する。

中央制御室及びその他必要な場所の非常灯及び誘導灯は、非常用母線から給電するとともに、照明用の電源が喪失した場合に蓄電池から給電する。

設計基準事故が発生した場合に用いる照明として、避難用の照明とは別に作業用照明を設置する。

作業用照明は、非常用母線に接続し、外部電源喪失時にも必要な照明を確保できるよう、ディーゼル発電機からも電力を供給できるもの及び常用母線に接続し、全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまで

の間においても点灯できるよう、蓄電池を内蔵した専用の無停電電源装置からの給電により点灯を継続する。

この作業用照明により、設計基準事故で操作が必要となる中央制御室、その他機器へのアクセスルート等の照明を確保でき、昼夜、場所を問わず作業を可能な設計とする。

また、設計基準事故に対応するための操作が必要な場所は、作業用照明が設置されており作業が可能であるが、仮に、追加の現場作業が必要となった場合を考慮し、念のため、初動操作を対応する運転員が滞在する中央制御室に懐中電灯等の可搬型照明を配備する。

外部電源喪失時、ディーゼル発電機が長時間連続運転を行う場合において、タンクローリによるディーゼル発電機燃料の輸送を夜間に実施する場合、ヘッドライト等の可搬型照明、タンクローリの前照灯等を使用する。これらの可搬型照明は、発電所構内の所定の場所に保管し、輸送開始が必要となる時間（事象発生から 48 時間）までに十分準備できるものとする。

10.11.4 手順等

安全避難通路等は、以下の内容を含む手順等を定める。

(1) 可搬型照明は、必要時に迅速に使用できるよう、必要数及び保管場所を定める。

２．安全避難通路等

（別添資料）

安全避難通路等について（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別　添

玄海原子力発電所３号炉及び４号炉
安全避難通路等について
（使用済燃料乾式貯蔵施設）

目　　次

1.　概要
2.　使用済燃料乾式貯蔵施設における設計方針

１．概要

発電用原子炉施設の建屋内には、「建築基準法」（制定昭和25年5月24日法律第201号）（以下「建築基準法」という。）及び「建築基準法施行令」（制定昭和25年11月16日政令第338号）（以下「建築基準法施行令」という。）に準拠し、安全避難通路を構成する避難階段及び地上へ通じる通路を設ける設計とする。

安全避難通路には、建築基準法及び建築基準法施行令に準拠し、非常用の照明装置である非常灯を設置する。非常灯は、施設内従事者等が常時滞在する場合、居室、居室から地上へ通じる廊下及び階段その他の通路に設置する設計とする。

また、安全避難通路には、「消防法」（制定昭和23年7月24日法律第186号）（以下「消防法」という。）、「消防法施行令」（制定昭和36年3月25日政令第37号）（以下「消防法施行令」という。）及び「消防法施行規則」（制定昭和36年4月1日自治省令第6号）（以下「消防法施行規則」という。）に準拠し、誘導灯を設置する。誘導灯は、避難口である旨及び避難の方向を明示する設計とする。

２．使用済燃料乾式貯蔵施設における設計方針

安全避難通路については、建築基準法及び建築基準法施行令に準拠し、使用済燃料乾式貯蔵施設内に安全避難通路を構成する階段及び地上へ通じる通路を設置する。

ここで、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全避難通路等を図１に示す。

非常灯は、建築基準法及び建築基準法施行令に準拠すると、施設内に従事者等が常時滞在する場合に設置が要求されており、使用済燃料乾式貯蔵施設においては、従事者が常時滞在しないため、設置を要しない。

一方、誘導灯は、消防法、消防法施行令及び消防法施行規則に準拠し、屋内から直接地上へ通じる通路、出入口、階段等に設置する。また、全交流動力電源喪失により誘導灯への電力の供給が停止した場合においても、避難口及び避難の方向を明示するため、誘導灯は20分間有効に点灯できる容量を有した内蔵電池を備える設計とする。

ここで、表１に上記要求を満たす使用済燃料乾式貯蔵施設の照明種類を示す。

：安全避難通路

図１　使用済燃料乾式貯蔵施設の安全避難通路等（イメージ図）

表１　使用済燃料乾式貯蔵施設の照明種類

	用途	蓄電池	仕様
誘導灯	【設置許可基準規則第11条1号ヘ適合】 使用済燃料乾式貯蔵施設から屋外へ避難するための安全避難通路を容易に識別できるよう、消防法に基づき設置する。	内蔵 (20分定格以上)	電圧：交流100V 種類：蛍光灯またはLED

：防護上の観点から公開できません

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）
安全施設について（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

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

(g) 安全施設

(g-1) 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、十分高い信頼性を確保し、かつ維持し得る設計とする。このうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有する系統は、原則、多重性又は多様性及び独立性を備える設計とするとともに、当該系統を構成する機器に短期間では動的機器の単一故障、又は長期間では動的機器の単一故障若しくは想定される静的機器の単一故障のいずれかが生じた場合であって、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能を達成できる設計とする。

重要度が特に高い安全機能を有する系統において、設計基準事故が発生した場合に長期間にわたって機能が要求される静的機器のうち、単一設計とする以下の機器については、想定される最も過酷な条件下においても安全上支障のない期間に単一故障を確実に除去又は修復できる設計とし、その単一故障を仮定しない。設計に当たっては、想定される単一故障の除去又は修復のためのアクセス性及び補修作業性並びに当該作業期間における従事者及び周辺公衆の被ばくを考慮する。

・アニュラス空気浄化設備のダクトの一部

・安全補機室空気浄化設備のフィルタユニット及びダクトの一部

試料採取設備のうち単一設計とする事故時に１次冷却材をサンプリングする設備については、当該設備に要求される事故時の原子炉の停止状態の把握機能が単一故障により失われる場合であっても、

他の系統を用いて当該機能を代替できる設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備のうちスプレイリングについては単一設計とするが、安全機能に最も影響を与える単一故障を仮定しても、原子炉格納容器の冷却機能を達成できる設計とする。

安全施設の設計条件を設定するに当たっては、材料疲労、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、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に想定される圧力、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。

また、安全施設は、その健全性及び能力を確認するために、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設計とする。

(g-2) 安全施設は、蒸気タービン等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。

蒸気タービン及び発電機は、破損防止対策を行うことにより、破損事故の発生確率を低くするとともに、ミサイルの発生を仮に想定しても安全機能を有する構築物、系統及び機器への到達確率を低くすることによって、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

(g-3) 重要安全施設は、発電用原子炉施設間で原則共用又は相互に接続しないものとするが、安全性が向上する場合は、共用又は相互に接続することを考慮する。

重要安全施設に該当する中央制御室は、共用することにより、プラントの状況に応じた運転員の相互融通を図ることや、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有しながら、事故処置を含む総合的な運転管理を図ることなどで、安全性が向上するため、居住性に配慮した設計とする。

同じく重要安全施設に該当する中央制御室空調装置は、各号炉に設置し、片系列単独で居住性に係る判断基準を満足する設計とする。

また、共用により更なる多重性を持ち、単一設計とする中央制御室非常用循環フィルタユニットを含め、安全性が向上する設計とする。

安全施設（重要安全施設を除く。）において、共用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設計とする。

(2) 安全設計方針

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.6 共　　用

重要安全施設は、発電用原子炉施設間で原則共用又は相互に接続しないものとするが、安全性が向上する場合は、共用又は相互に接続することを考慮する。

重要安全施設に該当する中央制御室は、共用することにより、プラントの状況に応じた運転員の相互融通を図ることや、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有しながら、事故処置を含む総合的な運転管理を図ることなどで、安全性が向上するため、居住性に配慮した設計とする。

同じく重要安全施設に該当する中央制御室空調装置は、各号炉に設置し、片系列単独で居住性に係る判断基準を満足する設計とする。また、共用により更なる多重性を持ち、単一設計とする中央制御室非常用循環フィルタユニットを含め、安全性が向上する設計とする。

安全施設（重要安全施設を除く。）において、共用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設計とする。

火災感知設備の一部は、共用する他号炉設置の火災区域に設け、中央制御室での監視を可能とすることで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

消火設備の一部は、共用する他号炉設置の火災区域に対し必要な容量の消火水等を供給できるものとし、消火設備の故障警報を中央制御室に発することで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

浸水防護設備の一部は号炉の区分けなく一体となった津波又は溢水に対する防護対策を実施することで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

代替緊急時対策所及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において３号炉及び４号炉双方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、事故収束に必要な機器を設置する。共用により、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有・考慮しながら、総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

補助蒸気連絡ライン（高圧・低圧）は、３号炉及び４号炉間で相互に接続するものの、接続する設備の設計圧力等は同じとし、連絡時に他号炉の安全性を損なわない設計とする。連絡時以外においては、連絡弁を施錠閉とすることにより物理的に分離し、他号炉に悪影響を及ぼすことのない設計とする。

1.1.1.7　多重性又は多様性及び独立性

安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、十分高い信頼性を確保し、かつ維持し得る設計とする。このうち、重要度が特に高い安全機能を有する系統は、原則、多重性又は多様性及び独立性を備える設計とするとともに、当該系統を構成する機器の単一故障が生じた場合であって、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能を達成できる設計とする。

1.1.1.9　試験検査

安全施設は、その健全性及び能力を確認するために、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設計とする。

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「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、第 1.3.2 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 1.3.3 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(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 31 年 1 月 22 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

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）	
安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス１ クラス２ クラス３	ＰＳ－１ ＰＳ－２ ＰＳ－３	ＭＳ－１ ＭＳ－２ 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31年１月22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	1)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	2)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２）	使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎〔ＰＳ－２〕 使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物〔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）貯蔵架台及び基礎ボルトを含む。
（注３）間接関連系に相当する。なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち使用済燃料乾式貯蔵容器の間接支持機能を有する基礎部以外は除く。

(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。

適合のための設計方針

1　について

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、共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、各々の発電用原子炉施設から発生した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。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

該当なし

2．安全施設

（別添資料）

安全施設について（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別　添

玄海原子力発電所３号炉及び４号炉
安全施設について
（使用済燃料乾式貯蔵施設）

目　　次

12-1　安全機能の重要度分類

12-2　環境条件における安全機能の健全性

12-3　試験・検査性

12-4　飛散物による損傷防止

12-5　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閉じ込め機能遂行に直接必要はない建屋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「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及び当社の考えについて」において示すように、玄海原子力発電所敷地境界線量の目標値である年間50μSv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 ＼ 重要度による分類		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）	
安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス１ クラス２ クラス３	ＰＳ－１ ＰＳ－２ ＰＳ－３	ＭＳ－１ ＭＳ－２ 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基礎〔ＰＳ－２〕（注２） 使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物〔ＰＳ－３〕

（注１）貯蔵架台及び基礎ボルトを含む。
（注２）間接関連系に相当する。なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち使用済燃料乾式貯蔵容器の間接支持機能を有する基礎部以外は除く。

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建屋基礎	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上部構造物	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）の遮蔽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、各環境条件の設定方法を表５に示す。

また、使用済燃料乾式貯蔵施設について、考慮すべき環境条件を表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(100μSv/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を荷重条件とする。	・屋内に設置するため、地震による荷重を荷重条件とする。

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	・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ことを条件とする。 ・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ことを条件とする。	・地震の波及的影響により、安全機能を喪失しないことを条件とする。 ・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ことを条件とする。

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

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（タイプ１及びタイプ２）及び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、２号炉、３号炉及び４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。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器は、14×14 型燃料（１号及び２号炉用）、17×17 型燃料（３号及び４号炉用）を収納するタイプ１（14×14 型と 17×17 型の混載はしない）と 17×17 型燃料（３号及び４号炉用）を収納するタイプ２の２種類がある。

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容器（タイプ１）（１号、２号３号及び４号炉共用）	ＰＳ－２	使用済燃料乾式貯蔵容器のうち、タイプ１は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう１号及び２号炉の燃料である 14×14 型燃料用及び３号及び４号炉の燃料である 17×17 型燃料用に設計され、14×14型燃料及び17×17型燃料を混載せず、それぞれの燃料を装荷した状態で安全機能を維持できる設計とするため、１号、２号、３号及び４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。
使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ２）（３号及び４号炉共用）	ＰＳ－２	使用済燃料乾式貯蔵容器のうち、タイプ２は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう３号及び４号炉の燃料である 17×17 型燃料用に設計され、３号及び４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。
使用済燃料乾式貯蔵建屋（１号、２号３号及び４号炉共用）	ＰＳ－３	使用済燃料乾式貯蔵建屋は、以下の理由により、１号、２号、３号及び４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。 ・１号、２号、３号及び４号炉用の使用済燃料は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう、それぞれの使用済燃料専用に設計された使用済燃料乾式

		貯蔵容器（１号、２号、３号及び４号炉用：タイプ１、３号及び４号炉用：タイプ２）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（タイプ１及びタイプ２）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。 (a)除熱機能 発熱量の大きい３号及び４号炉用の使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ２）を 40 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（タイプ１及びタイプ２）の線源強度やスペクトルを用い相互遮蔽や周辺環境を考慮した過度な保守性を排除した現実的な線量評価において、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
（別添資料）
燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（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

ロ　発電用原子炉施設の一般構造

A．３ 号 炉

(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へい能力を有し、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へい能力を有し、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

ピットから水が漏えいした場合において、水の漏えい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。

使用済燃料貯蔵設備から再処理工場への使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、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とともに、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臨界に達するおそれのない設計とする。

また、１号炉、２号炉、３号炉又は４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、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬して貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

B．４ 号 炉

(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、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、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、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、貯蔵された使用済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えいした場合において、水の漏えい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。

使用済燃料貯蔵設備から再処理工場への使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、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とともに、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臨界に達するおそれのない設計とする。

また、１号炉、２号炉、３号炉又は４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、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬して貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

ニ．核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

Ａ．３ 号 炉

(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、燃料取替装置、燃料移送装置（一部３号及び４号炉共用）及び除染装置（３号及び４号炉共用）で構成する。

ウラン新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、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燃料取扱設備により使用済燃料貯蔵設備に移し、ここから燃料取扱設備により原子炉格納容器内に搬入する。燃料取替えは、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へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部３号及び４号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。

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。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

（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、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、３号及び４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り、容器本体、蓋部（二重）及びバスケット等で構成する。使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵架台を用いて基礎ボルトで使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎及び使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物で構成され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、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、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とと

に、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臨界に達するおそれのない設計とする。

b．貯蔵能力

全炉心燃料の約500％相当分（１号、２号、３号及び４号炉共用）とする。

B．４ 号 炉

(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、燃料取替装置、燃料移送装置（一部４号炉燃料取扱棟内１号、２号及び４号炉共用、並びに一部３号炉燃料取扱棟内３号及び４号炉共用）及び除染装置（４号炉燃料取扱棟内１号、２号及び４号炉共用、並びに３号炉燃料取扱棟内３号及び４号炉共用）で構成する。

新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、原子炉格納容器内に搬入する。燃料取替えは、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（１号炉及び２号炉の燃料集合体最高燃焼度55,000MWd／tのものを含む。）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へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部１号、２号及び４号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、７年以上冷却した４号炉の使用済燃料については、必要に応じて３号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部３号及び４号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。

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。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

（ⅲ）使用済燃料乾式貯蔵施設

3号炉に同じ。

(2) 安全設計方針

該当なし

(3) 適合性説明

（3号炉）

（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こと。

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こと。

ハ　燃料体等が臨界に達するおそれがないものとすること。

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こと。

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こと。

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こと。

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、容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、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へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

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、放射性物質を適切に閉じ込めることができ、閉じ込め機能を適切に監視できる設計とする。

（４号炉）

（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こと。

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こと。

ハ　燃料体等が臨界に達するおそれがないものとすること。

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こと。

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こと。

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こと。

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、容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、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へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

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、放射性物質を適切に閉じ込めることができ、閉じ込め機能を適切に監視できる設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

（３号炉）

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、燃料取替キャナ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、遮へい及び冷却のため、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。

使用済燃料のうち、十分に冷却（15 年以上冷却）した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、ヘリウムガスを封入後、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬する。使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器に収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲並びに遮へい機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないことを、あらかじめ確認する。使用済燃料乾式貯蔵施設では、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を使用して使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて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。

4.1.1.2　設計方針

(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し、また、使用済燃料貯蔵設備は、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。

(6)　使用済燃料設備は、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容器は、設計上想定される状態において自然冷却によって使用済燃料の崩壊熱を外部に放出し、使用済燃料の温度を、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持するとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器の温度を、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度は、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適切な頻度で監視する設計とする。

(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 3,100ppm 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、設計上想定される状態において、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

(9)　使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設内では蓋部を開放することなく、かつ、設計上想定される状態において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。また、圧力容器として、「発電用原子力設備規格　設計・建設規格」のクラス３容器に適合する設計とし、

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。また、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力を適切な頻度で監視する設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において、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、使用済燃料の過度な変形が生じない設計とする。また、閉じ込め機能の異常に対し、使用済燃料ピットへ移送し、燃料の取出しや詰替えを行うものとする。

(10)　使用済燃料設備は、ほう素濃度 3,100ppm 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は、設計貯蔵期間（60 年）を通じて、設計上想定される状態において容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮せず、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。）以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

(11)　３号炉及び４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、３号炉及び４号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。

(12)　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、落下時のエネルギを評価し、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギ（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離隔を確保するため、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。上層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して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、ホイスト支柱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転倒防止金具爪について、保守的に吊荷なしの条件で、地震時の発生応力が、転倒防止金具爪、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、二重ワイヤ、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を走行できないように可動範囲を制限し、仮に脱落したとしても、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。また、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キャナルがあるため、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。

4.1.1.4 主要設備

(2) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピット（３号及び４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フォ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3,100ppm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、ほう酸濃

度3,100ppm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。(1)

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するとともに、ウラン新燃料を一時的に仮置きすることもある。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。

使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約870％相当分（３号及び４号炉共用）とする。

なお、使用済燃料ピットは、通常運転中は全炉心の燃料を貯蔵できる容量を確保する。

(3)　除染場ピット

除染場ピット（３号及び４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等の除染を行う。

(7)　燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーン（３号及び４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等の移動を安全かつ確実に行う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等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な設計とし、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。

(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、３号及び４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等）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、内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とし、使用済燃料乾式貯蔵容器と貯蔵架台を固定装置で固定し、貯蔵架台を基礎ボルトで使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する部材は、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、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持する設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、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、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納する使用済燃料の健全性を確保する設計とするため、使用済燃料乾式貯蔵容器内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」第六条及び十一条を満たすものとし、取扱中の作業員の誤操作を想定しても「使用済燃料貯蔵施設規格　金属キャスク構造規格」の基準を満足することで、安全機能を維持できる設計とする。密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内にとどまる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能をバスケットで担保しており、設計上想定される状態において、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない設計とする。

周辺施設のうち、貯蔵架台、基礎ボルト及び使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎は、使用済燃料乾式貯蔵容器の直接支持構造物及び間接支持構造物として、基準地震動による地震力に対して使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、自然現象等に対し

て損壊しない設計とする。また、基準地震動による地震力に対して、貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器への波及的影響を防止するよう損壊しない設計とする。なお、自然現象等に対して損壊しない設計とすることにより遮へい機能が著しく低下することはない。

周辺施設のうち、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は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設と同等の設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、１号炉、２号炉、３号炉及び４号炉用燃料を収納する容器と３号炉及び４号炉用燃料を収納する容器を合計40基配置できる容量とする。

ａ．使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ１）

（１号、２号、３号及び４号炉共用）

(a) １号炉及び２号炉用燃料収納時（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 4.8wt％以下

燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

(b) ３号炉及び４号炉用燃料収納時（ウラン燃料）

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

（３号及び４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

なお、１号炉及び２号炉用燃料と３号炉及び４号炉用燃料を同一容器に収納しない。

ｂ．使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ２）

（３号及び４号炉共用）

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

（３号及び４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、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、使用済燃料乾式貯蔵容器の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。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。

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 100μSv/h 以下となるよう、収納される使用済燃料の放射線源強度を考慮して十分に遮へいできる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、二重の蓋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。なお、使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵中については緩衝体を設置しない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより、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、乾式貯蔵施設内における使用済燃料貯蔵容器の配置及び相互の中性子干渉、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置、中性子吸収材の製造公差及び中性子吸収に伴う原子個数密度の減少、減速材（水）の影響も含め、技術的に想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を 0.95（解析上の不確定さを含む。）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（貯蔵架台を含む）はＳクラスに分類したうえで、基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

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、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として、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対策を講じるとともに、浮き上がり防止機能を設け、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン自身の落下防止対策を講じる。また、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行う搬送台車である。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容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として緊急停止できる機構を設けるとともに、人の誤操作等で逸走した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵容器が使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁及び他の使用済燃料乾式貯蔵容器等へ衝突しない構造とする。

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内の雰囲気温度は、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計で監視する。

4.1.1.6　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。

4.1.1.7　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等を定める。

(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り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.　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

(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500％相当分

（使用済燃料乾式貯蔵容器40基分）

種　　類　　使用済燃料乾式貯蔵容器

・タイプ１（１号、２号、３号及び４号炉共用）

最大収納体数　21

主 要 寸 法　　全長　約5.2m

外径　約2.6m

・タイプ２（３号及び４号炉共用）

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、３号

及び４号炉共用）

・貯蔵架台

・基礎ボルト

・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

・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

（（１）～（13）は変更前の記載に同じ。）

（４号炉）

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。

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、燃料取替キャナ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、遮へい及び冷却のため、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。

また、使用済燃料は必要に応じて使用済燃料ピットで７年以上冷却し、使用済燃料の再処理工場への輸送に使用する使用済燃料輸送容器に入れて３号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットに運搬する。

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。

使用済燃料のうち、十分に冷却（15 年以上冷却）した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、ヘリウムガスを封入後、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬する。使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器に収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲並びに遮へい機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないことを、あらかじめ確認する。使用済燃料乾式貯蔵施設では、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を使用して使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて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。

なお、使用済燃料ピット内に貯蔵する使用済燃料には、１号炉及び

２号炉で使用した燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd／t のものを含む。

燃料取扱設備は、３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備のうち除染場ピット、燃料取扱棟内キャナル、使用済燃料ピットクレーン及び燃料取扱棟クレーンを共用する。３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備の概略は、３号炉添付書類八 第4.1.1図及び第4.1.2図に同じ。

さらに、貯蔵設備は３号炉燃料取扱棟内の貯蔵設備のうち使用済燃料ピット及びラックを共用する。

4.1.1.2　設計方針

(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し、また、使用済燃料貯蔵設備は、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に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

(6)　使用済燃料設備は、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容器は、設計上想定される状態において自然冷却によって使用済燃料の崩壊熱を外部に放出し、使用済燃料の温度を、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持するとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器の温度を、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度は、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適切な頻度で監視する設計とする。

(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、燃料取替用水ピットからほう素濃度 2,500ppm 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、設計上想定される状態において、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

(9) 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設内では蓋部を開放することなく、かつ、設計上想定される状態において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。また、圧力容器として、「発電用原子力設備規格　設計・建設規格」のクラス３容器に適合する設計とし、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。また、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力を適切な頻度で監視する設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において、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、使用済燃料の過度な変形が生じない設計とする。また、閉じ込め機能の異常に対し、使用済燃料ピットへ移送し、燃料の取出しや詰替えを行うものとする。

(10) 使用済燃料設備は、ほう素濃度 2,500ppm 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は、設計貯蔵期間（60 年）を通じて、設計上想定される状態において容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮せず、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。）以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

(11) １号炉、２号炉及び４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号炉、２号炉及び４号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。

(12) 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、落下時のエネルギを評価し、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギ(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離隔を確保するため、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。上層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して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、ホイスト支柱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転倒防止金具爪について、保守的に吊荷なしの条件で、地震時の発生応力が、転倒防止金具爪、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、二重ワイヤ、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を走行できないように可動範囲を制限し、仮に脱落したとしても、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。また、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キャナルがあるため、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。

また、３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の設計方針は、３号炉添付書類八 4.1.1.2 設計方針に同じとし、耐震設計については３号炉の耐震設計方針に基づく設計とする。

4.1.1.4　主要設備

(2)　使用済燃料ピット

使用済燃料ピット（１号、２号及び４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フォ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、燃料取替用水ピットから、ほう素濃度2,500ppm 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を鉛直に保持し、ほう酸濃度2,500ppm 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するとともに、新燃料を一時的に仮置きすることもある。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。

また、３号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピット（３号及び４号炉共用、一部既設）は、３号炉添付書類八 4.1.1.4(2) 使用済燃料ピットに同じ。

４号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約490％相当分並びに全炉心燃料の約290％相当分（１号、２号及び４号炉共用）とし、３号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約870％相当分（３号及び４号炉共用、一部既設）とする。

なお、使用済燃料ピットは、通常運転中は全炉心の燃料を貯蔵できる容量を確保する。

(3)　除染場ピット

除染場ピット（１号、２号及び４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等の除染を行う。

また、３号炉燃料取扱棟内の除染場ピット（３号及び４号炉共用、既設）は、３号炉添付書類八 4.1.1.4(3) 除染場ピットに同じ。

(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４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等の移動を安全かつ確実に行う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等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な設計とし、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。

また、３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱棟クレーン（３号及び４号炉共用、既設）は、３号炉添付書類八 4.1.1.4（7）燃料取扱棟クレーンに同じ。

（13）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、３号及び４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等）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、内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とし、使用済燃料乾式貯蔵容器と貯蔵架台を固定装置で固定し、貯蔵架台を基礎ボルトで使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する部材は、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、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持する設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、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、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納する使用済燃料の健全性を確保する設計とするため、使用済燃料乾式貯蔵容器内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則」第六条及び十一条を満たすものとし、取扱中の作業員の誤操作を想定しても「使用済燃料貯蔵施設規格

金属キャスク構造規格」の基準を満足することで、安全機能を維持できる設計とする。密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内にとどまる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能をバスケットで担保しており、設計上想定される状態において、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない設計とする。

周辺施設のうち、貯蔵架台、基礎ボルト及び使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎は、使用済燃料乾式貯蔵容器の直接支持構造物及び間接支持構造物として、基準地震動による地震力に対して使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、自然現象等に対して損壊しない設計とする。また、基準地震動による地震力に対して、貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器への波及的影響を防止するよう損壊しない設計とする。なお、自然現象等に対して損壊しない設計とすることにより遮へい機能が著しく低下することはない。

周辺施設のうち、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は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設と同等の設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、１号炉、２号炉、３号炉及び４号炉用燃料を収納する容器と３号炉炉及び４号炉用燃料を収納する容器を合計 40 基配置できる容量とする。

ａ．使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ１）

（１号、２号、３号及び４号炉共用）

(a) １号炉及び２号炉用燃料収納時（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 4.8wt％以下

燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

(b) ３号炉及び４号炉用燃料収納時（ウラン燃料）

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

（３号及び４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

なお、１号炉及び２号炉用燃料と３号炉及び４号炉用燃料を同一容器に収納しない。

ｂ．使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ２）

（３号及び４号炉共用）

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

（３号及び４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、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、使用済燃料乾式貯蔵容器の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。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。

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 100μSv/h 以下となるよう、収納される使用済燃料の放射線源強度を考慮して十分に遮へいできる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、二重の蓋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。なお、使用済燃料乾式貯蔵容器

の貯蔵中については緩衝体を設置しない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより、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、乾式貯蔵施設内における使用済燃料貯蔵容器の配置及び相互の中性子干渉、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置、中性子吸収材の製造公差及び中性子吸収に伴う原子個数密度の減少、減速材（水）の影響も含め、技術的に想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を0.95（解析上の不確定さを含む。）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（貯蔵架台を含む）はＳクラスに分類したうえで、基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

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、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として、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対策を講じるとともに、浮き上がり防止機能を設け、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン自身の落下防止対策を講じる。また、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行う搬送台車である。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容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として緊急停止できる機構を設けるとともに、人の誤操作等で逸走した場合でも、使用済燃料乾

式貯蔵容器が使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁及び他の使用済燃料乾式貯蔵容器等へ衝突しない構造とする。

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内の雰囲気温度は、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計で監視する。

4.1.1.6　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。

また、３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の試験検査は、３号炉添付書類八 4.1.1.6試験検査に同じ。

4.1.1.7　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等を定める。

(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り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.　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。

また、３号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の手順等は、３号炉添付書類八 4.1.1.7 手順等に同じ。

第 4.1.1 表　燃料取扱及び貯蔵設備の設備仕様

(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500%相当分

（使用済燃料乾式貯蔵容器40基分）

種　　類　　使用済燃料乾式貯蔵容器

・タイプ１（１号、２号、３号及び４号炉共用）

最大収納体数　21

主 要 寸 法　　全長　約5.2m

外径　約2.6m

・タイプ２（３号及び４号炉共用）

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、３号及び４号炉共用）

・貯蔵架台

・基礎ボルト

・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

・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

（（１）～（13）は変更前の記載に同じ。）

２．燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

（別紙）

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別　紙

玄海原子力発電所３号炉及び４号炉
燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について
（使用済燃料乾式貯蔵施設）

目　　次

１．使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵容量について
２．使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について
３．使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件について
４．使用済燃料乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間について
５．使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について
　５．１　閉じ込め機能
　５．２　臨界防止機能
　５．３　遮へい機能
　５．４　除熱機能
６．使用済燃料乾式貯蔵容器の長期健全性について
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
８．使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力等の監視について
９．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
　９．１　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
　９．２　兼用キャスク及び周辺施設の設計

補足資料
　補足１　使用済燃料乾式貯蔵における燃料被覆管の健全性評価について

別添資料

別添１　使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について（閉じ込め機能）

別添２　使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について（臨界防止機能）

別添３　使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について（遮蔽機能）

別添４　使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について（除熱機能）

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　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３　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４　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５　設置許可基準規則第 16 条第 1 項の取扱いについて

参考６　輸送時（特別の試験条件）の遮蔽評価の概要

参考７　乾式キャスクの真空乾燥について

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こと。

使用済燃料乾式貯蔵施設（以下、「乾式貯蔵施設」という）は、全炉心燃料の最大約 500％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（貯蔵容量 1,672 体）において全炉心燃料（193 体）及び１回の燃料取替え（68 体）に必要とする貯蔵容量を確保することとしている。また、使用済燃料ピット及び乾式貯蔵施設（貯蔵容量最大 960 体）の貯蔵容量は、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に十分余裕を持たせた設計とする。

なお、取扱中の使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式キャスク」という）内の燃料を取り出す容量は貯蔵余裕において確保している。

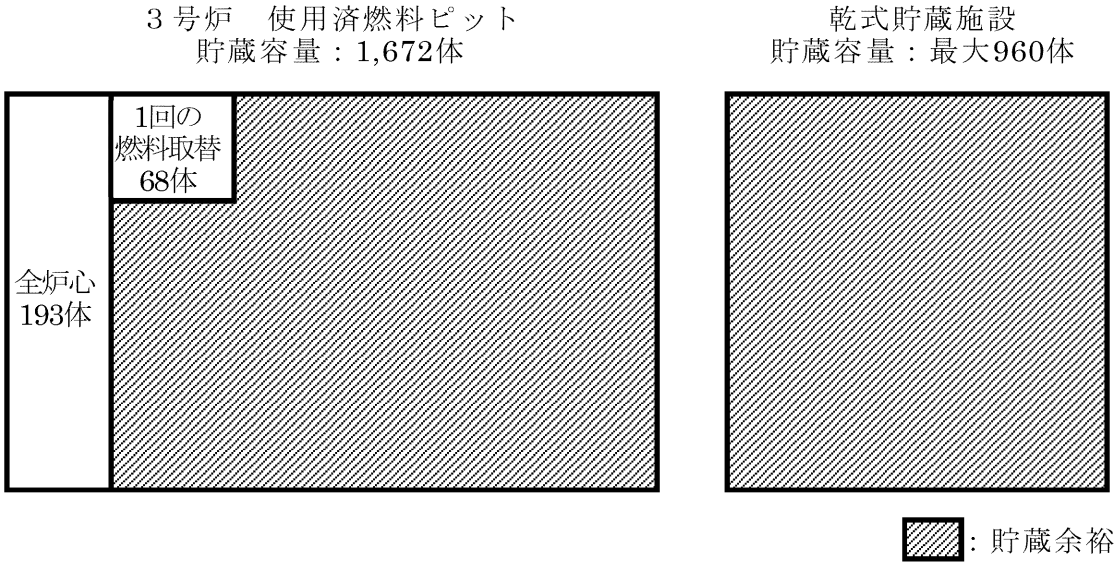


図１　貯蔵容量の考え方（３号炉使用済燃料ピットの例）

２．使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について

2.1　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）、17×17 型燃料（３号炉及び４号炉用）を収納するタイプ１（MSF-21P 型）、及び 17×17 型燃料（３号炉及び４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、下部トラニオンと貯蔵架台を固定装置で固定するとともに、貯蔵架台を基礎ボルトで乾式貯蔵施設内の使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎に固定する。乾式キャスクの構造を第 2-1 図～第 2-4 図、乾式キャスク仕様を第 2-1 表に示す。

(1) 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、レジンは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。

(2) 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は中性子遮蔽材、一次蓋の炭素鋼はガンマ線遮蔽材である。

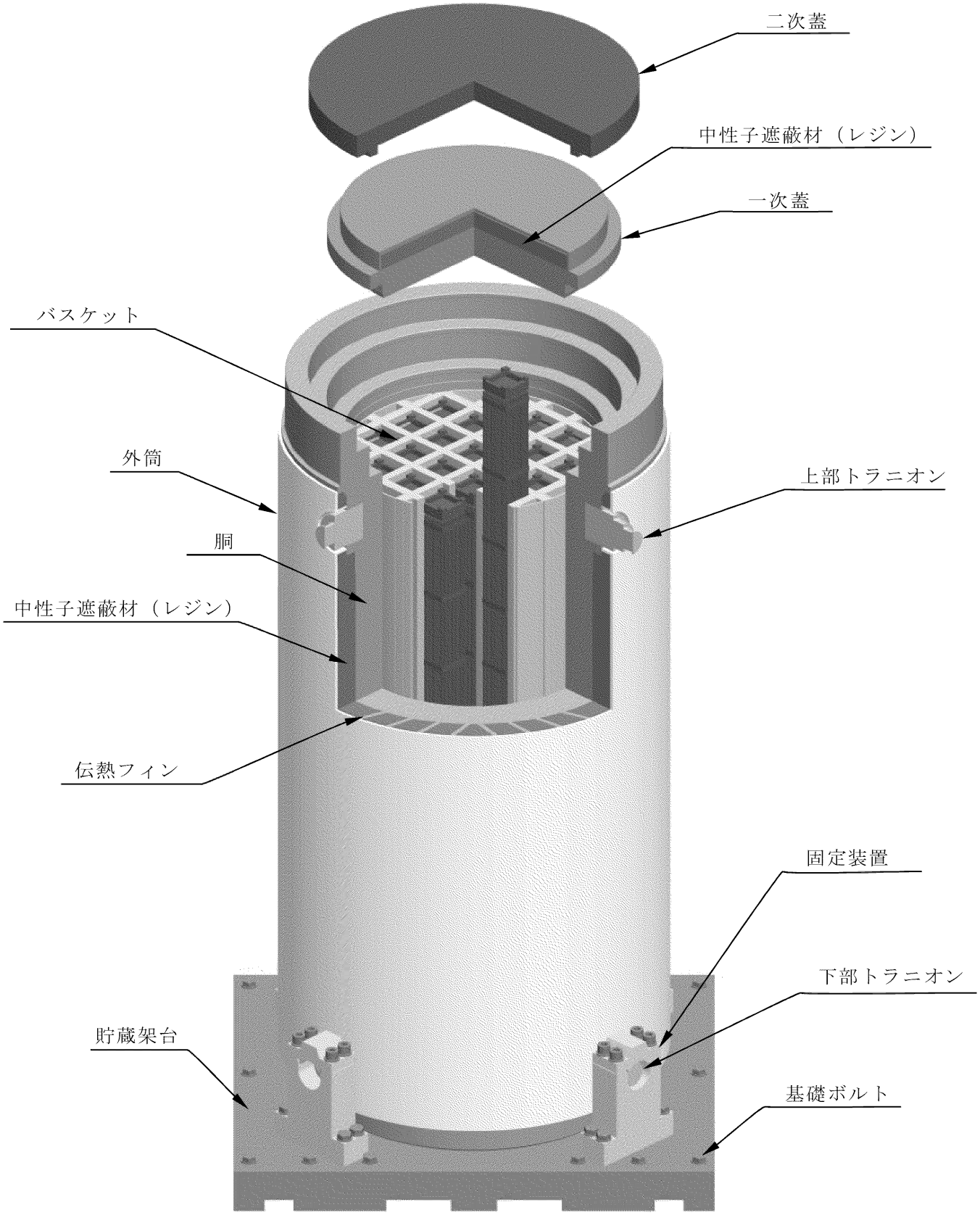
二次蓋は炭素鋼製であり、ボルトで乾式キャスク本体上面に取り付ける。

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。

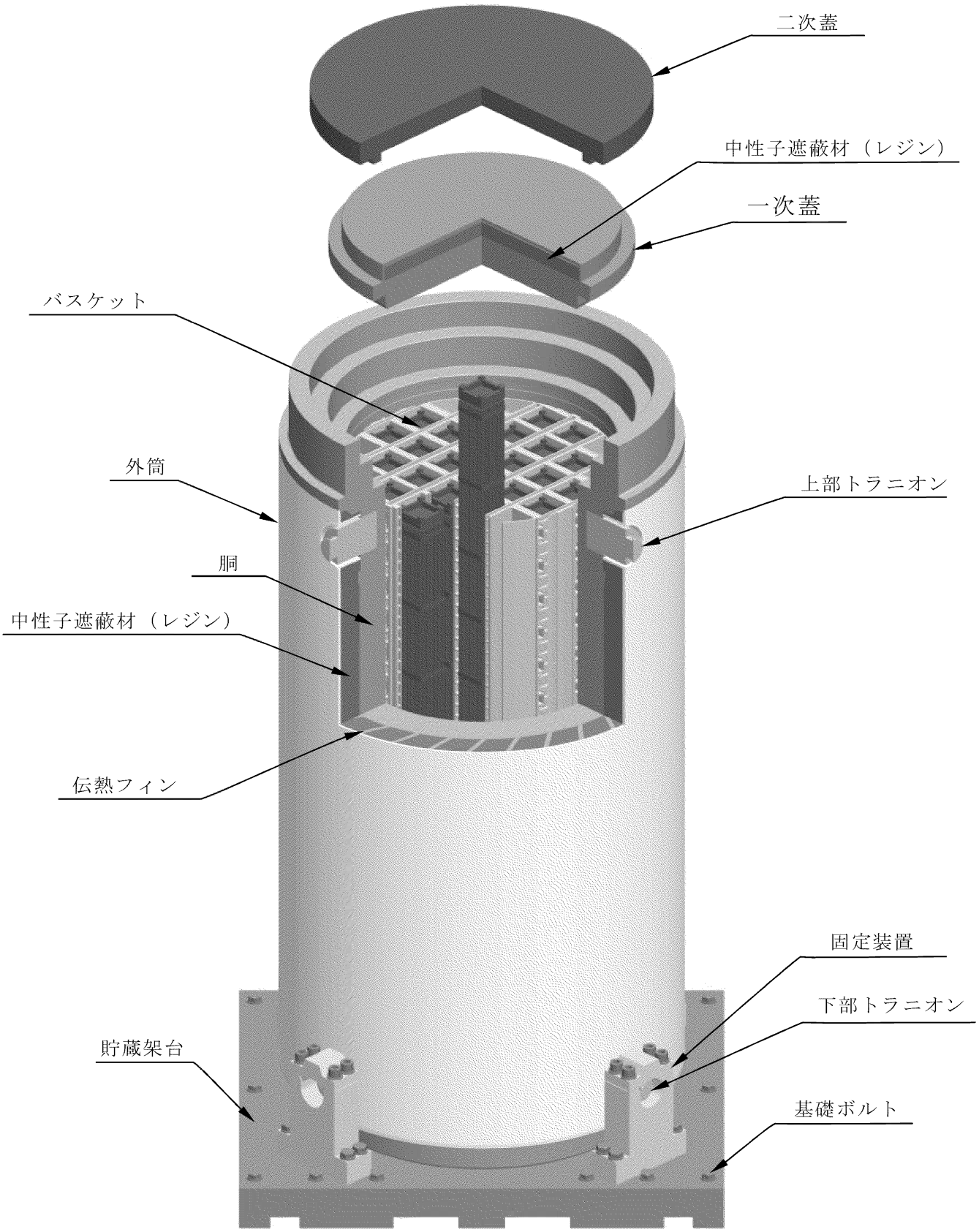
(3) バスケット

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。

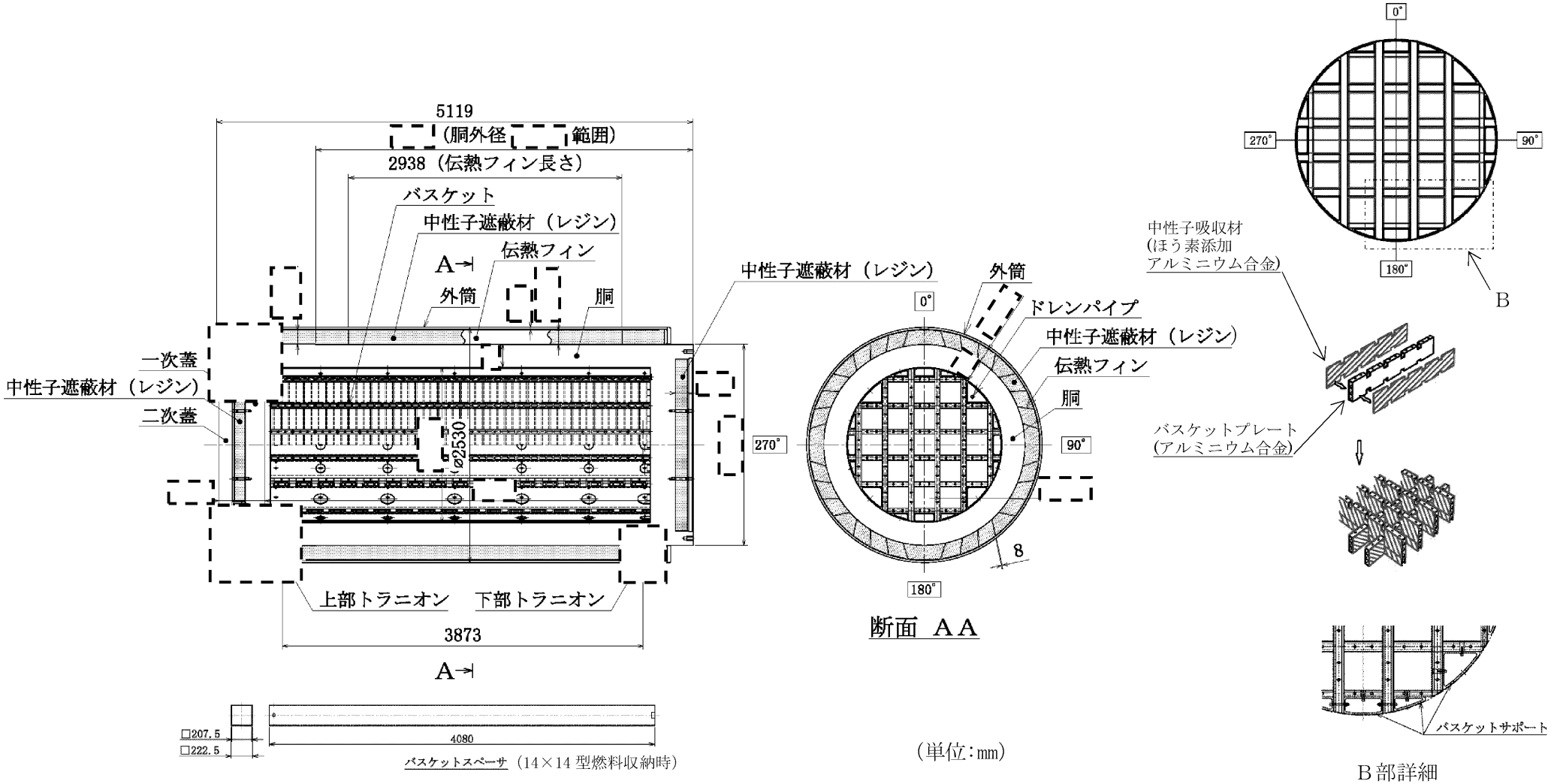
なお、MSF-21P 型について、14×14 型燃料を収納する場合は、バスケットの格子内へバスケットスペーサを設置する。



第 2-1 図　乾式キャスクの構造（MSF-21P 型）

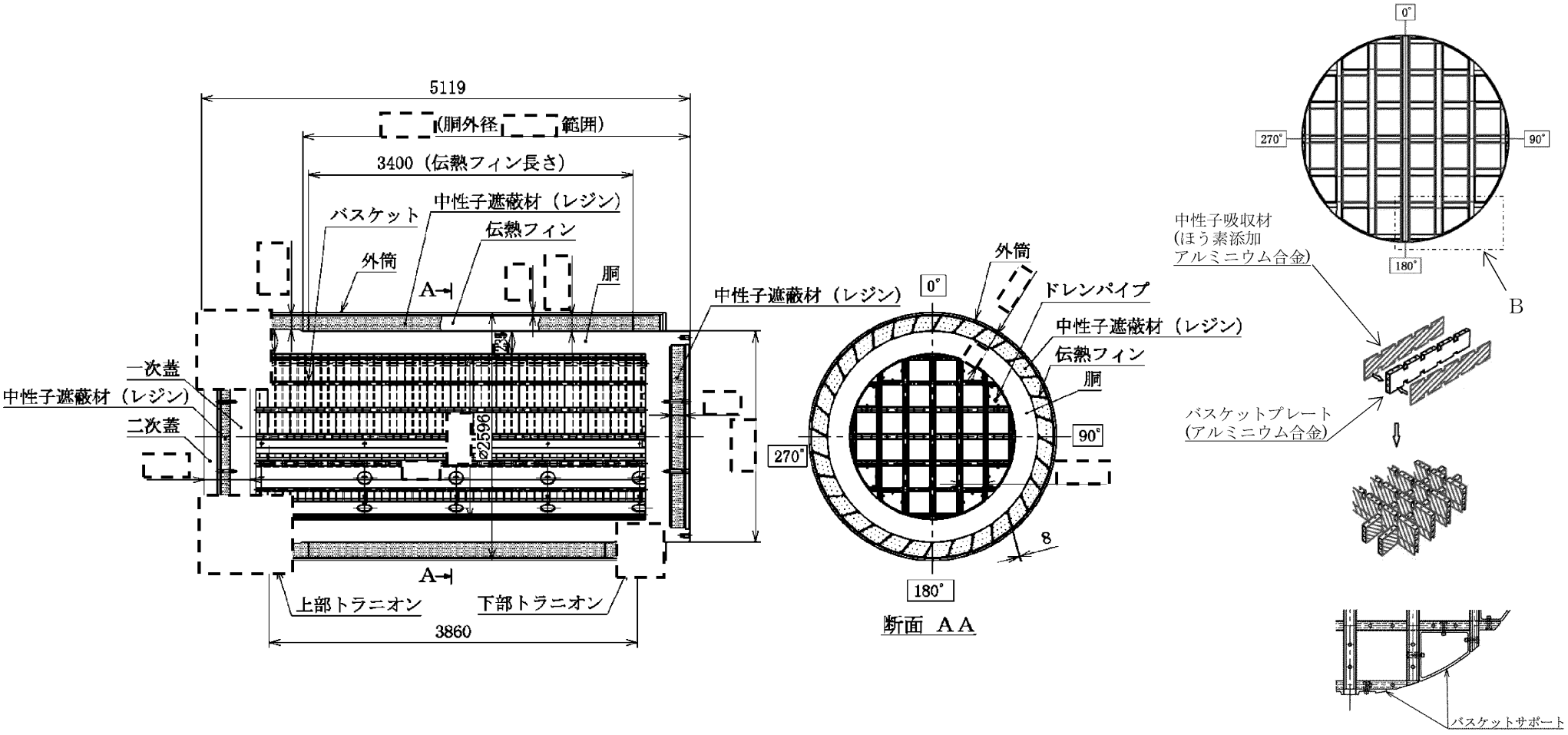


第 2-2 図　乾式キャスクの構造（MSF-24P 型）



: 商業機密に係る事項のため公開できません

第 2-3 図　乾式キャスク断面図（MSF-21P 型）



（単位：mm）

【バスケット構造図】

：商業機密に係る事項のため公開できません

第 2-4 図　乾式キャスク断面図（MSF-24P 型）

第 2-1 表　乾式キャスク仕様

項目		仕様	
乾式キャスク型式		MSF-21P 型	MSF-24P 型
全質量（使用済燃料集合体を含む）		約 114 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		21 体	24 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）
	バスケットスペーサ※	アルミニウム合金	－
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

※ 14×14 型燃料を収納する場合に使用（MSF-21P 型のみ）

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3-1表及び第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3-3表に示す。また、使用済燃料の収納配置を第3-1図及び第3-2図に示す。

乾式キャスク（MSF-21P型及びMSF-24P型）には３号炉及び４号炉で使用された17×17型燃料を区別なく混載可能である。また、乾式キャスク（MSF-21P型）には１号炉及び２号炉で使用された14×14型燃料を区別なく混載可能であるとともに、１号炉及び２号炉用燃料と３号炉及び４号炉用燃料を同一容器に収納しない。なお、運転中のデータ、シッピング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。

乾式キャスクへの使用済燃料の収納にあたっては、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収納する。

第3-1表　使用済燃料仕様（MSF-21P型）（１／２）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">項　目</td><td colspan="4">仕　　様</td></tr>
<tr><td colspan="2">中央部</td><td colspan="2">外周部</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">燃料集合体の種類</td><td colspan="4">17×17燃料（燃焼度48GWd/t以下）※1</td></tr>
<tr><td>Ａ型</td><td>Ｂ型</td><td>Ａ型</td><td>Ｂ型</td></tr>
<tr><td rowspan="2">形状</td><td>集合体幅（ｍｍ）</td><td colspan="4">約214</td></tr>
<tr><td>全長（ｍｍ）</td><td colspan="4">約4,100</td></tr>
<tr><td colspan="2">質量（kg以下）</td><td colspan="4">約680</td></tr>
<tr><td rowspan="3">燃料集合体1体の仕様</td><td>初期濃縮度（wt％以下）</td><td colspan="4">約4.1</td></tr>
<tr><td>最高燃焼度（GWd/t以下）（燃料集合体平均）</td><td colspan="2">48</td><td colspan="2">44</td></tr>
<tr><td>冷却期間※2（年以上）</td><td>15</td><td>20</td><td>15</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">乾式キャスク1基当たりの平均燃焼度（GWd/t以下）</td><td colspan="4">44</td></tr>
</table>

※１　３号炉及び４号炉燃料。なお、３号炉と４号炉の燃料及びＡ型とＢ型は区別なく混載可能である。

※２　Ｂ型は構造材の放射化ガンマ線の影響が大きいため、Ａ型より長い冷却期間を設定している。

第3-1表　使用済燃料仕様（MSF-21P型）（２／２）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">項　目</td><td colspan="4">仕　　様</td></tr>
<tr><td colspan="2">中央部</td><td colspan="2">外周部</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">燃料集合体の種類</td><td colspan="4">14×14燃料（燃焼度55GWd/t以下）※1</td></tr>
<tr><td>A型</td><td>B型</td><td>A型</td><td>B型</td></tr>
<tr><td rowspan="2">形状</td><td>集合体幅（mm）</td><td colspan="4">約197</td></tr>
<tr><td>全長（mm）</td><td colspan="4">約4,100</td></tr>
<tr><td colspan="2">質量（kg以下）</td><td colspan="4">約600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">燃料集合体1体の仕様</td><td>初期濃縮度（wt%以下）</td><td colspan="4">約4.8</td></tr>
<tr><td>最高燃焼度（GWd/t以下）（燃料集合体平均）</td><td colspan="2">55</td><td colspan="2">47※2</td></tr>
<tr><td>冷却期間（年以上）</td><td colspan="4">15</td></tr>
<tr><td colspan="2">乾式キャスク1基当たりの平均燃焼度（GWd/t以下）</td><td colspan="4">43</td></tr>
</table>

※1　1号炉及び2号炉燃料。なお、1号炉と2号炉の燃料及びA型とB型は区別なく混載可能である。

※2　55GWd/t燃料も収納可能。

第 3-2 表　使用済燃料仕様（MSF-24P 型）

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">項　目</td><td colspan="4">仕　　様</td></tr>
<tr><td colspan="2">中　央　部</td><td colspan="2">外　周　部</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">燃料集合体の種類</td><td colspan="4">17×17 燃料（燃焼度 48GWd/t 以下）※1</td></tr>
<tr><td>A 型</td><td>B 型</td><td>A 型</td><td>B 型</td></tr>
<tr><td rowspan="2">形状</td><td>集合体幅（mm）</td><td colspan="4">約 214</td></tr>
<tr><td>全長（mm）</td><td colspan="4">約 4,100</td></tr>
<tr><td colspan="2">質量（kg 以下）</td><td colspan="4">約 680</td></tr>
<tr><td rowspan="3">燃料集合体1体の仕様</td><td>初期濃縮度（wt%以下）</td><td colspan="4">約 4.1</td></tr>
<tr><td>最高燃焼度（GWd/t 以下）（燃料集合体平均）</td><td colspan="2">48</td><td colspan="2">44</td></tr>
<tr><td>冷却期間※2（年以上）</td><td>15</td><td>17</td><td>15</td><td>17</td></tr>
<tr><td colspan="2">乾式キャスク1基当たりの平均燃焼度（GWd/t 以下）</td><td colspan="4">44</td></tr>
</table>

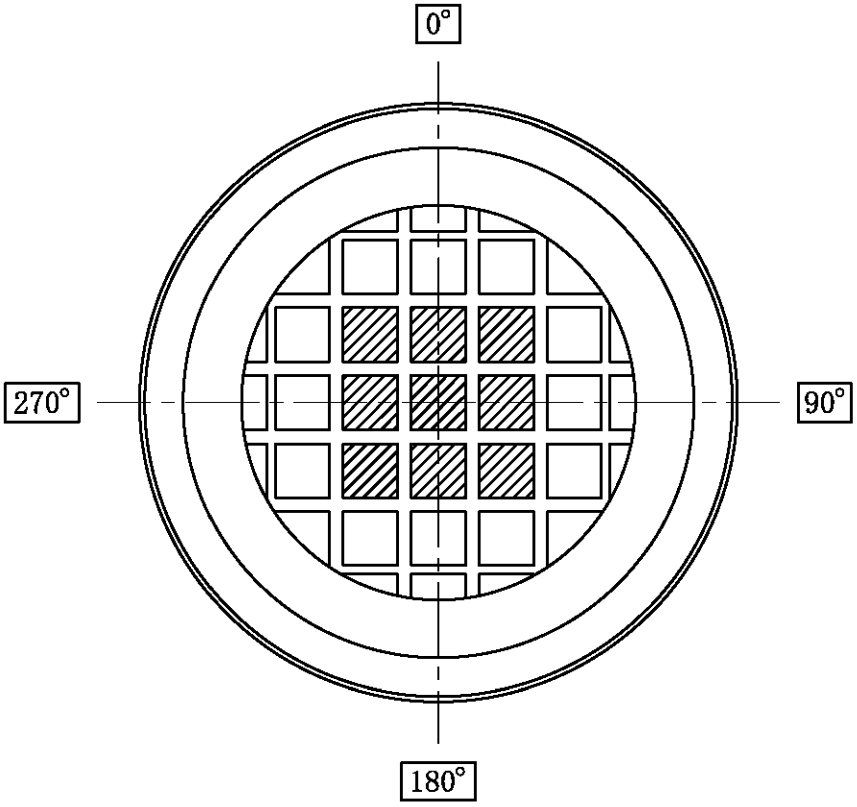
※1　3号炉及び4号炉燃料。なお、3号炉と4号炉の燃料及びA型とB型は区別なく混載可能である。

※2　B型は構造材の放射化ガンマ線の影響が大きいため、A型より長い冷却期間を設定している。

第3-3表　バーナブルポイズン集合体仕様

<table>
<tr><td colspan="2">項　　目</td><td colspan="4">仕　　様</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">バーナブルポイズン集合体の種類</td><td colspan="2">17×17燃料用</td><td colspan="2">14×14燃料用</td></tr>
<tr><td>A型</td><td>B型</td><td>A型</td><td>B型</td></tr>
<tr><td rowspan="2">形状</td><td>集合体幅（mm）</td><td colspan="2">約161</td><td colspan="2">約140</td></tr>
<tr><td>全長（mm）</td><td colspan="2">約4,000</td><td colspan="2">約4,000</td></tr>
<tr><td colspan="2">質量（kg以下）</td><td colspan="2">約29</td><td colspan="2">約18</td></tr>
<tr><td colspan="2">照射期間（日以下）</td><td colspan="2">1,200（約46GWd/t相当）※
2,344（約90GWd/t相当）※</td><td colspan="2">2,671
（約90GWd/t相当）</td></tr>
<tr><td colspan="2">冷却期間（年以上）</td><td>15</td><td>20※
15※</td><td colspan="2">15</td></tr>
</table>

※上段はMSF-21P型、下段はMSF-24P型の仕様を示す。

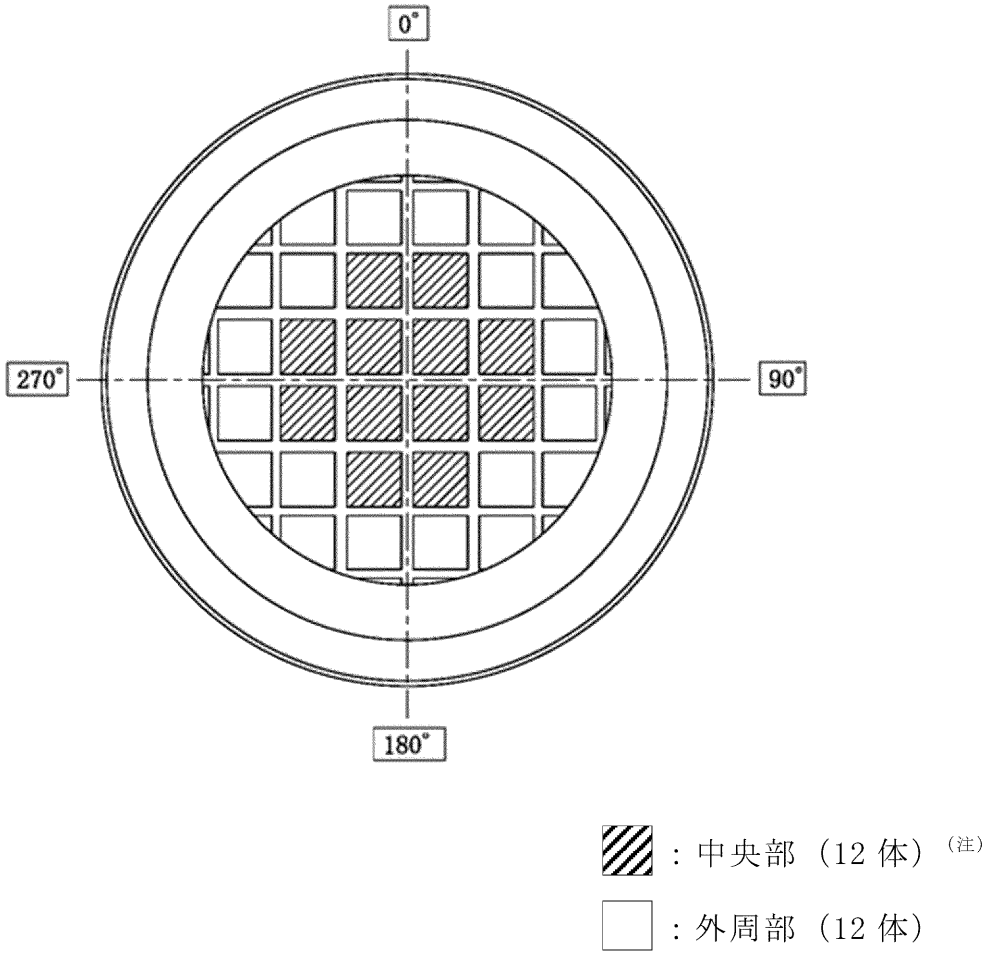


：中央部（9 体）（注）

：外周部（12 体）

（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 3-1 図　使用済燃料集合体の収納配置（MSF-21P 型）



（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 3-2 図　使用済燃料集合体の収納配置（MSF-24P 型）

４．　使用済燃料乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間について

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。

』

4.2　適合性について

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。

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、６．にて説明する。

５．使用済燃料乾式貯蔵容器の４つの安全機能について

３．の使用済燃料の収納条件を踏まえ、MSF-21P 型及び MSF-24P 型の各解析条件の概要を第 5-1 表及び第 5-2 表に示す。

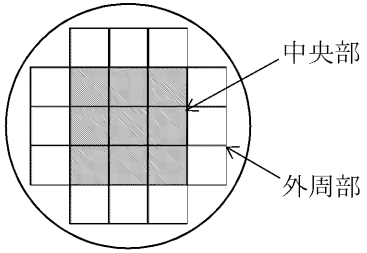
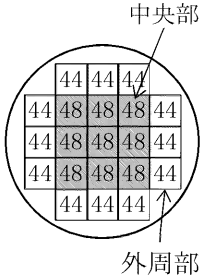
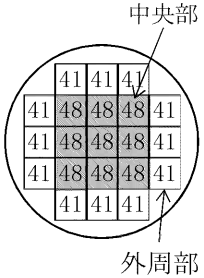
１，２，３，４号炉の使用済燃料を、専用の乾式キャスク（MSF-21P 型、MSF-24P 型）にて貯蔵することで、４つの安全機能（閉じ込め、臨界防止、遮蔽、除熱）が確保できる設計とする。また、１，２，３，４号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下、「乾式貯蔵建屋」という）が乾式キャスク（MSF-21P 型、MSF-24P 型）の除熱機能を阻害しない設計とする。

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。

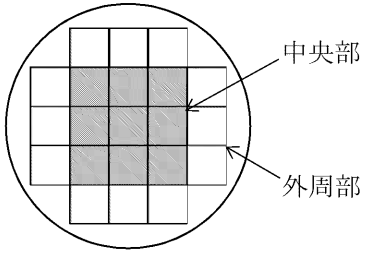
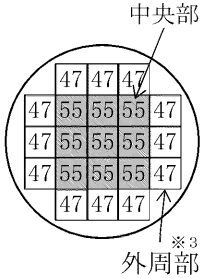
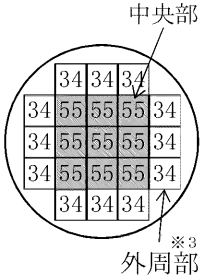
第 5-1 表（1/2）　乾式キャスク解析条件の概要　MSF-21P 型（17×17 型燃料収納時）

			キャスク収納制限 配置制限		燃料スペック	解析条件				
						臨界	遮蔽		除熱	
			中央部	外周部			中央部	外周部	中央部	外周部
収納物仕様	燃料集合体1体の仕様	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	[redacted]				
		ウラン重量 (kg)	[redacted]							
		最高燃焼度（GWd/t） （燃料集合体平均）	≦48	≦44	≦48	0	48	44	48	41※1
		SFP での冷却期間 （年）	A型：≧15 B型：≧20		—	—	15		15	
	バーナブルポイズン	最高燃焼度（GWd/t）	≦46	—	—	—	46	—	—	
		SFP での冷却期間 （年）	A型：≧15 B型：≧20	—	—	—	15	—	—	
	キャスク1基あたり	平均燃焼度（GWd/t）	≦44		—	0	—		44	
配置※2					—	—				

※1：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 41GWd/t としている。
※2：数値は燃焼度（GWd/t）を示す。

[ ]：商業機密に係る事項のため公開できません

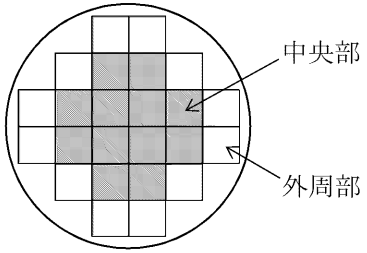
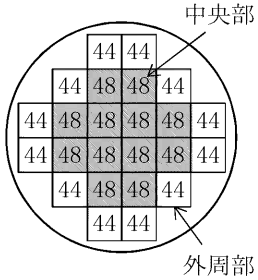
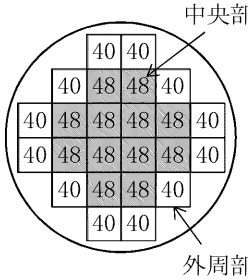
第 5-1 表（2/2）　乾式キャスク解析条件の概要　MSF-21P 型（14×14 型燃料収納時）

			キャスク収納制限 配置制限		燃料スペック		解析条件				
							臨界	遮蔽		除熱	
			中央部	外周部				中央部	外周部	中央部	外周部
収納物仕様	燃料集合体1体の仕様	燃料タイプ	14×14 型 （A/B型）		14×14 型 （A/B型）		※1 14×14 型	14×14 型 （B型）		14×14 型 （A型）	
		初期ウラン濃縮度 (wt%)	≦4.9		4.8	4.1					
		ウラン重量 (kg)									
		最高燃焼度（GWd/t） （燃料集合体平均）	≦55	≦47	≦55	≦48	0	55	47※3	55	34※2
		SFP での冷却期間 （年）	≧15		—		—	15		15	
	バーナブルポイズン	最高燃焼度（GWd/t）	≦90	—	—		—	90	—	—	
		SFP での冷却期間 （年）	≧15	—	—		—	15	—	—	
	キャスク1基あたり	平均燃焼度（GWd/t）	≦43		—		0	—		43	
配置※4					—		—				

※１：臨界解析において 14×14 型燃料はＡ型及びＢ型で仕様が同じとなるため、解析条件としてＡ型とＢ型の区別をしない。
※２：外周部 12 体は、乾式キャスク全体の発熱量が平均 43GWd/t になるよう 34GWd/t としている。
※３：48GWd/t 型燃料を収納する条件とする。実燃焼度が同じであれば、55GWd/t 型燃料に比べ 48GWd/t 型燃料のほうが、線源強度及び発熱量が厳しい条件となる。
※４：数値は燃焼度（GWd/t）を示す。

：商業機密に係る事項のため公開できません

第 5-2 表　乾式キャスク解析条件の概要（MSF-24P 型）

			キャスク収納制限 配置制限		燃料スペック	解析条件				
						臨界	遮蔽		除熱	
			中央部	外周部			中央部	外周部	中央部	外周部
収納物仕様	燃料集合体1体の仕様	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	[redacted]				
		ウラン重量 (kg)	[redacted]							
		最高燃焼度（GWd/t） （燃料集合体平均）	≦48	≦44	≦48	0	48	44	48	40※1
		SFP での冷却期間 （年）	A型：≧15 B型：≧17		—	—	15		15	
	バーナブルポイズン	最高燃焼度（GWd/t）	≦90	—	—	—	90	—	—	—
		SFP での冷却期間 （年）	≧15	—	—	—	15	—	—	—
	キャスク1基あたり	平均燃焼度（GWd/t）	≦44		—	0	—		44	
配置※2					—	—				

※1：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。
※2：数値は燃焼度（GWd/t）を示す。

[redacted]：商業機密に係る事項のため公開できません

なお、各解析については、第5-3表及び第5-4表のとおり、三菱重工業㈱が型式設計特定容器等の型式指定を受けたMSF-21P型での設計等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	
	型式指定を受けたMSF-21P型	本申請のMSF-21P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5-4表　解析における変更箇所

	変更項目	型式指定を受けたMSF-21P型	本申請のMSF-21P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

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。

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。

5.3　使用済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。

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。

６．使用済燃料乾式貯蔵容器の長期健全性について

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こと。

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こと。

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こと。

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こと。

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こと。

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」には以下のように記載されている。

【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。

』

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）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、安全機能を維持する設計とする。使用済燃料は，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，健全性を確保する設計とする。

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 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/cm^2 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 6.5×10^{14} n/cm^2 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、不活性雰囲気が維持されるため、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、不活性雰囲気が維持されるため、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】

バスケットを構成するバスケットプレート、バスケットサポート及びバスケットスペーサ※1に使用するアルミニウム合金は、中性子照射量が10^{16} n/cm^{2}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1.6×10^{15} n/cm^{2}であることから照射脆化の影響はない。また、バスケットを構成する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※2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。

※1：MSF-21P 型に 14×14 型燃料を収納する場合にのみ設置。

※2：以下のとおり算出。

B-10 減損割合＝σ×φ×t（n）

ここで、

σ：B-10 の熱中性子領域（0.025eV）での全断面積（3840barn＝3.840×10^{-21}（cm^2））[6)]

φ：全中性子束

8.117×10^5[MSF-21P 型](n/cm^2/s)

7.977×10^5[MSF-24P 型](n/cm^2/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：照射期間（60 年間＝1.9×10^9（s））

(計算結果)

①MSF-21P 型：$3.840\times10^{-21}\times8.117\times10^5\times1.9\times10^9=5.93\times10^{-6}$

(⇒10^{-5}以下であり、10^{-5}程度と設定)

②MSF-24P 型：$3.840\times10^{-21}\times7.977\times10^5\times1.9\times10^9=5.83\times10^{-6}$

(⇒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、バスケットサポート及びバスケットスペーサ※に使用するアルミニウム合金は、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、バスケットサポート及びバスケットスペーサ※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)]。また、貯蔵時にバスケットプレートに発生する応力は1MPa未満と小さく、設計貯蔵期間中のバスケットプレートのクリープ変形量は無視し得る[5)]。

※：MSF-21P型に14×14型燃料を収納する場合にのみ設置。

【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、不活性雰囲気が維持されるため、残留水分（10 wt%）を考慮しても腐食の影響はない。[4)、8)]

(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/cm^2 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 6.5×10^{14} n/cm^2 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/cm^2 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、外筒では 3.5×10^{12} n/cm^2、蓋部中性子遮蔽材カバーでは 6.5×10^{14} n/cm^2 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面は不活性雰囲気が維持されるため、腐食の影響はない。なお、外筒の外面については、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/cm^2 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/cm^2 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/cm^2 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/cm^2 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/cm^2 又は 10^{21} n/cm^2 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/cm^2 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にあり、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：[redacted]，[redacted]）

(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/cm^2 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/cm^2 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。

[redacted]商業機密に係る事項のため公開できません

【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コニウム合金は、設計貯蔵期間中の中性子照射量が 1.6×10^{15} n/cm^2 であり、炉内の中性子照射量（10^{21}～10^{22} n/cm^2）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48GWd/t 燃料では300 ℃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 55 GWd/t 燃料では 250 ℃以下、周方向応力が 90 MPa 以下[23] と求められており、また、48 GWd/t 燃料では 275 ℃以下、周方向応力が 100MPa 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よう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コニウム合金の応力腐食割れのしきい応力は 48GWd/t 燃料では 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、55 GWd/t 燃料では 250℃及び 90MPa を超えず、48 GWd/t 燃料では 275℃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。

【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 6-1 表　乾式キャスク主要な構成部位の中性子照射量

主要な構成部位	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-21P型	MSF-24P型	
胴、一次蓋、二次蓋及び蓋ボルト※2	6.5×10^{14}	5.9×10^{14}	$<10^{16}$
バスケット※3	1.6×10^{15}	1.5×10^{15}	$<10^{16}$
トラニオン※2	6.5×10^{14}	5.9×10^{14}	$<10^{17}$
外筒	3.5×10^{12}	3.3×10^{12}	$<10^{16}$
蓋部中性子遮蔽材カバー※2	6.5×10^{14}	5.9×10^{14}	$<10^{16}$
下部端板及び底部中性子遮蔽材カバー	1.6×10^{13}	8.2×10^{13}	$<10^{17}$
中性子遮蔽材※4	1.6×10^{14}	1.6×10^{14}	$<10^{15}$
金属ガスケット	2.0×10^{14}	2.0×10^{14}	$<10^{19}$
伝熱フィン※4	1.6×10^{14}	1.6×10^{14}	$<10^{16}$
使用済燃料被覆管	1.6×10^{15}	1.5×10^{15}	$<10^{21\sim22}$

※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：最大となるキャビティ内領域（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。

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、﨑間公久、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).
23) (独)原子力安全基盤機構，「平成 20 年度　リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（中間貯蔵設備等長期健全性等試験のうち貯蔵燃料健全性等調査に関する試験成果報告書）」，(2009).

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

7.1　燃料取扱棟内及び乾式貯蔵施設内での取扱いフロー

燃料取扱棟（以下、「FH/B」という）内及び乾式貯蔵施設内における乾式キャスクの取扱いについて説明する。

乾式キャスクをFH/B内に搬入後、緩衝体取外しから燃料装荷、搬出までの取扱いフローを第7-1図に示す。また、乾式貯蔵施設内に搬入後、緩衝体取外しから貯蔵までの取扱いフローを第7-2図に、貯蔵から緩衝体取付、搬出までの取扱いフローを第7-3図に示す。

ここで、乾式キャスクとは、兼用キャスクであり、発電所敷地内に貯蔵及び発電所敷地外への運搬に使用できるものである。また、使用済燃料輸送容器（以下、「輸送キャスク」という）は、発電所敷地外への運搬に使用できるものである。

参考として、輸送キャスクのうち、水を収納する湿式キャスクについて、FH/B内に搬入後、緩衝体取外しから燃料装荷、搬出までの取扱いフローを第7-4図に示す。乾式キャスクと湿式キャスクの取扱いについては、キャスクの内部雰囲気（乾式、湿式）が異なることから、乾式キャスクでは水抜き・真空乾燥作業が追加となるが、基本的な様態や取扱作業は共通である。

また、乾式キャスクを取扱うFH/Bクレーン、乾式貯蔵建屋天井クレーン及び搬送台車については、「9.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」にて説明しているとおり、クレーン構造規格等に基づき、一般産業施設や公衆施設と同等の安全性を有していることから、通常取扱い時において想定するべき事象としては、作業員の誤操作を想定する。

以上を踏まえ、設計上想定される事象に関連する様態を作業毎に抜粋したフローをそれぞれ第7-5図～第7-7図に示す。

(1)　FH/B内における取扱いフロー

以下に第7-5図に記載する番号に応じた各取扱いモードを説

明する。

1-1：燃料装荷、一次蓋取付

キャスクピットにて乾式キャスクに使用済燃料を装荷し、一次蓋を取付ける。

1-2：容器吊上げ・移動・吊降し

FH/Bクレーンを用いて乾式キャスクをキャスクピットから吊上げ、除染場ピット内に設置した仮設架台まで移動して吊降し、設置する。

1-3：排水・真空乾燥・不活性ガス充填・一次蓋密封確認

仮設架台において乾式キャスクの除染・内部水排水・真空乾燥・不活性ガス充填・一次蓋の密封確認を行う。

1-4：二次蓋取付・一次二次蓋間圧力調整・二次蓋密封認

FH/B クレーンを用いて二次蓋を取付け、一次－二次蓋間の圧力を調整した後、二次蓋の密封性能を確認る。

1-5：三次蓋取付け・三次蓋密封確認

FH/B クレーンを用いて三次蓋を取付け後、三次蓋の密封性能を確認する。

1-6：トラックアクセスエリアへの移動

FH/B クレーンを用いて乾式キャスクをトラックアクセスエリアへ移動する。

1-7：トレーラ上へ横倒し

1-6に引き続き、FH/Bクレーンを用いて乾式キャスクをトレーラ上の輸送架台に横倒す。

1-8：緩衝体取付

FH/Bクレーンを用いて乾式キャスクに緩衝体を取り付ける。

FH/B内での乾式キャスクの取扱いに使用するキャスクピット、FH/Bクレーン及び除染場ピットについては、既設の設備

であり、第7-1表のとおり、乾式キャスクを取扱える能力を有している。

(2)　乾式貯蔵施設内での取扱いフロー

第7-6図に記載する番号に応じた各取扱いモードを説明する。なお、貯蔵後、乾式キャスクを乾式貯蔵施設から搬出する場合は、同図に示すNo.2-1～No.2-7の逆手順（第7-7図 No.3-1～No.3-6の手順）にて取り扱う。

2-1：緩衝体取外し

乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いて乾式キャスクから緩衝体を取外す。

2-2：キャスク立起こし

乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いて乾式キャスクを立て起こす。

2-3：検査架台への移送

乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いて乾式キャスクを検査架台へ移送する。

2-4：貯蔵架台上への設置

乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いて乾式キャスクを検査架台内に設置した貯蔵架台(搬送台車上に設置)に吊り降ろす。下部トラニオンと貯蔵架台を固定する。

2-5：三次蓋取外し・監視装置の取付

乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いて三次蓋を取外し、監視装置を取付ける。

2-6：貯蔵エリアへの移動

搬送台車を用いて乾式キャスクを貯蔵エリアへ移動る。

2-7：乾式キャスクの固定

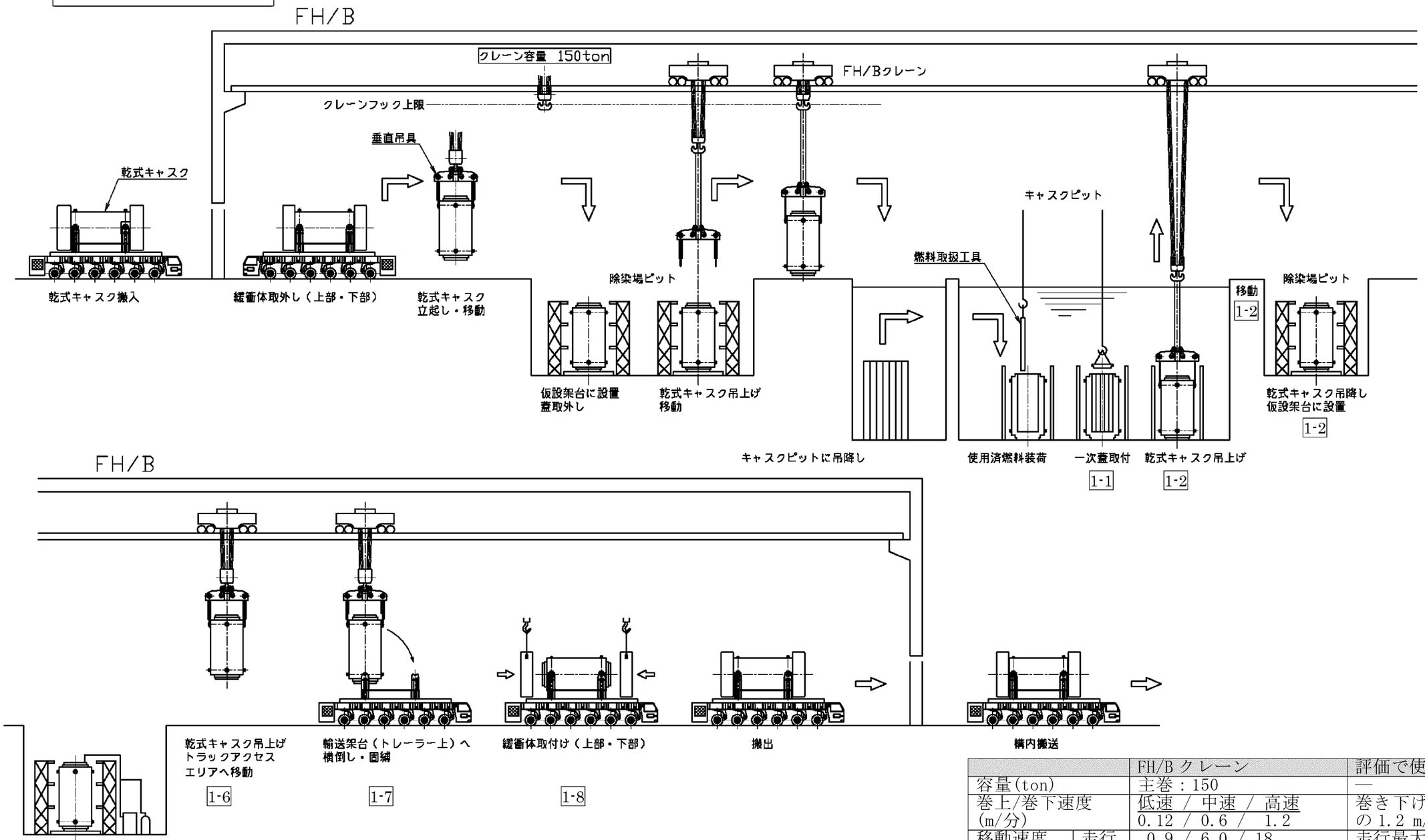
所定の位置にて貯蔵架台を乾式貯蔵施設の床面にボルトで固縛する。

第 7-1 表　評価で使用する設備の仕様

既設設備		乾式キャスク仕様		備考
名称	仕様	MSF-21P 型	MSF-24P 型	
FH/B クレーン	容量（吊荷重） 150(t)	約 120(t)	約 123(t)	乾式キャスク重量は、FH/B クレーンの容量（吊荷重）の範囲内
キャスクピット	寸法 約 4(m)×約 4 (m) × 高さ約 12.7 (m)	外寸約 2.9 (m) × 高さ約 5.2 (m)	外寸約 2.9 (m) × 高さ約 5.2 (m)	乾式キャスク寸法は、キャスクピット寸法の範囲内
除染場ピット	寸法 約 8.0(m)×約 9.7(m) × 高さ約 7.6(m)	外寸約 2.9 (m) × 高さ約 5.2 (m)	外寸約 2.9 (m) × 高さ約 5.2 (m)	乾式キャスク寸法、除染場ピット寸法の範囲内

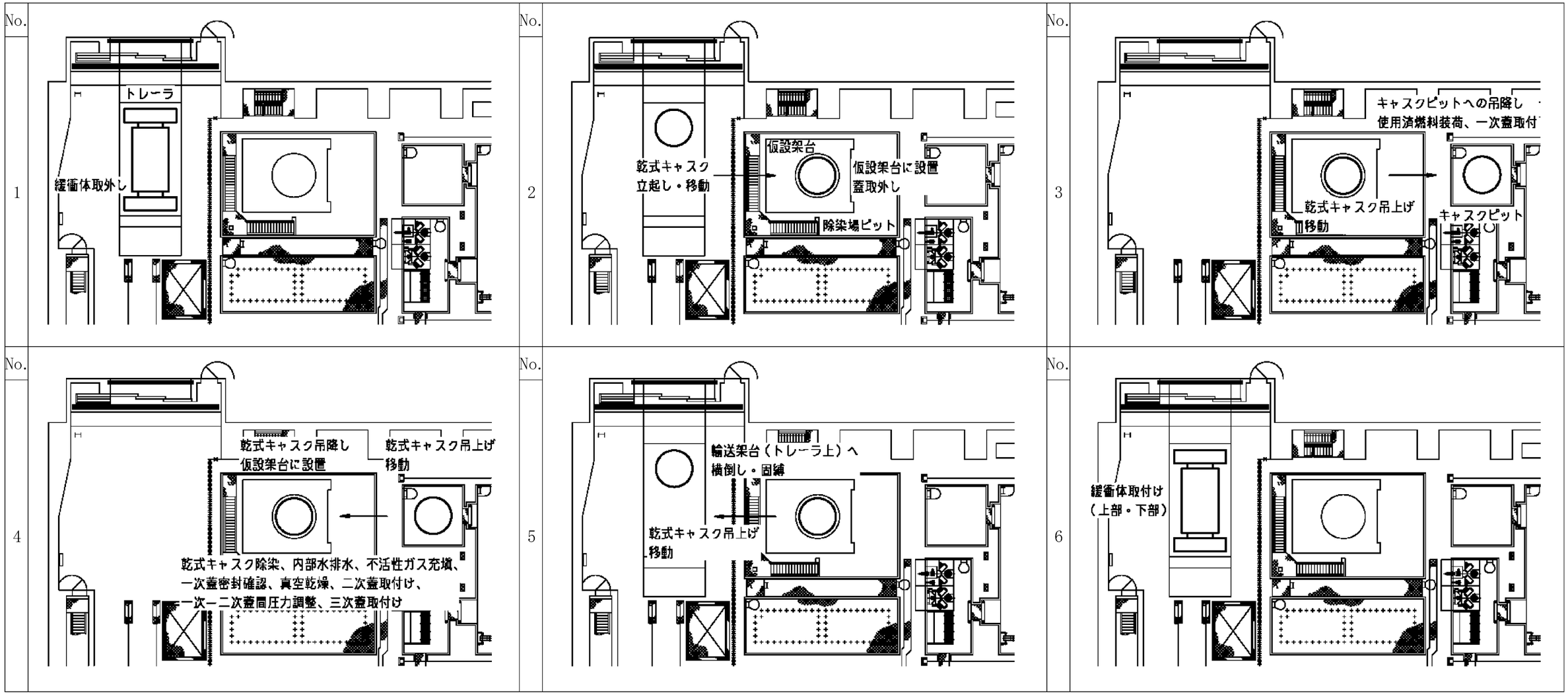
FH／B 内フロー図

使用済燃料乾式貯蔵容器
燃料取扱フロー（燃料装荷・容器搬出）



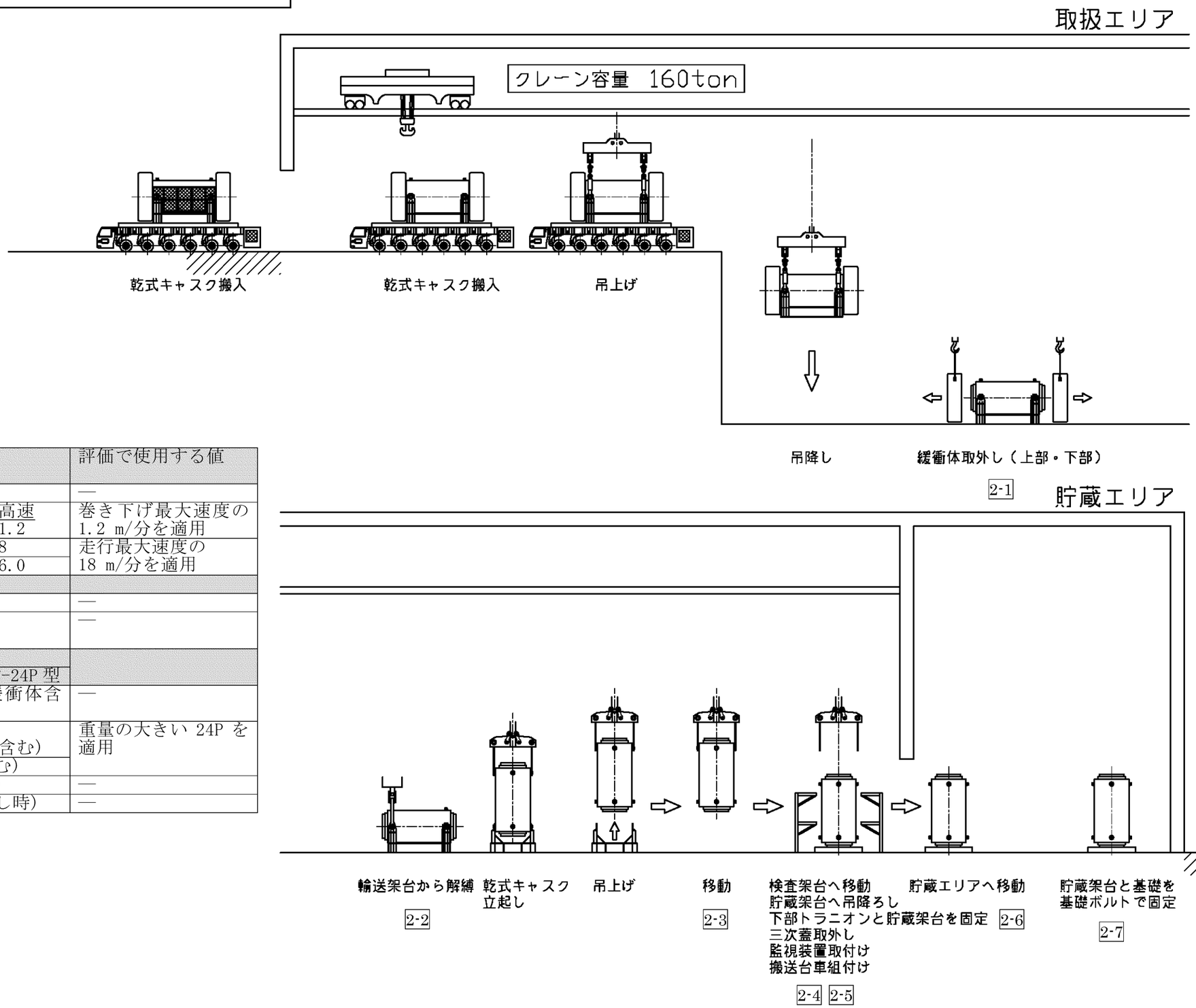
第 7-1 図　FH/B 内の乾式キャスク運用手順【断面図】

		FH/B クレーン		評価で使用する値
容量(ton)		主巻：150		—
巻上/巻下速度 (m/分)		低速 / 中速 / 高速 0.12 / 0.6 / 1.2		巻き下げ最大速度の 1.2 m/分を適用
移動速度 (m/分)	走行	0.9 / 6.0 / 18		走行最大速度の 18 m/分を適用
	横行	0.6 / 1.5 / 6.0		
		乾式キャスク		
		MSF-21P 型	MSF-24P 型	
寸法(m)		φ2.6×5.2（緩衝体無）		—
重量(ton)		約 123(吊具含む)		重量の大きい 24P を適用
ｷｬｽｸ吊上高さ(m)		約 4(車両積付時)		—



第 7-1 図　FH/B 内の乾式キャスク運用手順【平面図】

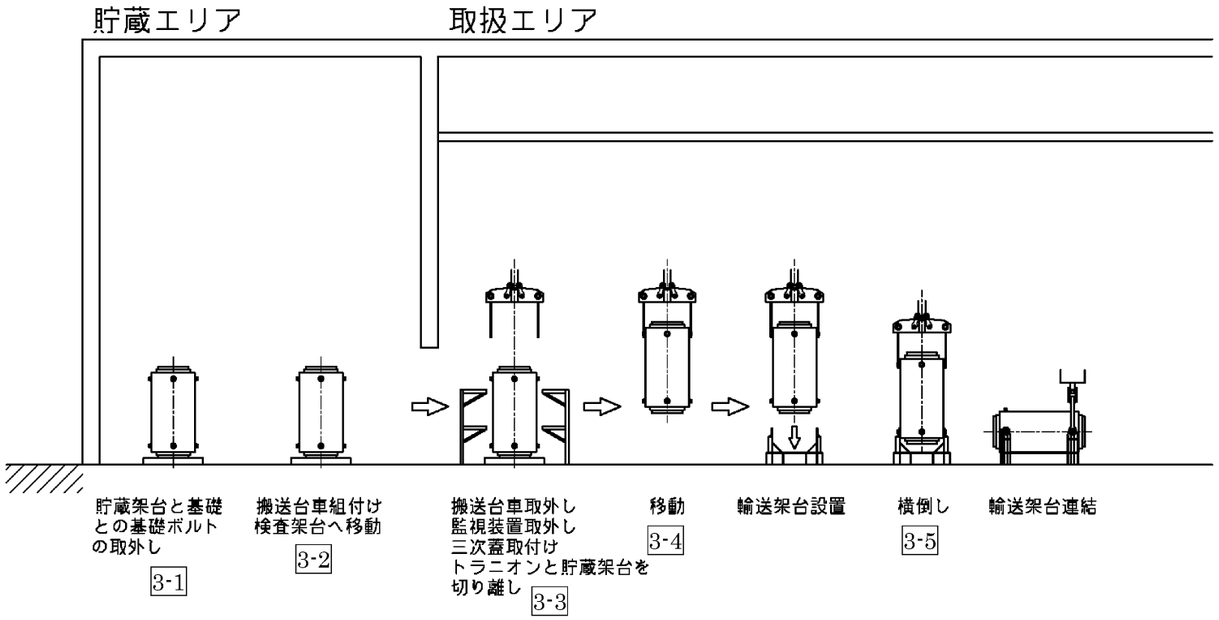
乾式貯蔵建屋フロー図（受入）



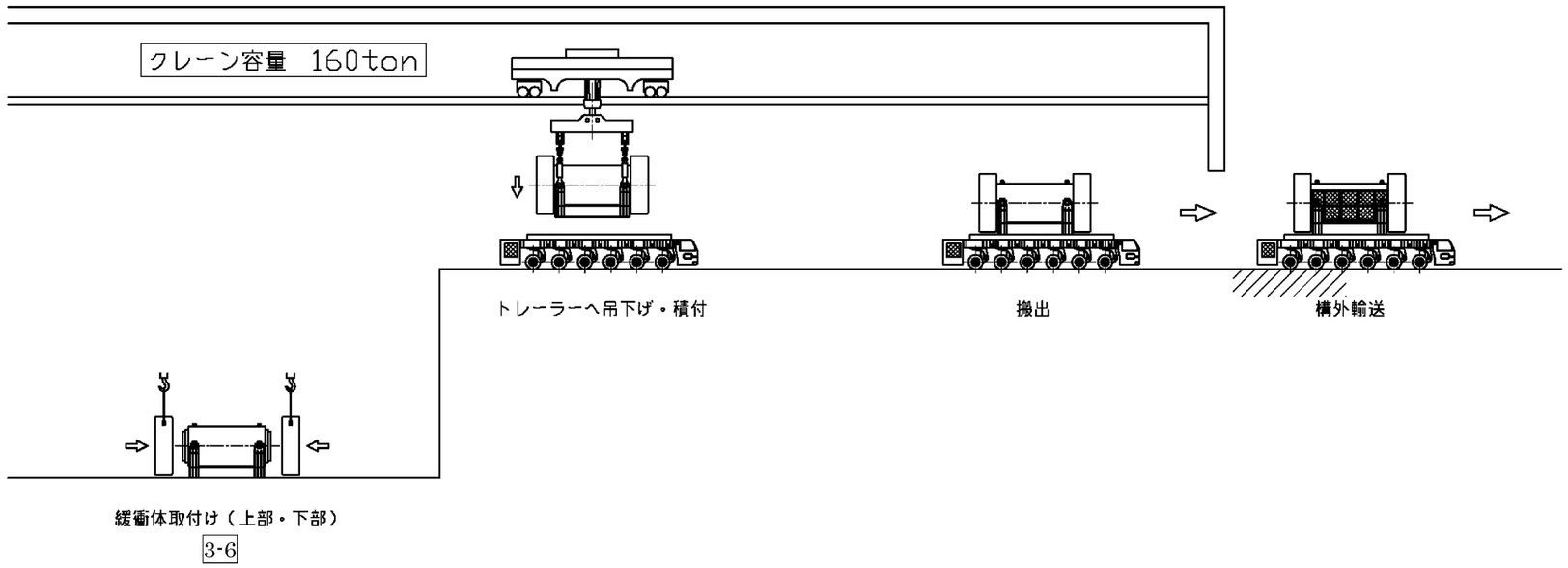
		乾式貯蔵建屋 天井クレーン	評価で使用する値
容量(ton)		主巻：160	—
巻上/巻下速度 (m/分)		低速 / 中速 / 高速 0.12 / 0.6 / 1.2	巻き下げ最大速度の 1.2 m/分を適用
移動速度 (m/分)	走行	0.9 / 6.0 / 18	走行最大速度の 18 m/分を適用
	横行	0.6 / 1.5 / 6.0	
		搬送設備	
容量(ton)		150	—
移動速度 (m/分)		低速/高速 0.6 / 2	—
		乾式キャスク MSF-21P 型 | MSF-24P 型	
寸法(m)		φ3.6×6.8（緩衝体含む）	—
重　量 (ton)	吊上	約 147 （吊具、緩衝体含む）	重量の大きい 24P を適用
	搬送	約 136（架台含む）	
ｷｬｽｸ吊上 高さ(m)	垂直	約 2（縦起し時）	—
	水平	約 2（車両積降し時）	—

第 7-2 図　乾式キャスク取扱い時及び貯蔵時の運用手順（受入）【断面図】

乾式貯蔵建屋フロー図（搬出）



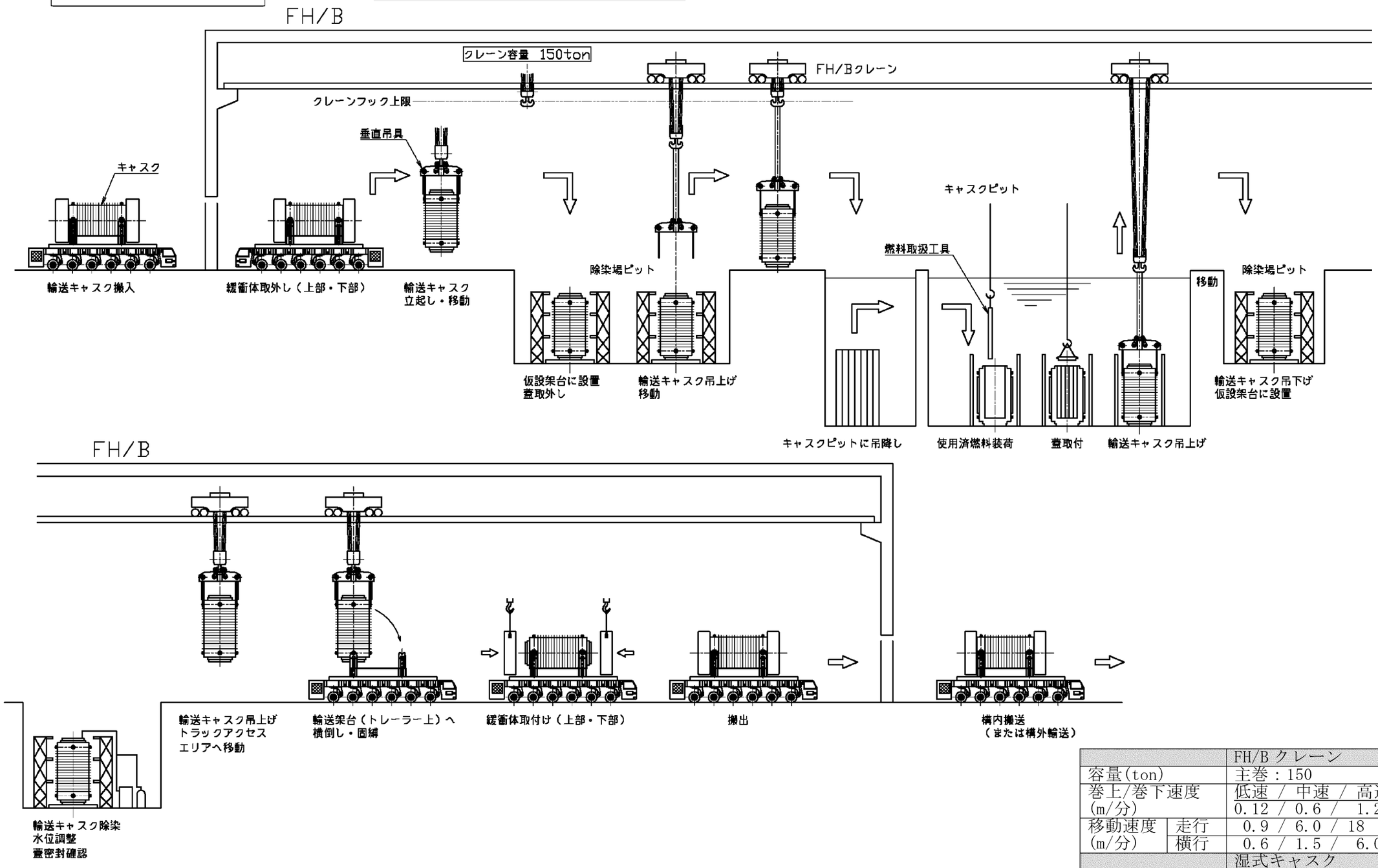
		乾式貯蔵建屋天井クレーン	評価で使用する値
容量(ton)		主巻：160	—
巻上/巻下速度 (m/分)		低速 / 中速 / 高速 0.12 / 0.6 / 1.2	巻き下げ最大速度の 1.2 m/分を適用
移動速度 (m/分)	走行	0.9 / 6.0 / 18	走行最大速度の 18 m/分を適用
	横行	0.6 / 1.5 / 6.0	
		搬送設備	
容量(ton)		150	—
移動速度 (m/分)		低速/高速 0.6 / 2	—
		乾式キャスク MSF-21P 型 | MSF-24P 型	
寸法(m)		φ3.6×6.8（緩衝体含む）	—
重量(ton)	吊上	約 147（吊具、緩衝体含む）	重量の大きい 24P を適用
	搬送	約 136（架台含む）	
ｷｬｽｸ吊上高さ (m)	垂直	約 2（横倒し時）	—
	水平	約 2（車両積付時）	—



第 7-3 図　乾式キャスク取扱い時及び貯蔵時の運用手順（搬出）【断面図】

FH／B 内フロー図

使用済燃料運搬用容器
燃料取扱フロー（燃料装荷・容器搬出）



		FH/B クレーン
容量(ton)		主巻：150
巻上/巻下速度 (m/分)		低速 / 中速 / 高速 0.12 / 0.6 / 1.2
移動速度 (m/分)	走行	0.9 / 6.0 / 18
	横行	0.6 / 1.5 / 6.0
		湿式キャスク NFT-14P 型
寸法(m)		φ2.5×5.4（緩衝体無）
重量(ton)		約 120（吊具含む）
ｷｬｽｸ吊上高さ(m)		約 4（車両積付時）

第 7-4 図　FH/B 内の湿式キャスク運用手順【断面図】

第 7-2 表　評価で使用する設備の重量

設備	部材	重量（トン）		
		MSF-21P 型		MSF-24P 型
		17×17 燃料	14×14 燃料	
乾式キャスク	①本体	83.1		83.7
	②一次蓋	5.2		5.6
	③二次蓋	4.3		4.5
	④三次蓋	3.5		3.3
	⑤バスケット	5.9	7.5(注)	5.6
緩衝体	⑥上部緩衝体	8.6		8.7
	⑦下部緩衝体	6.0		6.2
	⑧燃料集合体	14.6	12.6	16.7
関連工具類	⑨垂直吊具	約 4		約 4
	⑩水平吊具	約 8		約 8
	⑪貯蔵架台	約 20		約 20
	⑫輸送架台	約 5		約 5
FH/B　容器吊り上げ重量（①②③④⑤⑧⑨）		約 121	約 120	約 123
乾式貯蔵施設　容器吊り上げ重量（①②③④⑤⑥⑦⑧⑩⑫）		約 144	約 144	約 147
乾式貯蔵施設　搬送重量（①②③⑤⑧⑪）		約 133	約 133	約 136

（注）バスケットスペーサ（1.6t）含む

第 7-3 表　評価で使用する設備の仕様

		FH/B クレーン	乾式貯蔵建屋天井クレーン
容量（ton）：主巻		150	160
巻上/巻下速度（m/分）		1.2	1.2
移動速度（m/分）	走行	18	18

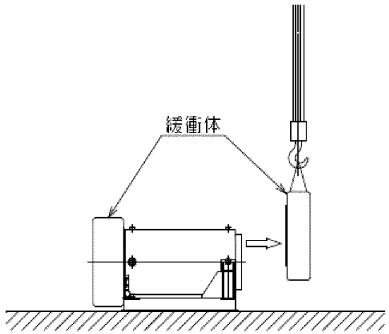
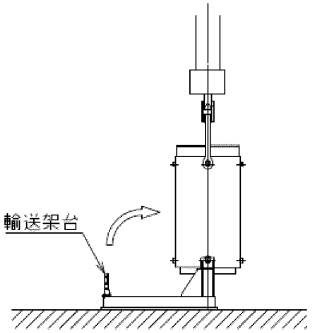
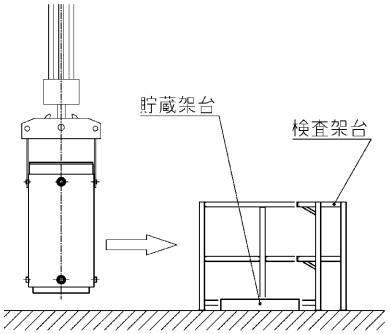
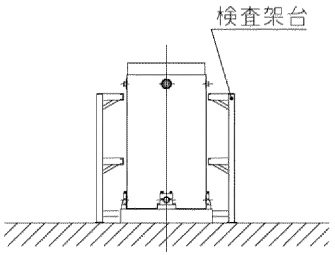
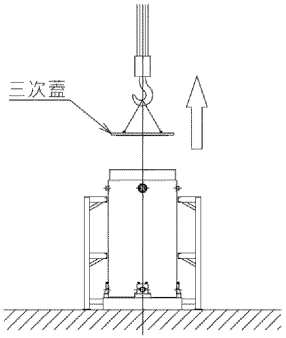
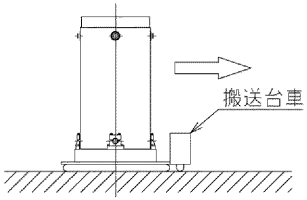
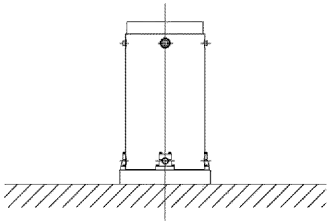
＜乾式キャスクの燃料装荷～緩衝体取付＞

No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード
1-1	燃料装荷・一次蓋取付	1-2	容器吊上げ・移動・吊降し	1-3	排水・真空乾燥※・不活性ガス充填・一次蓋密封確認	1-4	二次蓋取付・一次二次蓋間圧力調整・二次蓋密封確認
想定事象	－	想定事象	検査架台への衝突（第 7-8 図(a)） 貯蔵架台への衝突（第 7-8 図(b)）	想定事象	－	想定事象	二次蓋の衝突（第 7-8 図(e)）
1-5	三次蓋取付・三次蓋密封確認	1-6	トレーラエリアへの移動	1-7	トレーラ上へ横倒し	1-8	緩衝体取付け
想定事象	三次蓋の衝突	想定事象	－	想定事象	横倒し時の衝突（第 7-8 図(d)）	想定事象	緩衝体の衝突（第 7-8 図(f)）

※：真空乾燥作業は、収納する使用済燃料の崩壊熱による温度上昇を踏まえ、作業時間等を管理することにより、使用済燃料の温度制限範囲内で実施する。

第 7-5 図　FH/B 内における取扱いフロー（燃料装荷～緩衝体取付け）

＜乾式キャスクの緩衝体取外し～貯蔵＞

No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード
2-1	緩衝体取外し  	2-2	乾式キャスク立て起こし  	2-3	検査架台への移送  	2-4	・貯蔵架台上への設置 ・下部トラニオンと貯蔵架台を固定 
想定事象	—	想定事象	—	想定事象	検査架台への衝突（第 7-8 図(a)）	想定事象	貯蔵架台への衝突（第 7-8 図(b)）
2-5	・三次蓋取外し ・監視装置取付け  	2-6	貯蔵エリアへの移動  	2-7	・貯蔵架台と乾式貯蔵建屋基礎を基礎ボルトで固定 		
想定事象	三次蓋の衝突	想定事象	搬送台車で搬送中の衝突（第 7-8 図(c)）	想定事象	—		

第 7-6 図　乾式貯蔵施設内における取扱いフロー（緩衝体取外し～貯蔵）

＜乾式キャスクの貯蔵～緩衝体取付＞

No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード	No.	取扱いモード
3-1	・貯蔵架台と乾式貯蔵建屋基礎との基礎ボルトの取外し	3-2	検査架台へ移動	3-3	・監視装置取外し ・三次蓋取付け ・下部トラニオンと貯蔵架台を切り離し	3-4	作業エリアへの移送
想定事象	－	想定事象	搬送台車で搬送中の衝突（第 7-8 図(c)）	想定事象	－	想定事象	検査架台への衝突（第 7-8 図(a)）
3-5	乾式キャスク横倒し	3-6	緩衝体取付け				
想定事象	横倒し時の衝突（第 7-8 図(d)）	想定事象	緩衝体の衝突（第 7-8 図(f)）				

第 7-7 図　乾式貯蔵施設内における取扱いフロー（貯蔵後～緩衝体取付）

7.2　通常取扱い時に想定するべき事象の抽出

第7-1図～第7-7図の取扱いフローを踏まえ、通常取扱い時に想定するべき事象を第7-4表に示す。

第 7-4 表　通常取扱い時において想定するべき事象（1/2）

原因	想定事象	作業エリア	具体的な想定
作業員の誤操作	a. 検査架台への衝突（第 7-8 図(a)）	FH/B	乾式キャスクを吊上げ移送中に、クレーン走行速度（18m/分）で仮設架台に衝突する。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスクを吊上げ移送中に、クレーン走行速度（18m/分）で検査架台に衝突する。
	b. 貯蔵架台への衝突（第 7-8 図(b)）	FH/B	乾式キャスクを仮設架台へ設置時に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）でキャスク底部が衝突する。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスクを貯蔵架台へ設置時に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で貯蔵架台に衝突する。
	c. 搬送台車で搬送中の衝突（第 7-8 図(c)）	FH/B	搬送台車による作業はない。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスク搬送中に、搬送台車が建屋壁及び他の乾式キャスク貯蔵架台等へ衝突した場合においても、搬送中の乾式キャスクは幾何学的に傾き角度を制限しており、壁及び他の乾式キャスク等へ衝突しない。詳細は参考４参照。
	d. 横倒し時の衝突（第 7-8 図(d)）	FH/B	乾式キャスクをトレーラー上で輸送架台へ横倒しする際に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で輸送架台に衝突する。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスクを輸送架台へ横倒しする際に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で輸送架台に衝突する。
	e. 蓋の衝突（第 7-8 図(e)）	FH/B	乾式キャスクへの二次蓋及び三次蓋取付け作業時に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で二次蓋（4.5t）が乾式キャスクに衝突する（注）。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスクへの三次蓋取付け作業時に、クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で三次蓋（3.3t）が乾式キャスクに衝突する（注）。

第 7-4 表　通常取扱い時において想定するべき事象（2/2）

原因	想定事象	作業エリア	具体的な想定
作業員の誤操作	f.緩衝体の衝突（第 7-8 図(f)）	FH/B	乾式キャスクへ緩衝体取付け作業時にクレーン走行速度（18m/分）で乾式キャスクに衝突する。
		乾式貯蔵施設	乾式キャスクへ緩衝体取付け作業時にクレーン走行速度（18m/分）で乾式キャスクに衝突する。

（注）二次蓋及び三次蓋の衝突時は、胴フランジ上端が一次蓋及び二次蓋上面より高い位置にあることから、二次蓋及び三次蓋は胴フランジ上端に衝突する。

第 7-4 表のとおり抽出した事象のうち、以下の理由から評価対象事象を第 7-5 表のとおりとし、評価条件を第 7-6 表に示す。

・FH/B クレーンと乾式貯蔵建屋天井クレーンの仕様速度（走行・横行及び巻き上げ・巻き下げ）が同じであることから、乾式貯蔵施設での事象を代表事象とする。

・FH/B 仮設架台よりも、乾式貯蔵施設の検査架台（常設）のほうが剛構造であるため、乾式貯蔵施設の評価に包絡される。

・乾式キャスク横倒し作業については、立起こし架台が設置される床条件は、床を剛体とし、乾式貯蔵施設及び FH/B の床条件（輸送車両上）に依らず包絡する条件としている。

・蓋の衝突については、乾式キャスク胴フランジ部に衝突し、密封境界部へ荷重が付加される挙動は二次蓋及び三次蓋でも同じであり、影響度合いは荷重に概ね比例するため、重量の大きい二次蓋（4.5t）の衝突を評価事象とする。

第 7-5 表　通常取扱い時において想定するべき事象の抽出結果（1/2）

原因	想定事象		具体的な想定
作業員の誤操作	キャスクの衝突	a.検査架台への衝突（第 7-8 図(a)）	乾式キャスクを吊上げ移送中に、乾式貯蔵建屋天井クレーン走行速度（18m/分）で検査架台に衝突する。
		b.貯蔵架台への衝突（第 7-8 図(b)）	乾式キャスクを貯蔵架台へ設置時に、乾式貯蔵建屋天井クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で貯蔵架台に衝突する。
		c.搬送台車で搬送中の衝突（第 7-8 図(c)）	乾式キャスク搬送中に、搬送台車が建屋壁及び他の乾式キャスク貯蔵架台等へ衝突した場合においても、搬送中の乾式キャスクは幾何学的に傾き角度を制限しており、壁及び他の乾式キャスク等へ衝突しない。
		d.横倒し時の衝突（第 7-8 図(d)）	乾式キャスクの横倒し時に、乾式貯蔵建屋天井クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で輸送架台に衝突する。

第 7-5 表　通常取扱い時において想定するべき事象の抽出結果（2/2）

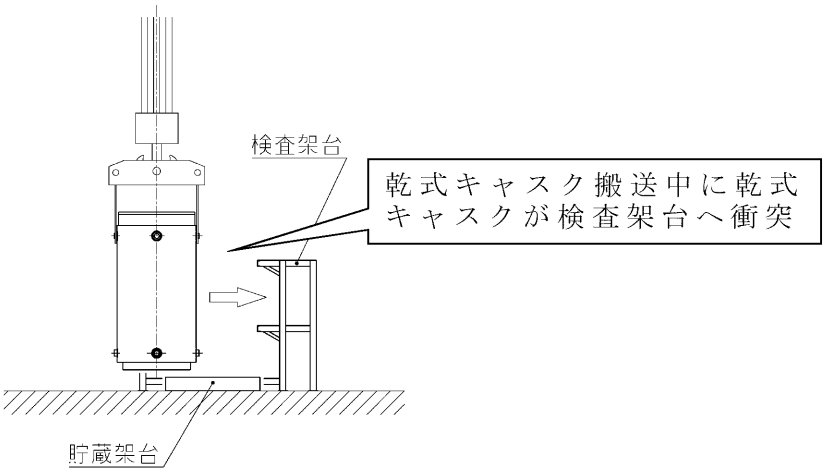
原因	想定事象		具体的な想定
作業員の誤操作	キャスクへの衝突	e.二次蓋の衝突（第 7-8 図(e)）	乾式キャスクへの二次蓋取付け作業時に、FH/B クレーン巻き下げ速度（1.2m/分）で二次蓋が乾式キャスクに衝突する（注）。
		f.緩衝体の衝突（第 7-8 図(f)）	乾式キャスクへ緩衝体取付け作業時に乾式貯蔵建屋天井クレーン走行速度（18m/分）で乾式キャスクに衝突する。

（注）二次蓋の異常衝突時は、胴フランジ（二次蓋部）が一次蓋上面より高い位置にあることから、二次蓋は胴フランジ上端に衝突する。

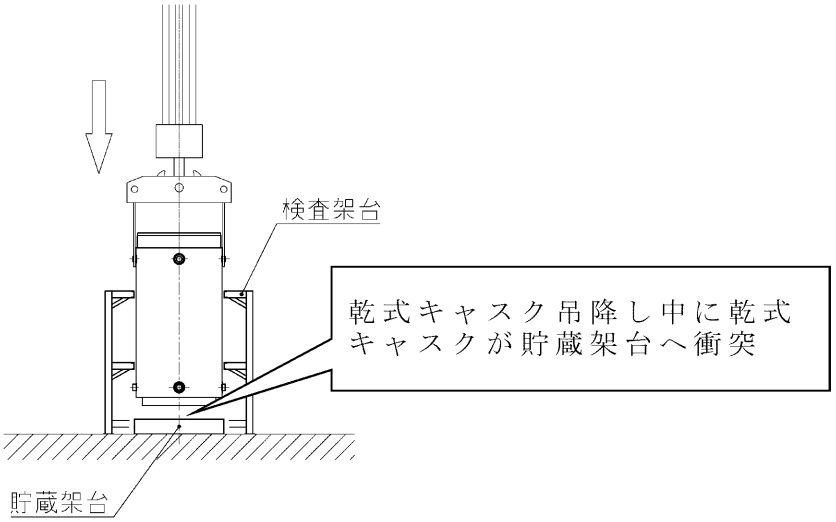
第 7-6 表　想定事象の評価条件

想定事象（注）	被衝突物	衝突物	評価で使用する衝突物の仕様	
			質量	速度
a.検査架台への衝突	検査架台	乾式キャスク	119.4ton	18 m/分
b.貯蔵架台への衝突	貯蔵架台	乾式キャスク	119.4ton	1.2 m/分
d.横倒し時の衝突	輸送架台	乾式キャスク	119.4ton	1.2 m/分
e.二次蓋の衝突	乾式キャスク	二次蓋	4.5ton	1.2 m/分
f.緩衝体の衝突	乾式キャスク	上部緩衝体 下部緩衝体	8.7ton 6.2ton	18 m/分 18 m/分

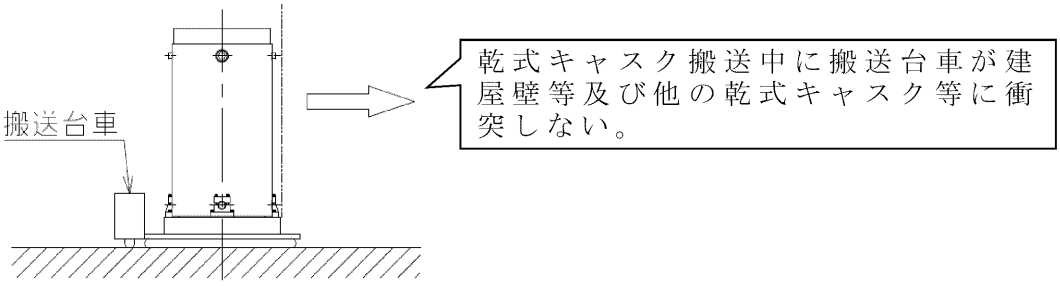
(注)c. 搬送台車で搬送中の衝突は、幾何学的に傾き角度が制限され、壁及び他の乾式キャスク等へ衝突しないため、除外する。



(a) 検査架台への衝突

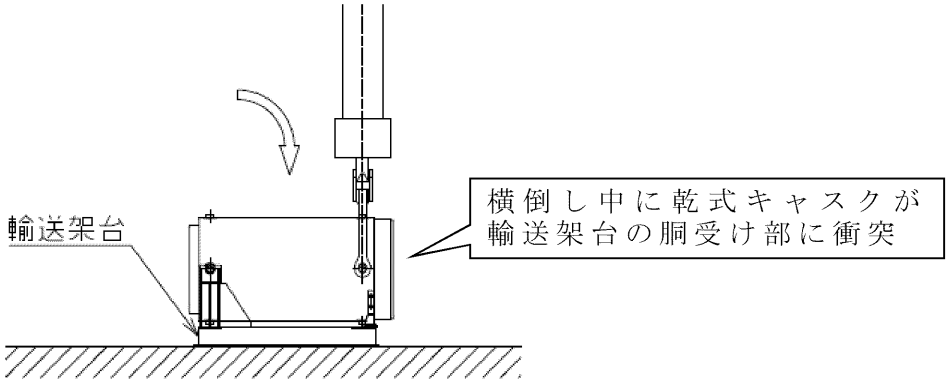


(b) 貯蔵架台への衝突

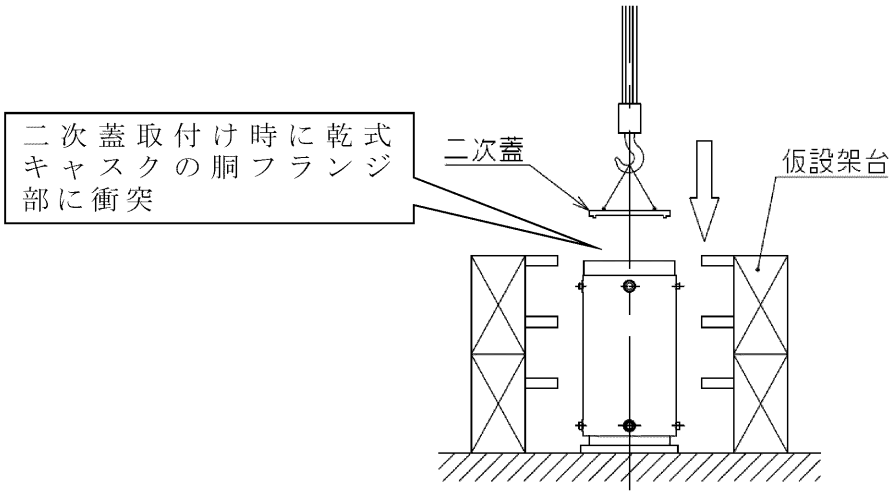


(c) 搬送台車で搬送中の衝突

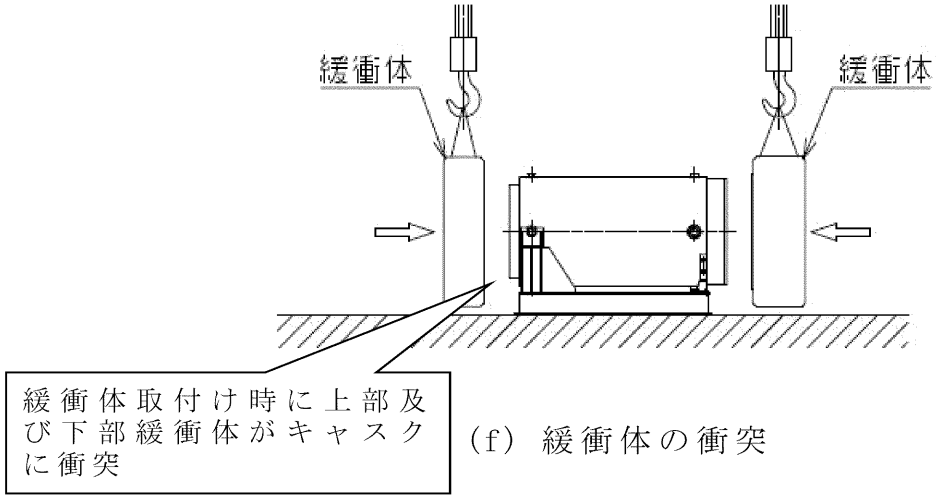
第 7-8 図　想定される事象の衝撃荷重の算出体系 (1/2)



(d) 横倒し時の衝突



(e) 二次蓋の衝突



(f) 緩衝体の衝突

第7-8図　想定される事象の衝撃荷重の算出体系（2/2）

7.3　通常取扱い時に想定するべき事象の評価

7.2で抽出した想定事象が万一発生した場合でも、乾式キャスクの安全機能が維持可能であることを評価する。

7.3.1　衝撃荷重の算出

（1）衝突方向と重力が同じ方向の場合（想定事象b.及びe.）

誤作動による衝突により乾式キャスクに作用する衝撃荷重Fは、衝突物の運動エネルギーが被衝突物の変形によって全て吸収されるものとして、下式により算出される。

エネルギー保存則より、衝突物の運動エネルギーと位置エネルギーが被衝突物の変形エネルギーと吊り合うとして、

$$\frac{1}{2}mv^2+mg\delta=\frac{1}{2}k\delta^2$$

また、運動方程式より、

$$F=mg\alpha=k\delta$$

以上より、

$$\alpha=1+\sqrt{1+\frac{kV^2}{mg^2}}$$

したがって、衝撃荷重Fは、

$$F=mg\alpha=mg\left(1+\sqrt{1+\frac{kV^2}{mg^2}}\right)\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ここで、

$g\alpha$：衝撃加速度　(m/s^2)

k　：被衝突物のバネ定数（N/m）

V　：衝突物の衝突速度（m/s）

m　：衝突物の質量（kg）

g　：重力加速度＝9.80665 (m/s^2)

δ　：被衝突物の変形量（m）

（２）衝突方向と重力が直行する場合（想定事象 a.及び f.）

誤作動による衝突により乾式キャスクに作用する衝撃荷重Ｆは、衝突物の運動エネルギーが被衝突物の変形によって全て吸収されるものとして、下式により算出される。

エネルギー保存則より、衝突物の運動エネルギーが被衝突物の変形エネルギーと吊り合うとして、

$$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}k\delta^2$$

また、運動方程式より、

$$F=mg\alpha=k\delta$$

以上より、

$$\alpha=\sqrt{\frac{kV^2}{mg^2}}$$

したがって、衝撃荷重Ｆは、

$$F=mg\alpha=mg\sqrt{\frac{kV^2}{mg^2}} \quad \cdots\cdots (2)$$

ここで、

$g\alpha$ ：衝撃加速度（m/s^2）

k ：被衝突物のバネ定数（N/m）

V ：衝突物の衝突速度（m/s）

m ：衝突物の質量（kg）

g ：重力加速度＝9.80665（m/s^2）

δ ：被衝突物の変形量（m）

（３）横倒し時（想定事象 d.）

横倒し時の衝突により乾式キャスクに作用する衝撃荷重Ｆは、下部トラニオンを中心とした回転の運動エネルギーが被衝突物の変形によって全て吸収されるものとして、下式により算出される。

エネルギー保存則より、衝突物の運動（回転）エネルギーと位置エネルギーが被衝突物の変形エネルギーと吊り合うとして、

$$\frac{1}{2}I\omega^2+\frac{1}{2}mg\left(\frac{L_1}{L_2}\delta\right)=\frac{1}{2}k\delta^2$$

また、運動方程式より、

$$F=k\delta$$

以上より、衝撃荷重Ｆは、

$$F=\frac{mgL_1+\sqrt{(mgL_1)^2+4L_2{}^2kI\omega^2}}{2L_2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

ここで、

ω ：横倒し時の角速度（V/r）（rad/s）

V ：衝突物の衝突速度（m/s）

r ：回転半径=3.860 m（下部トラニオンから上部トラニオンまでの距離）

I ：下部トラニオン周りの慣性モーメント（kg･m^2）

k ：被衝突物のバネ定数（N/m）

δ ：被衝突物の変形量（m）

L_1 ：下部トラニオンから重心までの距離（2.152 m）

L_2 ：下部トラニオンから衝撃荷重の作用点までの距離（4.170 m）

m ：乾式キャスクの質量（kg）

（１）～（３）で使用した計算条件及び衝撃荷重計算結果をそれぞれ第 7-7 表及び第 7-8 表に示す。

第 7-7 表　各想定事象時の衝撃荷重の計算条件

分類	想定事象						
	項目	適用式	k (注 9) [N/m]	V [m/分]	m [kg]	I [kg・m^2]	ω [rad/s]
キャスクの衝突	a. 検査架台への衝突	(2)	1.410×10^{9} (注 1)	18 (注 6)	119400 (乾式キャスク)		
	b. 貯蔵架台への衝突	(1)	1.016×10^{11} (注 2)	1.2 (注 7)	119400 (乾式キャスク)		
	d. 横倒し時の衝突	(3)	3.620×10^{10} (注 3)	1.2 (注 7)	119400 (乾式キャスク)	8.92×10^{5} (注 8)	0.00518
キャスクへの衝突	e. 二次蓋の衝突	(1)	6.692×10^{10} (注 4)	1.2 (注 7)	4500 (二次蓋)		
	f. 緩衝体（上部）の衝突	(2)	4.646×10^{9} (注 5)	18 (注 6)	8720 (上部緩衝体)		
	f. 緩衝体（下部）の衝突	(2)	4.643×10^{9} (注 5)	18 (注 6)	6240 (下部緩衝体)		

(注 1) 検査架台の足場の梁をモデル化し、乾式キャスク衝突荷重により、検査架台の足場の梁が変形するとしてばね剛性を算出。

(注 2) 貯蔵架台全体をモデル化し、乾式キャスク衝突荷重により、貯蔵架台が変形するとしてばね剛性を算出。

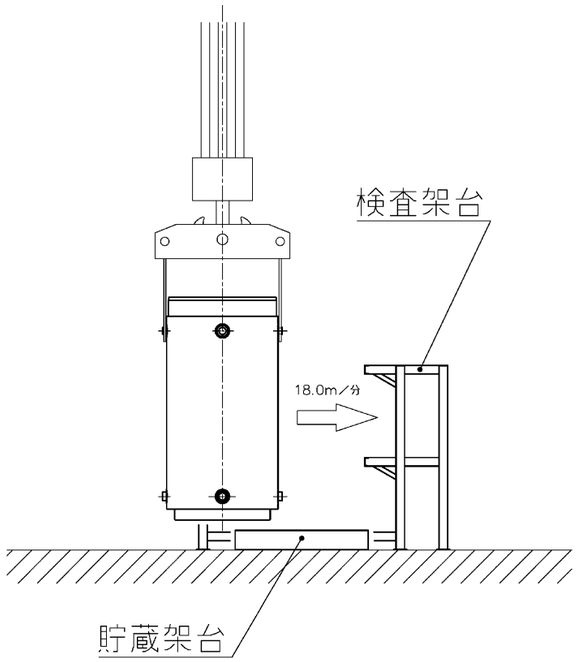
(注 3) 輸送架台の胴受け部をモデル化し、乾式キャスク衝突荷重により、輸送架台の胴受け部が変形するとしてばね剛性を算出。

(注 4) 乾式キャスク全体をモデル化し、二次蓋衝突荷重により、乾式キャスクが変形するとしてばね剛性を算出。

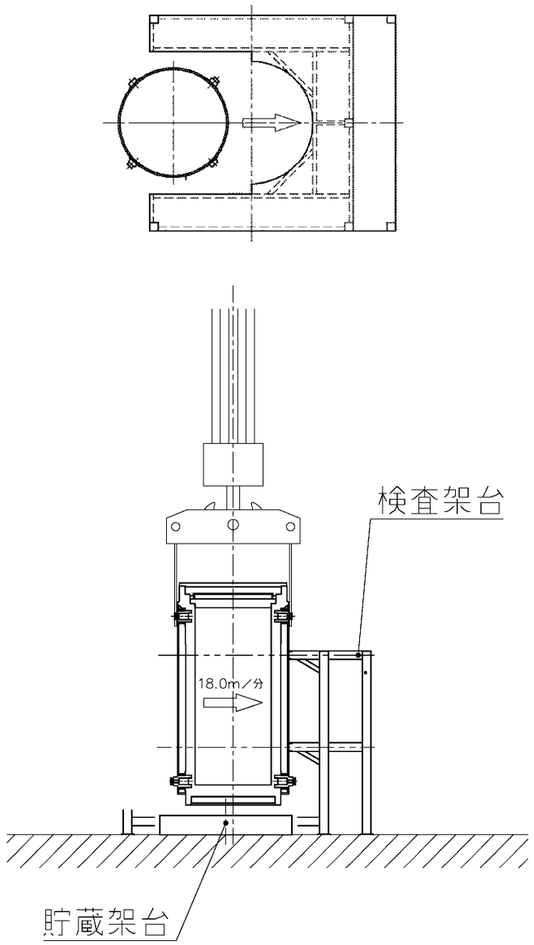
(注 5)乾式キャスク全体をモデル化し、緩衝体衝突荷重により、乾式キャスクが変形するとしてばね剛性を算出。
(注 6)設計上のクレーン走行最大速度
(注 7)設計上のクレーン巻き下げ最大速度
(注 8)乾式キャスクの各部材質量、形状、回転軸（下部トラニオン）から各部材の重心までの距離から算出。
(注 9)ばね定数の算出方法は 7.3.6 項で説明する。

第 7-8 表　各想定事象時の衝撃荷重

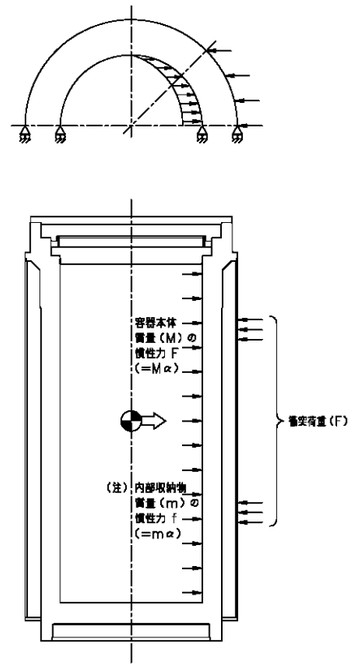
分類	想定事象	
	項目	衝撃荷重（N）
キャスクの衝突	a.検査架台への衝突	3.893×10^{6}
	b.貯蔵架台への衝突	3.666×10^{6}
	d.横倒し時の衝突	1.281×10^{6}
キャスクへの衝突	e.二次蓋の衝突	3.940×10^{5}
	f.緩衝体（上部）の衝突	1.910×10^{6}
	f.緩衝体（下部）の衝突	1.615×10^{6}



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

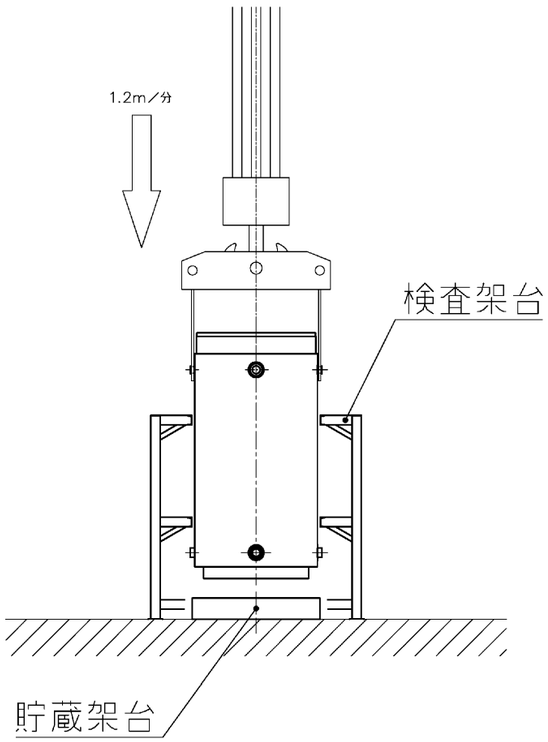


検査架台への衝突時の荷重及び境界条件

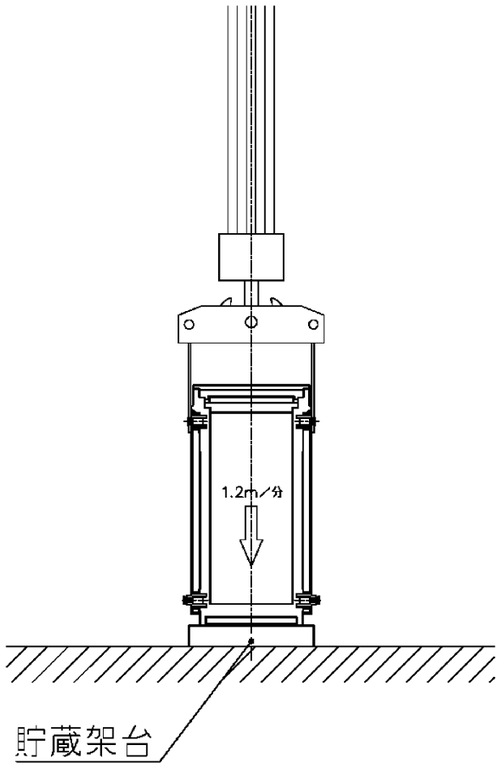
（注） α は衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量 M+内部収納物質量 m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

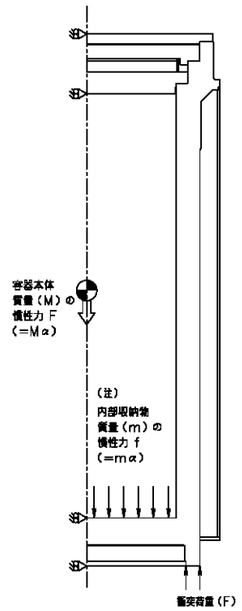
第 7-9 図（a）　検査架台への衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

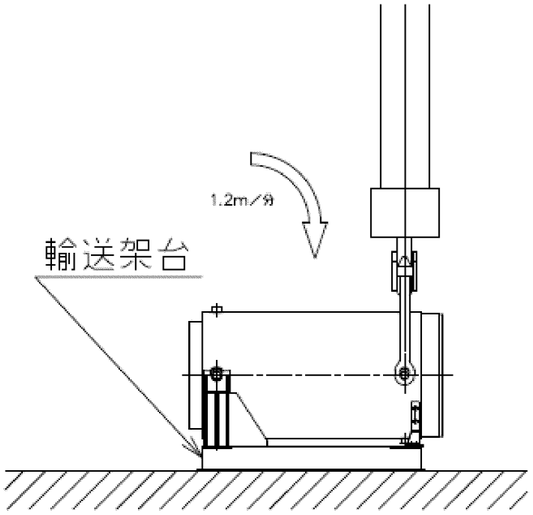


貯蔵架台への底部垂直落下時の荷重及び境界条件

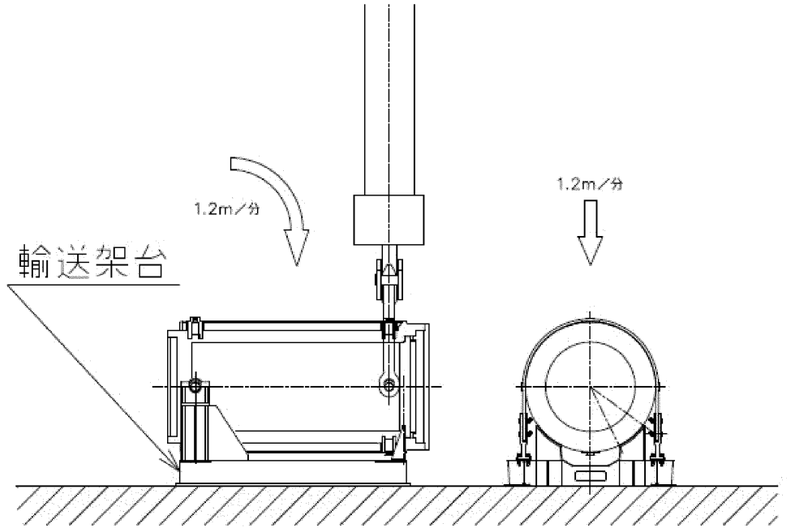
（注） αは衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量 M+内部収納物質量 m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

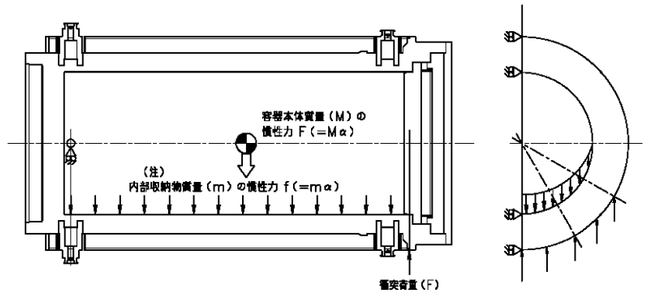
第 7-9 図（b）　貯蔵架台への衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

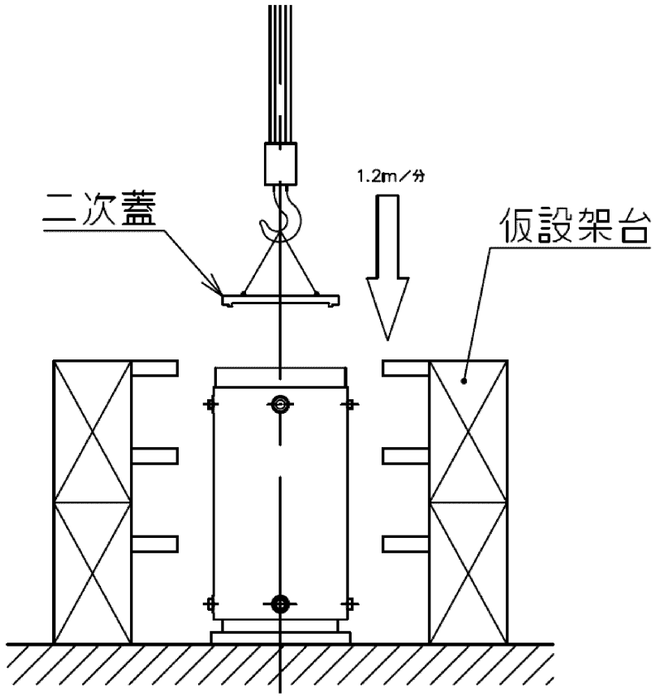


横倒し時の衝突時の荷重及び境界条件

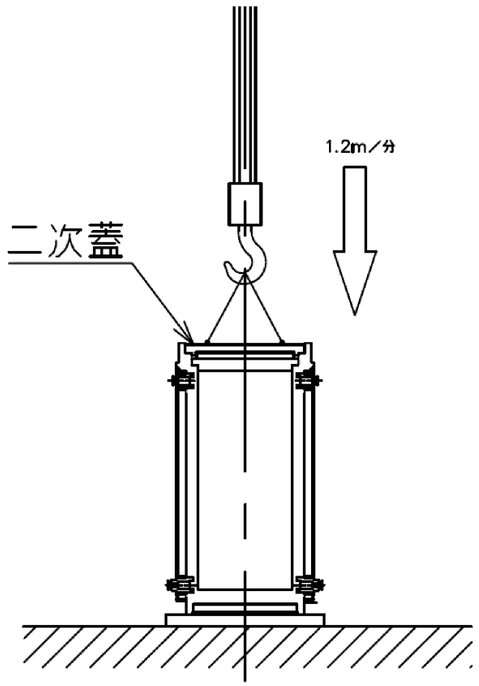
（注） αは衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量 M+内部収納物質量 m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

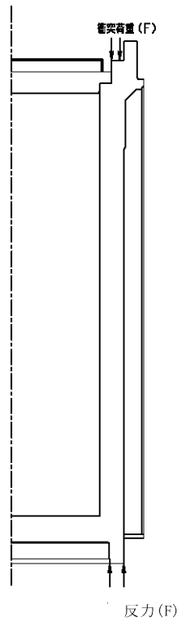
第 7-9 図（d）　横倒し時の衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

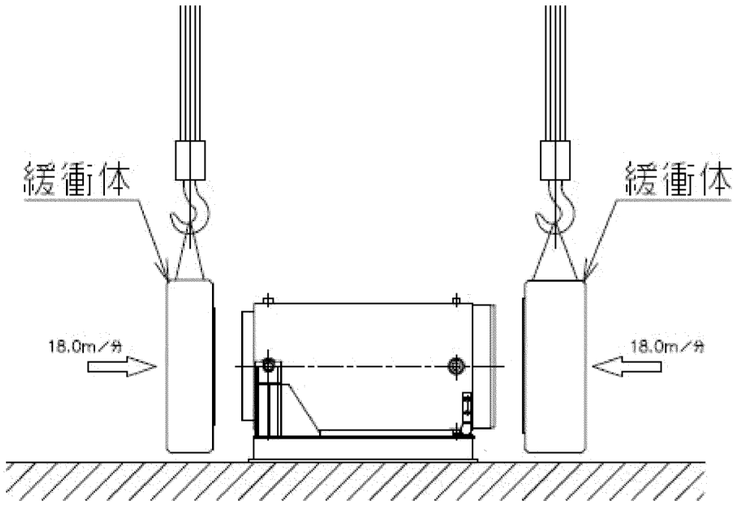


二次蓋の衝突時の荷重及び境界条件

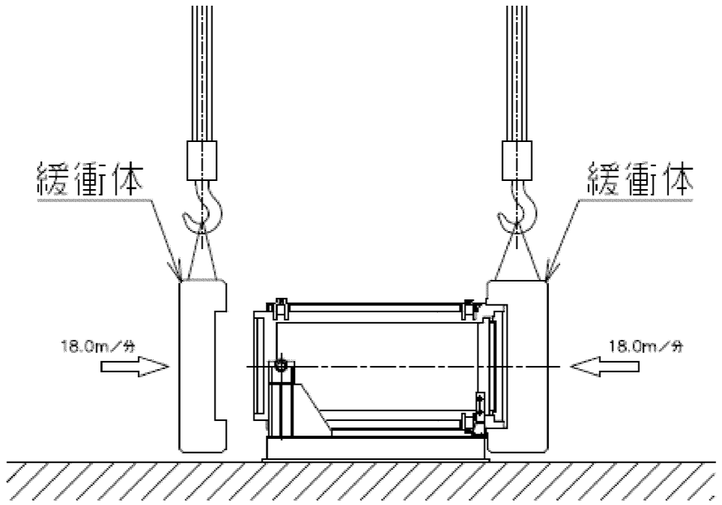
【評価モデル図】

（注）二次蓋装着時は、二次蓋ボルト穴に位置決めピンを設置し、胴フランジからずれないように吊り下ろすため、胴フランジに一様に荷重が作用するものとして評価を行う。

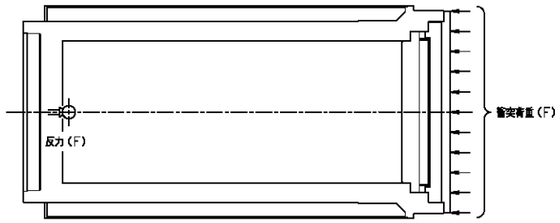
第 7-9 図（e）　二次蓋の衝突



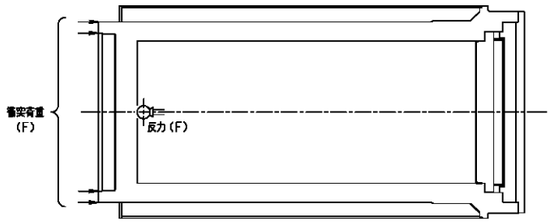
【取扱いフロー図】



【評価断面図】



緩衝体の衝突時の荷重及び境界条件
（上部緩衝体の衝突）



緩衝体の衝突時の荷重及び境界条件
（下部緩衝体の衝突）

【評価モデル図】

（注）緩衝体装着時は、緩衝体取付ボルト穴に位置決めピンを設置し、胴からずれないように取り付けるため、三次蓋又は胴底面に一様に荷重が作用するものとして評価を行う。

第 7-9 図（f）　緩衝体の衝突

7.3.3 応力評価の方針

乾式キャスクへ求められる4つの安全機能は未臨界、閉じ込め、遮蔽、除熱であり、想定事象時においてもこれら乾式キャスクの機能を維持する部位の構造健全性を維持する必要がある。ここで、各想定事象における衝突により乾式キャスクへ発生する加速度によりキャスクの各部材（胴、胴（底板）、外筒、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋、伝熱フィン、バスケット）へ発生する応力については、各部材の代表部位について評価を行い、各部材が構造健全性を維持することを確認する。

胴、胴（底板）、外筒、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋は、三次元FEMモデルを用いて評価を行う。なお、解析モデルは保守的に伝熱フィンをモデル化していないが、伝熱フィンに荷重が作用する場合は材料力学の公式を用いて評価を行う。また、バスケット及び胴（脚部）は、材料力学の公式及び核燃料輸送物設計承認申請で用いている式により評価を行う。評価基準は、乾式キャスクの除熱解析から得られた各評価部位の最高温度から設定した値を用いる。

各安全機能を維持する部材及び評価基準を表7-9に示す。胴、胴（底板）、一次蓋、二次蓋は、核燃料輸送物設計承認申請の0.3m落下（一般の試験条件）と同様に、使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(2007年版)の密封容器の供用状態Bの評価基準とする。外筒、中性子遮蔽材カバーは、胴、胴（底板）、一次蓋の中性子遮蔽材を支持する部材であって、圧力保持を目的としないことから、核燃料輸送物設計承認申請の0.3m落下（一般の試験条件）と同様に、発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版)の支持構造物の供用状態Bの基準を準用して評価基準とする。バスケットは、臨界評価上の有意な変形を起こさないことを評価基準とする。伝熱フィンは、除熱機能を維持するための基準として弾性範囲内とする。また、乾式キャスクの応力評価位置を第7-10図に示す。

また、各想定事象において、衝突部近傍の評価を行い、衝突部近傍の構造健全性を確認し、安全機能が損なわれないことを確認する。

表 7-9　キャスクが担保すべき安全機能及び評価基準

想定事象時にキャスクが担保すべき安全機能	安全機能を維持する部材	安全機能を維持するための基準	左記に該当する応力評価基準
未臨界	バスケット(注 3)	臨界評価上の有意な変形を起こさない	$\sigma_m \leqq Sy$ $\sigma_b \leqq Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
閉じ込め （閉じ込め境界）	一次蓋シール部(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sy$ $P_L \leqq Sy$ $P_L+P_b \leqq Sy$ $P_L+P_b+Q \leqq Sy$
	一次蓋ボルト、二次蓋ボルト(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$\sigma_m \leqq 2Sm$ $\sigma_m+\sigma_b \leqq 3Sm$
遮蔽	胴、一次蓋、二次蓋(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sm$ $P_L \leqq 1.5Sm$ $P_L+P_b \leqq 1.5Sm$
	外筒、中性子遮蔽材カバー(注 1)(注 2)	供用状態 B(設計・建設規格)	引張応力≦F/1.5 せん断応力≦F/(1.5×√3) 圧縮応力≦F/1.5 曲げ応力≦F/1.5
除熱	バスケット(注 3)	未臨界と同様とする	$\sigma_m \leqq Sy$ $\sigma_b \leqq Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
	胴、一次蓋、二次蓋(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sm$ $P_L \leqq 1.5Sm$ $P_L+P_b \leqq 1.5Sm$
	伝熱フィン(注 4)	弾性範囲内	$\sigma_b \leqq 1.5Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
	外筒、中性子遮蔽材カバー(注 1)(注 2)	供用状態 B(設計・建設規格)	引張応力≦F/1.5 せん断応力≦F/(1.5×√3) 圧縮応力≦F/1.5 曲げ応力≦F/1.5

(注 1) Fの値は以下のとおり

(a)使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]

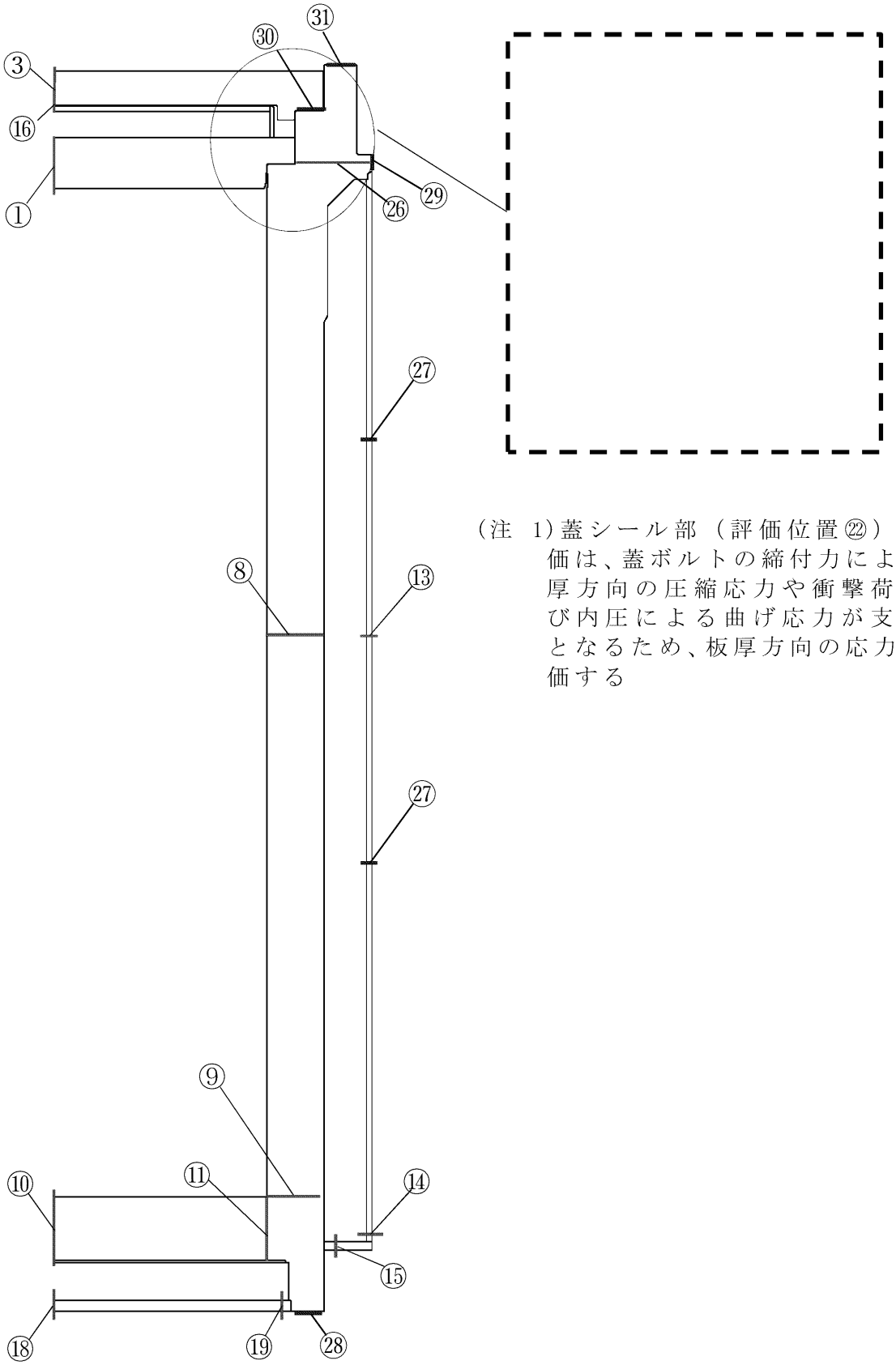
(b)上記(a)に示すもの以外

F＝MIN[0.7Su、Sy]

(注 2) 評価基準を定める物性値は、発電用原子力設備規格 材料規格(2012 年版)を適用。

(注 3) 評価基準を定める物性値は、メーカ保証値（MSF-21P 型及び MSF-24P 型の核燃料輸送物設計承認申請と同様）を適用。

(注 4) 評価基準を定める物性値は、2007 ASME Boiler & Pressure Vessel Code を適用。



（注 1）蓋シール部（評価位置㉒）の評価は、蓋ボルトの締付力による板厚方向の圧縮応力や衝撃荷重及び内圧による曲げ応力が支配的となるため、板厚方向の応力を評価する

第 7-10 図　キャスクの応力評価位置

（赤線は評価断面、青線は衝突面/衝突箇所を示す）

：商業機密に係る事項のため公開できません

評価断面	部　位	4つの安全機能	想定事象	備考
①	一次蓋中央部	閉/遮/熱	○	
②	一次蓋端部	閉/遮/熱	○	
③	二次蓋中央部	遮/熱	○	
④	二次蓋端部	遮/熱	○	
⑤	三次蓋中央部	閉	×	三次蓋は輸送時のみ装着のため、想定事象時は評価対象外
⑥	三次蓋端部	閉	×	
⑦	胴上部	閉	×	
⑧	胴中央部	閉/遮/熱	○	
⑨	胴下部	閉/遮/熱	○	
⑩	胴（底板）中央部	閉/遮/熱	○	
⑪	胴（底板）端部	閉/遮/熱	○	
⑫	外筒上部	遮/熱	○	
⑬	外筒中央部	遮/熱	○	
⑭	外筒下部	遮/熱	○	
⑮	下部端板端部	遮	○	
⑯	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部	遮	○	
⑰	蓋部中性子遮蔽材カバー端部	遮	○	
⑱	底部中性子遮蔽材カバー中央部	遮	○	
⑲	底部中性子遮蔽材カバー端部	遮	○	
⑳	二次蓋シール部（蓋）	閉	×	輸送時のみ二重の水密性で要求のため、想定事象時は評価対象外
㉑	二次蓋シール部（胴）	閉	×	
㉒	一次蓋シール部（蓋）	閉	○	
㉓	一次蓋シール部（胴）	閉	○	

評価断面	部　位	4つの安全機能	想定事象	備考
㉔	二次蓋ボルト	閉	○	輸送時のみ二重の水密性で要求、想定事象時は構造健全性の維持で要求
㉕	一次蓋ボルト	閉	○	
㉖	胴上部（vs 横倒し架台）	閉/遮/熱	○	衝突・荷重負荷される部位を評価対象に選定
㉗	外筒（vs 検査架台）	遮/熱	○	
㉘	胴底板（vs 貯蔵架台、下部緩衝体）	－	○	
㉙	胴上部（vs 横倒し架台）	遮	○	
㉚	胴フランジ（vs 二次蓋）	閉	○	
㉛	胴フランジ（vs 上部緩衝体）	－	○	
－	バスケット	臨/熱	○	
－	伝熱フィン	熱	○	

（１）バスケットプレートの圧縮応力の算出式

貯蔵架台への衝突時及び二次蓋の衝突時に最下段のバスケットプレート（第 7-11 図参照）には、それより上部にあるバスケットプレート等の自重及び鉛直方向の慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa)が生じる。

$$\sigma_c = \frac{W_b \times G_v}{A_1} \quad (1)$$

ここで、

W_b：バスケットプレート、バスケットサポート、中性子吸収材の合計
質量(kg)

G_v：自重及び鉛直方向の加速度 (m/s^2)

A_1：バスケットプレートと胴の接触面積 (mm^2)

バスケットプレートと胴の接触面積A_1は、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 7-11 図に示す。

$$A_1 = (b_1 - b_2) \times L_1 \times n \quad (2)$$

ここで、

b_1：バスケットプレート幅 1 (mm)

b_2：バスケットプレート幅 2 (mm)

L_1：バスケットプレート長さ (mm)

N ：胴に接触するバスケットプレート L_1 部の個数 (-)

（２）バスケットプレート縦板の圧縮応力の算出式

検査架台への衝突時、横倒し時の衝突時、及び緩衝体の衝突時にバスケットプレート縦板切欠部には、第 7-12 図に示すように、領域Ⅰの範囲にあるバスケットプレート、バスケットサポート及び燃料集合体に生じる水平方向の慣性力並びに、領域Ⅱのバスケットプレートに生じる水平方向の慣性力により、圧縮による膜応力 σ_c(MPa)が生じる。

$$\sigma_c = \frac{W_I + W_{II}}{A \times N} G_H \quad (3)$$

ここで、

W_I：領域Ⅰのバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量（kg）

W_{II}：領域Ⅱのバスケットプレート及び中性子吸収材の質量（kg）

G_H：水平方向の加速度（m/s^2）

N ：バスケットプレートの数（枚）

A ：バスケットプレート縦板の断面積（mm^2）

バスケットプレート縦板の断面積Aは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 7-13 図に示す。

$$A = (b_1 + b_2 \times 2) \times h_1 - (b_3 + b_4 \times 2) \times h_2 \quad (4)$$

ここで、

b_1：バスケットプレート幅 1（mm）

b_2：バスケットプレート幅 2（mm）

h_1：バスケットプレート高さ 1（mm）

b_3：バスケットプレート幅 3（mm）

b_4：バスケットプレート幅 4（mm）

h_2：バスケットプレート高さ 2（mm）

（３）バスケットプレート横板の曲げ応力及びせん断応力の算出式

検査架台への衝突時、横倒し時の衝突時、及び緩衝体の衝突時にバスケットプレート横板切欠部には、第 7-14 図に示すようにバスケットプレート、中性子吸収材及び燃料集合体に生じる慣性力により曲げ応力σ_b及びせん断応力τが生じる。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (5)$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (6)$$

ここで、

σ_b：曲げ応力（MPa）

τ　：せん断応力(MPa)

M　：曲げモーメント（N･mm）

Z　：断面係数（mm^3）

F　：せん断荷重（N）

A　：断面積（mm^2）

曲げモーメントMは、以下の式で与えられる。

$$M = \frac{w \times \ell^2}{12} G_H \tag{7}$$

ここで、

w：分布荷重（kg/mm）

ℓ：バスケットセルの内幅（mm）

G_H：水平方向の加速度（m/s^2）

分布荷重wは、以下の式で与えられる。

$$w = \frac{W_f + W_b \times N}{\ell \times N} \tag{8}$$

ここで、

W_f：燃料集合体の質量（kg）

W_b：バスケットプレート及び中性子吸収材の質量（kg）

N：バスケットプレートの数（段）

断面係数Zは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 7-15 図に示す。

$$Z = \frac{{h_1}^3 \times b_1 - {h_2}^3 \times (b_2 + b_3 \times 2)}{6h_1} \tag{9}$$

ここで、

h_1：バスケットプレート高さ 1（mm）

b_1：バスケットプレート幅 1（mm）

b_2：バスケットプレート幅 2（mm）

h_2：バスケットプレート高さ 2（mm）
b_3：バスケットプレート幅 3（mm）

断面積Aは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 7-15 図に示す。

$$A = b_1 \times h_1 - h_2 \times (b_2 + b_3 \times 2) \quad (10)$$

せん断荷重Fは、以下の式で与えられる。

$$F = \frac{w \times \ell}{2} G_H \quad (11)$$

（４）伝熱フィンの曲げ応力及びせん断応力の算出式

検査架台への衝突時に伝熱フィン溶接部には、衝突時の外筒の変形により伝熱フィンに曲げ応力σ_b及びせん断応力τが生じる。なお、第7-16図に示すとおり、伝熱フィン溶接部は伝熱フィンに対して両側に隅肉溶接を施すが、保守側の評価として伝熱フィン溶接部のど部の面積は片側の隅肉のみを考慮して評価する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (12)$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (13)$$

ここで、

σ_b：曲げ応力（MPa）

M ：曲げモーメント（N･mm）

Z ：断面係数（mm^3）

τ ：せん断応力(MPa)

F ：作用荷重（N）

A ：フィン溶接部のど部の断面積（mm^2）

ここで、曲げモーメントMは、以下の式で求められる。

$$M = F \times \ell \quad (14)$$

ℓ ：フィンの長さ（mm）

ここで、作用荷重Fは、以下の式で求められる。

$$F = \frac{3EI}{\ell^2}\nu \quad (15)$$

E ：縦弾性係数（MPa）

I ：断面二次モーメント（mm^4）

υ ：外筒の変形量（mm）

また、貯蔵架台への衝突時、二次蓋の衝突時、緩衝体の衝突時に伝熱フィン溶接部には、伝熱フィン及び中性子遮蔽材に生じる慣性力によりせん断応力τが生じる。なお、第7-16図に示すとおり、伝熱フィン溶接部は伝熱フィンに対して両側に隅肉溶接を施すが、保守側の評価として伝熱フィン溶接部のど部の面積は片側の隅肉のみを考慮して評価する。

$$\tau = \frac{(W_1+W_2)G_V}{A} \quad (16)$$

ここで、

τ ：せん断応力（MPa）

W_1：伝熱フィンの軸方向単位長さ当たり重量（kg/mm）

W_2：中性子遮蔽材の軸方向単位長さ当たり重量（kg/mm）

G_V：鉛直方向の加速度（m/s^2）

A ：フィン溶接部のど部の軸方向単位長さ当たりの面積（mm^2/mm）

（５）胴（脚部）の圧縮応力の算出式

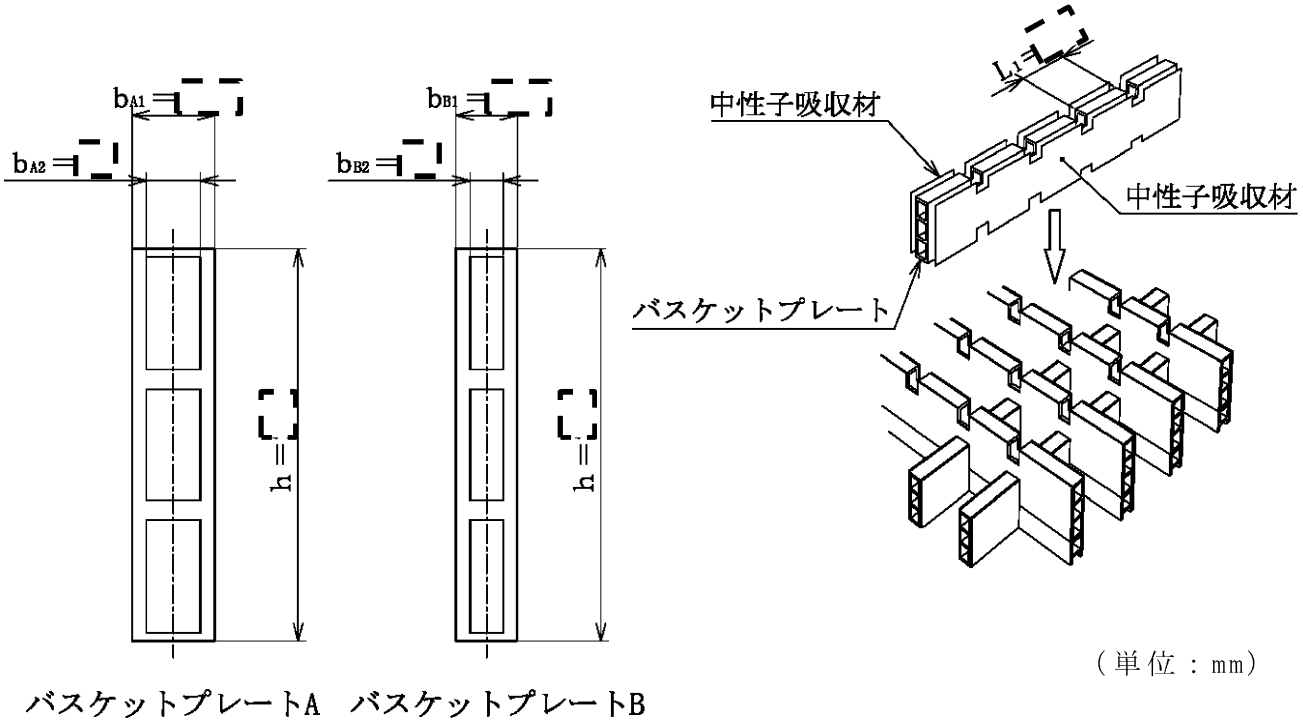
底面衝突時には、乾式キャスクの慣性力が作用し、衝突部近傍に圧縮応力σ_cが生じる。

$$\sigma_c = \frac{F_V}{A_c} \quad (17)$$

ここで、

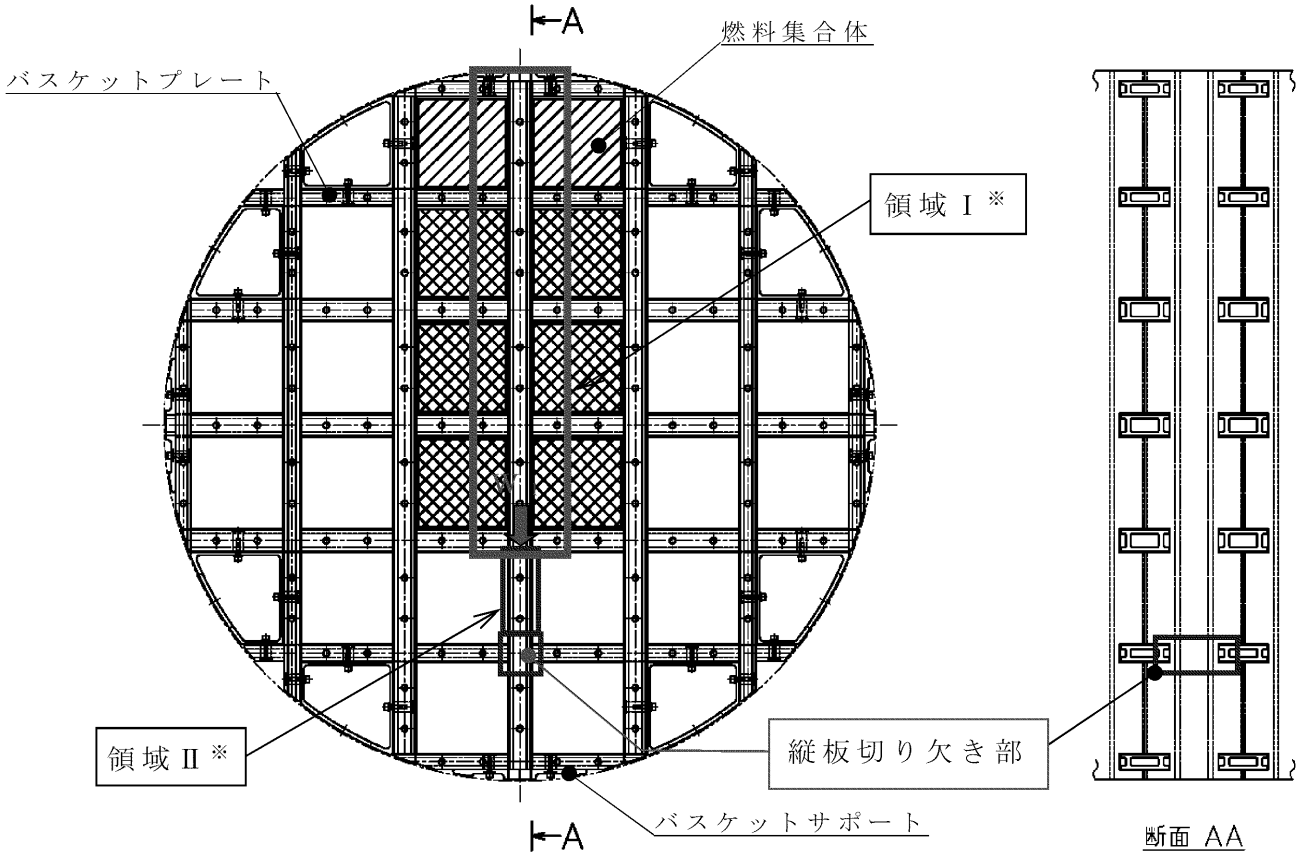
F_V：乾式キャスクに作用する鉛直方向荷重(N)

A_c：胴（脚部）の圧縮面積（mm^2）



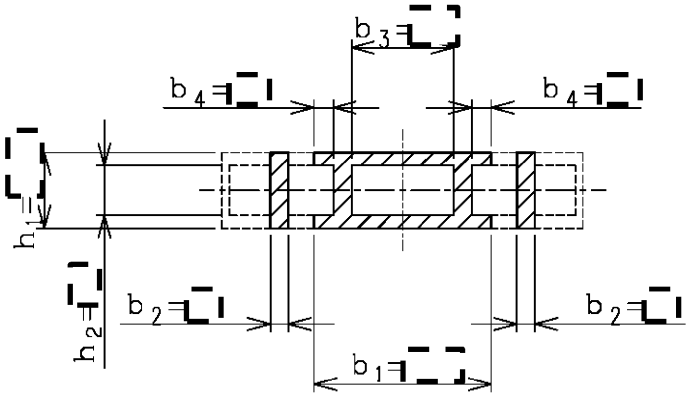
第 7-11 図　バスケットプレートのモデル図

：商業機密に係る事項のため公開できません



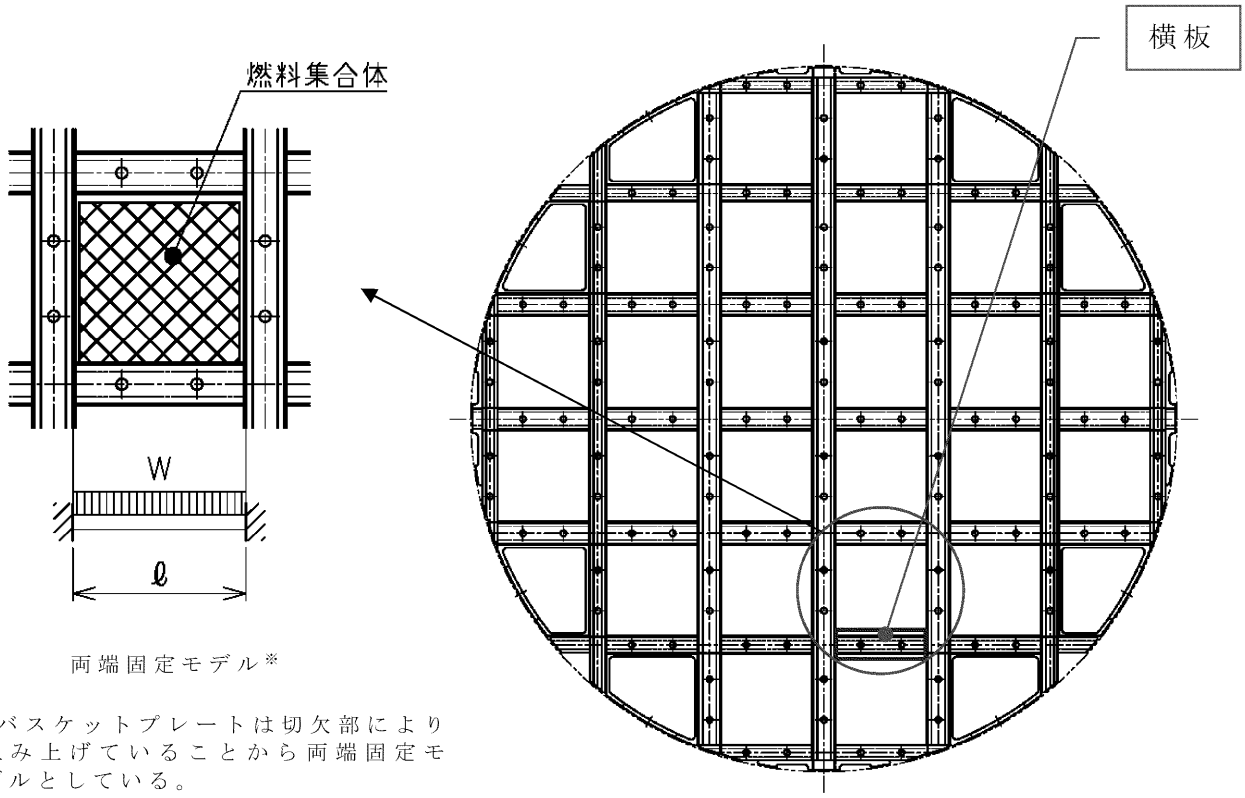
※：バスケットプレート最下段の縦板切欠部は、切欠部にかかる質量は最も大きくなる一方、バスケットサポートの支持により荷重を受ける断面積が大きくなり、発生する圧縮応力は最下段から２段目の切欠部と比較して低減され、最下段から２段目の切欠部において圧縮応力が最大となることから、領域Ⅰ及び領域Ⅱを選定している。

第 7-12 図　バスケットプレート縦板のモデル図



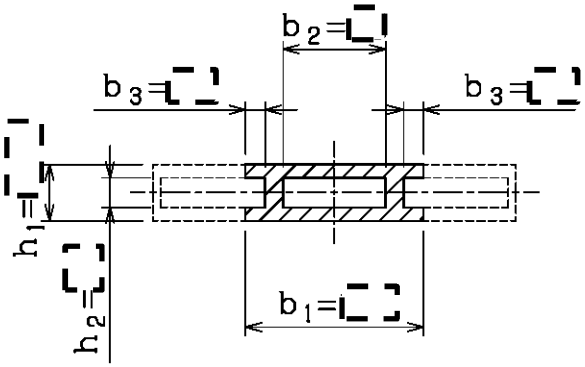
第 7-13 図　バスケットプレート縦板の断面

[ ]：商業機密に係る事項のため公開できません



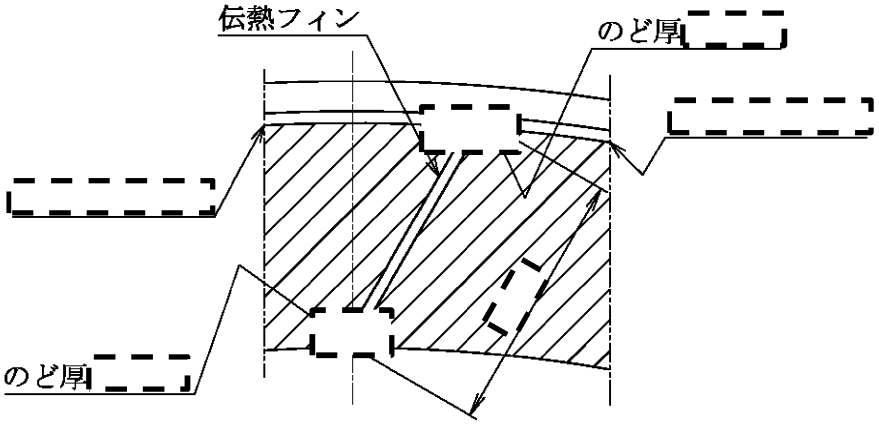
※：バスケットプレートは切欠部により組み上げていることから両端固定モデルとしている。

第 7-14 図　バスケットプレート横板のモデル図



第 7-15 図　バスケットプレート横板の断面

[ ]：商業機密に係る事項のため公開できません



第7-16図　伝熱フィン溶接部のモデル図

7.3.4　応力評価(各部材の構造健全性の確認)

（1）　検査架台への衝突（第 7-9 図（a.））

i.評価事象

検査架台への衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの側部が最大速度（18m/分）で検査架台に衝突することを想定した評価を行う。

ii.評価条件

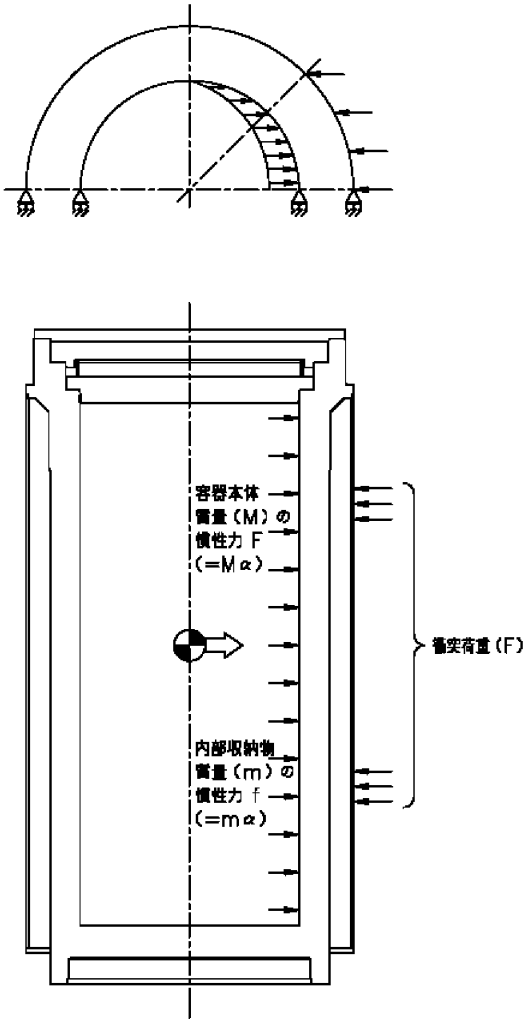
検査架台への衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 7-17 図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て検査架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される乾式キャスクに生じる衝撃荷重（第 7-8 表に示す 3.893×10^{6} N）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を外筒の 2 箇所に作用させる。

また、外筒と検査架台の衝突位置は、外筒の変形量が大

[ ]：商業機密に係る事項のため公開できません

きくなるよう（後で述べる衝突部近傍の評価において、保守側の評価となるよう）、外筒の中央付近に検査架台が衝突する条件を代表として解析を実施する。



第 7-17 図 検査架台への衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ．基準値

評価基準は表 7-9 に示すとおりとする。

ⅳ．評価結果

検査架台への衝突時における応力解析結果を第 7-10 表に示す。検査架台への衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ．項に示す解析基準値を満足していること

から、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 7-10 表 検査架台への衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度（℃）	解析結果（MPa）	解析基準	解析基準値（MPa）
一次蓋	GLF1	115	7	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	13	1.5Sm	186
胴	GLF1	130	8	1.5Sm	184
胴（底板）	GLF1	140	3	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	43	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	23	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	6	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	29	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	115	60	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	16	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	207	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	185	2	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	60	1.5Sy	82

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(2) 貯蔵架台への衝突（第 7-9 図（b.））

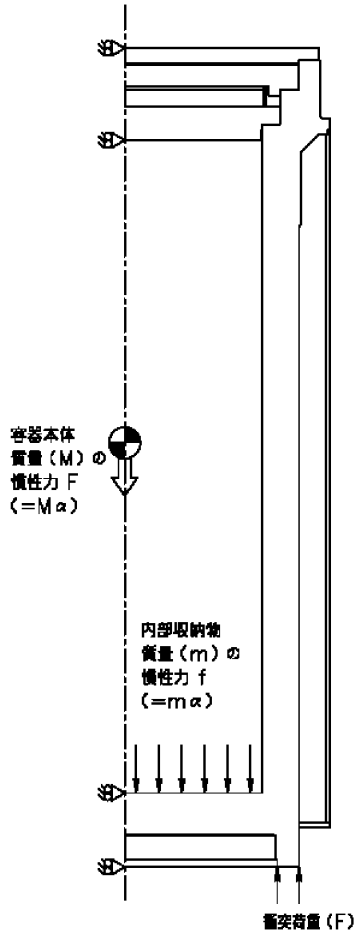
ⅰ.評価事象

貯蔵架台への衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの底部が最大速度（1.2m/分）で貯蔵架台に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

貯蔵架台への衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 7-18 図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て貯蔵架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 7-8 表に示す 3.666×10^{6} N）から保守側に設定した約 5.9×10^{6} N（5G 相当）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を胴の下端部に作用させる。



第 7-18 図 貯蔵架台への衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ．基準値

（1） ⅲ．項と同じとする。

ⅳ．評価結果

貯蔵架台への衝突時における応力解析結果を第 7-11 表に示す。

貯蔵架台への衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ．項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 7-11 表 貯蔵架台への衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	115	9	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	9	1.5Sm	186
胴	GLF1	130	3	1.5Sm	184
胴（底板）	GLF1	140	6	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	34	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	4	F/1.5	136
蓋部中性子 遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子 遮蔽材カバー	SUS304	125	34	F/1.5	136
一次蓋シール部 （蓋側）	GLF1	115	60	Sy	185
一次蓋シール部 （胴側）	GLF1	120	16	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	203	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	185	2	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	Sy/√3	31

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(3) 横倒し時の衝突（第 7-9 図（d.））

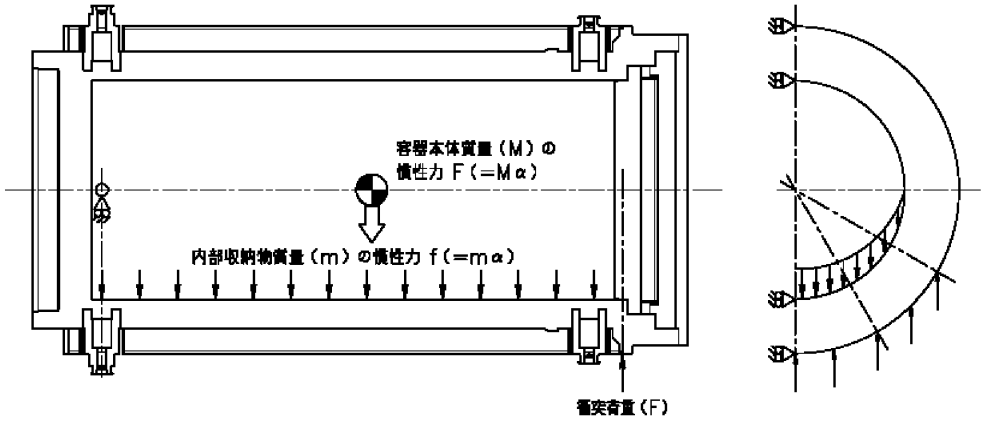
ⅰ.評価事象

横倒し時の衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの胴上部が最大速度（1.2m/分）で縦起こし架台に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

横倒し時の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 7-19 図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て輸送架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 7-8 表に示す 1.281×10^{6} N）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を本体胴フランジ部に作用させる。



第 7-19 図 横倒し時の衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ.基準値

(1) ⅲ.項と同じとする。

ⅳ.評価結果

横倒し時の衝突時における応力解析結果を第 7-12 表に示す。

横倒し時の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ.項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 7-12 表 横倒し時の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	115	7	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	13	1.5Sm	186
胴	GLF1	130	3	Sm	123
胴（底板）	GLF1	140	2	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	40	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	12	F/1.5	136
蓋部中性子 遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子 遮蔽材カバー	SUS304	125	29	F/1.5	136
一次蓋シール部 （蓋側）	GLF1	115	63	Sy	185
一次蓋シール部 （胴側）	GLF1	120	34	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	207	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	185	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	－	－	－	－

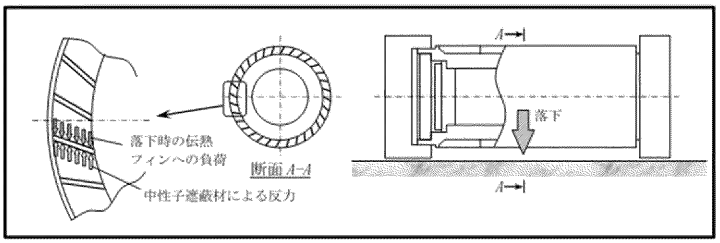
（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

（注 3）横倒し時には、伝熱フィンの鉛直上側に位置する中性子遮蔽材の慣性力が伝熱フィンに作用するが、伝熱フィンは鉛直下側の中性子遮蔽材により支えられるため、伝熱フィンに慣性力による応力は発生しない。したがって、構造強度評価は行わない。



(4) 二次蓋の衝突（第 7-9 図（e.））

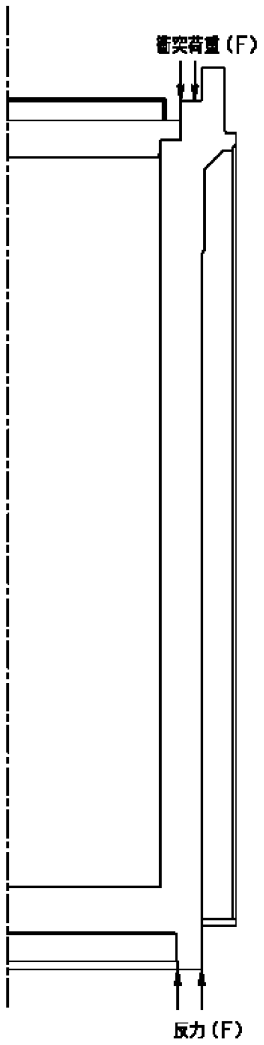
ⅰ.評価事象

二次蓋の衝突として、FH/B クレーンの誤操作により、二次蓋が最大速度（1.2m/分）で乾式キャスクの胴上面に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

二次蓋の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 7-20 図に示す。二次蓋の有する運動エネルギーが全て乾式キャスクのひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 7-8 表に示す 3.940×10^{5}N ）を胴上面に作用させるとともに、衝撃荷重の反力を胴の下端部に作用させる。



第 7-20 図　二次蓋衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ.基準値

(1) ⅲ.項と同じとする。

ⅳ.評価結果

二次蓋の衝突時における応力解析結果を第 7-13 表に示す。なお、二次蓋の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用せず、バスケットには応力は発生しないため、自重による応力を記載している。

二次蓋の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ.項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 7-13 表 二次蓋の衝突時における応力解析結果(1/2)

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	115	4	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	-	-	-
胴	GLF1	130	3	1.5Sm	184
胴（底板）	GLF1	140	1	Sm	122
外筒	SGV480	120	34	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	10	F/1.5	136
蓋部中性子 遮蔽材カバー	SGV480	115	51	F/1.5	157
底部中性子 遮蔽材カバー	SUS304	125	31	F/1.5	136
一次蓋シール部 （蓋側）	GLF1	115	60	Sy	185
一次蓋シール部 （胴側）	GLF1	120	14	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	250	2Sm	562

第 7-13 表 二次蓋の衝突時における応力解析結果(2/2)

評価部位	材質	温度(℃)	解析結果(MPa)	解析基準	解析基準値(MPa)
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	-	-	-
バスケット	MB-A3004-H112	185	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	Sy/√3	31

(注 1) Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

(注 2) 各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(5) 緩衝体（上部及び下部）の衝突（第 7-9 図（f.））

ⅰ.評価事象

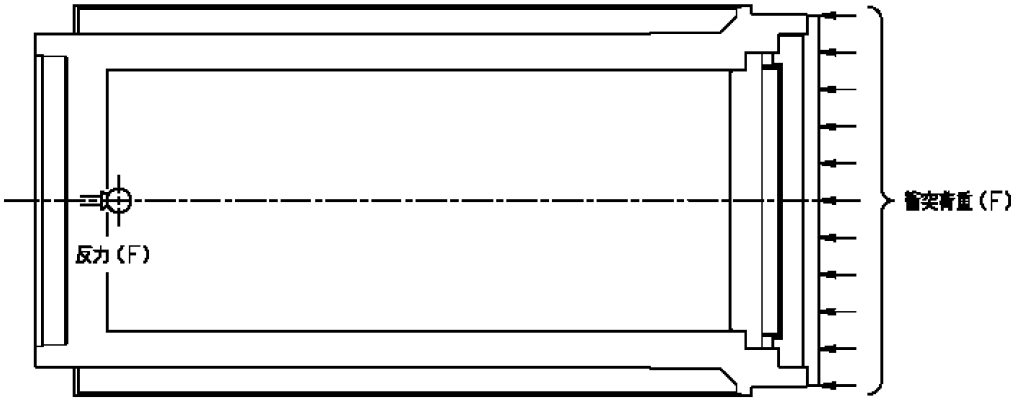
緩衝体（上部及び下部）の衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、上部緩衝体が最大速度（18m/分）で乾式キャスクの三次蓋上面に衝突することを想定した評価、並びに、下部緩衝体が乾式キャスクの胴底面に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

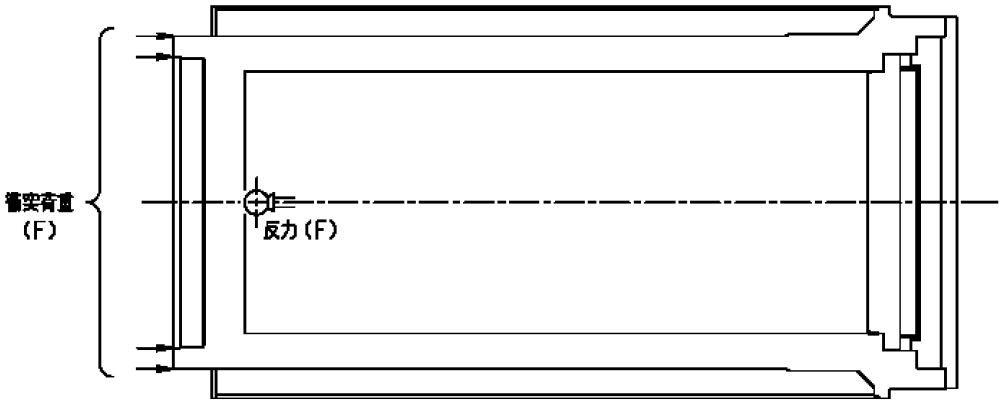
緩衝体の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 7-21 図及び第 7-22 図に示す。緩衝体の有する運動エネルギーが全て乾式キャスクのひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重

（第 7-8 表に示す上部：1.910×10^6N、下部：1.615×10^6N）を三次蓋上面又は胴底面に作用させるとともに、衝撃荷重の反力を下部トラニオンに作用させる。



第 7-21 図　上部緩衝体衝突時の荷重条件及び境界条件



第 7-22 図　下部緩衝体衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ.基準値

（1）ⅲ.項と同じとする。

ⅳ.評価結果

緩衝体の衝突時における応力解析結果を第 7-14 表及び第 7-15 表に示す。なお、緩衝体の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用せず、バスケットには応力は発生しない

ため、自重による応力を記載している。

緩衝体の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ.項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 7-14 表 上部緩衝体の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	115	7	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	13	1.5Sm	186
胴	GLF1	130	10	1.5Sm	184
胴（底板）	GLF1	140	9	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	35	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	13	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	6	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	29	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	115	64	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	32	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	206	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	185	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	Sy/√3	31

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

第 7-15 表 下部緩衝体の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	115	7	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	13	1.5Sm	186
胴	GLF1	130	10	1.5Sm	184
胴（底板）	GLF1	140	8	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	37	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	9	F/1.5	136
蓋部中性子 遮蔽材カバー	SGV480	115	3	F/1.5	157
底部中性子 遮蔽材カバー	SUS304	125	29	F/1.5	136
一次蓋シール部 （蓋側）	GLF1	115	63	Sy	185
一次蓋シール部 （胴側）	GLF1	120	33	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	207	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	185	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	Sy/√3	31

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy、0.7Su、Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su、Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

7.3.5　衝突部位近傍の評価

（１）検査架台への衝突

検査架台への衝突時には、外筒の衝突部近傍にせん断応力が発生することから、せん断により変形しないことを評価する。衝突部近傍に発生するせん断応力は、衝撃荷重を衝突部の断面積で除して算出する。衝突部近傍の応力解析結果を第 7-16 表に示す。発生するせん断応力は、基準を満足しており、安全機能への影響はない。

（２）貯蔵架台への衝突、横倒し時の衝突、二次蓋の衝突及び緩衝体の衝突

貯蔵架台への衝突時、横倒し時の衝突時、二次蓋の衝突時及び緩衝体の衝突時には、衝突部近傍に圧縮応力が発生することから、圧縮により変形しないことを評価する。衝突部近傍に発生する圧縮応力は、衝撃荷重を衝突部の断面積で除して算出する。衝突部近傍の応力解析結果を第 7-16 表に示す。発生する圧縮応力は、基準を満足しており、安全機能への影響は生じない。

第 7-16 表　各想定事象時の衝突部位近傍の応力解析結果

項目	衝撃荷重 (N)	衝突部の 断面積 (mm^2)	衝突部に発 生する応力 (MPa)	解析 基準 (注 1)	解析 基準値 (MPa)
a.検査架台への 衝突	3.893×10^6	1.970×10^5(注 2)	20(せん断)	$Sy/\sqrt{3}$	135
b.貯蔵架台への 衝突	3.666×10^6	9.448×10^5(注 3)	4(圧縮)	Sy	183
d.横倒し時の衝 突	1.281×10^6	4.522×10^4(注 4)	29(圧縮)	Sy	185
e.二次蓋の衝突	3.940×10^5	7.556×10^5(注 5)	1(圧縮)	Sy	185
f.緩衝体（上部） の衝突	1.910×10^6	9.377×10^5(注 6)	3(圧縮)	Sy	185
f.緩衝体（下部） の衝突	1.615×10^6	9.448×10^5(注 3)	2(圧縮)	Sy	183

(注 1)Sy：設計降伏点（規格値）。検査架台への衝突における解析　基準値は、せん断ひずみエネルギー説に基づき Sy の $1/\sqrt{3}$ とした。検査架台への衝突を除く衝突事象の解析基準は Sy とした。

(注 2)外筒のせん断断面積

(注 3)胴底部の圧縮断面積

(注 4)胴上部の圧縮断面積

(注 5)胴フランジ（二次蓋部）の圧縮断面積

(注 6)胴フランジ（三次蓋部）の圧縮断面積

7.3.6　使用済燃料集合体の評価

7.2で抽出した想定事象が万一発生した場合でも、使用済燃料集合体に発生する応力は弾性範囲内であり、使用済燃料集合体に過度な変形が生じず、燃料ペレットが燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料集合体の再取出性に問題ないことを評価する。

第7-17表に示すとおり、核燃料輸送物設計承認申請の0.3m落下（一般の試験条件）において使用済燃料集合体に発生する応力は弾性範囲内である。想定事象における衝撃加速度は、0.3m落下における衝撃加速度以下であるため、想定事象において使用済燃料集合体に発生する応力も弾性範囲内となる。なお、使用済燃料集合体は乾式キャスク内部にあって結合されていないため、a.、b.及びd.の事象では使用済燃料集合体に発生する加速度は乾式キャスクの衝突等の事象によって発生する方向の加速度と同等である。一方、e.及びf.の事象では、衝突時に内部収納物の慣性力が作用しないため、使用済燃料集合体に発生する衝撃加速度は自重のみとなる。

したがって、各想定事象において、使用済燃料集合体に過度な変形が生じず、燃料ペレットが燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料集合体の再取出性に問題はない。

第 7-17 表　使用済燃料集合体の応力評価結果

項目	想定事象における衝撃加速度	0.3m 落下における衝撃加速度	0.3m落下における発生応力	解析基準	解析基準値(MPa)
a.検査架台への衝突	3.3g(注 1)	21.4g(水平落下)	141 MPa	Sy	589 MPa[1)](ｼﾞﾙｺﾆｳﾑ、215℃)
b.貯蔵架台への衝突	3.1g(注 1)	27.5g(頭部垂直落下)	105 MPa		
d.横倒し時の衝突	1.1g(注 1)	21.4g(水平落下)	141 MPa		
e.二次蓋の衝突	1g(注 2)	27.5g(頭部垂直落下)	105 MPa		
f.緩衝体（上部）の衝突	1g(注 2)	21.4g(水平落下)	141 MPa		
f.緩衝体（下部）の衝突	1g(注 2)	21.4g(水平落下)	141 MPa		

（注 1）第 7-8 表に記載する衝撃荷重と第 7-6 表に記載する質量から、以下式により算出。

$$衝撃加速度(g)=\frac{衝撃荷重(N)}{質量(kg)\times g(9.80665m/s^2)}$$

（注 2）二次蓋の衝突時及び緩衝体の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用しないため、使用済燃料集合体に発生する衝撃加速度は自重とする。

7.3.7　各想定事象時の衝撃荷重のばね定数の算出方法について

(1) 検査架台への衝突

検査架台への衝突時には、第 7-23 図に示す 2 枚の足場板の梁が圧縮変形するとして検査架台衝突部のばね剛性 K_1は次式[2)]より算出する。

$K_1 = E_1 A_1 / L_1$ ..... (1)

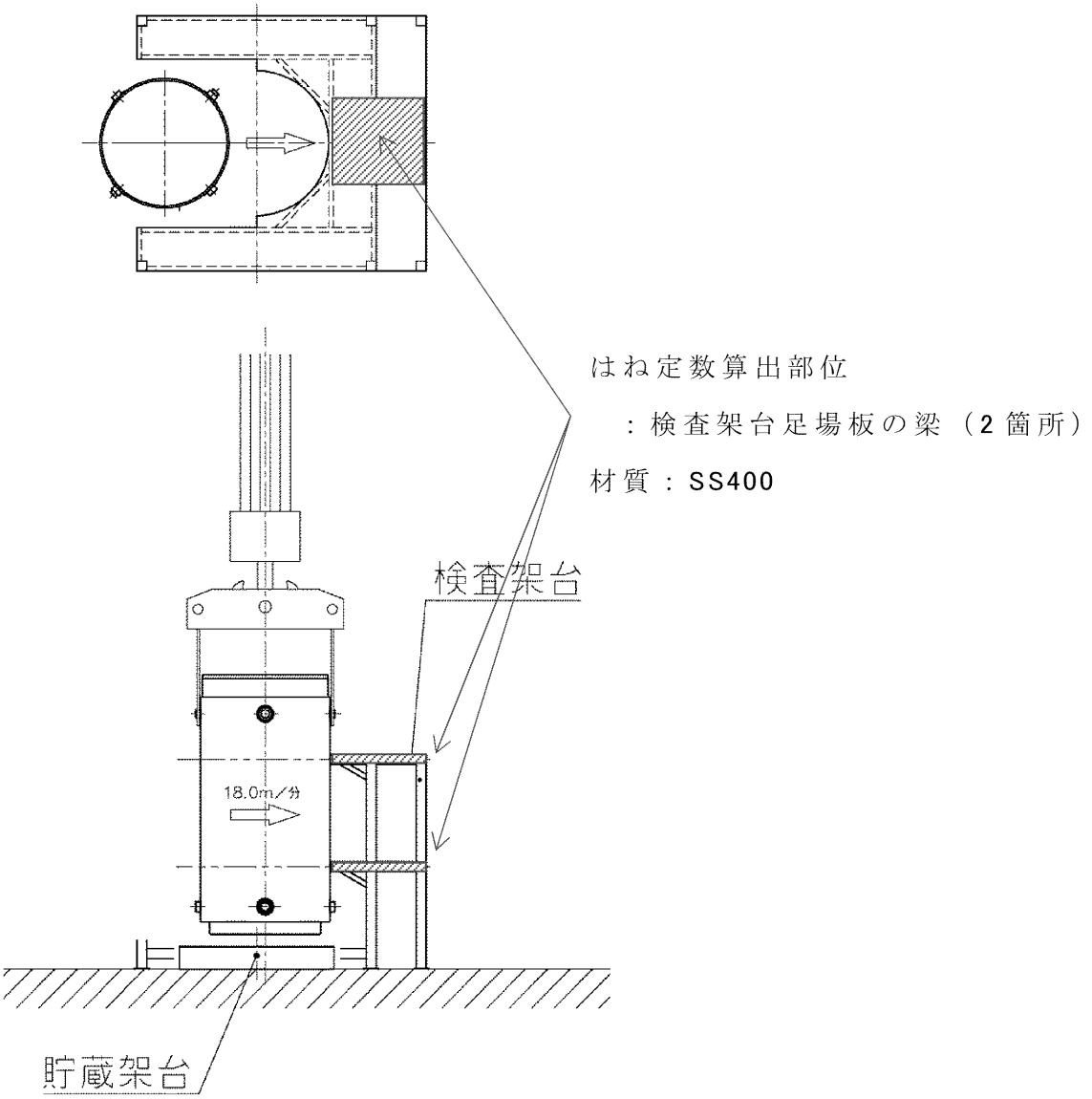
$= 1.410 \times 10^6$ N/mm (1.410×10^9 N/m)

ここで、

E_1 ：梁の縦弾性係数= 202000 MPa

A_1 ：梁の断面積 = 11400 mm^2 (※1)

L_1 ：梁の全長 = 1640 mm



第 7-23 図 検査架台への衝突時のばね定数の算出モデル

(※1) 梁の断面積(A_1) 設計根拠

衝突範囲内にあるＬアングルの断面積と個数より算出する。

Ｌアングル(100×100) 断面積

A = 19cm²

[JIS G 3192]

衝突範囲内のＬアングル個数

N = 3 個/段×2 段 = 6 個

[下図参照]

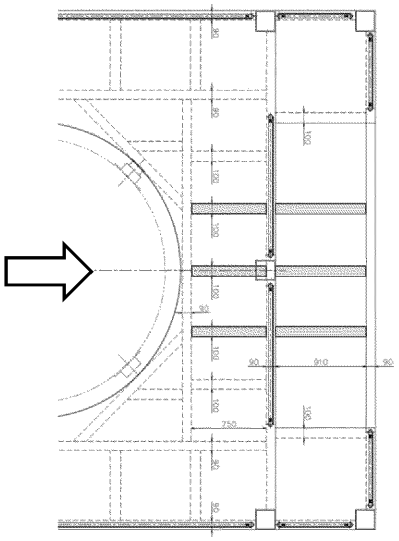
梁の断面積

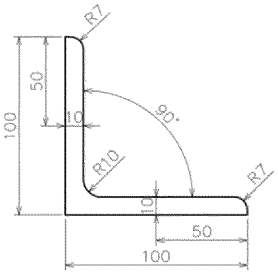
A_1 = A×N

= 19×6

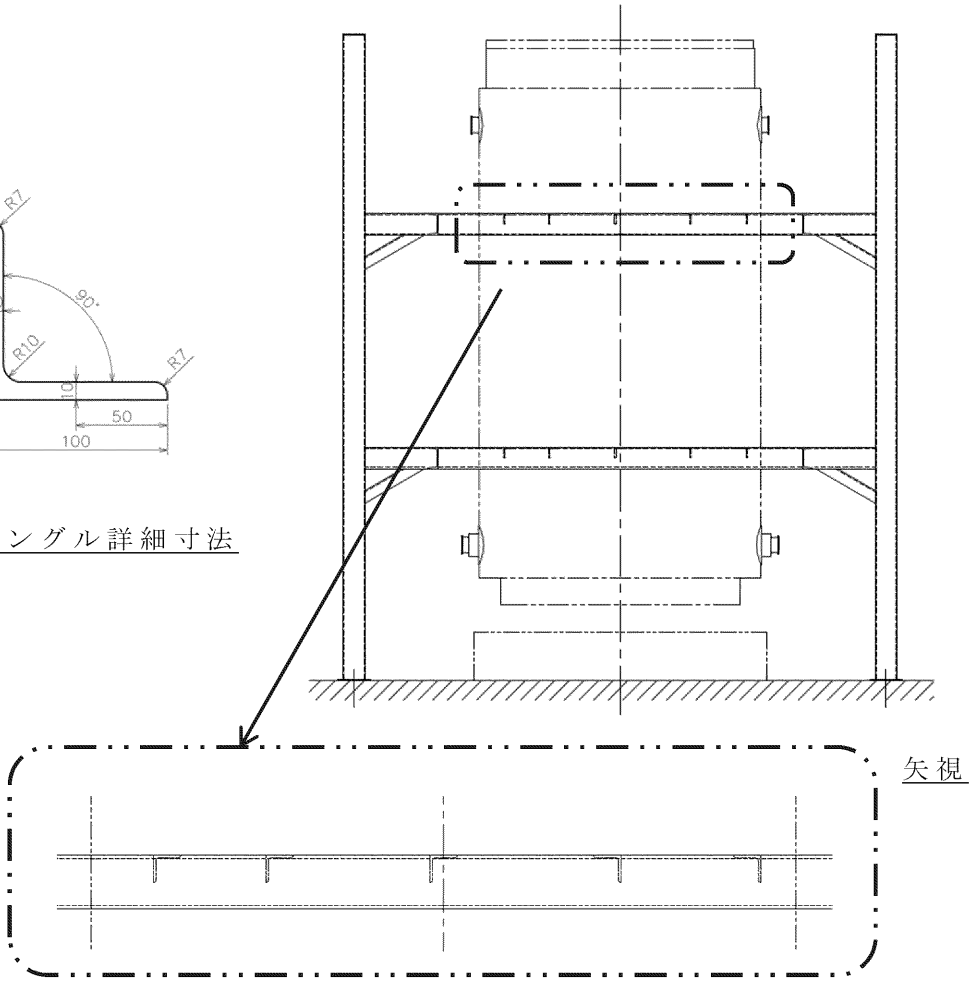
= 114 cm²

= 11,400 mm²





Ｌアングル詳細寸法

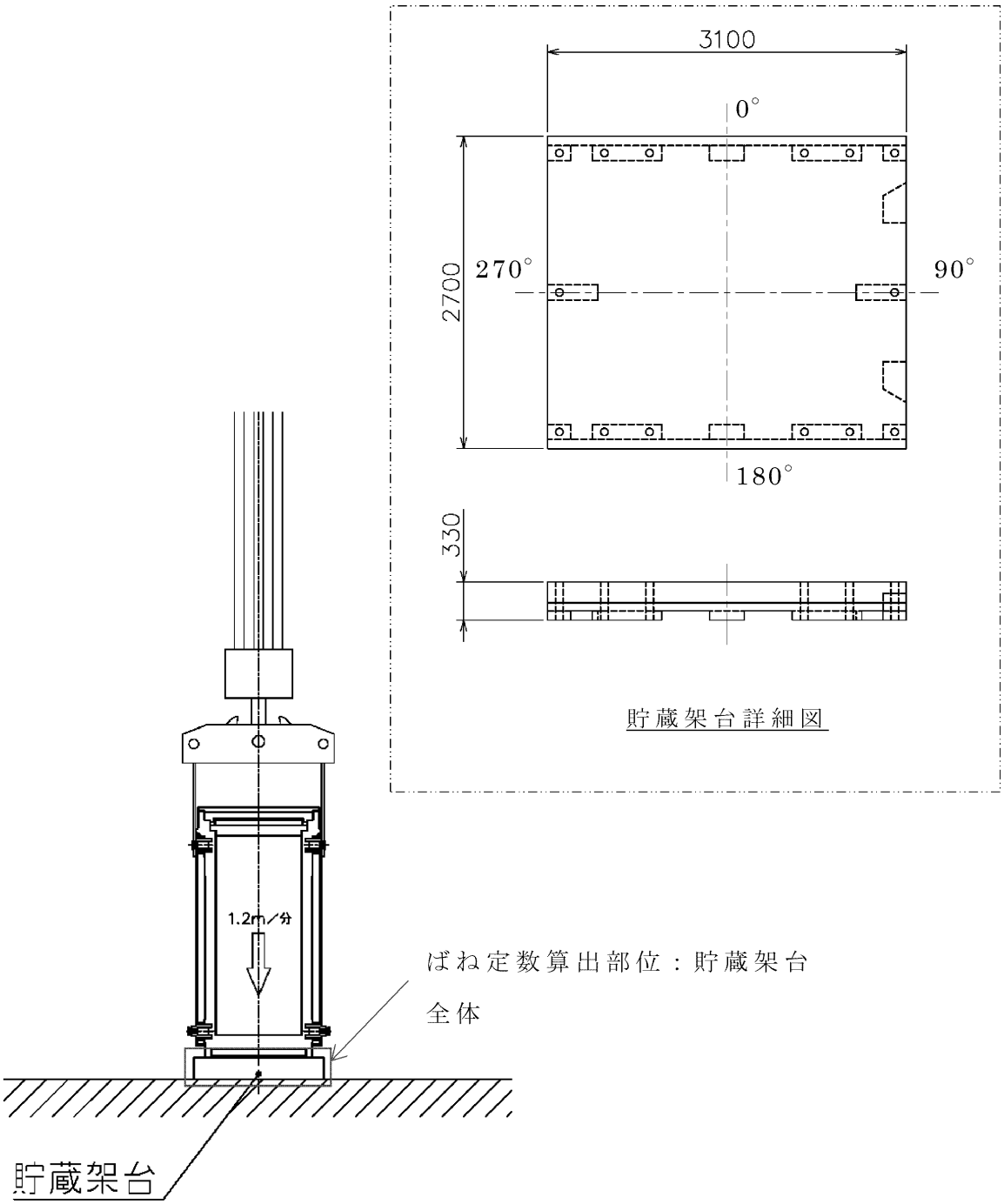


詳細図

(2) 貯蔵架台への衝突

貯蔵架台への衝突時には、第 7-24 図に示す貯蔵架台が圧縮及び曲げ変形するとして貯蔵架台のばね剛性K_2はFEMにより貯蔵架台形状をモデル化し算出する。

$K_2 = 1.016 \times 10^{11}$ N/m.....(2)



第 7-24 図 貯蔵架台への衝突時のばね定数の算出モデル