

添付7 自然現象等による損傷の防止に関する説明書

添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書

添付7-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する基本方針

目次

1. 概要	1
2. 自然現象等による損傷の防止に関する基本方針	2
2.1 自然現象の検討	2
2.2 人為現象の検討	2
2.3 設計上検討すべき事象に対する設計方針	2
2.4 事象の組合せ	2
3. 外部からの衝撃への配慮	4
3.1 自然現象	4
3.2 人為現象	6
3.2.1 人為現象に対する具体的な設計上の配慮	6
4. 組合せ	7
4.1 自然現象の組合せについて	7
4.2 組合せを考慮すべき自然現象の基本的な考え方	7
4.3 自然現象の組合せの抽出手順	8
4.4 影響モードの整理	8
4.5 影響モードを考慮した自然現象のグループ化	8
4.6 考慮すべき自然現象の組合せの抽出	8
4.7 自然現象の組合せに対する対応	9

図表目次

第4-1表 自然現象の影響モード	9
第4-2表 自然現象の組合せ	10

1. 概要

本資料は、自然現象等の外部からの衝撃への配慮について説明するものである。

なお、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第7条（地震による損傷の防止）並びにその「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「解釈」という。）」に対する説明については、「添付5. 主要な使用済燃料貯蔵施設の耐震性に関する説明書」にてその適合性を説明する。技術基準規則第8条並びにその解釈に対する説明については、「添付6. 津波による損傷の防止に関する説明書」にてその適合性を説明する。また、これらの事象と自然現象の組合せについても、それぞれの資料で説明する。

2. 自然現象等による損傷の防止に関する基本方針

使用済燃料貯蔵施設は、リサイクル燃料備蓄センターの敷地及びその周辺で想定される自然現象等に対して基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。検討においては、防護すべき施設を明確にし、自然現象については、組合せによる荷重の重畳を考慮する。

2.1 自然現象の検討

使用済燃料貯蔵施設は、リサイクル燃料備蓄センターの敷地及びその周辺で想定される洪水、風（台風）、竜巻、低温・凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等の自然現象（地震及び津波を除く。）による荷重の組合せに遭遇した場合においても基本的安全機能を損なうおそれのない設計とし、自然現象による影響に対して、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置又は供用中における運用上の適切な措置を講じる。

2.2 人為事象の検討

使用済燃料貯蔵施設は、リサイクル燃料備蓄センターの敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等の使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）に対して、基本的安全機能を損なうおそれのない設計とし、人為事象による影響に対して、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置又は供用中における運用上の適切な措置、その他、対象とする発生源から一定の距離を置くことによる適切な措置を講じる。

2.3 外部からの衝撃より防護すべき施設の選定

外部からの衝撃より防護すべき施設（以下、本資料において「外部事象防護施設」という。）は、基本的安全機能を有する金属キャスク、及び施設が有する機能の基本的安全機能との関係性を考慮し、遮蔽機能及び除熱機能の一部を担う使用済燃料貯蔵建屋とする。なお、金属キャスクの直接支持構造物である貯蔵架台は、自然現象等に対して、間接支持構造物である使用済燃料貯蔵建屋が構造健全性を維持することで、機能を維持することが可能であることから、外部事象防護施設とはしない。

外部事象防護施設の防護設計については、「添付7-2 竜巻への配慮に関する説明書」における「添付7-2-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定」、 「添付7-3 火山への配慮に関する説明書」における「添付7-3-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」及び「添付7-4 外部火災への配慮に関する説明書」における「添付7-4-2 外部の影響を考慮する施設の選定及び設計方針」に示す。

2.4 事象の組合せ

使用済燃料貯蔵施設の設計において考慮する自然現象については、その特徴及びリサイクル燃料備蓄センターの地学、気象学的背景を踏まえ、必要に応じて異種の自然現象

の組合せによる荷重の重畳を考慮する。

3. 設計上検討すべき事象に対する設計方針

3.1 自然現象

外部事象防護施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、その安全性を損なうおそれがないよう設計するとともに、必要に応じて、防護措置又は供用中における運用上の措置を含む適切な措置を講じる。

設計上考慮する自然現象（地震及び津波を除く。）は、事業変更許可を受けた以下の8事象とする。

- ・風（台風）
- ・竜巻
- ・低温・凍結
- ・降水
- ・積雪
- ・落雷
- ・火山の影響（降下火砕物）
- ・森林火災

また、以上の8事象のうち、風（台風）、積雪及び火山の影響（降下火砕物）の組合わせによる荷重の重畳を考慮する。

(1) 風（台風）

外部事象防護施設の風荷重に対する設計は、地方毎に過去の台風の記録及び文献を考慮し、建築基準法に基づく風速34m/sで行う。外部事象防護施設は、使用済燃料貯蔵建屋が構造健全性を維持することで、基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

(2) 竜巻

外部事象防護施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対してその基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。また、外部事象防護施設は、過去の竜巻被害状況から想定される竜巻に伴う事象に対して、基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

また、外部事象防護施設の基本的安全機能に影響を及ぼす可能性のある飛来物の影響を考慮する。なお、詳細については、「添付7-2 竜巻への配慮に関する説明書」に示す。

(3) 低温・凍結

金属キャスク及び屋外機器で凍結のおそれのあるものに対しては、敷地付近で観測された最低気温の観測値（むつ特別地域気象観測所での観測記録から -22.4°C 、函館海洋気象台での観測記録から -19.4°C ）を考慮した低温・凍結に対し、基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

屋外機器で凍結のおそれのあるものについては、使用時以外は乾燥保管とする、また

は地下に設置することにより機能を損なわない設計とする。

(4) 降水

外部事象防護施設は、敷地付近で観測された日最大降水量（むつ特別地域気象観測所での観測記録から162.5mm，函館海洋気象台での観測記録から176mm）及び1時間降水量の最大値（むつ特別地域気象観測所での観測記録から51.5mm，函館海洋気象台での観測記録から63.2mm）を考慮した降水に対して，貯蔵建屋内への降水の侵入防止を考慮した設計により，降水に起因する金属キャスク表面への結露の付着を防止する。また，万が一，建屋内に降水が侵入した場合でも基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

(5) 積雪

外部事象防護施設は，敷地付近で観測された最深積雪（むつ特別地域気象観測所での観測記録から170cm，函館海洋気象台での観測記録から91cm）を考慮し，170cmの積雪に基づく積雪荷重に対して基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

また，積雪に対しては，あらかじめ手順を定め，除雪を行うことを保安規定に定め，運用する。

(6) 落雷

使用済燃料貯蔵建屋は，落雷による雷撃に対し，建築基準法に基づき建屋屋上に棟上導体を設置する設計とする。

(7) 火山の影響（降下火砕物）

金属キャスクは使用済燃料貯蔵建屋内に收容されるため，基本的安全機能に影響を及ぼす可能性のある火山事象として設定した層厚30cm，密度1.5g/cm³（湿潤状態）の降下火砕物の荷重に対し，使用済燃料貯蔵建屋の構造健全性を維持することにより，外部事象防護施設の基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。なお，詳細については，「添付7-3 火山への配慮に関する基本方針」に示す。

(8) 森林火災

外部事象防護施設は，想定される外部火災において，最も厳しい火災が発生した場合においても基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

外部事象防護施設は，防火帯の設置，建屋による防護，離隔距離の確保による防護，熱影響評価を行うことで，基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

また，外部火災による二次的影響（ばい煙，有毒ガス）の影響についても評価を行い，外部事象防護施設の基本的安全機能を損なうおそれのない設計とする。

使用済燃料貯蔵施設の敷地内の火災源としては，森林火災，危険物貯蔵設備の火災，航空機墜落による火災を想定し，必要に応じ，火災が同時に発生した場合の重畳火災を想定する。

使用済燃料貯蔵施設の敷地外の火災源としては、近隣の産業施設の火災・爆発を想定する。なお、詳細については、「添付7-4 外部火災への配慮に関する基本方針」に示す。

3.2 人為事象

外部事象防護施設は、人為事象に対して基本的安全機能を損なうおそれのない設計とし、人為事象による影響に対して、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、供用中における運用上の適切な措置を含む措置を講じる。

設計上考慮する人為事象としては、事業変更許可を受けた以下の事象とする。

- ・火災・爆発（近隣工場等の火災・爆発，航空機墜落による火災）

なお、使用済燃料貯蔵施設で想定される人為事象のうち、ダムの崩壊及び船舶の衝突については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

生物学的事象については、事象の進展が緩慢であること及び使用済燃料貯蔵施設は、金属キャスクを静的に貯蔵する施設であり、生物学的事象により電源喪失に至った場合でも基本的安全機能が損なわれるおそれがないことから設計上考慮する必要はない。

有毒ガスについては、立地的要因等から、設計上考慮する必要はない。

電磁的障害については、使用済燃料貯蔵施設は、使用済燃料集合体を金属キャスクに収納した状態で静的に貯蔵する施設であり、電磁干渉や無線電波干渉によって基本的安全機能を損なうおそれはないことから、設計上考慮する必要はない。

飛来物（航空機落下等）の影響については、リサイクル燃料備蓄センター周辺には、飛来物の発生の原因となり得る工場はないことから、工場からの飛来物を考慮する必要はない。また、航空機落下については、これまでの事故実績をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機が使用済燃料貯蔵施設へ落下する確率を評価している。その結果は約 5.1×10^{-8} 回/施設・年であり、 10^{-7} 回/施設・年を下回ることから、航空機落下を考慮する必要はない。

なお、定期的に航空路を含めた航空機落下確率評価に用いる最新データの変更状況を確認し、防護措置の要否を判断することについて、保安規定に定め、運用する。

3.2.1 人為事象に対する具体的な設計上の配慮

- (1) 外部火災（近隣工場等の火災・爆発，航空機墜落による火災）

人為事象に対する具体的な設計は、「3.1自然現象 (8) 森林火災」に記載のとおりである。

4. 組合せ

4.1 自然現象の組合せについて

使用済燃料貯蔵施設の設計において考慮する自然現象については、その特徴及びリサイクル燃料備蓄センターの地学、気象学的背景を踏まえ、必要に応じて異種の自然現象の組合せを考慮する。

組合せを考慮する自然現象は、使用済燃料貯蔵施設で設計上の考慮を必要とする自然現象（地震及び津波を除く。）として抽出された風（台風）、竜巻、低温・凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響（降下火砕物）及び森林火災の8事象について、以下の観点から組合せによる重畳を考慮する必要性を検討する。

- ・自然現象に伴う荷重の影響の現れ方（影響の現れ方が異なる組合せ、影響の大きさが一方の自然現象で代表できる組合せ及び自然現象同士で影響が相殺される組合せについては、組合せを考慮する自然現象から除外する）
- ・複数の自然現象が同時に発生する可能性（同時に発生する可能性が合理的に考えられない自然現象の組合せ及び発生可能性が小さく継続時間も短い自然現象の組合せについては、組合せを考慮する自然現象から除外する）

検討の結果、使用済燃料貯蔵建屋に対する荷重の観点から、事業変更許可申請書において示すとおり、積雪、風（台風）及び火山の影響（降下火砕物）の組合せによる荷重の重畳を考慮することとし、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を損なわないよう、必要に応じて、防護措置その他、運用上の措置を含む適切な措置を講じる。

4.2 組合せを考慮すべき自然現象の基本的な考え方

(1) 組合せを考慮する自然現象の抽出

組合せを考慮すべき自然現象を抽出する上で、以下の観点から検討を行う。

① 使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能への影響の現れ方（影響モード）

- ・複数の自然現象の影響モードについて

影響モードが異なる場合、複数の自然現象を組合せても影響は変わらないため、自然現象の組合せを考慮する必要はない。

- ・複数の自然現象の影響モードが同じ場合の影響の大きさ及び方向性について

一方の自然現象による影響が他方の自然現象による影響に比べて小さく、一方で代表できる場合、両者の組合せによる影響は代表事象による影響を大きく上回るものではなく、両者の自然現象の組合せを考慮する必要性は小さい。

また、一方の自然現象による影響が、他方の自然現象による影響を相殺する方向に働く場合、両者の組合せによる影響は各々の自然現象が単独で発生した場合の影響を下回るため、両者の自然現象の組合せを考慮する必要はない。

② 自然現象が同時に発生する可能性

- ・自然現象相互の従属性について

互いに従属性が高い自然現象については、同時に発生する可能性が考えられるため、組合せを考慮する。

なお、同時に発生する可能性が合理的に考え難い自然現象については、組合せを考慮する必要はない。

・各々の自然現象の発生頻度，継続時間について

発生の可能性が小さく継続時間も短い自然現象は，同時に影響を及ぼす可能性が非常に小さいと考えられるため，これらの自然現象の組合せを考慮する必要性は小さい。

4.3 自然現象の組合せの抽出手順

使用済燃料貯蔵施設に要求される基本的安全機能及び選定した自然現象の性質を考慮し，「4.2 組合せを考慮すべき自然現象の基本的な考え方」に示した考え方に基づき，以下の手順により，使用済燃料貯蔵施設における組合せを考慮すべき自然現象を抽出する。

- (1) 「4.1 自然現象の組合せについて」で説明した自然現象について，影響モードを整理する。
- (2) (1) の影響モードの整理結果を元に，影響モードが同じ自然現象をグループ化する。
- (3) (2) にてグループ化した自然現象の組合せについて，基本的な考え方にて示した「影響の大きさ及び方向性」及び「自然現象が同時に発生する可能性」を検討し，自然現象の組合せを抽出する。

4.4 影響モードの整理

「4.3 自然現象の組合せの抽出手順」(1)に基づき，「4.1 自然現象の組合せについて」で説明した自然現象の影響モードの整理結果を第4-1表に示す。

4.5 影響モードを考慮した自然現象のグループ化

「4.3 自然現象の組合せの抽出手順」(2)に基づき，影響モードの同じ自然現象を以下のようにグループ化する。

- ・使用済燃料貯蔵建屋に対する荷重（水平方向）：風（台風）及び竜巻
- ・使用済燃料貯蔵建屋に対する荷重（垂直方向）：積雪及び火山
- ・使用済燃料貯蔵建屋給排気口の閉塞：積雪及び火山
- ・使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度：低温・凍結，落雷及び森林火災

なお，降水による金属キャスクの本体表面の腐食では，組合せを考慮する荷重は発生しない。

4.6 考慮すべき自然現象の組合せの抽出

「4.3 自然現象の組合せの抽出手順」(3)に基づき，「4.5 影響モードを考慮した自然現象のグループ化」にてグループ化した自然現象の組合せについて，「影響の大きさ及び方向性」及び「自然現象が同時に発生する可能性」の観点から検討し，考慮すべき自然現象の組合せを抽出する。

- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（水平方向）：風（台風）及び竜巻

使用済燃料貯蔵建屋への荷重については、風（台風）による影響は、竜巻による影響に比べて小さく、両者の組合せは竜巻による影響に包含されるため、組合せを考慮する必要はない。

- ・使用済燃料貯蔵建屋荷重（垂直方向）：積雪及び火山

使用済燃料貯蔵建屋への荷重について、組合せを考慮する必要がある。

- ・使用済燃料貯蔵建屋の給排気口の閉塞：積雪及び火山

使用済燃料貯蔵建屋の給排気口の閉塞について、組合せを考慮する必要がある。

- ・使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度：低温・凍結、落雷及び森林火災

使用済燃料貯蔵建屋及び金属キャスクの温度に与える影響について、低温・凍結は温度を低下させる方向に、落雷による火災及び森林火災は温度を上昇させる方向に働き、両者が同時に発生した場合でも、一方の自然現象による影響が他方の自然現象による影響を相殺する方向に働くことから、各々の自然現象が単独で発生した場合の影響を下回るため、両者の組合せを考慮する必要はない。

以上の整理結果は、第4-2表に示すとおりであり、積雪、風（台風）及び降下火砕物の組合せによる使用済燃料貯蔵建屋への影響を考慮する。

4.7 自然現象の組合せに対する対応

検討の結果、考慮する自然現象の組合せによる重畳について、積雪と降下火砕物の組合せによる重畳を抽出した。

使用済燃料貯蔵建屋については、積雪と降下火砕物の組合せにおける使用済燃料貯蔵建屋の構造健全性を確認するとともに、使用済燃料貯蔵建屋において、積雪状態で降下火砕物が堆積しても管理基準を上回らないよう運用上の措置を講じる。

第4-1表 自然現象の影響モード

事象	影響モード	説明
風（台風）	荷重（水平）	風圧力に伴う荷重による建屋の構造健全性への影響が想定される。
竜巻	荷重（水平）	風圧力に伴う荷重，飛来物の衝突荷重による建屋の構造健全性への影響が想定される。
低温・凍結	温度	貯蔵時の金属キャスク表面温度低下による影響が想定される。
積雪	荷重（垂直） 閉塞	積雪荷重による建屋の構造健全性への影響が想定される。また、給排気口閉塞による除熱機能の阻害が想定される。
火山の影響	荷重（垂直） 閉塞	火山灰荷重による建屋の構造健全性への影響が想定される。また、給排気口閉塞による除熱機能の阻害が想定される。
森林火災	温度	火災により除熱機能に影響を及ぼすおそれがある。

第4-2表 自然現象の組合せ

	風 (台風)	竜巻	低温 ・凍結	積雪	火山の 影響 (降下 火砕 物)	森林 火災	備 考
荷重 (水平)	□	□					風(台風)の影響は竜巻に包含される。
荷重 (垂直)				○	○		
閉塞				△	△		給排気口の高さは、十分な余裕がある。また給排気口に遮風板等の対策を施工済み。
温度			×			×	

○：重畳の評価が必要な組合せ

×：影響が逆の組合せ

△：評価・対策済みの組合せ

□：影響が片方の事象に包含される組合せ

添付7-2 竜巻への配慮に関する説明書

添付7-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針及び竜巻の影響を
考慮する施設の選定

目次

1. 概要	1
2. 竜巻防護に関する基本方針	2
2.1 基本方針	2
2.1.1 外部事象防護施設	2
2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定	2
2.1.3 竜巻防護の設計方針	3
2.2 適用規格及び適用基準	4

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）の竜巻防護設計が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。） 第九条（外部からの衝撃による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 竜巻防護に関する基本方針

2.1 基本方針

貯蔵施設の竜巻防護設計は、貯蔵施設が設計竜巻によりその基本的安全機能が損なわれないよう、施設の設置状況等を考慮して、外部からの衝撃より防護すべき施設（以下「外部事象防護施設」という。）に対する設計竜巻からの影響を評価し、貯蔵施設が基本的安全機能を損なうおそれがある場合は、影響に応じた防護措置その他の適切な措置を講じることを目的とし、技術基準規則に適合するように設計する。

「添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「3.1 (1) 風(台風)」を踏まえ、風(台風)に対する設計についても、竜巻に対する設計で確認する。確認結果については、本資料で示し、包絡関係を確認する。

2.1.1 外部事象防護施設

貯蔵施設においては、金属キャスクが基本的安全機能を有する設備に該当する。

また、金属キャスクを内包する使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は、遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている設備であることから基本的安全機能を有する設備に該当する。

したがって、これらを竜巻の影響を考慮する施設とし、外部事象防護施設は貯蔵建屋及び金属キャスクとする。

2.1.2 設計竜巻及び設計飛来物の設定

設計竜巻及び設計飛来物の設定について、以下に示す。

(1) 設計竜巻

設計竜巻は最大風速100m/sとし、設計竜巻荷重の算定に用いる竜巻の特性値は、移動速度15m/s、最大接線風速85m/s、最大接線風速半径30m、最大気圧低下量89hPa、最大気圧低下率45hPa/sと設定する。

設計竜巻の最大風速100m/sに対して、風(台風)の風荷重に対する設計は、地方毎に過去の台風の記録及び文献を考慮した建築基準法に基づく風速34m/sで行うため、風(台風)の設計は竜巻の設計に包含される。

(2) 設計飛来物

使用済燃料貯蔵事業変更許可申請書（以下「事業変更許可申請書」という。）にて申請したとおり、貯蔵施設の敷地内及び敷地近傍について現地調査を行い、敷地内及び敷地近傍の資機材等の設置状況を踏まえ、貯蔵建屋に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。抽出した飛来物の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー及び貫通力を考慮して設計飛来物を設定する。

設計飛来物を設定する上では、飛来物の運動エネルギーについて、衝撃荷重を保守的に見積もる観点から評価を行い、飛来物の飛来の有無を判断する上では、実際の竜巻による災害事例等を考慮に加えて検討を行う。

また、飛来物の挙動（運動エネルギー、飛散距離、浮き上がり高さ）の点から飛散防止を図ることが望ましい物品については、固縛や車両退避等の飛散防止措置を実施することにより、設計飛来物から除外する。

その結果、貯蔵建屋に衝突する可能性がある飛来物のうち、大きな貫通力を持つ物品として「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成25年6月19日原規技発第13061911号原子力規制委員会決定）（以下「ガイド」という。）を参考にして鋼製材を、また大きな運動エネルギーを持つ物品としてワゴン車をそれぞれ設計飛来物として設定する。

2.1.3 竜巻防護の設計方針

外部事象防護施設について、「設計竜巻及び設計飛来物の設定」にて設定した設計竜巻荷重（設計竜巻の風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた荷重）及びその他考慮すべき荷重に対する竜巻防護設計を実施する。外部事象防護施設に対し設計荷重に対する影響評価を実施する。

(1) 設計方針

外部事象防護施設は、最大風速100m/sの竜巻が発生した場合においても、基本的な安全機能を損なわないために、竜巻飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a. 竜巻飛来物の発生防止対策

屋外において飛散するおそれのある車両及び資機材については、設計飛来物であるワゴン車（長さ5.4m×幅1.9m×高さ2.3m、質量1,970kg、飛来時の水平速度53m/s、飛来時の鉛直速度27m/s）及び鋼製材（長さ4.2m×幅0.3m×奥行き0.2m、質量135kg、飛来時の水平速度51m/s、飛来時の鉛直速度34m/s）よりも運動エネルギー又は貫通力が大きな車両及び資機材の設置状況、寸法、質量及び形状から影響の有無を判断する。

外部事象防護施設へ影響を及ぼす車両及び大型の資機材については、飛散防止措置として、固縛、固定又は退避を実施する。

具体的には、設計飛来物（ワゴン車）を超える大きさの車両については、固縛または車両退避を実施し、また、大型の資機材について固縛、固定の措置の措置を実施する。

b. 竜巻防護対策

金属キャスクに対しては、竜巻飛来物が貯蔵建屋の開口部を通過して衝突する可能性は極めて低く、また、設計飛来物の衝突を仮定しても基本的安全機能への影響は小さいため、竜巻による直接的な影響を考慮する必要はない。

その上で、貯蔵建屋に対しては、金属キャスクを内包する外殻の施設として、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、設計荷重に対して、構造健全性を維持することにより基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物が貯蔵建屋に衝突したとしても、貫通、裏面剥離の発生により、貯蔵施設の基本的安全機能を損なわない設計とする。

(2) 荷重の組合せ

貯蔵建屋の竜巻防護設計における強度評価は、以下に示す設計竜巻荷重とそれ以外の荷重の組合せを適切に考慮して、貯蔵建屋の強度評価を実施し、その結果がそれぞれ定める許容限界内にあることを確認する。

a. 設計竜巻荷重

竜巻により貯蔵建屋に作用する荷重として、「風圧力による荷重」、「気圧差による荷重」及び「設計飛来物による衝撃荷重」を考慮し、これらを適切に組み合わせた複合荷重とする。

b. 設計竜巻以外の荷重

設計竜巻以外の荷重としては、貯蔵建屋に常時作用する荷重及び自然現象による荷重を考慮し、設計竜巻荷重と適切に組み合わせるものとする。

(3) 判断基準

a. 貯蔵建屋

貯蔵建屋の設計においては、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較し、限界厚さが部材の最小厚さを超えないことを判断基準とする。

また、健全性の評価については、設計荷重により発生する変形又は応力と安全上適切と認められる規格及び規準による許容応力度等の許容限界を比較し、設計荷重により発生する変形又は応力が許容限界を超えないことを判断基準とする。

2.2 適用規格及び適用基準

適用する規格、基準を以下に示す。

- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成25年12月6日原子力規制委員会規則第24号)
- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」
(平成25年11月27日原管廃発第1311272号原子力規制委員会決定)
- ・「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」
(令和2年3月17日原子力規制委員会規則第8号)
- ・「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」
(平成25年6月19日原規技発第13061911号原子力規制委員会決定)
- ・東京工芸大学 平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書，平成23年2月）

添付7-2-2 固縛対象物の選定

目次

1. 概要	1
2. 選定の基本方針	2
2.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針	2
3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定	3
3.1 貯蔵施設における飛来物の調査	3
3.2 固縛対象物の選定方法	3
3.3 固縛対象物の選定結果	6

図表目次

第2-1図 調査範囲（貯蔵施設敷地内）	4
第2-2図 調査範囲（貯蔵施設敷地周辺）	4
第2-3図 抗力係数	6
第2-1表 飛来物調査結果	5

1. 概要

本資料は、「添付7-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針及び竜巻の影響を考慮する施設の選定」の竜巻防護の設計方針を踏まえて、外部事象防護施設に対する竜巻防護のための固縛対象物の選定について説明するものである。

2. 選定の基本方針

竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針について説明する。

2.1 竜巻防護のための固縛対象物の選定の基本方針

外部事象防護施設に対して竜巻による飛来物の影響を防止する観点から、竜巻による飛来物として想定すべき資機材等について現地調査等を行い、設計竜巻により飛来物となり外部事象防護施設に波及的影響を及ぼす可能性があるものについて固縛等の飛散防止対策を講ずる。

3. 竜巻防護のための固縛対象物の選定

貯蔵施設の敷地内及び周辺に置かれる資機材等のうち、固縛を実施するものの選定について説明する。

3.1 貯蔵施設における飛来物の調査

貯蔵施設における飛来物に関する現地調査において、敷地内及び貯蔵建屋を中心とした敷地外を対象に、常設物、仮設物のうち飛来物となり得る物品及び二次飛来物を抽出した。

さらに、飛来物に関する現地調査の結果等を踏まえ、地面等に堅牢に固定されておらず飛来物となる可能性があるものとして確認された物品に関して、物品のサイズ（大、中、小）、剛／柔及び形状（棒状、板状、塊状）の特徴を踏まえて分類した。

調査範囲及び調査結果について、第2-1図、第2-2図及び第2-1表に示す。

3.2 固縛対象物の選定方法

貯蔵施設敷地内及び周辺において、抽出した飛来物となり得る資機材等について、資機材等の寸法、質量及び形状より空力パラメータ（ $C_D A/m$ ）を算出する。

飛来物の空力パラメータ $C_D A/m$ (m^2/kg)については、現地調査の結果から抽出された物品については既往文献*に基づき次式によって算定し、また、ガイドに示されている物品については既往文献*に記載されている値を用いる。

$$\frac{C_D A}{m} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$$

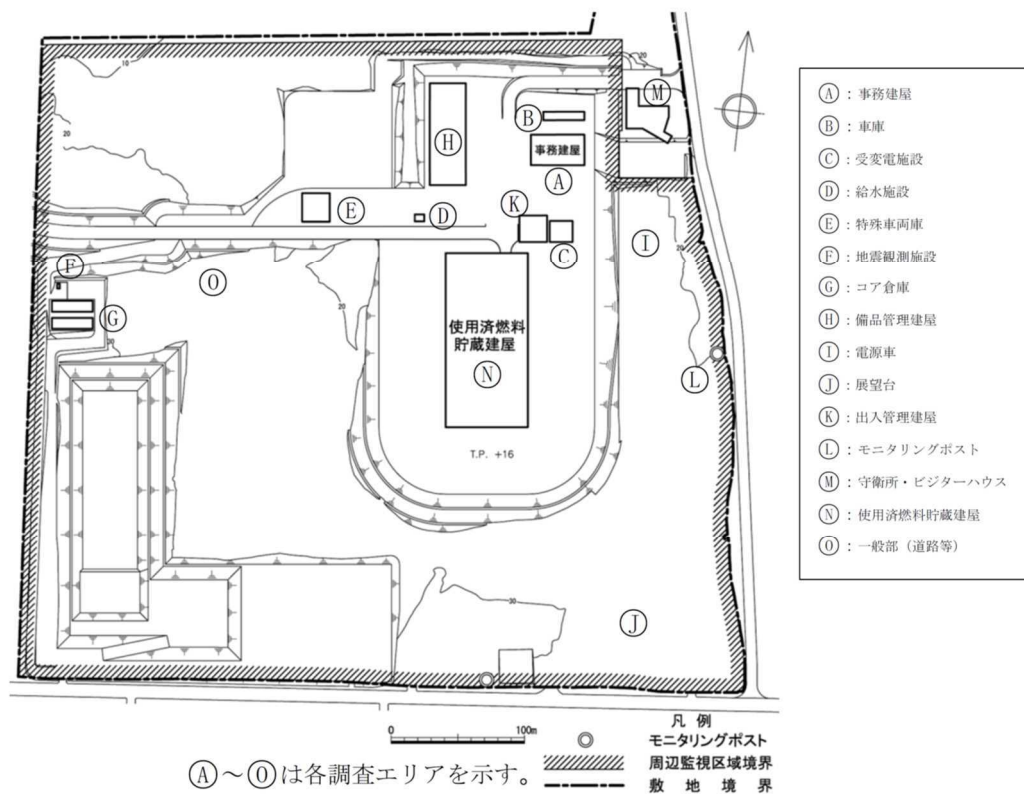
ここで、 C_D ：抗力係数（既往文献*に基づき第2-3図の値を用いる）

A ：表面積(m^2)， m ：質量(kg)

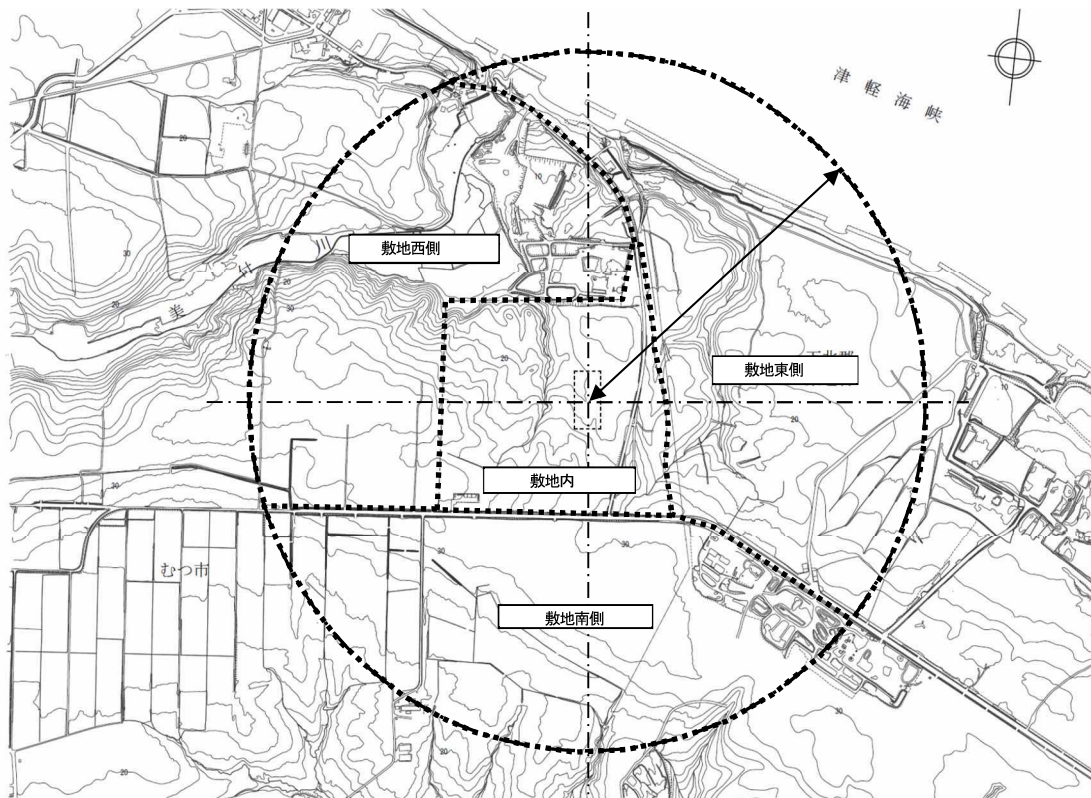
*：東京工芸大学，“平成21～22年度原子力安全基盤調査研究（平成22年度）竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究”（独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究成果報告書，平成23年2月）

算出した空力パラメータを用いて、竜巻による風を受ける物体の挙動を運動方程式により解き、出力として得られた物体の位置及び速度に基づき、評価に用いるパラメータ（浮き上がりが発生する場合の飛散距離、浮き上がり高さ、飛散速度、運動エネルギー）を算出する。

この結果より、外部事象防護施設に影響を及ぼす可能性のあるものについて固縛等の飛散防止対策を実施する。



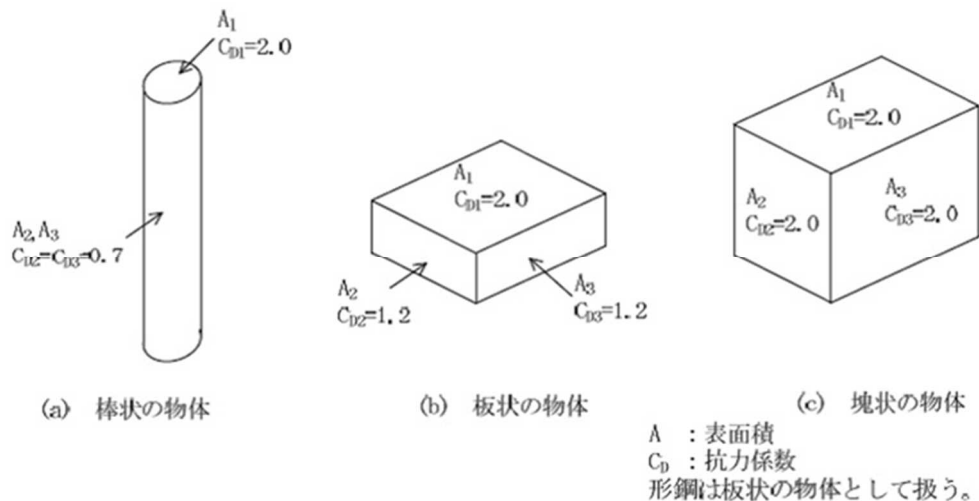
第2-1図 調査範囲（貯蔵施設敷地内）



第2-2図 調査範囲（貯蔵施設敷地周辺）

第2-1表 飛来物調査結果

			棒状	板状	塊状
①	小	柔	八木アンテナ	パラボラアンテナ 照明灯 標識 看板	カラーコーン ゴミ袋(雑草) 社名看板 テレビカメラ スピーカー 消火器
②	小	剛	鋼製パイプ 境界標	側溝グレーチング 集水柵グレーチング コンクリート板(小) マンホール蓋	砂利 石 U字溝 閃光灯
③	中	柔	—	プラスチック板 アルミ梯子 折板(屋根, 庇) 遮風板(穴開スチール) シャッター ガラス窓 押出成形板 換気/防雪フード アルミガラリ/ルーバ	—
④	中	剛	鋼製材	コンクリート板(大) コンクリート板(ガイド) 敷鉄板 	—
⑤	大	柔	ドラム缶	—	コンテナ 物置 軽自動車 乗用車 ワゴン車 トラック バス 電源車 キャスク輸送車両



第2-3図 抗力係数

3.3 固縛対象物の選定結果

飛来物に関する現地調査の結果をもとに算出した飛散距離、飛散高さ等の結果から、貯蔵建屋に衝突し、外部事象防護施設の基本的安全機能に影響を及ぼす可能性がある場合には、固縛等の飛散防止対策を実施することとする。

(1) バス、電源車

バスは飛来物としての運動エネルギーが大きく、設計飛来物として設定したワゴン車を上回っていることから、飛散防止対策を行うことが適切と考えられ、敷地内を運行するバス（大型のトラックを含む。）については、台数が限定されていることから、退避に備えた運転手の待機等の飛散防止対策をとることとする。

電源車は飛来物としての運動エネルギーが大きく、設計飛来物として設定したワゴン車を上回っていることから、飛散防止対策を行うことが適切と考えられ、固縛等の飛散防止対策をとることとする。

敷地周辺道路（公道等）を走行中のバスが竜巻により飛散する場合については、貯蔵建屋周辺と敷地周辺道路との高度差を考慮しても飛散距離は貯蔵建屋から敷地周辺道路までの距離を下回っており、敷地周辺道路を走行中のバスが飛来して貯蔵建屋に到達する可能性は小さい。

(2) コンテナ、物置、ドラム缶

これらの物品は比較的大きな飛散距離及び浮き上がり高さを持っており、またコンテナは運動エネルギーが設計飛来物として設定したワゴン車を上回っていることから、飛散防止措置を行うことが適切と考えられる。これらの物品はいずれも固定ないし半固定状態で維持されるものであり、固縛等の飛散防止対策を原則としてとることとする。

また、これらの物品は敷地周辺道路付近に設置される可能性は小さいことから、竜巻の襲来により敷地周辺道路から飛来して貯蔵建屋に到達する可能性は小さい。

添付 7-2-4 竜巻に対する電源車の固縛装置の
評価方針及び評価結果

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 固縛装置の構造	1
4. 荷重及び荷重の組合せ.....	6
5. 評価方針	8
6. 評価結果	9
7. 適用規格	9

図表目次

第 3-1 図 固縛装置配置図.....	1
第 3-2 図 ブラケット配置図.....	2
第 3-3 図 固縛装置の構成.....	3
第 4-1 図 設計荷重の考え方.....	6
第 5-1 図 固縛装置の強度評価フロー.....	8
第 3-1 表 固縛装置の構成要素.....	4
第 4-1 表 強度評価に用いる荷重の算出式.....	7
第 4-2 表 荷重の組み合わせ.....	8
第 6-1 表 評価結果	9

1. 概要

本資料は、リサイクル燃料備蓄センター内の屋外に設置する設備のうち、「添付 7-2-2 固縛対象物の選定」で選定する電源車に設置する固縛装置が竜巻襲来時においても、固縛装置の構成要素が、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重(以下「設計荷重」という。)が電源車に作用した場合であっても、固縛状態を維持するために必要な構造強度を有することを計算により確認するための強度設計方針及び評価結果について説明するものである。

2. 基本方針

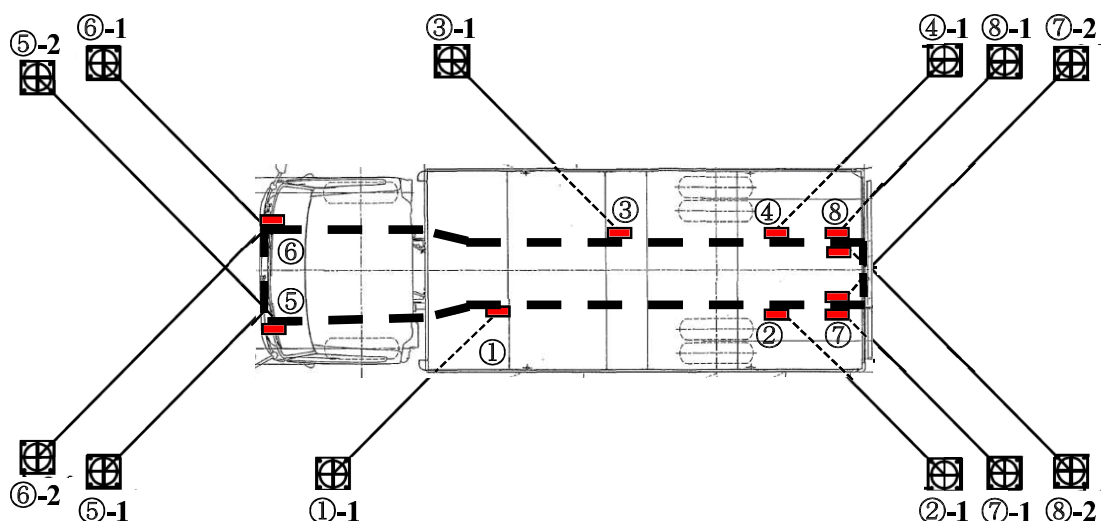
固縛装置の強度設計は、第 3-1 表で示す固縛装置の構成要素である部材を評価対象部位とし、「4 荷重及び荷重の組合せ」で示す設計荷重を考慮し、部材の許容限界を超えない設計とする。

3. 固縛装置の構造

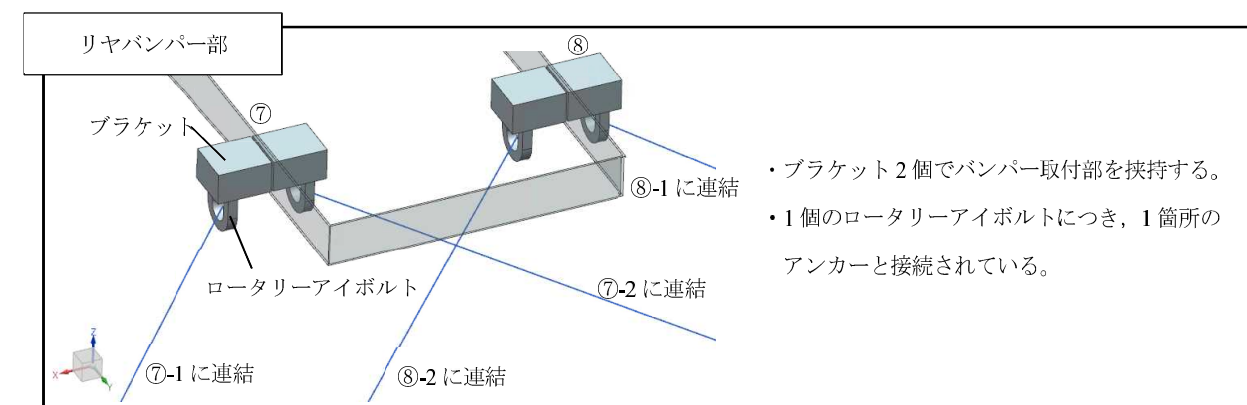
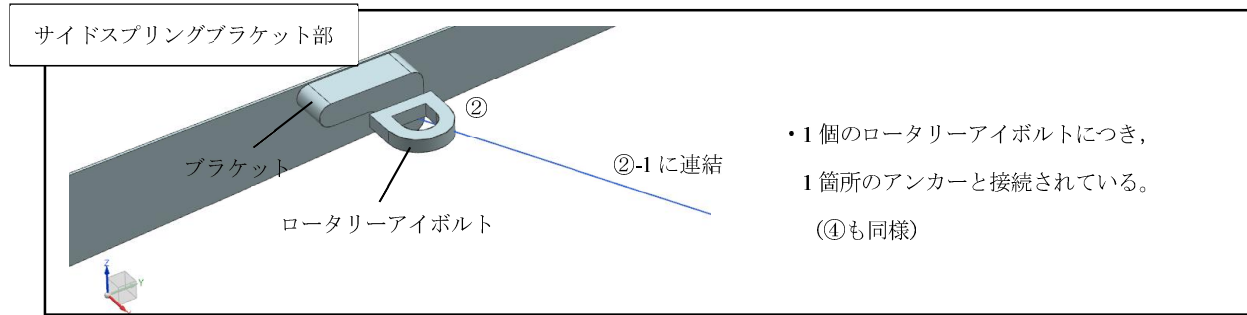
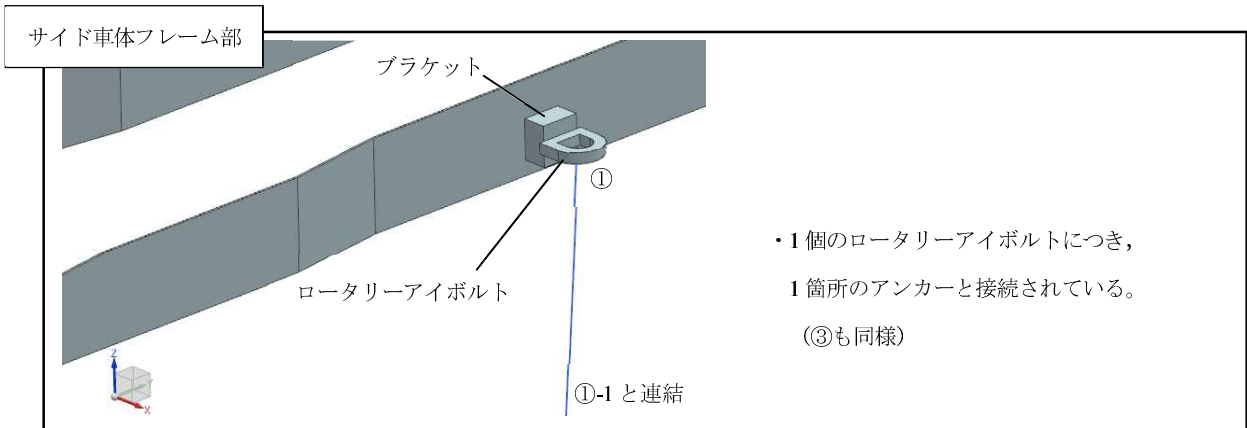
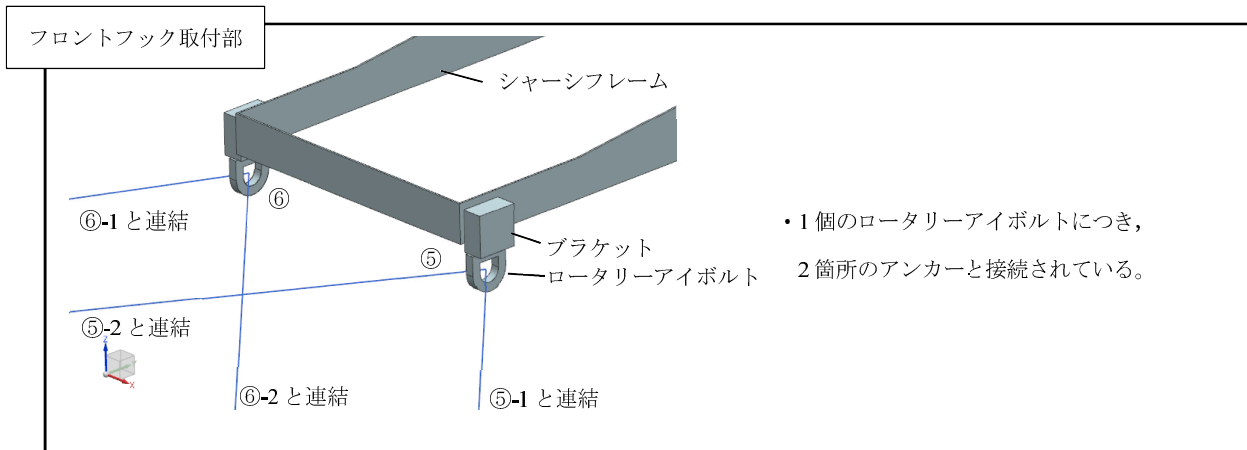
固縛装置は、車両側固定材、連結材、地面側固定材の構成とし、車両側固定材を電源車のシャーシに固定する。

車両側固定材は車両のシャーシの形状に合わせたブラケットを製作し、第 3-1 図に示す⑤⑥フロントフック取付部、①③サイド車体フレーム部、②④サイドスプリングブラケット部、⑦⑧リヤバンパー部にボルトで装着する。

電源車と固縛装置の配置を第 3-1 図に、車両側固定材の詳細な位置を第 3-2 図に示す。



第 3-1 図 固縛装置配置図

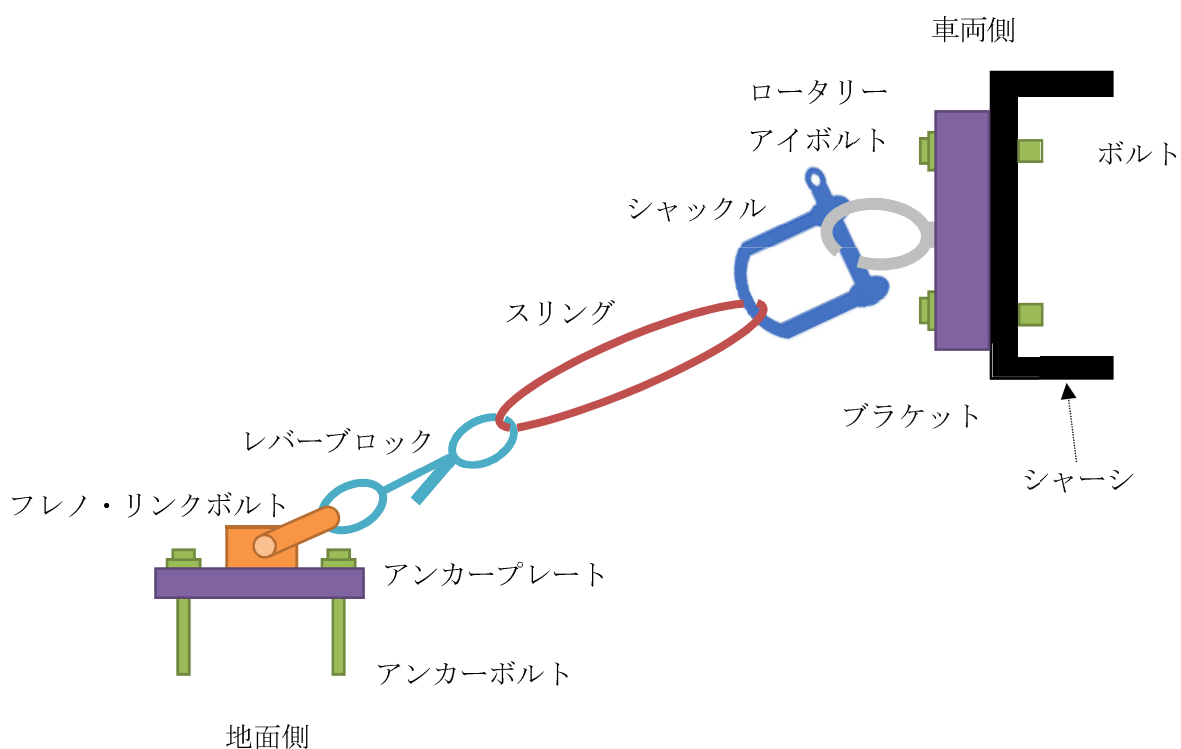


第 3-2 図 ブラケット配置図

固縛装置を構成する、車両側固定材、連結材、地面側固定材は以下の要素からなる構造とする。




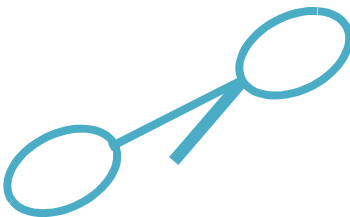
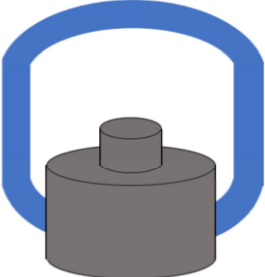
- ・連結材（ロータリーアイボルト、シャックル、スリング、レバースロック、フレノ・リンクボルト）
- ・車両側固定材（ブラケット（製作品）、ボルト）
- ・地面側固定材（アンカープレート）

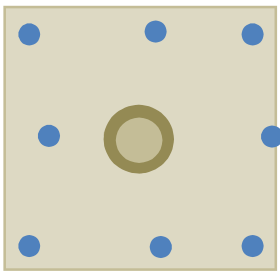
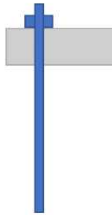
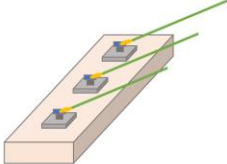
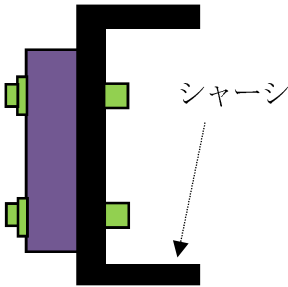

また、地面側固定材をコンクリートの基礎部でアンカーボルトにて拘束する構造とする。固縛装置の連結材はレバースロックの長さ調節により初期状態にて展張状態とする。固縛装置の構成を第3-3図に、固縛装置の構成要素を第3-1表に示す。



第3-3図 固縛装置の構成

第 3-1 表 固縛装置の構成要素

固縛装置構成要素名称		模式図	用途
連結材	ロータリー アイボルト		電源車と固縛装置の固定材をつなぎ、電源車を固縛するときに使用する。
	シャックル		
	スリング		
	レバーブロック		
	フレノ・リンク ボルト		

固縛装置構成要素名称		模式図	用途
固定材 (地面側)	アンカー プレート		基礎部に取り付け、フレノ・リンクボルトを溶接し、電源車を固縛するとき使用する。
基礎部	アンカーボルト		アンカープレートと基礎部を定着させるために使用する。
	コンクリート		連結材及び固定材との連結により、コンクリートの重量によって、電源車の浮き上がり及び横滑りを防止するために使用する。
固定材 (車両側)	ブラケット		ロータリーアイボルトを介して連結材と接続し、電源車を固縛するとき使用する。
	ボルト		ブラケットを電源車に取り付けるために使用する。

4. 荷重及び荷重の組合せ

電源車の固縛装置の強度評価に用いる荷重として、竜巻の風荷重によって、電源車が浮き上がり又は横滑りを起こした場合に、固縛装置に作用する荷重を設計荷重とする。設計荷重は、固縛装置が浮き上がり又は横滑り挙動を拘束するために発生する荷重であり、電源車に最大水平風速による風荷重が作用したケースを考慮して設定する。

固縛装置は初期状態にて展張しているが、電源車に風荷重が作用し、水平方向に横滑りする際、連結材のスリングに伸びが発生する。水平移動する電源車は、スリングの伸びが最大に達するとともに急制動により停止し、その際、固縛装置には、制動荷重の反力として動的荷重が作用するため、この動的荷重も設計荷重として考慮する。

なお、車両停止以後は、風荷重が持続荷重として継続して作用する。

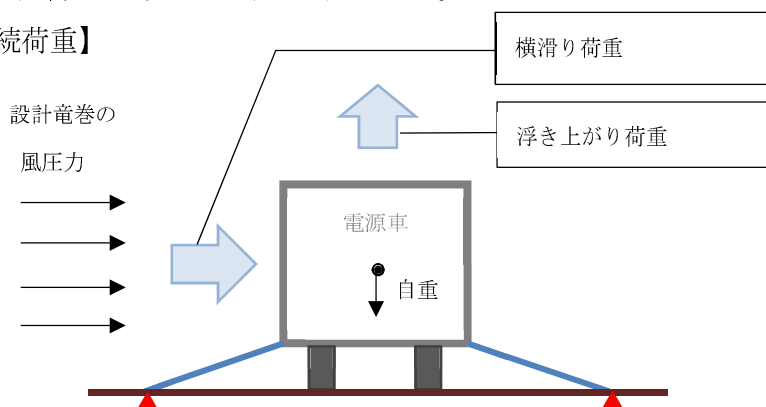
また、竜巻の最大水平風速時に発生する浮き上がり及び横滑りの荷重状態を比較し、各固縛装置に作用する荷重のうち、最大荷重を設計荷重とする。

電源車に作用する風速としては、最大水平風速 $V_{SA}=100\text{m/s}$ を使用することとする。

設計竜巻の風荷重は、電源車の形状及び風荷重の作用方向による見付面積に応じて異なるため、電源車に最も厳しくなる方向の風圧力に対して、荷重を設定する。

設計荷重の考え方を第 4-1 図に示す。

【持続荷重】



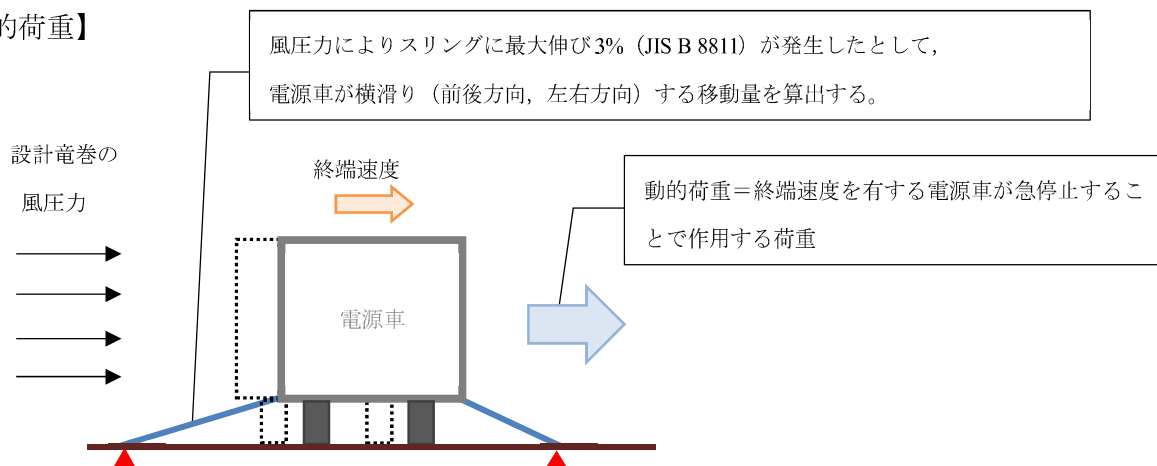
【電源車の仕様】

重量：8000(kg)
全長：6645(mm)
全幅：2180(mm)
全高：2805(mm)

【見付面積】

正面：5.86(m²)
側面：16.27(m²)
底面：14.49(m²)

【動的荷重】



第 4-1 図 設計荷重の考え方

(1) 荷重の設定

強度評価には、以下の荷重を用いる。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重とする。

b. 竜巻の風圧力による荷重

風圧力による荷重は、電源車に発生し、車両側の固定材、連結材、地面側の固定材を介して基礎部に作用する。

竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として設定され、これにより固縛対象装置は横滑りを生じるような力を受けるが、鉛直方向に対しても、風圧力により電源車に揚力が発生し、浮き上がりが生じるような力を受けるため、鉛直方向の荷重についても考慮する。

- ・浮き上がり荷重 (P_V)
- ・横滑り荷重 (P_H) : 前後方向及び左右方向
- ・動的荷重 (P_i) : 横滑りするケースのみ検討する。

強度評価に用いる荷重の算出式を第 4-1 表に示す。

第 4-1 表 強度評価に用いる荷重の算出式

荷重		算出式	単位
常時作用する荷重		$F_d = m \cdot g$	N
竜巻の風圧力による荷重	浮き上がり荷重	$P_V = m \left(\frac{1}{2} \rho \cdot V_{SA}^2 \cdot \frac{C_D A}{m} - g \right)$	N
	横滑り荷重*1	前後方向 : $P_H = q \cdot G \cdot C \cdot A_1$ 左右方向 : $P_H = q \cdot G \cdot C \cdot A_3$	N
	動的荷重	$P_i = F_i + F_i'$ $F_i = k \cdot V_{SA,OT} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $F_i' = \frac{1}{2} m \cdot \rho \left(\frac{G \cdot C \cdot A_{1(3)}}{m} + \mu_d \cdot \frac{C_D A}{m} \right) V_{SA}''^2 - \mu_d \cdot m \cdot g$	N

*1 「建築物荷重指針・同解説」による。

(2) 荷重の組み合わせ

電源車に作用する荷重は，常時作用荷重(F_d)，風荷重による浮き上がり荷重(P_V)，横滑り荷重(P_H)及び動的荷重(P_i)を考慮する。

電源車に作用する荷重の組み合わせを第4-2表に示す。

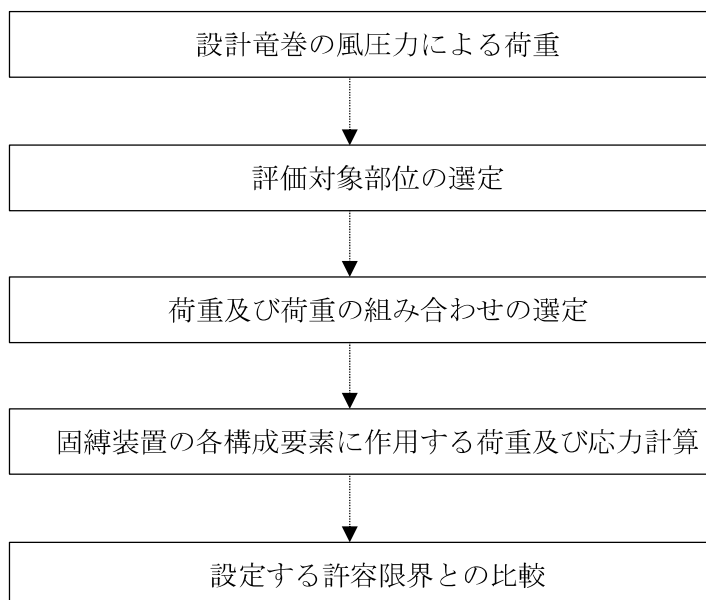
第4-2表 荷重の組み合わせ

荷重の組合せ
$F_d + P_V$
$F_d + P_H$
$F_d + P_i$

5. 評価方針

固縛装置の強度評価は，固縛装置を構成している要素を評価対象部位とし，設計荷重が固縛装置に作用することにより評価対象部位に生ずる荷重及び応力等が部材の許容限界に収まることを評価する。「6 評価結果」には最も裕度が小さい部材を示す。

固縛装置の強度評価フローを第5-1図に示す。



第5-1図 固縛装置の強度評価フロー

6. 評価結果

評価対象部材の中で最も裕度が小さいものを第 6-1 表に示す。作用荷重は許容限界以下であり，固縛状態の維持に必要な強度を有している。

第 6-1 表 評価結果

		応力 (MPa)	許容限界 (MPa)	裕度
ボルト (サイドスプリング ブラケット部)	引張	251	495	1.9
	せん断	252	370	1.4

7. 適用規格

- ・日本産業規格 JIS
- ・鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 (2005 改訂)
- ・鋼構造塑性設計指針 (2017 改訂)
- ・建築物荷重指針・同解説 (2015 改訂)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (2010 改訂)
- ・鉄筋コンクリート構造 計算規準・同解説 (2010 改訂)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格<第 I 編 軽水炉規格> (2012 年版)
- ・発電用原子力設備規格 材料規格 (2012 年版)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版

添付7-3 火山への配慮に関する説明書

添付7-3-1 火山への配慮に関する基本方針

目次

1. 概要	1
2. 火山訪護に関する基本方針	2
2.1 基本方針	2
2.1.1 外部事象防護施設	2
2.1.2 設計に用いる降下火砕物の特徴	2
2.1.3 降下火砕物の影響に対する設計方針	2
2.2 適用規格及び適用基準	4

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）の火山防護設計が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第九条（外部からの衝撃による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 火山防護に関する基本方針

2.1 基本方針

使用済燃料貯蔵施設の火山防護設計は、外部からの衝撃より防護すべき施設（以下「外部事象防護施設」という。）が想定される火山事象により、基本的安全機能を損なうおそれがないことを目的とし、技術基準規則に適合するように設計する。

想定される火山事象は、貯蔵施設の運用期間中において基本的安全機能に影響を及ぼし得るとして事業変更許可を受けた「降下火砕物」であり、その影響について考慮する。

「7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」の「3.1 (5) 積雪」を踏まえ、積雪に対する設計に従って、火山事象と同様に堆積する積雪の影響について確認する。確認結果については、本資料に示す。

2.1.1 外部事象防護施設

貯蔵施設においては、金属キャスクが基本的安全機能を有する設備に該当する。

また、金属キャスクを内包する使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は、遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている設備であることから基本的安全機能を有する設備に該当する。

したがって、これらを火山の影響を考慮する施設とし、外部事象防護施設は貯蔵建屋及び金属キャスクとする。

2.1.2 設計に用いる降下火砕物の特徴

敷地及び敷地近傍における降下火砕物の実績層厚と降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ、設計に用いる降下火砕物の層厚を30cmとする。また、設計に用いる降下火砕物の湿潤状態の密度を、恐山宮後テフラを対象とした密度試験から得られた湿潤密度を保守的に評価した約 1.5 g/cm^3 とする。

2.1.3 降下火砕物の影響に対する設計方針

外部事象防護施設は、「設計に用いる降下火砕物の特徴」にて設定している降下火砕物に対する火山防護設計を実施する。設計は「添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」で設定している自然現象の組合せに従って、自然現象のうち、積雪及び風（台風）の荷重の組合せを考慮する。地震については基準地震動の震源と火山とは十分な距離があること並びにそれぞれの頻度が十分小さいことから、地震との組合せを考慮しない。

(1) 設計方針

a. 構造物への荷重に対する設計方針

金属キャスクを内包する貯蔵建屋は、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、貯蔵建屋及び貯蔵建屋に内包される金属キャスクの基本的安全機能を損なうおそれがない設計とする。

b. 腐食に対する設計方針

金属キャスクは、想定する降下火砕物による腐食に対し、基本的安全機能を損なうおそれがないよう腐食しにくい設計とする。

(2) 荷重の組合せ及び許容限界

火山事象の設計における荷重は、積雪の荷重を組み合わせるため、積雪の設計は火山事象の設計に包絡される。

構造物への荷重に対しては、降下火砕物による荷重とその他の荷重の組合せを考慮して構造強度評価を行い、その結果がそれぞれ定める許容限界以下となるよう設計する。

建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に実施することから、降下火砕物による荷重を短期に生じる荷重とする。また、機能設計上の性能目標を満足するように、構成する部位ごとに応じた許容限界を設定する。

a. 荷重の種類

貯蔵建屋は、想定する降下火砕物による荷重に対し、基本的安全機能を損なうおそれがない設計とする。

(a) 常時作用する荷重

常時作用する荷重としては、持続的に生じる荷重である自重及び積載荷重を考慮する。

(b) 降下火砕物による荷重

湿潤状態の降下火砕物が堆積した場合の荷重を考慮する。ただし、この荷重は短期荷重とする。

(c) 積雪荷重

「添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」で設定している自然現象の組合せに従って、積雪荷重を考慮する。

ただし、この荷重は短期荷重とする。

(d) 風（台風）荷重

「添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」で設定している自然現象の組合せに従って、風（台風）荷重を考慮する。

ただし、この荷重は短期荷重とする。

b. 荷重の組合せ

(a) 降下火砕物の影響を考慮する施設における荷重の組合せとしては、設計に用いる常時作用する荷重、降下火砕物による荷重、積雪荷重、風（台風）荷重で作用する荷重を考慮する。

(b) 常時作用する荷重、積雪荷重、風（台風）荷重については、組み合わせることで降下火砕物による荷重の抗力となる場合には、評価結果が保守的となるように荷重の算出において考慮しないこととする。

(c) 設計に用いる降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風（台風）荷重について

は、対象とする施設の設置場所、その他の環境条件によって設定する。

c. 許容限界

降下火砕物による荷重とその他の荷重の組合せ荷重に対する許容限界は、貯蔵建屋については、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、安全上適切と認められる規格及び基準等で妥当性が確認されている値を用いて、降下火砕物が堆積する期間を考慮し、施設、設備を構成する材料がおおむね弾性状態に留まることを基本とする。

2.2 適用規格及び適用基準

適用する規格、基準を以下に示す。

- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成 25 年 12 月 6 日原子力規制委員会規則第 24 号)
- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」
(平成 25 年 11 月 27 日 原管廃発第 1311272 号 原子力規制委員会決定)
- ・「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」
(令和 2 年 3 月 17 日 原子力規制委員会規則第 8 号)
- ・「原子力発電所の火山影響評価ガイド」
(平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 13061910 号 原子力規制委員会決定)

添付7-3-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定

目次

1. 概要	1
2. 選定の基本方針	2
3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定	2

1. 概要

本資料は、「添付7-3-1 火山への配慮に関する基本方針」の設計方針を踏まえて、降下火砕物の影響を考慮する施設の選定について説明するものである。

2. 選定の基本方針

降下火砕物の影響を考慮する施設は、その設置状況や構造等を踏まえ、外部事象防護施設のうち、以下のとおり選定する。

屋外に設置され降下火砕物が堆積する外部事象防護施設及び貯蔵建屋内に降下火砕物が取り込まれることにより影響を受ける可能性がある外部事象防護施設については、降下火砕物の影響を考慮する施設として選定する。

3. 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定

「選定の基本方針」に示す選定方針を踏まえて、以下のとおり降下火砕物の影響を考慮する施設を選定する。

(1) 屋外に設置され降下火砕物が堆積する外部事象防護施設

- ・使用済燃料貯蔵建屋

(2) 貯蔵建屋内に降下火砕物が取り込まれることにより影響を受ける可能性がある外部事象防護施設

- ・金属キャスク

添付 7-4 外部火災への配慮に関する説明書

添付7-4-1 外部火災への配慮に関する基本方針

目次

1. 概要	1
2. 外部火災防護に関する基本方針	2
2.1 基本方針	2
2.2 適用規格及び適用基準	2

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）の外部火災防護設計が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第9条（外部からの衝撃による損傷の防止）に適合することを説明するものである。

2. 外部火災防護に関する基本方針

2.1 基本方針

想定される外部火災において、火災・爆発源を貯蔵施設敷地内及び敷地外に設定し、外部からの衝撃より防護すべき施設（以下「外部事象防護施設」という。）に係る温度や距離を算出し、それらによる影響評価を行い、最も厳しい火災・爆発が発生した場合においても基本的安全機能を損なわない設計とする。

外部事象防護施設は、防火帯の設置、建屋による防護、離隔距離の確保による防護、熱影響評価を行うことで、基本的安全機能を損なわない設計とする。

また、外部火災による二次的影響（ばい煙、有毒ガス）の影響についても評価を行い、外部事象防護施設の基本的安全機能を損なわない設計とする。

貯蔵施設敷地内の火災源としては、森林火災、敷地内に設置する危険物貯蔵設備の火災、航空機墜落による火災及び敷地内に設置する危険物貯蔵設備の火災と航空機墜落による火災が同時に発生した場合の重畳火災を想定する。

貯蔵施設敷地外の火災源としては、近隣の産業施設の火災・爆発を想定する。

2.2 適用規格及び適用基準

適用する規格、基準を以下に示す。

- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第24号）
- ・「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（平成25年11月27日 原管廃発第1311272号 原子力規制委員会決定）
- ・「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第8号）
- ・「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原規技発第13061912号 原子力規制委員会決定）
- ・原田和典、「建築火災のメカニズムと安全設計」 財団法人日本建築センター，2007
- ・「伝熱工学資料」第5版
- ・「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（平成21・06・25原院第1号(平成21年6月30日原子力安全・保安院一部改正)）」（原子力安全・保安部会，原子炉安全小委員会）
- ・独立行政法人原子力安全基盤機構，「航空機落下事故に関するデータの整備」（JNES/SAE08-012 08 解部報-0012，平成20年3月）
- ・国土交通省HP「航空輸送統計調査 年報」（昭和63年～平成19年分）
<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/syousaikensaku.html>

- 自治省消防庁消防研究所, 「大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書」
(H11/9) p7 Figure 1.2
- 青森県石油コンビナート等防災本部, 「青森県石油コンビナート等防災計画」,
平成 23 年 2 月修正
- 佐賀武司, 「正方形熱源の風下における温度分布」 (東北工業大学紀要 I 理工
学編第 16 号 1996)

添付7-4-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定及び設計方針

目次

1. 概要	1
2. 外部火災防護に関する基本方針	2
2.1 外部事象防護施設	2
2.2 外部火災防護の設計方針	2
2.2.1 貯蔵建屋	2
2.2.2 金属キャスク 次回申請	3

1. 概要

本資料は「7-4-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に従い、外部火災の影響を考慮する施設の選定及びその設計方針について説明するものである。

2. 外部火災防護に関する基本方針

2.1 外部事象防護施設

貯蔵施設においては、金属キャスクが基本的安全機能を有する設備に該当する。

また、金属キャスクを内包する使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は、遮蔽機能及び除熱機能の一部を担っている設備であることから基本的安全機能を有する設備に該当する。

したがって、これらを外部火災の影響を考慮する施設とし、外部事象防護施設は貯蔵建屋及び金属キャスクとする。

2.2 外部火災防護の設計方針

2.2.1 貯蔵建屋

森林火災については、金属キャスクを内包する貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度 200℃となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。森林火災における危険距離の算出については、延焼防止を目的として事業変更許可を受けた防火帯（22 m）を敷地内に設ける設計とし、延焼防止効果を損なわない設計とするため、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とすることを保安規定に定める。危険距離の算出については、火炎輻射強度（358 kW/m²）を用いる。また、この火炎輻射強度の位置を防火帯の外縁に設定し、輻射を受ける貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度（200℃）を満足する設計とする。

貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の火災及び航空機墜落による火災については、火災の輻射に対して金属キャスクを内包する貯蔵建屋外壁の表面温度を算出し、許容温度を満足する設計とする。

また、貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の火災と航空機墜落による火災が同時に発生した場合の重畳火災については、金属キャスクを内包する貯蔵建屋外壁表面温度を算出し、許容温度を満足する設計とする。

近隣の産業施設の火災については、貯蔵施設敷地外半径10km以内に石油コンビナートは存在しないため、外部事象防護施設の基本的安全機能を損なうおそれはない。また、貯蔵施設敷地外半径10km以内のその他の危険物貯蔵施設の火災については、火災源ごとに輻射強度、燃焼継続時間等を求め貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度となる危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離を確保する設計とするとともに、外部火災の輻射を受ける貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度を満足する設計とする。

近隣の産業施設の爆発については、貯蔵施設の南北10km、東西10kmの範囲の高圧ガス類貯蔵施設のガス爆発の爆風圧が0.01MPaとなる危険限界距離を算出し、危険限界距離を上回る離隔距離を確保する設計とする。

なお、貯蔵施設敷地外の火災の重畳について、森林火災により近隣の産業施設の火災が誘発される場合を仮定しても、森林火災の発火点と近隣の産業施設の立地点の方位が異なること、近隣の産業施設に森林火災の火炎が到達する時間と貯蔵施設に火炎が到達する時間が大きく異なるため、貯蔵建屋への影響が重畳することを考慮する必

要はない。

外部火災による二次的影響（ばい煙・有毒ガス）については、貯蔵建屋には除熱のための空気を通風させる給気口及び排気口を設置するため、それらの開口部から火災により生じたばい煙、有毒ガスがそのまま建屋内に流入することが考えられる。

ばい煙の粒子径は一般的にはマイクロメートル（ μm ）のオーダーであるため、外部からのばい煙等の付着により給気口及び排気口が閉塞される可能性は極めて低い。また、貯蔵建屋の給気口及び排気口の設置位置を考慮しても、過去の気象観測記録による最大積雪量及び降下火砕物最大堆積層厚と比較して十分高い位置にあり、ばい煙等を含む異物の堆積による給気口及び排気口の閉塞はないことからばい煙による貯蔵建屋への影響はない。

貯蔵建屋の構造上ばい煙が貯蔵建屋内に長時間滞留することはないため、ばい煙の熱による影響については考慮する必要はない。また、外部火災により発生すると考えられる有毒ガスについては、金属キャスク貯蔵期間中は金属キャスク及び各設備の点検、保守及び巡視の実施時以外に貯蔵建屋に人が常駐することはなく、火災に伴う有毒ガスの流入時には貯蔵建屋内の人員は迅速に避難することから、有毒ガスに対する貯蔵建屋の居住性を考慮する必要はない。

2.2.2 金属キャスク 次回申請

本項目は、外部火災防護における金属キャスクの設計方針について説明する項目であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

添付7-4-3 外部火災防護に関する許容温度及び設定根拠

目次

1. 概要	1
2. 許容温度及び設定根拠	2
2.1 貯蔵建屋	2
2.2 金属キャスク ^{次回申請}	2

図表目次

第3-1表 金属キャスク各部の許容温度及び設定根拠 ^{次回申請}	2
---	---

1. 概要

本資料は、外部事象防護施設が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価に用いる許容温度及びその設定根拠に説明するものである。

2. 許容温度及び設定根拠

2.1 貯蔵建屋

貯蔵建屋外壁表面の許容温度は、200℃*1（火災時における短期温度上昇を考慮した場合においてコンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度）を設定する。

外部火災による貯蔵建屋への影響は、外壁の外表面温度により評価しており、外壁内表面温度上昇より大きいことから保守的な設定となる。また、外壁の熱損失を考慮していない保守的な評価であり、200℃を下回れば、防護対象としての貯蔵建屋の機能は確保される。

*1「建築火災のメカニズムと火災安全設計」（原田知典，財団法人日本建築センター）

2.2 金属キャスク 次回申請

本項目は、金属キャスクの許容温度及び設定根拠について説明する項目であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

第3-1表 金属キャスク各部の許容温度及び設定根拠 次回申請

本表は、金属キャスクの許容温度及び設定根拠について説明する表であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

添付7-4-4 外部火災防護における評価方針

目次

1.	概要	1
2.	外部火災防護における評価の基本方針	2
2.1	森林火災の評価について	2
2.2	貯蔵施設敷地内の危険物貯蔵設備の火災について	6
2.3	航空機墜落による火災の評価について	11
2.4	火災の重畳による影響の評価について	12
2.5	火災による金属キャスクへの熱影響評価について 次回申請	13
2.5.1	熱気流の侵入に起因する貯蔵建屋内雰囲気温度の上昇による金属キャスクへの影響評価 次回申請	13
2.5.2	貯蔵建屋内の空気の流れが変化した場合の金属キャスクへの影響評価 次回申請	14
2.6	近隣の産業施設の火災・爆発の評価について	14
2.6.1	危険物貯蔵施設の火災	15
2.6.2	高圧ガス類貯蔵施設の爆発	16

図表目次

第4-1図	火災輻射強度(358 kW/m ²)発生位置	5
第4-2図	森林火災影響評価における円筒火炎モデルの概念図	6
第4-3図	敷地内の危険物貯蔵設備の設置場所	9
第4-4図	危険物貯蔵設備の火災で想定する円筒火炎モデル	10
第4-5図	熱気流の貯蔵建屋への侵入の概念図 次回申請	13
第4-6図	青森県石油コンビナート等特別防災区域	14
第4-7図	貯蔵施設周辺の危険物貯蔵施設の位置と発火点位置	16
第4-8図	貯蔵施設周辺の高圧ガス類貯蔵施設の位置と発火点位置	17
第4-1表	外部火災における評価指標	5
第4-2表	貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の設置状況	10
第4-3表	落下事故のカテゴリと対象航空機	12
第4-4表	評価対象航空機の選定結果	12
第4-5表	評価対象の外部火災及び選定理由 次回申請	13

1. 概要

本資料は、外部火災の影響を考慮する外部事象防護施設について、外部火災により基本的な安全機能を損なわないことを確認するための評価方針について説明するものである。

2. 外部火災防護における評価の基本方針

技術基準規則に適合することを確認するため、「7-4-2 外部火災影響を考慮する施設の選定及び設計方針」にて選定した施設（貯蔵建屋）について、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下、「ガイド」という。）を参照し、「7-4-1 外部火災への配慮に関する基本方針」に従い評価を行う。それぞれの火災源ごとに危険距離等を算出し、貯蔵建屋からの離隔距離が危険距離を上回ること、または算出した貯蔵建屋外壁表面温度が許容温度を満足することを確認する。

2.1 森林火災の評価について

(1) 評価方針

事業（変更）許可を受けた防火帯の外側における火炎輻射強度（ 358 kW/m^2 ）を用いて、金属キャスクを内包する貯蔵建屋外壁の表面温度を算出し許容温度以下であることを確認するとともに、貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度となるときに危険距離を算出し、その危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

火炎輻射強度（ 358 kW/m^2 ）の位置は、防火帯外側にある貯蔵施設敷地内の非燃焼領域と燃焼領域との境界となっている。評価に用いる評価指標とその内容を第4-1表、防火帯及び火炎輻射強度（ 358 kW/m^2 ）の発生位置を第4-1図に示す。

(2) 評価条件

- a. 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎輻射強度が発生する地点が同じ高さにあると仮定し、最短距離（防火帯幅）にて評価を行う。
- b. 森林火災の火炎は円筒火炎モデルを使用する。燃焼半径は火炎長の3分の1とし、燃焼半径から円筒火炎モデルの数を算出することにより火炎到達幅の分だけ円筒火炎モデルが横一列に並ぶものとする。横一列に並んだ円筒火炎モデルの数だけ貯蔵建屋外壁へ熱が伝わるものとする。
- c. 円筒火炎モデルの燃焼の考え方は、ある地点の燃焼完了後に隣へ移動する解析であり、隣へ移動した後は燃焼していた地点の可燃物を燃焼しつくしていることから、消炎するものとする。また、メッシュの燃焼途中での移動は考慮しない。

最初の地点から両隣へ移動した後の輻射は、2箇所から同時に輻射される。森林火災における円筒火炎モデル評価の概要について第4-2図に示す。

- d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

事業（変更）許可を受けた森林火災解析結果による反応強度、火炎長、火炎到達幅及び燃焼継続時間を用いて、火炎輻射強度、燃焼半径、円筒火炎モデル数及び形態係数等を求め、それらから貯蔵建屋外壁温度及び危険距離を算出する。

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位，定義について以下に示す。

記号	単位	定義
I_R	W/m^2	反応強度
R	m	燃焼半径
H	m	火炎長
F'	—	円筒火炎モデル数
W	m	火炎到達幅
ϕ_i	—	各円筒火炎モデルの形態係数
L	m	離隔距離
E	W/m^2	輻射強度
R_f	W/m^2	火炎輻射強度
ϕ_t	—	各火炎モデルの形態係数を合計した値
L_t	m	危険距離
T	$^{\circ}C$	コンクリート温度
T_0	$^{\circ}C$	コンクリート初期温度
C_p	$J/kg/K$	コンクリート比熱
ρ	kg/m^3	コンクリート密度
k	$W/m/K$	コンクリート熱伝導率
t	s	燃焼継続時間
Δt	s	時間ステップ
ΔT	$^{\circ}C$	建屋外壁温度上昇量
α	m^2/s	温度拡散率 ($\alpha = k / \rho \cdot C_p$)
Δx	m	コンクリート空間メッシュ

b. 火炎輻射強度の算出

火炎輻射強度 (R_f) は，反応強度を用いて算出する。算出にあたっては，反応強度は炎から輻射として放出される熱エネルギーと火炎・煙として対流放出される熱エネルギーから求められることから，反応強度に対する火炎輻射強度の割合から算出する。

$$R_f = I_R \times 0.377$$

c. 燃焼半径の算出

燃焼半径 (R) については，ガイドに基づき以下の式で算出する。

$$R = \frac{H}{3}$$

d. 円筒火炎モデル数の算出

円筒火炎モデル数 (F') については，ガイドに基づき以下の式で算出する。

$$F' = \frac{W}{2R}$$

e. 建屋壁面における輻射強度の算出

算出した火炎長と燃焼半径を有する円筒火炎が火炎到達幅の分だけ横一列に並ぶものとし，離隔距離分だけ離れた位置にある円筒火炎から燃焼開始後，火炎継続時間経過後に隣接するセル（セル幅10 m）に延焼するものとして評価を実施した。

火炎から任意の位置にある受熱点における輻射強度に関しては，ガイドに基づき円筒火炎モデルにおける円筒モデル1個の形態係数 ϕ_i を算出し，これを火炎輻射強度と乗ずることにより輻射強度 (E) を算出する。

$$\phi_i = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ここで、 $m=H/R \div 3$ $n=L/R$ $A=(1+n)^2+m^2$ $B=(1-n)^2+m^2$

$$E=R_f \cdot \phi_i$$

さらに、10 mメッシュ内に燃焼半径から算出したF' 個の円筒火炎が存在するものとして、上記で算出した輻射強度に円筒火炎数を乗じて貯蔵建屋の輻射強度を算出する。

$$E=F' \cdot R_f \cdot \phi_i \quad (\text{中心位置の火炎})$$

$$E=2 \cdot F' \cdot R_f \cdot \phi_i \quad (\text{中心以外の火炎, 両隣に移動後})$$

f. 貯蔵建屋外壁表面温度の算出

貯蔵建屋外壁の表面温度については、一次元非定常熱伝導方程式を用いて算出するが、森林火災時の熱的影響評価においては火災からの輻射強度が一定値とならないため、上記の式を有限差分法により導出した以下の離散式を用いて算出する。

$$\frac{T_i^{t+\Delta t} - T_i^t}{\Delta t} = \alpha \frac{T_{i+1}^t - 2T_i^t + T_{i-1}^t}{\Delta x^2}$$

i:空間に対するインデックス Δx :コンクリート空間メッシュ幅

上式より、外壁の外表面温度 T_0^t については輻射強度Eを考慮し次式で算出した。

$$-k \frac{T_1^t - T_0^t}{\Delta x} = E \quad \Rightarrow \quad T_0^t = \frac{E \Delta x}{k} + T_1^t$$

g. 危険距離の算出

各円筒火炎モデルの形態係数の合計値(ϕ_t)、火炎長(H)及び燃焼半径(R)から、貯蔵建屋外壁の温度が許容温度である200 °Cとなるときの離隔距離である危険距離(L_c)について、ガイドに基づき以下の式より算出する。

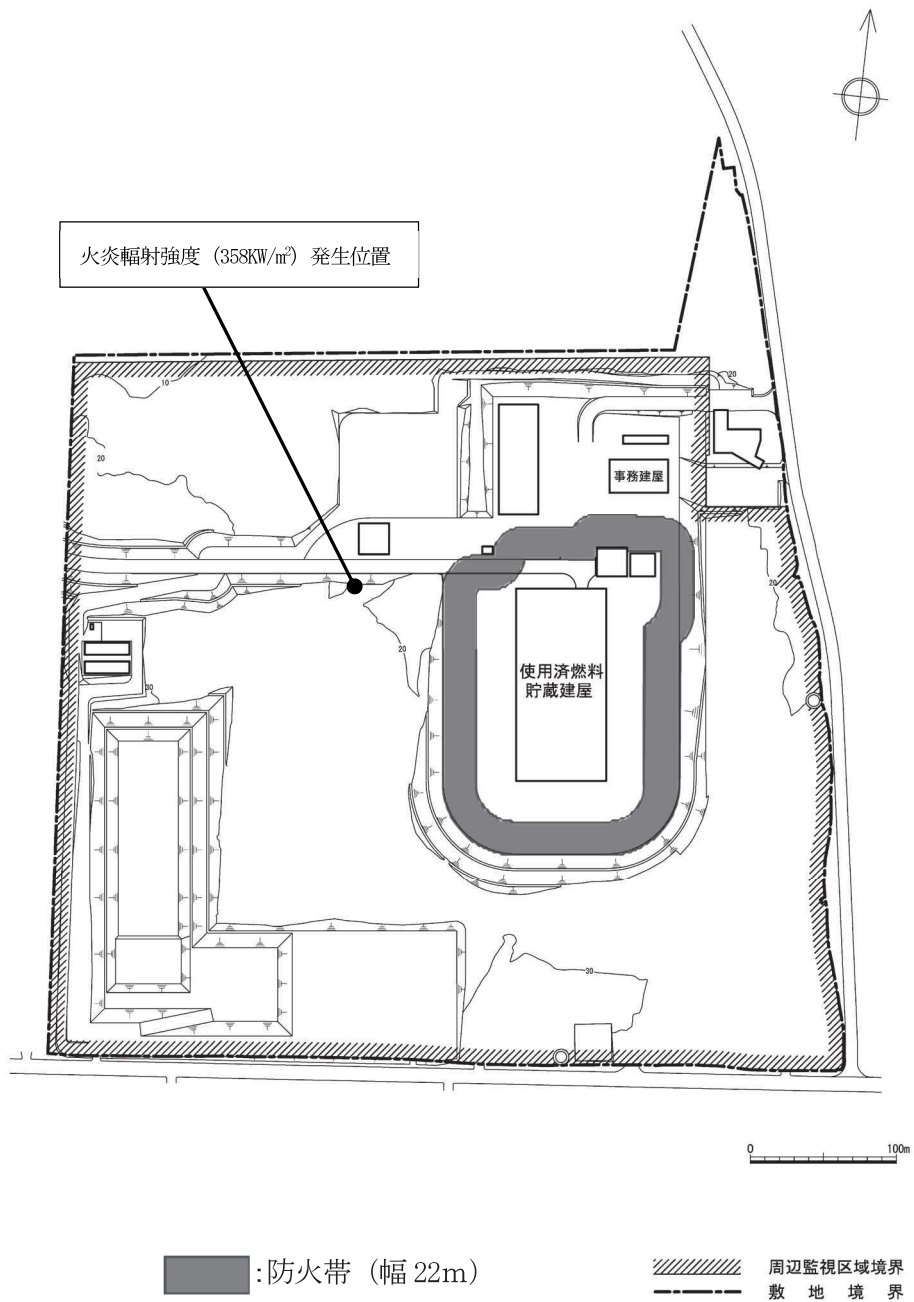
$$\phi_t = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

ここで、 $m=H/R \div 3$ $n=L_c/R$ $A=(1+n)^2+m^2$ $B=(1-n)^2+m^2$

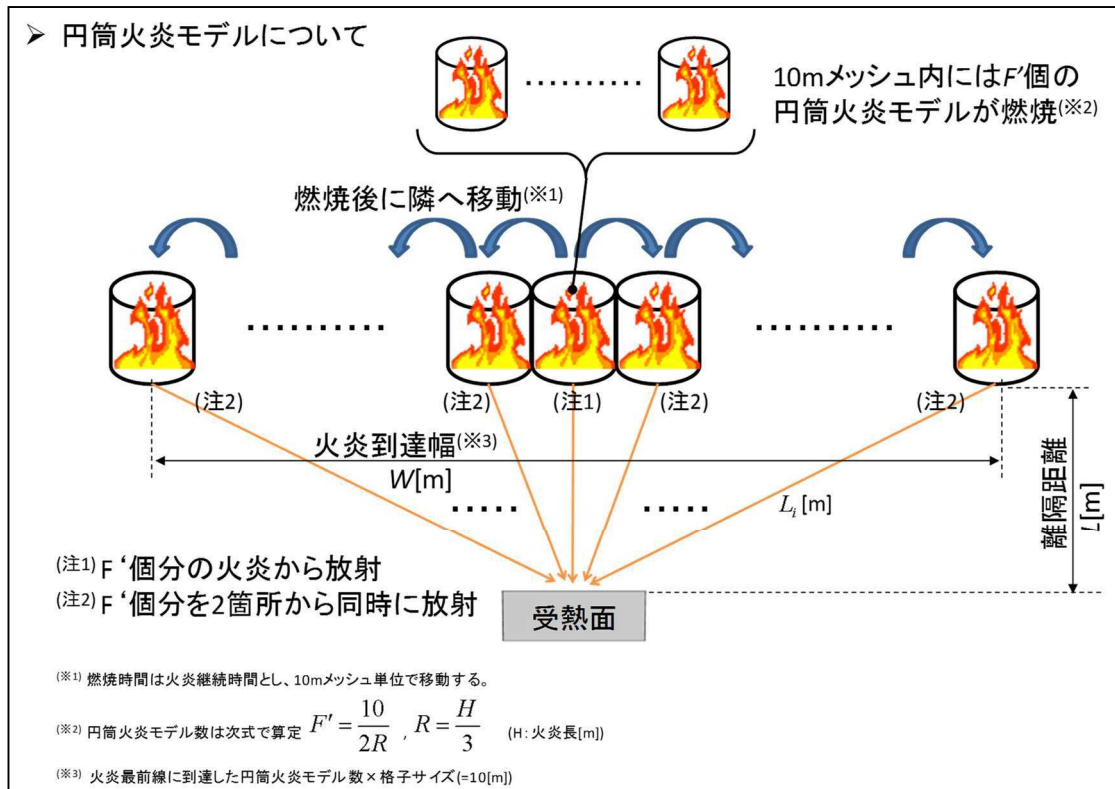
$$\phi_t = (\phi_i + \phi_{i+1} + \phi_{i+2} + \dots)$$

第4-1表 外部火災における評価指標

項目	評価方法
火炎輻射強度 (kW/m ²)	反応強度に米国NFPAの係数0.377を乗じて算出
火炎到達幅 (m)	非燃焼領域外縁で延焼したセル数×10 mで算出
形態係数 (-)	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径 (m)	火炎長より算出 (火炎長/3)
輻射強度 (kW/m ²)	火炎の炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度 (形態係数×火炎輻射強度)
危険距離 (m)	延焼防止に必要な距離



第4-1図 火炎輻射強度(358 kW/m²)発生位置



第4-2図 森林火災影響評価における円筒火炎モデルの概念図

2.2 貯蔵施設敷地内の危険物貯蔵設備の火災について

(1) 評価方針

貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備としては、エンジン発電機、電源車、据置型発電機、キャスク輸送車両、モニタリングポスト用発電機及び軽油貯蔵タンクがある。貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の設置状況について第4-3図、第4-2表に示す。貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の貯蔵量を勘案して、火災源ごとに貯蔵建屋外壁表面温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

なお、軽油貯蔵タンクについては地下に埋設するため火災評価の対象外とする。

(2) 評価条件

- 各危険物貯蔵設備の危険物貯蔵量は、危険物施設として許可された貯蔵容量とする。
- 離隔距離は評価上厳しくなるよう危険物貯蔵設備から貯蔵建屋までの直線距離とする。
- 火炎は対象とする危険物貯蔵設備の破損による全面火災を想定し、設備の寸法より求めた面積を燃焼面積として、円筒の底面と仮定した円筒火炎モデルとする。円筒火炎モデル評価の概要について第4-4図に示す。
- 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位、定義について以下に示す。また、計算方法はガイドを参照とする。

記号	単位	定義
S	m ²	燃焼面積
R	m	燃焼半径
H	m	火炎長
L	m	離隔距離
φ	—	円筒火炎モデルの形態係数
E	W/m ²	輻射強度
R _f	W/m ²	火炎輻射強度
t	s	燃焼継続時間
V	m ³	燃料量
v	m/s	燃焼速度
ρ _f	kg/m ³	燃料の密度
m	kg/m ² /s	燃料の質量低下速度
T(x)	°C	表面からx(m)の位置の温度
T ₀	°C	コンクリート初期温度
C _p	J/kg/K	コンクリート比熱
ρ	kg/m ³	コンクリート密度
k	W/m/K	コンクリート熱伝導率
κ	m ² /s	温度拡散率 (κ=k/ρ・C _p)

b. 燃焼半径の算出

燃焼半径(R)については、燃焼面積と同じ面積を持つ円を底面とする円筒火炎を想定して、ガイドに基づき以下の式より算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

c. 形態係数の算出

円筒火炎に対する形態係数(φ)については、ガイドに基づき以下の式より算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ここで、 } \phi : m=H/R \div 3 \quad n=L/R \quad A=(1+n)^2+m^2 \quad B=(1-n)^2+m^2$$

d. 建屋壁面における輻射強度の算出

輻射強度(E)については、ガイド付属書Bの火炎輻射強度と形態係数から、以下の式に基づき算出する。

$$E=R_f \cdot \phi$$

e. 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間(t)については、ガイドに基づき以下の式より算出する。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

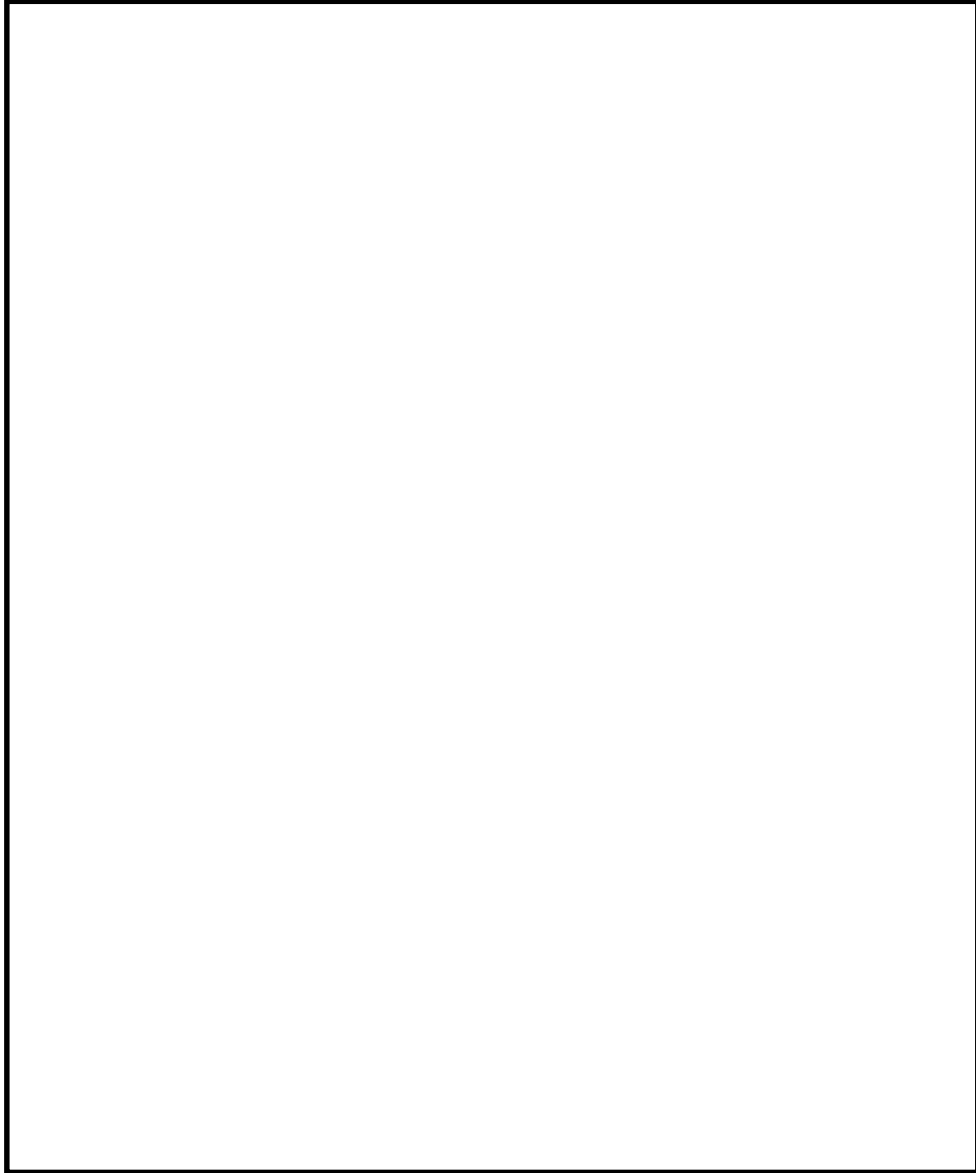
ただし、 $v = m / \rho_f$

f. 貯蔵建屋外壁温度の算出

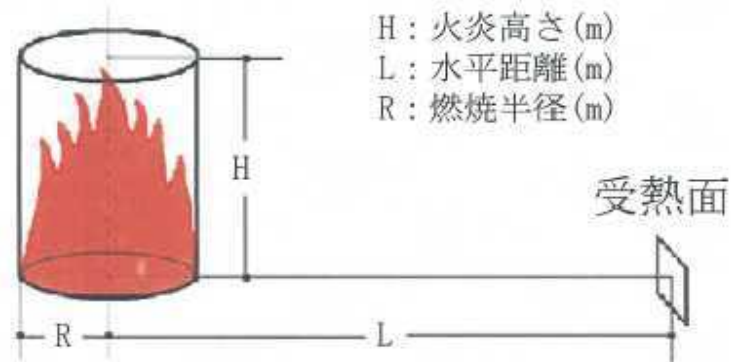
貯蔵建屋外壁の温度については、以下の半無限固体の非定常温度分布の式を用いて算出する。

$$T(x) - T_0 = \frac{2E\sqrt{\kappa t}}{k} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\kappa t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\kappa t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}\right) \right]$$

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



第 4-3 図 敷地内の危険物貯蔵設備の設置場所



第4-4図 危険物貯蔵設備の火災で想定する円筒火炎モデル

第4-2表 貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の設置状況

危険物貯蔵設備		燃料種別	容量(m ³)	離隔距離 (m)
エンジン発電機		軽油 (注1)	1.031	27
電源車(予備)・据置型発電機		軽油 (注1)	0.8375 (注2)	70
キャスク輸送車両		軽油 (注1)	1.08 (注3)	107
モニタリングポ スト用発電機	敷地東側	軽油 (注1)	0.0696	138
	敷地南側	軽油 (注1)	0.0696	164
電源車		軽油 (注1)	0.2865	100 (注4)
軽油貯蔵タンク(地下式)		軽油	12	— (注5)

(注1) 保守的に軽油と潤滑油を合わせて全て軽油とみなした。

(注2) 設置場所が至近であるため一体とみなし、容量は電源車と据置型発電機の合算値

(注3) キャスク輸送車両2両分の合算値

(注4) 予備緊急時対策所を設置する高台のレイアウト上最も貯蔵建屋に近接する距離を保守的に設定した。

(注5) 軽油貯蔵タンク(地下式)は外部火災評価の対象外とする。

2.3 航空機墜落による火災の評価について

墜落評価対象航空機の燃料積載量を勘案して、対象航空機の火災ごとに貯蔵建屋外壁表面温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

(1) 評価方針

航空機落下確率の評価条件の違いから墜落事故のカテゴリ毎に分類し、各カテゴリにおいて燃料積載量が最大の機種を評価対象航空機として選定する。

航空機墜落事故については、カテゴリ毎の対象航空機の自衛隊機又は米軍機では、訓練空域外を飛行中の事故、基地－訓練空域往復中の事故があり、民間航空機とはその発生状況が必ずしも同一ではなく、また、自衛隊機又は米軍機の中でも機種によって飛行形態が同一ではないと考えられることから、これらを踏まえて選定した落下事故のカテゴリと対象航空機について第4-3表に示す。

離隔距離の算出については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成21・06・25原院第1号(平成21年6月30日原子力安全・保安院一部改正))において、外部事象防護施設（貯蔵建屋）の標的面積をパラメータの一つとして、各カテゴリの航空機落下確率を算出する評価方法が示されており、この評価方法を参照し、各カテゴリの航空機墜落確率が 10^{-7} （回／施設・年）となる場合の標的面積を算出し、その標的面積に相当する離隔距離を求める。評価対象航空機の選定結果について第4-4表に示す。

選定された評価対象航空機の燃料積載量等を勘案して、評価対象航空機の墜落による火災ごとに貯蔵建屋外壁の温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

(2) 評価条件

- a. 航空機は、貯蔵施設における航空機墜落評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。
- b. 航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- c. 航空機の墜落は、貯蔵施設敷地内であって落下確率が 10^{-7} （回／施設・年）以上になる範囲のうち貯蔵建屋への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。
- d. 航空機の墜落によって燃料に着火し、火災が起こることを想定する。
- e. 航空機の投影面積を燃焼面積として円筒の底面と仮定し、火災は円筒火炎モデル（2.2と同じ）とする。
- f. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

墜落事故のカテゴリ毎に選定した航空機を対象に、火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で貯蔵建屋外壁が昇温されるものとして、対象航空機の燃焼面積から求める燃焼半径、燃料量等により燃焼継続時間を求め、燃焼継続時間及び輻射強度を用いて貯蔵建屋外壁の温度を算出する。算出の方法については2.2と同様である。

第4-3表 落下事故のカテゴリと対象航空機

カテゴリ		墜落確率 (回/施設・年)	
民間航空機	計器飛行方式	9.20×10^{-10}	
	有視界方式(注1)	大型固定翼機	1.09×10^{-9}
		その他機種(注2)	1.11×10^{-8}
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域内(注3)及び訓練空域外の墜落事故	高高度飛行(注4)を行う大型固定翼機	1.79×10^{-9}
		その他機種(注2)	1.52×10^{-8}
	基地-訓練空域往復時の墜落事故		2.13×10^{-8}

(注1) 民間航空機のうち、有視界方式の航空機については、自衛隊機又は米軍機の訓練区域外墜落事故における機種と同等あるいは燃料量の小さい機種であることから、大型固定翼機は自衛隊機又は米軍機の高高度飛行を行う大型固定翼機に、その他機種は自衛隊機又は米軍機のものでそれぞれ包絡される。

(注2) その他機種とは小型固定翼機、大型回転翼機及び小型回転翼機を指す。

(注3) リサイクル燃料備蓄センター敷地上空には、自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。

(注4) 高度5万ft以上の飛行。

第4-4表 評価対象航空機の選定結果

評価項目	民間航空機 (計器飛行方式)	自衛隊機 又は米軍機 (訓練空域外 高高度飛行)	自衛隊機 又は米軍機 (訓練空域外 その他の機種)	自衛隊機 又は米軍機 (基地-訓練 空域間往復時)
対象航空機	B747-400	KC-767(注1)	F-15(注2)	UH-60J(注3)

(注1) ボーイング767型機を母機とした空中給油・輸送機(航空自衛隊に配備)

(注2) 制空戦闘機(米空軍、航空自衛隊に配備)

(注3) 海上自衛隊大湊飛行場に現状配備されている機種で最大の燃料搭載量となる救難ヘリコプター

2.4 火災の重畳による影響の評価について

外部火災の重畳として、敷地内の危険物貯蔵設備の火災と航空機墜落による火災の重畳について、貯蔵建屋外壁表面の温度を算出することにより評価する。

それぞれの外部火災の評価条件により算出した輻射強度及び燃焼継続時間等により、貯蔵建屋外壁の受熱面に対し最も厳しい条件となる火災源をそれぞれ選定し、これらの火災が同時に発生した場合における貯蔵建屋外壁表面温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。

(1) 評価方針

敷地内危険物貯蔵設備と航空機墜落による火災が重畳した場合、個別の評価より厳しい結果となることが予測されるため、敷地内危険物貯蔵設備の火災のうち、評価結果が最も厳しいエンジン発電機と航空機墜落による火災のうち評価結果が最も厳しい自衛隊機又は米軍機(基地-訓練空域間往復時)のUH-60Jについて、同時に火災が発生した場合

を想定し、火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、輻射により貯蔵建屋外壁が昇温されるものとして、貯蔵建屋外壁の表面温度を算出する。

(2) 評価条件

前述の「2.2(2)評価条件」及び「2.3(2)評価条件」と同様であるが、UH-60Jの離隔距離を保守的に50 mとした。

(3) 計算方法

貯蔵建屋外壁表面温度の算出については輻射強度が一定とならないため前述の「2.1(3)計算方法f.」と同様とする。

2.5 火災による金属キャスクへの熱影響評価について 次回申請

本項目は、火災による金属キャスクへの熱影響評価についてを説明する項目であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

2.5.1 熱気流の侵入に起因する貯蔵建屋内雰囲気温度の上昇による金属キャスクへの影響評価 次回申請

本項目は、火災による金属キャスクへの熱影響評価のうち熱気流の侵入に起因する貯蔵建屋内雰囲気温度の上昇による金属キャスクへの影響評価について説明する項目であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

本図は、火災による金属キャスクへの熱影響評価のうち熱気流の侵入に起因する貯蔵建屋内雰囲気温度の上昇による金属キャスクへの影響評価における熱気流の貯蔵建屋への侵入の概念を示す図であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

第4-5図 熱気流の貯蔵建屋への侵入の概念図 次回申請

第4-5表 評価対象の外部火災及び選定理由 次回申請

本表は、火災による金属キャスクへの熱影響評価のうち熱気流の侵入に起因する貯蔵建屋内雰囲気温度の上昇による金属キャスクへの影響評価における評価対象の外部火災及び選定理由を示す表であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

2.5.2 貯蔵建屋内の空気が流れが変化した場合の金属キャスクへの影響評価

次回申請

本項目は、火災による金属キャスクへの熱影響評価のうち貯蔵建屋内の空気が流れが変化した場合の金属キャスクへの影響評価について説明する項目であり、今回の申請範囲である電気設備と共通項目の基本設計方針の範囲外の説明であることから、次回申請にて申請する。

2.6 近隣の産業施設の火災・爆発の評価について

石油コンビナート施設等の大規模な産業施設の位置を特定し、その離隔距離を確認するとともに、至近の貯蔵施設における火災・爆発を想定した場合の危険距離（火災）及び危険限界距離（爆発）を算出し、その距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。なお、貯蔵施設から至近の石油コンビナート施設はむつ小川原地区であるが、40 kmの離隔距離があり火災源として考慮する必要はない。石油コンビナートの位置について第4-6図示す。

また、敷地内に設置する危険物貯蔵設備の燃料貯蔵量を勘案して、火災源ごとに貯蔵建屋外壁表面温度を算出し、許容温度を満足することを確認する。



第4-6図 青森県石油コンビナート等特別防災区域

2.6.1 危険物貯蔵施設の火災

(1) 評価方針

近隣の産業施設の火災の評価については、第4-7図に示す貯蔵施設周辺の危険物貯蔵施設における火災を想定した場合の貯蔵建屋外壁の表面温度が許容温度を満足すること及び危険距離を算出しその危険距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(2) 評価条件

- a. 評価対象とする施設については、貯蔵施設敷地外半径10 km圏内における危険物貯蔵施設の内、最も貯蔵量の多い施設及び最も貯蔵施設に近い施設をそれぞれ抽出し、保守的に最も多い貯蔵量となる危険物貯蔵設備が、貯蔵施設から最も近い位置に存在するものと仮定し、これに火災が発生した場合を想定して評価を行う。
- b. 火災は対象とする危険物貯蔵施設の破損による防油堤内の全面火災を想定し、防油堤内の面積を燃焼面積として、円筒の底面と仮定した円筒火災モデル（2.2と同じ）とする。
- c. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、危険物貯蔵施設の位置から貯蔵施設までの直線距離とする。
- d. 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

a. 記号の説明

貯蔵建屋外壁の表面温度の算出については2.2と同様に実施する。危険距離の算出に用いる記号とその単位、定義について以下に示す。また、計算方法はガイドを参照とする。

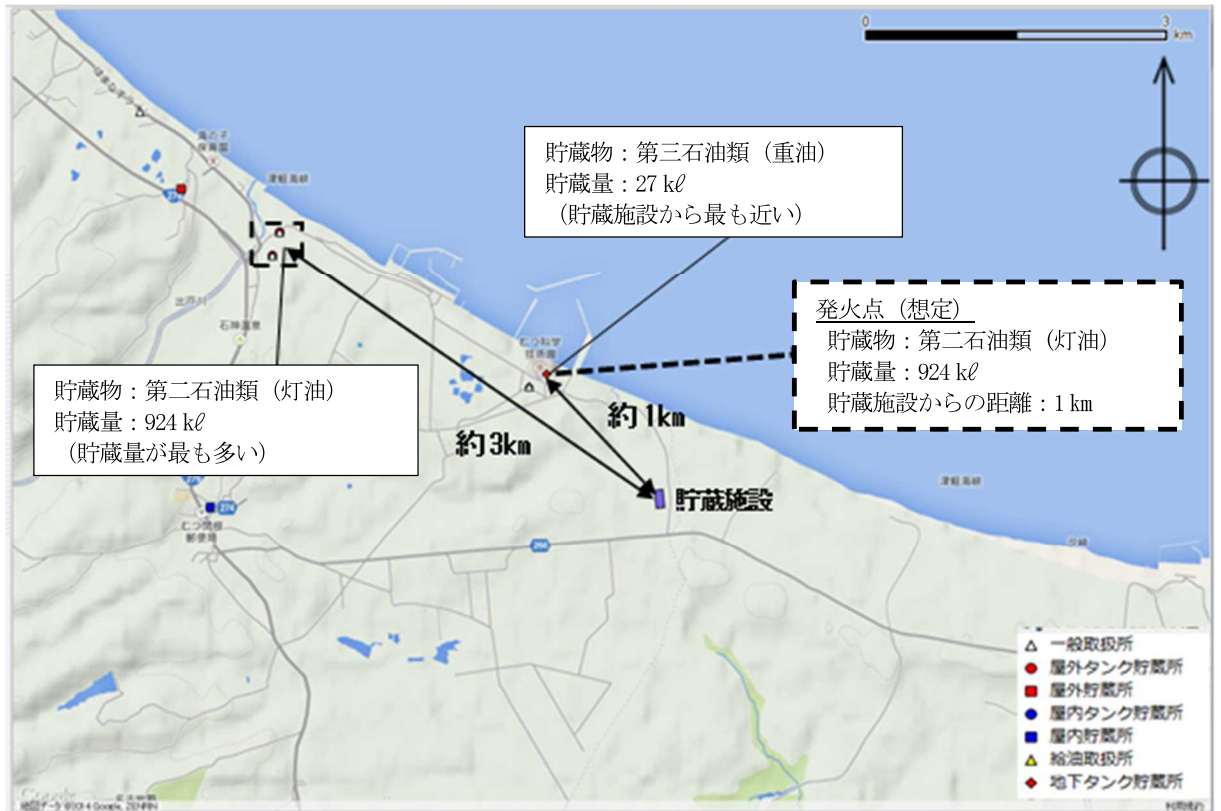
記号	単位	定義
R	m	燃焼半径
H	m	火炎長
L_t	m	危険距離
ϕ	—	円筒火災モデルの形態係数

b. 危険距離の算出

形態係数(ϕ)、火炎長(H)及び燃焼半径(R)から、貯蔵建屋外壁表面温度が許容温度である200℃となるときの離隔距離である危険距離(L_t)について、ガイドに基づき以下の式より算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$\text{ここで、 } m = H/R \div 3 \quad n = L_t/R \quad A = (1+n)^2 + m^2 \quad B = (1-n)^2 + m^2$$



第4-7図 貯蔵施設周辺の危険物貯蔵施設の位置と発火点位置

2.6.2 高圧ガス類貯蔵施設の爆発

(1) 評価方針

近隣の高圧ガス類貯蔵施設の爆発の評価については、第4-8図に示す至近の貯蔵施設における爆発を想定した場合の危険限界距離を算出し、その距離を上回る離隔距離が確保されていることを確認する。

(2) 評価条件

- 評価対象とする施設については、貯蔵施設から南北10km、東西10kmの範囲における最大貯蔵量となる高圧ガス類貯蔵施設が、貯蔵施設から最も近い位置に存在するものと仮定し、これがガス爆発を起こした場合を想定して評価を行う。
- 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、高圧ガス類貯蔵施設の位置から貯蔵施設までの直線距離とする。
- 爆発形態として、高圧ガスの漏えい後、引火によりガス爆発が発生したと仮定する。
- 気象条件は無風状態とする。

(3) 計算方法

a. 記号の説明

算出に用いる記号とその単位，定義について以下に示す。また，計算方法はガイドを参照とする。

記号	単位	定義
M	t	高压ガス貯蔵量
λ	$m \cdot kg^{-1/3}$	換算距離：14.4($m \cdot kg^{-1/3}$)
K	—	石油類の定数
W	—	設備定数
X	m	危険限界距離

b. 貯蔵施設のW値の算出

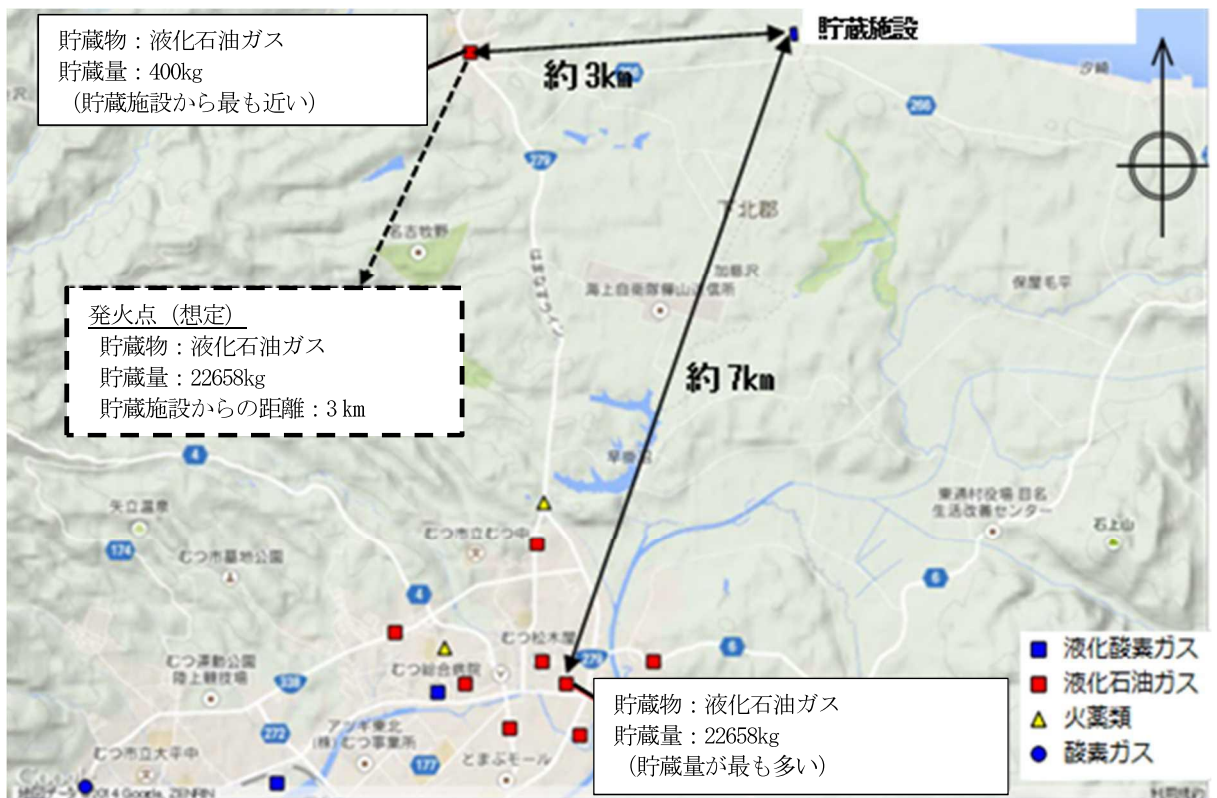
貯蔵施設のW値はガイドに基づき以下の式より算出する

$$W = \sqrt{M}$$

c. 危険限界距離の算出

危険限界距離(X)については，ガイドに基づき以下の式より算出する。

$$X = 0.04 \times \lambda \times \sqrt[3]{K \times W}$$



第4-8図 貯蔵施設周辺の高压ガス類貯蔵施設の位置と発火点位置

添付7-4-4-1 外部火災に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価

目次

1. 概要	1
2. 評価条件及び評価結果	2
2.1 森林火災に対する評価条件及び評価結果	2
2.2 貯蔵施設敷地内の危険物貯蔵設備の火災に対する評価条件及び評価結果	3
2.3 航空機墜落による火災に対する評価条件及び評価結果	4
2.4 火災の重畳による影響に対する評価条件及び評価結果	5
2.5 近隣の産業施設の火災・爆発に対する評価条件及び評価結果	6
2.5.1 危険物貯蔵施設の火災	6
2.5.2 高圧ガス類貯蔵施設の爆発	7

1. 概要

本資料は、外部事象防護施設のうち使用済燃料貯蔵建屋が外部火災に対して十分な健全性を有することを確認するための評価条件及び評価結果について説明するものである。外部事象防護施設の健全性を確認するための評価は、「7-4-4 外部火災防護における評価方針」に従って行う。

2. 評価条件及び評価結果

2.1 森林火災に対する評価条件及び評価結果

森林火災による貯蔵建屋外壁への熱影響及び危険距離の評価条件及び評価結果を以下に示す。

火炎長:H (m)	火炎到達幅:W (m)	火炎輻射強度: R_f (kW/m ²)	輻射強度:E (kW/m ²)
1.4	1,050	358	5.25

外壁温度:T (°C)	外壁初期温度: T_0 (°C)	コンクリート 比熱: C_p (J/kg/K)	コンクリート 密度: ρ (kg/m ³)	コンクリート 熱伝導率:k (W/m/K)
138	50	900	2,400	1.2

危険距離: L_t (m)	離隔距離:L (m)
16	22

結果
貯蔵建屋外壁温度は138 °Cとなり、許容温度200 °Cを満足していることを確認した。危険距離についても評価の結果16 mとなり、離隔距離22 mより小さいことを確認した。

2.2 貯蔵施設敷地内の危険物貯蔵設備の火災に対する評価条件及び評価結果

貯蔵施設敷地内に設置する危険物貯蔵設備の火災による貯蔵建屋外壁への熱影響の評価条件及び評価結果を以下に示す。

	エンジン 発電機	電源車 (予備)・ 据置型発 電機	キャスク 輸送車両	モニタリングポ スト用発電機		電源車
				敷地 東側	敷地 南側	
燃料の種類	軽油					
離隔距離:L(m)	27	70	107	138	164	100
燃焼面積:S(m ²)	4.97	20.754	60.5	1.001		14.874
燃料量:V(m ³)	1.031	0.8375	1.08	0.0696		0.2865
火炎輻射強度:R _f (W/m ²)	42,000					
燃料の質量低下速度:m (kg/m ² /s)	0.044					
燃料の密度:ρ _f (kg/m ³)	860					
燃焼半径:R(m)	1.258	2.571	4.389	0.565		2.176
形態係数:φ(-)	0.004247	0.002632	0.003287	3.212× 10 ⁻⁵	2.273× 10 ⁻⁵	0.0009175
輻射強度:E(W/m ²)	178.4	110.6	138.1	1.4	1.0	38.6
燃焼継続時間:t(s)	4,060	790	350	1,361		377
外壁初期温度:T ₀ (°C)	50					
コンクリート許容温度 (°C)	200					
コンクリート密度:ρ (kg/m ³)	2,400					
コンクリート比熱:C _p (J/kg/K)	900					
コンクリート熱伝導率:k (W/m/K)	1.2					
貯蔵建屋外壁温度:T(°C)	58	53	52	51	51	51

結果
評価の結果、いずれの危険物貯蔵設備による火災においても、貯蔵建屋外壁温度は許容温度200℃を満足していることを確認した。

2.3 航空機墜落による火災に対する評価条件及び評価結果

航空機墜落による火災時の貯蔵建屋外壁への熱影響の評価条件及び評価結果を以下に示す。

	民間航空機 (計器飛行方式)	自衛隊機又は米軍機(訓練空域外高度飛行)	自衛隊機又は米軍機(訓練空域外その他の機種)	自衛隊機又は米軍機(基地-訓練空域間往復時)
対象航空機	B747-400	KC-767	F-15	UH-60J
標的面積(km ²)	0.881	0.453	0.054	0.038
離隔距離:L(m)	469	319	73	53
燃料の種類	JET A-1	JP-4	JP-4	JP-5
燃焼面積:S(m ²)	700	405.2	44.6	46.6
燃料量:V(m ³)	216.84	145.04	14.87	7.21
火炎放射強度:R _f (W/m ²)	50,000	58,000	58,000	50,000
燃料の質量低下速度:m(kg/m ² /s)	0.039	0.051	0.051	0.054
燃料の密度:ρ _f (kg/m ³)	840	760	760	810
燃焼半径:R(m)	14.928	11.357	3.768	3.852
形態係数:φ(-)	0.001973	0.002472	0.005217	0.01035
放射強度:E(W/m ²)	98.7	143.4	302.6	517.5
燃焼継続時間:t(s)	6,677	5,335	4,969	2,324
外壁初期温度:T ₀ (°C)	50			
コンクリート許容温度(°C)	200			
コンクリート密度:ρ(kg/m ³)	2,400			
コンクリート比熱:C _p (J/kg/K)	900			
コンクリート熱伝導率:k(W/m/K)	1.2			
貯蔵建屋外壁温度:T(°C)	56	58	65	68

結果

評価の結果、いずれの対象航空機による火災についても貯蔵建屋外壁温度は許容温度200℃を満足していることを確認した。

2.4 火災の重量による影響に対する評価条件及び評価結果

エンジン発電機の火災と、自衛隊機又は米軍機（基地-訓練空域間往復時）のUH-60Jの墜落による火災が同時に発生した場合における貯蔵建屋外壁への熱影響の評価条件及び評価結果を以下に示す。

	エンジン発電機	UH-60J
燃料の種類	軽油	JP-5
離隔距離:L(m)	27	50
燃焼面積:S(m ²)	4.97	46.6
燃料量:V(m ³)	1.031	7.21
火炎輻射強度:R _f (W/m ²)	42,000	50,000
燃料の質量低下速度:m(kg/m ² /s)	0.044	0.054
燃料の密度:ρ _f (kg/m ³)	860	810
燃焼半径:R(m)	1.258	3.852
形態係数:φ(-)	0.004247	0.01162
輻射強度:E(W/m ²)	178.4	580.9
燃焼継続時間:t(s)	4,060	2,324
外壁初期温度:T ₀ (°C)	50	
コンクリート許容温度(°C)	200	
コンクリート密度:ρ(kg/m ³)	2,400	
コンクリート比熱:C _p (J/kg/K)	900	
コンクリート熱伝導率:k(W/m/K)	1.2	
貯蔵建屋外壁温度:T(°C)	76	

結果
評価の結果、エンジン発電機の火災と航空機墜落による火災が同時に発生している間における貯蔵建屋外壁温度は76 °Cとなり、許容温度200 °Cを満足していることを確認した。

2.5 近隣の産業施設の火災・爆発に対する評価条件及び評価結果

2.5.1 危険物貯蔵施設の火災

危険物貯蔵施設の火災による貯蔵建屋外壁への熱影響及び危険距離の評価条件及び評価結果を以下に示す。

燃料種類	燃料量:V (m ³)	火炎輻射強度*1:R _f (W/m ²)	燃焼速度:v (m/s)	燃焼面積:S (m ²)
灯油	924	50,000	4.75×10 ⁻⁵	900

外壁温度:T (°C)	外壁初期温度:T ₀ (°C)	コンクリート 比熱:C _p (J/kg/K)	コンクリート 密度:ρ (kg/m ³)	コンクリート 熱伝導率:k (W/m/K)
53	50	900	2,400	1.2

*1:ガイド付属書Bの灯油の値

危険距離:L _t (m)	離隔距離:L (m)
138	1,000

結果
貯蔵建屋外壁温度は53°Cとなり、許容温度200°Cを満足していることを確認した。危険距離についても評価の結果138mとなり、離隔距離1,000mより小さいことを確認した。

2.5.2 高圧ガス類貯蔵施設の爆発

高圧ガス類貯蔵施設のガス爆発による危険限界距離の評価条件及び評価結果を以下に示す。

高圧ガス種類	貯蔵量:M (t)	換算距離*1: λ (m・kg ^{-1/3})	貯蔵ガスK値*2	貯蔵施設W値
液化石油ガス (プロパン)	22.658	14.4	888×1,000	4.76

*1: ガイド付属書 B のとおり

*2: ガイド付属書 B 附録 B のプロパンの値

危険限界距離:X (m)	離隔距離:L (m)
90	3,000

結果
評価の結果、危険限界距離は90 mとなり、離隔距離3,000 mより小さいことを確認した。

添付 8 火災及び爆発の防止に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 火災及び爆発の防止に関する基本方針	2
2.1 火災の発生防止	2
2.2 火災の感知及び消火	2
2.3 火災の影響軽減	2
3. 火災防護の基本事項	3
3.1 火災区域及び火災区画の選定	3
3.2 適用規格及び基準	3
4. 火災の発生防止	4
4.1 火災の発生防止について	4
4.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について	5
4.3 落雷，地震等の自然現象による火災発生の防止について	6
5. 火災の感知及び消火	7
6. 火災の影響軽減対策	7
6.1 火災の影響軽減対策のための火災区域及び火災区画の分離	7
6.2 配管等による火災区域及び火災区画貫通部の設計	7
6.3 軽油貯蔵タンク（地下式）の火災による被害の拡大防止	7

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設における火災及び爆発の防止に係る火災防護対策について説明するものである。

2. 火災及び爆発の防止に関する基本方針

使用済燃料貯蔵施設は、火災又は爆発により基本的安全機能を損なうことのないよう「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」に基づき、火災及び爆発の発生防止、火災及び爆発の発生の早期感知及び消火、火災及び爆発の影響軽減について適切に組み合わせた火災防護対策を講ずる設計とする。

なお、使用済燃料貯蔵施設には、基本的安全機能を損なうような爆発を発生させる機器・設備は存在しない。

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上では、金属キャスク及び貯蔵架台は主要材料が金属製の不燃性材料でありそれ自体が火災発生源となることはないが、周囲で発生した火災の熱的な影響により金属キャスクの基本的安全機能を損なうことのないよう、金属キャスク周囲における火災防護対策を講ずる。使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）については、基本的安全機能のうち建屋が担っている遮蔽及び除熱の機能が火災により損なわれないよう、耐火能力を有するコンクリート壁、防火扉及び防火シャッターで構成する。また、金属キャスクを取り扱う設備である受入れ区域天井クレーン及び搬送台車については、金属キャスク取扱い中の火災による金属キャスクの落下、転倒及び重量物の落下による波及的影響を防止する設計とする。

安全機能を有する施設については可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用し、また、火災区域及び火災区画を設ける。

2.1 火災の発生防止

使用済燃料貯蔵施設で使用する材料は、実用上可能な限り炭素鋼、難燃又は難燃性ケーブル等の不燃性、難燃性材料を使用する。また、貯蔵建屋は、落雷による火災発生防止のため避雷設備を設置する。なお、作業時の考慮として、点検・保守、放射線管理、巡視、清掃等の作業で使用するウエス、塗料等の可燃性物品の持ち込み量を管理し、火気作業時には不燃シートでエリア養生を実施する。

軽油貯蔵タンク（地下式）は、消防法関係法令に従い、軽油の漏れに対応できるよう、繊維強化プラスチックによるタンクの被覆や漏えいの検知を行う設計とする。また、電源車についても、給油時の軽油の漏れ、あふれ又は飛散による火災を防止できるよう、電源車周囲に軽油の拡散防止対策を施す設計とする。

2.2 火災の感知及び消火

火災発生時に早期に感知し消火できるよう、「消防法」に基づき、火災感知設備及び消火設備を設置する。火災感知設備は地震時に脱落することがないように、直接コンクリート構造躯体面に専用支持部材とともに取り付ける。

2.3 火災の影響軽減

貯蔵建屋は、貯蔵区域、受入れ区域、付帯区域で構成し、貯蔵区域はさらに6分割した区画を設定する。これらの区域及び区画は、3時間耐火能力を有するコンクリート

壁（以下「耐火壁」という。）並びに 1 時間耐火能力を有する防火扉及び防火シャッター（「建築基準法」に基づく特定防火設備）で分離する。

更に、受入れ区域と貯蔵区域の間の防火扉及び防火シャッターには、箱状の鋼材にコンクリートを充填した遮蔽扉を併設する。

これらの施設、設備により、火災発生時の影響が他の区域や区画に波及しない設計とする。なお、ケーブルトレイ、電線管及び空気配管が、区域及び区画の床若しくは壁を貫通する場合には、ケーブルトレイ、電線管及び空気配管と、区域及び区画の床若しくは壁との隙間をモルタルその他の不燃性材料で埋める設計とする。

また、軽油貯蔵タンク（地下式）は、消防法関係法令に従い、火災による被害の拡大を防止するために鉄筋コンクリート造の塀を設ける設計とする。

3. 火災防護の基本事項

使用済燃料貯蔵施設では、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」、「建築基準法」及び「消防法」等に基づき火災防護設計を講じている。

3.1 火災区域及び火災区画の選定

使用済燃料貯蔵施設において金属キャスクを取り扱い貯蔵する貯蔵建屋は、3 時間耐火能力を有するコンクリート壁、並びに 1 時間耐火能力を有する防火扉及び防火シャッター（「建築基準法」に基づく特定防火設備）により囲み、火災区域を設定している。また、貯蔵区域は、6 分割した火災区画を設定している。

(1) 貯蔵区域は一つの火災区域に 6 分割した火災区画を設定。

金属キャスクを貯蔵する区域を 6 区画に分割。

(2) 受入れ区域は一つの火災区域として設定。

金属キャスクの取り扱い（搬入・搬出、仮置き、検査）を実施する区域。

(3) 付帯区域は一つの火災区域に階段室（堅穴区画）と階段室以外の 2 つの火災区画を設定。

付帯区域に金属キャスクを持ち込むことはない。

3.2 適用規格及び基準

適用する規格、基準等を以下に示す。

(1) 使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則（平成 12 年通商産業省令第 112 号）

(2) 使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

（平成 25 年原子力規制委員会規則第 24 号）

(3) 使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

（平成 25 年 11 月 27 日原管廃発第 1311272 号）

(4) 使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則

（令和 2 年原子力規制委員会規則第 8 号）

(5) 消防法（昭和 23 年 7 月 24 日法律第 186 号）

- (6) 消防法施行令（昭和 36 年 3 月 25 日政令第 37 号）
- (7) 消防法施行規則（昭和 36 年 4 月 1 日自治省令第 6 号）
- (8) 危険物の規制に関する政令（昭和 34 年 9 月 26 日政令第 306 号）
- (9) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (10) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (11) 電気設備に関する技術基準を定める省令
（平成 24 年 9 月 14 日経済産業省令第 68 号）
- (12) JIS A 4201-1992 建築物等の避雷設備（避雷針）
- (13) IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験
- (14) IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験
- (15) UL 1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験
- (16) JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法
- (17) JIS L 1091 繊維製品の燃焼性試験方法
- (18) JEAG 4607-2010 原子力発電所の火災防護指針

4. 火災の発生防止

4.1 火災の発生防止について

(1) 発火性又は引火性物質を内包する設備の火災発生防止対策

a. 漏えいの防止，拡大防止

(a) 搬送台車は，受入れ区域と貯蔵区域の間で金属キャスクの移送を行うが，搬送台車の駆動に使用している潤滑油の拡散を防止するために受け皿を設置，他の潤滑油・グリスを内包する設備機器は密閉構造の軸受を使用して漏えいを防止する。

(b) 発火性又は引火性の気体（水素等）を内包する系統及び設備はない。

(c) 軽油貯蔵タンク（地下式）は，「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」に従い，繊維強化プラスチックを間げきを有するように被覆し，かつ，軽油の漏れを検知するための設備を設ける。また，電源車についても，給油時の軽油の漏れ，あふれ又は飛散による火災を防止できるよう，電源車周囲のコンクリート基礎部に溝を設ける等の軽油の拡散防止対策を施す設計とする。

b. 配置上の考慮

貯蔵区域及び受入れ区域を火災区域として設定し，耐火壁を設けた貯蔵区域に金属キャスクを配置する。

c. 換気

貯蔵区域及び受入れ区域は自然換気とする。

d. 防爆

金属キャスクの搬入を行う受入れ区域，金属キャスクを貯蔵する貯蔵区域には，可燃性の蒸気又は可燃性の微粉を発生する設備はなく，防爆型の電気計装品を使用する必要がある設備はない。

e. 貯蔵

貯蔵建屋には燃料油及び可燃性ガスを貯蔵する設備はない。

f. 水素対策

使用済燃料貯蔵建屋付帯区域に設置している無停電電源装置及び受変電施設に設置している共用無停電電源装置の制御弁式鉛蓄電池は、負極板での水素の発生を抑制する構造となっているが、整流器過電圧に伴う過充電により水素が発生する可能性がある。無停電電源装置及び共用無停電電源装置は、整流器過電圧時に整流器を停止する保護機能があり、このことにより水素の発生を防止する設計とする。また、無停電電源装置を設置している使用済燃料貯蔵建屋付帯区域及び共用無停電電源装置を設置している受変電施設は室内環境維持及び水素が発生した際にその濃度を低減することを目的として換気を行う。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

金属キャスクの搬入を行う受入れ区域、金属キャスクを貯蔵する貯蔵区域には、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が発生する設備はない。

(3) 発火源への対策

- a. 火花発生のおそれのあるブラシを有する電気設備はない。
- b. 蒸気を使用した高温設備等はない。

(4) 電気系統の過電流による電気火災防止対策

電気系統は、「電気設備に関する技術基準を定める省令」に基づき、過電流継電器と遮断器の組合せにより故障機器系統の早期遮断を行い、過負荷や短絡に起因する過熱、焼損による電気火災を防止する設計とする。

(5) 放射線分解により発生、蓄積する水素の燃焼対策

使用済燃料集合体は、金属製の乾式キャスクに収納しており、冷却水が存在しないことから、冷却水が放射線分解により水素が発生することはない。

4.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について

(1) 主要な施設及び構造材に対する不燃性材料の使用

- a. 基本的安全機能を確保する上で必要な施設は、以下の通り不燃性材料を使用する設計とする。
 - (a) 金属キャスク及び貯蔵架台は、主要材料が金属製の不燃性材料とする。
 - (b) 受入れ区域天井クレーンのつり具、ブレーキ、ワイヤロープは金属製とする。
 - (c) 搬送台車のドライブユニットは、鋼板製のカバーで囲んだ構造とする。
 - (d) 貯蔵建屋は、不燃性材料を構造材とする鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）とする。
- b. 基本的安全機能を確保する上で必要な施設以外の施設についても、実用上可能な限り不燃性材料を使用する設計とする。
 - (a) 受入設備（仮置架台、たて起こし架台、検査架台）は金属製である。なお、たて起こし架台及びその周辺に敷設する衝撃吸収材は木材をステンレス板で覆い、着火しない構造とする。

- (b) 配管，ダクト，ケーブルトレイ，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，金属製の不燃性材料を使用する。
- (c) 火災時に着火するおそれのある材料を建屋に設置する場合は，耐火被覆により着火しない構造とする。
- (2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包
- a. 変圧器は，絶縁油を使用しない乾式変圧器を使用する。
- b. 遮断器についても絶縁油を使用しない真空遮断器（メタクラ（高圧）），気中遮断器（パワーセンター（低圧大容量）），配線用遮断器（コントロールセンタ及び配電盤等（低圧小容量））を使用する。
- (3) 難燃ケーブル及び難燃性ケーブルの使用
- 金属キャスクに直接接続するケーブルは，自己消火性についてUL1581 (Fourth Edition)1080. VW-1垂直燃焼試験の試験規格に適合するとともに，延焼性についてIEEE Std 383-1974垂直トレイ燃焼試験，IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験の試験規格に適合した難燃ケーブル，又はそれらの試験規格に基づく実証試験に合格した難燃ケーブルを使用する設計とする。
- その他のケーブルは，JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法の傾斜試験適合品と同等以上の難燃性ケーブルを使用する設計とするか，又は金属製の盤，電線管に収納する設計とする。
- (4) 換気空調装置のフィルタに対する不燃性又は難燃性材料の使用
- 貯蔵建屋のうち，金属キャスクを貯蔵する貯蔵区域及び金属キャスクを仮置きする受入れ区域は除熱のための空気の通風を自然換気により行い，換気空調設備のフィルタは使用しない。
- (5) 保温材に対する不燃性材料の使用
- 保温材は，空気圧縮機配管の火傷防止保温と冷却水ポンプ保温，雑用水配管の防露保温と凍結防止保温，及び監視盤室の空調冷媒配管保温に使用することを目的としており，「平成 12 年建設省告示第 1400 号」又は「建築基準法」において認められた不燃性材料を使用する設計とする。
- (6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用
- 貯蔵建屋のうち，貯蔵区域の壁の一部（床面から 1.6mの範囲）及び受入れ区域の床及び壁の一部（床面から 1.6mの範囲）は，不燃性のエポキシ樹脂系塗料にて塗装する設計とする。

4.3 落雷，地震等の自然現象による火災発生の防止について 次回申請

本項目は，落雷，地震等の自然現象による火災発生の防止（避雷設備による対策，地震による火災の発生防止等）について説明する項目であり，今回の申請範囲外の説明であることから，次回申請にて説明する。

5. 火災の感知及び消火^{次回申請}

本項目は、火災感知設備及び消火設備による、火災の感知及び消火について説明する項目であり、今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請にて説明する。

6. 火災の影響軽減対策

使用済燃料貯蔵施設は、火災によりその安全性が損なわれることのないよう、火災の影響軽減のための対策を講じる。

使用済燃料貯蔵建屋は、第 6-1 図に示すように、貯蔵区域、受入れ区域、付帯区域で構成し、貯蔵区域はさらに 6 分割した区画を設定する。これらの区域及び区画は、3 時間耐火能力を有するコンクリート壁、並びに 1 時間耐火能力を有する防火扉及び防火シャッター（「建築基準法」に基づく特定防火設備）で分離する。

更に、受入れ区域と貯蔵区域の間の防火扉及び防火シャッターには、箱状の鋼材にコンクリートを充填した遮蔽扉を併設する。

これらの施設、設備により、火災発生時の影響が他の区域や区画に波及しない設計とする。

6.1 火災の影響軽減対策のための火災区域及び火災区画の分離^{次回申請}

本項目は、火災の影響軽減対策のための火災区域及び火災区画の分離（火災区域構造物及び火災区画構造物による分離）について説明する項目であり、今回の申請範囲外の説明であることから、次回申請にて説明する。

6.2 配管等による火災区域及び火災区画貫通部の設計

ケーブルトレイ、電線管及び空気配管が、火災区域及び火災区画の床若しくは壁を貫通する場合には、ケーブルトレイ、電線管及び空気配管と、火災区域及び火災区画の床若しくは壁との隙間をモルタルその他の不燃性材料で埋める（建築基準法の規定に基づき、防火区画貫通部 1 時間遮炎性能の規定に適合するものとして国土交通大臣が認めた構造方法等とする）設計とする。

6.3 軽油貯蔵タンク（地下式）の火災による被害の拡大防止

給油取扱所である軽油貯蔵タンク（地下式）の北面には、「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」に従い、火災による被害の拡大を防止するための高さ 2 m 以上の鉄筋コンクリート造の扉を設ける。

添付9 安全機能の健全性維持に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 設計方針	2
3. 安全機能の健全性維持	3
4. 火災及び爆発の防止	5
5. 設備に対する要求	6
5.1 安全機能を有する施設	6
5.2 操作性及び検査又は試験等	6
6. 一般産業用工業品の更新や交換等	7
6.1 一般産業用工業品の条件	7
6.2 一般産業用工業品の調達管理	7
6.3 一般産業用工業品の更新や交換等の対象範囲の判別フロー	7
6.4 一般産業用工業品の更新や交換等	8

1. 概要

本資料は、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 13 条に基づき、安全機能を有する施設の適合性について説明するものである。

2. 設計方針

- (1) 安全機能を有する施設は、「別添Ⅰ 基本設計方針 1.9 安全機能を有する施設」のとおり分類し施設設計を行う。安全機能を有する施設のうち、基本的安全機能を確保する上で必要な施設は、金属キャスク、貯蔵架台、使用済燃料貯蔵建屋、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車をいう。
- (2) 安全機能を有する施設は、本使用済燃料貯蔵施設以外の原子力施設との間で共用しない設計とする。また、安全機能を有する施設は本使用済燃料貯蔵施設内で共用しない設計とする。
- (3) 安全機能を有する施設の設計、材料の選定、製作、工事及び検査は、原則として国内法規に基づく適切な規格及び基準によるものとする。また、十分な使用実績があり信頼性の高い国外の規格等に準拠する。
- (4) 安全機能を有する施設は、設計貯蔵期間を通じて、基本的安全機能及び安全機能を確保するための検査又は試験及び同機能を健全に維持するための保守又は修理ができる設計とする。また、金属キャスクを本施設外へ搬出するために必要な確認ができる設計とする。
- (5) 金属キャスク取扱設備は、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車であり、動作中に金属キャスクの基本的安全機能を損なうことがないよう必要な検査及び修理等ができる設計とする。
- (6) 一般産業用工業品の更新や交換等は、本申請書に記載している仕様又は性能を満足していることを評価のうえ使用を開始し、定期事業者検査等で性能を維持していることを確認する。一般産業用工業品は、「保安規定」に基づくマニュアル類に従い、施設管理計画に反映し、設備の維持管理を行う。
- (7) 通信連絡設備、安全避難通路（誘導灯）及び一般消耗品等の一般産業用工業品については、適切な時期に交換を行うことで設備の維持管理を行う。
- (8) 消防法に定める機器等（感知器、火災受信機等）は、消防法に基づき消防法に合致したものと交換し所轄消防へ必要な届出を実施する。

3. 安全機能の健全性維持

(1) 耐震設計

- a. 使用済燃料貯蔵施設は、その供用中に当該使用済燃料貯蔵施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して基本的安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- b. 使用済燃料貯蔵施設は、地震により発生するおそれがある施設の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、耐震設計上の重要度をSクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、それぞれの重要度に応じた地震力に十分耐えることができるように設計する。
- c. 金属キャスク及び金属キャスクの支持構造物である貯蔵架台は、Sクラスの設計とし、基準地震動 S_s による地震力に対して基本的安全機能を損なわない設計とする。
また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐える設計とする。
なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて作用するものとする。静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。
- d. 使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）、受入れ区域天井クレーン及び搬送台車は、Bクラスの設計とし、かつ、基準地震動 S_s による地震力に対して、基本的安全機能を損なわない設計とする。
なお、貯蔵建屋は、杭基礎構造とし、杭先端は基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても十分な支持性能をもつ地盤に支持させる。
- e. Bクラス及びCクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐える設計とする。
- f. Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、その影響について検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じたものとする。
- g. 基本的安全機能を確保する上で必要な施設が、その他の安全機能を有する施設の波及的影響によって、その基本的安全機能を損なわないように設計する。

耐震設計は、「添付5-1 申請設備に係る耐震設計の基本方針」で説明する。

(2) 自然現象等による損傷の防止

a. 自然現象

使用済燃料貯蔵施設は、リサイクル燃料備蓄センターの敷地及びその周辺で想定される洪水、風（台風）、竜巻、低温・凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等の自然現象（地震及び津波を除く。）による荷重の組合せに遭遇した場合においても基本的安全機能を損なうおそれのない設計とし、自然現象による影響に対して、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置又

は供用中における運用上の適切な措置を講じる。

自然現象等による損傷の防止は、「添付7-1 自然現象等による損傷の防止に関する説明書」における「添付7-1-1 自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」で説明する。

b. 人為事象

使用済燃料貯蔵施設は、リサイクル燃料備蓄センターの敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダム の崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等の使用済燃料貯蔵施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）に対して、基本的安全機能を損なうおそれのない設計とし、人為事象による影響に対して、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置又は供用中における運用上の適切な措置、その他、対象とする発生源から一定の距離を置くことによる適切な措置を講じる。

c. 外部からの衝撃より防護すべき施設

外部からの衝撃より防護すべき施設は、「添付7-2 竜巻への配慮に関する説明書」における「添付7-2-1 竜巻への配慮に関する基本方針及び竜巻の影響を考慮する施設の選定」、「添付7-3 火山への配慮に関する説明書」における「添付7-3-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定」及び「添付7-4 外部火災への配慮に関する説明書」における「添付7-4-2 外部の影響を考慮する施設の選定及び設計方針」で説明する。

d. 組合せ

使用済燃料貯蔵施設の設計において考慮する自然現象については、その特徴及びリサイクル燃料備蓄センターの地学、気象学的背景を踏まえ、必要に応じて異種の自然現象の組合せを考慮する。

4. 火災及び爆発の防止

使用済燃料貯蔵施設は、火災又は爆発により基本的安全機能を損なうことのないよう「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」に基づき、火災及び爆発の発生防止、火災及び爆発の発生の早期感知及び消火、火災及び爆発の影響軽減について適切に組み合わせた火災防護対策を講ずる設計とする。

なお、使用済燃料貯蔵施設には、基本的安全機能を損なうような爆発を発生させる機器・設備は存在しない。

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上では、金属キャスク及び貯蔵架台は主要材料が金属製の不燃性材料でありそれ自体が火災発生源となることはないが、周囲で発生した火災の熱的な影響により金属キャスクの基本的安全機能を損なうことのないよう、金属キャスク周囲における火災防護対策を講ずる。貯蔵建屋については、基本的安全機能のうち建屋が担っている遮蔽及び除熱の機能が火災により損なわれないよう、耐火能力を有するコンクリート壁、防火扉及び防火シャッターで構成する。また、金属キャスクを取り扱う設備である受入れ区域天井クレーン及び搬送台車については、金属キャスク取扱い中の火災による金属キャスクの落下、転倒及び重量物の落下による波及的影響を防止する設計とする。

安全機能を有する施設については可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用し、また、火災区域及び火災区画を設ける。

火災及び爆発の防止については、「添付8 火災及び爆発の防止に関する説明書」で説明する。

5. 設備に対する要求

5.1 安全機能を有する施設

安全機能を有する施設は、使用済燃料貯蔵施設のうち安全性を確保するために必要な機能を有する構築物、系統及び機器をいう。また、安全機能を有する施設は「別添Ⅰ基本設計方針 1.9 安全機能を有する施設」のとおりで、その安全機能の重要度に応じて、その機能を確保する設計とする。

5.2 操作性及び検査又は試験等

(1) 操作性の確保

安全機能を有する施設は、操作員による誤操作を防止するため操作性を確保するとともに、警報を発報することにより使用済燃料貯蔵施設の状態を迅速に把握できる設計とする。

(2) 検査又は試験

安全機能を有する施設は、当該施設の安全機能を確認するための検査又は試験ができる設計とする。

安全機能を有する施設は、設備に期待される安全機能の健全性及び能力を維持し確認するため、安全機能の重要度に応じ、検査又は試験を行うことで安全機能を確認できる設計とする。

安全機能を有する施設は、使用前事業者検査、定期事業者検査、自主検査等が実施可能な設計とする。

(3) 保守又は修理

安全機能を健全に維持するための保守又は修理ができる設計とする。

使用済燃料貯蔵施設の設備の安全機能を健全に維持するため、施設管理の方法を保安規定に定める。

(4) 維持管理

使用済燃料貯蔵施設の維持管理に当たっては、保安規定に基づくマニュアル類に従い、施設管理計画における保全プログラムを策定し、設備の維持管理を行う。

6. 一般産業用工業品の更新や交換等

「原子力施設の安全機能に係る機器，構造物，及びシステム並びにそれらの部品であって，専ら原子力施設において用いるために設計開発及び製造されたもの」は，臨界防止，遮蔽，閉じ込め，除熱の基本的安全機能を確保するために設計開発及び製造された金属キャスク，金属キャスクの移送及び取扱いを行う受入れ区域天井クレーン，搬送台車等がある。一般産業用工業品は，「添付書類3 使用済燃料貯蔵施設の技術基準への適合性に関する説明書 第3-1表 施設と条文の対比一覧表（設工認申請対象機器の技術基準への適合性に関する整理）」のとおりである。

一般産業用工業品について，それらが有する安全機能等を踏まえた上で，更新や交換等に係る基本方針を説明する。

6.1 一般産業用工業品の条件

一般産業用工業品の条件は，以下のとおりとする。

- (1) 設工認対象機器（前提条件）
- (2) 原子力仕様の機器等ではないこと。または，設計管理区分Ⅰ，Ⅱであっても一般産業用で用いられている機器等であること。
- (3) 一般産業用工業品の使用にあたり，機器，設備の環境仕様，購入仕様，機器仕様を確認し，当該機器，設備が使用環境に適合していることを確認した評価書があること。

6.2 一般産業用工業品の調達管理

- (1) 供給者等から必要な情報を入手し，当該一般産業用工業品が使用済燃料貯蔵施設として使用できることを確認できるように，管理の方法及び程度を定める。例えば，次のように当該一般産業用工業品に関する技術的な評価を行うことをいう。
 - a 機器，設備の環境仕様，購入仕様，機器仕様を確認し，当該機器，設備が使用環境に適合していることの技術的な評価を行う。
 - b 設置しようとする環境等の情報を供給者等に提供し，供給者等に当該一般産業用工業品の技術的な評価を行わせる。
- (2) 調達要求事項では，調達物品等に関する要求事項を明確にし，一般産業用工業品を機器等に使用するに当たっての評価に必要な要求事項を含める。

6.3 一般産業用工業品の更新や交換等の対象範囲の判別フロー

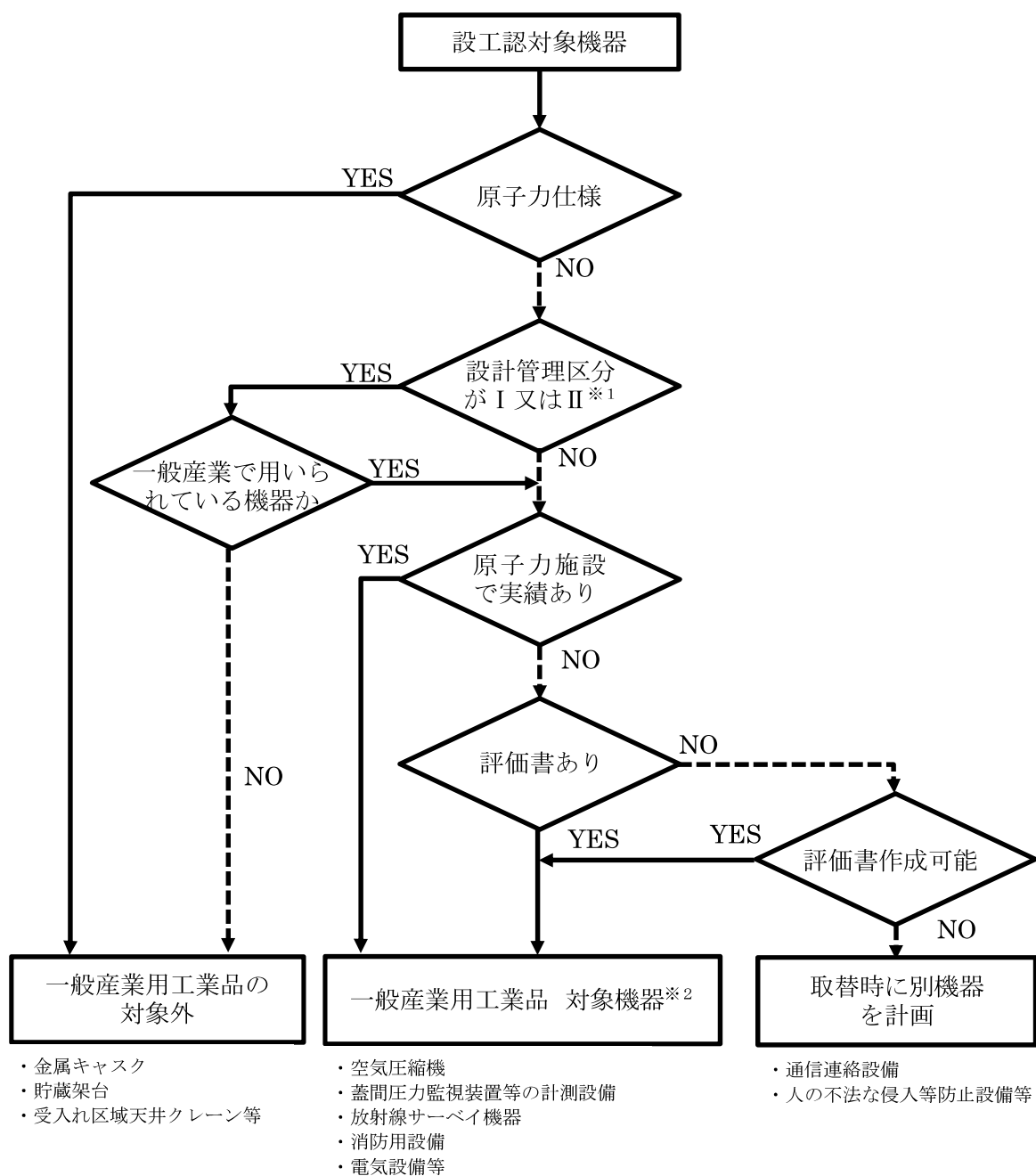
設工認対象機器は，要目表単位の記載の機器，設備とする。

また，設工認対象機器が複数の機器等で構成される場合は，構成される機器単位で一般産業用工業品として扱うことも可能とする。

第6.3-1図に，一般産業用工業品の判別フローを示す。

6.4 一般産業用工業品の更新や交換等

- (1) インターロック及び警報の系統を構成する機器等については、測定精度を確認し、インターロック設定値、警報設定値を逸脱しないように、必要に応じてインターロックセット値、警報セット値を変更する。
- (2) 設計及び工事の計画の変更認可申請にて認可を受けた一般産業用工業品について更新、交換、取替を基本方針に従って実施する場合は、設工認申請が不要となる。
なお、更新、交換、取替を実施する場合は、設工認記載事項と同等以上の性能であることを確認することとする。これは、一般産業用工業品は、生産終了などで同型や相当品を探すのが難しく、時代の変化とともに性能向上が期待されることを考慮するものとする。
- (3) 「一般産業用工業品」の具体例としては、通信連絡設備（社内電話設備、放送設備、加入電話設備等）避難通路に係る設備（通路誘導灯、避難口誘導灯、保安灯）、消防法に定められている設備（火災受信機、表示器、スポット型感知器、消火器）、カタログ品（安全機能を有する施設に組み込まれた配管、ケーブル、放射線サーベイ機器、監視装置用の検出器）が挙げられる。



※1 設計管理区分 I は基本的安全機能を有する施設，設計管理区分 II は安全機能を有する施設

※2 一般産業用工業品の対象となる機器については，「添付書類 3 使用済燃料貯蔵施設の技術基準への適合性に関する説明書 第 3-1 表 施設と条文の対比一覧表（設工認申請対象機器の技術基準への適合性に関する整理）」に記載する。

第 6.3-1 図 一般産業用工業品の判別フロー

添付 10 主要な容器の強度及び耐食性に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 設計方針	2
3. 経年変化に対する考慮	3
4. 材料について	4
5. 構造及び強度について	5
6. 主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。）について	6
7. 耐圧試験等について	7

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の主要な容器の強度及び耐食性に関する設計方針が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第14条（材料及び構造）に適合することを説明するものである。

なお、技術基準規則に適合する設計である金属キャスク及び貯蔵架台については、次回申請の適合性確認対象設備であるため、設計結果の説明事項については次回申請の主要な容器の強度及び耐食性に関する説明書に記載する。

2. 設計方針

使用済燃料貯蔵施設で貯蔵する使用済燃料集合体は、金属キャスクに収納された状態で施設に搬入し、別の容器に詰め替えることなく貯蔵する。

金属キャスクは、使用済燃料集合体を貯蔵する機能を有するとともに、使用済燃料集合体の事業所外運搬に用いる輸送容器としての機能を併せもつ鋼製の乾式容器であり、その設計においては、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間の経年変化を考慮する。

基本的安全機能を維持する上で重要な金属キャスクの構成部材は、設計貯蔵期間（50年間）に加えて事業所外運搬に係る期間等を考慮した十分な余裕を有する60年間における温度、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変化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、その必要とされる強度、性能を維持し、必要な安全機能を失うことのない設計とする。

金属キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食、クリープ、応力腐食割れ等を防止するために、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムとともに封入して貯蔵する設計とする。また、金属キャスク表面の必要な箇所には、塗装による防錆措置を講ずる。

3. 経年変化要因に対する考慮

金属キャスクに使用する個々の部材について、長期貯蔵（設計貯蔵期間の 50 年に対し、評価期間は 60 年）における環境条件（腐食、熱、放射線照射）の影響を考慮して、文献や試験データに基づき、経年変化の影響を検討する。

また、金属キャスクは、金属キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食等を防止するために、使用済燃料集合体収納時にその内部空間を真空乾燥し、不活性ガスであるヘリウムを適切に封入し、使用済燃料集合体を貯蔵する。また、金属キャスク表面の必要な箇所には、塗装による防錆措置を講ずる。

4. 材料について

金属キャスク及び貯蔵架台は、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分（使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。）を有するものとし、有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認する。

金属キャスクのうち、放射性物質を閉じ込めるための密封境界を構成する部材（以下「密封容器」という。）に使用する材料は、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。

貯蔵架台に使用する材料にあつては、当該貯蔵架台の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。

5. 構造及び強度について

金属キャスクは、取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とし、座屈が生じない設計とする。

密封容器は、破断延性限界に十分な余裕を有し、要求される機能に影響を及ぼさない設計とし、密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。また試験状態においては、全体的な塑性変形が生じない設計とし、密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。

密封容器は取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊を生じない設計とすること。

密封容器の強度評価については、使用済燃料貯蔵施設規格（金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007）（日本機械学会 2007年12月）（以下「金属キャスク構造規格」という。）を適用する。ただし、金属キャスクは一次蓋と二次蓋の多重の閉じ込め構造を形成し、二次蓋は一次蓋と同等の閉じ込め機能を有していることから、二次蓋の応力評価手法としては一次蓋と同様、金属キャスク構造規格の密封容器の規定を用いる。

貯蔵架台は、取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。また、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊及び座屈が生じない設計とする。

貯蔵架台の強度評価については、発電用原子力施設規格（設計・建設規格 JSME S NC1-2005）（日本機械学会 2005年9月）（2007年追補版を含む。）クラス1支持構造物の基準を準用する。

6. 主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。）について

密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、不連続で特異な形状でないものとし、適切な強度を有するものとする。また、溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを、非破壊試験により確認する。

密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものとする。

7. 耐圧試験等について

金属キャスクは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがない設計とする。

添付 14 汚染の拡大防止に関する説明書

添付 14-1 受入れ区域の汚染の拡大防止に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 設備の設計方針	2
3. 汚染発生時の対応方針	3

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の汚染の拡大防止設計が、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 11 条（閉じ込めの機能）及び第 20 条（使用済燃料によって汚染されたものによる汚染の防止）に適合することを説明するものである。

2. 設備の設計方針

(1) 使用済燃料貯蔵建屋（受入れ区域）

受入れ区域の床、壁の一部（床面から 1.6mの範囲）及び扉は、汚染の除去がしやすいよう、エポキシ樹脂系塗料又は合成樹脂調合ペイントにて塗装する設計とする。

(2) 廃棄物貯蔵室

廃棄物による汚染の拡大防止を考慮し、受入れ区域の独立した区画に設け、放射性廃棄物をドラム缶、ステンレス製等の密封容器に入れ、保管廃棄可能な設計とする。また、漏えいが生じたときの漏えい拡大防止を考慮し、廃棄物貯蔵室の出入口にはせきを設ける構造とするとともに、床等及び腰壁は、汚染の除去がしやすく、廃水が浸透し難いエポキシ樹脂系塗料にて塗装する設計とする。

3. 汚染発生時の対応方針

搬入した金属キャスク等の表面に法令に定める管理区域に係る値を超える放射性物質が検出された場合は、除染に使用した水及び除染液の液体廃棄物並びにウエス等の固体廃棄物はドラム缶，ステンレス製の密封容器に入れた後，廃棄物貯蔵室に保管廃棄する。固体廃棄物及び液体廃棄物の管理については，保安規定に定め，保管廃棄する。

なお，管理区域内において法令に定める表面密度限度の 10 分の 1 を超えるような予期しない汚染を床，壁等に発生させた場合又は発見した場合の運用については，保安規定に定める。

添付 15 その他設備に関する説明書

添付 15-1 電気設備に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 設計方針	2
2.1 所内電源設備に関する設計方針	2
2.2 無停電電源装置に関する設計方針	2
2.3 共用無停電電源装置に関する設計方針	3
2.4 電源車に関する設計方針	3
2.5 軽油貯蔵タンク（地下式）に関する設計方針	4
3. 施設の詳細設計方針	5
3.1 無停電電源装置	5
3.2 共用無停電電源装置	7
3.3 電源車	9
3.4 軽油貯蔵タンク（地下式）	13
3.5 直流電源装置に関する設計事項	16
3.6 電気設備の異常の予防に関する設計事項	17
3.7 電気設備の操作性及び検査又は試験等	19
3.8 電気設備の準拠すべき主な法令，規格及び基準	20

1. 概要

リサイクル燃料備蓄センターの電力は、外部電源系統として東北電力ネットワーク株式会社の6.6kV回線から受電し、変圧器により420Vに降圧した後、所内の常用母線等を経由して使用済燃料貯蔵施設内の各負荷へ給電する。

本資料は、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第23条に基づき、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合においても、監視設備やその他の必要な設備に電気を供給することができる設備として設置される無停電電源装置、共用無停電電源装置、電源車及び軽油貯蔵タンク（地下式）の適合性について説明するものである。

2. 設計方針

2.1 所内電源設備に関する設計方針

リサイクル燃料備蓄センターの電力は、外部電源系統として東北電力ネットワーク株式会社の6.6kV回線から受電し、受変電施設に設置される6.6kV常用母線に接続され空気圧縮機に給電する。また、変圧器により420Vに降圧した後、使用済燃料貯蔵建屋の電気品室内に設置される420V常用母線等から各負荷へ給電する。電気品室の420V常用母線に接続する無停電電源装置から金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に給電する設計とする。受変電施設に設置される420V常用母線2に接続する共用無停電電源装置から、貯蔵建屋内の保安灯に給電する設計とする。

受変電施設の6.6kV常用母線と420V常用母線の制御電源用として、受変電施設に直流電源装置を有する設計とする。

外部電源喪失時には、無停電電源装置及び共用無停電電源装置の蓄電池から各設備への給電が無停電で継続して行われる。蓄電池の給電可能時間を超える外部電源喪失時には、電源車は移動電源車接続箱を経由して受変電施設の420V常用母線1に接続し、無停電電源装置及び共用無停電電源装置を介して、各負荷に給電を行う設計とする。そのため、電源車と移動電源車接続箱とをケーブルで接続する設計とする。

仮想的大規模津波（以下「津波」という。）の影響を受けないリサイクル燃料備蓄センターの南側高台（以下「南側高台」という。）に、津波襲来後の活動拠点（予備緊急時対策所・資機材倉庫）を設ける。活動拠点では、津波襲来後の活動に用いる代替計測用計測器や通信連絡設備を保管する。活動拠点に電気を供給するために、受変電施設の6.6kV常用母線から高压ケーブルを敷設し、南側高台の電源盤を接続する。変圧器で420Vに降圧した後、420V常用母線から210V常用母線及び105V常用母線を介して、津波襲来後の活動拠点の各設備に給電する設計とする。

リサイクル燃料備蓄センターの電気設備は、T.P.約16.4mの受変電施設、T.P.約21.6mの貯蔵建屋付帯区域2階の電気品室に設置されており、津波襲来時には水没し使用できなくなる。そのため、東北電力ネットワーク株式会社の6.6kV回線からも受電できなくなる。津波襲来時は、南側高台420V常用母線に電源車から給電することにより、活動拠点で必要とする電気を供給する。

2.2 無停電電源装置に関する設計方針

外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に給電することができる設備として、無停電電源装置を設ける設計とする。これら給電する設備が作動し得るのに十分な容量を有する設計とする。

無停電電源装置は、常時、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に給電を行い、外部電源喪失時には、組込まれた蓄電池の電力を利用することで、無停電で継続して各設備に8時間の給電が可能な設計とする。

2.3 共用無停電電源装置に関する設計方針

外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、貯蔵建屋内の保安灯へ電気を供給することができる設備として、共用無停電電源装置を設ける設計とする。また、保安灯以外の設備でも、事務建屋で外部電源喪失時に使用できることが望ましい設備にも給電できる設計とする。これら給電する設備が作動し得るのに十分な容量を有する設計とする。

共用無停電電源装置は、常時、貯蔵建屋内の保安灯等に給電を行い、外部電源喪失時には蓄電池の電力を利用することで、無停電で継続して各設備に8時間の給電が可能な設計とする。なお、所轄消防署との協議に基づき共用無停電電源装置より8時間給電される保安灯を設置していることから、一部の通路誘導灯の設置は免除されている。

共用無停電電源装置が電源車から給電を受ける場合、蓄電池への充電を行うと電源車が過負荷となることから、過負荷運転防止のために蓄電池への充電を行わないメンテナンスバイパスで使用する。

2.4 電源車に関する設計方針

外部電源系統からの電気の供給が無停電電源装置の給電可能時間を超えた場合において、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に電気を供給することができる設備として、電源車を設ける設計とする。また、外部電源喪失時に貯蔵建屋内の保安灯と使用できることが望ましい設備に給電するために、共用無停電電源装置とその他必要とする設備に給電できる設計とする。これら給電する設備が作動し得るのに十分な容量を有する設計とする。

電源車から電気を供給する際には、電源車の過負荷を防止するために、不要な負荷の切り離しや共用無停電電源装置の入力回路の変更を行うことを保安規定に定める。

電源車は、点検等で使用できなくなる期間があることから、予備（1台）を保有する。電源車は津波による浸水を避けるために南側高台に配置するとともに、予備の電源車は、移動電源車接続箱が設置されている受変電施設東側に配置する。点検等によりリサイクル燃料備蓄センター内の電源車が1台となる場合、南側高台に配置し、外部電源が喪失した際には、受変電施設東側に移動する。配置に際し、電源車は、竜巻により飛来物となることを防止するために固縛を行う。

また、電源車は、津波襲来後の活動拠点に給電できる設計とする。そのために、電源車と南側高台420V常用母線とをケーブルで接続する設計とする。

外部電源喪失時の電源車への給油は、軽油貯蔵タンクの軽油を軽油用ポリタンクに移し替え、電源車近傍まで運んだ後、軽油ポリタンクから燃料タンクに給油を行う設計とする。電源車への給油時には、火災発生防止のために、発電機とエンジンを停止させる。

2.5 軽油貯蔵タンク（地下式）に関する設計方針

外部電源系統からの電気の供給が無停電電源装置の給電可能時間を超えた場合において、電源車による給電を可能とするための燃料を貯蔵する設備として、軽油貯蔵タンク（地下式）を設ける設計とする。軽油貯蔵タンク（地下式）は、消防法に基づく設計とする。

外部電源喪失後、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に72時間以上の給電を可能とする燃料を貯蔵できる設計とする。

また、軽油貯蔵タンク（地下式）は津波襲来後の活動に必要な設備の燃料を貯蔵できる設計とする。

軽油貯蔵タンク（地下式）は、外部電源喪失時及び津波襲来時において、タンクに付属する計量機を用いて、軽油用ポリタンクへの給油が可能な設計とする。

3. 施設の詳細設計方針

3.1 無停電電源装置

無停電電源装置は、常時、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に給電を行い、外部電源喪失時には、組込まれた蓄電池の電力を利用することで、無停電で継続して各設備に8時間の給電が可能な設計とする。

また、インバータの点検時、あるいは不具合時でも給電が可能なように、インバータの出力側にはバイパス側との切換スイッチを設置し、インバータの故障時など、インバータから電気を供給できなくなった場合には、インバータをバイパスするバイパス運転に自動的に無停電で切り換えを行う設計とする。さらに、切換スイッチをバイパスして給電するメンテナンスバイパス回路を有する設計とする。バイパス運転とメンテナンスバイパス運転時は、外部電源で瞬時電圧低下や停電があった場合には、負荷も電圧の低下や停電するといった影響が生じることから、原則、インバータ運転を行う。

(1) 無停電電源装置の容量

無停電電源装置から給電する負荷と主な装置のリストを第3.1-1表に示す。

第3.1-1表 無停電電源装置の負荷リスト

設備	負荷名称	主な装置・設備の名称
計測設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蓋間圧力監視装置 ・ 表面温度監視装置 ・ 給排気温度監視装置 ・ 表示・記録装置 	信号入出力装置 1～6 信号入出力装置 7 圧力変換器給電盤 1～6 キャスク監視盤 表示・記録装置 (監視盤室) 表示・記録装置 (モニタールーム) 表示・記録装置 (宿直前室) 表示・記録装置 (緊急時対策室)
放射線監視設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ エリアモニタリング設備 ・ 周辺監視区域境界付近固定モニタリング設備 	エリア放射線モニタ監視盤 環境監視盤 モニタリングポスト (MP-A) モニタリングポスト (MP-B)
通信連絡設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放送設備 ・ 社内電話設備 ・ 送受話器 	放送設備 社内電話設備 送受話器
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入退域管理装置 ・ 将来設置機器 	入退域管理装置 将来設置機器

無停電電源装置の容量は、供給先である金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に給電できる容量である 30kVA とする。無停電電源装置の容量の設定根拠は「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書 (電気設備)」にて説明する。

また、設備の更新・増設等で負荷が増加する場合には、無停電電源装置の出力を超過しないことを確認する。

(2) 無停電電源装置の給電可能時間

外部電源喪失時には、無停電電源装置に組込まれた蓄電池から8時間給電できるように設計するものとし、1個当たり1000Ahの蓄電池を直列に55個接続したものを1組とし、これを3組並列に接続する。合計165個の蓄電池を有するものとする。無停電電源装置の蓄電池の容量と数の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

(3) 電源車からの給電について

外部電源喪失が長時間となり、無停電電源装置の給電可能時間を超える場合には、電源車から無停電電源装置に給電する。電源車は受変電施設の420V常用母線1に接続され、貯蔵建屋電気品室の420V常用母線を介して無停電電源装置に給電が行われる。電源車からの給電とともに蓄電池への充電も開始されるために、電源車から大きな電力が無停電電源装置に給電されることになるが、負荷への給電はそのまま継続されるため影響を与えることはない。共用無停電電源装置では、電源車の過負荷を防止するために電源車からの給電時にはメンテナンスバイパス運転とするが、無停電電源装置は金属キャスクの基本的安全機能を監視する設備に給電していることから、優先して給電する必要があるため、メンテナンスバイパス運転への切替えは行わない。

また、給油のために電源車が発電を停止している間は無停電電源装置への給電は行われないが、その間も蓄電池の電力で各負荷への給電は継続される。

3.2 共用無停電電源装置

共用無停電電源装置は、常時、貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備に給電し、外部電源が喪失した場合には、組込まれた蓄電池から給電を継続する設計とする。これにより、外部電源が喪失した場合でも、無停電で給電が継続される。また、インバータの点検時、あるいは不具合時でも給電が可能なように、インバータの出力側にはバイパス側との切換スイッチを設置し、インバータの故障時など、インバータから電気を供給できなくなった場合には、インバータをバイパスするバイパス運転に自動的に無停電で切り換えを行う設計とする。さらに、切換スイッチをバイパスして給電するメンテナンスバイパス回路を有する設計とする。バイパス運転とメンテナンスバイパス運転時は、外部電源で瞬時電圧低下や停電があった場合には、負荷も電圧の低下や停電するといった影響が生じることから、原則、インバータ運転を行う。

(1) 共用無停電電源装置の容量

共用無停電電源装置から給電する設備と主な装置のリストを第3.2-1表に示す。

第3.2-1表 共用無停電電源装置の主な負荷

設 備	主な負荷
保安灯・消防設備	・保安灯・誘導灯 ・火災感知設備
事務建屋設備	・事務建屋内照明 ・パソコン類 ・事務建屋給水ポンプ ・監視室エアコン
放射線作業管理用計算機	・放射線作業管理用計算機
その他	・貯蔵建屋内カメラ ・防護管理設備 ・受変電施設内照明

共用無停電電源装置の容量は、供給先である保安灯や事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備に供給するのに必要な容量である50kVA以上である75kVAとする。共用無停電電源装置の容量の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

(2) 共用無停電電源装置の給電可能時間

外部電源喪失時には、共用無停電電源装置に組込まれる蓄電池から必要な容量である50kVAに余裕を考慮した55kVAで8時間給電できるように設計するものとし、1個当たり3000Ahの蓄電池を直列に108個接続する。合計108個の蓄電池を有するものとする。共用無停電電源装置の蓄電池の容量と数の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設

定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

また、設備の更新・増設等で負荷が増加する場合には、共用無停電電源装置の負荷が55kVAを超過しないことを確認する。

(3) 電源車からの給電について

外部電源喪失が長時間となり、共用無停電電源装置の給電可能時間を超える場合には、電源車から共用無停電電源装置に給電する。電源車は受変電施設の420V常用母線1に接続され、受変電施設の420V常用母線2を介して共用無停電電源装置に給電が行われる。

電源車から共用無停電電源装置に給電が行われる場合、共用無停電電源装置の蓄電池に充電電流が流れると大きな入力電流となり電源車が過負荷となることから、蓄電池を充電せずインバータと切替スイッチをバイパスした状態で負荷に給電するメンテナンスバイパス運転に切り替えを行う。メンテナンスバイパス運転とは、電源車の電力が整流器、インバータ及び切替スイッチを経由することなく直接各負荷に供給される運転モードであり、電源車による最初の給電時及び給油作業に伴い電源車が一時的に給電を停止する際には、共用無停電電源装置の負荷は一時給電が行われなくなるが、給電再開と共に自動起動もしくは再起動操作を行うことで各設備は使用可能である。

3.3 電源車

電源車は、常時はリサイクル燃料備蓄センター内の電気系統には接続しないが、無停電電源装置の給電可能時間を超える外部電源喪失が発生した場合には、受変電施設東側の移動電源車接続箱を経由して受変電施設の420V常用母線1に接続し、備蓄センター内の必要な設備に電気を供給する設計とする。電源車は、点検等で使用できなくなる期間があることから、予備を保有する。

電源車は津波による浸水を避けるために南側高台に配置するとともに、予備の電源車は、移動電源車接続箱が設置されている受変電施設東側に配置する。点検等により、リサイクル燃料備蓄センター内の電源車が1台となる場合、予備の電源車を南側高台に配置し、外部電源が喪失した際には受変電施設東側に移動して、給電する。

配置に際し、電源車は、竜巻により飛来物となることを防止するために、南側高台と受変電施設東側で固縛を行う。固縛に際しては、「添付7-2-4 竜巻に対する電源車の固縛装置の評価方針及び評価結果」で示した方法で行う。

また、電源車は、津波襲来後の活動拠点となる予備緊急時対策所に給電できる設計とする。そのために、電源車と南側高台420V常用母線とをケーブルで接続する設計とする。

(1) 電源車の容量

電源車から給電する設備と主な負荷のリストを第3.3-1表に示す。

第3.3-1表 電源車の主な負荷

設 備	主な負荷
無停電電源装置	計測設備, 放射線監視設備, 通信連絡設備
共用無停電電源装置	貯蔵建屋内保安灯, 事務建屋内パソコン類
直流電源装置	受変電施設内常用母線制御電源
監視盤室空調機	監視盤室内空調機
モニタリングポストA空調機他	モニタリングポスト内空調機, 換気扇
モニタリングポストB空調機他	モニタリングポスト内空調機, 換気扇, 気象観測設備
エリア放射線モニタ検出器用 スペースヒータ	エリアモニタ検出器用スペースヒータ
蓋間圧力検出器	蓋間圧力検出器の前増幅器用スペースヒータ
表示・警報装置	表示・警報装置の信号入出力装置用スペースヒータ

電源車を、移動電源車接続箱を介して受変電施設の420V常用母線1に接続する前に、電源車が過負荷となることを防止するために、不要な負荷へ給電する遮断器をOFF状態とする。また、共用無停電電源装置をメンテナンスバイパス運転のモードに切り替えを行う。

電源車の容量は、供給先である無停電電源装置等の負荷に必要な電力である 215kVA を上回る 250kVA とする。電源車の容量の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

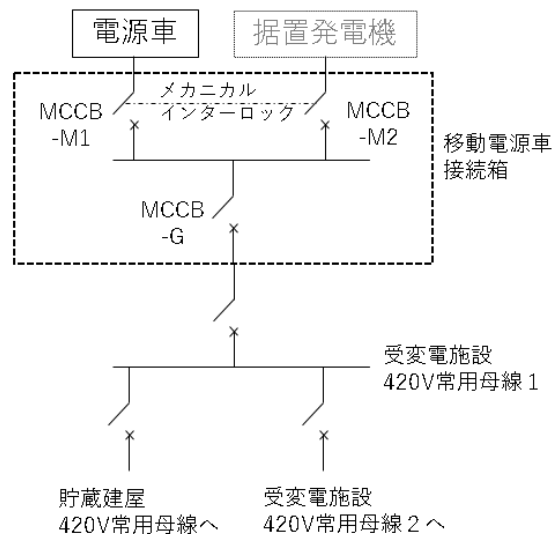
設備の更新・増設等で負荷が増加する場合には、電源車の出力を超過しないことを確認する。

(2) 移動電源車接続箱について

移動電源車接続箱は、受変電施設東側のT.P.約20mの位置に設置されている。電源車で発電した電気を、受変電施設の420V常用母線 1 に送るための電源盤であり、420V常用母線 1 に供給するためのMCCB-G、電源車の電気を受電するためのMCCB-M1、据置発電機（自主設備）で発電した電気を受電するためのMCCB-M2から構成される。MCCB-M1とMCCB-M2は同時に入り状態にできないよう、メカニカルインターロックを有する構造とする。

通常時、メカニカルインターロックは、MCCB-M2（据置発電機側）がONにできない状態とする。

移動電源車接続箱の構成を第3.3-1図に示す。



第3.3-1図 移動電源車接続箱の単線結線図

(3) 電源車と移動電源車接続箱のケーブルの接続

電源車と移動電源車接続箱を接続するケーブル（約20m）は、電源車内の巻取装置で保管しており、使用する際にケーブルを引き出し、電源車の後部にあるコネクタ部と移動電源車接続箱のコネクタ部に接続する。ケーブルを接続した状態を第3.3-2図に示す。



第3.3-2図 移動電源車接続箱と電源車のケーブル接続図

(4) 電源車への給油と燃料タンクの必要量について

電源車は、燃料タンクの残量約80L程度で、燃料タンクレベル低の警報が発生する。燃料タンクは移動用のエンジンと共有しており、常に満タンになっているとは限らないことから、外部電源喪失時の電源車への給油は、燃料タンクレベル低の警報が発生する程度で行うものとし、3時間を目安とした周期で給油する。

電源車の燃料タンクに対する要求量は、3時間の運転に必要とする燃料消費量であり、145L以上を必要とする。電源車の燃料タンクの必要容量の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

電源車への給油は、軽油貯蔵タンク（地下式）に設置する計量機にて消防法令に適合したポリ容器に軽油を入れ、その後、受変電施設東側の電源車の位置に運び、電源車の発電を一度停止させてから給油を行うものとする。給油終了後に給電を再開する。給油を繰り返して行うことにより、72時間以上の給電が可能である。給油に伴い発電が一時停止するが、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備には無停電電源装置の蓄電池の電力による給電が継続される。

(5) 津波による敷地内の浸水を想定した電源車の設計について

津波による浸水の影響を受けない南側高台に設ける活動拠点（予備緊急時対策所、資機材倉庫）の各設備に電気を供給するために、南側高台に電源盤を設ける。

南側高台の電源盤は、6.6kVを420Vに降圧する変圧器、420V常用母線、210V常用母線及び105V常用母線からなり、420V常用母線は電源車と接続するためのコネクタを設ける設計とする。津波襲来時は、電源車の巻取り装置で保管されているケーブルを、電源車後部のコネクタ部と南側高台420V常用母線に設けたコネクタ部に接続する。

活動拠点では津波襲来後の金属キャスクの監視、外部との通信連絡を行うことから、通信連絡設備、金属キャスクの監視に必要な代替計測用計測器の充電、執務エリアの照明、事務機器、空調設備が津波襲来後の電源車の負荷となる。

津波襲来後の活動拠点における主な負荷のリストを第3.3-2表に示す。

第3.3-2表 活動拠点における主な負荷

設 備	主な負荷 (想定)	負荷容量 (kVA)
予備緊急時対策所・ 資機材保管庫	空調機 6kVA 12台 (負荷率0.9)	64.8
	照明・コンセント他 33kVA (負荷率0.9)	29.7
	コピー機 2kVA 2台 (負荷率0.2)	0.8
	合 計	95.3

通信連絡設備や計測器，事務機器といった設備は，容量が小さく個別の容量を合計することには適さないことから，コンセント単位で容量を想定し，合計する。

負荷容量の計算としては，1箇所あたり空調機2台と照明・コンセント他用として約3～6kVA相当の負荷に給電する。

電源車の容量は津波襲来後にリサイクル燃料備蓄センター南側高台で必要と想定される必要容量95.3kVAを上回る250kVAを有しており，津波襲来時でも1台で給電が可能である。

(6) 津波襲来時の電源車への給油について

電源車の燃料を貯蔵する軽油貯蔵タンク（地下式）は，津波による影響を受けない南側高台に設置する。そのため，津波襲来後においても電源車の燃料を貯蔵する設備として使用が可能である。

外部電源喪失時，電源車への給油は，軽油タンク（地下式）から軽油用ポリタンクに軽油を移し替え，電源車まで運び，軽油用ポリタンクから電源車に付属する給油ポンプ（電源車の蓄電池を使用）を用いて行う。

電源車への給油に際しては，発電を停止させることから給電が一時停止するが，発電再開後には必要な設備の起動操作をすることで，継続して設備を使用することができる。

3.4 軽油貯蔵タンク（地下式）

軽油貯蔵タンク（地下式）は、燃料を貯蔵し、取り扱う設備であることから、「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」で定める地下タンク貯蔵所と給油取扱所の基準に基づき設備とし、両方の機能を兼ねる。

(1) 軽油貯蔵タンクの設置場所

軽油貯蔵タンク（地下式）は、電源車の燃料を貯蔵する設備として南側高台の地盤面下に設置したコンクリート製タンク室内に、容量4000Lのタンクを3基設置する設計とする。

軽油貯蔵タンク（地下式）は、T.P.約30mの南側高台に設置され、津波による浸水の影響を受けないため、津波襲来後の活動拠点となる予備緊急時対策所に給電する電源車に燃料を供給できるほか、津波襲来後の活動に用いる各設備に燃料供給を可能とする。

電源車への燃料の補給には、計量機から給油を行う。

(2) 軽油貯蔵タンクの構造について

タンクを地盤面下に設置することにより、竜巻の影響のリスクを低減でき、また、地表面で火災が発生する可能性は低く、タンク地上部のマンホールも含め、地上で発生する火災からの輻射熱の影響を受けない構造とし、火災による被害の拡大を防止するために高さ2m以上の鉄筋コンクリート製の防火壁を北面に設ける。地上での軽油の漏れに対応できるようにコンクリート基礎部に溝を設ける等の漏洩、飛散防止対策を施す。

軽油貯蔵タンク（地下式）は、3部屋に分けたタンク室それぞれに容量4000Lのタンクを1基ずつ設置する構成とし、各タンク室は鉄筋コンクリート製の壁を隔てて隣接しており一体構造の基礎となっている。

タンクは、タンク室内の基礎台に設置し、タンク胴体にゴムシートを巻いた上から固定バンドで固定する。

タンク室の天蓋を閉める前に、タンク室内に乾燥砂を充填する。

タンク缶体は鋼製の内殻と、強化プラスチック製の外殻の二重殻とし、外殻は間げきを有するように被覆し、軽油の漏洩を検知するため、タンク本体に設けられた漏洩検知管の最下部に設置する漏洩検知装置で、検知層底部にたまった軽油を検知し、警報を発報することで、漏洩の発生を把握することができる。

(3) 軽油貯蔵タンクの容量

タンク容量は、外部電源喪失時に、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に、電源車より215kVAで3時間給電した後、燃料給油のために30分間停止しこれを繰り返し、72時間以上の給電を可能とするのに必要となる燃料2981L以上を貯蔵できるタンク容量とする。

タンク1基が、点検又は不具合により使用できない状況が発生した場合でも、残りのタンクで必要量を確保するため、4000Lの容量のタンクを3基設置する。

軽油貯蔵タンク（地下式）の容量の設定根拠は、「添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）」にて説明する。

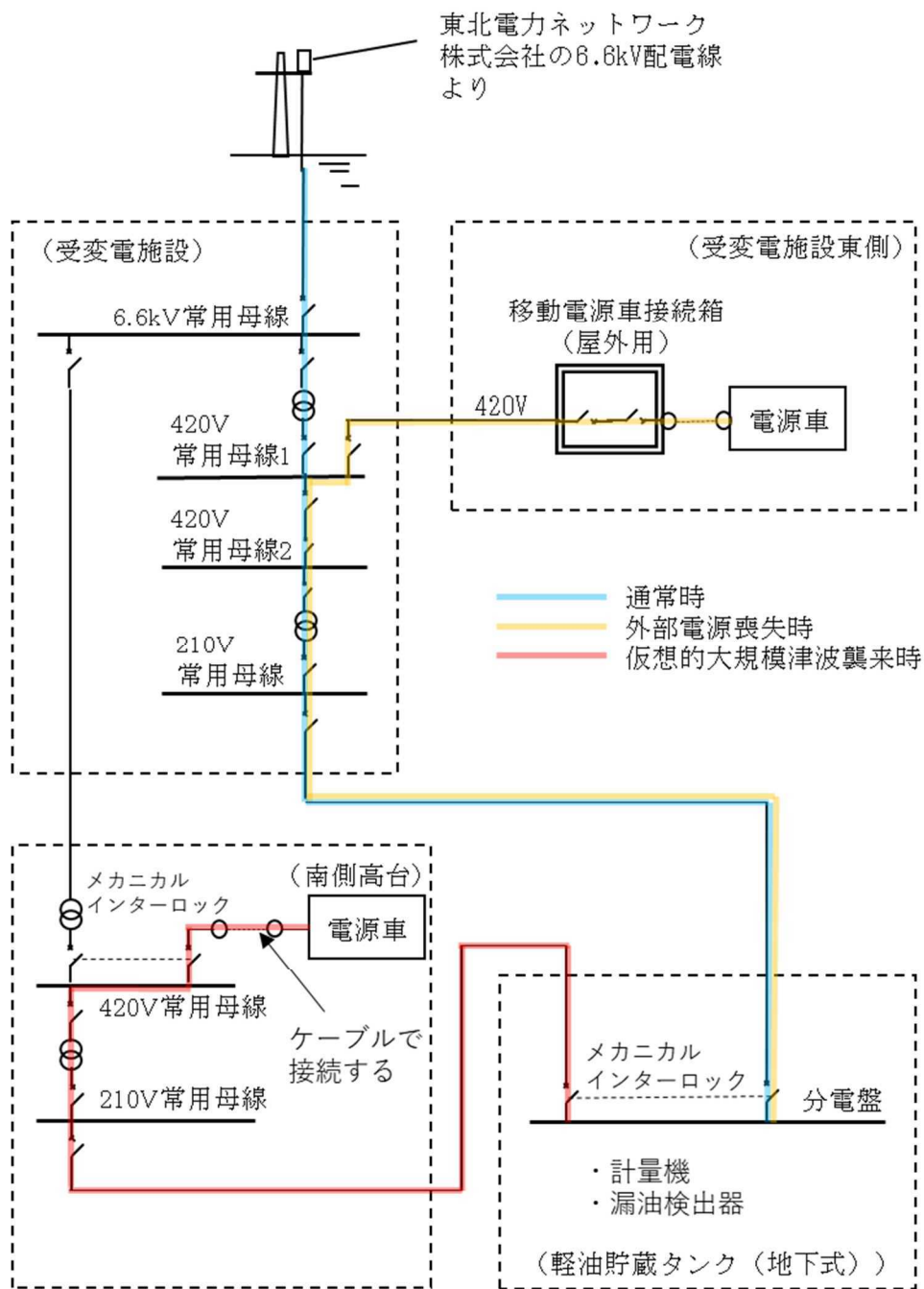
(4) 軽油貯蔵タンクの電源

軽油貯蔵タンク（地下式）の電気機器に電気を供給するため、受変電施設の210V常用母線及び南側高台の210V常用母線の両方から受電可能な設計とし、通常時は受変電施設から軽油貯蔵タンク（地下式）に設置する分電盤へ給電する。

外部電源喪失時には、受変電施設東側の電源車を移動電源車接続箱に接続し、受変電施設の420V常用母線 1、420V常用母線 2 及び210V常用母線を経由して軽油貯蔵タンク（地下式）の分電盤へ給電する。

仮想的な大規模津波襲来時には、受変電施設は浸水により使用できないため、電源車を南側高台の420V常用母線に接続し、210V常用母線を経由して軽油貯蔵タンク（地下式）の分電盤へ給電する。

軽油貯蔵タンク（地下式）への給電ライン（単線結線図）を第3.4-1図に示す。



第3.4-1図 軽油貯蔵タンク (地下式) への給電ライン (単線結線図)

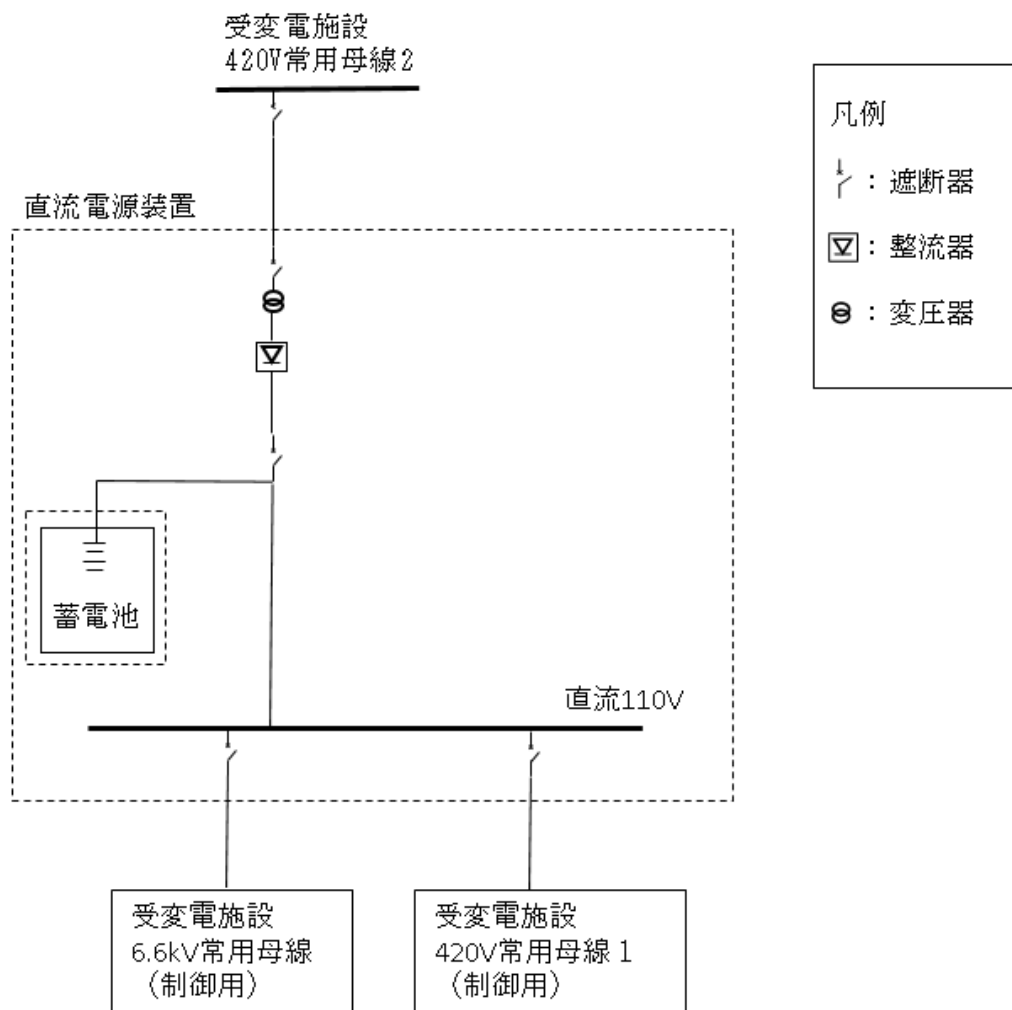
3.5 直流電源装置に関する設計事項

リサイクル燃料備蓄センターでは、受変電施設の6.6kV常用母線と420V常用母線の制御電源用として、受変電施設に直流電源装置を有する設計とする。

受変電施設420V常用母線2より受電し、直流電源装置の整流器により直流に変換し受変電施設6.6kV常用母線と420V常用母線1の制御用電源として給電する。

外部電源喪失時には、内蔵する蓄電池により8時間の給電が可能である。

直流電源装置の単線結線図を第3.5-1図に示す。



第3.5-1図 直流電源装置の単線結線図

3.6 電気設備の異常の予防に関する設計事項

(1) 異常の検知と拡大防止

機器の故障により過電流が生じた場合にケーブルや機器の損傷，又は火災の恐れがないよう，過電流継電器又は配線用遮断器を設け，自動的に遮断器を開放する設計とする。

また，機器の故障により地絡が生じた場合にケーブルや機器の損傷，感電又は火災の恐れがないよう，漏電遮断器又は地絡継電器を設け，自動的に遮断器を開放する設計とする。

(2) ケーブルでの火災及び感電の防止

ケーブルは許容電流を考慮したケーブルサイズを選定する等，負荷の容量に応じたケーブルを使用する。所内の電源設備は，ケーブルの接続箇所においてケーブルの電気抵抗を増加させないようネジ止め等による設計とする。接続箇所は筐体内やアクリルカバー等により充電部分に容易に接触できない設計とする。

(3) 電気設備の主な火災防止対策

火災・爆発の防止対策は，「別添 I 1.1.8 火災等による損傷の防止」に従う。電気設備固有の主な対策は以下の通り。

a. 難燃ケーブル及び難燃性ケーブルの使用

金属キャスクに直接接続するケーブルは，自己消火性について UL1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験の試験規格に適合するとともに，延焼性について IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験，IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験の試験規格に適合した難燃ケーブル，又はそれらの試験規格に基づく実証試験に合格した難燃ケーブルを使用する設計とする。

その他のケーブルは，JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法の傾斜試験適合品と同等以上の難燃性ケーブルを使用する設計とするか，又は金属製の盤，電線管に収納する設計とする。

b. 蓄電池の水素発生防止対策

使用済燃料貯蔵建屋付帯区域に設置している無停電電源装置及び受変電施設に設置している共用無停電電源装置の制御弁式鉛蓄電池は，負極板での水素の発生を抑制する構造となっているが，整流器過電圧に伴う過充電により水素が発生する可能性がある。無停電電源装置及び共用無停電電源装置は，整流器過電圧時に整流器を停止する保護機能があり，このことにより水素の発生を防止する設計とする。また，無停電電源装置を設置している使用済燃料貯蔵建屋付帯区域及び共用無停電電源装置を設置している受変電施設は室内環境維持及び水素が発生した際にその濃度を低減することを目的として換気を行う。

c. 軽油貯蔵タンクの火災発生防止対策

軽油貯蔵タンク（地下式）は、「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」に従い、繊維強化プラスチックを間げきを有するように被覆し、かつ、軽油の漏れを検知するための設備を設ける。また、給油取扱所である軽油貯蔵タンク（地下式）の北面には、「危険物の規制に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」に従い、火災による被害の拡大を防止するための高さ2m以上の鉄筋コンクリート造の塀を設ける。また、軽油の漏れに対応できるよう、コンクリート基礎部に溝を設ける等の、軽油の漏えい、飛散防止対策を施す設計とする。

d. 電源車の油漏れ対策

また、電源車についても、給油時の軽油の漏れ、あふれ又は飛散による火災を防止できるよう、電源車周囲のコンクリート基礎部に溝を設ける等の軽油の拡散防止対策を施す設計とする。

e. 変圧器の火災対策

変圧器は、絶縁油を使用しない乾式変圧器を使用する。

3.7 電気設備の操作性及び検査又は試験等

(1) 操作・監視性

- ・ 主要な電気設備については、電圧や電流などの情報を確認するために、盤面に指示計を設ける設計とする。
- ・ 電源操作が必要な設備は、感電防止のため露出した充電部への近接防止を考慮した設計とする。
- ・ 電気設備（分電盤、電灯分電盤及び電源車を除く）で警報が動作した場合は、当該の盤面に警報を表示するとともに、監視盤室及び事務建屋に設置される表示・警報装置で警報を発報させる設計とする。なお、電源車で警報が動作した場合は、電源車の操作パネルに警報を発報させる設計とする。
- ・ 軽油貯蔵タンク（地下式）で警報が動作した場合には、現場盤に警報を表示するとともに、監視盤室及び事務建屋に設置される表示・警報装置で警報を発報させる設計とする。

(2) 検査又は試験

- ・ 電気設備（分電盤、電灯分電盤及び電源車を除く）は、模擬入力により警報の発報や所定の動作を確認できる設計とする。
- ・ 電源車は機能・性能の確認が可能なように、各種負荷（模擬負荷及び系統負荷）により機能・性能確認ができる設計とする。

(3) 保守又は修理

- ・ 電気設備は絶縁抵抗測定により、絶縁性能の確認ができる設計とする。
- ・ 無停電電源装置及び共用無停電電源装置で使用する蓄電池は、各セルの電圧の測定が可能な設計とする。
- ・ 電源車は、車両として運転状態の確認及び外観の確認が可能な設計とする。
- ・ 電源車（内燃機関及び発電機）は、分解又は取替が可能な設計とする。
- ・ 軽油貯蔵タンク（地下式）は、消防法で規定する漏れの点検が行える設計とする。

3.8 電気設備の準拠すべき主な法令，規格及び基準

- ・核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
(昭和 32 年 6 月 10 日 法律第 166 号)
- ・使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則
(平成 12 年 6 月 16 日 通商産業省令第 112 号)
- ・使用済燃料貯蔵施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則
(平成 25 年 12 月 6 日 原子力規制委員会規則第 24 号)
- ・使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則
(令和 2 年 3 月 17 日 原子力規制委員会規則第 8 号)
- ・消防法 (昭和 23 年 7 月 24 日 法律第 186 号)
- ・消防法施行令 (昭和 36 年 3 月 25 日 政令第 37 号)
- ・対象火気設備等の位置，構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する
条例の制定に関する基準を定める省令 (平成 14 年 3 月 6 日 総務省令第 24 号)
- ・危険物の規制に関する政令 (昭和 34 年 9 月 26 日 政令第 306 号)
- ・電気事業法 (昭和 39 年 7 月 11 日 法律第 170 号)
- ・電気設備に関する技術基準を定める省令
(平成 9 年 3 月 27 日 通商産業省令第 52 号)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編
(JEAG4601・補-1984)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601・補-1987)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1991 追補版)
- ・IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験
- ・IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験
- ・UL 1581 (Fourth Edition) 1080. VW-1 垂直燃焼試験
- ・日本産業規格 JIS C 3005 ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法
- ・社団法人電池工業会 蓄電池室に関する設計指針 SBA G0603
- ・社団法人電池工業会 据置蓄電池の容量算出法 SBA S0601
- ・日本電機工業会技術資料 配電盤・制御盤の耐震設計指針 JEM-TR 144
- ・日本電機工業会規格 低圧金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ JEM1265
- ・日本電機工業会規格 金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ JEM1425

添付 15-4 換気設備に関する説明書

目次

1. 概要	1
2. 換気設備の状況	1

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の換気設備が「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第22条換気設備の要求に該当しないことを説明するものである。

2. 換気設備の状況

使用済燃料貯蔵施設においては、金属キャスクに使用済燃料を収納し、汚染のない管理区域に貯蔵する設計であり、平常時は汚染された空気による放射線障害は発生しない施設である。

このため技術基準規則第22条(換気設備)で要求している放射線障害を防止するための換気設備は不要である。

なお、使用済燃料貯蔵施設には、以下の設備があるが、いずれの設備も技術基準規則第22条換気設備で要求している放射線障害を防止するための換気設備ではないことから、技術基準規則第22条に該当する設工認対象設備としていない。

(1) 金属キャスクの除熱

金属キャスクの除熱を自然対流にて行う目的で、使用済燃料貯蔵建屋に給気口、排気口を設置。

なお、金属キャスク表面に伝えられた使用済燃料集合体の崩壊熱をその熱量に応じて生じる通風力を利用した自然換気方式により適切に除去する設計となっており、除熱のための動力による換気設備は必要ない設計としている。

(2) 付帯区域の換気・空調設備

付帯区域のコンプレッサー室、電気品室等の室内環境維持及び水素濃度の低減を目的として換気を行う設備を設置。

監視盤室の温度環境を維持するための空調設備を設置。

また、使用済燃料貯蔵建屋以外の受変電建屋にも換気及び温度環境を維持するための換気・空調設備を設置している。

添付 16 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書

目次

1. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（使用済燃料貯蔵設備本体）
..... 添付 16-1 次回申請

2. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
（使用済燃料の受入施設（搬送設備及び受入設備））
..... 添付 16-2 次回申請

3. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（計測制御系統施設）
..... 添付 16-3 次回申請

4. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（放射性廃棄物の廃棄施設）
..... 添付 16-4 次回申請

5. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（放射線管理施設）
..... 添付 16-5 次回申請

6. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（電気設備）
..... 添付 16-6

7. 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（消防用設備）
..... 添付 16-7 次回申請

本添付書類は使用済燃料貯蔵施設の各施設に関する設定根拠に関して説明するための書類である。今回の申請範囲は電気設備であり、電気設備以外の以下の施設は申請範囲に含まれていないため、本添付書類の説明事項はない。

- ・ 使用済燃料貯蔵設備本体
- ・ 使用済燃料の受入施設（搬送設備及び受入設備）
- ・ 計測制御系統施設
- ・ 放射性廃棄物の廃棄施設
- ・ 放射線管理施設
- ・ 消防用設備

添付 16-6 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
(電気設備)

目次

1. 概要	1
2. 電気設備	2
2.1 無停電電源装置	2
2.2 共用無停電電源装置	6
2.3 電源車	10
2.4 軽油貯蔵タンク(地下式)	15

1. 概要

本資料は、使用済燃料貯蔵施設の内、電気設備の予備電源である無停電電源装置、共用無停電電源装置、電源車及び軽油貯蔵タンク（地下式）に係る仕様の設定根拠について説明するものである。

予備電源は、外部電源が喪失した場合でも金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備等に給電を可能とするための設備であり、外部電源が喪失した場合には、無停電電源装置から約8時間給電を行う。無停電電源装置の給電可能時間を超える外部電源喪失が発生した場合には、電源車から給電を行う。

電源車に軽油貯蔵タンク（地下式）から給油を行うことで、72時間の給電を可能とする。

共用無停電電源装置は、外部電源喪失後、8時間は使用済燃料貯蔵建屋内の保安灯に電気を供給する。

共用無停電電源装置は、貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備に、外部電源喪失後、8時間は給電を行う。

2. 電気設備

2.1 無停電電源装置

名 称		無停電電源装置
容 量	kVA	30
個 数	—	1
蓄電池容量	Ah/組	1000
	組数	3
蓄電池個数	—	165

【設定根拠】

(概要)

無停電電源装置は、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備等に給電する設備である。無停電電源装置には蓄電池が組み込まれており、外部電源喪失時には蓄電池に蓄えた電力を用いて各設備に8時間の給電を行う。

1. 容量

無停電電源装置の容量は、給電先である金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備等に給電できる容量とする。

無停電電源装置から給電する負荷と、負荷容量のリストを第2.1-1表に示す。

第2.1-1表 無停電電源装置の負荷リスト

設備	負荷名称	負荷容量(kVA)
計測設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蓋間圧力監視装置 ・ 表面温度監視装置 ・ 給排気温度監視装置 ・ 表示・記録装置 	11.05
放射線監視設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ エリアモニタリング設備 ・ 周辺監視区域境界付近固定モニタリング設備 	9.80
通信連絡設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放送設備 ・ 社内電話設備 ・ 送受話器 	4.80
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 入退域管理装置 ・ 将来設置機器 	2.72
	合計	28.37

負荷容量は設計容量より算出したものである。

無停電電源装置の容量は、負荷容量の合計である 28.37kVA を上回る 30kVA とする。
なお、設備の更新・増設等で負荷が増加する場合には、実際の消費電力等を参考にし
たうえで、30kVA を超過しないことを確認する。

2. 蓄電池容量

蓄電池の必要容量は、外部電源喪失時に無停電電源装置の定格容量である 30kVA の
負荷へ 8 時間電力を供給できる設計とする。

無停電電源装置に組込まれた蓄電池が供給する直流電流 I_d を、以下の式を用いて
計算する。

$$I_d = P_n \times \cos \theta / (V_d \times \eta)$$

I_d : 直流電流 (A)

P_n : 定格容量 (VA)

V_d : 直流電圧 (V)

η : インバータ効率=0.83

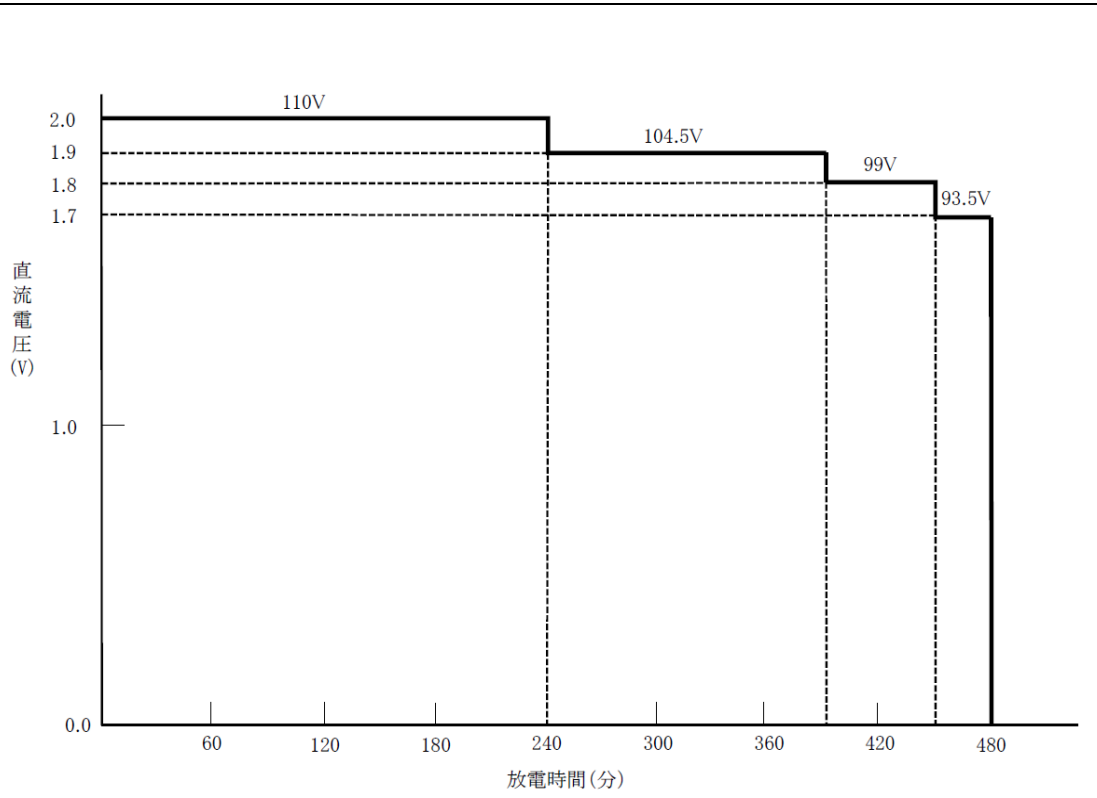
$\cos \theta$: 力率=0.8

蓄電池の電圧は 1 個当たり 2.0V であり、55 個の蓄電池を直列に接続して定格 110V
となるが、放電時間が経過するにつれて、各蓄電池の電圧は低下していく。そして、
インバータの直流電圧低トリップは 90V に設定されており、その時の蓄電池 1 個当た
りの電圧は 1.67V となるため、蓄電池の最低電圧は 1.70V とする。時間の経過に伴う
各蓄電池の電圧を、実運用に近い値となるように、放電特性に基づいて以下のように
想定する。

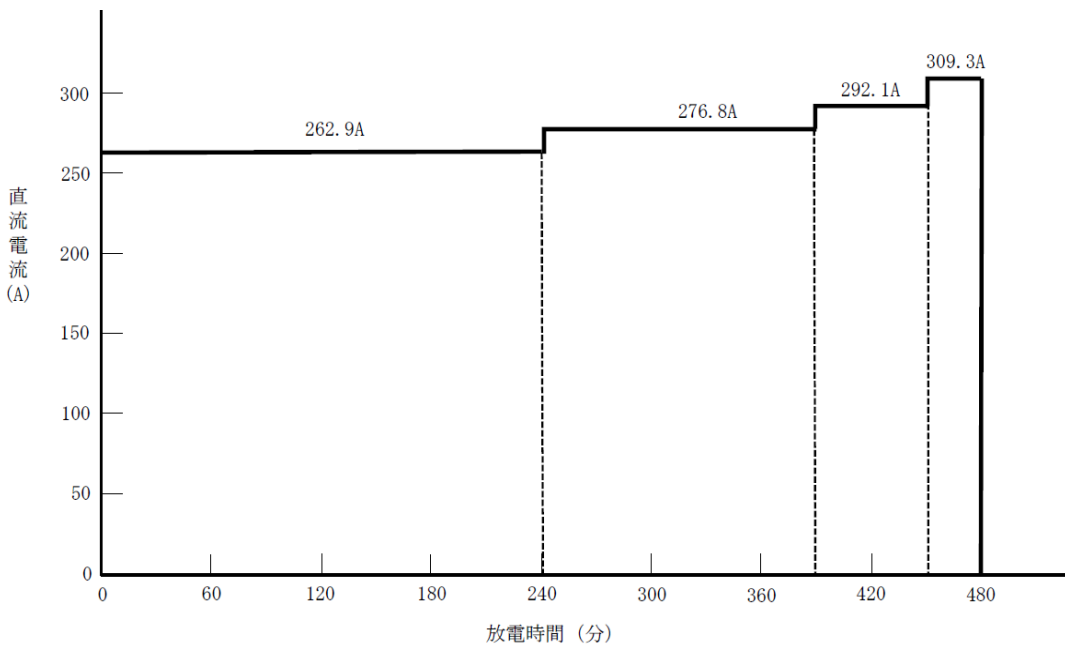
①	0～240 分	2.0V/個
②	240～390 分	1.9V/個
③	390～450 分	1.8V/個
④	450～480 分	1.7V/個

この想定による直流電圧と定格容量における直流電流は、以下のようになる。

①	0～240 分	直流電圧 $V_d=110.0V$	直流電流 $I_{d1}=262.9A$
②	240～390 分	直流電圧 $V_d=104.5V$	直流電流 $I_{d2}=276.8A$
③	390～450 分	直流電圧 $V_d=99.0V$	直流電流 $I_{d3}=292.1A$
④	450～480 分	直流電圧 $V_d=93.5V$	直流電流 $I_{d4}=309.3A$



第 2.1-1 図 無停電電源装置の蓄電池電圧と直流電圧の推移



第 2.1-2 図 無停電電源装置の直流電流の推移

上記①～④の負荷電流より，下記の式を用いて必要容量を計算する。

$$C_t = (K_1 \times I_{d1} + K_2 \times (I_{d2} - I_{d1}) + K_3 \times (I_{d3} - I_{d2}) + K_4 \times (I_{d4} - I_{d3})) / L$$

C_t : 必要容量 (Ah)

L : 保守率=0.8 (—)

K_n : 容量換算時間 (時)

$I_{d1} \sim I_{d4}$: 直流電流 (A)

(引用文献：電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」

(S B A S O 6 0 1 -2014))

$$C_{t1} = 8.4 \times 262.9 / 0.8 = 2760.5 \text{ Ah}$$

$$C_{t2} = (4.95 \times (276.8 - 262.9)) / 0.8 = 86.1 \text{ Ah}$$

$$C_{t3} = (2.42 \times (292.1 - 276.8)) / 0.8 = 46.3 \text{ Ah}$$

$$C_{t4} = (1.15 \times (309.3 - 292.1)) / 0.8 = 24.8 \text{ Ah}$$

$$C_t = C_{t1} + C_{t2} + C_{t3} + C_{t4} = 2917.7 \text{ Ah}$$

よって，無停電電源装置の蓄電池の容量は，2917.7Ahを上回る3000Ahとする。これにより，外部電源喪失時から8時間の給電が可能である。

3. 蓄電池の組数と個数

使用する蓄電池は，1個当たり公称電圧2Vのものを用いる。直流電圧110Vを構成するために，55個の蓄電池を直列に接続したものを1組とする。蓄電池は定格容量1000Ahのものを用いる事とし，3000Ahとするために3組を並列にしたものを設置する。蓄電池の数は，合計165個となる。

4. 無停電電源装置の個数

無停電電源装置は通常時に金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備，放射線監視設備及び通信連絡設備を動かすのに必要な容量30kVAを有しており，外部電源喪失時には組込まれた蓄電池により8時間給電できる能力を有していることから，1台設置する。

2.2 共用無停電電源装置

名称		共用無停電電源装置
容量	kVA	75
個数	—	1
蓄電池容量	Ah/組	3000
	組数	1
蓄電池個数	—	108

【設定根拠】

(概要)

共用無停電電源装置は、貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備に給電する設備である。共用無停電電源装置には蓄電池が組込まれており、外部電源喪失時には蓄電池に蓄えた電力を用いて各設備に8時間の給電を行う。

1. 容量

共用無停電電源装置の容量は、給電先である貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備に給電できる容量とする。

共用無停電電源装置から給電する負荷と、負荷容量のリストを第2.2-1表に示す。

第2.2-1表 共用無停電電源装置の負荷リスト

設備	負荷名称	負荷容量(kVA)
保安灯・消防設備	<ul style="list-style-type: none"> ・保安灯・誘導灯 ・火災感知設備 	11
事務建屋内設備	<ul style="list-style-type: none"> ・事務建屋内照明 ・パソコン類 ・事務本館給水ポンプ ・監視室エアコン 	21
放射線作業管理用計算機	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線作業管理用計算機 	3
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵建屋内カメラ ・防護管理設備 ・受変電施設内照明 	15
合計		50

負荷容量は設計容量に負荷率と余裕を考慮して算出したものである。

共用無停電電源装置の容量は、負荷の合計容量である50kVAを上回る75kVAとする。

2. 蓄電池容量

蓄電池の必要容量は、外部電源喪失時に必要な容量である 50kVA に余裕を考慮した 55kVA の負荷へ 8 時間電力を供給できる設計とする。

共用無停電電源装置に組込まれる蓄電池が供給する直流電流 I_d を以下の式を用いて計算する。

$$I_d = P_n \times \cos \theta / (V_d \times \eta)$$

I_d : 直流電流 (A)

P_n : 定格容量 (VA)

V_d : 直流電圧 (V)

η : インバータ効率=0.83

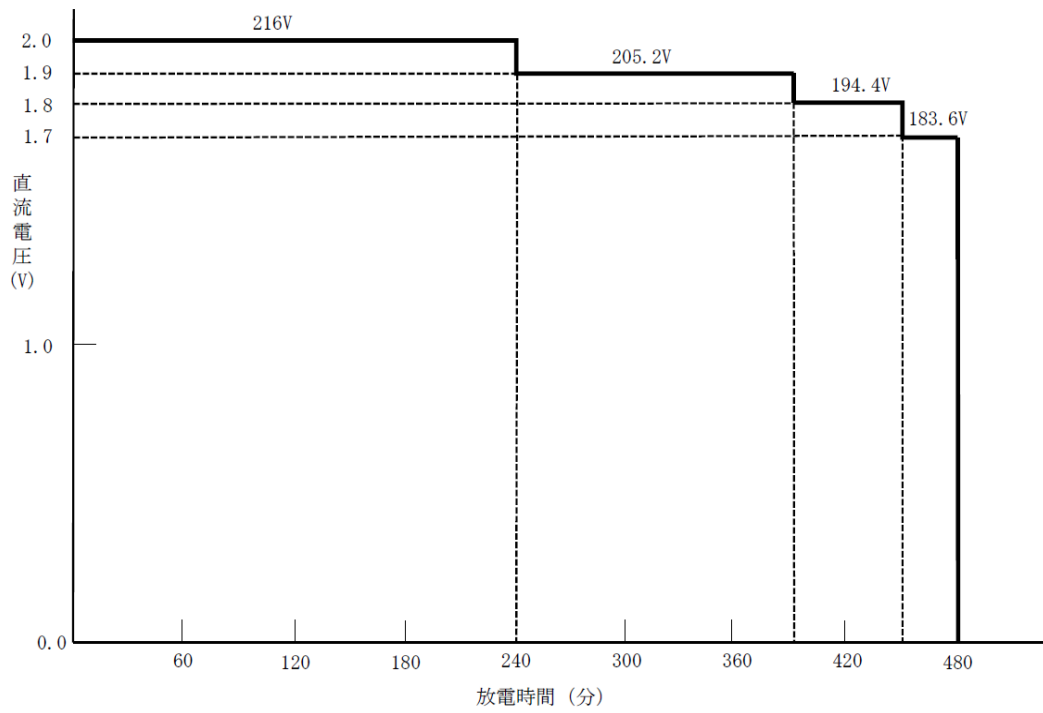
$\cos \theta$: 力率=0.8

蓄電池の電圧は 1 個当たり 2.0V であり、108 個の蓄電池を直列に接続して定格 216V となるが、放電時間が経過するにつれて、各蓄電池の電圧は低下していく。そして、インバータの直流電圧低トリップは 180V に設定されており、その時の蓄電池 1 個当たりの電圧は 1.67V となるため、蓄電池の最低電圧は 1.70V とする。時間の経過に伴う各蓄電池の電圧を、実運用に近い値となるように、放電特性に基づいて以下のように想定する。

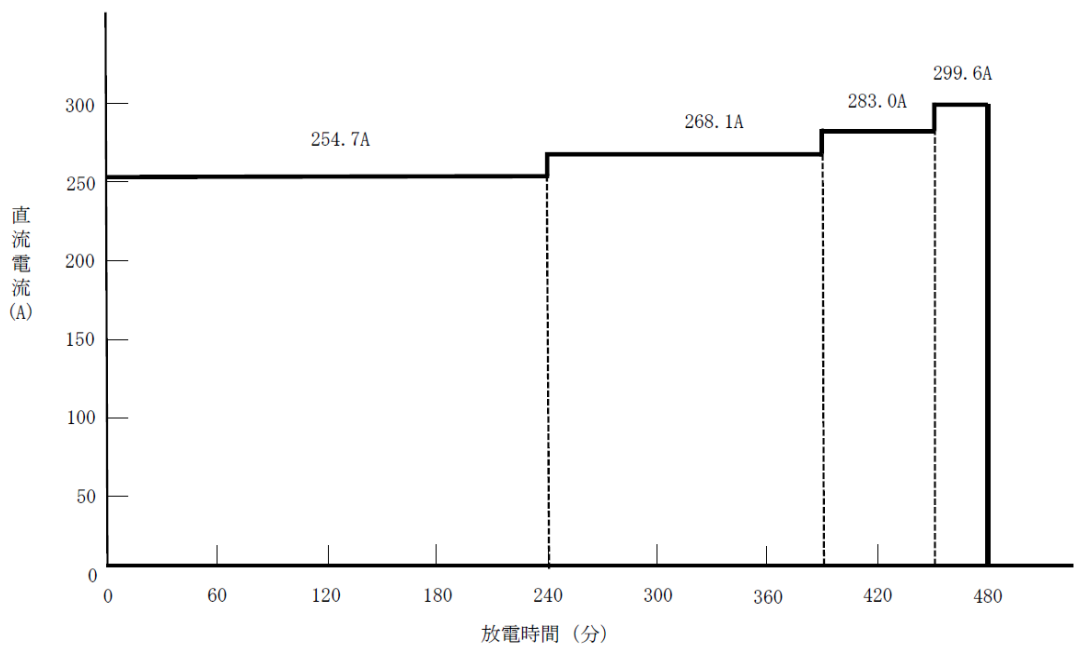
①	0～240 分	2.0V/個
②	240～390 分	1.9V/個
③	390～450 分	1.8V/個
④	450～480 分	1.7V/個

この想定による直流電圧と定格容量における直流電流は、以下のようになる。

①	0～240 分	直流電圧 $V_d=216.0$ V	直流電流 $I_{d1}=254.7$ A
②	240～390 分	直流電圧 $V_d=205.2$ V	直流電流 $I_{d2}=268.1$ A
③	390～450 分	直流電圧 $V_d=194.4$ V	直流電流 $I_{d3}=283.0$ A
④	450～480 分	直流電圧 $V_d=183.6$ V	直流電流 $I_{d4}=299.6$ A



第 2.2-1 図 共用無停電電源装置の蓄電池電圧と直流電圧の推移



第 2.2-2 図 共用無停電電源装置の直流電流の推移

上記①～④の負荷電流より、下記の式を用いて必要容量を計算する。

$$C_t = (K_1 \times I_{d1} + K_2 \times (I_{d2} - I_{d1}) + K_3 \times (I_{d3} - I_{d2}) + K_4 \times (I_{d4} - I_{d3})) / L$$

C_t : 必要容量 (Ah)

L : 保守率=0.8 (単位なし)

K_n : 容量換算時間 (時)

$I_{d1} \sim I_{d4}$: 直流電流 (A)

(引用文献：電池工業会規格「据置蓄電池の容量算出法」

(S B A S O 6 0 1 -2014)

$$C_{t1} = 8.4 \times 254.7 / 0.8 = 2674.4 \text{ Ah}$$

$$C_{t2} = (4.95 \times (268.1 - 254.7)) / 0.8 = 83.0 \text{ Ah}$$

$$C_{t3} = (2.42 \times (283.0 - 268.1)) / 0.8 = 45.1 \text{ Ah}$$

$$C_{t4} = (1.15 \times (299.6 - 283.0)) / 0.8 = 23.9 \text{ Ah}$$

$$C_t = C_{t1} + C_{t2} + C_{t3} + C_{t4} = 2826.4 \text{ Ah}$$

よって、共用無停電電源装置の蓄電池の容量は、2826.4Ahを上回る3000Ahとする。これにより、外部電源喪失時から8時間の給電が可能である。

なお、設備の更新・増設等で負荷が増加する場合には、55kVAを超過しないことを確認する。

3. 蓄電池の個数

使用する蓄電池は、1個当たり公称電圧2Vのものを用いる。直流電圧216Vを構成するために、108個の蓄電池を直列に接続したものを1組とする。蓄電池は定格容量3000Ahのものを用いる。蓄電池の数は、108個となる。

4. 共用無停電電源装置の個数

共用無停電電源装置は貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備を動かすのに必要な容量50kVAを上回る75kVAを有しており、外部電源喪失時には組込まれた蓄電池により55kVAの負荷に対し、8時間給電できる能力を有していることから、1台設置する。

2.3 電源車

名 称	電源車	
容 量	kVA	250
個 数	—	1 (予備 1)
燃料タンク容量	L	145 以上 (公称値 : 250)

【設定根拠】

(概要)

電源車は、常時は備蓄センター内の電気系統には接続しないが、無停電電源装置の給電可能時間を超える外部電源喪失が発生した場合には監視を継続するために、受変電施設の 420V 常用母線に接続し無停電電源装置、共用無停電電源装置、直流電源装置等に給電する。

なお、電源車から外部電源喪失時に不要な負荷に電気を供給することがないように、事前に不要な負荷への遮断器を切り状態とする。

1. 容量

電源車の容量は、金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備等に給電する無停電電源装置並びに貯蔵建屋内の保安灯と事務建屋の外部電源喪失時にも使用できることが望ましい設備等に給電できる容量とする。電源車から給電する負荷と負荷容量のリストを第 3.1-1 表に示す。

第 3.1-1 表 電源車の負荷リスト

設 備	負荷容量 (最大入力容量) (kVA)	定格出力 (kVA)
無停電電源装置	112	30
共用無停電電源装置	55	75
直流電源装置	5.5	2.2
監視盤室空調機	5.0	—
モニタリングポスト A (空調機他)	3.6	—
モニタリングポスト B (空調機他)	5.1	—
エリア放射線モニタ検出器用 スペースヒータ	10	350W 14 台 (γ) 650W 7 台 (n)
蓋間圧力検出器の前増幅器用ス ペースヒータ	14.4	50W 288 台
表示・警報装置の信号入出力装置 用スペースヒータ	3.6	300W 2 台/面 6 面分
合 計	214.2	

(1) 無停電電源装置への最大入力容量

無停電電源装置の定格出力は 30kVA であるが、交流から直流へ整流する際の損失と直流から交流へ変換する際に損失が発生する。また、外部電源喪失時から電源車で給電を開始するまでの間、蓄電池に蓄えていた電力を放電することで負荷に電力を供給しているため蓄電池の電圧は低下している。そのため、電源車から無停電電源装置に給電を開始した際には、放電した蓄電池への充電電流が必要となり、無停電電源装置の最大入力容量は 112kVA である。

なお、電源車から給電が行われ、蓄電池の充電が進むにつれて、無停電電源装置への入力電力は低下してゆく。

(2) 共用無停電電源装置への最大入力容量

共用無停電電源装置の定格出力は 75kVA であり、無停電電源装置と同様に外部電源喪失時に電源車で給電を開始した際の最大入力容量は 239kVA である。そのため、電源車から共用無停電電源装置に給電する際には、電源車の過負荷運転を防止するため、蓄電池を充電せずインバータをバイパスした状態で負荷に給電するメンテナンスバイパス運転に切り替えを行う。その際の最大入力容量は、蓄電池を充電せず、インバータを使用しないことから負荷容量と同じ 55kVA となる。

メンテナンスバイパス運転とすることにより、電源車により初めて給電が開始される時、あるいは給油作業に伴い電源車が一時的に発電を停止する時には、共用無停電電源装置の負荷には一時給電が行われなくなるが、給電再開と共に自動起動もしくは再起動操作を行うことで各設備は使用可能である。

(3) 直流電源装置への最大入力容量

直流電源装置は受変電施設内の常用母線の制御用の電気を供給する装置である。直流電源装置の定格出力は 20A (2.2kVA) であるが、整流器で交流から直流に変換する際の損失が発生するため定格出力以上の入力が必要となること、また外部電源喪失中に放電した蓄電池への充電電流が必要となることから、電源車で給電を開始した際の直流電源装置の最大入力容量は 5.5kVA である。

(4) 監視盤室空調機の最大消費電力

貯蔵建屋監視盤室には給排気温度監視装置の表示記録装置やエリア放射線モニタ監視盤等が設置されている。監視盤室の設計温度は 18～26℃であり、空調機の運転により維持される設計となっている。外部電源喪失時には、すぐにこの条件から逸脱するものではないが、長時間を経過し、更に外気温が非常に低下あるいは上昇した場合には正しい計測が行われなくなる可能性があることから、電源車から空調機に給電し運転を再開することで監視盤室の設計温度を維持する。必要とする容量は空調機の定格消費電力 4.11kW (力率 91%) から算出すると 4.52kVA となるが、設備更新等の増容量を考慮して 5.0kVA とする。

(5) モニタリングポスト（空調機他）の最大消費電力

モニタリングポストの局舎内には、NaI(Tl)シンチレーション検出器や電離箱といった放射線検出器が設置されている。モニタリングポスト局舎内の設計温度は10～30℃となっており、これらは空調機の運転により維持される設計となっている。外部電源喪失時には、すぐにこの条件から逸脱するものではないが、長時間を経過し、更に外気温が非常に低下あるいは上昇した場合には正しい計測が行われない可能性が生じることから、電源車から空調機に給電し、運転を再開することで局舎内の設計温度を維持する。

備蓄センター東側のモニタリングポスト A 局舎では、空調機の定格消費電力1.72kW（力率 94%）とその他の付属設備や設備更新等の増容量を考慮し、3.6kVAとする。

備蓄センター南側のモニタリングポスト B 局舎では、空調機の定格消費電力2.02kW（力率 94%）と気象観測設備等の付属設備や設備更新等の増容量を考慮し、5.1kVAとする。

(6) エリア放射線モニタスペースヒータの最大消費電力

エリア放射線モニタのガンマ線検出器の設計温度は0～45℃、中性子線検出器の設計温度は-10～45℃であり、厳冬期には設計温度を下回る可能性がある。そのため、外部電源喪失時に外気温が設計温度を下回っていた場合には、電源車からスペースヒータに給電する。ガンマ線検出器用スペースヒータは350Wで14台、中性子線検出器用スペースヒータは650Wで7台あることから、合計で9.45kW（9.45kVA）となる。今後の設備更新等の増容量を考慮し、10kVAとする。

(7) 蓋間圧力検出器の前置増幅器用スペースヒータの最大消費電力

蓋間圧力検出器は、金属キャスク上部の圧力検出器と貯蔵架台上の端子箱内の前置増幅器から構成される。圧力検出器の使用環境温度は-25～150℃であるが、前置増幅器の使用環境温度は-10℃～50℃であり、厳冬期には設計温度を下回る可能性がある。そのため、外部電源喪失時に外気温が設計温度を下回っていた場合には、電源車からスペースヒータに給電する。前置増幅器用スペースヒータは50Wで最大288台になることから、合計で14.4kW（14.4kVA）となる。

(8) 表示・警報装置の信号入出力装置用スペースヒータの最大消費電力

表示・警報装置に信号を伝送する信号入出力装置は、貯蔵建屋内で計測した蓋間圧力検出器、キャスク表面温度検出器、給排気温度検出器の信号をまとめて監視盤室に送るための変換装置であり、使用済燃料貯蔵建屋に貯蔵区域に設置する。信号入出力装置の使用環境温度は0℃～55℃であり、厳冬期には設計温度を下回る可能性がある。そのため、外部電源喪失時に外気温が設計温度を下回って

いた場合には、電源車からスペースヒータに給電する。信号入出力装置のスペースヒータは300Wで1面あたり2個あり、全部で6面あることから、合計で3.6kW (3.6kVA)となる。

なお、信号入出力装置は全7面あるが、残り1面は貯蔵建屋監視盤室に設置されることから、対象に含めていない。

(9) 電源車の必要容量

電源車から給電する各設備の各負荷を合計すると、電源車の214.2kVAとなることから、必要容量は保守的に215kVAとする。

電源車の容量は、負荷が必要とする215kVAを上回る250kVAとする。

2. 燃料タンク容量

電源車の定格出力における燃料消費量は、56L/hであることから、215kVAの負荷に給電しているときの燃料消費量は、負荷容量に比例するものとして、

$$\begin{aligned} C &= C_n \times P / P_n \\ &= 56 \times 215 / 250 \\ &\approx 48.2 \text{ L/h} \end{aligned}$$

ここで、C：燃料使用量 (L/h)

C_n：定格時の使用量 (L/h)

P_n：定格出力 (kVA)

P：電源車の給電時の出力 (kVA)

軽油タンクの容量は250L (公称値)であり、軽油の残量約80L程度で燃料タンクレベル低の警報が発生する。電源車の出力約215kVAにおける燃料消費量は約48.2L/hであり、タンクに250L入っていた場合に燃料低の警報が発生するまでに要する時間は、3.52時間となる。燃料タンクは移動用のエンジンと共有しており、常に満タンになっているとは限らないことから、外部電源喪失時に電源車へ燃料を給油するタイミングは燃料低の警報が発生する近辺で行うものとし、3時間を目安とした周期で給油を行うものとする。

電源車の燃料タンクに対する要求量は、3時間の運転に必要な燃料消費量となる。3時間の給電を可能とするために必要な容量としては、

$$V = 3 \times 48.2 = 144.6 \text{ L}$$

となることから、145L以上を必要量とする。

軽油貯蔵タンクと電源車間の距離は500m程度であることから、3時間で給油用の軽油をポリタンク等で運搬するには、十分可能である。

3. 電源車の個数

電源車は、無停電電源装置の給電可能時間を超える外部電源喪失時に必要とする必要容量 215kVA を上回る 250kVA を有しており、満タン時には最大で約 5 時間の給電が可能であること、軽油貯蔵タンクから給油をすることでさらに長時間の給電が可能であることから、1 台設置する。

2.4 軽油貯蔵タンク（地下式）

名 称		軽油貯蔵タンク（地下式）
容 量	L/基	4000
最高使用圧力	—	静水頭
最高使用温度	℃	60
個 数	—	3
<p>【設定根拠】</p> <p>(概要)</p> <p>軽油貯蔵タンク（地下式）は、無停電電源装置の給電可能時間を超える外部電源喪失時に、監視を継続するために電気を供給する設備である電源車に対し、給油用の燃料を貯蔵するために設置する。貯蔵した燃料を電源車に給油することで、外部電源喪失から金属キャスクの閉じ込め機能と除熱機能を監視する設備、放射線監視設備及び通信連絡設備に約 72 時間の給電を可能とする。</p> <p>1. 軽油貯蔵タンク（地下式）の容量</p> <p>電源車は無停電電源装置の給電可能時間を超える前に 420V 常用母線 1 に接続して給電を行うが、給電を開始した直後は、無停電電源装置及び直流電源装置の蓄電池の充電電流が含まれることから、電源車から給電する負荷の最大容量は 200kVA となる。その後、電源車からの給電時間の経過とともに充電電流は減少し、必要とする負荷容量も減少する。</p> <p>電源車に給油する際には発電を一度停止させるが、電源車の給油中は蓄電池に蓄えられた電力で給電が継続されている。給油後に電源車からの給電を再開した際には、蓄電池の放電に伴い電圧が給油前よりも低下しているため、給油前よりも大きな充電電流を必要とすることとなる。その後、電源車からの給電時間の経過とともに充電電流は減少する。このように、給油のたびに電源車の出力は増減を繰り返すこととなる。</p> <p>電源車は燃料タンクの残量約 80L 程度で燃料低の警報が発生する設計であり、215kVA の負荷では、燃料タンクが満タンの状態から燃料低の警報が発生するまでに約 3 時間 30 分程度の給電が可能である。軽油タンクの容量の算定に当たっては、保守的に 215kVA の負荷に対して約 3 時間給電後、30 分かけて給油する 3 時間 30 分周期で給油を繰り返すこととする。また、電源車の給電中の出力は 215kVA で一定として軽油量を算出する。</p> <p>なお、軽油貯蔵タンクと電源車間の距離は約 500m 程度であり、電源車が給電を開始してから 3 時間以内に、給油のために軽油用ポリタンク等で燃料を運搬することは十分可能である。</p>		

電源車の定格出力における燃料消費量は、56L/h であることから、215kVA の負荷に給電しているときの燃料消費量は、負荷容量に比例するものとして、

$$\begin{aligned}C &= C_n \times P / P_n \\ &= 56 \times 215 / 250 \\ &\doteq 48.2 \text{ L/h}\end{aligned}$$

ここで、C：燃料使用量 (L/h)

C_n：定格時の使用量 (L/h)

P_n：定格出力 (kVA)

P：電源車の給電時の出力 (kVA)

3時間の給電中の負荷は215kVAで一定とし、給油中の30分間の負荷は0kVAとして、3時間30分周期で給電する際の1時間当たりの燃料消費量C_{3.5}は、

$$\begin{aligned}C_{3.5} &= 48.2 \times 3 / 3.5 \\ &\doteq 41.4 \text{ L/h}\end{aligned}$$

72時間の給電を可能とするために必要な容量としては、

$$V = 72 \times 41.4 \doteq 2981 \text{ L}$$

となり、2981Lの軽油が必要となる。

2. 軽油貯蔵タンクの基数と容量

タンクを点検または不具合にて使用できない状況が発生した場合でも、必要な容量2981 Lを貯蔵することができる基数と容量を選定する。

そこで、1基あたり4000Lとし、タンクを3基設置する。

これにより、タンク1基を点検または不具合にて使用できない状況が発生した場合でも、残り2つのタンクで8000Lの容量を有しているため、必要量2981 L以上を貯蔵することができる。

3. 最高使用圧力について

軽油タンクの最高使用圧力は、開放タンクであることから静水頭とする。

4. 最高使用温度について

軽油タンクの最高使用温度は、二重殻としてFRP樹脂を使用することから、その耐熱性能より、60℃とする。