

玄海原子力発電所 審査資料	
資料番号	D R Y - 1 - 4
提出年月日	2020年11月4日

玄海原子力発電所

設置許可基準規則への適合性について (使用済燃料乾式貯蔵施設)

< 補足説明資料 >

2020年11月

九州電力株式会社

枠囲みの範囲は、防護上の観点又は商業機密に係る事項のため、公開できません。

本資料においては、使用済燃料乾式貯蔵施設について、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）への適合方針を説明する。

< 目 次 >

3 条 設計基準対象施設の地盤

4 条 地震による損傷の防止

5 条 津波による損傷の防止

6 条 外部からの衝撃による損傷の防止

7 条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

8 条 火災による損傷の防止

9 条 溢水による損傷の防止等

11 条 安全避難通路等

12 条 安全施設

16 条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

29 条 工場等周辺における直接線等からの防護

30 条 放射線からの放射線業務従事者の防護

- ・ 添付資料 1

使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に伴う条文の整理表

- ・ 添付資料 2

使用済燃料貯蔵量の推移

- ・ 添付資料 3

先行電力との乾式貯蔵施設に関する差異

3 条

設計基準対象施設の地盤

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 適合性説明

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 適合性説明

(設計基準対象施設の地盤)

第三条 設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。)及び兼用キャスクにあつては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあつては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

2 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。

3 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあつては、地盤に変位が生じてその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。

適合のための設計方針

1 について

使用済燃料乾式貯蔵容器を設置する使用済燃料乾式貯蔵建屋については、基準地震動による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

また、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれが発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能を有する地盤に設置する。

2 について

使用済燃料乾式貯蔵容器を設置する使用済燃料乾式貯蔵建屋は、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、その安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置する。

3 について

使用済燃料乾式貯蔵容器を設置する使用済燃料乾式貯蔵建屋は、将来活動する可能性のある断層等の露頭がない地盤に設置する。

4 条
地震による損傷の防止

< 目 次 >

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

- (1) 位置, 構造及び設備
- (2) 安全設計方針
- (3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

1.4 手順等

2. 地震による損傷の防止

(別添 1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計方針

(別添 2) 使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の耐震評価について

(別添 3) 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する波及的影響の検討について

(別添 4) 貯蔵建屋の耐震重要度分類の整理について

(参考 1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計方針

(別紙 1) トロリ落下評価の代表性等について

(参考 2) 使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の耐震評価について

(参考 3) 使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち遮蔽機能を有する部位について

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(1) 耐震構造

本発電用原子炉施設は、次の方針に基づき耐震設計を行い、設置許可基準規則に適合するように設計する。

(i) 設計基準対象施設の耐震設計

設計基準対象施設については、耐震重要度分類に応じて、適用する地震力に対して、以下の項目に従って耐震設計を行う。

a. 耐震重要施設は、基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。

b. 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある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、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、耐震重要度分類を以下のとおり、Sクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。

Sクラス：地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの

Bクラス：安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設

Cクラス：Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

c. Sクラスの施設（e.に記載のものうち、津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）、浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）及び敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）を除く。）、Bクラス及びCクラスの施設は、建物・構築物については、地震層せん断力係数 C_1 に、それぞれ3.0、1.5及び1.0を乗じて求められる水平地震力、機器・配管系については、それぞれ3.6、1.8及び1.2を乗じた水

平震度から求められる水平地震力に十分に耐えられるように設計する。建物・構築物及び機器・配管系ともに、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計する。

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

ただし、土木構造物の静的地震力は、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

Sクラスの施設（e.に記載のものうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）については、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。鉛直地震力は、建物・構築物については、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる鉛直震度、機器・配管系については、これを1.2倍した鉛直震度より算定する。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

- d. Sクラスの施設（e.に記載のものうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）は、基準地震動による地震力に対して安全機能が保持できるように設計する。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有するように設計する。機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持するように設計し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように、また、動的機器等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持するように設計する。

また、弾性設計用地震動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られるように設計する。建物・構築物については、発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。機器・配管系については、応答が全体的におおむね弾性状態に留まるように設計する。

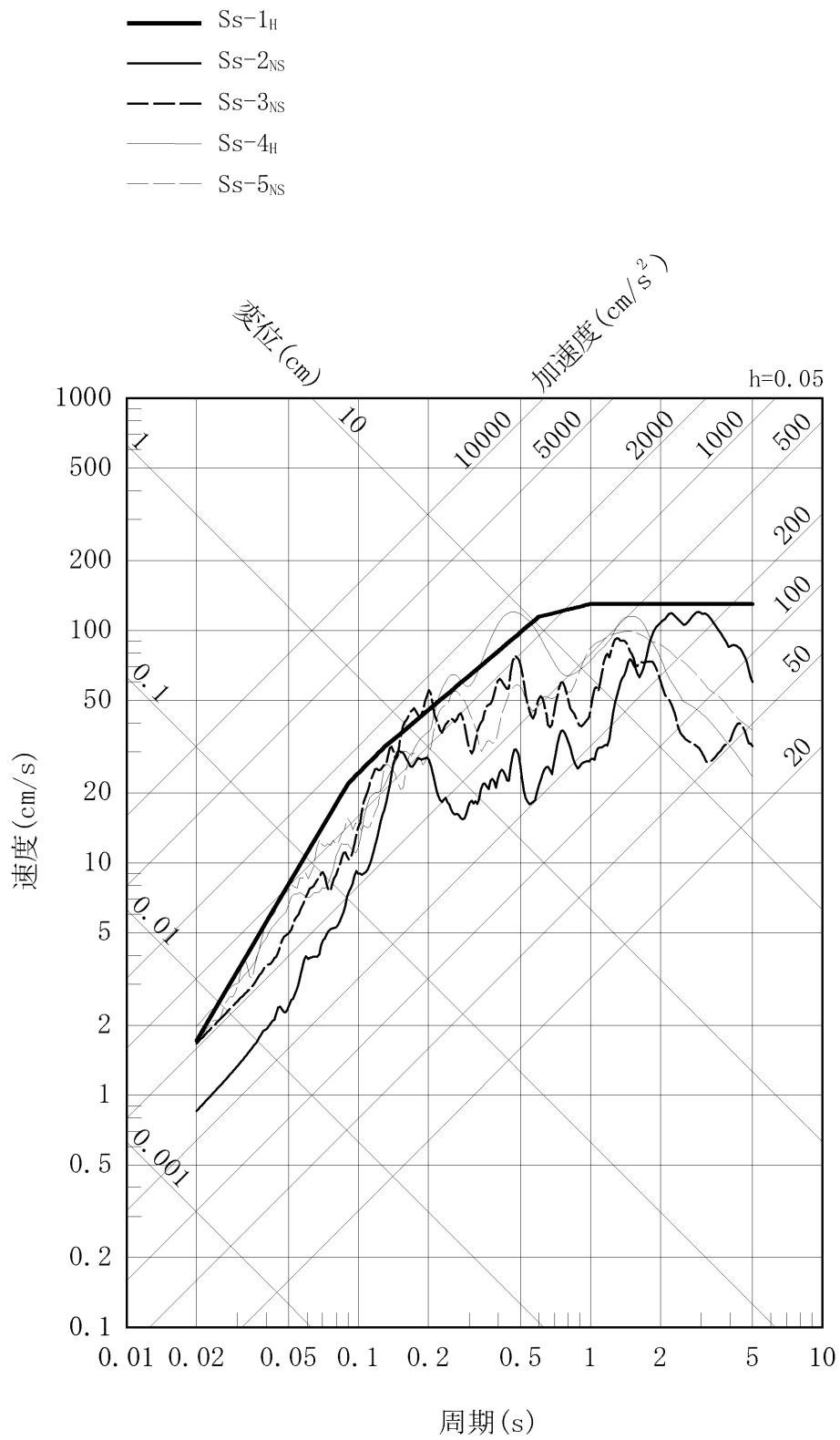
なお、基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

基準地震動は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動及び震源を特定せず策定する地震動について、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。策定した基準地震動の応答スペクトルを第5.1図～第5.3図に、時刻歴波形を第5.4図～第5.8図に示す。解放基盤表面は、3号炉及び4号炉の地質調査の結果から、0.7km/s以上のS波速度(1.35km/s)を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つ深さを持っていることが確認されているため、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底版位置のEL. -15.0mとする。

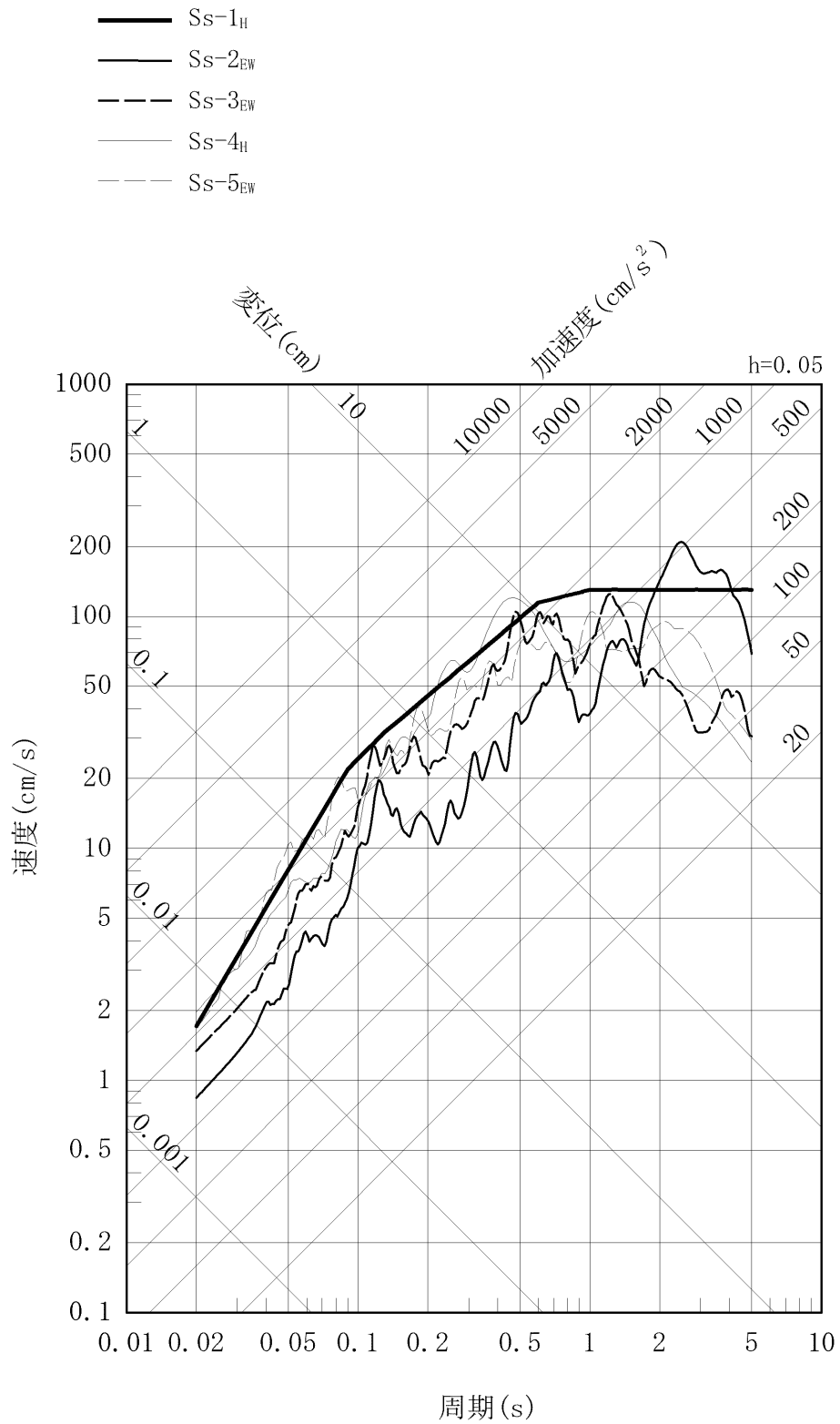
また、弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないような値に余裕を持たせ、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂）」における基準地震動 S_1 を踏まえ、工学的判断から基準地震動に係数0.6を乗じて設定する。

なお、Bクラスの施設のうち、共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動に2分の1を乗じた地震動によりその影響についての検討を行う。建物・構築物及び機器・配管系ともに、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計する。

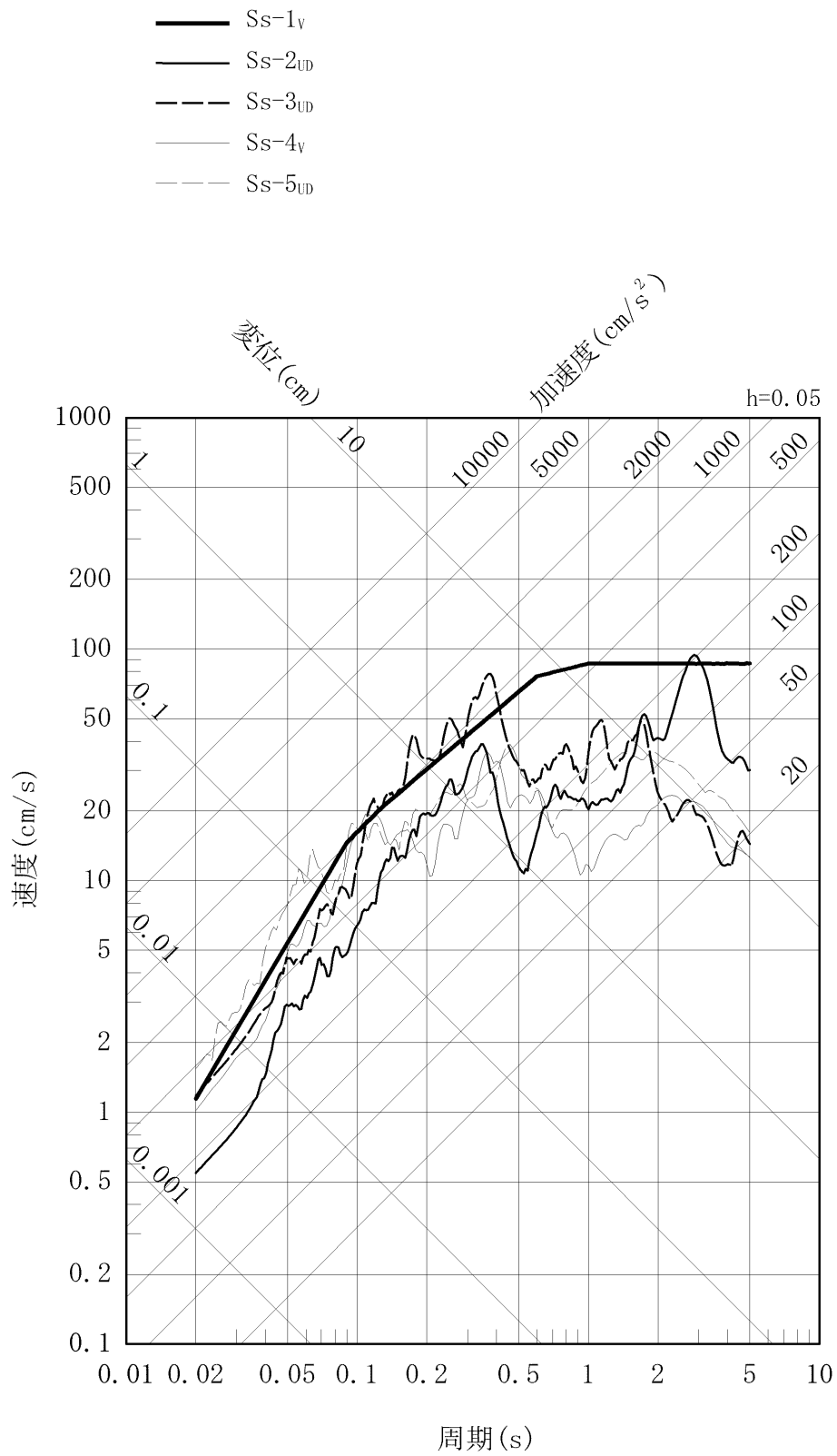
- e. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。
- f. 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価においては、耐震重要施設又は使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。
- g. 炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。
- 弾性設計用地震動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、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まるように設計する。
- 基準地震動による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。



第 5.1 図 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : NS)

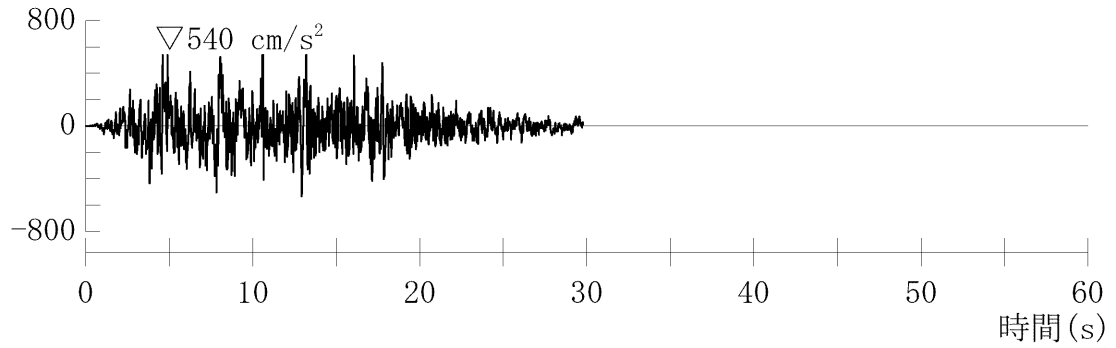


第 5.2 図 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : EW)



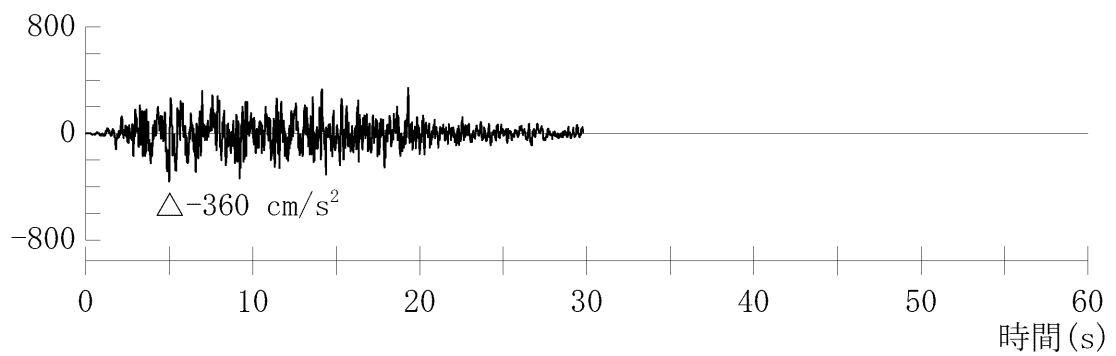
第 5.3 図 基準地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Ss-1_H)

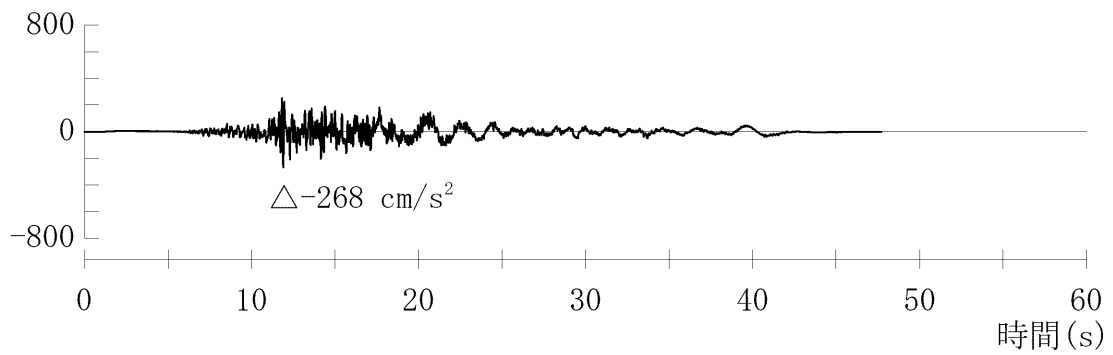
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Ss-1_V)

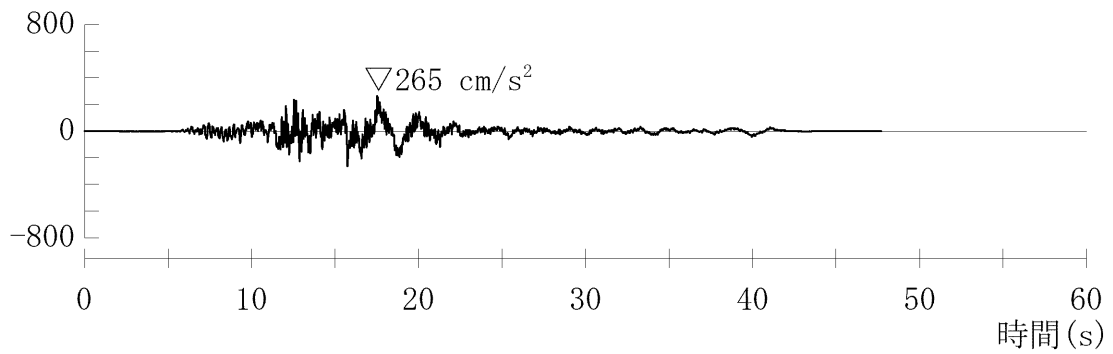
第 5.4 図 基準地震動 Ss-1 の設計用模擬地震波の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



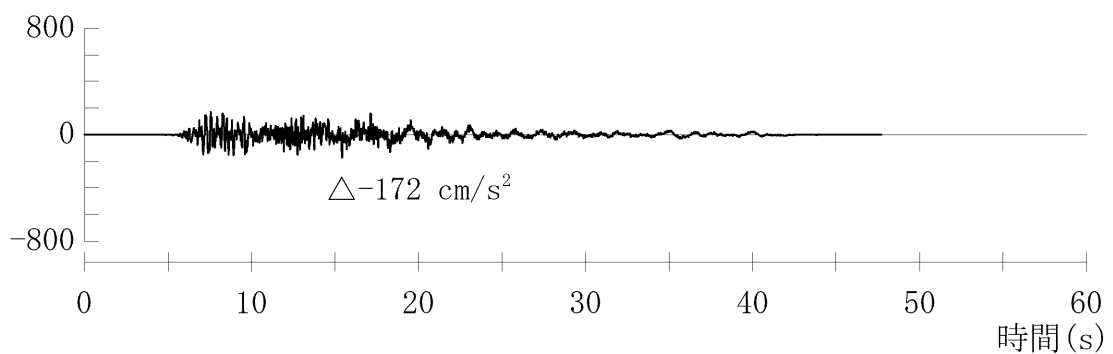
加速度 (水平方向 : SS-2_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : SS-2_{EW})

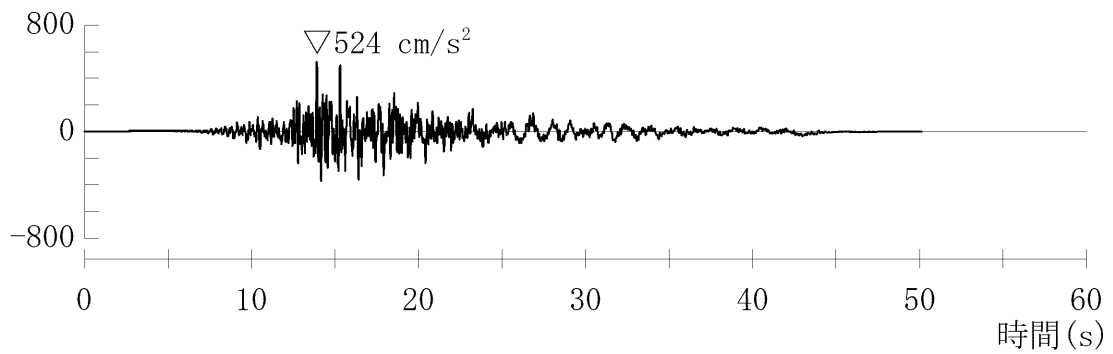
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : SS-2_{UD})

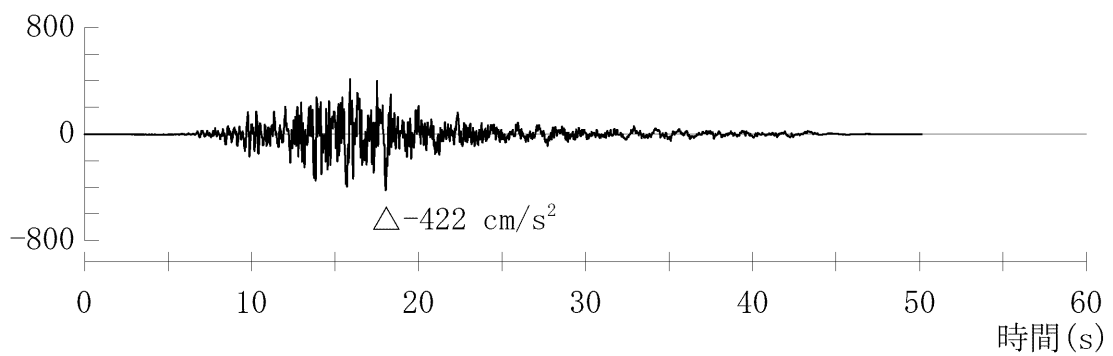
第 5.5 図 基準地震動 SS-2 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



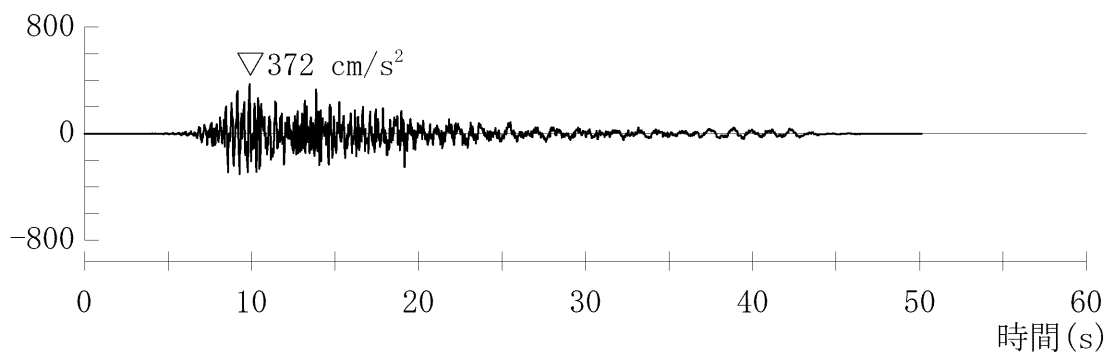
加速度 (水平方向 : SS-3_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : SS-3_{EW})

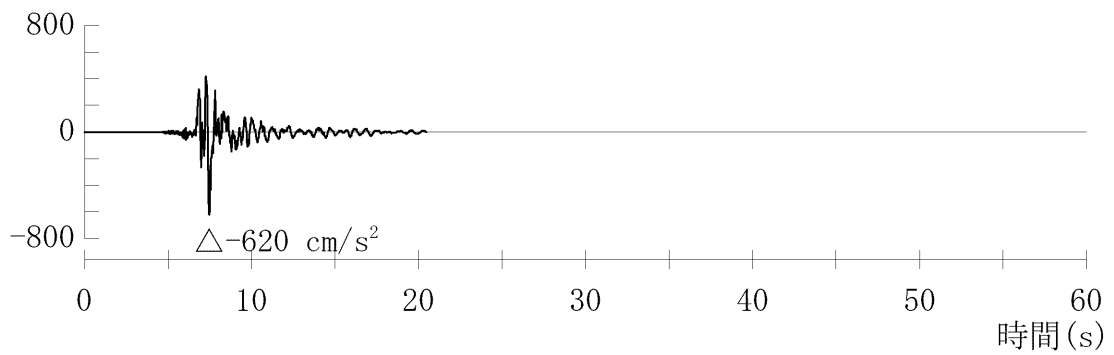
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : SS-3_{UD})

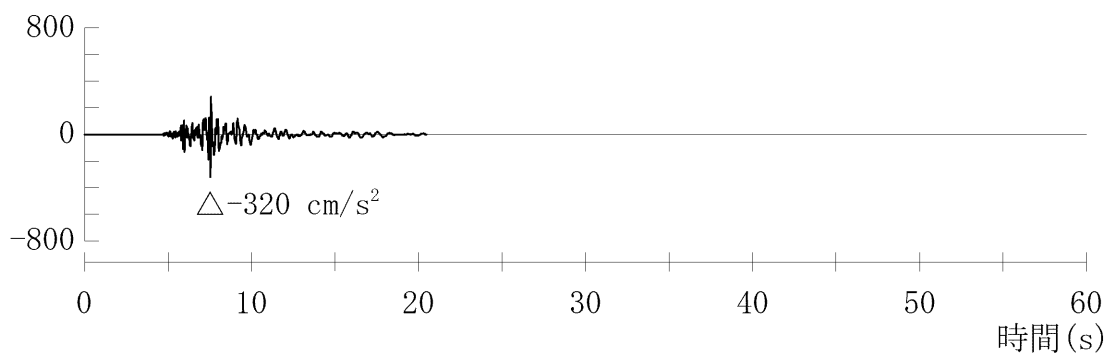
第 5.6 図 基準地震動 SS-3 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Ss-4_H)

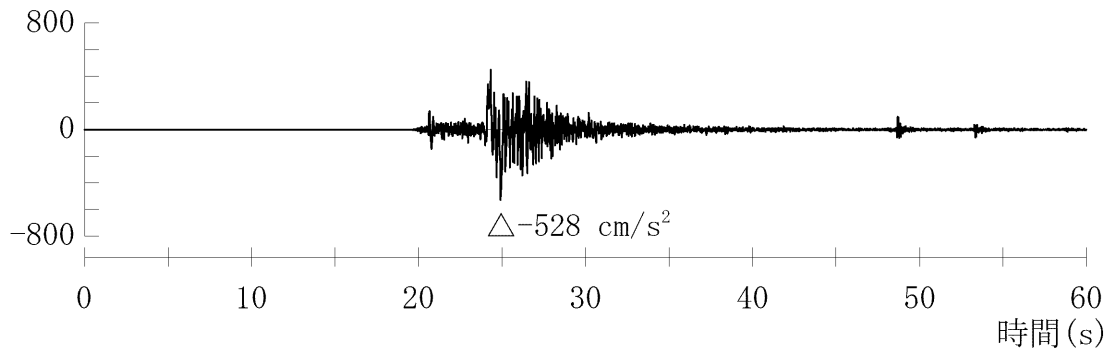
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Ss-4_V)

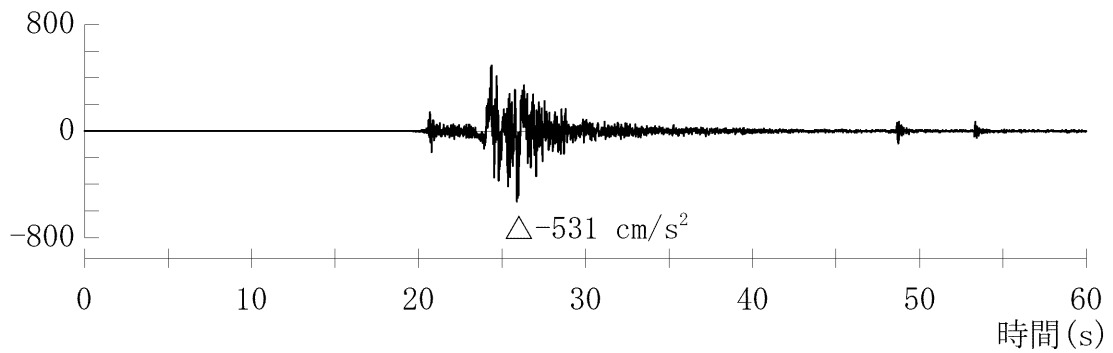
第 5.7 図 基準地震動 Ss-4 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



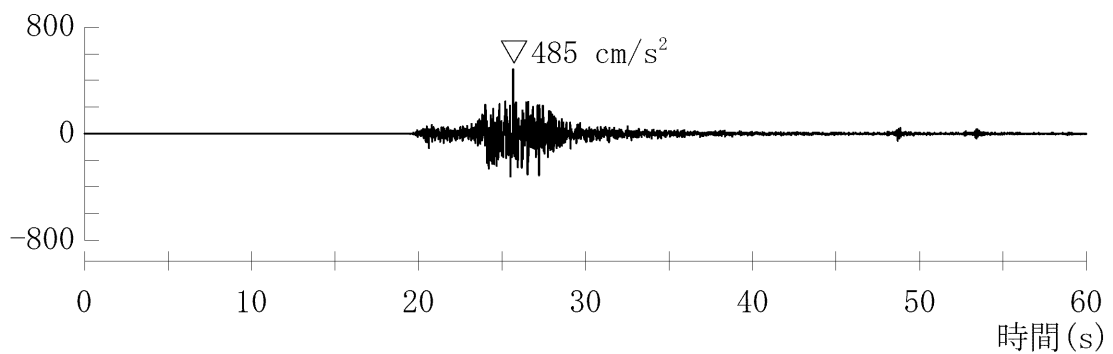
加速度 (水平方向 : SS-5_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : SS-5_{EW})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : SS-5_{UD})

第 5.8 図 基準地震動 SS-5 の時刻歴波形

(2) 安全設計方針

1.4 耐震設計

1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.4.1.1 設計基準対象施設の耐震設計の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）及び使用済燃料乾式貯蔵容器は、その供用中に当該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、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）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、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分に耐えられるように設計する。
- (3) 建物・構築物については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

なお、建物・構築物とは、建物、構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）の総称とする。

また、屋外重要土木構造物とは、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能、若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物をいう。
- (4) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）、浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）、敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）は、基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できるように設計する。

また、弾性設計用地震動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られる設計とする。
- (5) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）については、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。

また、基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び

鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用し、影響が考えられる施設、設備については許容限界の範囲内に留まることを確認する。

- (6) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物並びに使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動による地震力に対して、構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できる設計とする。なお、基準地震動の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、上記（5）と同様とする。

また、重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を含む。）を津波から防護するための津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物についても同様の設計方針とする。

- (7) B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られるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内に留まることを確認する。

- (8) 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られるように設計する。

- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

- (11) 炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動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、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まるように設計する。

基準地震動による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

1.4.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度を、次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいものであり、次の施設を含む。

・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系

・使用済燃料を貯蔵するための施設

- ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設
- ・津波防護施設及び浸水防止設備
- ・津波監視設備

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設であり、次の施設を含む。

・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設

・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）」第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。）

・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設

- ・使用済燃料を冷却するための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設である。

上記に基づくクラス別施設を第1.4.1表に示す。

なお、同表には当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動についても併記する。

1.4.1.3 地震力の算定方法

設計基準対象施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

a. 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 C_i に乘じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、Sクラス、Bクラス及びCクラスともに1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は1.0以上とする。

Sクラスの施設については、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。鉛直地震力は、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定

として求めた鉛直震度より算定するものとする。

ただし、土木建造物の静的地震力は、安全上適切と認められる規格及び基準を参考に、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

b. 機器・配管系

静的地震力は、上記a. に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記a. の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

上記a. 及びb. の標準せん断力係数 C_0 等の割増係数の適用については、耐震性向上の観点から、一般産業施設及び公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、屋外重要土木建造物及びBクラスの施設のうち共振のおそれのあるものに適用することとし、基準地震動及び弾性設計用地震動から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。なお、地震力の組合せについては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用するものとし、影響が考えられる施設、設備に対して、許容限界の範囲内に留まることを確認する。

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、弾性設計用地震動から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。

屋外重要土木建造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物並びに使用済燃料乾式貯蔵容器については、基準地震動による地震力を適用する。

添付書類六「7.5 地震」に示す基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定し、年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

また、弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないよう基準地震動に係数0.6を乗じて設定する。ここで、係数0.6は工学的判断として、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が0.5程度であるという知見⁽⁹⁾を踏まえ、さらに「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全

委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮し、余裕を持たせた値とする。また、建物・構築物及び機器・配管系ともに0.6を採用することで、弾性設計用地震動に対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動の年超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度である。弾性設計用地震動の応答スペクトルを第1.4.1図～第1.4.3図に、弾性設計用地震動の時刻歴波形を第1.4.4図～第1.4.8図に、弾性設計用地震動と基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較を第1.4.9図に、弾性設計用地震動と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第1.4.10図及び第1.4.11図に示す。

a. 入力地震動

解放基盤表面は、3号炉及び4号炉の地質調査の結果から、 0.7km/s 以上のS波速度 (1.35km/s) を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つていることが確認されているため、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底版位置のEL. -15.0m としている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動及び弾性設計用地震動を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで、必要に応じ2次元FEM解析又は1次元波動論により、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。

b. 地震応答解析

(a) 動的解析法

i. 建物・構築物

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。動的解析は、スペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法による。また、3次元応答性状等の評価は、時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばねは、基礎版の平面形状、地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験による

ものを用いる。

地盤－建物・構築物連成系の減衰定数は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部のひずみレベルを考慮して定める。

基準地震動及び弾性設計用地震動に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また、Sクラスの施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また、必要に応じて建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討する。

原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋については、3次元FEM解析等から、建物・構築物の3次元応答性状及び機器・配管系への影響を評価する。

屋外重要土木構造物の動的解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形又は非線形解析のいずれかにて行う。

なお、地震力については、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

ii. 機器・配管系

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準又は試験等の結果に基づき設定する。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう質点系モデル、有限要素モデル等に置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。配管系については、熱的条件及び口径から高温配管又は低温配管に分類し、その仕様に応じて適切なモデルに置換し、設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択に当たっては、衝突・すべり等の

非線形現象を模擬する観点又は既往研究の知見を取り入れ実機の挙動を模擬する観点で、建物・構築物の剛性及び地盤物性の不確かさへの配慮をしつつ時刻歴応答解析法を用いる等、解析対象とする現象、対象設備の振動特性・構造特性等を考慮し適切に選定する。

また、設備の3次元的な広がりや踏まえ、適切に応答を評価できるモデルを用い、水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせるものとする。

なお、剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

(3) 設計用減衰定数

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

なお、建物・構築物の応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定数の設定については、既往の知見に加え、既設施設の地震観測記録等により、その妥当性を検討する。

また、地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数については、地中構造物としての特徴、同モデルの振動特性を考慮して適切に設定する。

1.4.1.4 荷重の組合せと許容限界

設計基準対象施設の耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を次に示す。

a. 建物・構築物

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常自然条件下におかれている状態

ただし、運転状態には通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替え等が計画
的又は頻繁に行われた場合であって運転条件が所定の制限値以内にある
運転状態

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作
動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想
される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場
合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそ
れがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該
状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出
するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風、積雪等）

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

(a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、
すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常的气象条件による荷
重

(b) 運転時の状態で施設に作用する荷重

(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力、風荷重、積雪荷重等

ただし、運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には、機器・
配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時土圧、
機器・配管系からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとし
る。

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重

(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力、風荷重、積雪荷重等

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

a. 建物・構築物（c.に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及
び津波監視設備を除く。）

- (a) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時（通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時）に施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

b. 機器・配管系（c.に記載のものを除く。）

- (a) Sクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。
- (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物

- (a) 津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動による地震力とを組み合わせる。
- (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重等と基準地震動による地震力とを組み合わせる。

なお、上記 c. (a)、(b) については、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮する。また、津波以外による荷重については、「(2) 荷重の種類」に準じるものとする。

d. 荷重の組合せ上の留意事項

(a) Sクラスの施設に作用する地震力のうち動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ算定するものとする。

(b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。

(c) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明しているならば、必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。

(d) 上位の耐震重要度分類の施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度分類に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

なお、第1.4.1表に対象となる建物・構築物及びその支持機能が維持されていることを検討すべき地震動等について記載する。

(4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

a. 建物・構築物（c. に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）

(a) Sクラスの建物・構築物

i. 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ただし、1次冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリにおける長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記ii. に示す許容限界を適用する。

ii. 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。

なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最

大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

(b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

上記(a) i.による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

上記(a) ii.を適用するほか、耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物が、変形等に対してその支持機能を損なわないものとする。

なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が損なわれないことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた安全余裕を有していることを確認する。

(e) 屋外重要土木構造物

i. 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ii. 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

構造部材の曲げについては、曲げ耐力、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみに対して妥当な安全余裕を持たせることとし、構造部材のせん断については、せん断耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることを基本とする。ただし、構造部材の曲げ、せん断に対する上記の許容限界に代わり、許容応力度を適用することで、安全余裕を考慮する場合もある。

なお、それぞれの安全余裕については、各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(f) その他の土木構造物

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

b. 機器・配管系（c.に記載のものを除く。）

(a) Sクラスの機器・配管系

i. 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする。

ただし、1次冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリ及び非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記ii. に示す許容限界を適用する。

ii. 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように応力、荷重等を制限する値を許容限界とする。

また、地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする。

(c) 燃料集合体

地震時に作用する荷重に対して、燃料集合体の1次冷却材流路を維持できること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒の挿入が阻害されることがないことを確認する。

(d) 燃料被覆材

炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり確認する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動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を組み合わせた荷重条件に対して、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まることを確認する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないことを確認する。

(e) 使用済燃料乾式貯蔵容器

自重その他の貯蔵時に想定される荷重と、基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該使用済燃料乾式貯蔵容器に要求される機能を保持することを以下のとおり確認する。

密封境界部については、おおむね弾性状態に留まることを確認する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能を担保しているバスケットについては、臨界防止上有意な変形を起こさないことを確認する。

密封境界部以外の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を

有することを確認する。

- c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物

津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、当該施設及び建物・構築物が構造全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能及び浸水防止機能）が保持できることを確認する。

浸水防止設備及び津波監視設備については、その設備に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できることを確認する。

- d. 基礎地盤の支持性能

- (a) Sクラスの建物・構築物及びSクラスの機器・配管系（(b)に記載のものうち、津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）の基礎地盤

- i. 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。

- ii. 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

- (b) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物並びに使用済燃料乾式貯蔵容器の基礎地盤

- i. 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。

- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物、Bクラス及びCクラスの機器・配管系並びにその他の土木構造物の基礎地盤

上記 (a) ii. による許容支持力度を許容限界とする。

1.4.1.5 設計における留意事項

- (1) 耐震重要施設

耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設（以下「下位クラス施設」という。）の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響については、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行う。なお、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、波及的影響においては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合に影響を及ぼす可能性のある施設、設備を選定し評価する。

波及的影響評価に当たっては、以下 a.～d. をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討等を行い、耐震重要施設の安全機能への影響がないことを確認する。なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、以下 a.～d. 以外に検討すべき事項がないかを確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

a. 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響

(a) 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して不等沈下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

(b) 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

c. 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋内の下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

d. 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

(a) 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

(b) 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設の周辺斜面が崩壊しないことを確認する。

(2) 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響の評価に当たっては、以下の3つの観点をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわないことを確認する。なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、3つの観点以外に検討すべき事項がないか確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

影響評価には、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行うこととし、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合の影響も考慮して評価する。

a. 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響

(a) 不等沈下

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の設置地盤の不等沈下により、その安全機能を損なわないように設計する。

(b) 相対変位

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等との相対変位により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器間の相互影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による隣接する使用済燃料乾式貯蔵容器との相互影響により、その安全機能を損なわないように設計する。

c. 使用済燃料乾式貯蔵容器と周辺施設等との相互影響

(a) 周辺施設等の損傷、転倒及び落下等による使用済燃料乾式貯蔵容器への影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

また、周辺施設等のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力により、損壊しないように設計する。

(b) 周辺斜面の崩壊

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に

対して、その安全機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。

なお、上記(1)及び(2)の検討に当たっては、溢水、火災の観点からも波及的影響がないことを確認する。

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を、第 1.4.1 表中に「波及的影響を考慮すべき施設」として記載する。

1.4.1.6 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構築物は、剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点からできる限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据付け状態になるよう配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置する若しくは基準地震動に対し構造強度を保つようにし、耐震重要施設の安全機能を損なわない設計とする。

1.4.4 主要施設の耐震構造

1.4.4.8 使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号、3号及び4号炉共用）

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、地上2階、地下1階であり、平面が約48m×約62mの鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の建物で、基礎は岩盤上に設置される。

1.4.4.13 その他

その他の機器・配管については、運転荷重、地震荷重、熱膨張による荷重を考慮して、必要に応じてスナバ、リジットハンガ、その他の支持装置を使用して耐震的にも熱的にも安全な設計とする。

1.4.5 地震検知による耐震安全性の確保

(1) 地震感知器

原子炉保護設備の1つとして地震感知器を設け、ある程度以上の地震が起こった場合に原子炉を自動的に停止させる。トリップ設定値は弾性設計用地震動の加速度レベルに余裕を持たせた値とする。原子炉保護設備は、フェイル・セーフ設備とするが、地震以外のショックによって原子炉をトリップさせないよう配慮する。

地震感知器は、基盤の地震動をできるだけ直接的に検出するため建物基礎版の位置、また主要な機器が配置されている代表的な床面に設置する。なお、設置に当たっては試験及び保守が可能な原子炉補助建屋の適切な場所に設置する。

(2) 地震観測等による耐震性の確認

発電用原子炉施設のうち安全上特に重要なものに対しては、地震観測網を適切に設置し、地震観測等により振動性状の把握を行い、それらの測定結果に基づく解析等により施設の機能に支障のないことを確認していくものとする。

地震観測を継続して実施するために、地震観測網の適切な維持管理を行う。

第 1.4.1 表 クラス別施設 (1 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	適用範囲	適用範囲	適用範囲
Sクラス	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	原子炉容器	S	隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備	S	原子炉容器・蒸気発生器・1次冷却材ポンプ・加圧器の支持構造物 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	内部コンクリート 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋	Ss Ss Ss	格納容器ポーラックレーン 1次冷却材ポンプモータ 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss Ss Ss
		原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁									
	(ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設	使用済燃料ピット	S S S	-	機器等の支持構造物 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち貯蔵架台 (注7)	S S	原子炉周辺建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋	Ss Ss	使用済燃料ピット クレーン タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 その他	Ss Ss Ss Ss	
		使用済燃料ボックス 使用済燃料乾式貯蔵容器 (注7)									
(iii) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設	制御棒クラスタ及び制御棒クラスタ駆動装置 (トリップ機能に関する部分)	S S	炉心支持構造物及び制御棒クラスタ案内管 非常用電源 (燃料油系含む) 及び計装設備	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S S	内部コンクリート 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 非常用電源の燃料油系を支持する構造物	Ss Ss Ss Ss	格納容器ポーラックレーン 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss Ss		
	化学体種制御設備のうち、ほう酸注入系										
(iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	主蒸気・主給水設備 (主給水逆止弁より蒸気発生器2次側を経て、主蒸気隔離弁まで) 補助給水設備 復水タンク 余熱除去設備	S S S	原子炉補助機冷却水設備 (当該主要設備に係わるもの) 原子炉補助機冷却海水設備 燃料取替用水タンク 炉心支持構造物 (炉心冷却に直接影響するもの) 非常用電源 (燃料油系含む) 及び計装設備	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S S S S	内部コンクリート 原子炉周辺建屋 原子炉補助機冷却建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 非常用電源の燃料油系を支持する構造物	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	格納容器ポーラックレーン 燃料取替用水補助タンク 1次系純水タンク 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss Ss Ss Ss		

第 1.4.1 表 クラス別施設 (2 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Sクラス	(v) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	適用範囲	S	適用範囲	S	適用範囲	S	適用範囲	Ss	適用範囲	Ss
			S	原子炉補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) 原子炉補機冷却海水設備 中央制御室の遮へいと空調設備 非常用電源(燃料油系含む)及び計装設備	S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 燃料取替用水タンク建屋 非常用電源の燃料油系を支持する構造物	Ss Ss Ss Ss Ss	燃料取替用水補助タンク 1次系純水タンク 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss Ss Ss
Sクラス	(vi) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性質の放散を直接防ぐための施設	適用範囲	S	適用範囲	-	適用範囲	S	適用範囲	Ss	適用範囲	Ss
			S	原子炉格納容器 原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁	-	機器・配管等の支持構造物	S	原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋	Ss Ss	廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss
			S	隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備	S	電気計装設備の支持構造物	S	原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋	Ss Ss	廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss

第 1.4.4.1 表 クラス別施設 (3 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波的影響を考慮すべき施設 (注5)	検討用 地震動 (注6)
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)		
S クラス	(vii) 放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記(vi)の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設	原子炉格納容器スプレイ設備 燃料取替用水タンク アニュラシール アニュラス空気浄化設備 排気筒 安全補機室空気浄化設備	S S S S S S	原子炉補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) 原子炉補機冷却海水設備 非常用電源(燃料油系含む)及び計装設備	S S S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉格納容器 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 燃料取替用水タンク建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 非常用電源の燃料油系を支持する構造物	Ss Ss Ss Ss Ss Ss	燃料取替用水補助タンク 1次系純水タンク 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss Ss Ss
		海水ポンプエリア 防護壁 海水ポンプエリア 水密扉 取水ピット搬入口蓋 原子炉周辺建屋水密扉 原子炉補助建屋水密扉	S S S S S	—	—	機器等の支持構造物	S	原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物	Ss Ss Ss	廃棄物処理建屋 タービン建屋 循環水ポンプモータ その他	Ss Ss Ss Ss
		津波監視カメラ 取水ピット水位計	S S	非常用電源(燃料油系含む)及び計装設備	S	機器、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物 非常用電源の燃料油系を支持する構造物	Ss Ss Ss Ss	廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他	Ss Ss Ss

第 1.4.1 表 クラス別施設 (4 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	(注1) 主要設備		(注2) 補助設備		(注3) 直接支持構造物		(注4) 間接支持構造物		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Sクラス	(x) その他	・使用済燃料ピット 水補給設備 (非常 用)	S	・非常用電源 (燃料 油系含む) 及び計 装設備	S	・機器・配管、電気 計装設備等の支持 構造物	S	・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋 ・非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	Ss Ss Ss	・廃棄物処理建屋 ・タービン建屋 ・その他	Ss Ss Ss
		・炉内構造物	S	—	—	—	—	—	—	—	—

第 1.4.4.1 表 クラス別施設 (5 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検査用 地震動 (注6)	適用範囲	検査用 地震動 (注6)
Bクラス	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設	化学体積制御設備のうち、抽出系と余剰抽出系	B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	内部コンクリート ・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋	SB SB SB	—	—
	(ii) 放射性廃棄物を内蔵している施設(ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が周辺監視区域外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く)	放射性廃棄物廃棄施設、ただし、Cクラスに属するものは除く	B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋 ・廃棄物処理建屋 ・雑固体溶解処理建屋	SB SB SB SB	—	—
	(iii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設	使用済燃料ピット水浄化冷却設備(浄化系) ・化学体積制御設備のうち、S及びCクラスに属する以外のもの ・放射線低減効果の大きい遮へい ・燃料取扱棟クレーン ・使用済燃料ピットクレーン ・燃料取替クレーン ・燃料移送装置	B B B B B B B	—	—	機器・配管等の支持構造物	B	内部コンクリート ・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋	SB SB SB	—	—

第 1.4.4.1 表 クラス別施設 (6 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主 要 設 備 (注1)		補 助 設 備 (注2)		直 接 支 持 構 造 物 (注3)		間 接 支 持 構 造 物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス
Bクラス	(iv) 使用済燃料を冷却するための施設	・使用済燃料ピット水浄化冷却設備(冷却系)	B	・原子炉補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) ・原子炉補機冷却海水設備 ・電気計装設備	B B B	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋 ・海水ポンプ基礎等の海水系を支持する構造物	SB SB SB	—	—
	(v) 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

第 1.4.4.1 表 クラス別施設 (7 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主 要 設 備 (注1)		補 助 設 備 (注2)		直 接 支 持 構 造 物 (注3)		間 接 支 持 構 造 物 (注4)		波 及 的 影 響 を 考 慮 す べ き 施 設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Cクラス	(i) 原子炉の反応度を制御するための施設でS及びBクラスに属さない施設	制御棒クラスタ駆動装置 (トリップ機能に関する部分を除く)	C	—	クラス	C	電気計装設備の支持構造物	内部コンクリート ・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋	SC SC SC	—	—
	(ii) 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でS及びBクラスに属さない施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試料採取設備 ・ 床ドレン系 ・ 洗浄排水処理系 ・ 固化処理装置より下流の固体廃棄物取扱設備 (貯蔵庫を含む) ・ ベイラ ・ 雑固体溶融処理設備のうち、溶融炉、セラミックファイタルタを除外する ・ 化学体積制御設備のうち、ほう酸補給タンク廻り ・ 液体廃棄物処理設備のうち、ほう酸回収装置、蒸留水側及び廃液蒸発装置、蒸留水側 ・ 原子炉補給水設備 ・ 新燃料貯蔵設備 ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋 (注8) ・ その他 	C C C C C C C C	—	—	C	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	内部コンクリート ・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋 ・ 廃棄物処理建屋 ・ 雑固体溶融処理建屋 ・ 固体廃棄物貯蔵庫 ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋	SC SC SC SC SC SC SC	—	—

第 1.4.4.1 表 クラス別施設 (8 / 8)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (注1)		補助設備 (注2)		直接支持構造物 (注3)		間接支持構造物 (注4)		波及的影響を考慮すべき施設 (注5)	
		適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	クラス	適用範囲	検査用 地震動 (注6)	適用範囲	検査用 地震動 (注6)
Cクラス	(iii) 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	<ul style="list-style-type: none"> ・蒸気タービン設備 ・原子炉補機冷却水設備 ・補助ボイラ及び補助蒸気設備 ・消火設備 ・主発電機・変圧器 ・空調設備 ・蒸気発生器ブローダウン系 ・所内用圧縮空気設備 ・格納容器ポーラクレーン ・代替緊急時対策所 ・緊急時対策所 (緊急時対策棟内) ・その他 	C C C C C C C C C C C C C C		クラス	<ul style="list-style-type: none"> ・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	C	<ul style="list-style-type: none"> ・内部コンクリート ・原子炉周辺建屋 ・原子炉補助建屋 ・廃棄物処理建屋 ・雑固体溶融処理建屋 ・タービン建屋 ・代替緊急時対策所 ・緊急時対策所 (緊急時対策棟内) 	SC SC SC SC SC SC SC SC SC SC SC SC SC SC		

(注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。

(注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。

(注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。

(注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物 (建物・構築物) をいう。

(注5) 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位の耐震クラスに属するものの破損等によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。

(注6) Ss：基準地震動により定まる地震力

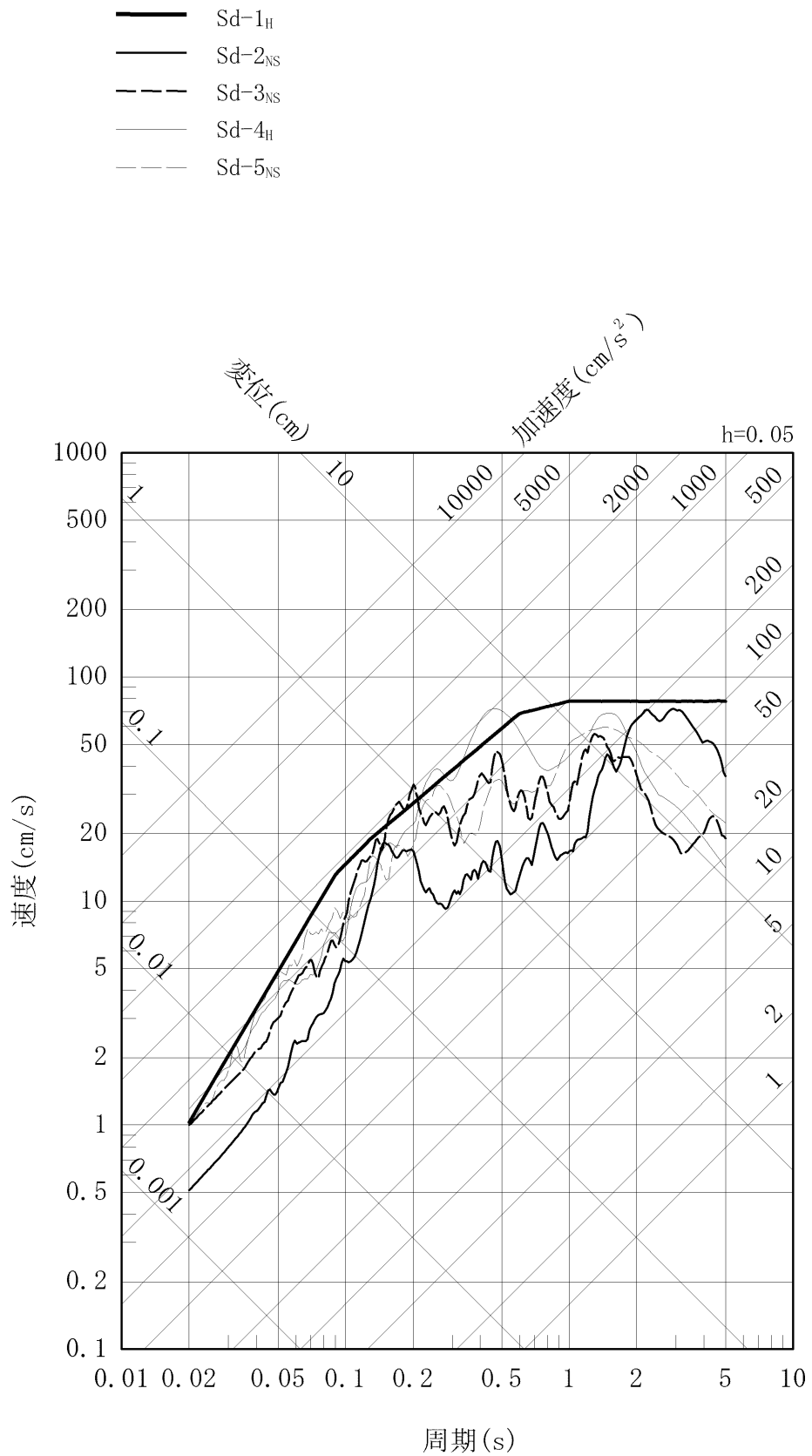
Sd：弾性設計用地震動により定まる地震力

Sb：Bクラス施設に適用される地震力

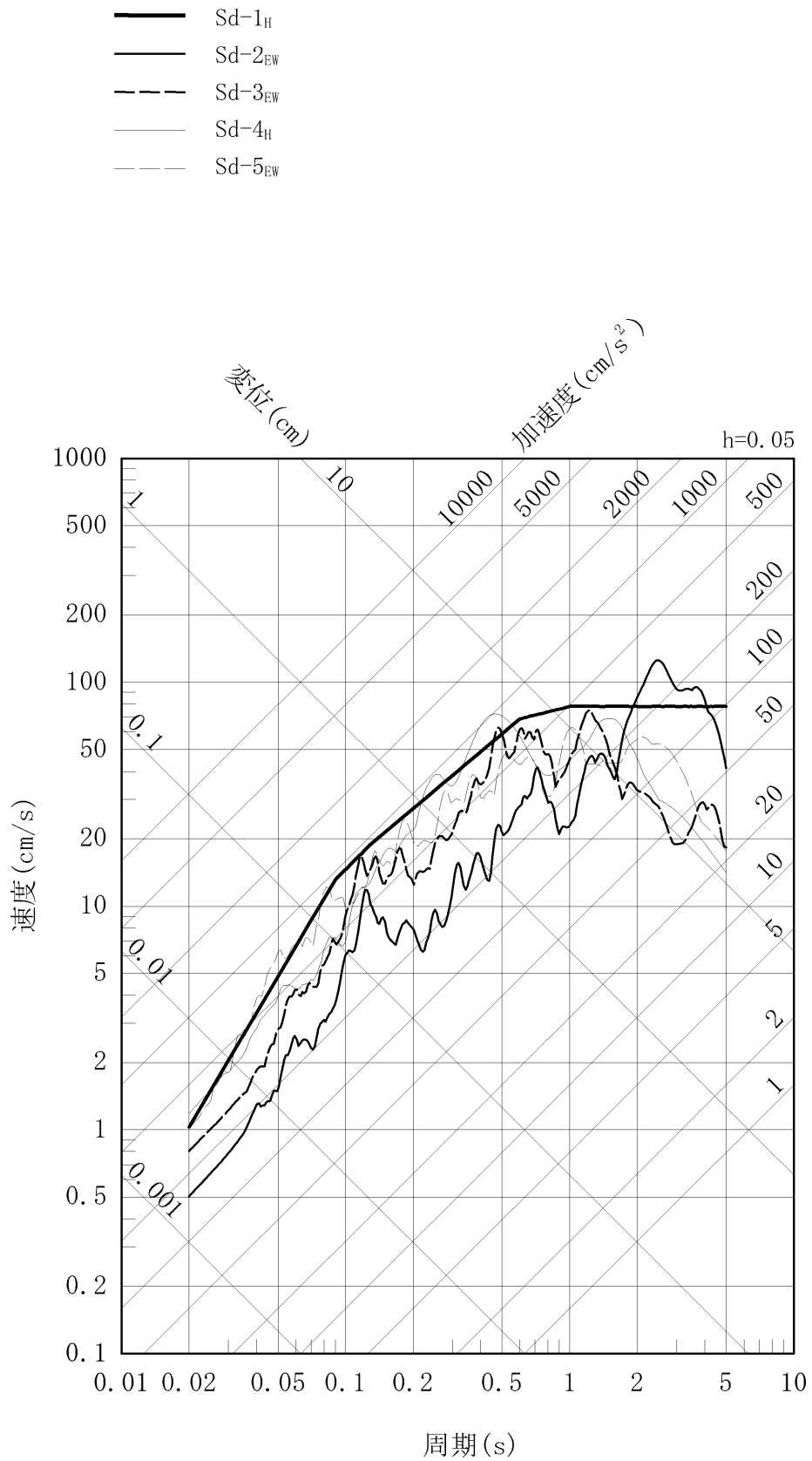
Sc：Cクラス施設に適用される静的地震力

(注7) 基準地震動 Ss による地震力に対して、機能を保持できるものとする。

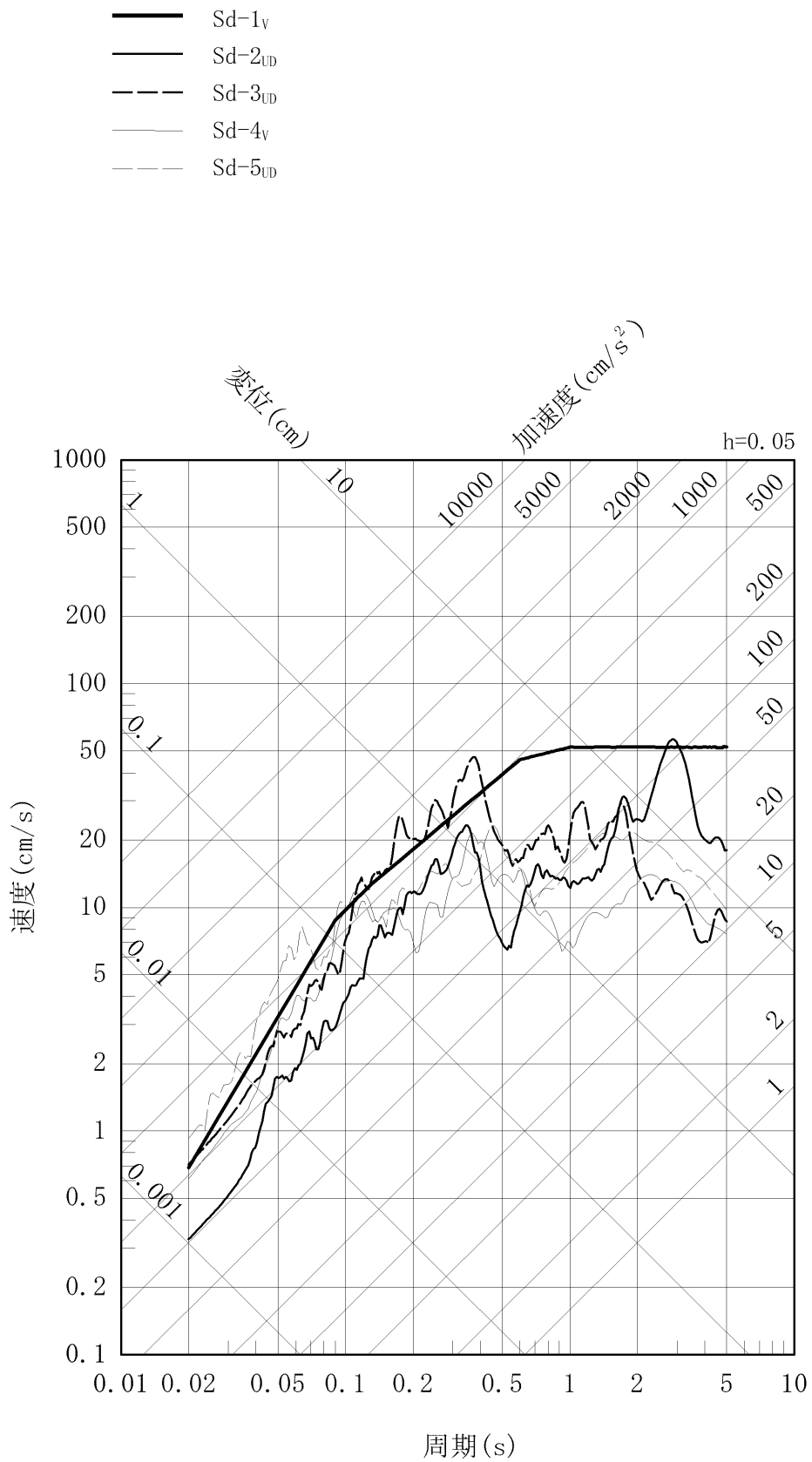
(注8) 使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち遮へい機能を期待するものに限る。使用済燃料乾式貯蔵施設の周辺施設 (使用済燃料乾式貯蔵容器支持部、基礎を除く。) のうち使用済燃料乾式貯蔵建屋以外については、耐震重要度Cクラスに準じた設計とする。



第 1. 4. 1 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (水平方向 : NS)

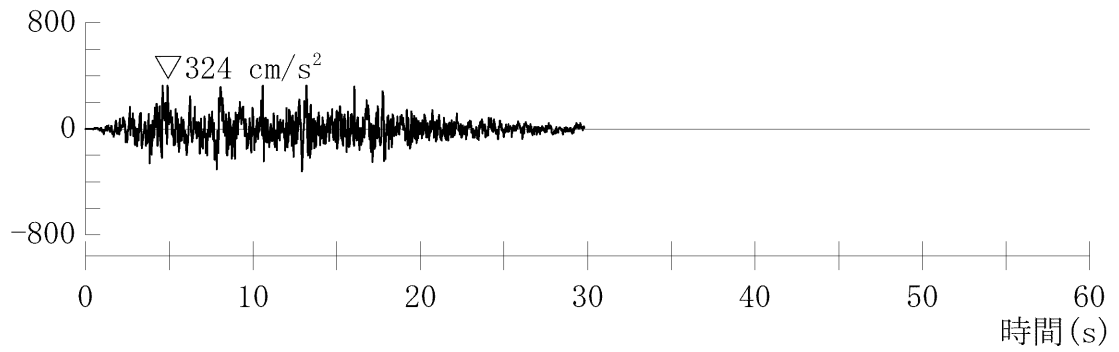


第 1. 4. 2 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (水平方向 : EW)



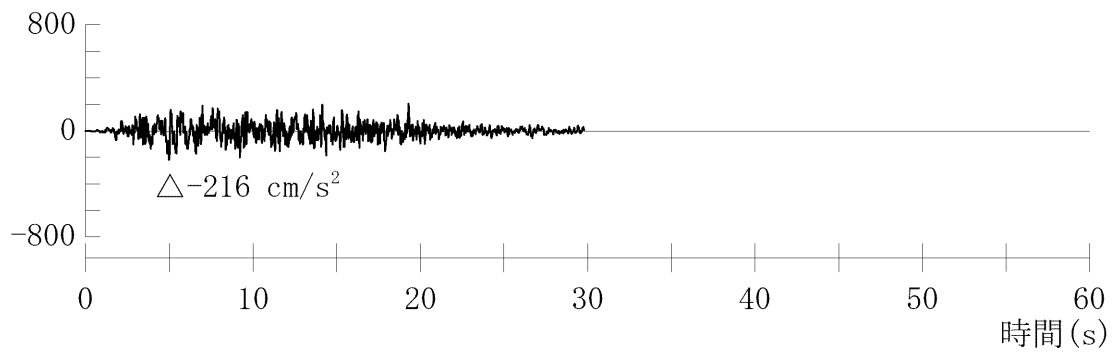
第 1.4.3 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-1_H)

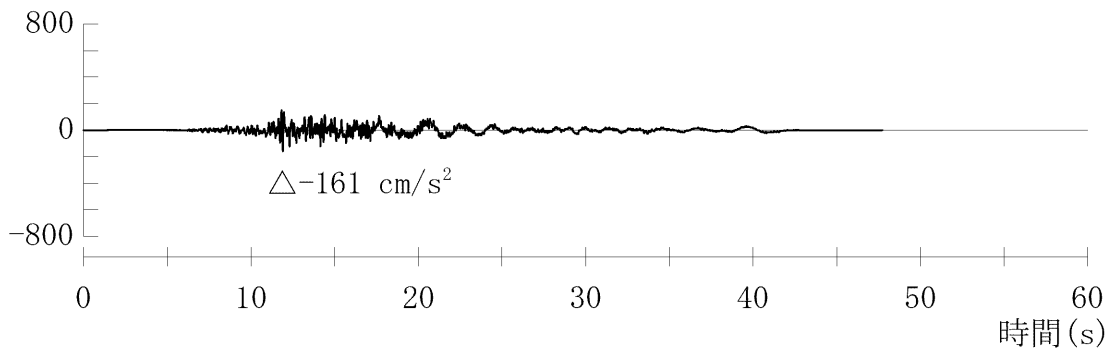
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-1_V)

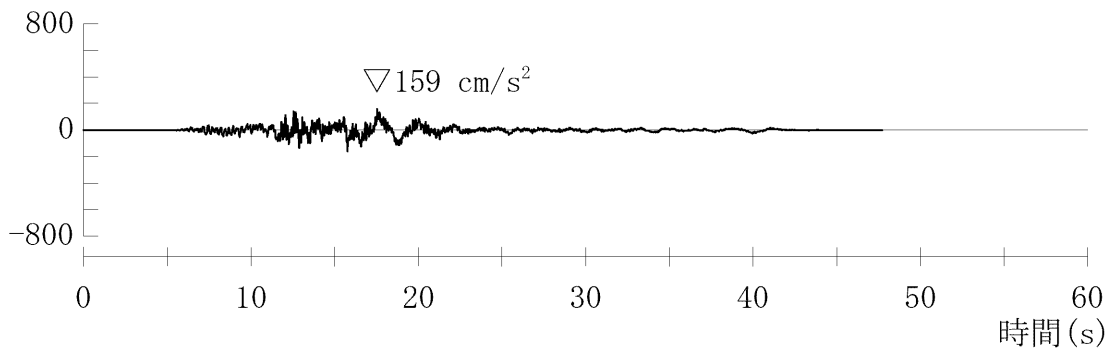
第 1.4.4 図 弾性設計用地震動 Sd-1 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



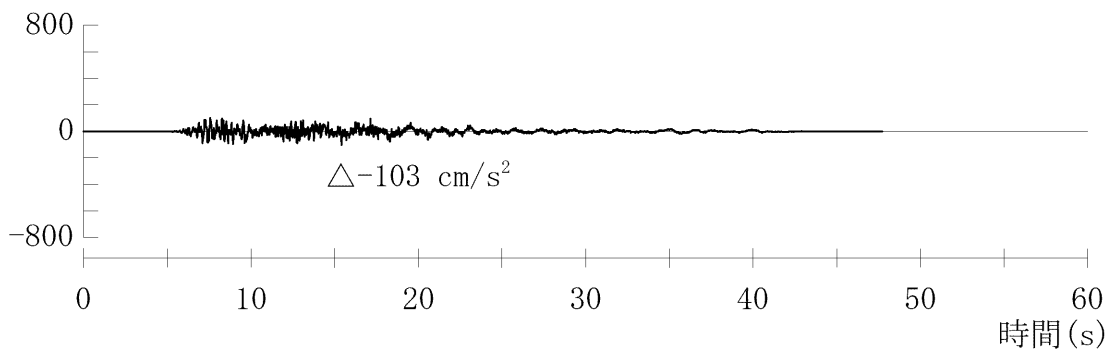
加速度 (水平方向 : Sd-2_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-2_{EW})

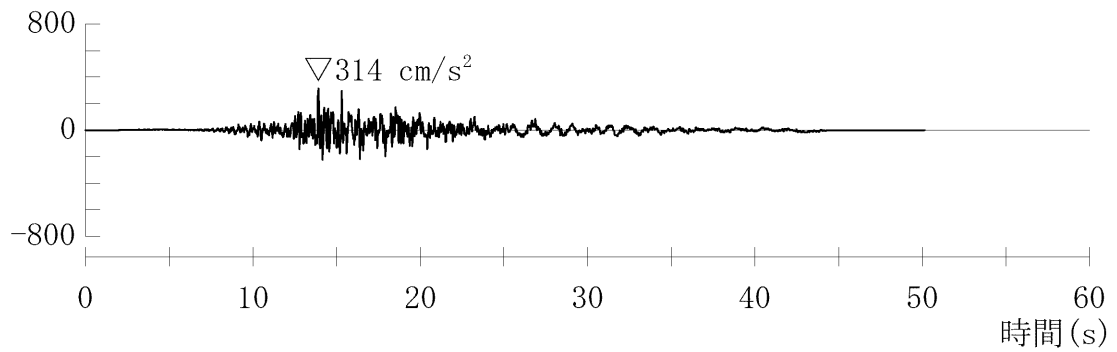
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-2_{UD})

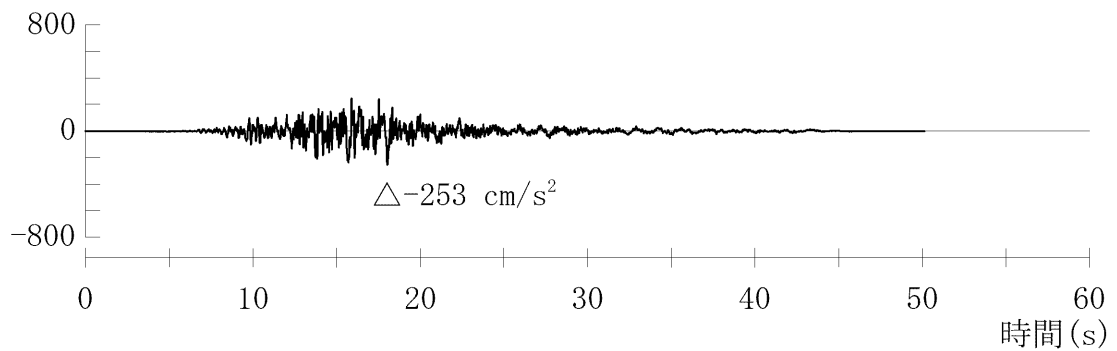
第 1.4.5 図 弾性設計用地震動 Sd-2 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



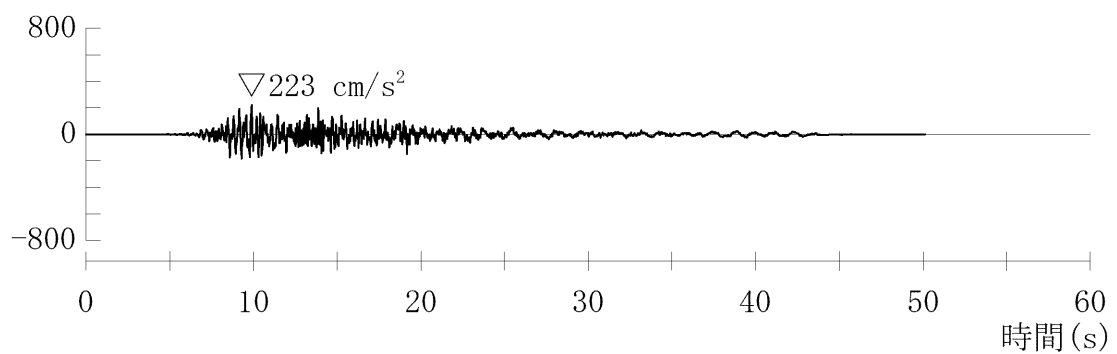
加速度 (水平方向 : Sd-3_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-3_{EW})

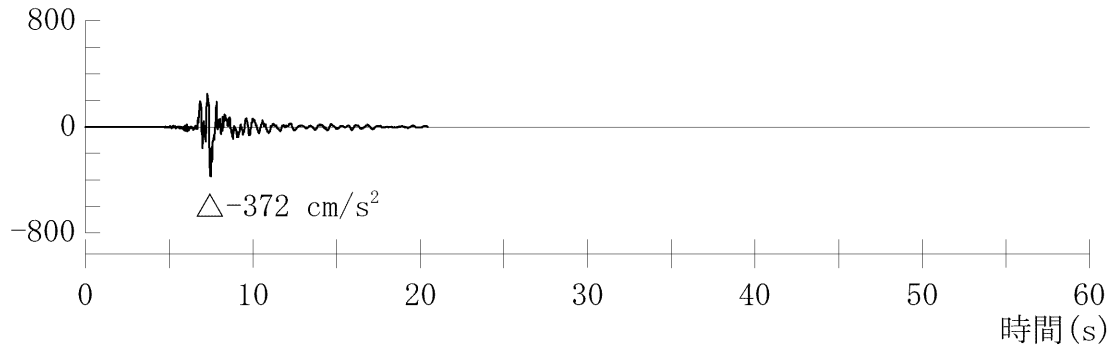
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-3_{UD})

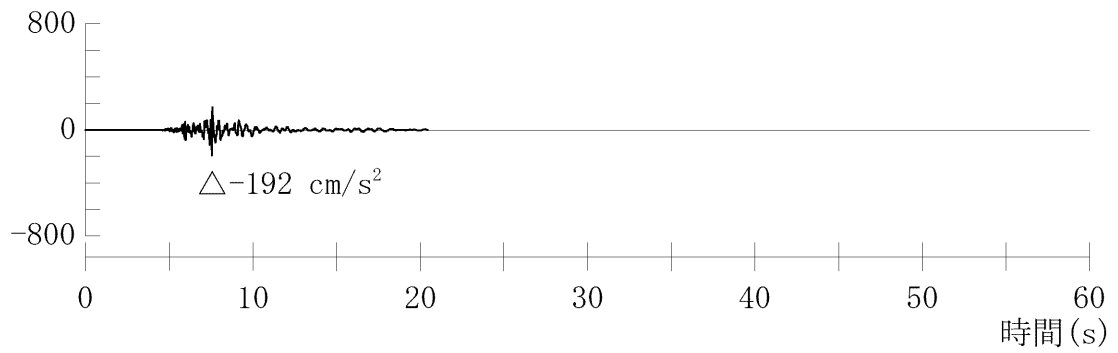
第 1.4.6 図 弾性設計用地震動 Sd-3 の時刻歴波形

加速度 (cm/s²)



加速度 (水平方向 : Sd-4_H)

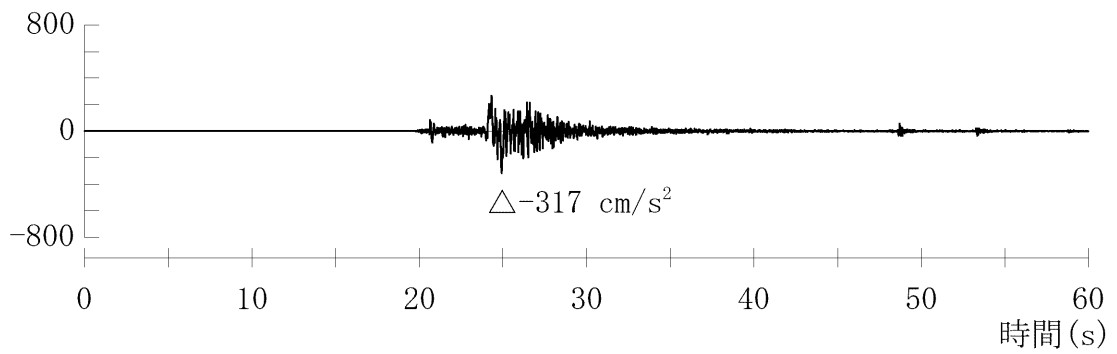
加速度 (cm/s²)



加速度 (鉛直方向 : Sd-4_V)

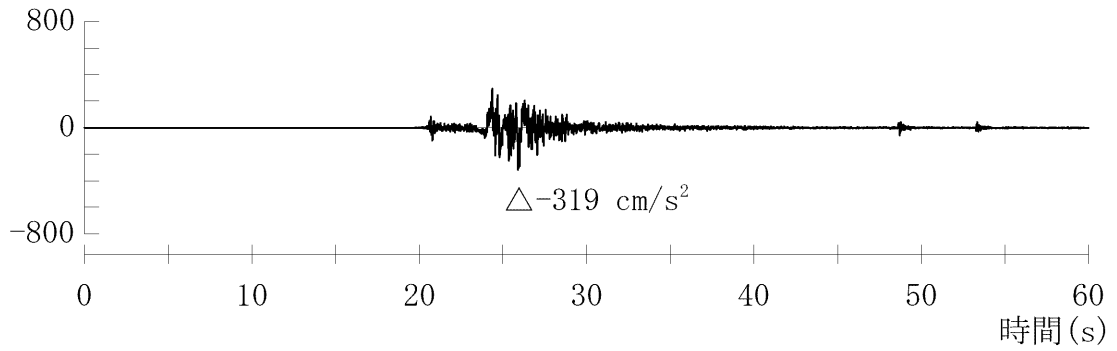
第 1.4.7 図 弾性設計用地震動 Sd-4 の時刻歴波形

加速度 (cm/s²)



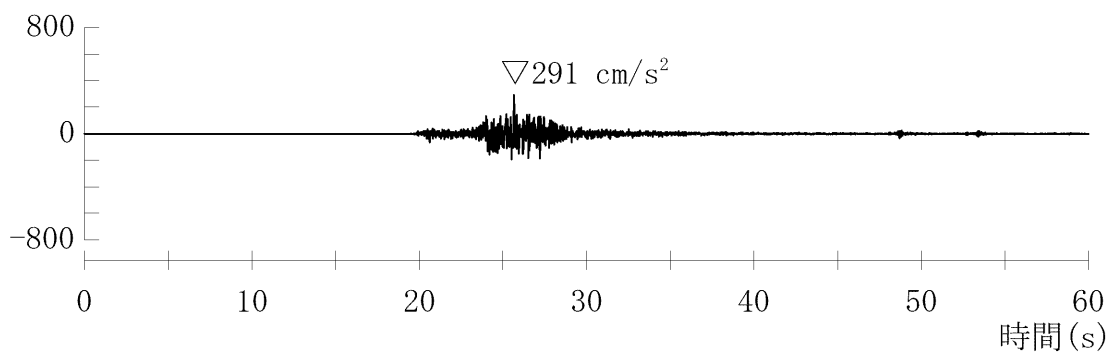
加速度 (水平方向 : Sd-5_{NS})

加速度 (cm/s²)



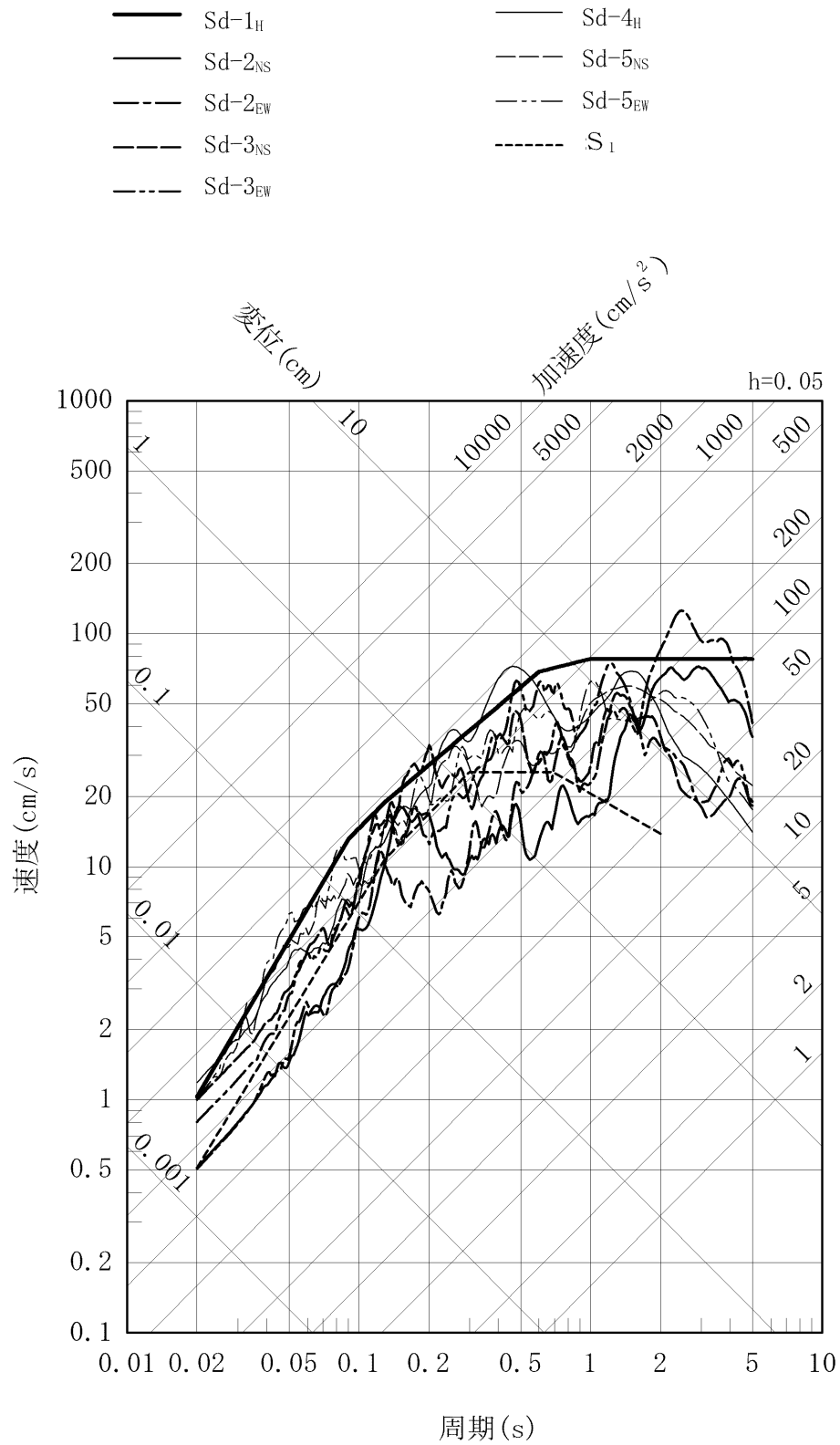
加速度 (水平方向 : Sd-5_{EW})

加速度 (cm/s²)

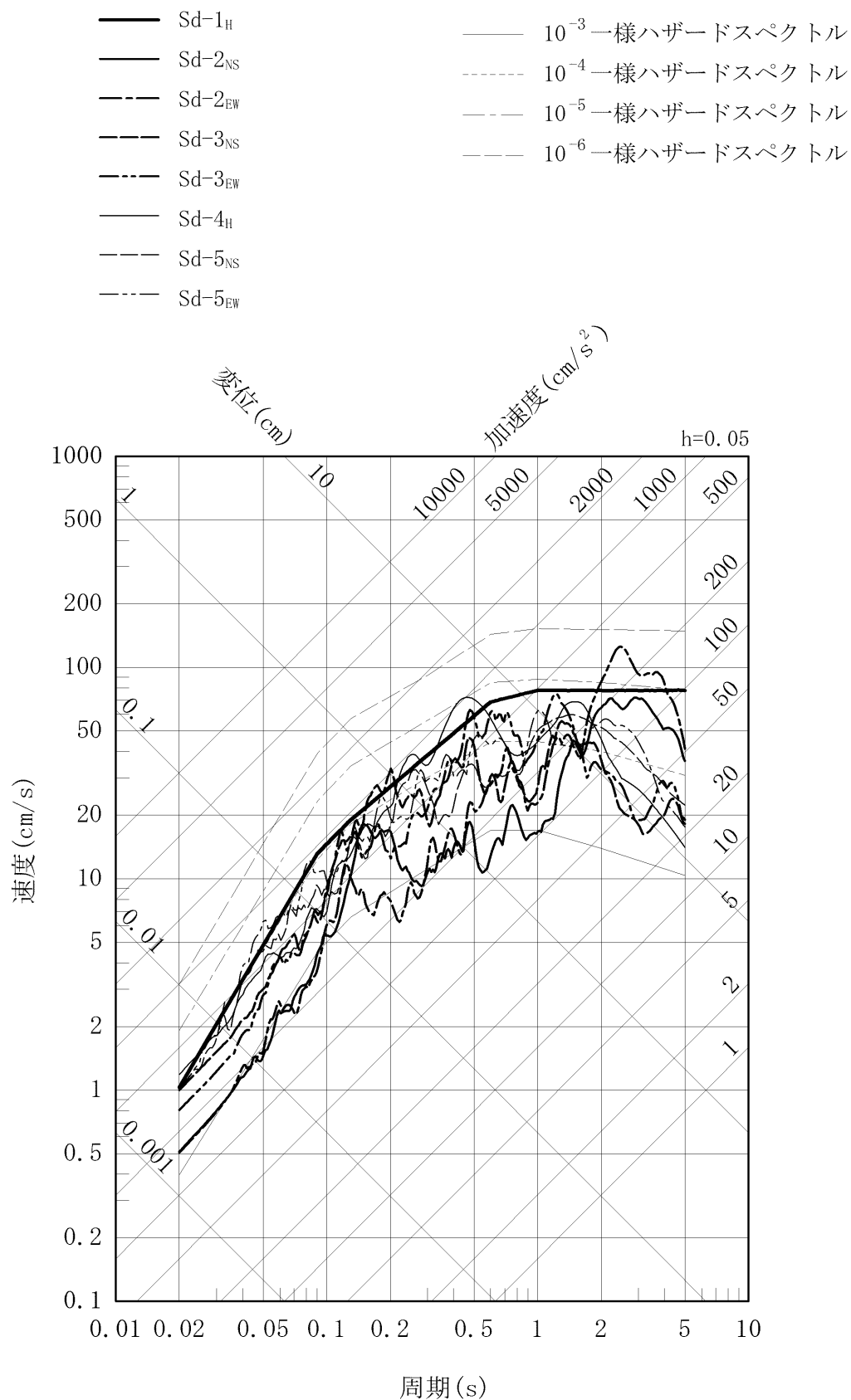


加速度 (鉛直方向 : Sd-5_{UD})

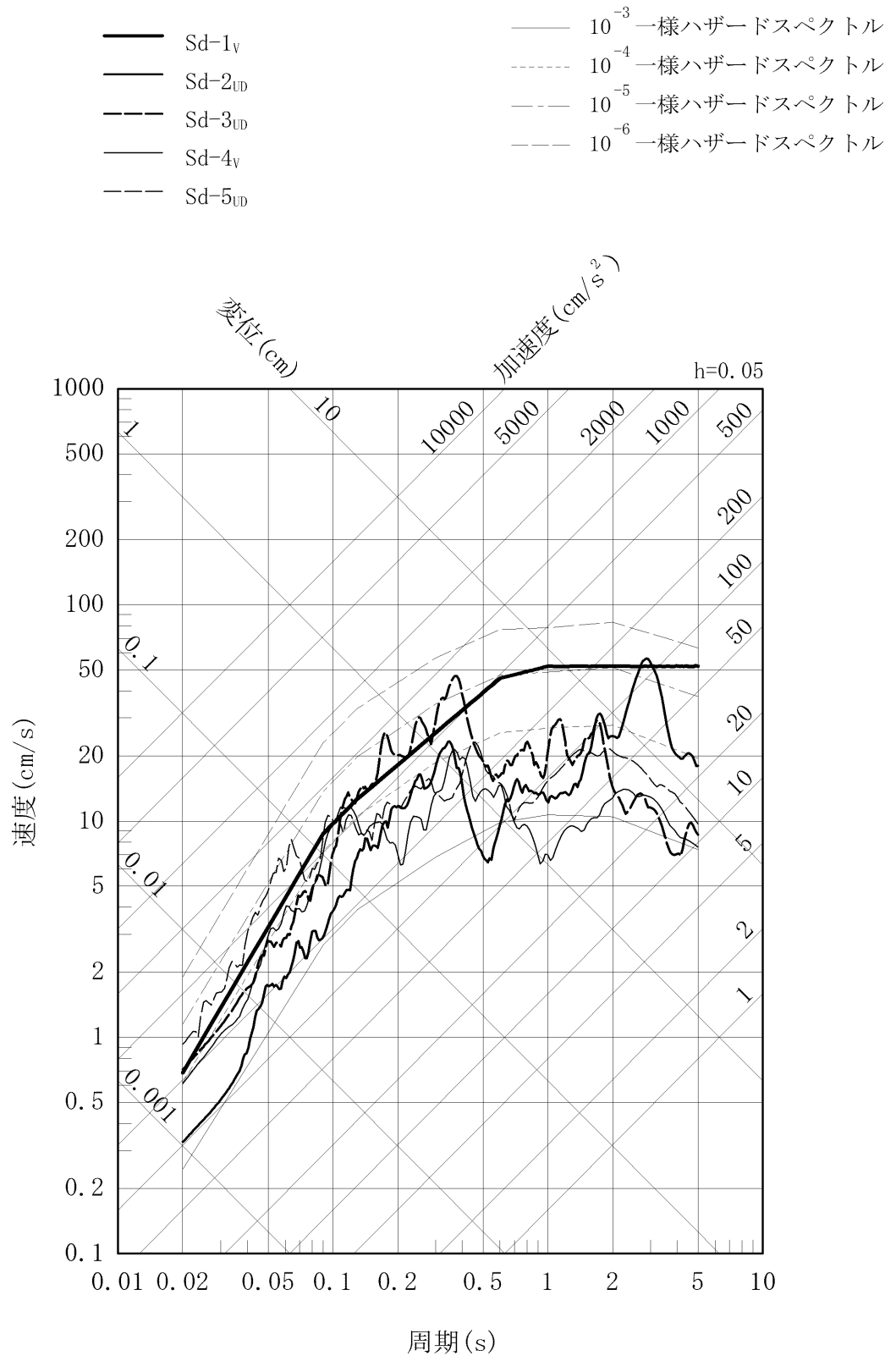
第1.4.8図 弾性設計用地震動Sd-5の時刻歴波形



第 1. 4. 9 図 弾性設計用地震動と旧耐震指針における
基準地震動 S₁ の比較 (水平方向)



第 1.4.10 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (水平方向)



第 1.4.11 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (鉛直方向)

1.13 参考文献

- (9) 「静的地震力の見直し（建築編）に関する調査報告書（概要）」
（社）日本電気協会 電気技術調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部
会 平成6年3月

(3) 適合性説明

(地震による損傷の防止)

第四条 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。
2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。
6 兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの
二 基準地震動による地震力
7 兼用キャスクは、地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

適合のための設計方針

1 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に対しておおむね弾性範囲の設計を行う。

なお、耐震重要度分類及び地震力については、「2 について」に示すとおりである。

2 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）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、安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、以下のとおり、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力を算定する。

(1) 耐震重要度分類

Sクラス：地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を

軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの

Bクラス：安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設

Cクラス：Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

(2) 地震力

上記(1)のSクラスの施設(津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。)、Bクラス及びCクラスの施設に適用する地震力は以下のとおり算定する。

なお、Sクラスの施設については、弾性設計用地震動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を適用する。

a. 静的地震力

静的地震力は、Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

(a) 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

Sクラスの施設については、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。鉛直地震力は、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度より算定するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

(b) 機器・配管系

耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記(a)に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記(a)の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とす

る。

b. 弾性設計用地震動による地震力

弾性設計用地震動による地震力は、Sクラスの施設に適用する。

弾性設計用地震動は、添付書類六「7.5 地震」に示す基準地震動に工学的判断から求められる係数0.6を乗じて設定する。

また、弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

なお、Bクラスの施設のうち、共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動に2分の1を乗じた地震動によりその影響についての検討を行う。当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

6 について

使用済燃料乾式貯蔵容器については、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切な地震動、すなわち添付書類六「7.5 地震」に示す基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。

基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器については、周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

7 について

使用済燃料乾式貯蔵容器については、基準地震動による地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

該当なし

1.4 手順等

該当なし

2. 地震による損傷の防止

(別添 1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計方針

(別添 2) 使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の耐震評価について

(別添 3) 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する波及的影響の検討について

(別添 4) 貯蔵建屋の耐震重要度分類の整理について

使用済燃料乾式貯蔵施設の
耐震設計方針

1. 耐震設計の基本方針

設計基準対象施設である使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

(1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計

使用済燃料乾式貯蔵施設については、耐震重要度分類に応じて、適用する地震力に対して、以下の項目に従って耐震設計を行う。

- a. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器（支持部含む。）は、Sクラスの施設に分類し、基準地震動による地震力に対して、設備に要求される機能が保持できるように設計する。
- b. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、特段の機能を要求する周辺施設は、設備に要求される機能が保持できるように設計する。
- c. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、特段の機能を要求しない周辺施設は、Cクラスの施設に準拠し、建物・構築物については、地震層せん断力係数 C_i に、1.0を乗じて求められる水平地震力、機器・配管系については、1.2を乗じた水平震度から求められる水平地震力に十分に耐えられるように設計する。建物・構築物及び機器・配管系ともに、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計する。
ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。
- d. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち 使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価においては使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

(2) 適用規格

適用する規格としては、既往工認で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示した上で適用可能とする。

既往工認で実績のある適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」（社）日本電気協会
- ・「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」(社)日本電気協会

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」(社)日本電気協会
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((一社) 日本機械学会、2012年版)
- ・発電用原子力設備規格 材料規格 ((一社) 日本機械学会、2012年版)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会、1999改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会、2005制定)
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会、2005改定)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 －許容応力度設計と保有水平耐力－ ((社) 日本建築学会、2001改定)
- ・建築耐震設計における保有耐力と変形性能 ((社) 日本建築学会、1990改定)
- ・建築基礎構造設計指針 ((社) 日本建築学会、2001改定)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 (社) 日本機械学会、2003)
- ・使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (2007年度版) ((一社) 日本機械学会、2007年版)

2. 耐震重要度分類

使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震重要度分類について、第1表に示す。

3. 地震力の算定方法

使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計に用いる地震力の算定方法は、以下のとおりとする。

(1) 静的地震力

静的地震力は、耐震重要度分類に応じて、施設に適用する静的地震力を適用する。

(2) 動的地震力

動的地震力は、基準地震動から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。なお、地震力の組合せについては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用するものとし、影響が考えられる場合には許容限界の範囲内に留まることを確認する。

また、使用済燃料乾式貯蔵施設について、適用する地震力に対して、要求される機能及び構造健全性が維持されることを確認するため、当該施設の構造を適切にモデル化した上での地震応答解析若しくは加振試験、又はその両方を実施する。

(3) 設計用減衰定数

使用済燃料乾式貯蔵施設の応答解析に用いる設計用減衰定数は、安全上適切と認められる規格及び基準、既往の振動実験、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

4. 荷重の組合せと許容限界

使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を次に示す。

a. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態

使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態

ただし、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時には、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

- ・設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

- ・設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（積雪、風等）

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時の異常な過渡変化時の状態

使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時に予想される機器の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度

で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生じるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

- ・設計基準事故時の状態
発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態
- ・設計用自然条件
設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（積雪、風等）

(2) 荷重の種類

a. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態で常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常の気象条件による荷重
- ・設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- ・地震力、風荷重、積雪荷重等
ただし、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時には、通常運転時、運転時の荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時土圧、機器・配管系からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態で作用する荷重
- ・使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時の異常な変化時の状態で作用する荷重
- ・設計基準事故時の状態で作用する荷重
- ・地震力、風荷重、積雪荷重等

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

a. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時に常時作用している荷重及び、使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と静的地震力とを組み合わせる。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と地震力とを組み合わせる。

c. Cクラスの機器・配管系

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と、静的地震力とを組み合わせる。

d. 荷重の組合せ上の留意事項

- (a) 使用済燃料乾式貯蔵容器に作用する地震力のうち動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ算定するものとする。
- (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
- (c) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかになずれがあることが判明しているならば、必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。
- (d) 使用済燃料乾式貯蔵容器を支持する使用済燃料乾式貯蔵建屋の当該部分の支持機能を確認する場合には、基準地震動と常時作用している荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。
- (e) 地震と組み合わせる自然現象として、風及び積雪を考慮し、風荷重及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地震荷重と組み合わせる。

(4) 許容限界

使用済燃料乾式貯蔵施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

a. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

(a) Cクラス施設としての許容限界

建築基準法などの安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

(b) 使用済燃料乾式貯蔵容器を支持する施設としての許容限界

構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、使用済燃料乾式貯蔵建屋の終局耐力に対して妥当

な安全余裕を持たせることとする。なお、終局耐力は、使用済燃料乾式貯蔵建屋に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又は歪みが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器がそれを支持する使用済燃料乾式貯蔵建屋の変形等に対して、その支持機能を損なわないものとする。

(c) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の保有水平耐力

必要保有水平耐力に対して耐震重要度に応じた安全余裕を有していることを確認する。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

自重その他の貯蔵時に想定される荷重と、基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該使用済燃料乾式貯蔵容器に要求される機能を保持することを以下のとおり確認する。

密封境界部については、おおむね弾性状態に留まることを確認する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能を担保しているバスケットについては、臨界防止上有意な変形を起こさないことを確認する。

密封境界部以外の部位については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを確認する。

c. Cクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする。

d. 基礎地盤の支持性能

基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界は、接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。

静的地震力との組合せに対する許容限界は、接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

5. 設計における留意事項

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器は周辺施設等の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響の評価に当たっては、以下の3つの観点をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわな

いことを確認する。なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、3つの観点以外に検討すべき事項がないか確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

影響評価には、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行うこととし、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合の影響も考慮して評価する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響

a. 不等沈下

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の設置地盤の不等沈下により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 相対変位

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等との相対変位により、その安全機能を損なわないように設計する。

(2) 使用済燃料乾式貯蔵容器間の相互影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による隣接する使用済燃料乾式貯蔵容器との相互影響により、その安全機能を損なわないように設計する。

(3) 使用済燃料乾式貯蔵容器と周辺施設等との相互影響

a. 周辺施設等の損傷、転倒及び落下等による衝突

影響使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 周辺斜面の崩壊

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力によって生じるおそれがある周辺の斜面の崩壊に対して、その安全機能が損なわれるおそれがない場所に設置する。

なお、上記検討に当たっては、地震に起因する溢水及び火災の観点からも波及的影響がないことを確認する。

6. 構造計画と配置計画

使用済燃料乾式貯蔵施設の構造計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵時の応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して転倒しない設計とする。

周辺施設等は、原則、使用済燃料乾式貯蔵容器に対して離隔をとり配置するか、若しくは基準地震動に対し構造強度を確保することにより、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわない設計とする。

第1表 耐震重要度分類

【 】内は、検討用地震動を示す。

耐震クラス 設備名称	S	C	間接支持構造物
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 3 使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料乾式貯蔵容器 <small>(注1)</small>		使用済燃料乾式貯蔵建屋【Ss】
放射線管理施設 3 生体遮蔽装置		補助遮へい（使用済燃料乾式貯蔵建屋）	使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】
その他発電用原子炉の附属施設 4 火災防護設備 1 火災区域構造物及び火災区画構造物 2 消火設備		使用済燃料乾式貯蔵建屋 消火設備配管	使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】 使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】

(注1) 基準地震動Ssによる地震力に対して、機能を保持できるものとする。

使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の
耐震評価について

目次

1. 概要	4 条-別添 2-1
2. 基本方針	4 条-別添 2-2
2.1 構造の説明	4 条-別添 2-2
2.2 評価方針	4 条-別添 2-4
3. 耐震評価箇所	4 条-別添 2-5
3.1 乾式キャスクの耐震評価箇所	4 条-別添 2-5
3.2 貯蔵架台の耐震評価箇所	4 条-別添 2-6
4. 地震応答解析	4 条-別添 2-7
5. 乾式キャスクの応力評価方法	4 条-別添 2-8
5.1 基本方針	4 条-別添 2-8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	4 条-別添 2-8
5.3 評価方法	4 条-別添 2-9
6. 貯蔵架台の応力評価方法	4 条-別添 2-13
6.1 基本方針	4 条-別添 2-13
6.2 荷重の組合せ及び許容応力	4 条-別添 2-13
6.3 評価方法	4 条-別添 2-14

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「乾式キャスク」という。）及び貯蔵架台の耐震評価は、以下に示す規格及びガイドに従い乾式キャスク及び貯蔵架台の地震応答解析及び応力評価を行い、乾式キャスク及び貯蔵架台に発生する応力が許容値以下となることを確認する。

本資料では乾式キャスクの耐震評価方針及び耐震評価方法を示し、耐震評価結果は工事計画にて示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1987) (日本電気協会 1987年8月)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1991 追補版) (日本電気協会 1991年12月)
- ・ 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) (日本電気協会 1984年9月)
- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版) (JSME S NC1-2012) (日本機械学会 2012年12月)
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格(2012年版) (JSME S NJ1-2012) (日本機械学会 2012年12月)
- ・ 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド (原子力規制委員会 2019年3月)
- ・ 使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(2007年度版) ((一社) 日本機械学会、2007年版)

2. 基本方針

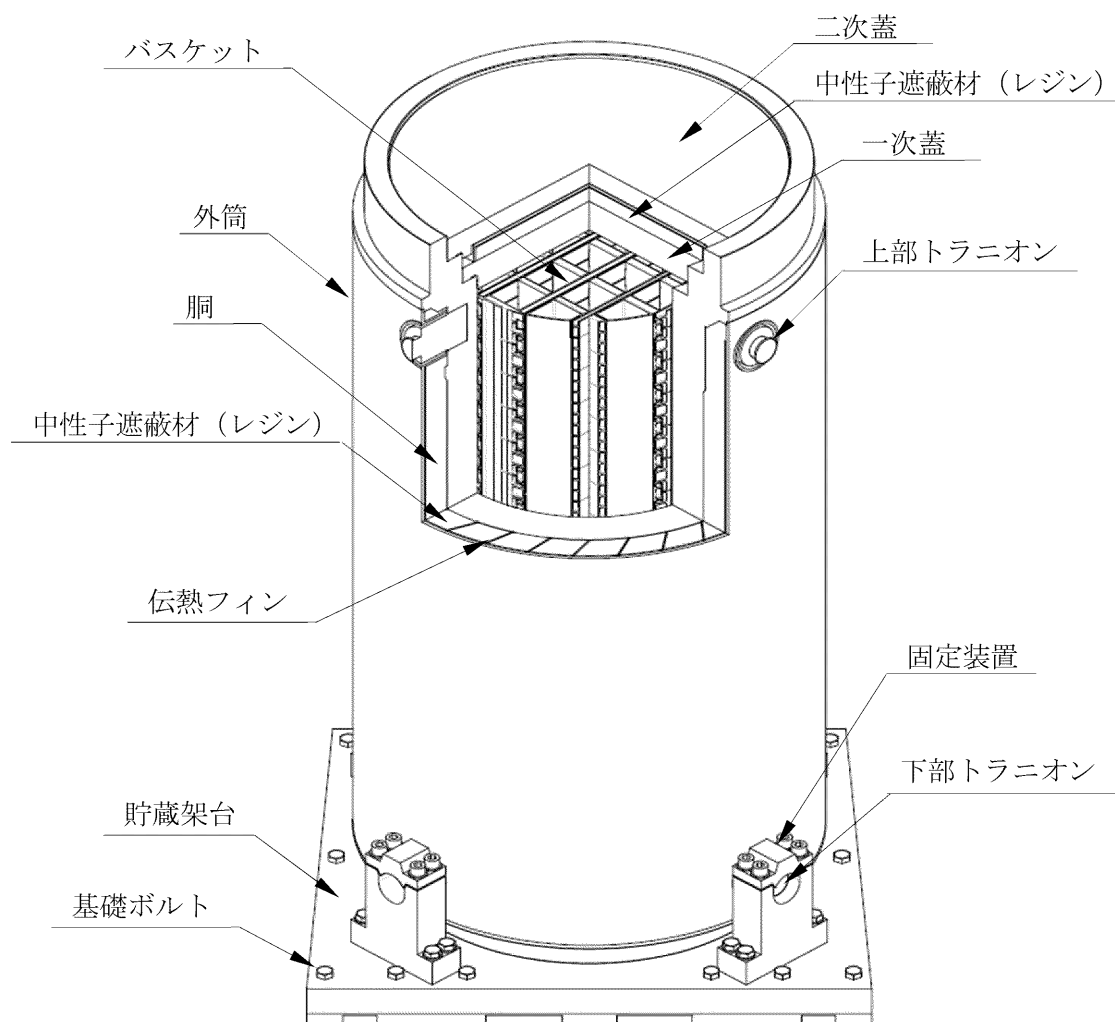
2.1 構造の説明

玄海原子力発電所の乾式キャスクは、基礎に固定した貯蔵架台に設置し、4つの下部トラニオンを固定する方式としている。

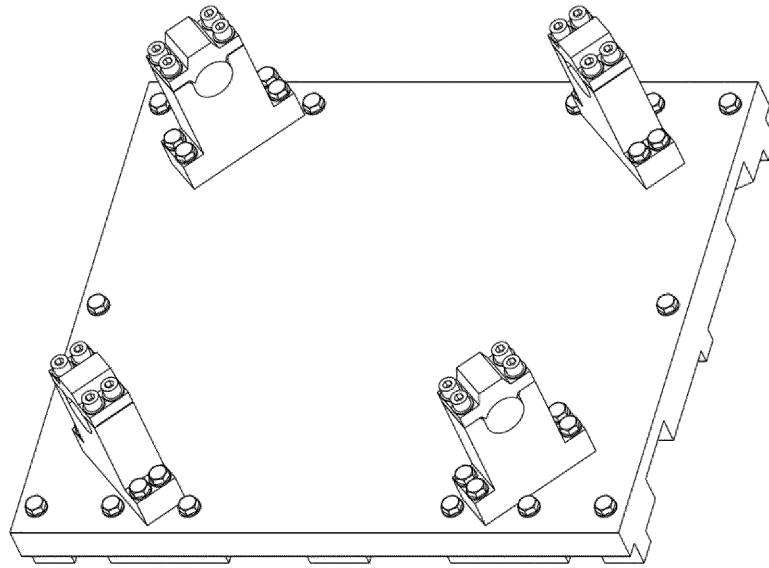
玄海原子力発電所に設置する乾式キャスクの構造を第2-1図に、今回の貯蔵方式における貯蔵架台の構造を第2-2図に示す。

乾式キャスク及び貯蔵架台は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように、以下の構造としている。

- ・乾式キャスクは、4つの下部トラニオンを固定する構造とする。
- ・貯蔵架台は、使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）床面に埋め込まれた支持金物に対して、基礎ボルトで固定される構造とする。



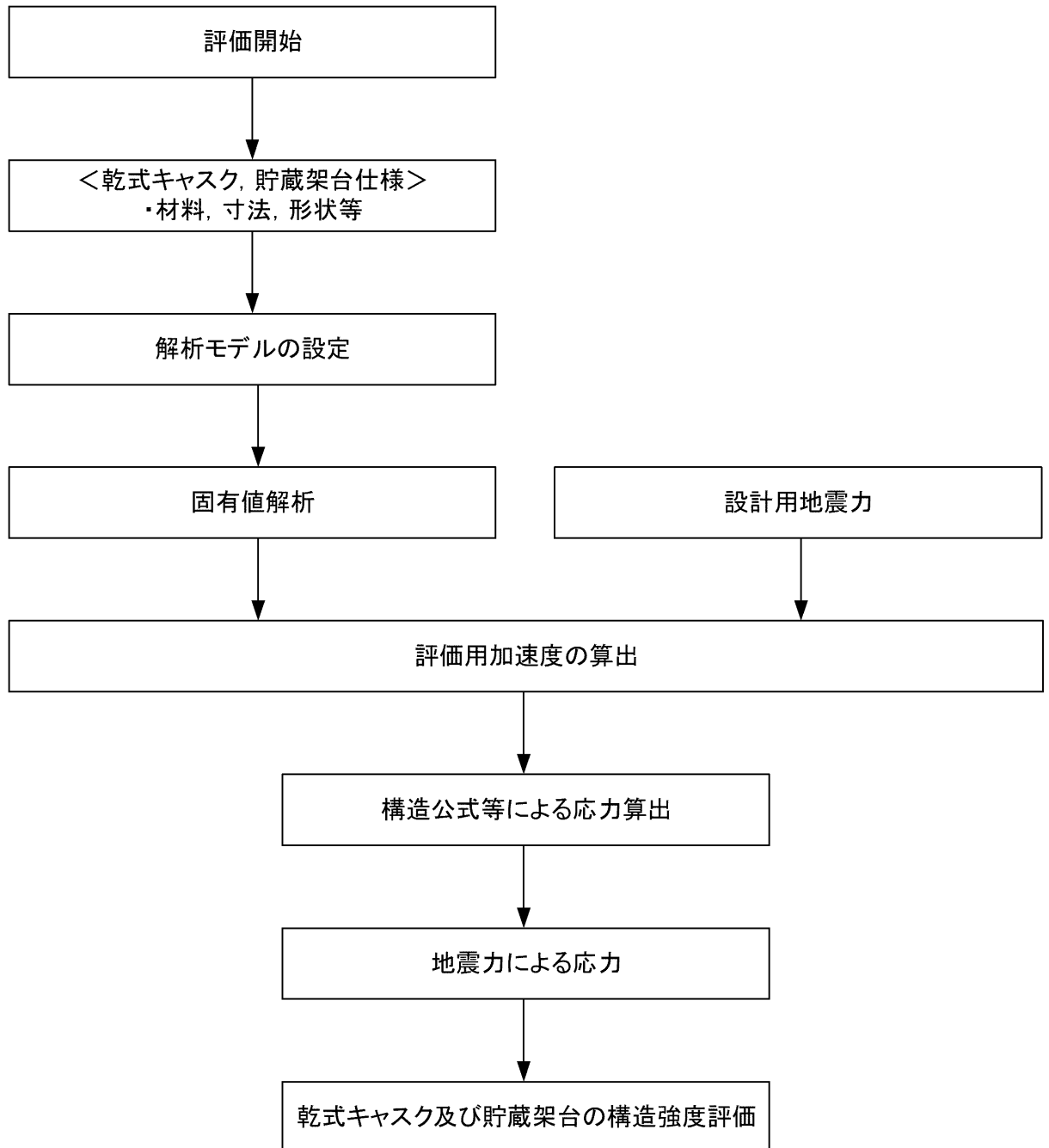
第2-1図 乾式キャスクの構造



第2-2図 貯蔵架台の構造

2.2 評価方針

乾式キャスク及び貯蔵架台の応力評価は、「2.1 構造の説明」にて示す乾式キャスク及び貯蔵架台の構造を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析」で算定した荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 乾式キャスクの応力評価方法」及び「6. 貯蔵架台の応力評価方法」にて示す方法にて確認することで実施する。乾式キャスク及び貯蔵架台の耐震評価フローを第2-3図に示す。



第2-3図 乾式キャスク及び貯蔵架台の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

本資料で提示する耐震評価箇所については設計及び工事計画認可申請書で評価する部位のうち、代表的な部位を示しており、設計及び工事計画認可申請書の段階では、網羅的に耐震評価を実施する。

なお、その他の部位についても、許認可実績がある構造公式等を用いる方法で評価可能である。

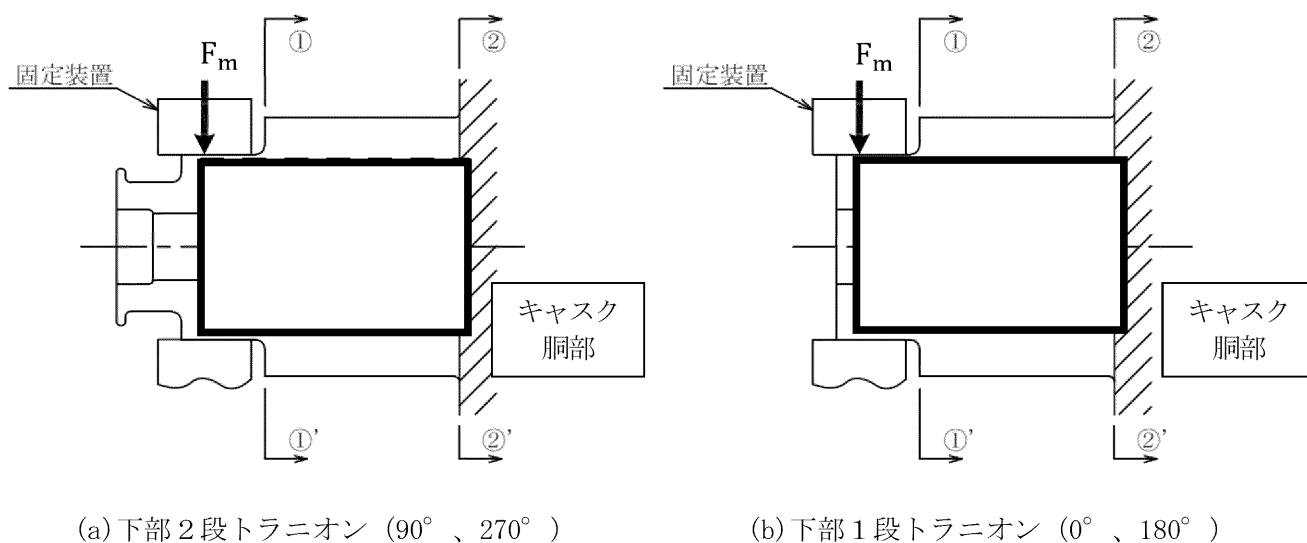
3.1 乾式キャスクの耐震評価箇所

乾式キャスクの耐震評価箇所を第3-1図に示す。

下部トラニオンには、2段トラニオンと、1段トラニオンがあるが、第3-1図に示すとおり、貯蔵架台の固定装置により固定される位置及び胴との接続部から固定位置までの形状は、2段トラニオンと1段トラニオンで同じであるため、解析モデルは共通である。

評価箇所については、貯蔵時の乾式キャスクの安全機能を維持する観点で、固定部であるトラニオンを対象として応力発生箇所を考慮して選定する。

(第3-1表参照)



第3-1図 トラニオンの耐震評価箇所

第3-1表 乾式キャスクの耐震評価箇所及び評価内容

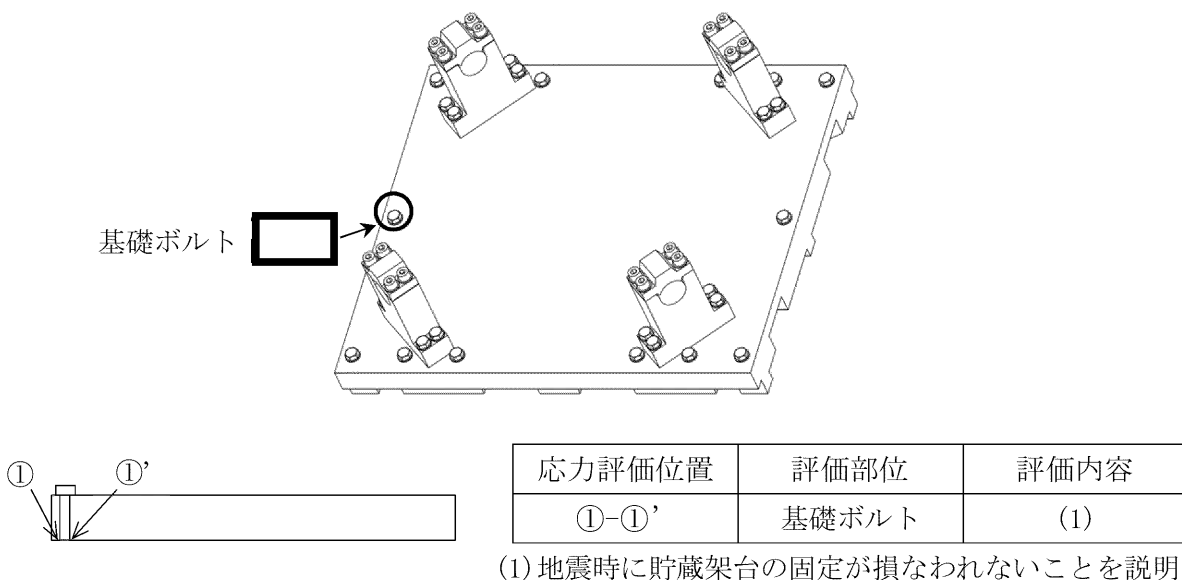
耐震評価箇所		評価内容
①-①'	トラニオン	支持機能を維持できることを評価
②-②'		

☐☐：商業機密に係る事項のため公開できません

3.2 貯蔵架台の耐震評価箇所

貯蔵架台の耐震評価箇所を第3-2図に示す。

貯蔵架台は、貯蔵架台の固定が損なわれないように基礎ボルトを評価断面として選定する。



第 3-2 図 貯蔵架台の耐震評価箇所

☐☐ : 商業機密に係る事項のため公開できません

4. 地震応答解析

乾式キャスク及び貯蔵架台の応力解析に用いる評価用加速度を算定するため、固有値解析を実施する。乾式キャスクは、下部トラニオンを介して貯蔵架台に固定され、貯蔵架台は基礎ボルトを介して床面に固定される。固有振動数を計算するに当たり、乾式キャスクと貯蔵架台の固定方法を考慮した解析モデルを作成し、固有振動数を評価する。また、耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

ここで、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を、30Hz 未満である場合は設計用床応答曲線からの読み値と最大床加速度の 1.2 倍を比較し、大きい方の値を用いて評価を行う。

5. 乾式キャスクの応力評価方法

5.1 基本方針

乾式キャスクは、「3. 耐震評価箇所」に示す安全機能を維持するための部位について、構造公式より応力評価を行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

乾式キャスクはトラニオンで固定されており、剛結合されているため、「4. 地震応答解析」で算出した荷重を与えて評価を行う。乾式キャスクのトラニオンの許容応力は、許容応力状態 IV_{AS} の許容限界（「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定）を適用する。

乾式キャスクのトラニオンの荷重の組合せ及び許容応力状態を第 5-1 表に、許容応力を第 5-2 表に示す。

なお、乾式キャスクのトラニオン以外の部位の許容応力についても、「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定する。

第 5-1 表 乾式キャスクの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	乾式キャスク	S	クラス3容器	D+P+M+Ss	IV_{AS}

(注) 耐震評価箇所であるトラニオンは、支持構造物であるため、その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

第5-1表 許容応力

許容応力状態	許容限界 ^(注)			
	一次応力		一次+二次応力	
	せん断	曲げ	せん断	曲げ
IV_{AS}	$1.5f_s^*$	$1.5f_b^*$	$3f_s$	$3f_b$
			$\left[\begin{array}{l} Ss地震動のみによる \\ 応力振幅について評価する。 \end{array} \right]$	

(注) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

5.3 評価方法

(1) 一次応力

(a) せん断応力

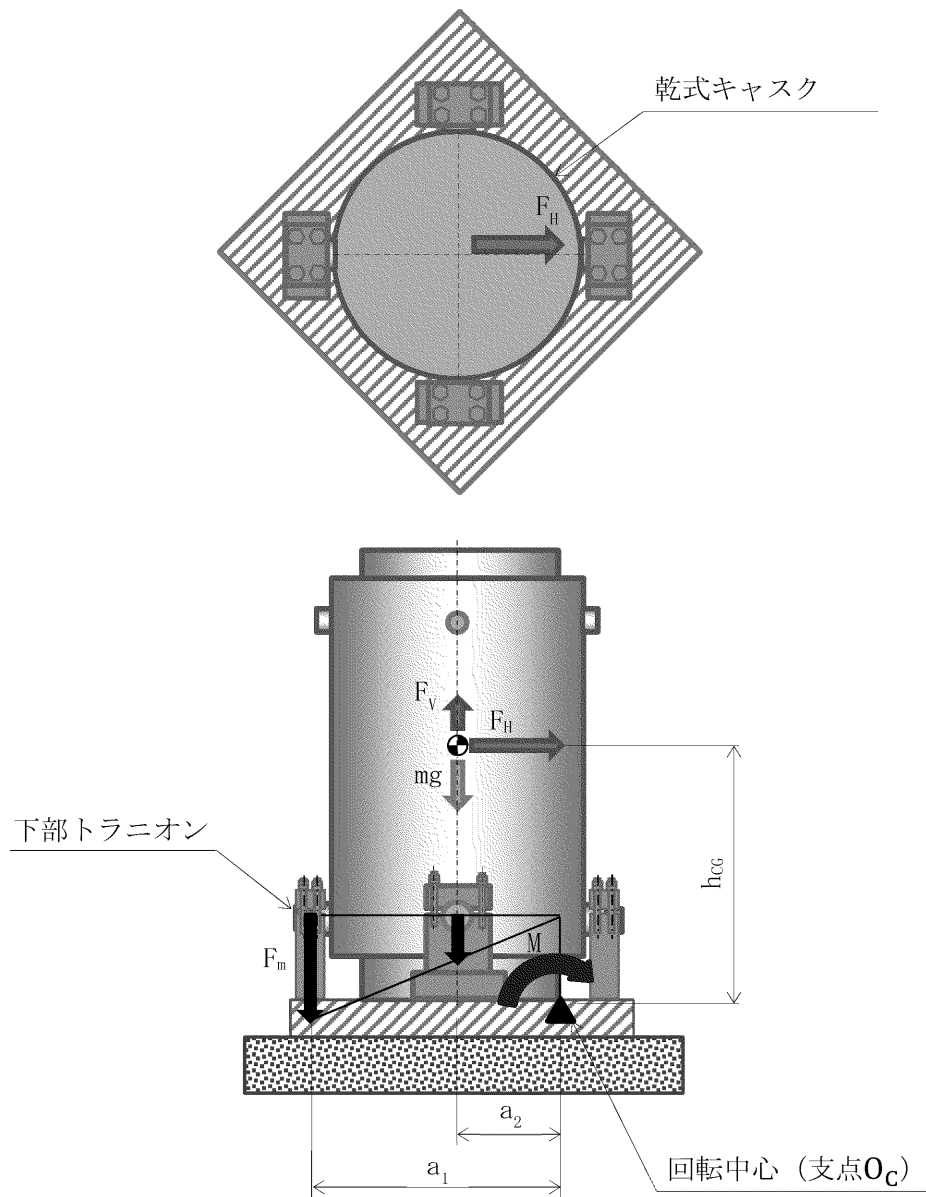
最大応力が発生する箇所は第 3-1 図に示す下部トラニオンの評価位置①-①’

又は②-②' である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生するせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) は、次式で計算される。また、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (F_m) は、地震時に乾式キャスクに作用する回転モーメントのつり合いより、次式のとおり計算される。(第 5-1 図参照)

$$\left. \begin{aligned} \tau_{①, ②} &= \frac{F_m}{A_{①, ②}} \\ F_m &= \frac{F_H \cdot h_{CG} + (F_V - mg) \cdot a_2}{\left(a_1 + 2 \cdot \frac{a_2^2}{a_1}\right)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

- F_H : 水平方向荷重 (N)
- F_V : 鉛直方向荷重 (N)
- m : 貯蔵時における乾式キャスクの質量 (kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- h_{CG} : 乾式キャスクの底面から重心までの高さ (mm)
- a_1 : 回転支点 O_C から下部トラニオン固定装置の中心までの距離 (mm)
- a_2 : 回転支点 O_C から乾式キャスクの中心までの距離 (mm)
- F_m : 地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (N)
- $A_{①}$: 評価位置①-①' の断面積 (mm²)
- $A_{②}$: 評価位置②-②' の断面積 (mm²)



第5-1図 地震時に作用する荷重の解析モデル^(注)

(注) 貯蔵架台とトラニオンの方位は、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 F_m が最大となる関係としている。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する箇所は第 3-1 図に示す下部トラニオンの評価位置①-①' 又は②-②' である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生する曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) は、トラニオンを片持ち梁としてモデル化し、次式で計算される。また、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (F_m) は、地震時に乾式キャスクに作用する回転モーメントのつり合いより、次式のとおり計算される (第 5-1 図参照)。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{b①, b②} &= \frac{M_{①, ②}}{Z_{①, ②}} \\ M_{①, ②} &= F_m \cdot L_{①, ②} \\ F_m &= \frac{F_H \cdot h_{CG} + (F_V - mg) \cdot a_2}{\left(a_1 + 2 \cdot \frac{a_2^2}{a_1}\right)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.2)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

- $M_{①,②}$: 曲げモーメント (N・mm)
- F_H : 水平方向荷重 (N)
- F_V : 鉛直方向荷重 (N)
- m : 貯蔵時における乾式キャスクの質量 (kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- F_m : 地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (N)
- a_1 : 回転支点 O_C から下部トラニオン固定装置中心までの距離 (mm)
- a_2 : 回転支点 O_C から乾式キャスクの中心までの距離 (mm)
- h_{CG} : 乾式キャスクの底面から重心までの高さ (mm)
- $Z_{①}$: 評価位置①-①' の断面係数 (mm³)
- $Z_{②}$: 評価位置②-②' の断面係数 (mm³)
- $L_{①}$: 評価位置①-①' と荷重作用位置との距離 (mm)
- $L_{②}$: 評価位置②-②' と荷重作用位置との距離 (mm)

(c) 組合せ応力（曲げ応力とせん断応力）

最大応力が発生する箇所は第3-1図に示す下部トラニオンの評価位置 ①-①' 又は②-②' である。曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) とせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) との組合せ応力 ($\sigma_{T①, T②}$) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T①, T②} = \sqrt{\sigma_{b①, b②}^2 + 3 \cdot \tau_{①, ②}^2} \dots \dots \dots (5.3)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

$\sigma_{b①, b②}$: (5.1) 式で計算される値

$\tau_{①, ②}$: (5.2) 式で計算される値

(2) 一次+二次応力

(a) せん断応力

地震力によるせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) の全振幅は、(5.1) 式で求めたせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) の2倍とする。

(b) 曲げ応力

地震力による曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) の全振幅は、(5.2) 式で求めた曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) の2倍とする。

6. 貯蔵架台の応力評価方法

6.1 基本方針

貯蔵架台は、「3. 耐震評価箇所」に示す安全機能を維持するための部位について、構造公式より応力評価を行う。

6.2 荷重の組合せ及び許容応力

貯蔵架台は基礎ボルトで固定されており、「4. 地震応答解析」で算出した荷重を与えて評価を行う。

貯蔵架台の評価部位の許容応力は、許容応力状態 IV_{AS} の許容限界（「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定）を適用する。

貯蔵架台の荷重の組合せ及び許容応力状態を第6-1表に、許容応力を第6-2表に示す。

なお、基礎ボルト以外の部位の許容応力についても、「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定する。

第6-1表 貯蔵架台の荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	貯蔵架台	S	— (注)	D+P+M+Ss	IV_{AS}

(注) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

第6-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 ^(注) (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV_{AS}	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

6.3 評価方法

貯蔵架台は、一体構造物であり、乾式キャスクのトラニオンを固定している。

また、基礎ボルトで貯蔵建屋床面と固定し、乾式キャスクを設置した貯蔵架台の横ずれを防止している。

以上のことから、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、応力評価を行う。

なお、架台の定着部は、原則としてボルトの限界引き抜き力に対して、コンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで、基礎ボルトに対して十分な余裕を持つように設計する。

基礎ボルトの発生応力は、第 6-1 図に示すようにモーメントのつり合いより算出した荷重より、構造公式を用いて求める。応力算出式を以下に示す。

$$M = F_H h_{Vg} + (F_V - mg) h_{Hg} \quad (6.1)$$

$$F_T = \frac{M}{\left(\frac{I_1^2}{I_0} \cdot 2 + I_0 \cdot 6\right)} \quad (6.2)$$

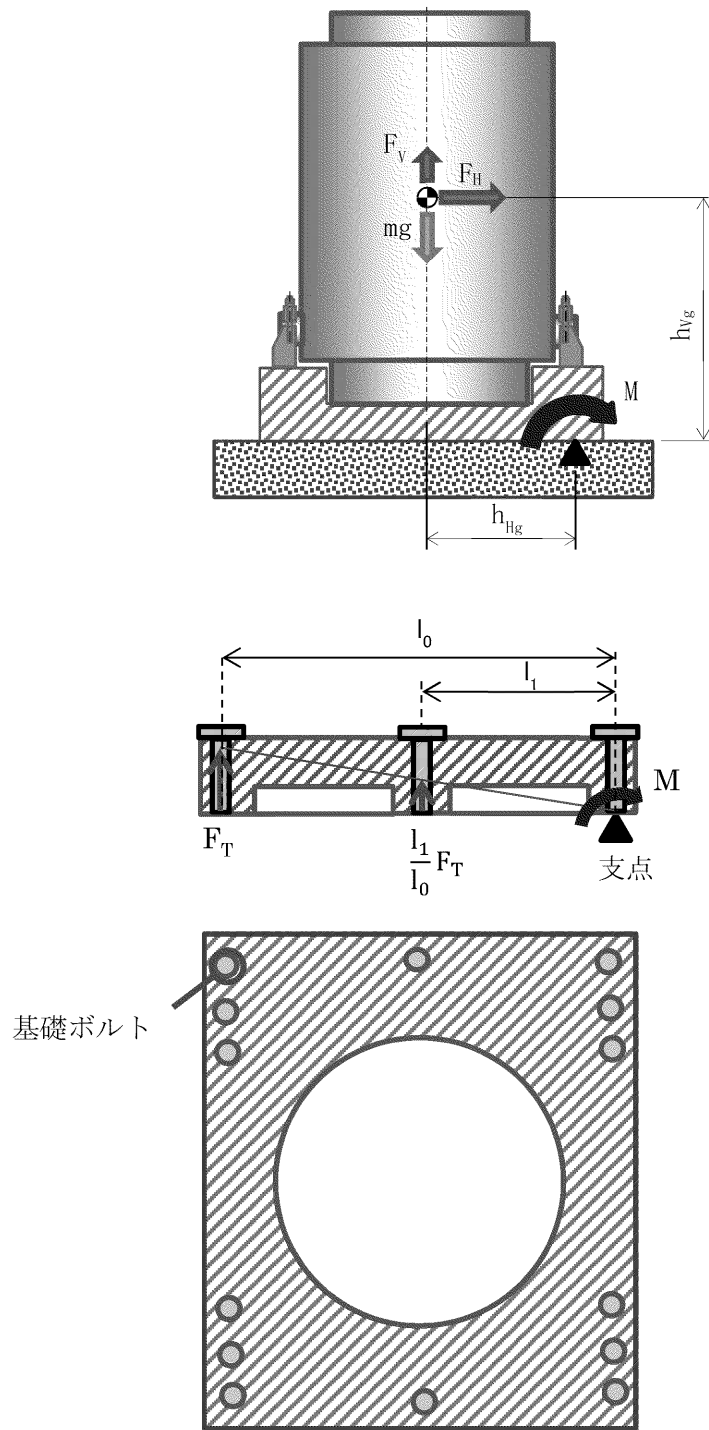
$$\sigma_t = \frac{F_T}{0.75 \cdot A_b} \quad (6.3)$$

$$F_\tau = \frac{F_H}{N} \quad (6.4)$$

$$\sigma_\tau = \frac{F_\tau}{0.75 \cdot A_b} \quad (6.5)$$

ここで、

- M : 貯蔵架台に生じる回転モーメント (N・m)
- F_H : 水平方向荷重 (N)
- F_V : 鉛直方向荷重 (N)
- m : 貯蔵時における乾式キャスク及び貯蔵架台の質量 (kg)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- h_{Vg} 、 h_{Hg} : 支点から重心までの水平及び鉛直方向距離 (m)
- F_T : 基礎ボルト 1 本あたりの引張荷重 (N)
- σ_t : 基礎ボルト 1 本あたりの引張応力 (MPa)
- I_0 、 I_1 : 支点から基礎ボルトまでの距離 (m)
- A_b : 基礎ボルトの軸部断面積 (mm²)
- F_τ : 基礎ボルト 1 本あたりのせん断荷重 (N)
- N : 基礎ボルトの本数 (本)
- σ_τ : 基礎ボルト 1 本あたりのせん断応力 (MPa)



第 6-1 図 基礎ボルトの応力算出に用いる諸元

使用済燃料乾式貯蔵施設に対する
波及的影響の検討について

1. 概要

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）の解釈の別記4第4条において、兼用キャスクが、周辺施設からの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計するよう要求されている。

玄海原子力発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設（以下「乾式貯蔵施設」という。）において、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「乾式キャスク」という。）が周辺施設等からの波及的影響によって安全機能を損なわないように設計することとし、ここではその設計方針について示す。

2. 波及的影響の検討方針

波及的影響の検討は以下に示す方針に基づき実施する。

- (1) 設置許可基準規則の解釈の別記4第4条に記載された3つの事項をもとに、検討すべき事象を整理する。

また、原子力発電所の地震被害情報をもとに、3つの事項以外に検討すべき事項がないか確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その事項を追加する。

- (2) (1)で整理した検討事象をもとに、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等^{*}を抽出する。

※ 使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）内に設置する周辺施設及び乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な機能を有していない設備、並びに貯蔵建屋周辺に位置する施設を対象とする。また、乾式キャスク間の相互影響を考慮し、隣接する乾式キャスクも対象とする。

- (3) (2)で抽出された周辺施設等について、配置、設計、運用上の観点から乾式キャスクの安全機能への影響評価を実施する。

3. 事象検討

3.1 設置許可基準規則の解釈の別記4に基づく事象の検討

設置許可基準規則の解釈の別記4第4条に記載された3つの事項をもとに、以下に具体的な検討事象を整理する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響
 - (1) 不等沈下に伴う周辺施設等の傾きや倒壊による貯蔵建屋との衝突
 - (2) 地震時の建屋間相対変位による貯蔵建屋との衝突
 - (3) 不等沈下や相対変位による建屋間渡り配管等の損傷
- ② 乾式キャスク間の相互影響
 - (1) 隣接する乾式キャスク同士の衝突
- ③ 乾式キャスクと周辺施設等との相互影響（周辺施設の損傷、転倒、落下等による乾式キャスクへの影響を含む。）
 - (1) 貯蔵建屋外の周辺施設等の損傷、転倒、落下等による貯蔵建屋との衝突
 - (2) 貯蔵建屋内の周辺施設等の損傷、転倒、落下等による乾式キャスクとの衝突
 - (3) 乾式キャスクに接続する周辺施設等の損傷による相互影響
 - (4) 油又は水等を内包する周辺施設等の損傷による火災・溢水

3.2 地震被害事例に基づく事象の検討

また、上記の事項の他に考慮すべき事項がないかを確認するため、原子力施設情報公開ライブラリー（NUC I A）に登録された以下の地震を対象に被害情報を確認する。

（対象とした情報）

- ・ 宮城県沖地震（女川原子力発電所：平成17年8月）
- ・ 能登半島地震（志賀原子力発電所：平成19年3月）
- ・ 新潟県中越沖地震（柏崎刈羽原子力発電所：平成19年7月）
- ・ 駿河湾地震（浜岡原子力発電所：平成21年8月）
- ・ 東北地方太平洋沖地震（女川原子力発電所、東海第二発電所、福島第二発電所：平成23年3月 ※NUC I A最終報告を対象とした。）

被害事象とその要因を整理した結果、別記4の3つの観点以外に特に追加すべき事項がないことを確認した。

3.3 火災、溢水による影響評価

地震に起因する火災、溢水に対して安全機能を有する施設への影響については、設置許可基準規則第8条（火災による損傷の防止）及び第9条（溢水による損傷の防止）において適合性を確認するため、ここでは検討の対象外とする。

4. 抽出対象

貯蔵建屋内の輸送荷姿以外で静置している乾式キャスク（支持部及び基礎を含む。）
に対して波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等を抽出する。

5. 波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出方法及び影響評価方法

3項で整理した各検討事象に基づき、波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出及び影響評価フローを作成し、当該フローに基づき検討を行う。検討事象とフローの整理を第5-1表に示す。

第5-1表 検討事象とフローの整理

検討事象		フロー
①不等沈下又は相対変位による影響	(1)不等沈下による衝突	第5-2表
	(2)相対変位による衝突	第5-3表
	(3)渡り配管等の損傷	第5-4表
②乾式キャスク間の相互影響	(1)乾式キャスク同士の衝突	第5-5表
③乾式キャスクと周辺施設等との相互影響	(1)損傷、転倒、落下等による衝突（建屋外）	第5-6表
	(2)損傷、転倒、落下等による衝突（建屋内）	第5-7表
	(3)接続部の影響	第5-8表

第5-2表 検討フロー（不等沈下による衝突）

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋の周辺に位置する施設] --> D1{不等沈下に伴う当該施設の傾きや倒壊に対して、貯蔵建屋との離隔距離が十分に確保されているか} D1 -- YES --> A[..... a] D1 -- NO --> D2{当該施設の設置地盤は基準地震動に対して不等沈下が発生するか} D2 -- NO --> C[..... c] D2 -- YES --> D3{当該施設の構造や重量等から判断し、衝突時に貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D3 -- NO --> E[..... e] D3 -- YES --> E2[対策検討・実施] E --> End[評価終了] E2 --> End </pre>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 地盤の不等沈下に伴う当該施設の傾きや倒壊に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の設置地盤は、基準地震動に対して十分な支特性能を持つ岩盤であるかを確認する。</p> <p>d. 当該施設の構造や重量等から判断し、傾きや倒壊により貯蔵建屋に衝突した場合に、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>e. 貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがある施設に対して、十分な離隔距離の確保や基礎地盤の改良工事等を行い、不等沈下による波及的影響を防止する。</p> <p>※1 防護対象は乾式キャスクであるが、貯蔵建屋が倒壊すれば乾式キャスクに影響を及ぼすことを考慮し、ここでは貯蔵建屋の構造強度への影響を確認する。</p>

第5-3表 検討フロー（相対変位による衝突）

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋の周辺に位置する施設] --> D1{基準地震動による相対変位量 に対して、貯蔵建屋との離隔距離が 十分に確保されているか} D1 -- YES --> End1[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の構造や重量等から 判断し、衝突時に貯蔵建屋の構造強度 に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D2 -- YES --> End2[対策検討・実施] D2 -- NO --> End1 </pre>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 基準地震動による相対変位量に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、相対変位により貯蔵建屋に衝突した場合に、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>d. 貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがある施設に対して、十分な離隔距離の確保等を行い、相対変位による波及的影響を防止する。</p>

第5-4表 検討フロー (渡り配管等の損傷)

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋と他施設間の渡り配管等] --> D1{渡り配管等の損傷により乾式キャスクの安全機能※を損なうことがあるか} D1 -- NO --> End[Evaluation completed] D1 -- YES --> D2{基準地震動による不等沈下や相対変位に対して、渡り配管等の構造健全性を維持できるか} D2 -- YES --> End D2 -- NO --> Action[対策検討・実施] </pre>	<p>a. 貯蔵建屋と他施設間の渡り配管や電路を検討対象とする。</p> <p>b. 不等沈下や相対変位が生じた場合には渡り配管や電路が損傷することが考えられるため、これらが損傷した場合に、乾式キャスクの安全機能を損なうことがあるかを確認する。</p> <p>c. 基準地震動による不等沈下や相対変位に対して、渡り配管や電路の構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>d. 乾式キャスクの安全機能を担保するため必要な渡り配管や電路に対して、不等沈下や相対変位を考慮した設計を行い、波及的影響を防止する。</p>

第5-5表 検討フロー (乾式キヤスク同士の衝突)

フロー	説明
<pre> graph TD A[隣接する乾式キヤスク] --> B{基準地震動による変位量※1に対して 乾式キヤスク同士の離隔距離が 十分に確保されているか} B -- YES --> C[評価終了] B -- NO --> D{乾式キヤスク同士の衝突により 乾式キヤスクの安全機能※2が損なわれるか} D -- YES --> E[対策検討・実施] D -- NO --> C </pre>	<p>a. 隣接する乾式キヤスクを検討対象とする。</p> <p>b. 基準地震動による乾式キヤスクの変位量（振れ幅）に対して、乾式キヤスク同士が衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 乾式キヤスク同士の衝突により、安全機能を損なうことがあるかを確認する。</p> <p>d. 乾式キヤスク間の離隔距離を十分に確保する等の対策を行い、乾式キヤスク間の相互影響による波及的影響を防止する。</p>

第5-6表 検討フロー（損傷、転倒、落下等による衝突（建屋外））

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋の周辺に位置する施設] --> D1{当該施設の損傷、転倒、落下等 に対して、貯蔵建屋との離隔距離が 十分に確保されているか} D1 -- YES --> End1[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の構造や重量等から 判断し、衝突時に貯蔵建屋の構造強度 に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D2 -- YES --> D3{当該施設は基準地震動に対して 構造健全性を維持できるか} D2 -- NO --> End1 D3 -- YES --> End1 D3 -- NO --> End2[対策検討・実施] </pre> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>..... e</p> <p>※1 防護対象は乾式キャスクであるが、貯蔵建屋が倒壊すれば乾式キャスクに影響を及ぼすため、ここでは貯蔵建屋の構造強度への影響を確認する。</p>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 当該施設の損傷、転倒、落下等に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、損傷、転倒、落下等により貯蔵建屋に衝突した場合、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>d. 当該施設が、地震時に損傷、転倒、落下等が生じないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>e. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、十分な離隔距離の確保や耐震補強工事等を行い、損傷、転倒、落下等による波及的影響を防止する。</p>

第5-7表 検討フロー（損傷、転倒、落下等による衝突（建屋内））

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋内に設置する周辺施設等] --> D1{当該施設の損傷、転倒、落下等 に対して、乾式キヤスクとの離隔距離が 十分に確保されているか} D1 -- YES --> End1[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の構造や重量等から 判断し、衝突時に乾式キヤスクの構造 強度に影響を及ぼすおそれがあるか} D2 -- YES --> D3{当該施設は基準地震動に対して 構造健全性を維持できるか} D2 -- NO --> End1 D3 -- YES --> End1 D3 -- NO --> End2[対策検討・実施] </pre>	<p>a. 貯蔵建屋内に設置する周辺施設及び乾式キヤスクの安全機能を維持するために必要な機能を有していない設備を検討対象とする。</p> <p>b. 当該施設の損傷、転倒、落下等に対して、乾式キヤスクに衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、損傷、転倒、落下等により乾式キヤスクに衝突した場合、乾式キヤスクの構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>d. 当該施設が、地震時に損傷、転倒、落下等が生じないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>e. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、十分な離隔距離の確保や耐震補強工事等を行い、損傷、転倒、落下等による波及的影響を防止する。</p>

第5-8表 検討フロー (接続部の影響)

フロー	説明
<pre> graph TD A[乾燥キヤスクに接続される周辺施設 a] --> B{当該施設の損傷により、乾燥キヤスクの安全機能※を損なうおそれがあるか} B -- NO --> C[評価終了] B -- YES --> D[※1 乾燥キヤスクの安全機能 ・臨界防止機能 ・遮音機能 ・除熱機能 ・閉じ込め機能] D --> E{当該施設は基準地震動に対して構造健全性を維持できるか} E -- YES --> C E -- NO --> F[対策検討・実施 d] </pre>	<p>a. 乾燥キヤスクに接続される周辺施設を検討対象とする。</p> <p>b. 当該施設の損傷により、乾燥キヤスクの安全機能を損なうおそれがあるかを確認する。</p> <p>c. 当該施設が、地震時に損傷しないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>d. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、耐震補強工事等を行い、損傷による波及的影響を防止する。</p>

6. 周辺施設等の抽出結果

波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出は、屋外施設、屋内施設に分けて実施する。

6.1 屋外施設

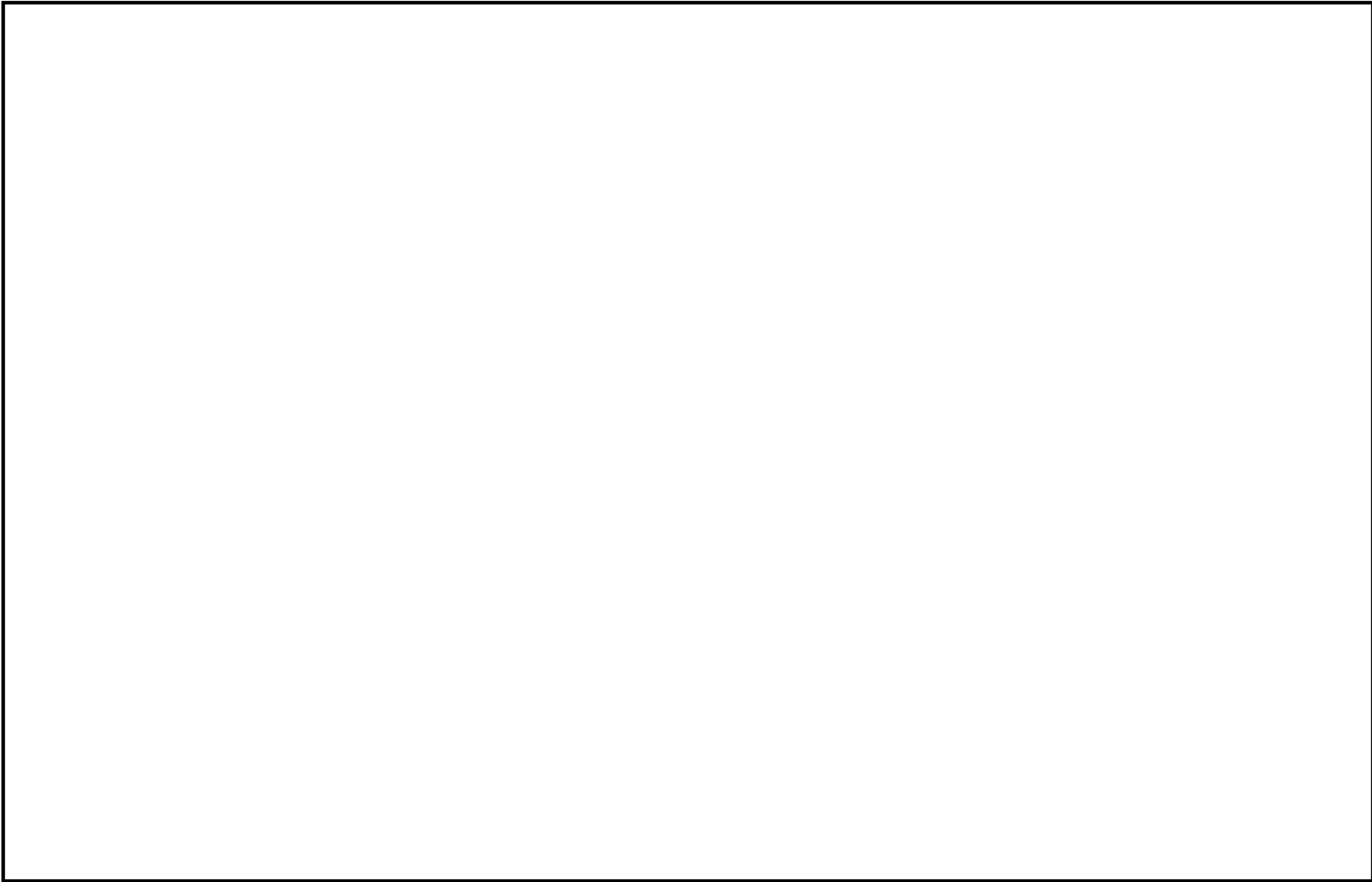
第 6-1 図に示す構内配置図より、以下に示す貯蔵建屋の周辺に位置する施設を抽出し、5 項に示す①及び③の観点の検討フローに基づき、貯蔵建屋及び乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼすことがないことを確認する。

貯蔵建屋の周辺には隣接する施設がないため、①の観点により抽出される屋外施設はない。


一方、③の観点により抽出される施設は以下のとおり。

(1) 送電鉄塔

送電鉄塔（500kV 送電鉄塔(No.3) [高さ 97.6m]、) は、貯蔵建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、③の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。



第 6-1 図 波及的影響を及ぼすおそれのある屋外施設(不等沈下、相対変位、損傷・転倒・落下影響関連)

: 防護上の観点から公開できません

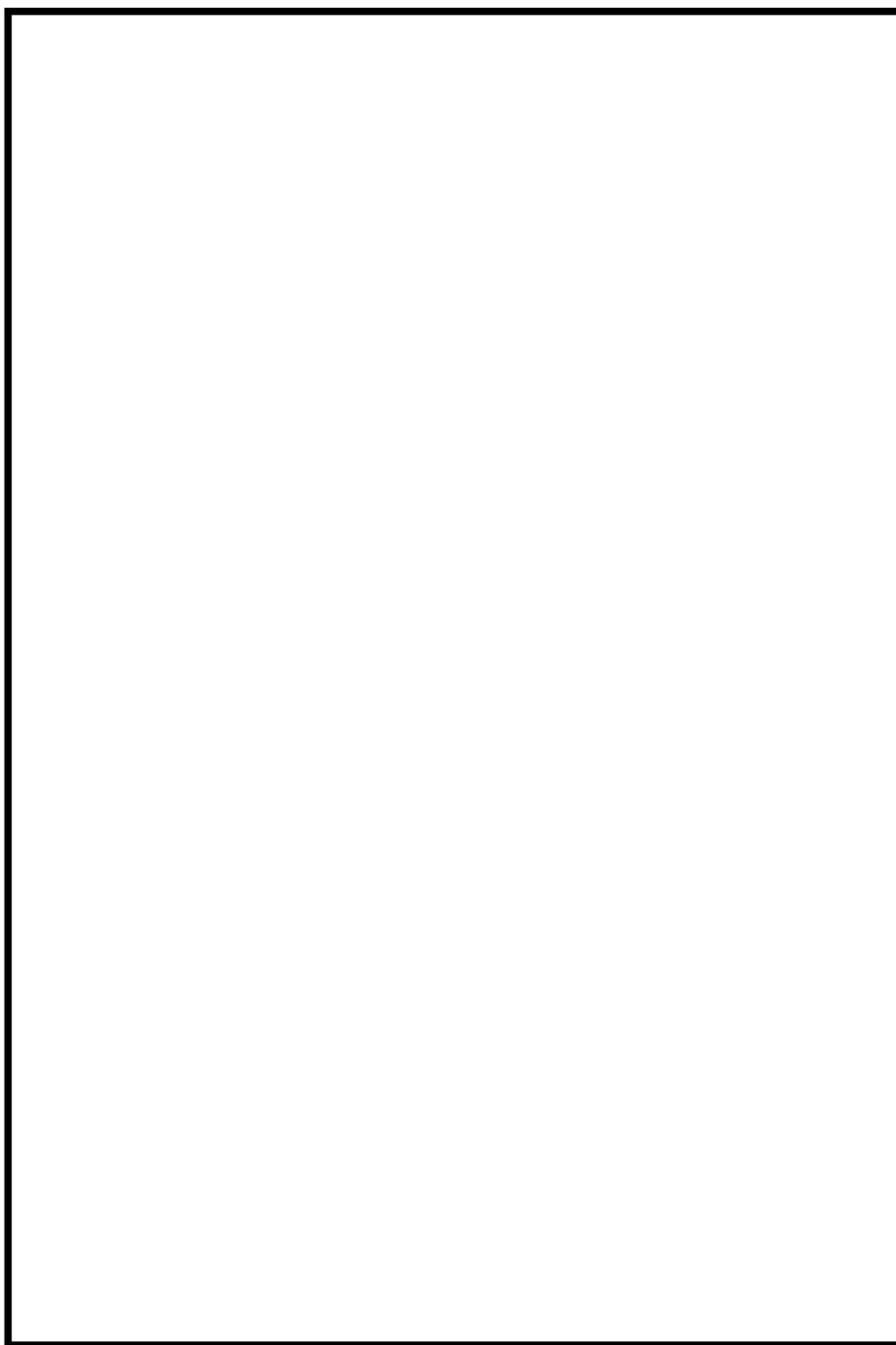
6.2 屋内施設

第 6-2 図及び第 6-3 図に示す貯蔵建屋内配置図より、第 6-1 表に示す貯蔵建屋内に設置する周辺施設等を抽出し、5 項に示す①及び③の観点の検討フローに基づき、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさない設計とする。


また、隣接する乾式キャスクを対象とし、5 項に示す②の観点の検討フローに基づき、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

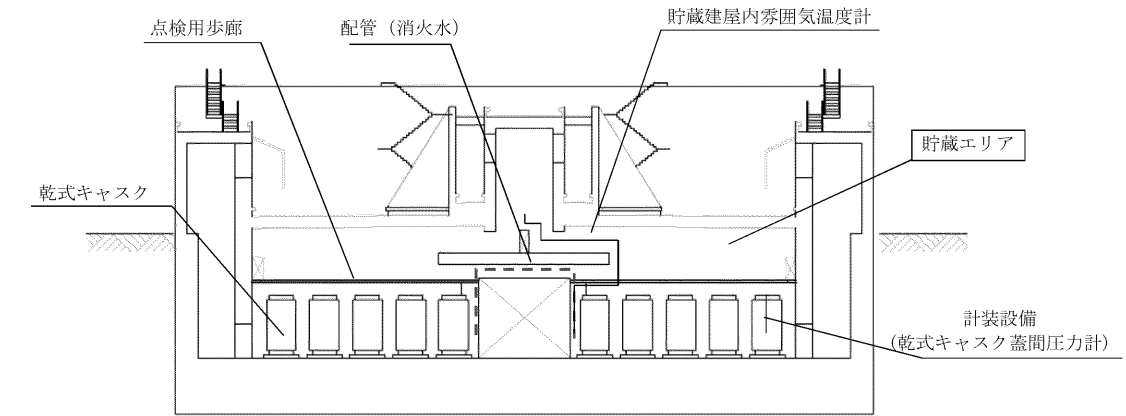
第 6-1 表 貯蔵建屋内に設置する周辺施設等

検討対象の設備	配置	対象とする 検討事象
貯蔵建屋	ー (全体)	③(2)
天井クレーン	取扱エリア	③(2)
搬送台車 (エアパレット)	取扱エリア、貯蔵エリ ア	③(2)
検査架台	取扱エリア	③(2)
点検用歩廊	貯蔵エリア	③(2)
計装設備	貯蔵エリア	③(2)、③(3)
周辺施設へのユーティリティ設備 (電気供給、換気空調)	ユーティリティエリア	③(2)
周辺施設へのユーティリティ設備 (圧 縮空気供給)	取扱エリア	③(2)
渡り配管 (消火水) 及び渡り電路	屋外～取扱エリア	①(3)
配管 (消火水) 及び電路	取扱エリア、貯蔵エリ ア	③(2)
隣接する乾式キャスク	貯蔵エリア	②(1)

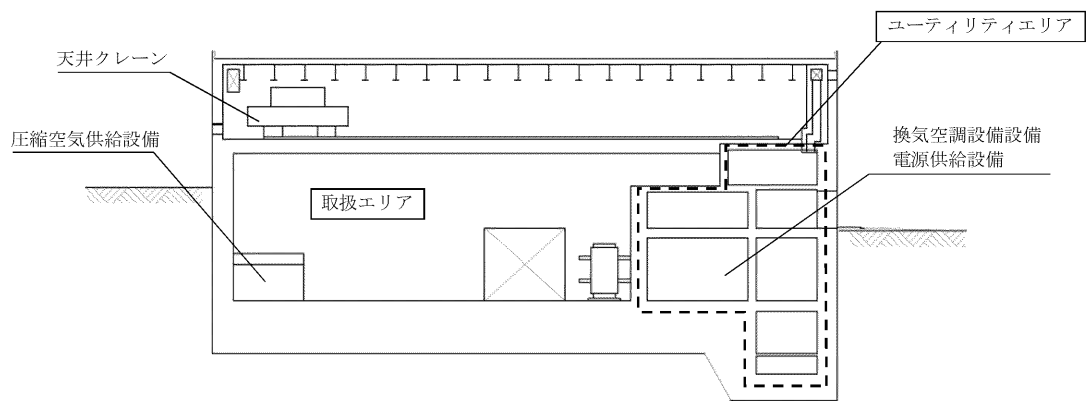


第 6-2 図 貯蔵建屋 平面図

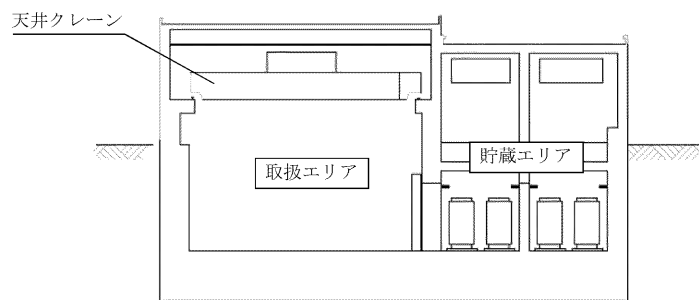
: 防護上の観点から公開できません



A-A 断面



B-B 断面



C-C 断面

第 6-3 図 貯蔵建屋 断面図

抽出した周辺施設等が乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさないように、以下のとおり設計する。

(1) 貯蔵建屋

貯蔵建屋は、離隔距離を確保するなどの配置上の対策は困難であり、地震により損壊した場合に、壁及び天井部が乾式キャスクに衝突することにより、乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、貯蔵建屋は基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とする。(第 6-2 図)

(2) 天井クレーン

天井クレーンは、取扱エリアにおいて乾式キャスクを取り扱うものであり、乾式キャスクを取り扱うために乾式キャスクの上方に移動するが、天井クレーンは、一般産業施設を用い、クレーン等安全規則、クレーン構造規格等に基づき、吊荷の落下防止措置等およびクレーンの落下防止対策を講じる設計とする。乾式貯蔵建屋は自然現象等に対して頑健な建屋であり、建屋崩落に伴う天井クレーンの落下は生じない設計とすることから頑健な建屋との幾何学的構造から天井クレーンは落下しない設計とし、波及的影響を及ぼさない設計とする。

また、たとえ基準地震動 S_s に対して天井クレーンのトロリ部が落下したとしても乾式キャスクの閉じ込め機能を維持する設計とし、波及的影響を及ぼさない設計とする。

なお、貯蔵時の乾式キャスクに対しては波及的影響を及ぼさないように、貯蔵エリアには走行レールを敷設せず、貯蔵エリア上を走行することができない構造としている。(第 6-3 図 C-C 断面)

(3) 搬送台車（エアパレット）

搬送台車は、乾式キャスクを取扱エリアから貯蔵エリアに搬送するものであり、乾式キャスクは貯蔵架台に載せた状態で搬送される。

なお、仮に搬送台車が搬送中に逸走した場合には、貯蔵されている乾式キャスクの貯蔵架台と、搬送台車または搬送中の貯蔵架台が衝突するおそれがあるが、その際に乾式キャスク同士が衝突しないように、衝突時の乾式キャスクの接近量[※]に対して貯蔵架台端部と乾式キャスク間の水平距離を十分に確保する設計とする。（第 6-2 図）

※：乾式キャスクは貯蔵架台に固定されていることから、衝突時には搬送台車及び乾式キャスク（貯蔵架台含む）が一体で傾く。この場合の貯蔵中の乾式キャスクへの接近量は、直立状態の乾式キャスク端部から、傾いた後の乾式キャスク端部までの水平距離を指す。

(4) 検査架台

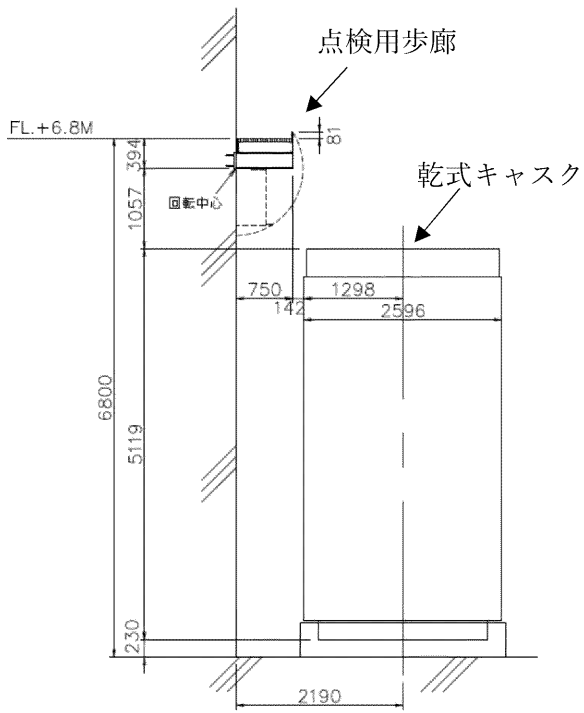
検査架台は、乾式キャスクの検査等のため、乾式キャスクの周囲に配置されるものである。

検査架台については設置許可基準規則第 16 条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）において、乾式キャスクと検査架台の衝突を想定しても、乾式キャスクの安全機能に影響がないことを確認しているため、損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。（第 6-2 図）

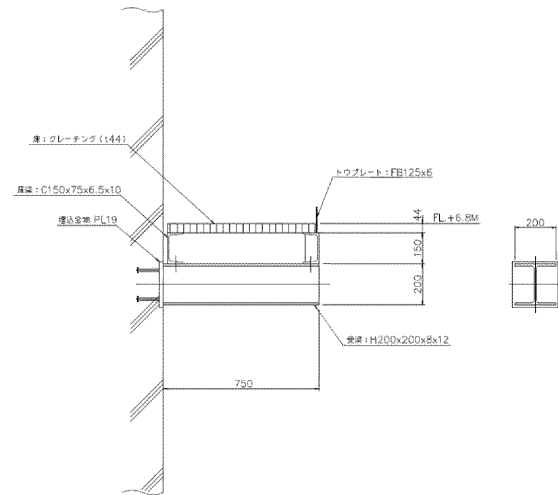
(5) 点検用歩廊

点検用歩廊は、貯蔵状態の乾式キャスクの点検等のため、貯蔵中の乾式キャスクの周囲に設置される。点検用歩廊は、貯蔵中の乾式キャスクへの波及的影響を及ぼさないように、乾式キャスクに衝突しない配置とする。

具体的には、点検用歩廊は、第 6-4 図に示すとおり設置することとしており、構造上最も弱い付け根部が損傷すると、乾式キャスクから遠ざかる方向に破壊が進むよう配置する。（第 6-2 図、第 6-3 図 A-A 断面、第 6-4 図）



キャスクと点検用歩廊の位置関係



点検用歩廊拡大図

第 6-4 図 点検用歩廊詳細図

(6) 計装設備

a. 乾式キャスク蓋間圧力計

乾式キャスク蓋間圧力計は、貯蔵状態の乾式キャスクの一次蓋と二次蓋間の圧力を監視するため、乾式キャスク蓋部及び胴部に設置される。乾式キャスク蓋間圧力計又はその計装配管が損傷した場合においても、乾式キャスクのバウンダリは維持される設計とする。(第6-3図A-A断面)

b. 貯蔵建屋内雰囲気温度計

貯蔵建屋内雰囲気温度計を構成する設備は、建屋内の雰囲気温度を監視するため、建屋排気口付近に設置される。温度計を構成する設備は軽量であり、乾式キャスク内部との接続はないため、損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。(第6-3図A-A断面)

(7) 周辺施設へのユーティリティ設備

周辺施設へのユーティリティ設備は、主に天井クレーン、エアパレット等への電気・圧縮空気供給設備、作業用の給排気ファンが該当し、主にユーティリティエリアに設置され、乾式キャスクに衝突しない配置としていることから、ユーティリティ設備の転倒及び落下等を想定しても、乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。(第6-2図、第6-3図B-B断面)

(8) 渡り配管（消火水）及び渡り電路

乾式貯蔵施設への消火水の給水又は給電のため、貯蔵建屋外から貯蔵建屋内へ渡り配管（消火水）及び渡り電路を設置する。乾式キャスクは自然循環による空冷式であるため、渡り配管（消火水）及び渡り電路が損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。

(9) 配管（消火水）及び電路

乾式貯蔵施設への消火水の給水又は給電のため、取扱エリア及び貯蔵エリア内に配管（消火水）及び電路を設置する。配管（消火水）及び電路は乾式キャスクに衝突しない程度に、十分離隔距離を確保する設計方針としていることから、配管（消火水）、電路の転倒及び落下等を想定しても乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。

配管（消火水）及び電路のうち、設計が確定している配管（消火水）の配置を第6-2図、第6-3図に示す。

(第6-2図、第6-3図C-C断面)

(10) 隣接する乾式キャスク

乾式キャスクを固定するトラニオン及び貯蔵架台の基礎ボルトが基準地震動 S_s に対して支持機能を維持することにより、乾式キャスクが転倒及び移動せず、隣接する乾式キャスクと衝突するおそれの無い設計とする。

7. 検討結果

乾式貯蔵施設の設置にあたって、乾式キャスクが、周辺施設等からの波及的影響によって安全機能を損なわないように設計することとする。

波及的影響として検討すべき事象に基づき、波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出した結果、6項に示す施設又は設備が抽出されたため、当該施設又は設備の設計にあたっては必要な設計上の配慮を行うこととする。このうち、貯蔵建屋については、基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とすることで、乾式キャスクへの波及的影響を及ぼさない設計とし、天井クレーンについては、トロリ部が落下したとしても乾式キャスクの閉じ込め機能を維持する設計とすることから、設計及び工事計画認可申請においてその耐震計算書を示す。

以 上

使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震重要度分類の整理について

1. 耐震重要度分類の整理

使用済燃料乾式貯蔵建屋（遮へい機能に係る範囲）は設置許可基準規則の別記2を踏まえ、以下に示す理由により耐震重要度分類をCクラスに分類している。

- ・ 設置許可基準規則の別記2において、Bクラスの項目には除外規定も含め「放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設」、「放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設」と記載されている。また、Cクラスは「Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。」とされている。
- ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋は、設置許可基準規則の別記4に記載のとおり乾式キャスクは閉じ込め機能を担保する部位は外力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えることとなっており、放射性物質の外部放散を抑制するための機能（閉じ込め機能）を使用済燃料乾式貯蔵建屋に求めておらず、その機能を有しない。よって、「放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設」には該当しない。
- ・ 耐震重要度分類の設定においては、「耐震設計に係る工認審査ガイド」に「JEAG4601^{*}の規定を参考に耐震設計上の重要度分類を適用していること」とされており、設置許可基準規則の別記2とJEAG4601の耐震重要度分類は同等の内容が記載されているため、JEAG4601が適用可能となっている。JEAG4601にはCクラスの対象設備として「放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でSクラス、Bクラスに属さない施設」が示されている。

※ JEAG4601：「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」

なお、破損による影響を定量的に示す観点から、参考として次項にその確認結果を示す。

2. 影響確認について

2.1 確認方法

使用済燃料乾式貯蔵建屋の破損による公衆に与える放射線の影響確認のため、使用済燃料乾式貯蔵建屋がない状態を想定した場合であっても、敷地等境界評価点での線量が周辺監視区域外における線量限度である 1 mSv/y を下回ることを確認する。

確認方法としては、設置許可基準規則第 29 条で示す平常時における敷地等境界における線量評価結果より、使用済燃料乾式貯蔵建屋がない場合の結果を算出する。

2.2 確認結果

表 1 に確認結果を示す。表 1 に示すとおり年間を通して使用済燃料乾式貯蔵建屋がない状態を想定した場合であっても、線量限度である 1 mSv/y を下回っており、Cクラスに分類することは妥当である。

表 1 使用済燃料乾式貯蔵建屋がない場合の敷地等境界の線量まとめ

保管物名	使用済燃料乾式貯蔵建屋がない場合 の線量 ($\mu \text{ Sv/y}$)
乾式キャスク (40 基)	約 130^*

※玄海原子力発電所敷地等境界での評価地点のうち、乾式貯蔵施設からの最短距離となる地点 (下図参照) における既設建屋の線量 (約 $12 \mu \text{ Sv/y}$) との合算。

乾式貯蔵建屋取扱エリアにおける乾式貯蔵建屋
天井クレーンによる乾式キャスクに対する
波及的影響について

1. 乾式貯蔵建屋天井クレーンについて

乾式貯蔵建屋天井クレーンの配置および構造イメージ図を図1、2に示す。

図1に示す様に乾式貯蔵建屋天井クレーンは、レールによりその移動範囲が制限されているため、取扱エリア内しか移動できない構造になっており、主な役割として、以下を担っている。

- ・乾式キャスクの移動（トレーラ⇔検査架台）
- ・乾式キャスクの縦起し・横倒し
- ・乾式キャスクへの緩衝体等の取付け・取外し

また、図2に示す様に乾式貯蔵建屋天井クレーンは、乾式貯蔵建屋の壁に設置された走行レール上をガーダが東西方向に移動（走行）し、ガーダ上の横行レール上を南北方向にトロリが移動（横行）する。横行レール上の移動及びクレーンワイヤの巻上・巻下は、ガーダ上にあるトロリにより行う。

ここで、天井クレーンについては、トロリ部が落下したとしても乾式キャスクの閉じ込め機能を維持する安全機能が損なわれないように設計するため、乾式貯蔵建屋天井クレーンについては、審査ガイド「3. 自然現象等に対する兼用キャスク貯蔵施設の設計の基本方針」の確認事項にあるように、

- ・周辺施設は一般産業施設や公衆施設と同等の安全性が要求される施設として区分されていること。
- ・兼用キャスク及び周辺施設は、兼用キャスクの安全機能を維持するためにこれらが担保すべき機能に応じた設計が行われていること。

との要求に対し、一般産業施設として設計し、乾式キャスクの安全機能を維持するため、落下防止対策として以下の対策を講じている。

- ・乾式貯蔵建屋天井クレーンの走行及び横行レールには、浮き上がり防止機能を設ける設計としており、走行及び横行レールからガーダ及びトロリが浮き上がることがないように、落下防止対策を講じる。
- ・乾式貯蔵建屋は自然現象等に対し頑健な建屋であり、建屋崩落に伴う乾式貯蔵建屋天井クレーンの落下は生じない設計とする。また、乾式貯蔵乾式貯蔵建屋は、頑健な建屋であり、地震等が生じても乾式貯蔵建屋の構造は維持されることで、走行レール間距離は維持されるため、約50°ガーダが折れ曲がらない限り、ガーダは落下しない構造であり、同じく横行レール上に設置されるトロリも横行レール間距離は維持されるため、トロリも落下しない構造である。

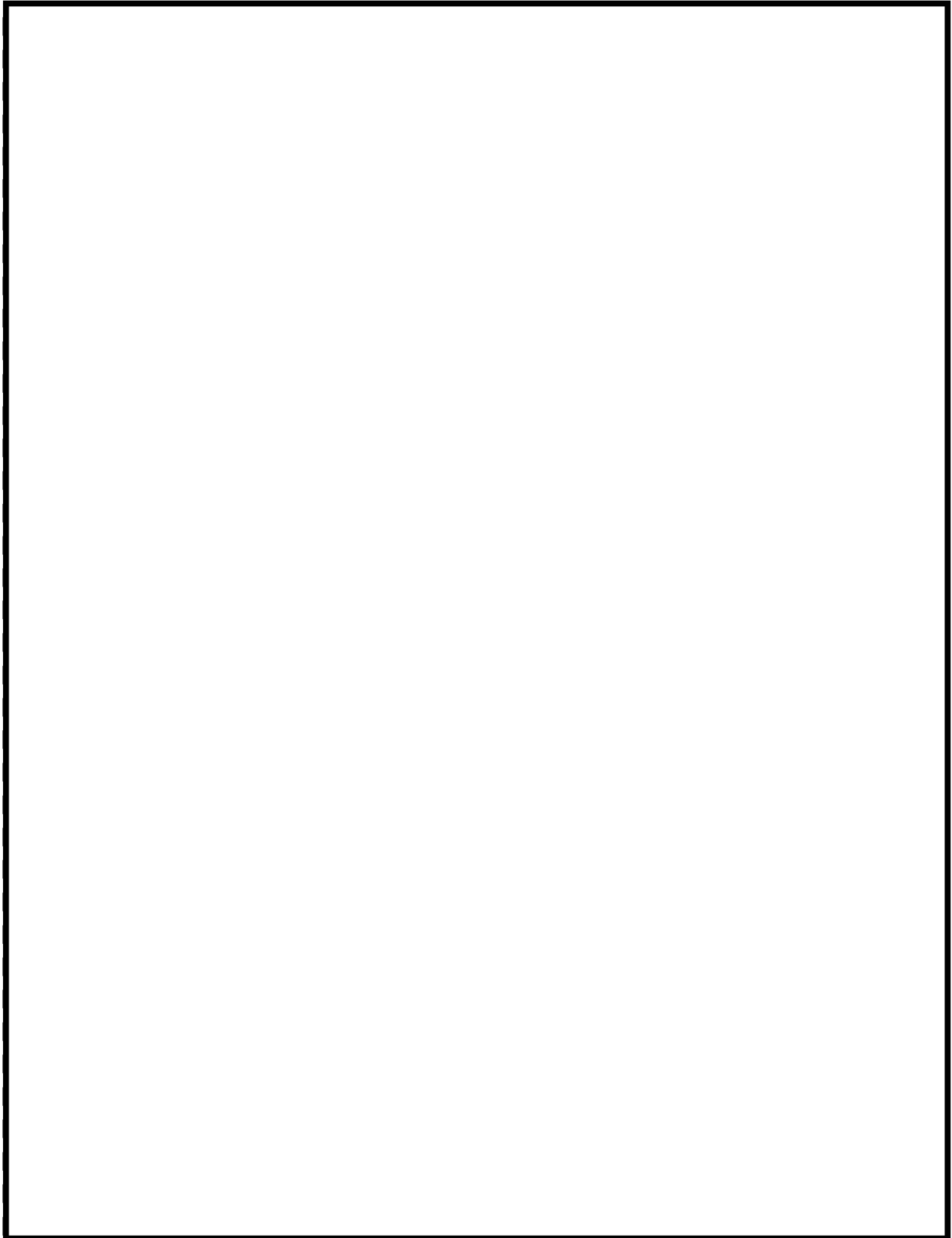



図1. 乾式貯蔵建屋天井クレーンの配置 (1 / 2)

: 防護上の観点から公開できません

4 条—参考 1—2

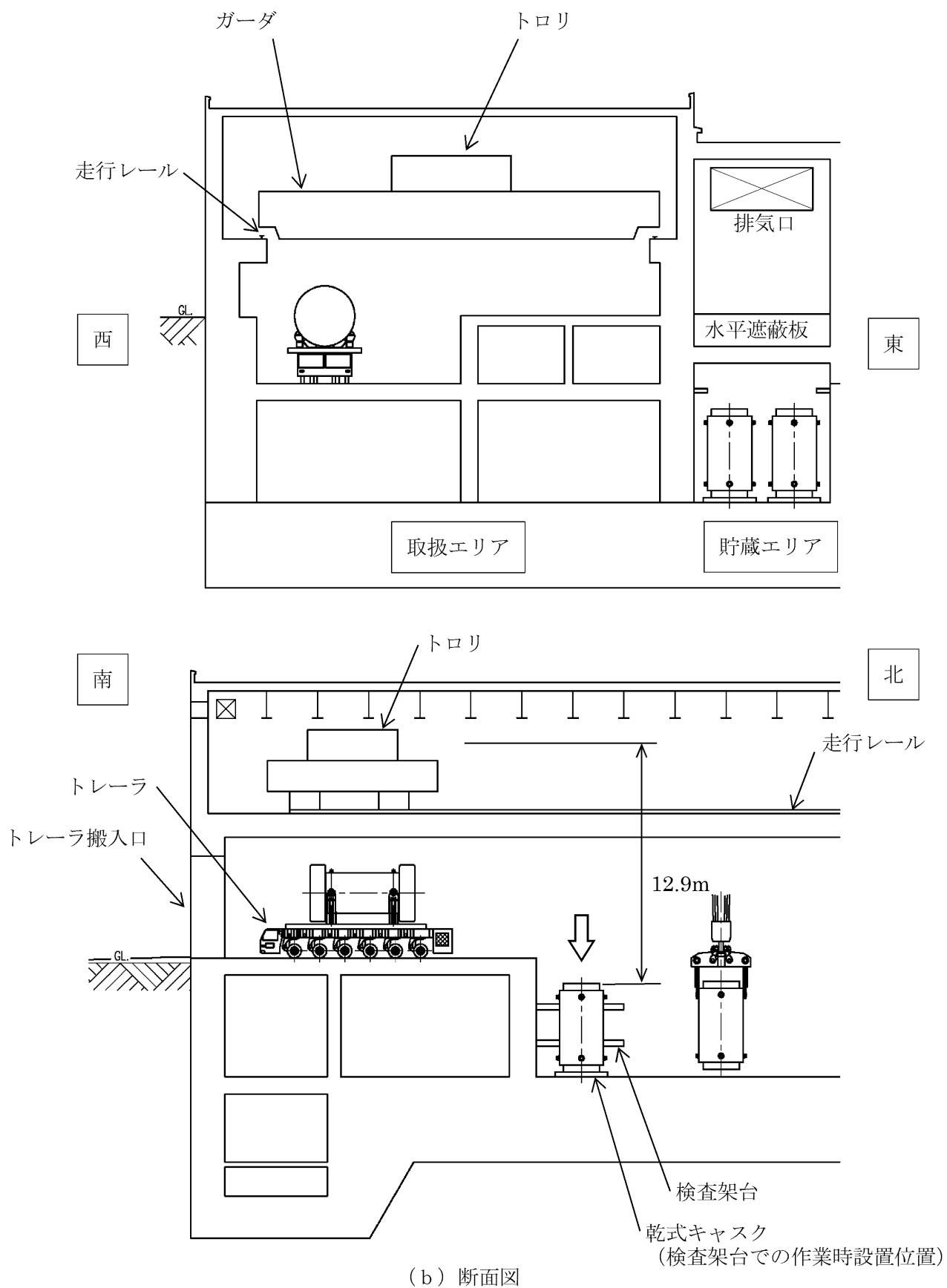


図1. 乾式貯蔵建屋天井クレーンの配置 (2 / 2)

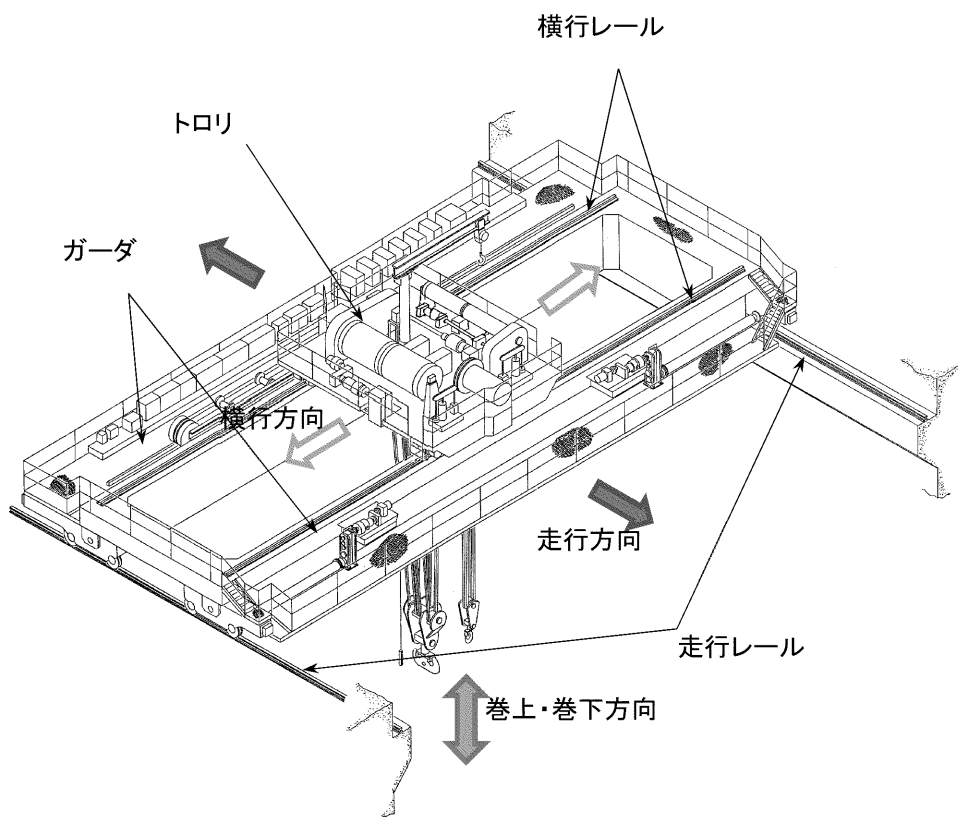


図2. 乾式貯蔵建屋天井クレーンの構造イメージ図

2. 取扱エリアでの乾式キャスクの貯蔵仕立て作業について

玄海原子力発電所で乾式キャスクを取扱う頻度は、年間6基程度を想定しており、乾式キャスク1基あたり1日程度の取扱エリア内での取扱いが想定される。このうち、取扱エリア内での作業において、検査架台上での作業が支配的な作業であるが、検査架台上での作業としては、漏えい率検査や監視計器（圧力計）の取付作業となり、重量物を扱わないため、乾式貯蔵建屋天井クレーンを用いての作業とはならない。

また、図3に示すとおり、当該天井クレーンを使わない検査架台上での作業時には、当該天井クレーンは乾式キャスクから離れた待機位置に移動させる運用とする。

よって、取扱エリアでの支配的な作業となる検査架台上での作業時において、乾式貯蔵建屋天井クレーンが乾式キャスク上に落下することは考え難い。

また、貯蔵時の乾式キャスクに対しては波及的影響を及ぼさないように、貯蔵エリアには走行レールを敷設せず、貯蔵エリア上を走行することができない構造としている。

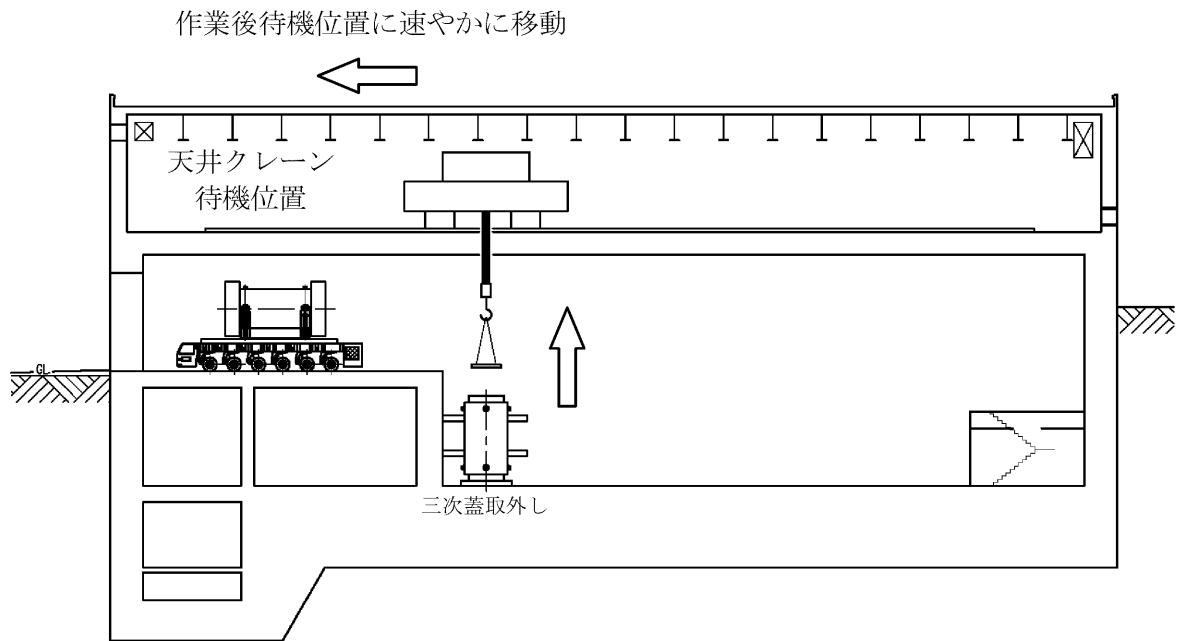


図3. 乾式キャスクの取扱い図

3. 乾式貯蔵建屋天井クレーンの落下による影響について

1、2より、構造上および運用上においても、取扱エリアで乾式キャスク上に乾式貯蔵建屋天井クレーンが落下することは無いと考えているが、設置許可基準規則第4条第6項の解釈別記4第4条第2項三号^{※1}への適合の観点から、落下した際の影響を以下の観点から評価した。

- ・乾式キャスクの頑健性を確認する観点から、乾式キャスクを検査架台に設置した状態で、乾式貯蔵建屋天井クレーンの主要部分であるトロリ^{※2}を落下させた場合の閉じ込め機能維持評価

※1:「兼用キャスクは、周辺施設からの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。

この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、第6項地震力を適用すること。また、上記の「兼用キャスクは、周辺施設からの波及的影響によって、その安全機能を損なわない」を満たすために、少なくとも次に示す事項について、兼用キャスクがその安全機能を損なわないことを確認すること。

- ・設置地盤、地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ・兼用キャスク間の相互影響
- ・兼用キャスクと周辺施設との相互影響（周辺施設の損傷、転倒、落下等による兼用キャスクへの影響を含む。）

※2: 乾式貯蔵建屋天井クレーンの主要部分であるトロリは、クレーンフック等と比べて、重量が大きいこと、及び落下高さが高いことから、評価対象とした。

(1) 乾式キャスクの閉じ込め機能維持評価（天井クレーンのトロリ落下）

乾式キャスクを検査架台に設置した状態で、乾式貯蔵建屋天井クレーンの主要部分であるトロリを落下させた場合に、乾式キャスクの閉じ込め機能維持について、図4及び表2に示すモデル及び諸元を用いてLS-DYNAにより衝突解析を行い、表3に示すとおり各部材について基準値を満足することを確認した。

ここで、閉じ込め機能を維持する部材である一次蓋シール部（胴側）、一次蓋シール部（蓋側）及び一次蓋ボルトについては、閉じ込め機能維持のため、密封境界部がおおむね弾性範囲内^{※3}であることが要求事項であり、おおむね弾性範囲である0.2%ひずみ以内であることを基準とした。

※3:「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」の以下の【確認内容】を参考に、0.2%ひずみ以内であることを基準とした。

【確認内容】

“衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。”

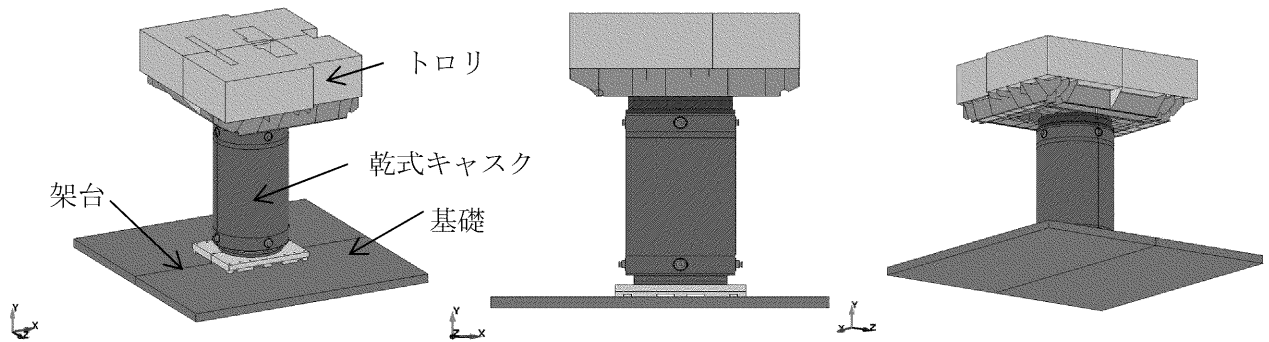


図4. トロリ落下衝突解析に係るモデル

表2. 解析諸元

部材	質量	材質	落下高さ
トロリ (落下物)	57 ton	SS400	12.9 m
乾式キャスク	116.1 ton	GLF1 (本体胴、蓋)	—
貯蔵架台	16.3 ton	SF490	—
基礎	—	コンクリート	—

表3. 評価結果

機能	対象部位	評価指標・基準		評価結果 ^(注1)
閉じ込め	一次蓋シール部 (胴側)	相当塑性 ひずみ	おおむね弾性 範囲内 (ひずみ0.2%以下)	○ (ひずみ0.01% ^(注2))
	一次蓋シール部 (蓋側)			○ (ひずみ0.00%)
	一次蓋ボルト			○ (ひずみ0.02% ^(注2))

(注1)：小数点以下第3位を切り上げ

(注2)：一次蓋シール部（胴側）及び一次蓋ボルトに残留する塑性ひずみは0.2%以下であること、かつ、残留した塑性ひずみは局所的であることから、閉じ込め機能に影響はない。

以上のことから、乾式貯蔵建屋取扱エリアにおける乾式貯蔵建屋天井クレーンのトロリ部が落下したとしても乾式キャスクの閉じ込め機能を維持することを確認した。

以上

トロリ落下評価の代表性等について

参考1の資料におけるLS-DYNAによる衝突解析（乾式キャスクを検査架台に設置した状態で乾式貯蔵建屋天井クレーンの主要部分であるトロリを落下させた解析）は、キャスク本体に対して保守的な評価条件（落下高さの設定、トロリの衝突モード）を設定している。

本資料では、その代表性を確認する。

1 トロリの落下高さ設定について

図1にトロリとキャスクの高さ関係を示す。参考1に示す解析では、落下高さが最大（衝突エネルギーが最大）となるよう、両側のガーダから同時に外れたと仮定し、トロリからキャスク上面までをトロリの落下高さ(12.9m)としている。また、両側のガーダから同時に外れた条件にあわせて、トロリは水平姿勢のまま落下する条件としている。

一方、実現象としては、両側のガーダが同時に外れる事は考え難く、片側のガーダが外れてから落下すると考えられる。その場合、図1（赤線）に示すとおりトロリが傾いてから落下することになるため、落下高さは上記の条件より低くなる（約6.6m）ことから、両側のガーダから同時に外れることを想定した落下高さの方が保守側の条件となる。

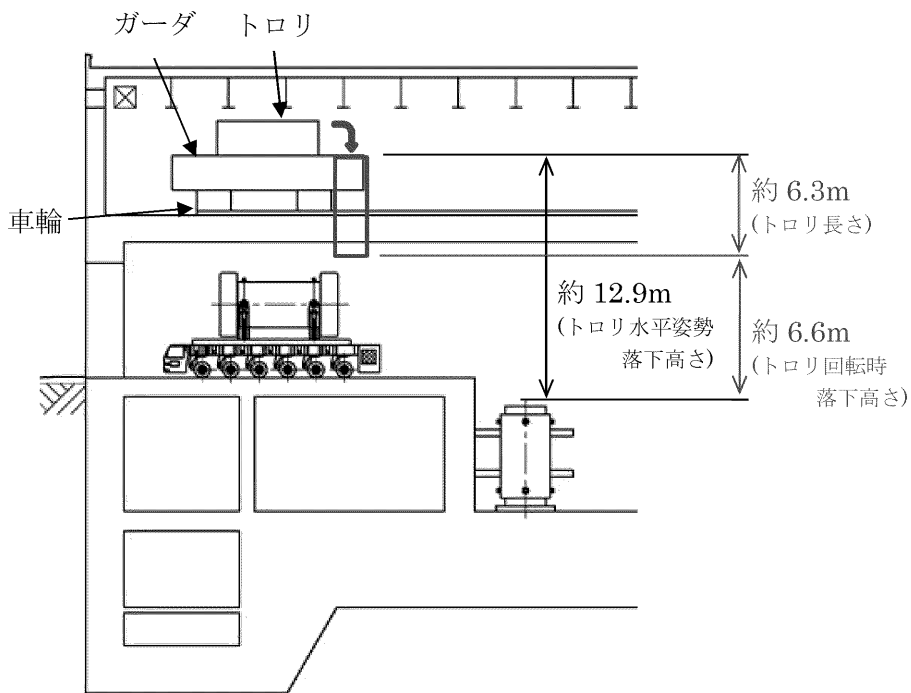


図1 トロリの落下高さ

2 トロリ落下時の衝突評価について

2.1 乾式キャスク蓋部の構造について

乾式キャスクの蓋部の構造を図2に示す。乾式キャスクの蓋部は一次蓋の上（大気側）に二次蓋が取り付けられる構造となっている。また、二次蓋の上面は乾式キャスク容器本体の上端部（三次蓋取り付けフランジ面）から□mm下がった位置となる。

トロリ側面の寸法（横行方向の長さ）はキャスク上部の直径よりも大きいことから、トロリがキャスク上に落下した際に接触する部位は、キャスク容器本体の三次蓋取り付けフランジ上面となり、二次蓋に直接接しない構造となっている。

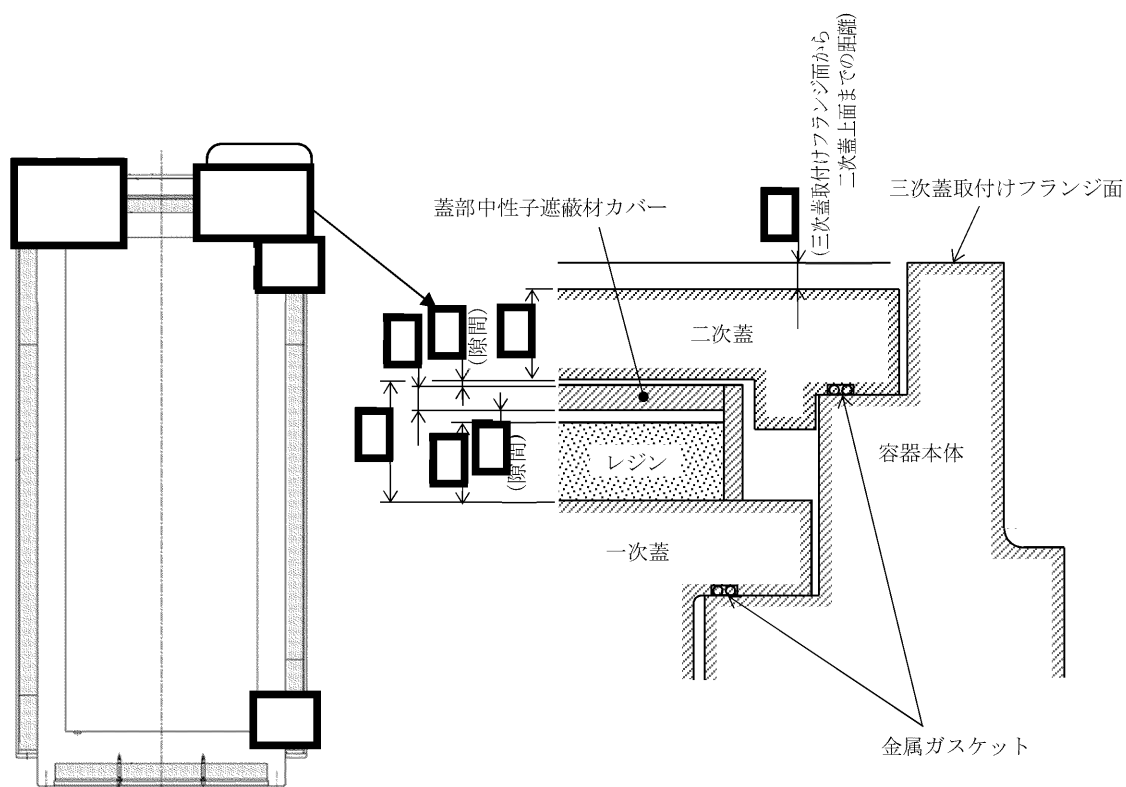


図2 キャスク上部の構造 (MSF-24P 型の例)

2.2 トロリ落下衝突評価について

トロリと乾式キャスク上面の構造を踏まえて、トロリ落下時に密封機能が喪失するモードを考えると、トロリの落下により直接荷重が加わるのは三次蓋取り付けフランジ面であることから、落下荷重により容器本体がひずむ事によって密封機能を担保する一次蓋が機能喪失することが想定される。

したがって、容器本体のひずみ（圧縮によるひずみ）が保守的な評価となるように、①“トロリが水平を保ったまま垂直落下する事象”を想定して参考1に示した。

なお、トロリが落下する実際の挙動としては、トロリの片側が脱輪することによる落下が考えられるが、その場合、トロリは傾きを持って乾式キャスク上面に接触及び衝突し、その後段階的に上面全域と衝突することから、容器本体に加わる落下荷重は分散されるものと考えられる。

一方、構造的には想定されないが、②”トロリを集中荷重とし、二次蓋に衝突させた場合”であっても、一次蓋に影響がないことを併せて確認する。この時、保守的に評価できるよう、二次蓋を周辺固定の円板とみなし、中央に集中荷重が作用したものとして評価を行う。

① 容器全体のひずみ評価

図 3 及び表 1 に示すモデル及び諸元を用いて LS-DYNA により衝突解析を行い、表 2 に示すとおり各部材について基準値を満足することを確認した。

ここで、閉じ込め機能を維持する部材である一次蓋シール部(胴側)、一次蓋シール部(蓋側)及び一次蓋ボルトについては、閉じ込め機能維持のため、密封境界部がおおむね弾性範囲内※3であることが要求事項であり、おおむね弾性範囲である 0.2%ひずみ以内であることを基準とした。

※3：「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」の以下の【確認内容】を参考に、0.2%ひずみ以内であることを基準とした。

【確認内容】

“衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。”

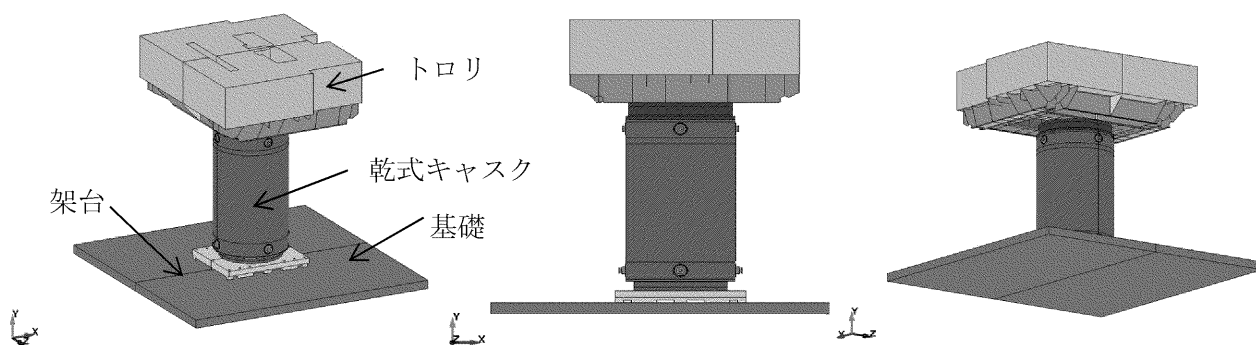


図3. トロリ落下衝突解析に係るモデル

表1. 解析諸元

部材	質量	材質	落下高さ
トロリ (落下物)	57 ton	SS400	12.9 m
乾式キャスク	116.1 ton	GLF1 (本体胴、蓋)	—
貯蔵架台	16.3 ton	SF490	—
基礎	—	コンクリート	—

表2. 評価結果

機能	対象部位	評価指標・基準		評価結果 ^(注1)
閉じ込め	一次蓋シール部 (胴側)	相当塑性 ひずみ	おおむね弾性 範囲内 (ひずみ 0.2%以下)	○ (ひずみ 0.01% ^(注2))
	一次蓋シール部 (蓋側)			○ (ひずみ 0.00%)
	一次蓋ボルト			○ (ひずみ 0.02% ^(注2))

(注1) : 小数点以下第3位を切り上げ

(注2) : 一次蓋シール部 (胴側) 及び一次蓋ボルトに残留する塑性ひずみは0.2%以下であること、かつ、残留した塑性ひずみは局所的であることから、閉じ込め機能に影響はない。

② 蓋部の変形評価

集中荷重が二次蓋へ衝突した場合の評価を行う。

周辺固定で中央に集中荷重が作用した円板の変形量の式（機械工学便覧参照）は

$$w = 0.217 \frac{Pa^2}{Et^3} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

P : トロリ落下衝突により二次蓋に作用する集中荷重 (N)

a : 二次蓋インロー部の半径 (mm)

E : 二次蓋の縦弾性率 (MPa)

t : 二次蓋中央部の厚さ (mm)

ばね剛性を k とするとフックの法則と(1)式より

$$P = kw \Rightarrow k = P/w = \frac{Et^3}{0.217a^2} \dots \dots \dots (2)$$

上記①の評価におけるキャスク本体の変形エネルギーQ が本評価での二次蓋の変形エネルギーであるとする、

$$Q = \frac{1}{2}kw^2 \Rightarrow k = \frac{2Q}{w^2} \dots \dots \dots (3)$$

(2)、(3)式より

$$w = \sqrt{\frac{0.434Qa^2}{Et^3}}$$

トロリ落下衝突による二次蓋変形量の計算条件と結果を表3に示す。二次蓋の変形量は48mmであり、一次蓋と二次蓋の隙間の□mmより小さいため接触による荷重伝搬は起こらず、二次蓋支持部を介して一次蓋へ伝わる荷重は小さいと想定される。

表3 トロリ落下衝突による二次蓋変形量の計算条件と結果

二次蓋インロー部の半径：a (mm)	□(図4)
二次蓋の縦弾性率：E (MPa)	202000
二次蓋中央部の厚さ：t (mm)	□
二次蓋の変形エネルギー：Q (J)	3.04×10^6
一次蓋と二次蓋の隙間*(mm)	□
トロリ落下衝突による二次蓋の変形量：w (mm)	48

※ 一次蓋と二次蓋の間にレジンカバー及び一次蓋レジン部が存在するが、強度を有していないと仮定し、隙間を含めることとする

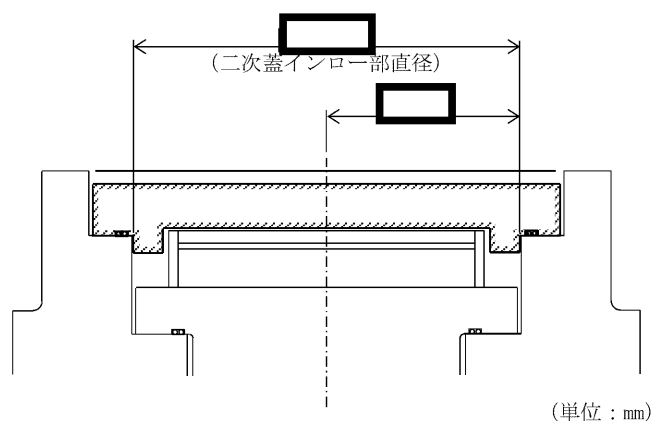


図4 二次蓋インロー部の寸法

□□ : 商業機密に係る事項のため公開できません

乾式キャスク内の燃料集合体の全数破損
及び乾式キャスクの閉じ込め機能喪失を想定した場
合の敷地等境界線量に与える影響評価について

乾式キャスク内の燃料集合体が全数破損し、乾式キャスクの閉じ込め機能が喪失した場合を想定し、敷地等境界線量に与える影響評価を行った。評価条件は別紙－1に示す。

評価の結果、当該事象における敷地等境界線量は、表1のとおり線量限度（1 mSv）未満^{*}である。

よって、仮に当該事象が生じても、敷地内にある使用済燃料ピットへ搬送し、閉じ込め機能を修復することにより、閉じ込め機能の異常に対して対応することが可能である。

※ 「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」の以下の【確認内容】を参考に、判断基準を1 mSv/yとした。

【確認内容】

“閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これら実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。” “貯蔵建屋などを設置する場合は、貯蔵建屋等の損傷によりその遮蔽機能が著しく低下した場合においても、必要に応じて土嚢による遮蔽の追加等の適切な手段による応急復旧を行うことにより、工場等周辺の実効線量が敷地全体で線量限度（1 mSv/y）を超えないこと。この場合において、応急復旧による遮蔽機能の回復を期待する場合には、その実施に係る体制を適切に整備すること。”

表1 敷地等境界線量の評価結果

評価項目	評価結果(mSv)
外部被ばくによる実効線量	約0.019
内部被ばくによる実効線量	約0.73
合計	約0.75

敷地等境界線量への影響評価に係る評価条件について

乾式キャスク 1 基について、内部の燃料集合体が全数破損し、乾式キャスクの閉じ込め機能が喪失した場合を想定し、以下のとおり敷地等境界の実効線量に与える影響を評価した。

1. 評価方法

評価対象核種は、核燃料輸送物設計承認申請（以下、「設計承認」という。）の密封評価において対象としている H-3 及び Kr-85 とする。なお、設計承認の密封評価において、インベントリの大きい MSF-24P を代表として評価する。被ばく経路は、それぞれ呼吸摂取による内部被ばく及び放射性雲からの外部被ばくとし、以下の式を用いて計算した。

（呼吸摂取による内部被ばく）

$$D_B = B_\gamma \cdot K_R \cdot (\chi / Q) \cdot Q_H$$

D_B : 呼吸摂取による実効線量 (mSv)

B_γ : 成人の呼吸率 (m^3 / s)

K_R : 呼吸摂取による H-3 の実効線量係数 (mSv/Bq)

Q_H : H-3 の大気放出量 (Bq)

χ / Q : 相対濃度 (s / m^3)

（放射性雲からの外部被ばく）

$$E_\gamma = K_1 \cdot Q_N \cdot (D / Q)$$

E_γ : 外部 γ 線による実効線量 (Sv)

K_1 : 空気カーマから実効線量への換算係数 (=1Sv/Gy)

Q_N : Kr-85 の大気放出量 (γ 線エネルギー 0.5MeV 換算) (Bq)

D / Q : γ 線エネルギー 0.5MeV 換算における相対線量 (Gy/Bq)

2. 評価条件

各評価条件及びその選定理由を第1表に示す。

第1表 評価条件

項目	評価条件	選定理由
キャスク型式	MSF-24P型キャスク	インベントリの大きいMSF-24P型キャスクからの漏えいを想定する
燃料仕様	17×17型 平均燃焼度44GWd/t	許認可解析条件と同じ
冷却期間	15年	同上
燃料被覆管破損の想定	100%	キャスク1基分の全数燃料被覆管破損を想定する
放出放射エネルギー	H-3 : 1.31×10^{14} Bq (gross値) Kr-85 : 1.93×10^{15} Bq (gross値) Kr-85 : 8.49×10^{12} Bq (ガンマ線0.5MeV換算値)	ペレットからのFPガス放出率を100%とする (設計承認における密封評価のインベントリ条件を引用)
実効放出継続時間	1時間	大気拡散条件として、保守的に最も短い実効放出継続時間を設定
放出箇所	地上	
評価点	第1図のとおり	敷地等境界において実効線量が最大となる点を選定
大気拡散条件 相対濃度 χ/Q 相対線量 D/Q	6.2×10^{-4} s/m ³ 2.3×10^{-18} Gy/Bq	「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に基づき算出
呼吸率	3.33×10^{-4} m ³ /s (成人・活動時)	「発電所用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」による
実効線量係数	H-3 : 2.7×10^{-8} mSv/Bq (成人)	「(財)電力中央研究所 廃止措置工事環境影響評価ハンドブック (第3次版)」による



第1図 評価地点

使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち遮蔽機能を有する部位について

使用済燃料乾式貯蔵建屋のうち遮へい機能を期待する部位を図1～図9中灰色部として示す。

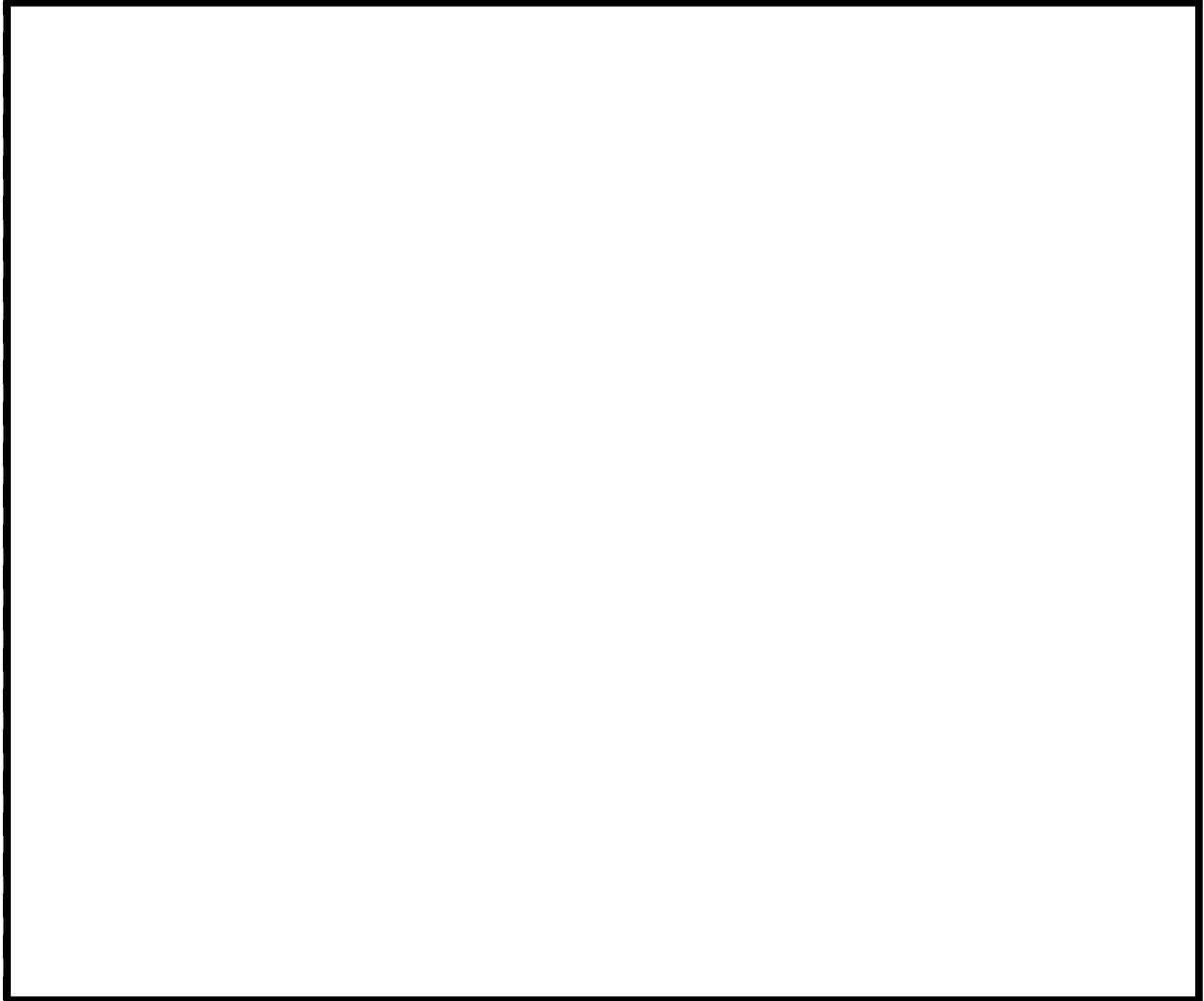


図1 EL.13.6m 平面

□: 防護上の観点から公開できません

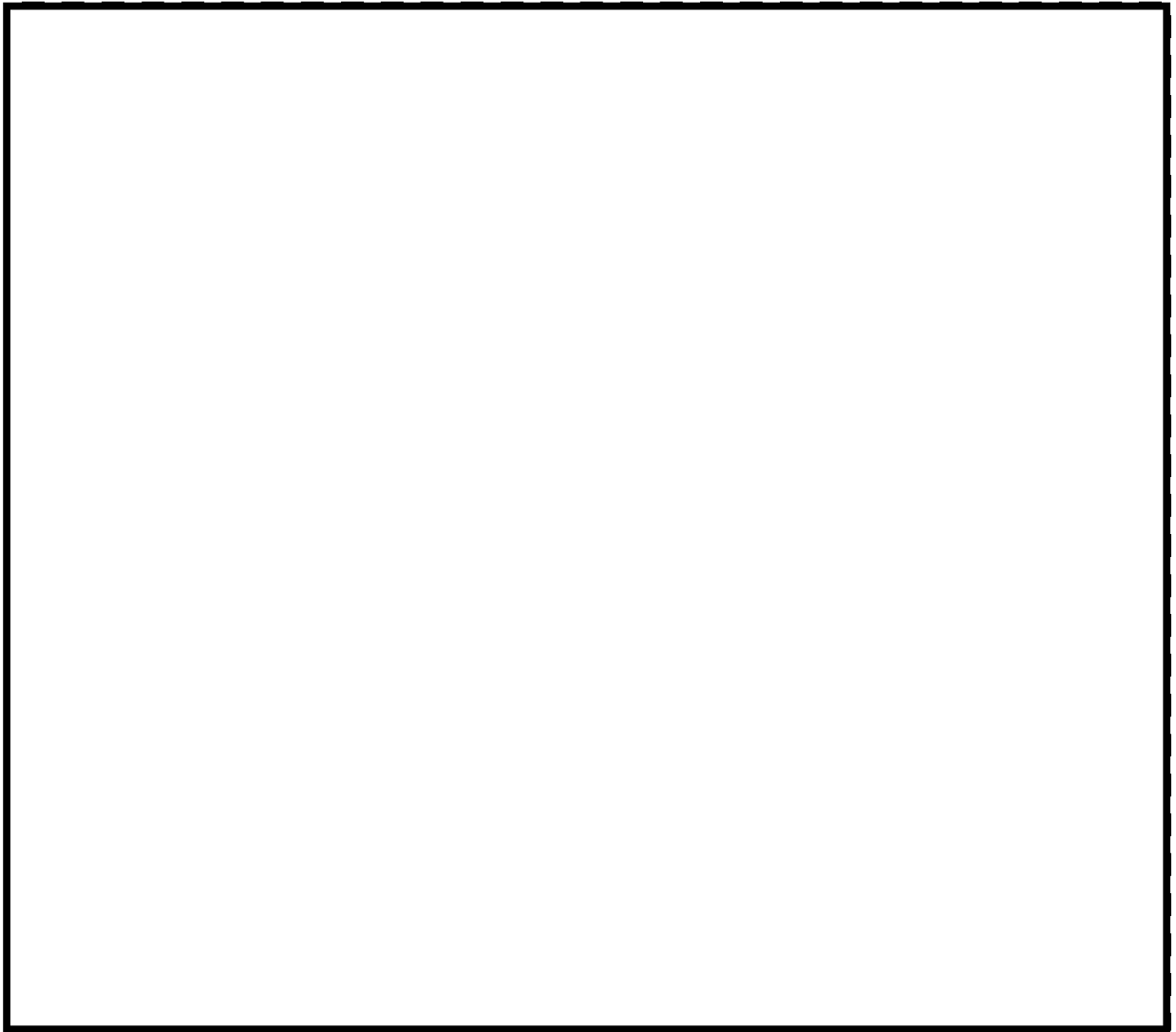



図2 EL.20.6m 平面

: 防護上の観点から公開できません

4条-参考3-2

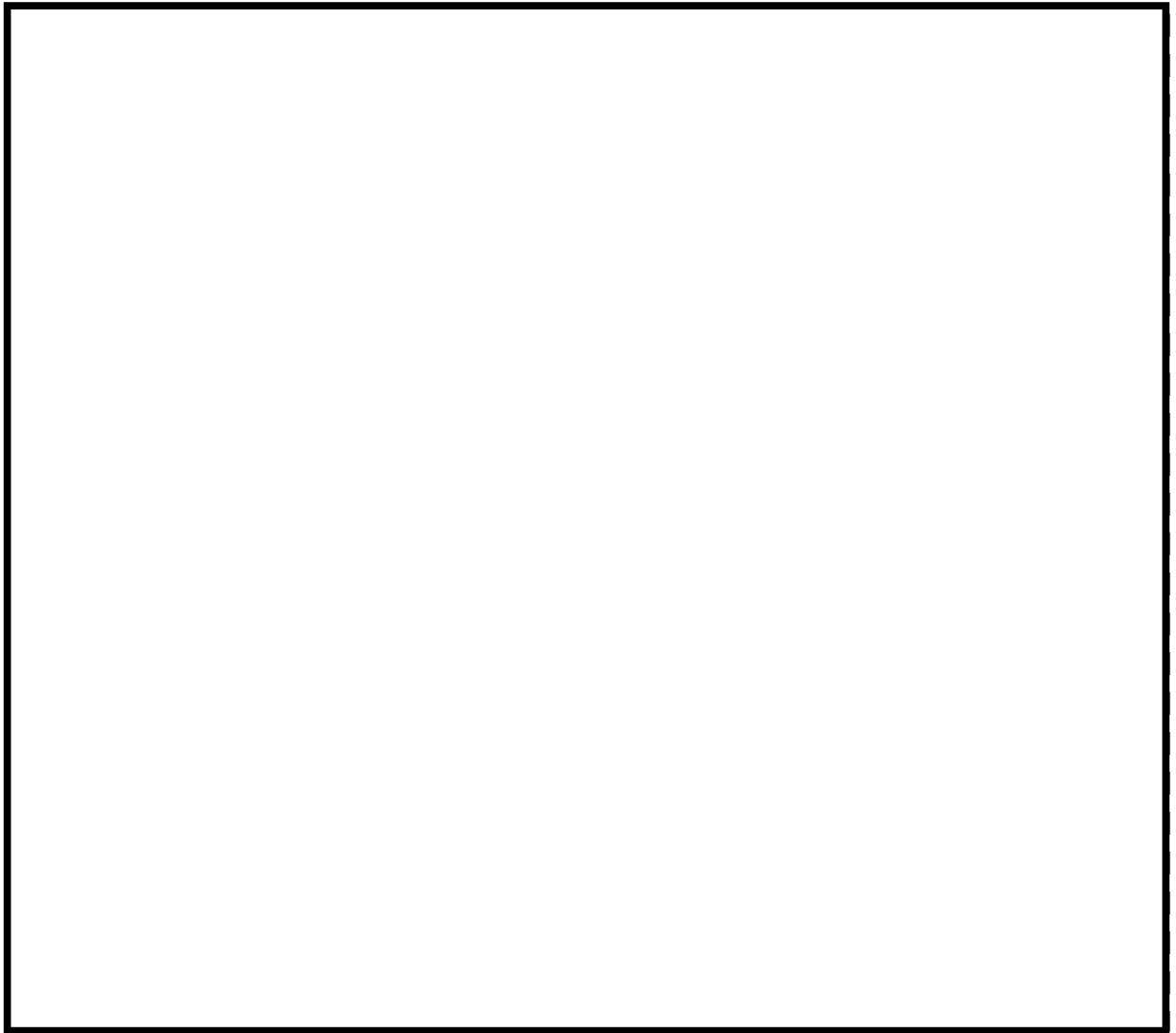



図 3 EL.24.6m 平面

: 防護上の観点から公開できません

4 条 - 参考 3-3

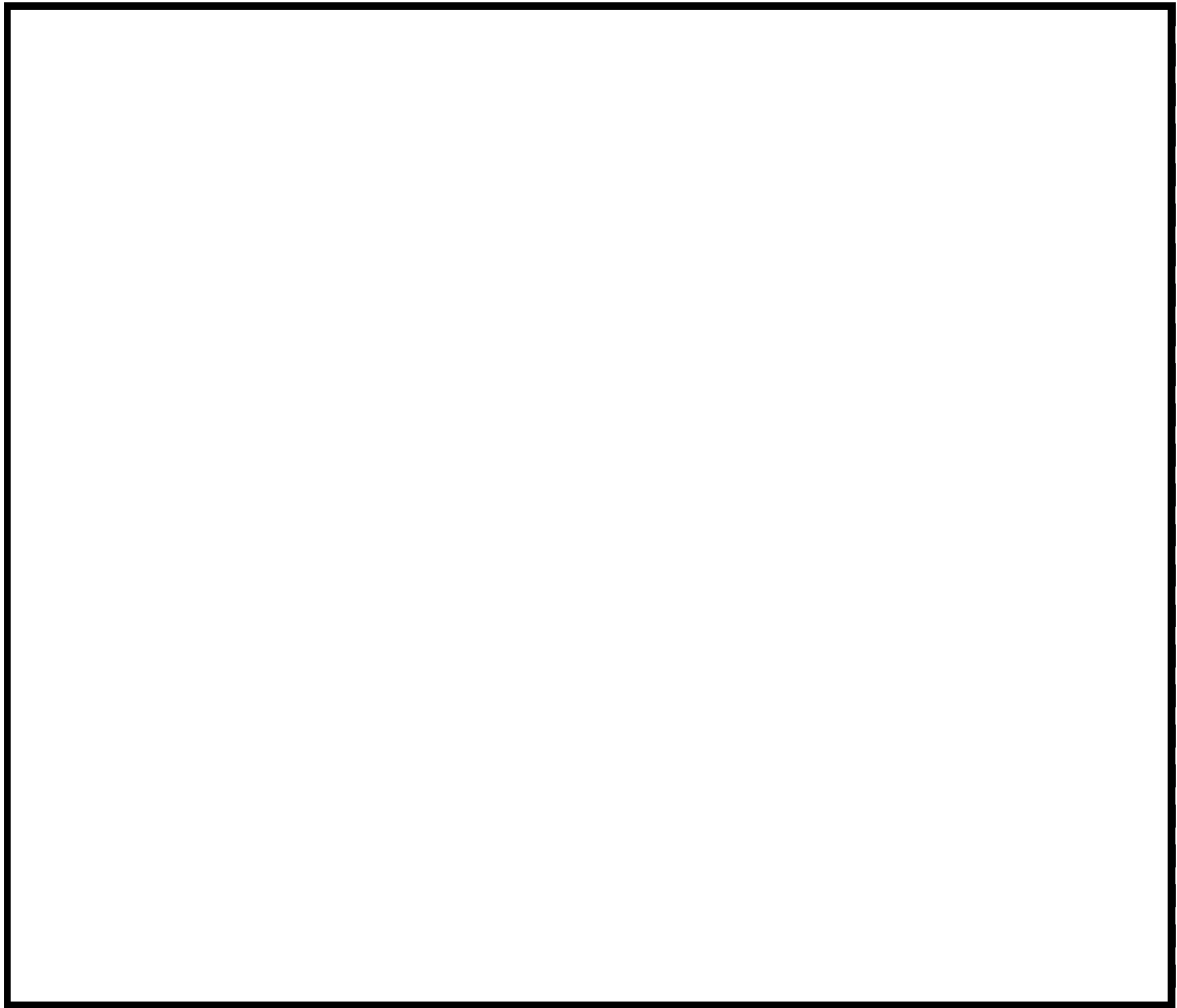



図 4 EL.26.0m/28.6m 平面

: 防護上の観点から公開できません

4 条 - 参考 3-4

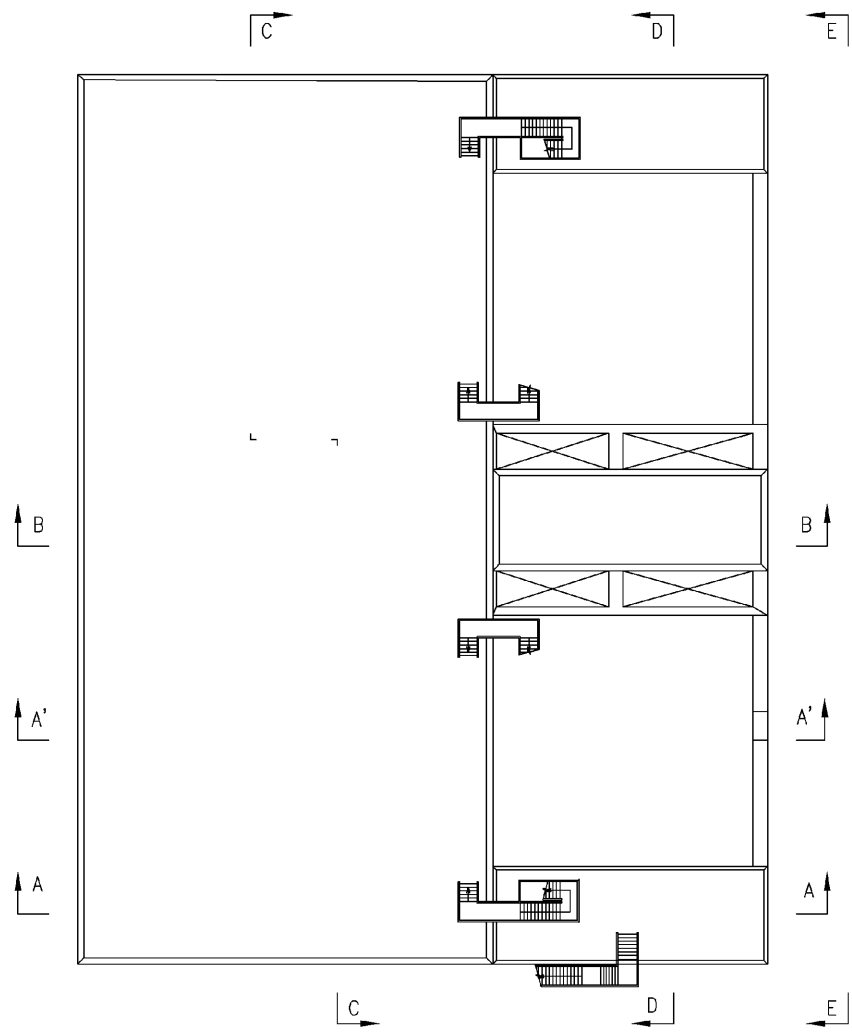


图 5 EL.36.8m 平面

4 条 - 参考 3-5

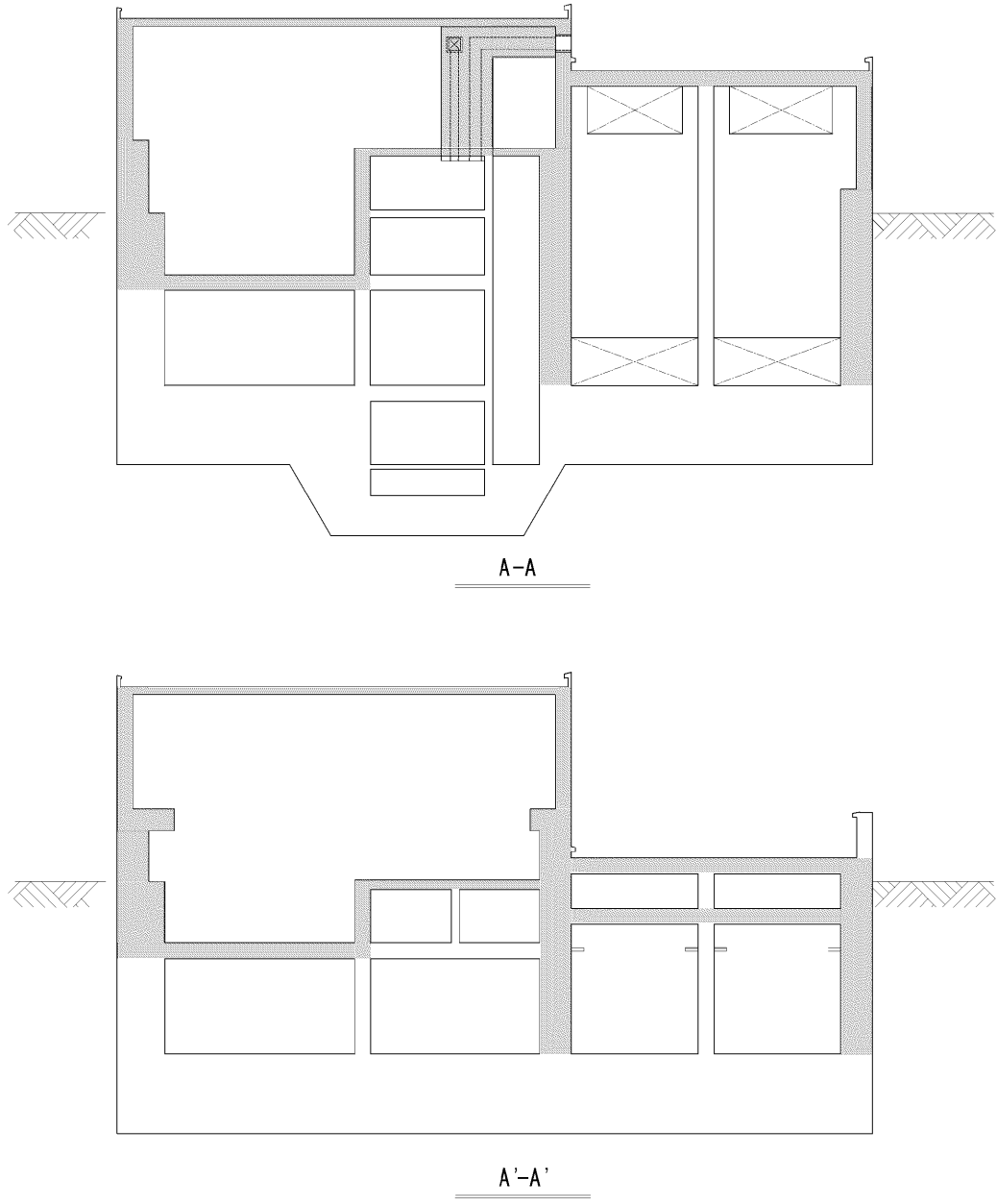
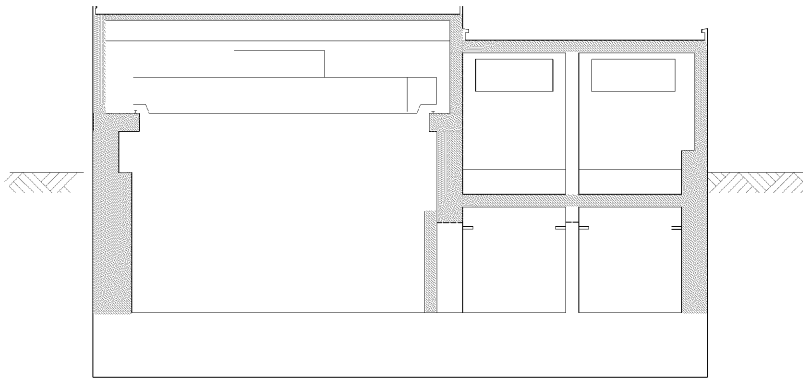
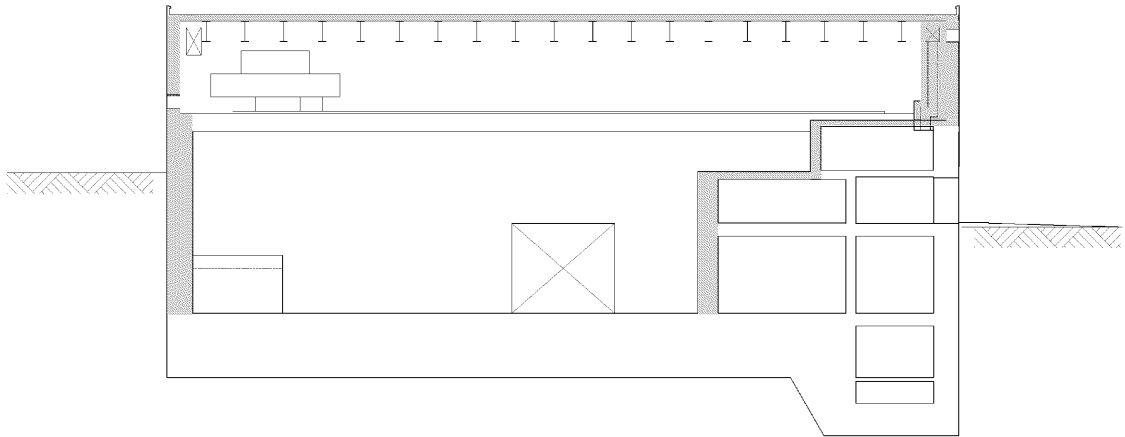


図6 A-A断面及びA'-A'断面

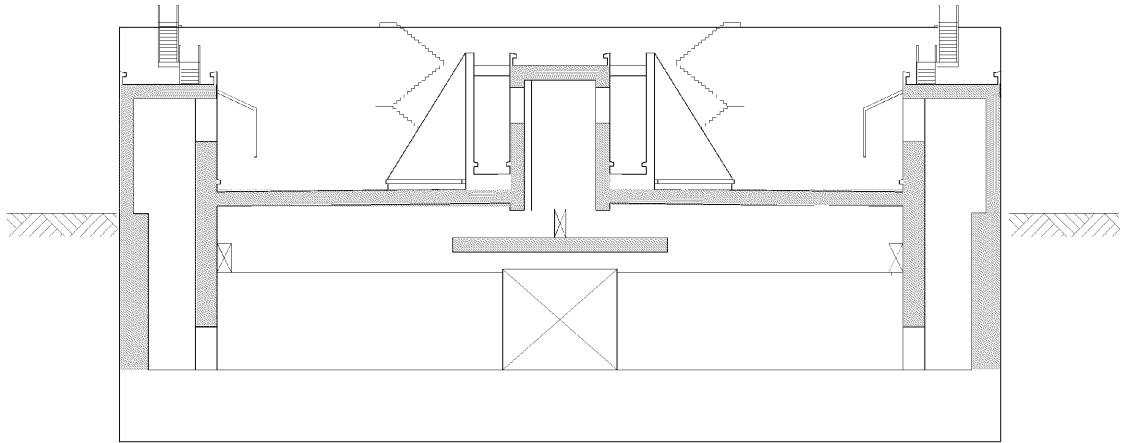


B-B



C-C

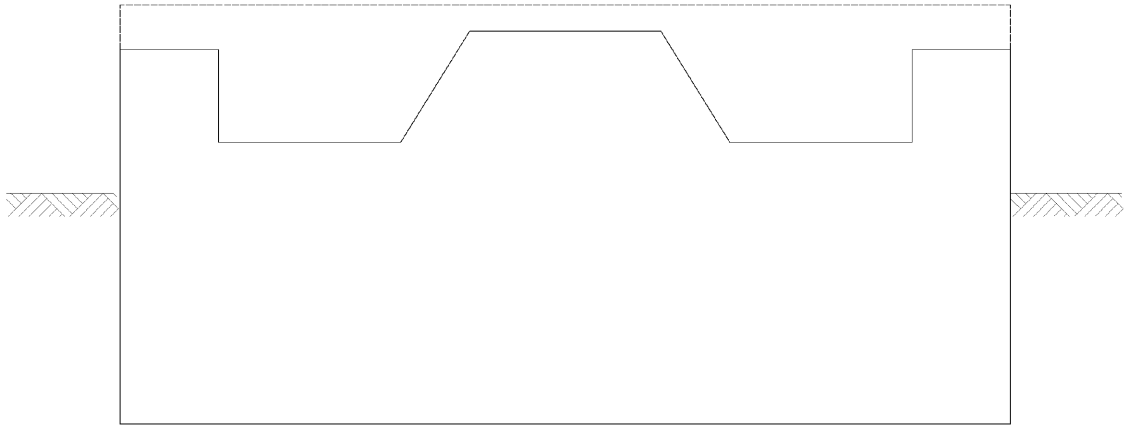
図7 B-B断面及びC-C断面



D-D

图 8 D-D 断面

4 条 - 参考 3-8



E-E

图9 E-E 断面

8 条

火災による損傷の防止

＜目 次＞

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 火災による損傷の防止

(別添資料)

火災防護に係る審査基準への適合性について（使用済燃料乾式貯蔵施設）

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ. 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

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

a. 設計基準対象施設

(c) 火災による損傷の防止

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に設定し、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

(c-1) 基本事項

(c-1-1) 火災区域及び火災区画の設定

建屋等の火災区域は、耐火壁により囲まれ他の区域と分離されている区域を、(c-1-2)に示す安全機能を有する構築物、系統及び機器の配置も考慮して設定する。建屋内のうち、火災の影響軽減の対策が必要な原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵、かつ、閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、他の区域と3時間以上の耐火能力を有する耐火壁により分離する。

屋外の火災区域は、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、(c-1-2)に示す安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を

系統分離等に応じて分割して設定する。

(c-1-2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器

「(c) 火災による損傷の防止」では、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるものである設計基準対象施設のうち、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を確保するための構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を「安全機能を有する構築物、系統及び機器」という。

(c-1-3) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに重大事故等対処施設については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定め、可搬型重大事故等対処設備、その他の発電用原子炉施設については、設備等に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

(c-2) 火災発生防止

(c-2-1) 火災の発生防止対策

火災の発生防止については、発火性又は引火性物質に対して火災の発生防止対策を講じる他、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対する換気及

び漏えい検知対策、電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。なお、放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策は、水素や酸素の濃度が高い状態で滞留及び蓄積することを防止する設計とする。

(c-2-2) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、主要な構造材、ケーブル、チャコールフィルタを除く換気設備のフィルタ、保温材及び建屋内装材は、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。また、不燃性材料、又は難燃性材料が使用できない場合は、不燃性材料若しくは難燃性材料と同等以上の性能を有するものを使用する設計、又は当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な不燃性材料若しくは難燃性材料と同等以上の性能を有するものの使用が技術上困難な場合は、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

このうち、安全機能を有する機器に使用するケーブルは、原則、実証試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する設計とするが、核計装ケーブルのように実証試験により延焼性等が確認できないケーブルは、難燃ケーブルと同等以上の性能を有する設計、又は当該ケーブルの火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

また、建屋内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用する設計とする。

(c-2-3) 落雷、地震等の自然現象による火災の発生防止

落雷によって、発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器に火災が発生しないように、避雷設備を設置する設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、耐震クラスに応じた十分な支持性能をもつ地盤に設置する設計とするとともに、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」に従い、耐震クラスに応じた耐震設計とする。

(c-3) 火災の感知及び消火

火災の感知及び消火については、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。火災感知設備及び消火設備は、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持され、かつ、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、機能を維持できる設計とする。また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、原子炉を安全に停止させるための機能を損なわない設計とする。

(c-3-1) 火災感知設備

火災感知器は、環境条件や火災の性質を考慮して型式を選定し、固有の信号を発する異なる種類を組み合わせる設計とする。火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能なように電源確保を行い、中央制御室で常時監視できる設計とする。

(c-3-2) 消火設備

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画で、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となるところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置して消火を行う設計とするとともに、固定式のガス系消火設備を設置する場合は、作動前に職員等の退出ができるよう警報を発する設計とする。また、原子炉の高温停止及び低温停止に係る構築物、系統及び機器相互の系統分離を行うための消火設備については、選択弁等の動的

機器の単一故障も考慮し系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

消火用水供給系は、2時間の最大放水量を確保し、飲料水系等と共用する場合は隔離弁を設置し消火を優先する設計並びに水源及び消火ポンプは多重性又は多様性を有する設計とする。また、屋内、屋外の消火範囲を考慮し消火栓を配置するとともに、移動式消火設備を配備する設計とする。

消火設備の消火剤は、想定される火災の性質に応じた十分な容量を配備し、管理区域で放出された場合に、管理区域外への流出を防止する設計とする。

消火設備は、火災の火炎等による直接的な影響、流出流体等による二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないよう設置し、外部電源喪失時の電源確保を図るとともに、中央制御室に故障警報を発する設計とする。

なお、消火設備への移動及び操作を行うため、蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

(c-4) 火災の影響軽減

火災の影響軽減については、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、互いに相違する系列間の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離する設計、又は水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計、又は1時間の耐火能力を有する隔壁等で互いの系列間を分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計とする。系統分離を行うために設置する消火設備は、系統分離に応じた独立性を有する設計とする。

ただし、火災の影響軽減のための措置を講じる設計と同等の設計として、中央制御盤に関しては、金属外装ケーブル、操作スイッチの離隔等による分離対策、高感度煙感知器の設

置、常駐する運転員による消火活動等により、上記設計と同等又はそれを上回る設計とする。また、原子炉格納容器に関しては、一部ケーブルトレイへの蓋の設置、常駐する運転員及び消防要員による初期消火活動、多重性を有する原子炉格納容器スプレイ設備の手動作動等により、上記設計と同等又はそれを上回る設計とする。

(c-5) 火災の影響評価

設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に、想定される発電用原子炉施設内の火災によって、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できる設計とし、火災影響評価にて確認する。

また、発電用原子炉施設内の火災によって運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した場合に、それらに対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても異常状態を収束できる設計とし、火災影響評価にて確認する。

(c-6) その他

「(c-2)火災発生防止」から「(c-5)火災の影響評価」の他、安全機能を有する構築物、系統及び機器のそれぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

ヌ．その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(3) その他の主要な事項

(i) 火災防護設備

a. 設計基準対象施設

火災防護設備は、火災区域及び火災区画を考慮し、火災感知及び消火並びに火災の影響軽減の機能を有するものとする。

火災感知設備は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や火災の性質を考慮し、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせることを基本とし、非アナログ式の防爆型の煙感知器、非アナログ式の防爆型の熱感知器、高感度煙感知器等の火災感知器及び中央制御室で常時監視可能な火災報知盤を設置する。

消火設備は、破損、誤作動又は誤操作により、安全機能を有する構築物、系統及び機器（ロ(3)(i)a.(c-1-2)と同じ）の安全機能を損なわない設計とし、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難である火災区域又は火災区画であるかを考慮し、全域ハロン消火設備、全域ハロン自動消火設備、二酸化炭素自動消火設備、水噴霧消火設備、泡消火設備等を設置する。

火災の影響軽減の機能を有するものとして、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、火災耐久試験で確認された3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は1時間以上の耐火能力を有する隔壁等を設置する。

(2) 安全設計方針

1.6 火災防護に関する基本方針

1.6.1 設計基準対象施設の火災防護に関する基本方針

1.6.1.1 基本事項

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に設定し、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる設計とするための基本事項を、以下の「1.6.1.1.1 火災区域及び火災区画の設定」から「1.6.1.1.6 火災防護計画」に示す。

1.6.1.1.1 火災区域及び火災区画の設定

建屋内の火災区域は、耐火壁により囲まれ、他の区域と分離されている区域を「1.6.1.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器等の配置も考慮し、火災区域として設定する。建屋内のうち、火災の影響軽減の対策が必要な原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵、かつ、閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である 150mm⁽¹⁰⁾以上の壁厚を有するコンクリート壁又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）により他の区域と分離する。

屋外の火災区域は、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、「1.6.1.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器等を設置する区域を、火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分

離等に応じて分割して設定する。

1.6.1.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器

運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるものである設計基準対象施設のうち、以下に示す原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を「安全機能を有する構築物、系統及び機器」として選定する。

その他の設計基準対象施設は、設備等に応じた火災防護対策を講じる。

1.6.1.1.3 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持（以下「原子炉の安全停止」という。）するために必要な以下の機能を確保するための構築物、系統及び機器から、発電用原子炉施設に火災の発生を想定した場合に、火災を起因とする事象に対して機能要求が必須でない機器、代替手段により同一機能を確保できる機器、火災による誤動作を考慮しても原子炉の安全停止に影響を及ぼさない機器、安全停止を達成する系統上のタンク等の不燃材で構成される機器等を除外して、「原子炉の安全停止に必要な機器等」を選定する。

- ① 反応度制御機能
- ② 1次冷却系統のインベントリと圧力の制御機能
- ③ 崩壊熱除去機能
- ④ プロセス監視機能
- ⑤ サポート（電源、補機冷却水、換気空調等）機能

1.6.1.1.4 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な構築物、系

統及び機器を「放射性物質貯蔵等の機器等」として選定する。

1.6.1.1.5 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル

発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、原子炉を安全停止するために必要な機能を確保するための手段（以下「成功パス」という。）を策定し、この成功パスに必要な機器を火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル（以下「火災防護対象機器等」という。）として選定する。

1.6.1.1.6 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練、火災発生防止のための活動、火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有化等、火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応等、火災防護対策を実施するために必要な手順について定める。また、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに重大事故等対処施設については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことを定め、可搬型重大事故等対処設備、重大事故等に柔軟に対応するための多様性拡張設備及びその他の発電用原子炉施設については、設備等に応じた火災防護対策を行うことを定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等を定める。

1.6.1.2 火災発生防止

1.6.1.2.1 発電用原子炉施設の火災発生防止

発電用原子炉施設の火災の発生防止については、発火性又は引火性物質に対して火災の発生防止対策を講じる他、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対する換気及び漏えい検知対策、放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策並びに電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じ

た設計とし、具体的な設計を「1.6.1.2.1.1 発火性又は引火性物質」から「1.6.1.2.1.6 過電流による過熱防止対策」に示す。

安全機能を有する機器に使用するケーブルも含めた不燃性材料又は難燃性材料の使用についての具体的な設計について「1.6.1.2.2 不燃性材料又は難燃性材料の使用」に、落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止の具体的な設計について「1.6.1.2.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止」に示す。

1.6.1.2.1.1 発火性又は引火性物質

発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域には、以下の火災の発生防止対策を講じる設計とする。

ここでいう発火性又は引火性物質としては、消防法で定められる危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」、高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められる水素、窒素、液化炭酸ガス及び空調用冷媒等のうち、可燃性である「水素」を対象とする。

(1) 漏えいの防止、拡大防止

火災区域に対する漏えいの防止対策、拡大防止対策の設計について以下を考慮した設計とする。

a. 発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備は、溶接構造、シール構造の採用により漏えいの防止対策を講じるとともに、オイルパン、ドレンリム、堰又は油回収装置を設置し、漏えいした潤滑油及び燃料油が拡大することを防止する設計とする。

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は、「(4) 防爆」に示す漏えいの防止、拡大防止対策を講じる設計とする。

(2) 配置上の考慮

火災区域に対する配置については、以下を考慮した設計とす

る。

- a. 発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、潤滑油及び燃料油を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置及び離隔による配置上の考慮を行う設計とする。

- b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、水素を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置による配置上の考慮を行う設計とする。

(3) 換 気

火災区域に対する換気については、以下の設計とする。

- a. 発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備

発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備がある火災区域の建屋等は、火災の発生を防止するために、補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファン等、空調機器による機械換気又は自然換気により換気を行う設計とする。

- b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備である蓄電池、気体廃棄物処理設備、体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁並びに「(5) 貯蔵」に示す混合ガスボンベ及び水素ボンベを設置する火災区域は、火災の発生を防止するために、以下に示す空調機器による機械換気により換気を行う設計とする。

- ・蓄電池

蓄電池を設置する火災区域は、非常用電源から給電される安全補機開閉器室空調ファン、中間補機棟空調ファン、蓄電池室（安全系）排気ファン、蓄電池室（非安全系）排気ファンによる機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

- ・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備を設置する火災区域は、非常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

- ・ 体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁を設置する火災区域は、非常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

- ・ 混合ガスボンベ及び水素ボンベ

「(5) 貯蔵」に示す混合ガスボンベ及び水素ボンベを設置する火災区域は、補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファン又は試料採取室給気ファン及び試料採取室排気ファンによる機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

なお、水素を内包する設備のある火災区域は、水素濃度が燃焼限界濃度以下の雰囲気となるように給気ファン及び排気ファンで換気されるが、給気ファン及び排気ファンは、多重化して設置する設計とするため、単一故障を想定しても換気は可能である。

(4) 防 爆

火災区域に対する防爆については、以下の設計とする。

- a. 発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油

及び燃料油を内包する設備は、「(1) 漏えいの防止、拡大防止」で示したように、溶接構造等、潤滑油及び燃料油の漏えいを防止する設計とするとともに、オイルパン等を設置し、漏えいした潤滑油及び燃料油の拡大を防止する設計とする。

潤滑油及び燃料油が設備の外部へ漏えいしても、これらの引火点は、油内包機器を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性蒸気とならないことから、潤滑油及び燃料油が、爆発性の雰囲気を形成するおそれはない。

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する以下の設備は、「(3) 換気」に示す機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計するとともに、以下に示す溶接構造等により、水素の漏えいを防止する設計とする。

・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備の配管等は、雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造とし、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮し、ベローズや金属ダイヤフラム等を用いる設計とする。

・ 体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造とし、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮し、ベローズや金属ダイヤフラム等を用いる設計とする。

・ 混合ガスボンベ及び水素ボンベ

「(5) 貯蔵」に示す混合ガスボンベ及び水素ボンベは、ボンベ使用時に職員がボンベ元弁を開弁し、通常時は元弁を閉弁する運用とする。

以上の設計により、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第 69 条及び「工場電気設備防爆指針」で要求される爆発性雰囲気とはならないため、当該火災区域に設置する電気・計装品を防爆型とする必要はなく、防爆を目的とした電気設備の接地も必要ない。

なお、電気設備の必要な箇所には「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める省令」第 10 条、第 11 条に基づく接地を施す設計とする。

(5) 貯 蔵

火災区域に設置される貯蔵機器については、以下の設計とする。

貯蔵機器とは、供給設備へ補給するために設置する機器のことであり、発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油の貯蔵機器としては、ディーゼル発電機の燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクがある。

これらは、7 日間の外部電源喪失に対してディーゼル発電機を連続運転するために必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。

発火性又は引火性物質である水素の貯蔵機器としては、以下に示す混合ガスボンベ及び水素ボンベがあり、これらボンベは予備を設置せず、必要な本数のみを貯蔵する設計とする。

- ・水素を含有した化学分析装置の水素計校正用混合ガスボンベ
- ・試料の濃度測定用水素ボンベ

1.6.1.2.1.2 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

火災区域に対する可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策については、以下の設計とする。

発火性又は引火性物質である潤滑油及び燃料油を内包する設備は、「1.6.1.2.1.1 (4) 防爆」に示すとおり、可燃性の蒸気を発生するおそれはなく、また、火災区域において有機溶剤を使用し可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所の局所排気を行うとともに、建屋の給気ファン及び排気ファンによる機械換気

により、滞留を防止する設計とする。

また、**火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん（石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん）」や「爆発性粉じん（金属粉じんのよう空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん）」のような可燃性の微粉を発生する設備を設置しない設計とする。**

以上の設計により、火災区域には、可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備を設置する必要はなく、電気・計装品も防爆型とする必要はない。

火災区域には、金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれがある設備を設置しない設計とするため、静電気を除去する装置を設置する必要はない。

1.6.1.2.1.3 発火源への対策

発電用原子炉施設には、設備を金属製の本体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、発電用原子炉施設には、高温となる設備があるが、高温部分を保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等可燃物の加熱防止を行う設計とする。

1.6.1.2.1.4 水素対策

火災区域に対する水素対策については、以下の設計とする。

水素を内包する設備を設置する火災区域については、「1.6.1.2.1.1 (3) 換気」に示すように、機械換気を行うことにより、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計するとともに、水素を内包する設備は、溶接構造等により雰囲気への水素の漏えいを防止する設計とする。

体積制御タンクを設置する火災区域は、通常運転中において体積制御タンクの気相部に水素を封入すること及び活性炭式希ガスホールドアップ装置を設置する火災区域は、体積制御タンクよりパージされる水素廃ガスを処理することを考慮して、水素ガス検知器を設

置し、水素の燃焼限界濃度である4 vol%の1/4以下の濃度にて、中央制御室に警報を発する設計とする。

また、蓄電池を設置する火災区域は、充電時に蓄電池が水素を発生するおそれがあることを考慮して、水素ガス検知器を設置し、水素の燃焼限界濃度である4 vol%の1/4以下の濃度にて、中央制御室に警報を発する設計とする。

「1.6.1.2.1.1 (5) 貯蔵」に示す混合ガスボンベ及び水素ボンベを設置する火災区域については、通常時は元弁を閉弁する運用とし、「1.6.1.2.1.1 (3) 換気」に示す機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計することから、水素ガス検知器は設置しない設計とする。

1.6.1.2.1.5 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

加圧器以外の1次冷却材は、高圧水の一相流とし、また、加圧器内も運転中は常に1次冷却材と蒸気を平衡状態とすることで、水素や酸素の濃度が高い状態で滞留、蓄積することを防止する設計とする。

蓄電池を設置する火災区域は、空調機器による機械換気により、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

1.6.1.2.1.6 過電流による過熱防止対策

発電用原子炉施設内の電気系統の過電流による過熱の防止対策は、以下の設計とする。

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

1.6.1.2.2 不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に対しては、不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とし、不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は以下のいずれかの設計とする。

・不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する設計とする。

・ 構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

1.6.1.2.2.1 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は、火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し、ステンレス鋼、低合金鋼、炭素鋼等の金属材料、又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。

ただし、配管のパッキン類は、その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であるが、金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎に晒されることはないことから不燃性材料又は難燃性材料でない材料を使用する設計とし、また、金属に覆われたポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油並びに金属に覆われた機器躯体内部に設置される電気配線は、発火した場合でも、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないことから、不燃性材料又は難燃性材料でない材料を使用する設計とする。

1.6.1.2.2.2 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、建屋内の変圧器及び遮断器は、可燃性物質である絶縁油を内包していないものを使用する設計とする。

1.6.1.2.2.3 難燃ケーブルの使用

安全機能を有する機器に使用する難燃ケーブルは、実証試験によりケーブル単体で自己消火性及び延焼性を確認したものを使用する設計とする。

ただし、核計装用ケーブルは、微弱電流・微弱パルスを扱うため、耐ノイズ性を確保する必要があることから、絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用する設計とする。このケーブルは、自己消

火性を確認する UL 垂直燃焼試験は満足するが、延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求を満足しない。

したがって、核計装用ケーブルは、火災を想定した場合にも延焼が発生しないように、チャンネルごとに専用電線管に収納するとともに、電線管の両端は、電線管外部からの酸素供給防止を目的とし、耐火性を有するシール材を処置する設計とする。

耐火性を有するシール材を処置した電線管内は、外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であるため、核計装用ケーブルに火災が発生してもケーブルの燃焼に必要な酸素が不足し、燃焼の維持ができなくなるので、すぐに自己消火し、ケーブルは延焼しない。このため、チャンネルごとに専用電線管で収納し、耐火性を有するシール材により酸素の供給防止を講じた核計装用ケーブルは、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足するケーブルと同等以上の延焼防止性能を有する。

1.6.1.2.2.4 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器のうち、換気空調設備のフィルタは、チャコールフィルタを除き、不燃性材料又はガラス繊維等の「JIS L1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」や「JACA No.11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する設計とする。

1.6.1.2.2.5 保温材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する保温材は、けい酸カルシウム、ロックウール、セラミックファイバ、金属保温等、平成 12 年建設省告示第 1400 号に定められたもの又は建築基準法で不燃材料として定められたものを使用する設計とする。

1.6.1.2.2.6 建屋内装材に対する不燃性材料の使用 (3号炉)

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する建屋の内装材は、建築基準法に基づく不燃材料若しくはこれと同等の性能を有す

ることを試験により確認した不燃性材料、又は消防法に基づく防災物品若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。

ただし、原子炉格納容器内部コンクリートの表面に塗布するコーティング剤は、不燃材料であるコンクリートに塗布すること、火災により燃焼し難く著しい燃焼をしないこと、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらず他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に延焼しないこと、並びに原子炉格納容器内に設置する原子炉の安全停止に必要な機器は不燃性又は難燃性の材料を使用し周辺には可燃物がないことから、難燃性材料であるコーティング剤を使用する設計とする。

(4号炉)

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する建屋の内装材は、建築基準法に基づく不燃材料若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した不燃性材料、又は消防法に基づく防災物品若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。

1.6.1.2.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止

発電用原子炉施設に想定される自然現象は、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮である。

津波（高潮を含む。）、森林火災及び竜巻（風（台風）を含む。）は、それぞれの現象に対して、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないように防護することで、火災の発生防止を行う設計とする。

凍結、降水、積雪及び生物学的事象は、火源が発生する自然現象ではなく、火山の影響についても、火山から発電用原子炉施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると、火源が発生する自然現象ではない。

地滑り及び洪水は、発電用原子炉施設の地形を考慮すると、発電用原子炉施設の安全機能を有する機器に影響を与える可能性がないため、火災が発生するおそれはない。

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

1.6.1.2.3.1 落雷による火災の発生防止

発電用原子炉施設内の構築物、系統及び機器は、落雷による火災発生を防止するため、地盤面から高さ 20m を超える建築物には、建築基準法に基づき「JIS A 4201 建築物等の雷保護」又は「JIS A 4201 建築物等の避雷設備（避雷針）」に準拠した避雷設備を設置する設計とする。

送電線については、「1.6.1.2.1.6 過電流による過熱防止対策」に示すとおり、故障回路を早期に遮断する設計とする。

【避雷設備設置箇所】

- ・原子炉格納容器
- ・原子炉周辺建屋
- ・原子炉補助建屋
- ・タービン建屋
- ・補助ボイラ煙突
- ・原水タンク
- ・廃棄物処理建屋
- ・雑固体溶融処理建屋
- ・雑固体焼却炉建屋
- ・固体廃棄物貯蔵庫
- ・開閉所（架空地線）
- ・燃料取替用水タンク建屋
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋

1.6.1.2.3.2 地震による火災の発生防止

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する設計とする。

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

1.6.1.3 火災の感知及び消火

火災の感知及び消火については、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とし、具体的な設計を「1.6.1.3.1 火災感知設備」から「1.6.1.3.4 消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響」に示し、このうち、火災感知設備及び消火設備が、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持され、かつ、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、機能を維持できる設計とすることを「1.6.1.3.3 地震等の自然現象の考慮」に、また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわない設計とすることを「1.6.1.3.4 消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響」に示す。

1.6.1.3.1 火災感知設備

火災感知設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知する設計とする。

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

1.6.1.3.1.1 火災感知器の環境条件等の考慮

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

1.6.1.3.1.2 固有の信号を発する異なる火災感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、「1.6.1.3.1.1 火災感知器の環境条件等の考慮」の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する機器の種類に応じ、火災を早期に感知できるよう、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、

アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせて設置する設計とする。炎感知器はアナログ式ではないが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため、煙や熱と比べて感知器に到達する時間遅れがなく、火災の早期感知に優位性がある。

ただし、以下に示す場所は、上記とは異なる火災感知器を組み合わせて設置する設計とする。

屋外エリアは、火災による煙は周囲に拡散し、煙感知器による火災感知は困難であることから、熱感知器と非アナログ式の炎感知器（赤外線）を選定する。

さらに、降水等の浸入により火災感知器の故障が想定されるため、火災感知器の故障を防止する観点から、降水等の浸入を防止できる非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器（赤外線）を選定する。

放射線量が高い場所は、アナログ式の火災感知器を設置する場合、放射線の影響により火災感知器の故障が想定される。このため、火災感知器の故障を防止する観点から、放射線の影響を考慮した非アナログ式の熱感知器を選定する。

水素等による引火性又は発火性の雰囲気を形成するおそれのある場所は、火災感知器作動時の爆発を防止するため、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を選定する。

また、これらの非アナログ式の火災感知器は、以下の環境条件等を考慮することにより誤作動を防止する設計とする。

- ・煙感知器は蒸気等が充満する場所に設置しない。
- ・熱感知器は作動温度を周囲温度より高い温度で作動するものを選定する。
- ・炎感知器は炎特有の性質を検出する赤外線方式を採用する。また、屋内に設置する場合は、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することとし、屋外に設置する場合は、視野角への影響を考慮した太陽光の影響を防ぐ遮光板の設置や防爆型の炎感知器を採用する。

(1) 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、水素が発生するような事故を考慮して、

非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

また、原子炉格納容器ループ室及び加圧器室に設置する火災感知器は、放射線による影響を考慮した非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

(2) 体積制御タンク室、活性炭式希ガスホールドアップ装置エリア及び蓄電池室

通常運転中において気相部に水素を封入する体積制御タンク室及び体積制御タンクよりパーズされる水素廃ガスを処理する活性炭式希ガスホールドアップ装置は、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

充電時に水素発生のおそれがある蓄電池室も、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

(3) 海水管トレンチエリア

海水管トレンチエリアは、火災防護対象ケーブルを電線管内に敷設するため、火災防護対象ケーブルの火災を想定した場合は、電線管周囲の温度が上昇するとともに、電線管内部に煙が発生する。

このため、海水管トレンチエリアは、電線管周囲の温度を熱感知器と同等に感知できる光ファイバ温度監視装置を電線管近傍に設置するとともに、電線管を接続するプルボックス内にアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

また、海水ストレーナが設置される場所は、屋外であるため非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器（赤外線）を設置する設計とする。

(4) 海水ポンプエリア

海水ポンプエリアは屋外であるため、非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器（赤外線）を設置する設計とする。

(5) ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア及び燃料油貯蔵タンクエリア

ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア及び燃料油貯蔵タンクエリアは、タンク内部の燃料が気化することを考慮し、非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の煙感知器を設置する設計とする。

(6) フロアケーブルダクト

フロアケーブルダクトは、アナログ式の煙感知器を設置するとともに、ケーブルダクトの火災を早期に感知する観点から、熱感知器と同等の性能を有する光ファイバ温度監視装置をケーブル近傍に設置する設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、以下に示すとおり消防法に基づき火災感知器を設置する。

(1) 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設は、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアには、可燃物を置かず発火源を極力排除した設計とすることから、火災による安全機能への影響は考えにくい。

したがって、使用済燃料乾式貯蔵施設は、消防法に基づき火災感知器を設置する。

使用済燃料ピット及び使用済樹脂貯蔵タンク室は、以下に示すとおり火災感知器を設置しない設計とする。

(1) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピットの側面と底面は金属に覆われており、ピット内は水で満たされていることから、使用済燃料ピット内では火災は発生しない。このため、使用済燃料ピット内には火災感知器を設置しない設計とする。

(2) 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンクは、金属製であること、タンク内に貯蔵する樹脂は水に浸かっており、使用済樹脂貯蔵タンク室は、コンクリートで覆われ、発火源となる可燃物がないことから、火災が発生するおそれはない。

したがって、使用済樹脂貯蔵タンク室は、火災感知器を設置しない設計とする。

1.6.1.3.1.3 火災報知盤

火災感知設備の火災報知盤は、中央制御室に設置し、火災感知設備の作動状況を常時監視できる設計とする。

火災報知盤は、構成される受信機により、以下の機能を有する設計とする。

- (1) 火災報知盤は、アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる機能
- (2) 機械空調による環境の維持により誤作動が起き難く、かつ、水素の漏えいの可能性が否定できない場所に設置する感知器は、非アナログ式の密閉性を有する防爆型の火災感知器とし、これを1つずつ特定できる機能
- (3) 降水等の浸入による誤作動が想定される屋外に設置する感知器は、誤作動を防止するために非アナログ式の密閉性を有する防爆型の火災感知器とし、これを1つずつ特定できる機能

1.6.1.3.1.4 火災感知設備の電源確保

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

また、原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備に供給する電源は、ディーゼル発電機が接続されている非常用電源より供給する設計とする。

1.6.1.3.2 消火設備

消火設備は、以下に示すとおり、安全機能を有する構築物、システム及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火する設計とする。

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

原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該火災区域又は火災区画が、火災発生時の煙の充満及び放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画であるかを考慮して設計する。

(1) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

屋内の原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画は、基本的に、火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となるものとして選定し、このうち、原子炉格納容器内のループ室は、放射線の影響も考慮し消火活動が困難な場所として選定する。

また、中央制御室のうちフロアケーブルダクトは、消火活動が困難な場所として選定する。

(2) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

消火活動が困難とならない屋外の原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画、及び屋内の火災区域又は火災区画のうち、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を以下に示す。

a. 屋外の火災区域

ディーゼル発電機燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンク等の以下に示す屋外エリアは、火災が発生しても煙が大気に放出され、煙の充満するおそれがないことから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

- (a) ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア
- (b) 燃料油貯蔵タンクエリア
- (c) 海水ポンプエリア
- (d) 海水管トレンチエリア

b. 運転員が常駐する火災区域又は火災区画

フロアケーブルダクトを除く中央制御室は、常駐する運転員によって、高感度煙感知器による早期の火災感知及び消火

活動が可能であり、火災発生時に煙が充満する前に消火可能であることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(3) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ハロン消火設備又は自動消火設備である全域ハロン自動消火設備を設置し消火を行う設計とする。

ただし、以下の火災区域又は火災区画は、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

a. ディーゼル発電機室

ディーゼル発電機室は、人が常駐する火災区域ではないため、全域ハロン消火設備等は設置せず、二酸化炭素自動消火設備を設置する設計とする。

b. 原子炉格納容器

中央制御室からの手動操作による固定式消火設備又は自動消火設備を適用する場合は、原子炉格納容器内の自由体積が約 7.4 万 m³あることから、原子炉格納容器内全体に消火剤を充満させるまで時間を要する。このため、原子炉格納容器の消火設備は、火災発生時の煙の充満による消火活動が困難でない場合には、早期に消火が可能であることから、常駐する運転員及び消防要員（以下「消防要員等」という。）による消火を行う設計とする。

火災発生時の煙の充満及び放射線の影響のため消防要員等による消火活動が困難である場合は、中央制御室からの手動操作が可能であり、原子炉格納容器全域を水滴で覆うことのできる「9.2 原子炉格納容器スプレー設備」に示す、原子炉格納容器スプレー設備による手動消火を行う設計とする。

(4) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

a. ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア及び燃料油貯蔵タンクエリア

ディーゼル発電機燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクは、乾燥砂で覆われ地下に埋設されているため、火災の規模は小さい。また、油火災であることを考慮し、消火器で消火を行う設計とする。

b. 海水ポンプエリア及び海水管トレンチエリア

海水ポンプエリア及び海水管トレンチエリアは、全域ハロン消火設備等は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

c. 中央制御室

フロアケーブルダクトを除く中央制御室は、全域ハロン消火設備等は設置せず、粉末消火器で消火を行う設計とする。また、中央制御盤内の火災については、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器で消火を行う。

1.6.1.3.2.2 放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域に設置する消火設備

放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域に設置する消火設備は、当該火災区域が、火災発生時の煙の充満及び放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域であるかを考慮して設計する。

(1) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区域の選定

放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域は、基本的に、火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となるものとして選定する。

(2) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域の選定

放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域のうち、以下の火災区域は、消火活動が困難とならない場所として選定する。

a. 液体廃棄物処理設備

液体廃棄物処理設備を設置する火災区域は、火災が発生し液体放射性物質が流出しても可燃物とはならず床ドレンに回収される。また、液体廃棄物処理設備の周りは、可燃物を少

なくすることで煙の発生を抑える設計とし、周囲の火災荷重を低く管理することから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

b. 使用済燃料ピット

使用済燃料ピットの側面と底面は金属に覆われており、ピット内は水で満たされ、使用済燃料は火災の影響を受けないことから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

c. 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は、側面と底面が金属とコンクリートに覆われており可燃物を置かない設計とするため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

d. 3－固体廃棄物貯蔵庫

3－固体廃棄物貯蔵庫は、不燃性の固体廃棄物のみを貯蔵保管している。また、3－固体廃棄物貯蔵庫内は、可燃物を少なくすることで煙の発生を抑える設計とし、火災荷重を低く管理することから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(3号炉)

e. 蒸気発生器保管庫

蒸気発生器保管庫は、不燃性の固体廃棄物のみを貯蔵保管している。また、蒸気発生器保管庫内は、可燃物を少なくすることで煙の発生を抑える設計とし、火災荷重を低く管理することから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(4号炉)

e. アニュラス空気再循環設備弁エリア

アニュラス空気再循環設備弁は、電線管及び金属被覆の可とう電線管の中にケーブルを敷設する設計としている。

また、アニュラス空気再循環設備弁の周りは、可燃物を少なくすることで煙の発生を抑える設計とし、周囲の火災荷重を低く管理することから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(3) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区

域に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となる放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域は、中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ハロン消火設備、水噴霧消火設備、泡消火設備のいずれか、又は自動消火設備である全域ハロン自動消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(4) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域に設置する消火設備

a. 液体廃棄物処理設備

液体廃棄物処理設備を設置する火災区域は、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

b. 使用済燃料ピット

使用済燃料ピットは、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置しない設計とする。

c. 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫は、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

d. 3 - 固体廃棄物貯蔵庫

3 - 固体廃棄物貯蔵庫は、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

(3号炉)

e. 蒸気発生器保管庫

蒸気発生器保管庫は、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

(4号炉)

e. アニュラス空気再循環設備弁エリア

アニュラス空気再循環設備弁エリアは、手動操作による固定式消火設備及び自動消火設備は設置せず、消火器又は水で消火を行う設計とする。

(5) 使用済樹脂貯蔵タンクの消火設備

使用済樹脂貯蔵タンクは、放射線の影響のため消火活動が困難な場所であるが、使用済樹脂貯蔵タンクは、金属製であること、タンク内に貯蔵する樹脂は水に浸かっており、使用済樹脂貯蔵タンクは、コンクリートで覆われ、発火源となる可燃物がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、使用済樹脂貯蔵タンク室は、消火設備を設置しない設計とする。

(6) 使用済燃料乾式貯蔵施設の消火設備

使用済燃料乾式貯蔵施設は、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアには、可燃物を置かず発火源を極力排除した設計とすることから、火災による安全機能への影響は考えにくい。

したがって、使用済燃料乾式貯蔵施設は、消火器及び水消火設備を設置する設計とする。

1.6.1.3.2.3 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

(3号炉)

消火用水供給系の水源は、原水タンク（約10,000m³）を2基設置し多重性を有する設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備は、格納容器スプレイポンプを2台設置する等、系統の多重性を有する設計とし、水源は、使用可能な場合に水源とする原水タンクは2基、原水タンクが使用できない場合に水源とする燃料取替用水タンクを1基設置する設計とする。なお、燃料取替用水タンクは、原子炉格納容器スプレイ設備により消火を行う時間が24時間以内であることから、単一故障を想定しない設計とする。

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

(4号炉)

消火用水供給系の水源は、原水タンク（約10,000m³）を2基設置し多重性を有する設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備は、格納容器スプレイポンプを2台設置する等、系統の多重性を有する設計とし、水源は、使用可能な場合に水源とする原水タンクは2基、原水タンクが使用できない場合に水源とする燃料取替用水ピットを1基設置する設計とする。なお、燃料取替用水ピットは、原子炉格納容器スプレイ設備により消火を行う時間が24時間以内であることから、単一故障を想定しない設計とする。

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

1.6.1.3.2.4 系統分離に応じた独立性の考慮

原子炉の安全停止に必要な機器等のうち、火災防護対象機器等の系統分離を行うために設置する全域ハロン自動消火設備は、以下に示すとおり、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

- ・静的機器である消火配管は、静的機器は24時間以内の単一故障の想定が不要であり、また、基準地震動で損傷しないよう設計するため、多重化しない。
- ・動的機器である選択弁等の単一故障を想定して選択弁等は多重化する設計とし、動的機器である容器弁の単一故障を想定して容器弁及びボンベも必要本数以上設置し、両系列の火災防護対象機器等の消火設備が機能を失わない設計とする。

1.6.1.3.2.5 火災に対する二次的影響の考慮

二酸化炭素自動消火設備、全域ハロン消火設備及び全域ハロン自動消火設備は、電気絶縁性の高いガスを採用することで、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ばない設計とする。

また、これら消火設備のボンベ及び制御盤は、消火対象となる火

災区域又は火災区画とは別のエリアに設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ポンベに接続する破壊板によりポンベの過圧を防止する設計とする。

泡消火設備及び水噴霧消火設備は、火災が発生している火災区域からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線及び爆発等の二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないよう、消火対象となる火災区域とは別のエリアに制御盤等を設置する設計とする。

1.6.1.3.2.6 想定火災の性質に応じた消火剤の容量

消火設備に必要な消火剤の容量について、泡消火設備は、消防法施行規則第 18 条、二酸化炭素自動消火設備は、消防法施行規則第 19 条、全域ハロン消火設備及び全域ハロン自動消火設備は、消防法施行規則第 20 条に基づき設計する。

消火剤に水を使用する水消火設備の容量の設計は、「1.6.1.3.2.8 消火用水の最大放水量の確保」に示す。

1.6.1.3.2.7 移動式消火設備の配備

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

1.6.1.3.2.8 消火用水の最大放水量の確保

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

水消火設備に必要な消火水の容量について、水噴霧消火設備は、消防法施行規則第 16 条（水噴霧消火設備に関する基準）、屋内消火栓は、消防法施行令第 11 条（屋内消火栓設備に関する基準）、屋外消火栓は消防法施行令第 19 条（屋外消火栓設備に関する基準）に基づき設計する。

1.6.1.3.2.9 水消火設備の優先供給

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

1.6.1.3.2.10 消火設備の故障警報

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

1.6.1.3.2.11 消火設備の電源確保

(1) 消火用水供給系

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

原子炉格納容器スプレイ設備は、外部電源喪失時にも起動できるように非常用電源より給電することにより、消火設備の機能を喪失しない設計とする。

(2) 二酸化炭素自動消火設備、全域ハロン自動消火設備等

二酸化炭素自動消火設備、全域ハロン自動消火設備、全域ハロン消火設備、泡消火設備及び水噴霧消火設備は、外部電源喪失時にも設備の作動に必要な電源を蓄電池により確保することにより、消火設備の機能を喪失しない設計とする。

1.6.1.3.2.12 消火栓の配置

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火栓は、消防法施行令第11条（屋内消火栓設備に関する基準）及び第19条（屋外消火栓設備に関する基準）に準拠し、屋内は消火栓から半径25mの範囲、屋外は消火栓から半径40mの範囲における消火活動を考慮した設計とする。

1.6.1.3.2.13 固定式ガス消火設備の退出警報

固定式ガス消火設備として設置する二酸化炭素自動消火設備、全

域ハロン自動消火設備及び全域ハロン消火設備は、作動前に職員等の退出ができるように警報を発する設計とする。

1.6.1.3.2.14 管理区域内からの放出消火剤の流出防止

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

1.6.1.3.2.15 消火用の照明器具

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

1.6.1.3.3 地震等の自然現象の考慮

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

1.6.1.3.3.1 凍結防止対策

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

また、屋外に設置する火災感知設備については、外気温度が -10℃まで低下しても使用可能な火災感知器を設置する設計とする。

1.6.1.3.3.2 風水害対策

ディーゼル消火ポンプ、電動消火ポンプ、全域ハロン自動消火設備、全域ハロン消火設備及び水噴霧消火設備は、風水害により性能が阻害されないよう、流れ込む水の影響を受けにくい屋内に設置する設計とする。

泡消火設備のように、屋外に消火設備の制御盤、タンク等を設置する場合は、風水害により性能が阻害されないよう、制御盤、タンク

ク等の浸水防止対策を講じる設計とする。

屋外の火災感知設備は、火災感知器の予備を保有し、風水害の影響を受けた場合にも、早期に取替えを行うことにより当該設備の機能及び性能を復旧する設計とする。

1.6.1.3.3.3 地震対策

(1) 地震対策

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

耐震Sクラスの機器を設置する火災区域又は火災区画に設置される油を内包する耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器に基準地震動による損傷に伴う火災が発生した場合においても、火災防護対象機器等の機能が維持される設計とする。

(2) 地盤変位対策

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

また、建屋外部から建屋内部の消火栓に給水することが可能な給水接続口を建屋に設置する設計とする。

1.6.1.3.4 消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響

二酸化炭素は不活性であること及びハロンは電気絶縁性が大きく揮発性も高いことから、設備の破損、誤作動又は誤操作により消火剤が放出されても電気及び機械設備に影響を与えないため、火災区域又は火災区画に設置するガス系消火設備には、二酸化炭素自動消火設備、全域ハロン消火設備等を選定する設計とする。

ディーゼル発電機は、ディーゼル発電機室に設置する二酸化炭素自動消火設備の破損、誤作動又は誤操作により二酸化炭素の放出による窒息を考慮しても機能が喪失しないよう、外気より給気を取り

入れる設計とする。

固体廃棄物貯蔵庫には、消火設備の破損、誤作動又は誤操作により消火剤が放出されても、ドラム缶から放射性廃棄物が放出されない泡消火設備を設置する設計とする。

消火設備の放水等による溢水は、「1.7 溢水防護に関する基本方針」に基づき、安全機能への影響がないよう設計する。

1.6.1.4 火災の影響軽減のための対策

1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策

安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、「1.6.1.4.1.1 火災区域の分離」から「1.6.1.4.1.8 油タンクに対する火災の影響軽減のための対策」に示す火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

1.6.1.4.1.1 火災区域の分離

原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域のうち、他の火災区域又は火災区画と隣接する場合は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm⁽¹⁰⁾以上の壁厚を有するコンクリート壁又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）によって、他の火災区域又は火災区画から分離する設計とする。

なお、火災区域の目皿には、他の火災区域又は火災区画からの煙の流入防止を目的として、煙等流入防止装置を設置する設計とする。

1.6.1.4.1.2 火災防護対象機器等の系統分離

火災が発生しても、原子炉を安全停止するためには、プロセスを監視しながら原子炉を停止し、冷却を行うことが必要であり、このためには、成功パスを、手動操作に期待してでも、少なくとも1つ確保するよう系統分離対策を講じる必要がある。

このため、火災防護対象機器等を設置する火災区域又は火災区画に対して、火災区域内又は火災区画内の火災の影響軽減のための対策や隣接する火災区域又は火災区画における火災の影響を軽減するために、以下の対策を講じる設計とする。

ただし、以下の対策と同等の対策を行う中央制御盤及び原子炉格納容器については、「1.6.1.4.1.3 中央制御盤内に対する火災の影響軽減のための対策」及び「1.6.1.4.1.4 原子炉格納容器内に対する火災の影響軽減のための対策」で示す。

(1) 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等

互いに相違する系列の火災防護対象機器等は、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。

(2) 水平距離6m以上、火災感知設備及び自動消火設備

互いに相違する系列の火災防護対象機器等は、仮置きするものを含めて可燃性物質のない水平距離を6m以上確保する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を作動させるために設置し、自動消火設備の誤作動防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を作動させる設計とする。

自動消火設備は、全域ハロン自動消火設備を設置する設計とする。

(3) 1時間耐火隔壁等、火災感知設備及び自動消火設備

互いに相違する系列の火災防護対象機器等について、互いの系列間を分離するために、1時間の耐火能力を有する隔壁等を設置する設計とする。

隔壁等は、火災耐久試験により1時間の耐火性能を有することを確認する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を作動させるために設置し、自動消火設備の誤作動防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を作動させる設計とする。

自動消火設備は、全域ハロン自動消火設備を設置する設計とする。

1.6.1.4.1.3 中央制御盤内に対する火災の影響軽減のための対策

中央制御盤内は、「1.6.1.4.1.2 火災防護対象機器等の系統分離」とは異なる火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

中央制御盤内の火災防護対象機器等は、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を1時間の耐火能力を有する耐火隔壁で分離することが困難である。

また、中央制御盤内に火災が発生した場合は、常駐する運転員による早期の消火活動を行うこととし、自動消火設備は設置しない設計とする。

このため、中央制御盤内の火災防護対象機器等は、以下に示すとおり、実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策、高感度煙感知器の設置による早期の火災感知及び常駐する運転員による早期の消火活動に加え、火災により中央制御盤の1つの区画の安全機能が全て喪失しても、他の区画の制御盤の運転操作や現場の遮断器等の操作により、原子炉の安全停止が可能であることも確認し、火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

(1) 離隔距離等による系統分離

中央制御盤内の火災防護対象機器である操作スイッチ及びケーブルは、火災を発生させて近接する他の構成部品に火災の影響がないことを確認した実証試験の結果に基づき、以下に示す分離対策を講じる設計とする。

- a. 操作スイッチは、鋼板製筐体で覆い、さらに、実証試験により確認された離隔距離を確保する。
- b. 盤内配線は、相違する系列の端子台間及び相違する系列のテフロン電線間は、実証試験により確認された離隔距離を確保する。
- c. 相違する系列間を分離するための配線用バリアとしては、金属バリアによる離隔又は実証試験により確認された離隔距離を確保した盤内配線ダクトとする。
- d. ケーブルは、当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えない金属外装ケーブル、テフ

ロン電線及び難燃ケーブルを使用する。

(2) 高感度煙感知器の設置による早期の火災感知

- a. 中央制御室内に煙及び熱感知器を設置する設計とする。
- b. 中央制御盤内には、火災の早期感知を目的として、高感度煙感知器を設置する設計とする。

(3) 常駐する運転員による早期の消火活動

- a. 自動消火設備は設置しないが、中央制御盤内に火災が発生しても、高感度煙感知器からの信号により、常駐する運転員が早期に消火活動を行うことで、相違する系列の火災防護対象機器への火災の影響を防止できる設計とする。
- b. 常駐する運転員が早期消火を図るために消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。
- c. 消火設備は、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する。
- d. 火災の発生箇所の特정이困難な場合も想定し、サーモグラフィカメラ等、火災の発生箇所を特定できる装置を配備する。

(4) 原子炉の安全停止

火災により中央制御盤の1つの区画の安全機能が全て喪失しても、他の区画の制御盤の運転操作や現場の遮断器等の操作により、原子炉の安全停止が可能な設計とする。

1.6.1.4.1.4 原子炉格納容器内に対する火災の影響軽減のための対策

原子炉格納容器内は、「1.6.1.4.1.2 火災防護対象機器等の系統分離」とは異なる火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

原子炉格納容器内では、蒸気発生器の計器はループごとに配置し、ケーブルについては系列ごとに敷設して異なる貫通部に接続すること等により火災の影響軽減を図る。しかしながら、原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、ケーブルトレイが密集して設置されるため、互いに相違する系列を可能な範囲で隔離するが、全域に対しては水平距離を6 m以上確保することが困難である。また、1時

間耐火性能を有している耐火ボードや耐火シート等は、1次冷却材漏えい事故等が発生した場合にデブリ発生の要因となり格納容器再循環サンプの閉塞対策に影響を及ぼすため、互いに相違する系列を1時間の耐火能力を有する耐火隔壁で分離することが困難である。

自動消火設備に固定式のガス系消火設備を適用する場合は、原子炉格納容器内の自由体積が約7.4万m³あることから、原子炉格納容器内全体に消火剤を充満させるまで時間を要する。このため、原子炉格納容器の消火設備は、火災発生時の煙の充満による消火活動が困難でない場合、早期に消火が可能である、消防要員等による消火を行う設計とする。

火災発生時の煙の充満及び放射線の影響のため消防要員等による消火活動が困難である場合は、中央制御室からの手動操作が可能であり、原子炉格納容器内全域を水滴で覆うことのできる原子炉格納容器スプレー設備による手動消火を行う設計とする。

このため、原子炉格納容器内の火災防護対象機器等は、以下に示す火災の影響軽減のための対策に加え、原子炉格納容器内の動的機器がすべて火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の安全停止が可能であることも確認する設計とする。

また、原子炉格納容器内には可燃物を保管しない措置を講じ、原子炉格納容器内の以下の設備については、鉄製の筐体やケーシング等で構成することにより、火災発生時においても火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイへの火災影響の低減を図る。

- ・電気盤
- ・油内包機器である格納容器再循環ファン
- ・1次冷却材ポンプ電動機油回収タンク

また、油内包機器である格納容器冷却材ドレンポンプは、火災防護対象ケーブルを敷設するケーブルトレイから6mの範囲内に存在せず、火災防護対象ケーブルを敷設する電線管との間には、コンクリート製の壁が設置されており、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質は存在しないため、火災発生時においても火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイへの火災影響を防止できる。

(1) ケーブルトレイに対する鉄製蓋の設置

原子炉格納容器内に火災が発生した場合に、火災防護対象ケーブルに関連する火災防護対象機器の機能維持に対する信頼性を向上するために、以下に示すケーブルトレイに対して、延焼や火炎からの影響を防止できる鉄製の蓋を設置し、鉄製の蓋には、消火水がケーブルトレイへ浸入するための開口を設置する設計とする。

- a. 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6 m の離隔を有する場合は、いずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイの周囲6 m 範囲に位置するケーブルトレイに対して、鉄製蓋を設置する設計とする。
- b. 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6 m の離隔を有しない場合は、同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される両方のケーブルトレイ及びいずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイの周囲6 m 範囲に位置するケーブルトレイに対して、鉄製蓋を設置する設計とする。
- c. 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される電線管同士が6 m の離隔を有する場合は、いずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設される電線管の周囲6 m 範囲に位置するケーブルトレイに対して、鉄製蓋を設置する設計とする。
- d. 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される電線管同士が6 m の離隔を有しない場合は、上記c. と同じ対策を実施する設計とする。

(2) 火災感知設備

非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する設計とする。

(3) 消防要員等又は原子炉格納容器スプレイ設備による消火

- a. 自動消火設備は設置しないが、消防要員等が原子炉格納容

器内へ進入可能な場合は、手順を定め、訓練を実施している消防要員等により、消火器又は水を用いて早期に消火を行う設計とする。

- b. 消防要員等が原子炉格納容器内へ進入困難な場合は、中央制御室で手動操作可能な原子炉格納容器スプレイ設備を用いた消火を実施する設計とする。なお、1次冷却材ポンプの上部は開口となっているため、1次冷却材ポンプに火災が発生した場合にも、原子炉格納容器スプレイ設備による消火は可能である。

(4) 原子炉の安全停止

火災防護対象機器等への延焼を抑制する距離の確保、火災防護対象機器等に延焼するおそれがある火災を感知する火災感知器の配置及び消防要員等による消火活動又は中央制御室から手動操作可能な原子炉格納容器スプレイ設備を用いた消火活動により、両系列の火災防護対象機器等が火災により機能を失うことを防止する設計とする。

また、以下に示す設計により、原子炉格納容器内の動的機器が全て火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の安全停止は可能である。

- ・原子炉の高温停止

火災発生時にも原子炉の高温停止が可能となるよう、火災の影響を受けても、制御棒は炉心に全挿入する設計とする。

- ・原子炉の高温停止の維持

火災発生時にも原子炉の高温停止の維持が可能となるよう、火災の影響を受けない原子炉格納容器外に補助給水設備と主蒸気系統設備を設置し、これらを用いた蒸気発生器による除熱を可能とする設計とする。

- ・原子炉の低温停止への移行

火災鎮火後、原子炉格納容器内の電動弁を手動操作し余熱除去設備を使用することで、低温停止への移行を可能とする設計とする。

1.6.1.4.1.5 放射性物質貯蔵等の機器等に対する火災の影響軽減のための対策

放射性物質の貯蔵、かつ、閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm⁽¹⁰⁾以上の壁厚を有するコンクリート壁又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）により、他の火災区域と分離する設計とする。

ただし、放射性物質の貯蔵のみを有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域であり、他の火災区域と隣接しない火災区域は、耐火壁による放射性物質の閉じ込め機能に期待しないため、火災区域の境界壁は3時間以上の耐火能力を確保しない設計とする。

1.6.1.4.1.6 換気設備に対する火災の影響軽減のための対策

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域に関連する換気設備には、他の火災区域又は火災区画へ、火、熱又は煙の影響が及ばないように、防火ダンパを設置する設計とする。

換気設備のフィルタは、「1.6.1.2.2.4 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用」に示すとおり、チャコールフィルタを除き、難燃性のものを使用する設計とする。

1.6.1.4.1.7 煙に対する火災の影響軽減のための対策

運転員が常駐する中央制御室の火災発生時の煙を排気するために、建築基準法に準拠した容量の排煙設備を設置する設計とする。なお、排煙設備は、中央制御室専用であるため、放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

電気ケーブルが密集するフロアケーブルダクトは、ハロン消火設備による手動消火を行う設計とする。

なお、引火性液体が密集するディーゼル発電機燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクは、屋外に設置するため、煙が大気に放出されることから、排煙設備を設置しない設計とする。

1.6.1.4.1.8 油タンクに対する火災の影響軽減のための対策

火災区域又は火災区画に設置される油タンクは、換気空調設備による排気又はベント管により、屋外へ排気する設計とする。

1.6.1.4.2 火災影響評価

火災の影響軽減のための対策を前提とし、設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に想定される発電用原子炉施設内の火災によって、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を安全停止できることを「1.6.1.4.2.1 火災伝播評価」から「1.6.1.4.2.3 隣接火災区域（区画）に火災の影響を与える火災区域（区画）に対する火災影響評価」に示す火災影響評価により確認する。

ただし、中央制御盤及び原子炉格納容器に対しては、「1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策」で示すとおり、火災が発生しても、原子炉の安全停止は可能である。

また、内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生する可能性があるため、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するための機器に単一故障を想定しても、以下の状況を考慮し、事象が収束して原子炉は支障なく低温停止に移行できることを確認する。

- ・運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故を発生させる原因となる系統、機器に係る機能と運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故を収束させるための系統、機器に係る機能は、制御盤間の隔離距離により同時に喪失しない。
- ・中央制御盤内の延焼時間内に対応操作が可能である。

なお、「1.6.1.4.2 火災影響評価」では、火災区域又は火災区画を、「火災区域（区画）」と記載する。

1.6.1.4.2.1 火災伝播評価

当該火災区域（区画）の火災発生時に、隣接火災区域（区画）に火災の影響を与える場合は、隣接火災区域（区画）も含んだ火災影響評価を行う必要があるため、当該火災区域（区画）の火災影響評価に先立ち、当該火災区域（区画）に火災を想定した場合の隣接火災区域（区画）への火災の影響の有無を確認する火災伝播評価を実施する。

1.6.1.4.2.2 隣接火災区域（区画）に火災の影響を与えない火災区域（区画）に対する火災影響評価

火災伝播評価により、隣接火災区域（区画）に火災の影響を与えない火災区域（区画）は、当該火災区域（区画）内に設置される耐震Bクラス及び耐震Cクラス機器の火災も含めた機器の機能喪失を想定しても、「1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の安全停止に必要な成功パスが少なくとも1つ確保され、原子炉の安全停止が可能であることを確認する。

1.6.1.4.2.3 隣接火災区域（区画）に火災の影響を与える火災区域（区画）に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区域（区画）に火災の影響を与える火災区域（区画）は、当該火災区域（区画）と隣接火災区域（区画）の2区域（区画）内に設置される耐震Bクラス及びCクラス機器の火災も含めた機器の機能喪失を想定しても、「1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により、原子炉の安全停止に必要な成功パスが少なくとも1つ確保され、原子炉の安全停止が可能であることを確認する。

1.6.1.5 その他

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

1.6.1.5.1 フロアケーブルダクト

フロアケーブルダクトは、フロアケーブルダクト内に敷設する安全系ケーブルが1系列のみであることから、系統分離が不要な設計とし、手動操作の固定式消火設備であるハロン消火設備により消火する設計とする。

1.6.1.5.2 電気室

安全補機開閉器室は、電源供給のみに使用する設計とする。

1.6.1.5.3 蓄電池室

蓄電池室は、以下のとおり設計する。

- (1) 蓄電池室には、蓄電池のみを設置し、直流開閉装置やインバータは設置しない設計とする。
- (2) 蓄電池室の換気設備は、蓄電池室内の水素濃度を2 vol%以下に維持するため、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」(SBA G 0603)に基づき、水素ガスの排気に必要な換気量以上となるよう設計する。
- (3) 蓄電池室の換気設備が停止した場合には、中央制御室に警報を発するよう設計する。

1.6.1.5.4 ポンプ室

ポンプ室は、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備等を設置する設計とするが、固定式消火設備等の消火設備によらない消火活動も考慮し、煙を排気できる可搬型の排風機を設置できる設計とする。

1.6.1.5.5 中央制御室

中央制御室を含む火災区域の換気空調設備には、防火ダンパを設置する設計とする。また、中央制御室の床面には、防災性を有するカーペットを使用する設計とする。

1.6.1.5.6 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備及び使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料貯蔵設備は、消火水が流入しても未臨界となるように

燃料体等を配置する設計とする。新燃料貯蔵設備は、消火水が噴霧されても臨界とならないよう、新燃料を貯蔵するラックは一定のラック間隔を有する設計とする。

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

1.6.1.5.7 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

- (1) 換気設備は、環境への放射性物質の放出を防ぐために、排気筒に繋がるダンパを閉止し隔離できるよう設計する。
- (2) 放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂、チャコールフィルタ及び HEPA フィルタは、固体廃棄物として処理を行うまでの間、金属製の容器や不燃シートに包んで保管する設計とする。
- (3) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備を設置する火災区域には、崩壊熱による火災の発生を考慮する必要がある放射性物質を貯蔵しない設計とする。

1.13 参考文献

- (10) 「原子力発電所の火災防護指針 JEAG4607-2010」
(社) 日本電気協会 2010

(3) 適合性説明

(火災による損傷の防止)

第八条 設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）及び消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

1 適合のための設計方針

使用済燃料乾式貯蔵施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、火災発生防止、火災感知及び消火並びに火災の影響軽減の措置を講じるものとする。

(1) 火災発生防止

使用済燃料乾式貯蔵施設は、不燃性又は難燃性材料と同等以上の性能を有するものである場合若しくは他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合を除き、不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。

電気系統については、必要に応じて、過電流継電器等の保護装置と遮断器の組み合わせ等により、過電流による過熱、焼損の防止を図るとともに、必要な電気設備に接地を施す。

落雷や地震により火災が発生する可能性を低減するため、避雷設備を設けるとともに、安全上の重要度に応じた耐震設計を行う。

(2) 火災感知及び消火

使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、

使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止する。

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

したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから使用済燃料乾式貯蔵施設は、消防法に基づき火災感知設備、消火器及び水消火設備を設置する設計とする。

輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には、自衛消防隊にて対応する。

(3) 火災の影響軽減のための対策

使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能のみを有する構築物、系統及び機器を設置する耐火壁に囲まれた火災区域であり、他の火災区域と隣接しない。

1.3 設備等

10.5 火災防護設備

10.5.1 設計基準対象施設

10.5.1.1 概要

発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される、安全機能を有する構築物、系統及び機器（10.5において本文口(3)(i)a.(c-1-2)に同じ。）を火災から防護することを目的として、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

火災の発生防止は、発火性又は引火性物質等に対して火災の発生防止対策を講じる他、水素に対する換気及び漏えい検知対策、電気系統の過電流による過熱、焼損の防止対策等を行う。

火災の感知及び消火は、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行えるように、火災感知設備及び消火設備を設置する。火災感知設備及び消火設備の設置に当たっては、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持され、かつ、安全機能を有する構築物、系統及び機器は、消火設備の破損、誤作動又は誤操作によって安全機能を失うことのないよう設置する。火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、機能を維持できるよう設置する。原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器相互の系統分離を行うために設ける火災区域及び火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を備えるよう設置する。

火災の影響軽減は、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、系統分離等の火災の影響軽減のための対策を行う。

また、火災の影響軽減のための対策を前提とし、設備等の設置状

況を踏まえた可燃性物質の量等を基に、発電用原子炉施設内の火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できることを、火災影響評価により確認する。

10.5.1.2 設計方針

発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される、原子炉の高温停止、低温停止を達成し、維持する機能及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、火災発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

(1) 火災発生防止

発火性又は引火性物質の漏えい防止の措置や不燃性又は難燃性材料の使用等、火災の発生を防止する。

(2) 火災の感知及び消火

火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行う。

(3) 火災の影響軽減

安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、火災の影響軽減対策を行う。

10.5.1.3 主要設備

10.5.1.3.1 火災発生防止設備

発電用原子炉施設は、「1.6.1 設計基準対象施設の火災防護に関する基本方針」における「1.6.1.2 火災発生防止」に示すとおり、発火性又は引火性物質の漏えい防止のためのオイルパン、ドレンリ

ム又は堰等の設備を設置する。

10.5.1.3.2 火災感知設備

火災感知設備の火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や想定される火災の性質を考慮して、異なる種類の固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器（赤外線）の組合せを基本として、以下のとおり設置する。

(1) 一般エリア

一般エリアは、アナログ式の煙感知器（一部3号及び4号炉共用）、アナログ式の熱感知器（一部3号及び4号炉共用）又は非アナログ式の炎感知器（赤外線）（一部3号及び4号炉共用）から異なる種類の感知器を組み合わせで設置する。

(2) 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する。

(3) 体積制御タンク室、活性炭式希ガスホールドアップ装置エリア及び蓄電池室

体積制御タンク室、活性炭式希ガスホールドアップ装置エリア及び蓄電池室は、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する。

(4) 海水管トレンチエリア

海水管トレンチエリアは、電線管近傍に光ファイバ温度監視装置及び電線管を接続するプルボックス内にアナログ式の煙感知器を設置する。また、海水ストレーナが設置される場所は非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器（赤外線）を設置する。

(5) 海水ポンプエリア

海水ポンプエリアは、非アナログ式の防爆型の熱感知器及び非アナログ式の防爆型の炎感知器（赤外線）を設置する。

(6) ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア及び燃料油貯蔵タンクエリア

ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア及び燃料油貯蔵タンク

クエリアは、非アナログ式の防爆型の煙感知器及び非アナログ式の防爆型の熱感知器を設置する。

(7) フロアケーブルダクト

フロアケーブルダクトは、アナログ式の煙感知器及び光ファイバ温度監視装置を設置する。

(8) 中央制御盤内

中央制御室の中央制御盤内には、高感度煙感知器を設置する。

(9) 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設には、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器（赤外線）を設置する。

10.5.1.3.3 消火設備

原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画並びに放射線物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域の火災を早期に消火するために、火災区域の消火活動に対応できるように、水消火設備を設置する。水消火設備の系統構成を第 10.5.1 図に示す。

また、その他の消火設備は、火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画であるかを考慮し、以下のとおり設置する。

消火設備は、第 10.5.1 表に示す故障警報を中央制御室に発する設備を設置する。

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

(1) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画には、中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ハロン消火設備（一部 3 号及び 4 号炉共用）又は自動消火設備である全域ハロン自動消火設備（一部 3 号及

び4号炉共用)を設置する。

全域ハロン消火設備の概要図を第10.5.2図、全域ハロン自動消火設備の概要図を第10.5.3図に示す。

また、系統分離に応じた独立性を考慮した全域ハロン自動消火設備の概要図を第10.5.4図に示す。

ただし、以下の火災区域又は火災区画は、上記と異なる消火設備を設置する。

a. ディーゼル発電機室

ディーゼル発電機室は、二酸化炭素自動消火設備を設置する。

(3号炉)

b. 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、消火器及び水消火設備を設置するとともに、原水タンク及び燃料取替用水タンクを水源とする原子炉格納容器スプレー設備を設置する。

(4号炉)

b. 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、消火器及び水消火設備を設置するとともに、原水タンク及び燃料取替用水ピットを水源とする原子炉格納容器スプレー設備を設置する。

(2) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

a. ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリア

ディーゼル発電機燃料油貯油そうエリアには、消火器を設置する。

b. 燃料油貯蔵タンクエリア

燃料油貯蔵タンクエリアには、消火器を設置する。

c. 海水ポンプエリア及び海水管トレンチエリア

海水ポンプエリア及び海水管トレンチエリアには、消火器及び水消火設備を設置する。

d. 中央制御室

中央制御室には、粉末消火器及び二酸化炭素消火器を設置する。

10.5.1.3.3.2 放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域に設置する消火設備

(1) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難となる火災区域に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満により消火活動が困難となる放射性物質貯蔵等の機器等を設置する火災区域の消火設備は、中央制御室からの手動操作による固定式消火設備である全域ハロン消火設備、水噴霧消火設備（3号及び4号炉共用）、泡消火設備（3号及び4号炉共用）のいずれか、又は自動消火設備である全域ハロン自動消火設備を設置する。

水噴霧消火設備の概要図を第10.5.5図、泡消火設備の概要図を第10.5.6図に示す。

(2) 火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とならない火災区域に設置する消火設備

a. 液体廃棄物処理設備

液体廃棄物処理設備を設置する火災区域は、消火器及び水消火設備を設置する。

b. 新燃料貯蔵庫

新燃料貯蔵庫を設置する火災区域は、消火器及び水消火設備を設置する。

c. 3－固体廃棄物貯蔵庫

3－固体廃棄物貯蔵庫は、消火器及び水消火設備を設置する。

(3号炉)

d. 蒸気発生器保管庫

蒸気発生器保管庫は、消火器及び水消火設備を設置する。

(4号炉)

d. アンユラス空気再循環設備弁エリア

アニュラス空気再循環設備弁エリアは、消火器又は水消火設備を設置する。

e. 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設は、消火器及び水消火設備を設置する。

10.5.1.3.4 火災の影響軽減のための対策設備

火災の影響軽減のための対策設備は、安全機能を有する構築物、システム及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、火災の影響軽減のための対策を講じるために、以下のとおり設置する。

10.5.1.3.4.1 火災区域の分離を実施する設備

他の火災区域又は火災区画と分離するために、以下のいずれかの耐火能力を有する耐火壁を設置する。

- (1) 3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm以上の壁厚のコンクリート壁
- (2) 火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁

10.5.1.3.4.2 火災防護対象機器等の火災の影響軽減のための対策を実施する設備

火災防護対象機器等を設置する火災区域及び火災区画に対して、火災区域内又は火災区画内の火災の影響軽減のための対策や隣接する火災区域又は火災区画における火災の影響を軽減するための対策を実施するための隔壁等として、以下のいずれかの設備を設置する。

火災の影響を軽減するための対策を実施するために設置する火災感知設備及び自動消火設備は、「10.5.1.3.2 火災感知設備」及び「10.5.1.3.3 消火設備」の設備を設置する。

- (1) 火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等
- (2) 火災耐久試験により1時間以上の耐火能力を確認した隔壁等

10.5.1.4 主要仕様

10.5.1.4.1 火災感知設備

火災感知設備の火災感知器の概略を第 10.5.2 表に示す。

10.5.1.4.2 消火設備

消火設備の概略仕様を第 10.5.3 表に示す。

10.5.1.5 試験検査

10.5.1.5.1 火災感知設備

アナログ型の火災感知器を含めた火災感知設備は、機能に異常がないことを確認するため、定期的に自動試験を実施する。

ただし、自動試験機能のない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するために、煙等の火災を模擬した試験を定期的実施する。

10.5.1.5.2 消火設備

機能に異常がないことを確認するために、消火設備の作動確認を実施する。

ただし、原子炉格納容器スプレイ設備は、原子炉格納容器スプレイ機能を定期的に確認する作動試験において、その機能を確認する。

10.5.1.6 体制

火災防護に関する以下の体制に関する事項を、火災防護計画に定める。

火災発生時の発電用原子炉施設の保全のための活動を行うため、通報連絡者、運転員及び消防要員が常駐するとともに、火災発生時には、所員により編成する自衛消防隊を所長の判断により設置する。自衛消防隊の組織体制を第 10.5.7 図に示す。

10.5.1.7 手順等

火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施するために必要な手順について定める。また、

発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、火災区域及び火災区画を考慮した火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づく火災防護対策等について定める。

このうち、火災防護対策を実施するために必要な手順等の主なものを以下に示す。

- (1) 火災が発生していない平常時の対応においては、以下の手順を定める。
 - a. 中央制御室内の巡視点検によって、火災が発生していないこと及び火災感知設備に異常がないことを火災報知盤で確認する。
 - b. 消火設備の故障警報が発信した場合には、中央制御室及び必要な現場の制御盤の警報を確認する。
- (2) 消火設備のうち、自動消火設備を設置する火災区域又は火災区画における火災発生時の対応においては、以下の手順を定める。
 - a. 火災感知器が作動した場合は、火災区域又は火災区画からの退避警報及び自動消火設備の作動状況を確認する。
 - b. 自動消火設備の作動後は、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
- (3) 消火設備のうち、手動操作による固定式消火設備を設置する火災区域又は火災区画における火災発生時の対応においては、以下の手順を定める。
 - a. 火災感知器が作動し、火災を確認した場合は、初期消火活動を行う。
 - b. 消火活動が困難な場合は、職員の退避を確認後、固定式消火設備を手動操作により作動させ、作動状況の確認、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
- (4) 原子炉格納容器内における火災発生時の対応においては、以下の手順を定める。
 - a. 当直課長が局所火災と判断し、かつ、原子炉格納容器内への進入が可能であると判断した場合は、消火器又は水による消火活動を実施するとともに、消火状況の確認、プラント運

転状況の確認等を行う。

- b. 当直課長が原子炉格納容器内へ進入できないと判断した場合又は広範囲な火災と判断した場合は、プラントを停止するとともに、原子炉格納容器スプレイ設備を使用した消火を実施し、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
- (5) 中央制御盤内における火災発生時の対応においては、以下の手順を定める。
- a. 高感度煙感知器により火災を感知し、火災を確認した場合は、常駐する運転員による二酸化炭素消火器を用いた初期消火活動、プラント運転状況の確認等を行う。
 - b. 煙の充満により運転操作に支障がある場合は、火災発生時の煙を排気するため、排煙設備を起動する。
 - c. 中央制御盤の1つの区画の安全機能が全て喪失した場合における原子炉の安全停止に関する手順を定める。
- (6) 水素ガス検知器を設置する火災区域又は火災区画における水素濃度上昇時の対応として、換気設備の運転状態の確認、換気設備の追加起動等を実施する手順を定める。
- (7) 火災発生時の煙の充満により消火活動に支障がある場合を考慮し、ポンプ室の消火活動時には可搬式の排風機を準備することを定めた手順を定める。
- (8) 屋外消火配管の凍結防止対策の対応として、外気温度が0℃まで低下した場合は、屋外の消火設備の凍結を防止するために屋外消火栓及び消火配管のブロー弁を微開し、通水する手順を定める。
- (9) 火災の影響軽減のための対策を実施するために、火災区域又は火災区画における点検等で使用する資機材（可燃物）に対する持込みと保管に係る手順を定める。
- (10) 火災の発生を防止するために、火災区域又は火災区画における溶接等の火気作業に対する以下の手順を定める。
- a. 火気作業前の計画策定
 - b. 火気作業時の養生、消火器等の配備、監視人の配置等
- (11) 火災区域、火災防護対象機器等、火災の影響軽減のための隔壁等の設計変更に当たっては、発電用原子炉施設内の火災によ

って、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を安全停止できることを火災影響評価により確認する。

第 10.5.1 表 消火設備の主な故障警報

設備		主な警報要素
消 火 ポンプ	電動消火ポンプ	ポンプ自動停止、電動機過負荷
	ディーゼル消火ポンプ	ポンプ自動停止、装置異常 (燃料及び冷却水レベルの低下)
消 火 設 備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 二酸化炭素自動消火設備 ・ 全域ハロン自動消火設備 ・ 全域ハロン消火設備 ・ 泡消火設備 ・ 水噴霧消火設備 	設備異常 (電源故障、断線、短絡、地絡等)

第 10.5.2 表 火災感知設備の火災感知器の概略

火災感知器の設置箇所	火災感知器の設置型式	
一般エリア	煙感知器 (一部 3 号及び 4 号炉共用)	熱感知器 (一部 3 号及び 4 号炉共用)
		炎感知器 (赤外線) ※ (一部 3 号及び 4 号炉共用)
原子炉格納容器	防爆型煙感知器※	防爆型熱感知器※
体積制御タンク室、活性炭式 希ガスホールドアップ装置エ リア及び蓄電池室	防爆型煙感知器※	防爆型熱感知器※
海水管トレンチエリア	煙感知器	光ファイバ 温度監視装置
	防爆型熱感知器※	防爆型炎感知器 (赤外線) ※
海水ポンプエリア	防爆型熱感知器※	防爆型炎感知器 (赤外線) ※
ディーゼル発電機 燃料油貯油そうエリア 及び 燃料油貯蔵タンクエリア	防爆型煙感知器※	防爆型熱感知器※
フロアケーブルダクト	煙感知器	光ファイバ 温度監視装置
中央制御盤内	高感度煙感知器	
使用済燃料乾式貯蔵施設	煙感知器、熱感知器、炎感知器 (赤外線) ※	

※：非アナログ式の火災感知器

第 10.5.3 表 消火設備の概略仕様

(1) 電動消火ポンプ

- ・台数 1
- ・出力 約 450kW
- ・容量 約 840m³/h

(2) ディーゼル消火ポンプ

- ・台数 1
- ・出力 約 650PS
- ・容量 約 840m³/h

(3) 全域ハロン消火設備（一部 3 号及び 4 号炉共用）

- ・消火剤：ハロン 1301
- ・消火剤量：1 m³ 当たり 0.32kg 以上
- ・設置箇所：火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画（原子炉周辺建屋、原子炉補助建屋、廃棄物処理建屋、雑固体熔融処理建屋及び雑固体焼却炉建屋）

(4) 全域ハロン自動消火設備（一部 3 号及び 4 号炉共用）

- ・消火剤：ハロン 1301
- ・消火剤量：1 m³ 当たり 0.32kg 以上
- ・設置箇所：火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画、火災の影響軽減のための対策が必要な火災区域又は火災区画（原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋）

(5) 二酸化炭素自動消火設備

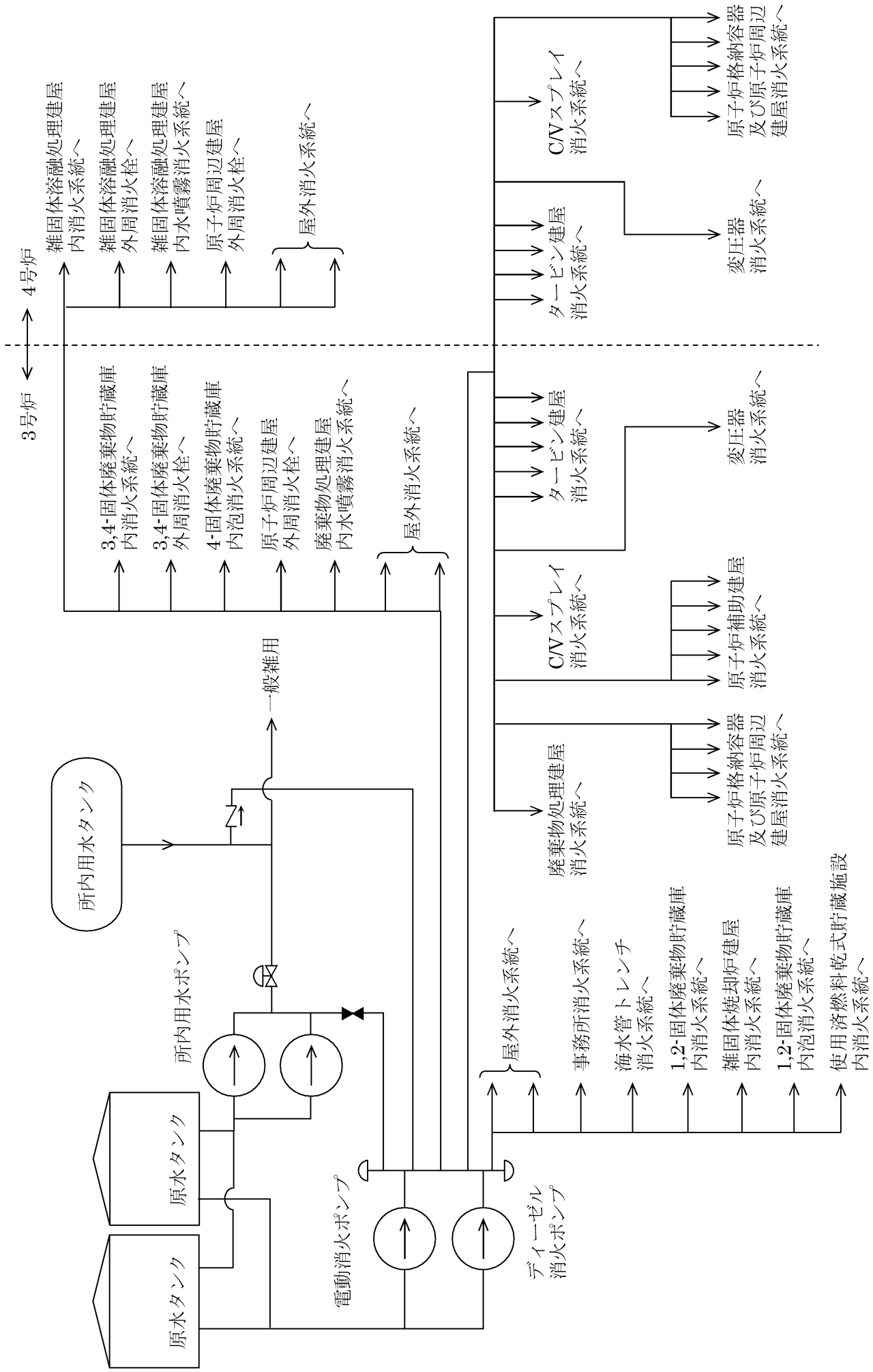
- ・消火剤：二酸化炭素
- ・消火剤量：1 m³ 当たり 0.75kg 以上
- ・設置箇所：ディーゼル発電機室

(6) 水噴霧消火設備（3号及び4号炉共用）

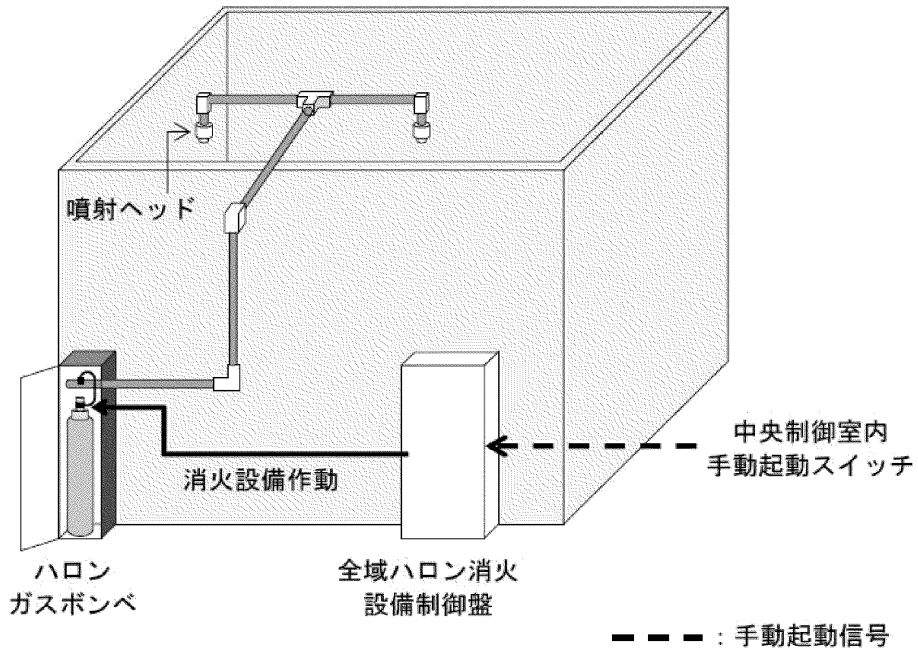
- ・消火剤：水
- ・消火剤量：1 m²当たり 10ℓ/min 以上
- ・設置箇所：廃棄物処理建屋及び雑固体熔融処理建屋

(7) 泡消火設備（3号及び4号炉共用）

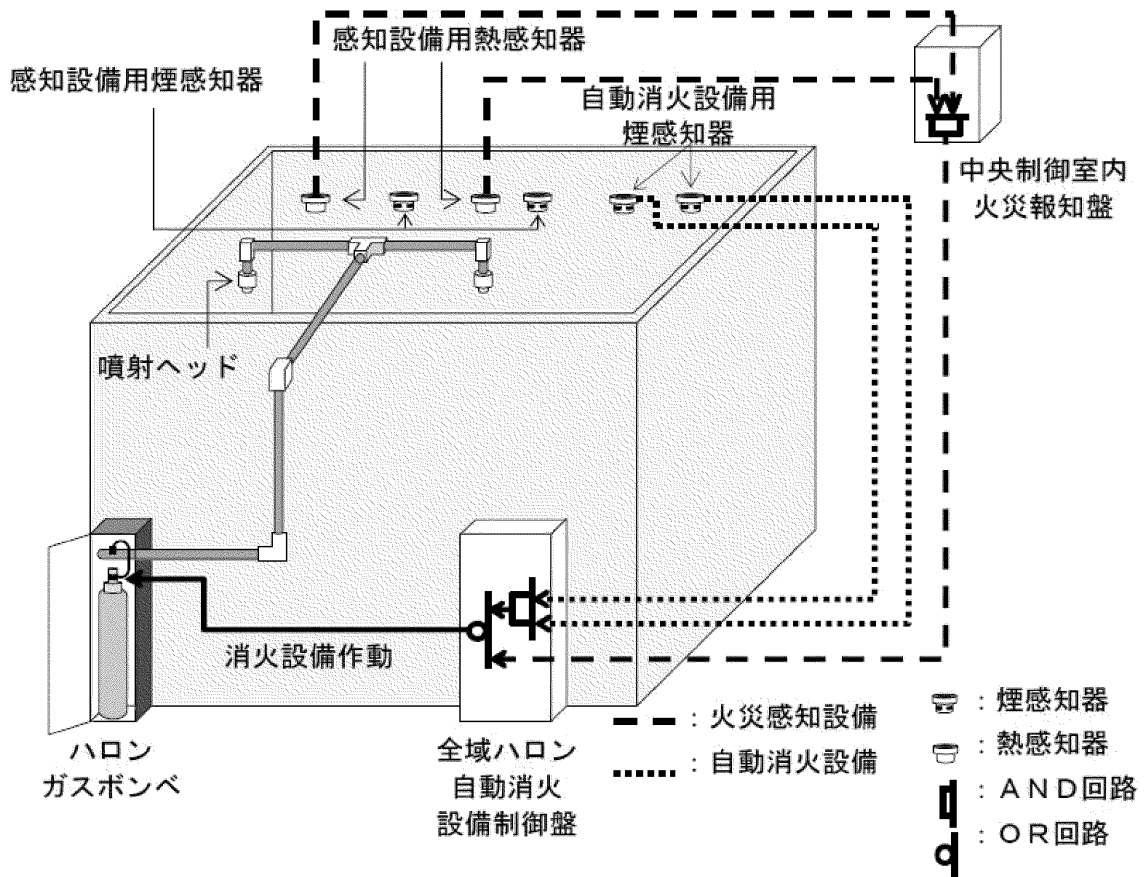
- ・消火剤：泡水溶液
- ・消火剤量：1 m³当たり 0.008m³ 以上
- ・設置箇所：1、2 及び 4 - 固体廃棄物貯蔵庫



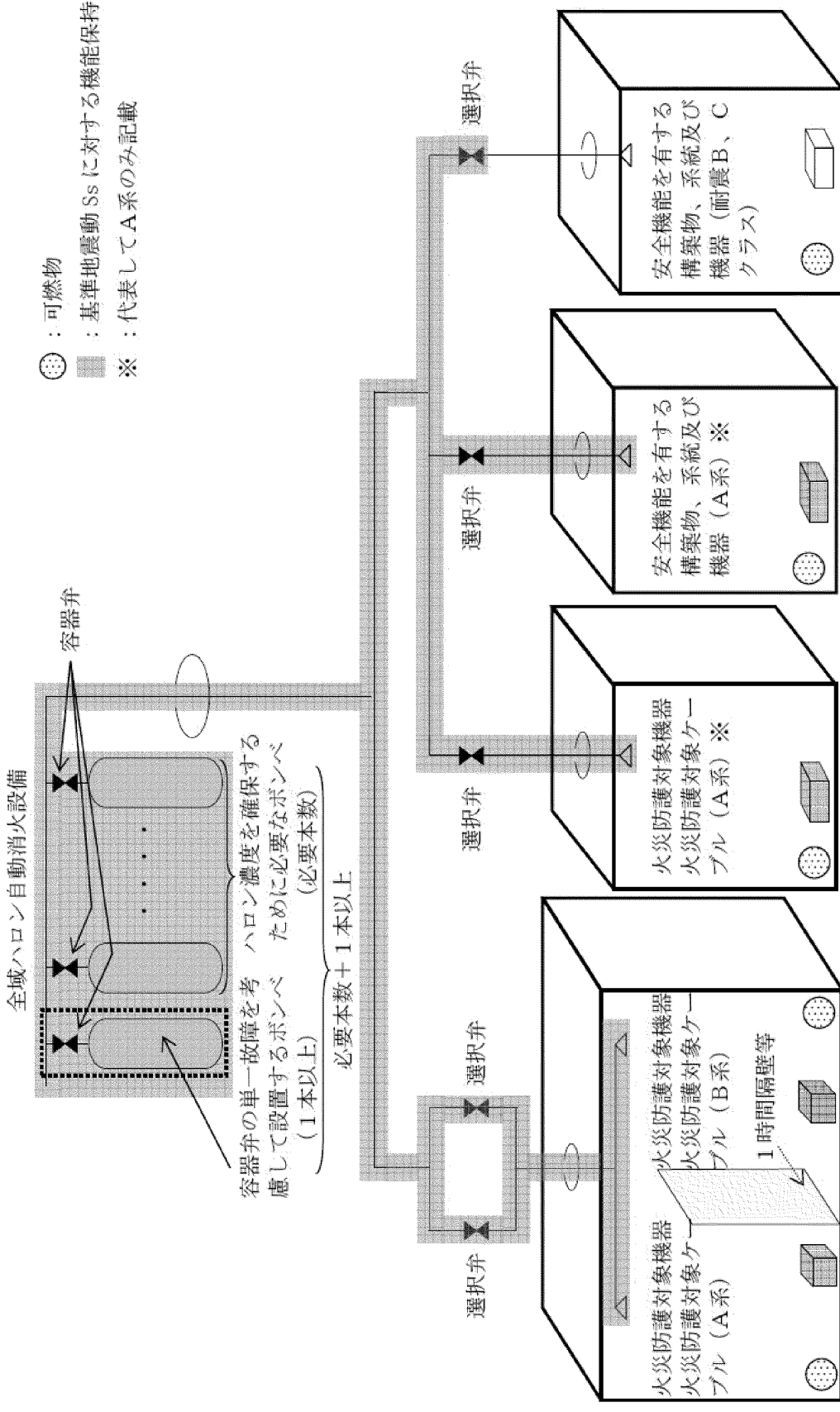
第 10.5.1 図 水消火設備系統説明図



第 10.5.2 図 全域ハロン消火設備概要図

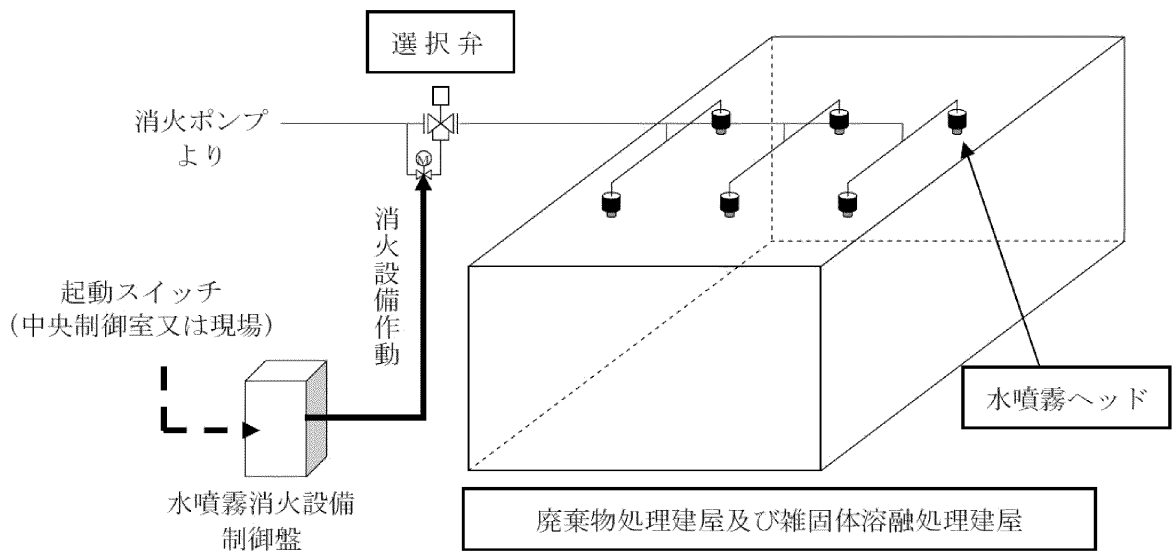


第 10.5.3 図 全域ハロン自動消火設備概要図

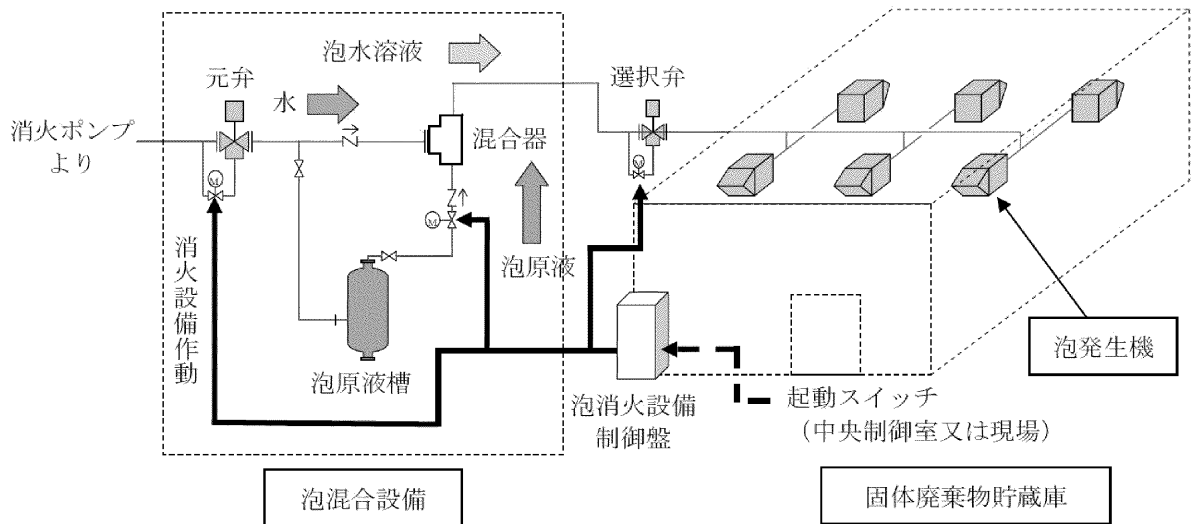


- 系統分離対応の自動消火設備は、消火困難対応の消火設備と共用する。
- 自動消火設備の耐震性は、火災防護対象機器等の耐震クラス要求に応じて、機能を保持する設計とする。

第 10.5.4 図 系統分離に応じた独立性を考慮した全城ハロン自動消火設備概要図

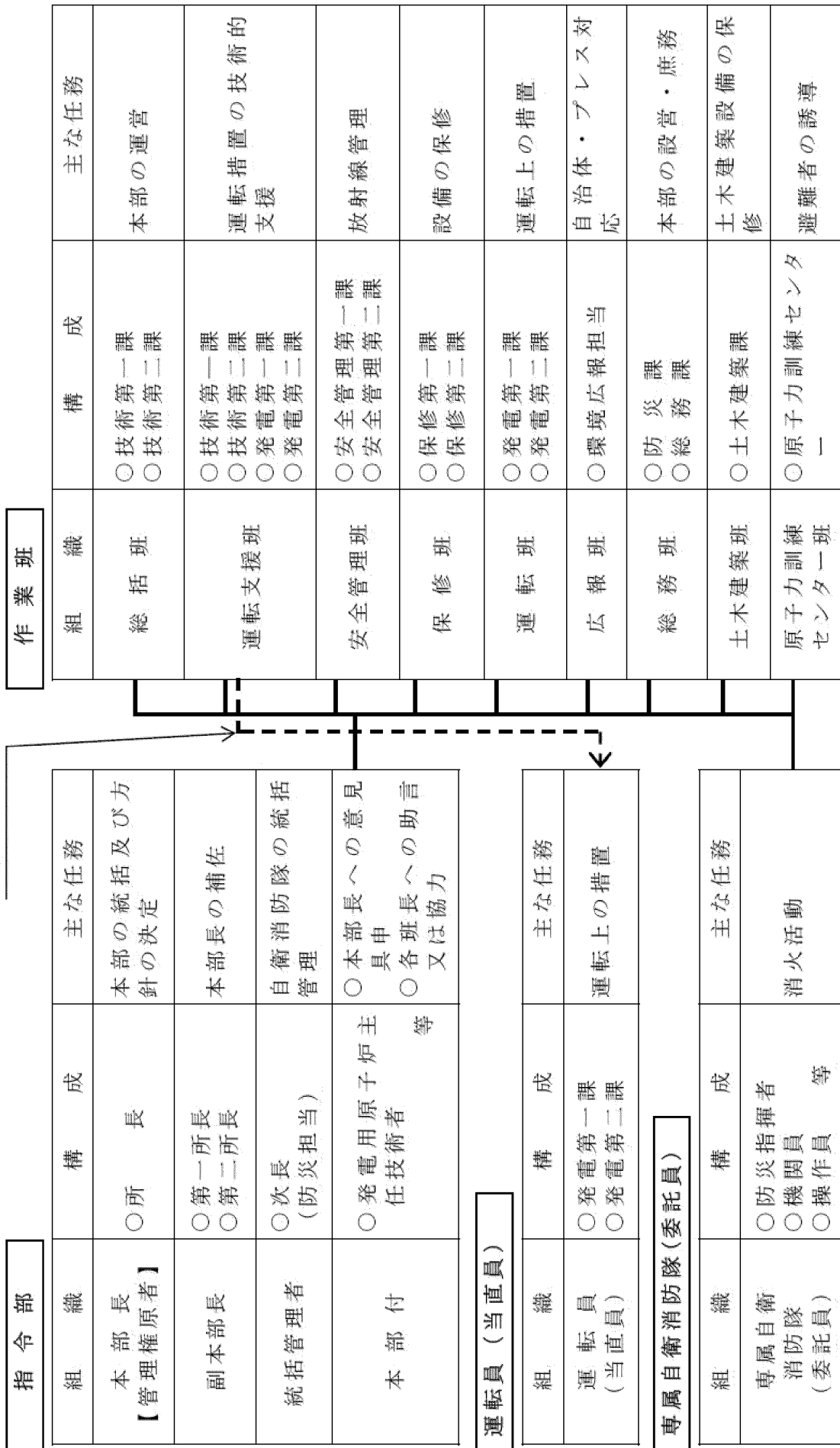


第 10.5.5 図 水噴霧消火設備概要図



第 10.5.6 図 泡消火設備概要図

技術的支援



第 10.5.7 図 自衛消防隊体制図

火災防護に係る審査基準への
適合性について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

<目 次>

1. 概要
2. 火災防護審査基準の要求事項について
 - 2.1 基本事項
 - 2.1.1 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器
 - 2.1.2 火災防護を行う機器等の選定
 - 2.1.3 火災区域及び火災区画の設定
 - 2.2 火災発生防止
 - 2.2.1 原子炉施設の火災発生防止について
 - 2.2.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について
 - 2.2.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止について
 - 2.3 火災の感知及び消火
 - 2.3.1 早期の火災感知及び消火について
 - 2.3.2 地震等の自然現象の考慮
 - 2.3.3 消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響
 - 2.4 火災の影響軽減
 - 2.4.1 火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減対策について
 - 2.4.2 火災影響評価について
 - 2.5 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について
 - 2.6 火災防護計画について

添付資料－1 火災区域及び火災区画

1. 概 要

「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（以下「火災防護審査基準」という。）」では、原子炉施設の火災防護対策の詳細に関して、原子炉施設の安全機能確保の観点から、考慮すべき事項を定められている。

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

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

2. 火災防護審査基準の要求事項について

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

2.1 基本事項

[要求事項]

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

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

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

(参考)

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

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

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

2.1.1 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

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

2.1.2 火災防護を行う機器等の選定

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

2.1.3 火災区域及び火災区画の設定

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

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

火災区域のうち、乾式貯蔵容器の貯蔵機能を有する使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリア（以下「貯蔵エリア」という。）を火災区画とし、乾式貯蔵容器を取り扱う使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア（以下「取扱エリア」という。）を火災区画として設定する。

（添付資料－1）

2.2 火災発生防止

2.2.1 原子炉施設の火災発生防止について

[要求事項]

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

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

①漏えいの防止、拡大防止

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

②配置上の考慮

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

③換気

換気ができる設計であること。

④防爆

防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施すこと。

⑤貯蔵

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

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

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

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

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

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

(参考)

(1) 発火性又は引火性物質について

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

(5) 放射線分解に伴う水素の対策について

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

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

(1) 発火性又は引火性物質に対する火災の発生防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設における発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域には、以下の火災の発生防止対策を講じる設計とする。

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

なお、発火性又は引火性物質としては、高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められる水素、窒素、液化炭酸ガス及び空調用冷媒等のうち可燃性である「水素」を対象とするが、「水素」を内包する設備はない。

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

a. 漏えいの防止、拡大防止

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

b. 配置上の考慮

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

c. 換 気

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

d. 防 爆

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

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

e. 貯 蔵

取扱エリアには、発火性又は引火性物質を貯蔵する機器はない。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

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

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

(3) 発火源への対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、火花を発生する設備及び可燃性物質の発火点以上に高温となる設備はない。

(4) 水素対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、水素を内包する設備はない。

(5) 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

使用済燃料乾式貯蔵施設には、放射線分解等により水素を発生させる設備はない。

(6) 過電流による過熱防止対策

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

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

(7) その他の発生防止対策

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

2.2.2 不燃性材料及び難燃性材料の使用について

[要求事項]

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

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

(参考)

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

(3) 難燃ケーブルについて

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

(実証試験の例)

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

使用済燃料乾式貯蔵施設において、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に対しては、不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計とし、不燃性材料及び難燃性材料が使用できない場合は、以下の設計とする。

- ① 不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する設計とする。
- ② 当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

(1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

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

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

使用済燃料乾式貯蔵施設内の変圧器及び遮断器のうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係る変圧器及び遮断器はない。

(3) 難燃ケーブルの使用

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

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

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

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設内の保温材のうち、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に係る保温材はない。

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

使用済燃料乾式貯蔵施設の内装材は、建築基準法に基づく不燃材料若しくはこれと同等の性能を有することを試験により確認した不燃性材料を使用する設計とする。

2.2.3 落雷、地震等の自然現象による火災発生の防止について

[要求事項]

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

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

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

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

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

地滑り及び洪水は、玄海原子力発電所の地形を考慮すると、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を有する機器に影響を与える可能性がないため、火災が発生するおそれはない。

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

(1) 落雷による火災の発生防止

落雷による火災発生を防止するため、建築基準法に基づき地盤面から高さ20mを超える建築物には、「JIS A 4201 建築物等の雷保護」に準拠した避雷設備を設置する設計とする。

(2) 地震による火災の発生防止

使用済燃料乾式貯蔵施設は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する設計とする。

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

2.3 火災の感知及び消火

2.3.1 早期の火災感知及び消火について

[要求事項]

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

火災感知設備及び消火設備は、以下に示すとおり、使用済燃料乾式貯蔵施設における放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計とする。

(1) 火災感知設備

[要求事項]

(1) 火災感知設備

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

(参考)

(1) 火災感知設備について

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

(早期に火災を感知するための方策)

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

(誤作動を防止するための方策)

- ・平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。

感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験機能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。

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

火災感知設備は、使用済燃料乾式貯蔵施設における放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区画の火災を早期に感知する設計とする。

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

a. 火災感知器の環境条件等の考慮

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

b. 固有の信号を発する火災感知器の設置

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

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

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

c. 火災報知盤

火災区域又は火災区画で発生した火災は、中央制御室に設置される火災報知盤にて監視する。

d. 火災感知設備の電源確保

火災区域又は火災区画に設置する火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知を可能とするため、消防法に基づき蓄電池を設け電源を確保する設計とする。

(2) 消火設備

[要求事項]

(2) 消火設備

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

(参考)

(2) 消火設備について

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

消火設備は、使用済燃料乾式貯蔵施設における放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火する設計とする。

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

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

したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから、貯蔵エリアの消火設備については、消火器及び水消火設備（屋内消火栓設備）を設置する設計とする。

また、輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には専属自衛消防隊にて対応する。使用済燃料乾式貯蔵施設における消火設備は、以下を踏まえた設計とする。

a. 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

消火用水供給系の水源は、原水タンク（約 10,000m³）を 2 基設置し多重性を有する設計とする。

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

b. 系統分離に応じた独立性の考慮

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は設置されておらず、系統分離対策が不要であるため、系統分離に応じた独立性は考慮不要である。

c. 火災に対する二次的影響の考慮

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

d. 想定火災の性質に応じた消火剤の容量

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

e. 移動式消火設備の配備

玄海原子力発電所においては、移動式消火設備として「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第 83 条の 5 に基づき、消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車（1 台）及び小型動力ポンプ付水槽車（1 台）を配備している。



化学消防自動車



小型動力ポンプ付水槽車

図 17 移動式消火設備外観図

f. 消火用水の最大放水量の確保

消火用水供給系の水源である原水タンクは、最大放水量である主変圧器の消火ノズルから放水するために必要な圧力及び必要な流量を満足する消火ポンプの定格流量（14m³/min）で、消火を2時間継続した場合の水量（1,680m³）に対して、十分な水量（約10,000m³）を確保する設計とする。

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

g. 水消火設備の優先供給

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

h. 消火設備の故障警報

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

i. 消火設備の電源確保

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

j. 消火栓の配置

使用済燃料乾式貯蔵施設の火災区域に設置する消火栓は、消防法施行令第11条（屋内消火栓設備に関する基準）に準拠し、消火栓から半径25mの範囲における消火活動を考慮した設計とする。

k. 固定式ガス消火設備の退出警報

使用済燃料乾式貯蔵施設は、固定式ガス消火設備を設置しない。

l. 管理区域内からの放出消火剤の流出防止

使用済燃料乾式貯蔵建屋の管理区域内で放出した消火水は、放射性物質を含むおそれがある場合には管理区域外への流出を防止するため、放出消火水を回収し液体廃棄物処理設備で処理する設計とする。

m. 消火用の照明器具について

使用済燃料乾式貯蔵建屋内の消火栓の設置場所及び設置場所への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、消防法の消火継続時間20分に現場への移動等の時間を考慮し、1時間以上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

2.3.2 地震等の自然現象の考慮

[要求事項]

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

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

(参考)

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

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

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

(1) 凍結防止対策

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

(2) 風水害対策

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

(3) 地震対策

a. 地震対策

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

b. 地盤変位対策

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

また、建屋外部から建屋内部の消火栓に給水することが可能な給水接続口を設置する設計とする。

(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について

上記の風水害を含め、使用済燃料乾式貯蔵施設に想定される自然現象は、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮である。火災防護設備がこれらの自然事象の影響により、機能、性能を阻害された場合には、基本的には設備の予備等を用いて早期の取替復旧を行うこととするが、必要に応じて火災監視員の配置や、代替設備の配備等を行い、必要な性能を維持することとする。

2.3.3 消火設備の破損、誤作動又は誤操作による安全機能への影響

[要求事項]

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

(参考)

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

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

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

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

消火設備の放水等による溢水は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第9条に基づき、安全機能へ影響がないよう設計する。

2.4 火災の影響軽減

2.4.1 火災防護対象機器等に対する火災の影響軽減対策について

[要求事項]

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

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

(参考)

(1) 耐火壁の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されていること。

(2) -1 隔壁等の設計の妥当性が、火災耐久試験によって確認されているこ

と。

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

使用済燃料乾式貯蔵施設の火災による影響に対し、火災の影響軽減の対策を講じる設計とする。

なお、使用済燃料乾式貯蔵施設は、他の火災区域と隣接する火災区域はない。

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する機器等に対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は設置されていないため、火災区域の分離及び火災防護対象機器等の系統分離は考慮不要である。

(2) 放射性物質貯蔵等の機器等に対する火災の影響軽減対策

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

(3) 換気設備に対する火災の影響軽減対策

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

(4) 煙に対する火災の影響軽減対策

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

(5) 油タンクに対する火災の影響軽減対策

使用済燃料乾式貯蔵施設に油タンクはない。

2.4.2 火災影響評価について

[要求事項]

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

(参考)

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

使用済燃料乾式貯蔵施設は、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は設置されていないため、火災影響評価による原子炉の高温停止及び低温停止が達成可能であることの確認は不要である。

2.5 個別の火災区域又は火災区画における留意事項について

[要求事項]

3. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

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

(参考)

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

(1) ケーブル処理室

①消防隊員のアクセスのために、少なくとも二箇所の入口を設けること。

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

(2) 電気室

電気室を他の目的で使用しないこと。

(3) 蓄電池室

①蓄電池室には、直流開閉装置やインバーターを収容しないこと。

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

③換気機能の喪失時には制御室に警報を発する設計であること。

(4) ポンプ室

煙を排気する対策を講じること。

(5) 中央制御室等

①周辺の部屋との間の換気設備には、火災時に閉じる防火ダンパを設置すること。

②カーペットを敷かないこと。ただし、防炎性を有するものはこの限りではない。

なお、防炎性については、消防法施行令第4条の3によること。

(6) 使用済燃料貯蔵設備、新燃料貯蔵設備

消火中に臨界が生じないように、臨界防止を考慮した対策を講じること。

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

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

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

(1) ケーブル処理室

使用済燃料乾式貯蔵施設にケーブル処理室はない。

(2) 電気室

貯蔵エリアに電気室はない。

(3) 蓄電池室

使用済燃料乾式貯蔵施設に蓄電池室はない。

(4) ポンプ室

使用済燃料乾式貯蔵施設にポンプ室はない。

(5) 中央制御室等

使用済燃料乾式貯蔵施設に中央制御室のような通常運転員が駐在する箇所はない。

(6) 使用済燃料貯蔵設備及び新燃料貯蔵設備

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

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

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

2.6 火災防護計画について

[要求事項]

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

(参考)

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

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

火災防護計画について

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

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

- (1) 使用済燃料乾式貯蔵施設を含む発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施する火災防護対策を適切に実施するために、玄海原子力発電所における火災防護対策全般を網羅した火災防護計画を策定する。
- (2) 使用済燃料乾式貯蔵施設を含む発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の防護を目的として実施する火災防護対策及び計画を実施するために必要な手順、機器、組織体制を定める。具体的には、火災防護対象となる機器のリスト、火災防護対策の内容、その対策を実施するための組織における各責任者と権限、火災防護計画を遂行するための組織とその運営管理及び必要な要員の確保（要員への教育訓練を含む）について定める。
- (3) 使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づいて、火災区域及び火災区画を考慮した、以下のような火災防護対策を定める。
 - a. 火災の発生防止対策
 - ・ 発火性又は引火性物質を内包する設備は、漏えいの防止、拡大防止対策を実施する。
 - ・ 発火性又は引火性物質を内包する設備は、壁による配置上の分離により分離する。
 - ・ 発火性又は引火性物質を内包する設備がある火災区域の建屋等は、空調機器による機械換気又は自然換気を行う。
 - ・ 火災区域において有機溶剤を使用し、可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、作業場所の局所排気及び建屋の機械換気により、滞留を防止する。
 - ・ 落雷、地震等の自然現象による火災が発生しないように、避雷設備の設置、十分な支持性能をもつ地盤への安全機能を有する構築物、系統及び機器の設置等の対策を実施する。
 - ・ 点検等で使用する資機材（可燃物）が、火災区域、火災区画毎の制限発熱量を超過しないように可燃物の管理を行うとともに、有機溶剤は必要な量以上に持ち込まない管理を行う手順を定める。
 - ・ 溶接等の作業において、火気作業の計画策定、消火器等の配備、監視人の配置等の火気作業の管理を行う手順を定める。
 - ・ 貯蔵エリアは、可燃物の保管を禁止することを定める。
 - ・ 貯蔵エリアの一般照明は、通常時は主管電源を切っておき、入域時のみ電源を入れる運用とする。

b. 火災の感知及び消火に係る対策

- ・火災感知器作動時は、火災報知盤により火災発生場所を確認し、関係箇所への通報連絡、現場での火災の状況確認及び消火設備作動状況の確認を実施する等の手順を定める。
- ・火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能なように蓄電池を設置する。
- ・火災感知設備は、故障時に早期に取り替えられるように予備を保有する。
- ・火災報知盤は、中央制御室に設置し、常時監視できる設計とする。また、火災報知盤の巡視の手順を定める。
- ・消火用水供給系の水源及び消火ポンプは、多重性又は多様性を有するように設置する。
- ・消火設備は、煙等による二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置する。
- ・水消火設備（屋内消火栓設備）に必要な消火水の容量は、消防法施行規則等に基づいて算出した容量とする。
- ・移動式消火設備は、化学消防自動車1台、小型動力ポンプ付水槽車1台を配備する。
- ・消火ポンプ及び消火設備は、電源断等の故障警報を中央制御室に発する設計とする。また、故障警報発信時の手順を定める。
- ・ディーゼル消火ポンプ及び消火設備は、外部電源喪失時にも設備の作動ができるように、必要な電源容量を有した蓄電池を設置する。
- ・消火栓は、消防法施行令に基づき屋内は消火栓から半径25mの範囲における消火活動を考慮して配置する。
- ・屋内の消火栓への経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、蓄電池を内蔵する照明器具を設置する。
- ・屋外の消火設備の凍結を防止するため、消火栓及び消火配管のブロー弁を微開し通水する手順を定める。
- ・消火配管は、地震時における地盤変位対策として、建屋貫通部付近の接続部には機械式継手ではなく溶接継手を採用し、地盤変位の影響を直接受けないように地上化又はトレンチ内に設置する等の対策を講じる設計とする。

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

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

リアに保管（仮置き）する。

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

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

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

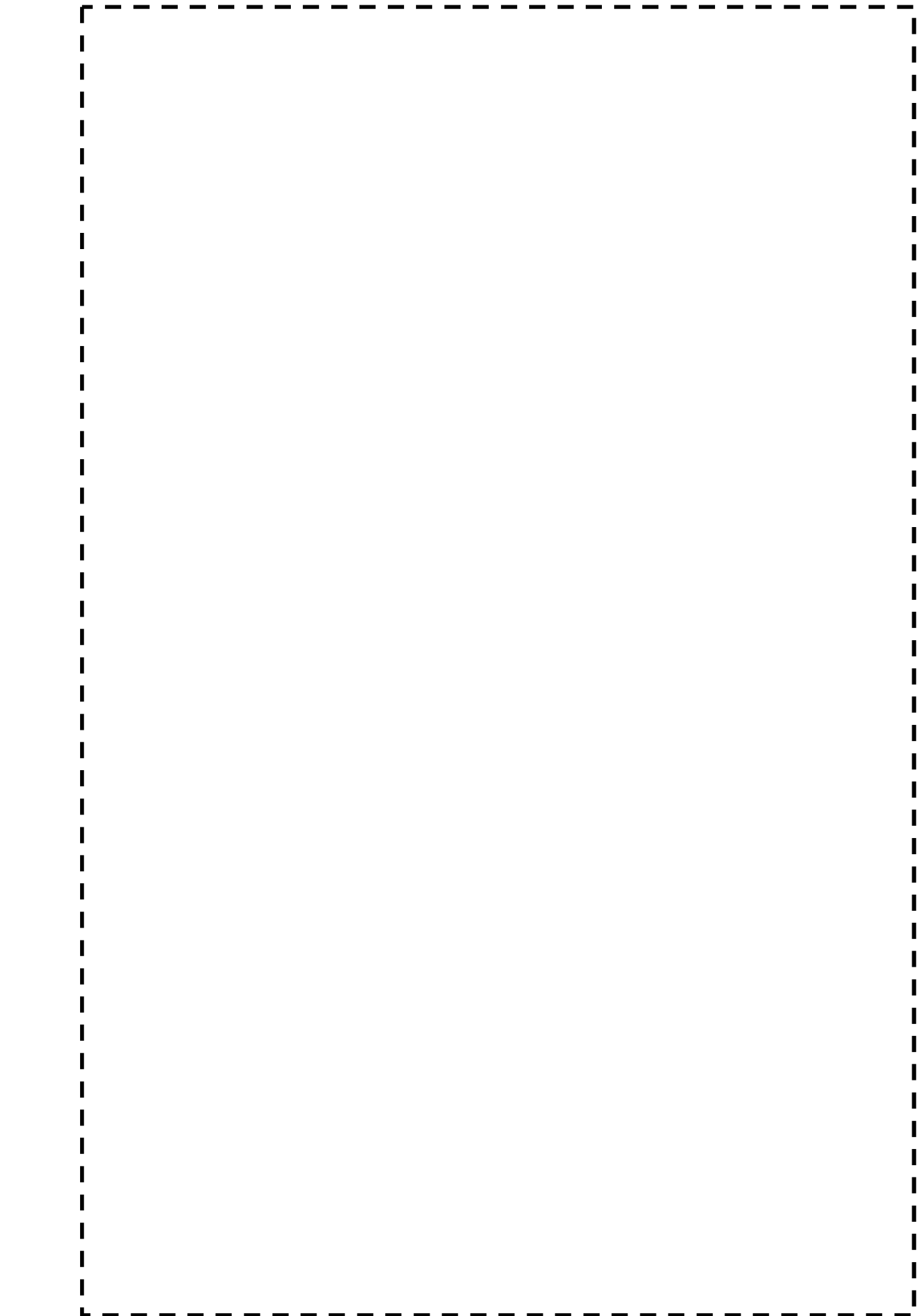
さらに、火災防護計画は、玄海原子力発電所発電用原子炉施設保安規定に基づく規定文書として制定することとし、業務遂行に関わるルール、具体的な判断基準等を記載した火災防護計画（基準）を二次文書として定め、さらに、火災防護計画（基準）に定める内容について、具体的な業務処理手順、方法等を記載した火災防護計画（要領）を三次文書として定める。

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

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

添付資料 1

火災区域及び火災区画



【二】：防護上の観点から公開できません