

玄海原子力発電所 審査資料	
資料番号	D R Y - 1 - 1 4
提出年月日	2021年3月16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 >

2021年3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、液状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) 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

(参考2) 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

(参考3) 搬送台車の波及的影響について

(参考4) 使用済燃料乾式貯蔵建屋における地下水に対する設計方針

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。）、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_1 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、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、津波監視設備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板位置の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。

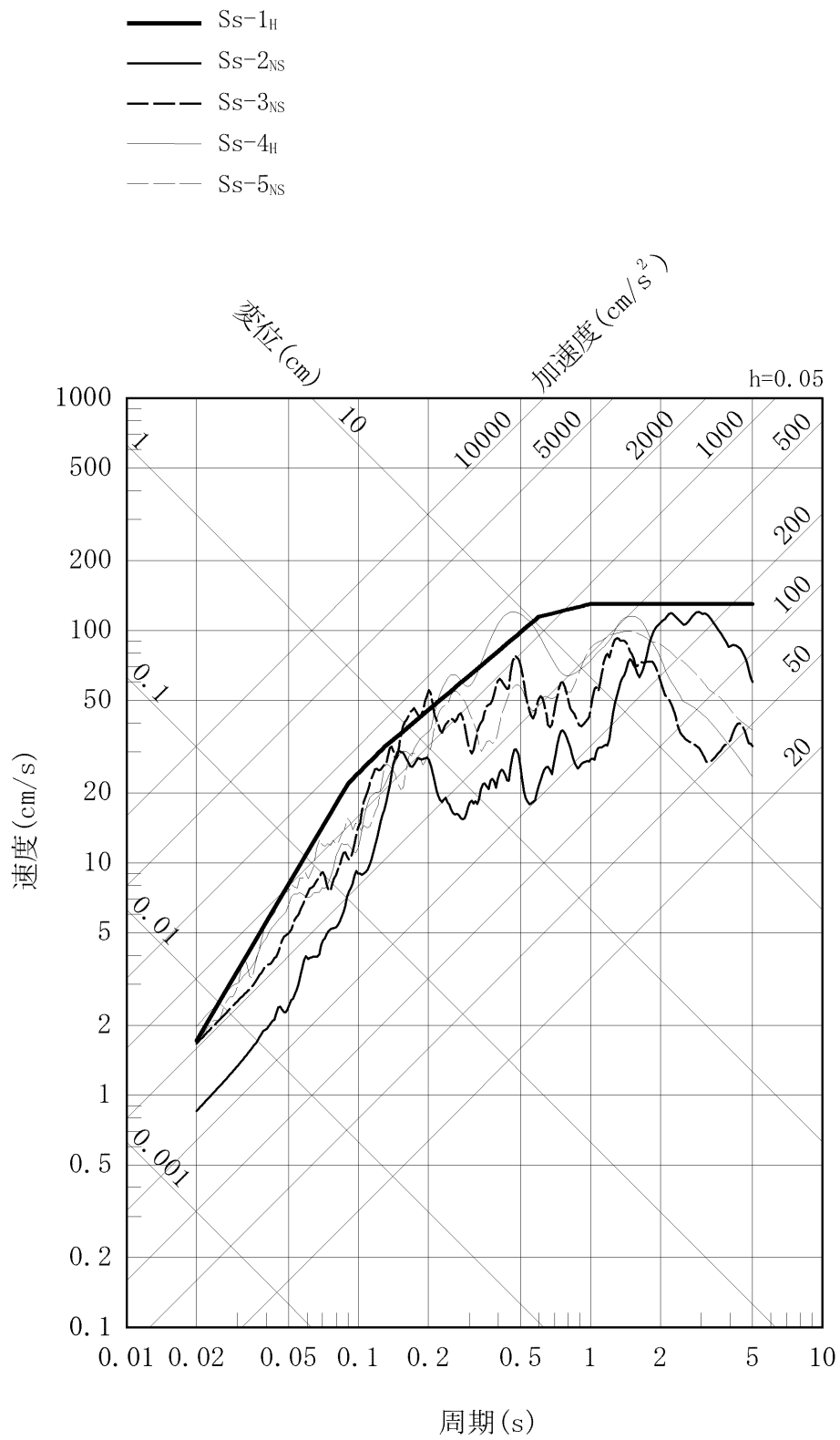
e. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

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。

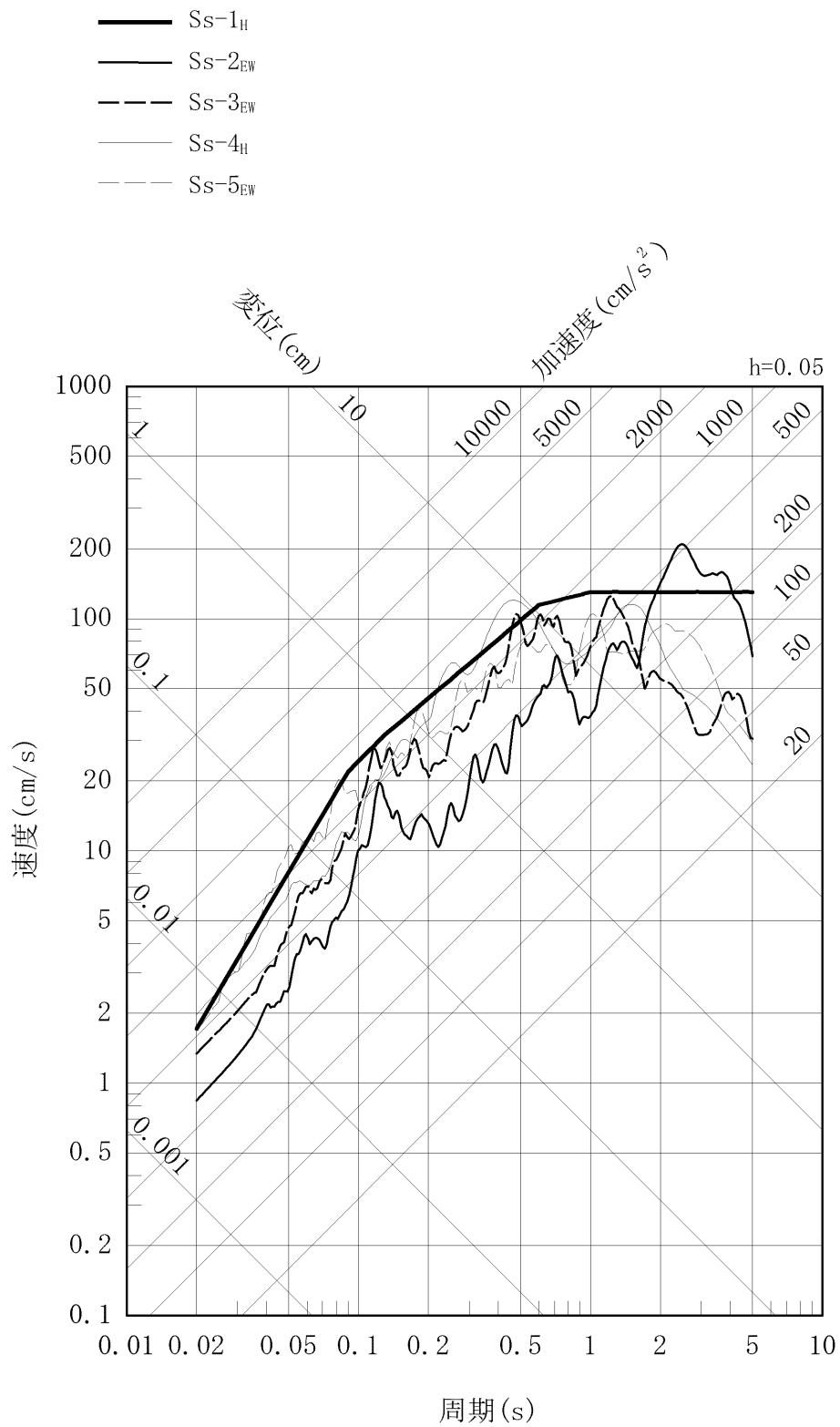
g. 炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

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。

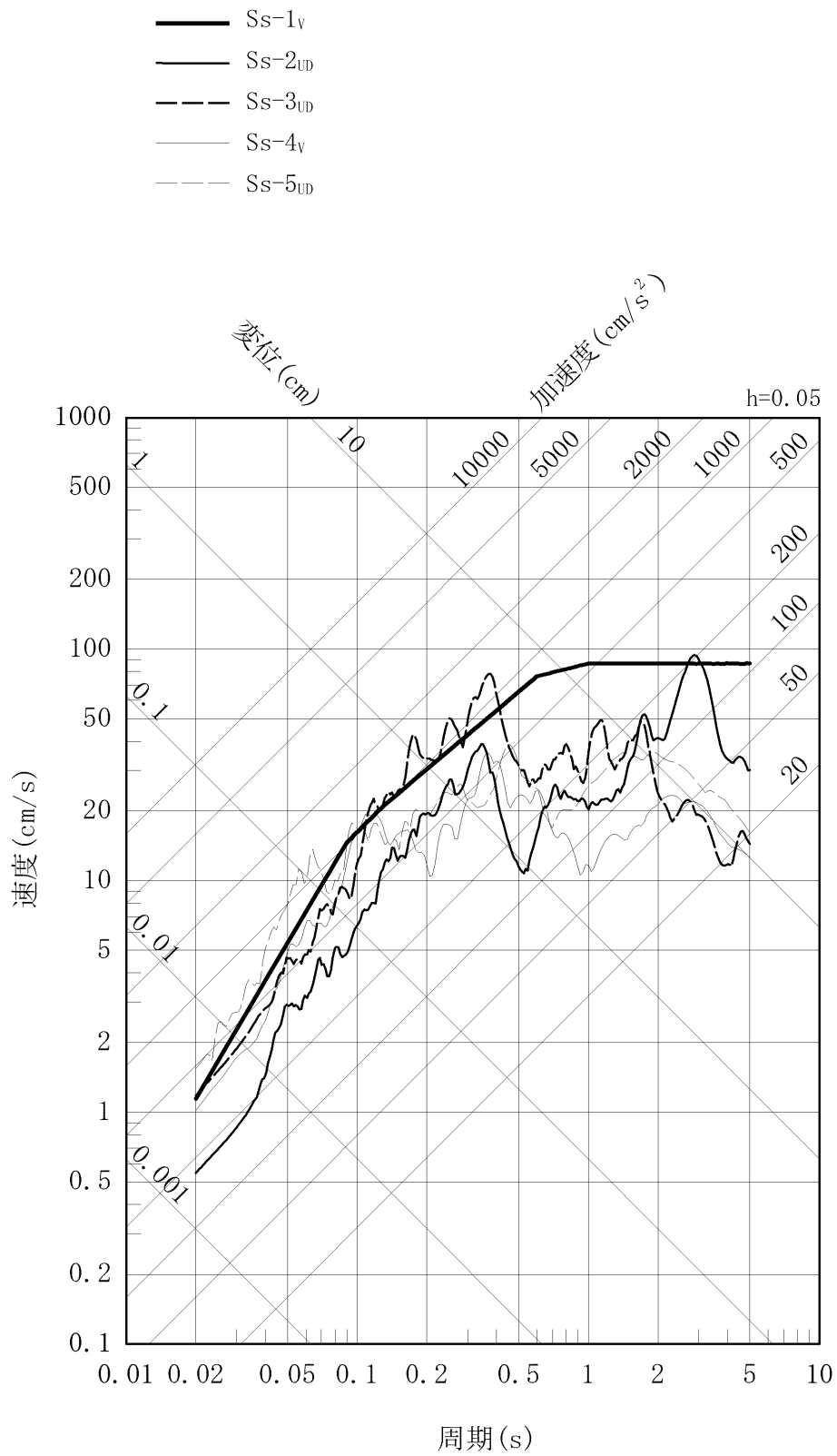
基準地震動による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。



第 5.1 図 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : NS)

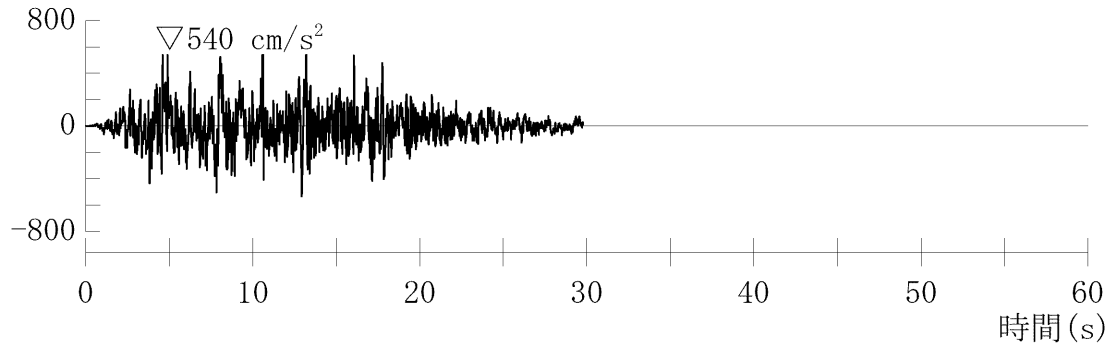


第 5.2 図 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : EW)



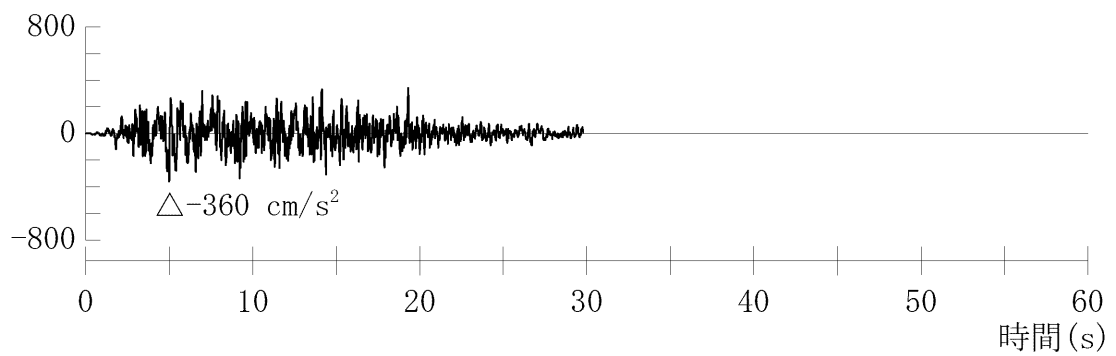
第 5.3 図 基準地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Ss-1_H)

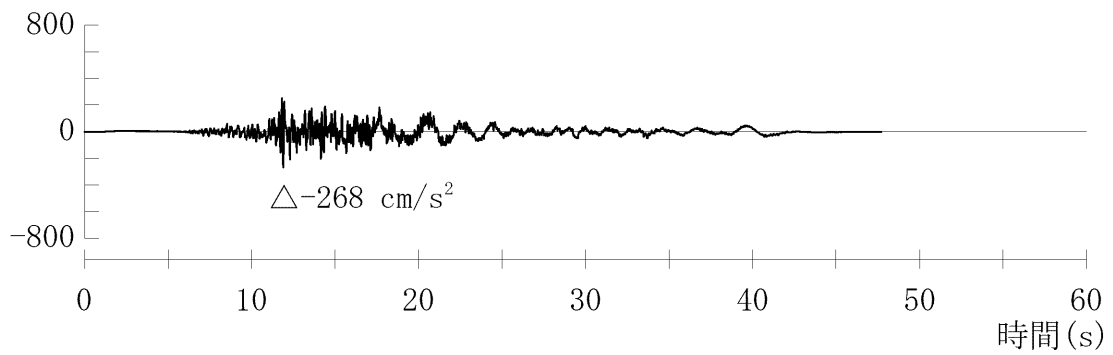
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Ss-1_V)

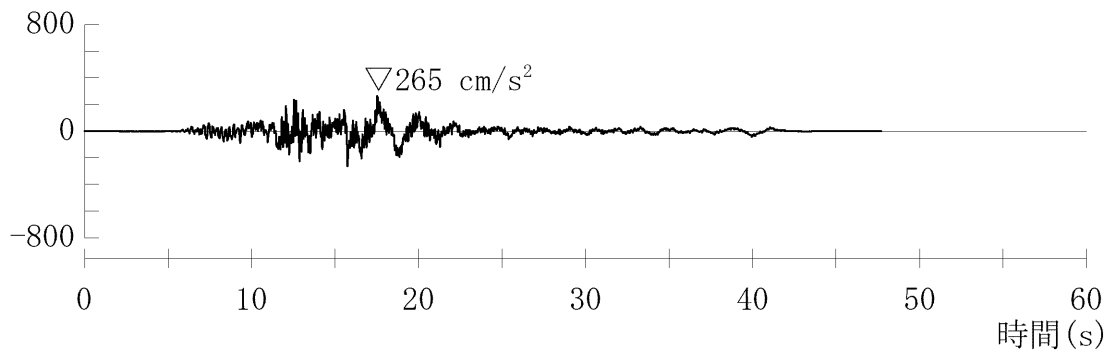
第 5.4 図 基準地震動 Ss-1 の設計用模擬地震波の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



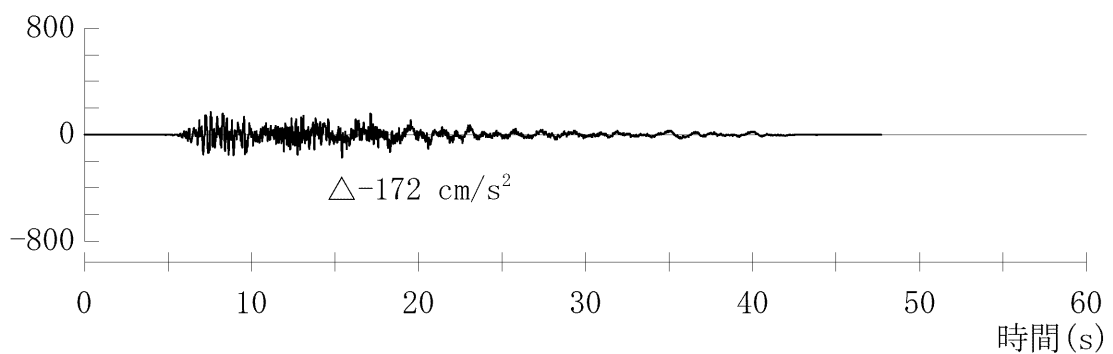
加速度 (水平方向 : SS-2_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : SS-2_{EW})

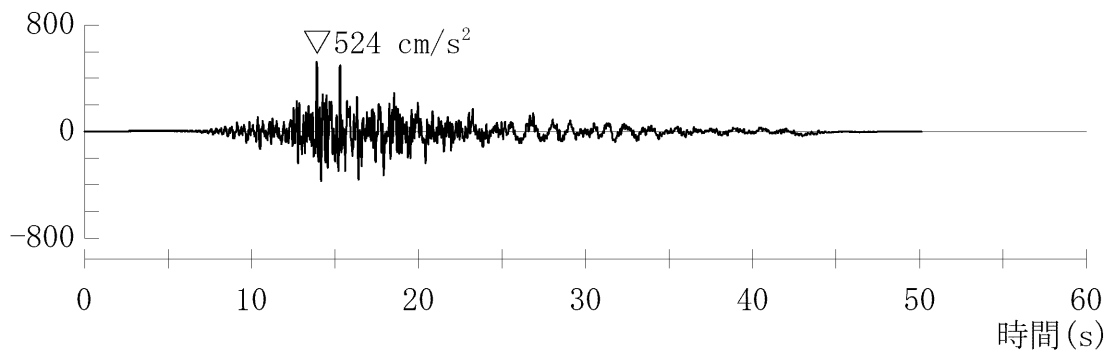
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : SS-2_{UD})

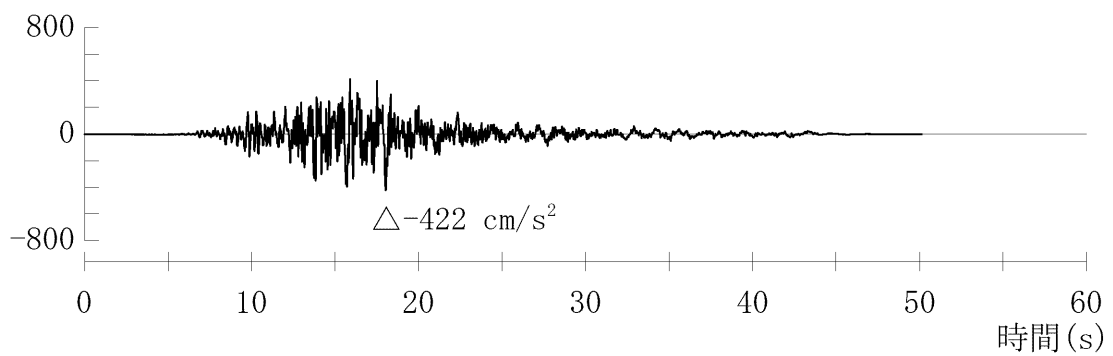
第 5.5 図 基準地震動 SS-2 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



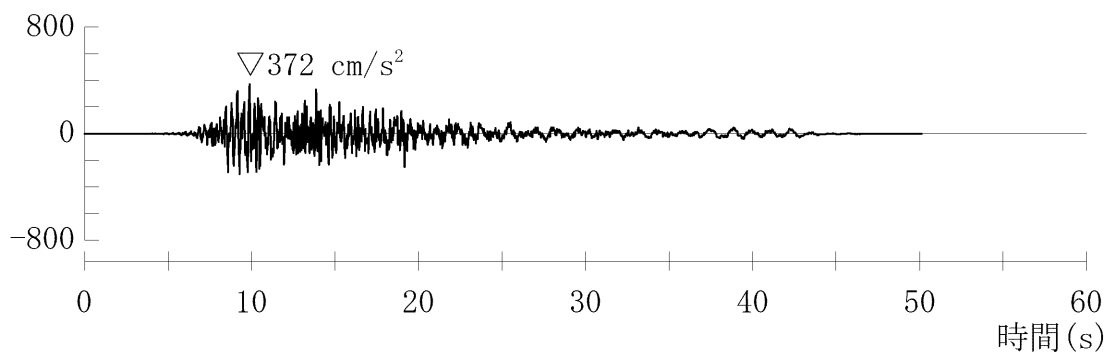
加速度 (水平方向 : SS-3_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : SS-3_{EW})

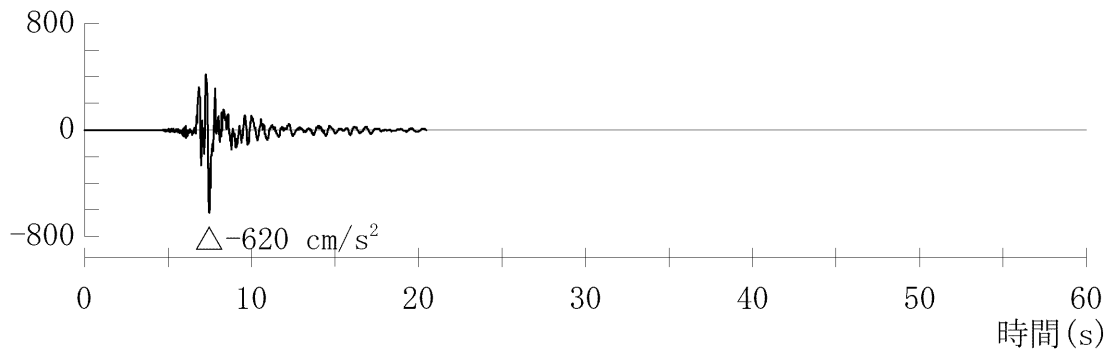
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : SS-3_{UD})

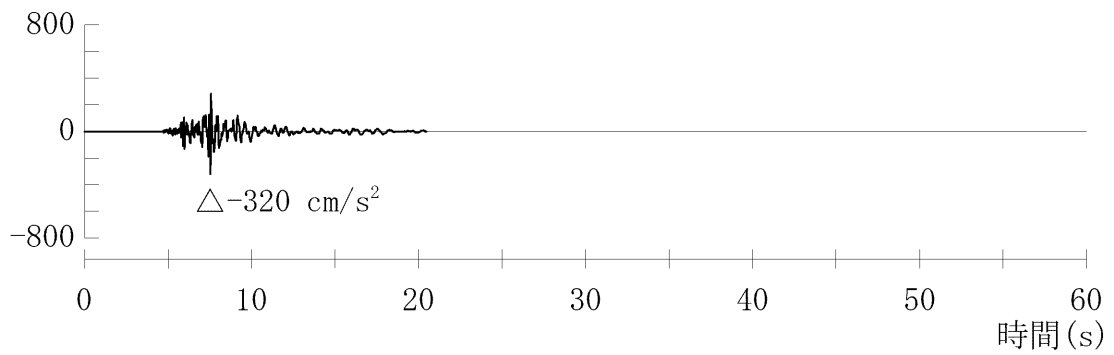
第 5.6 図 基準地震動 SS-3 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Ss-4_H)

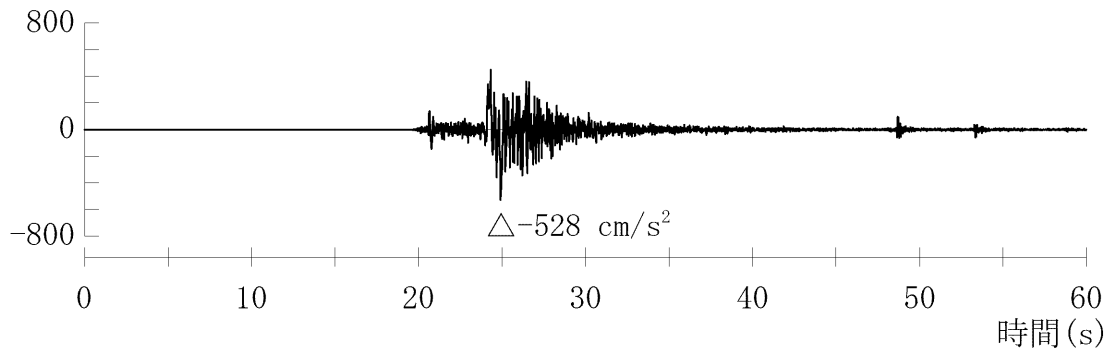
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Ss-4_V)

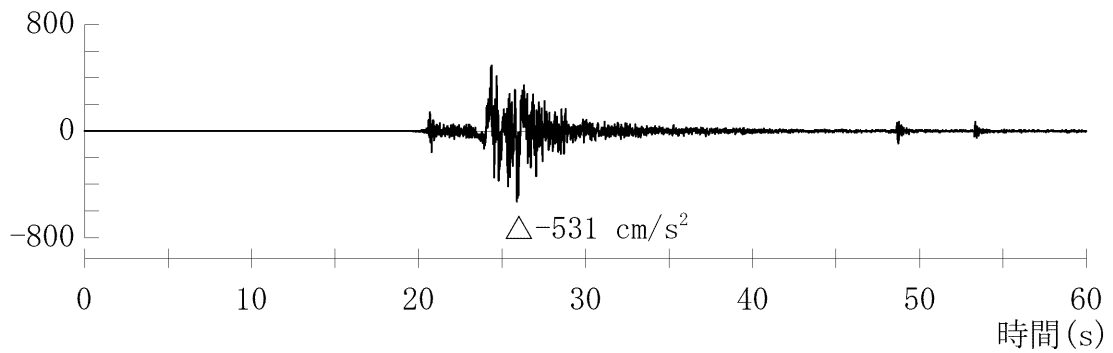
第 5.7 図 基準地震動 Ss-4 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



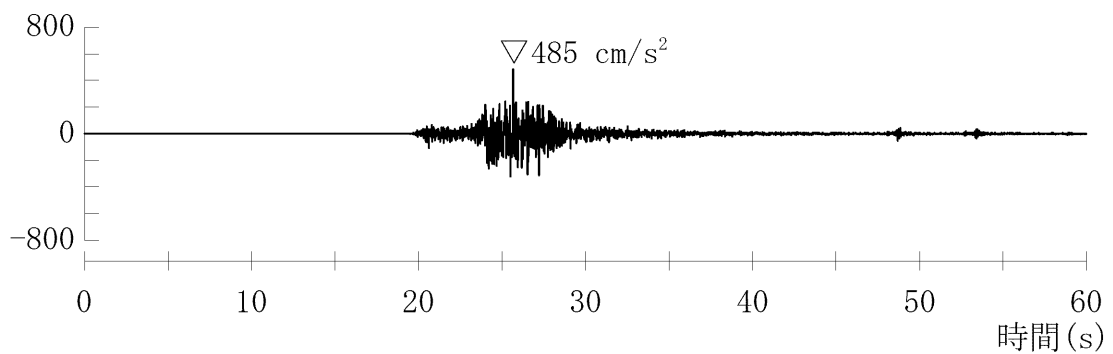
加速度 (水平方向 : SS-5_{NS})

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} ～ 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上部構造物は、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基礎及び使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物で構成される使用済燃料乾式貯蔵建屋は、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、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	S								
	(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	-	-	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 蔵建屋基礎	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 蔵建屋上部構造物 ・使用済燃料乾式貯 蔵建屋天井クレー ン ・その他	Ss Ss Ss Ss Ss
		使用済燃料ラック ・使用済燃料乾式貯 蔵容器 (注7)	S S								
	(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	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	S S	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 ・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	S								
	(iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設の施設	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)	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	S S S	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 ・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	格納容器ポーラクレーン ・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
		補助給水設備 ・復水タンク ・余熱除去設備	S S S								

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
		<ul style="list-style-type: none"> 安全注入設備 余熱除去設備 (低圧注入系) 燃料取替用水タンク 	S	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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
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
		<ul style="list-style-type: none"> 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 	S	—	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管等の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 	Ss	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他 	Ss	<ul style="list-style-type: none"> Ss Ss Ss
				適用範囲	S	適用範囲	S	適用範囲	Ss	適用範囲	Ss
				<ul style="list-style-type: none"> 隔離弁を閉とするに必要な電気及び計装設備 	S	<ul style="list-style-type: none"> 電気計装設備の支持構造物 	S	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉周辺建屋 原子炉補助建屋 	Ss	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物処理建屋 タービン建屋 その他 	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
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 アニュラシール空気浄化設備 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 原子炉補機冷却海水タンク建屋 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) 原子炉冷却材圧カバウンタ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	—	—	クラス	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	—	—	クラス	B	機器・配管等の支持構造物 ・機器・配管等の支持構造物	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	—	—	クラス	B	機器・配管等の支持構造物	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	検討用 地震動 (注6)	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 電気計装設備の支持構造物 	<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 	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) ペイラ 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及び微粒子フィルターを除く 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上部構造物 (注8) その他 	C C C C C C C C C C C C C C	—	—	クラス	C	<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	<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 固体廃棄物貯蔵庫 使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎 	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	クラス	適用範囲	クラス			
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 ・蒸気発生器ブロワー ・ダウン系 ・所内用圧縮空気設備 ・格納容器ポラクラレン ・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		適用範囲	適用範囲	検討用 地震動 (注6)	検討用 地震動 (注6)

(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

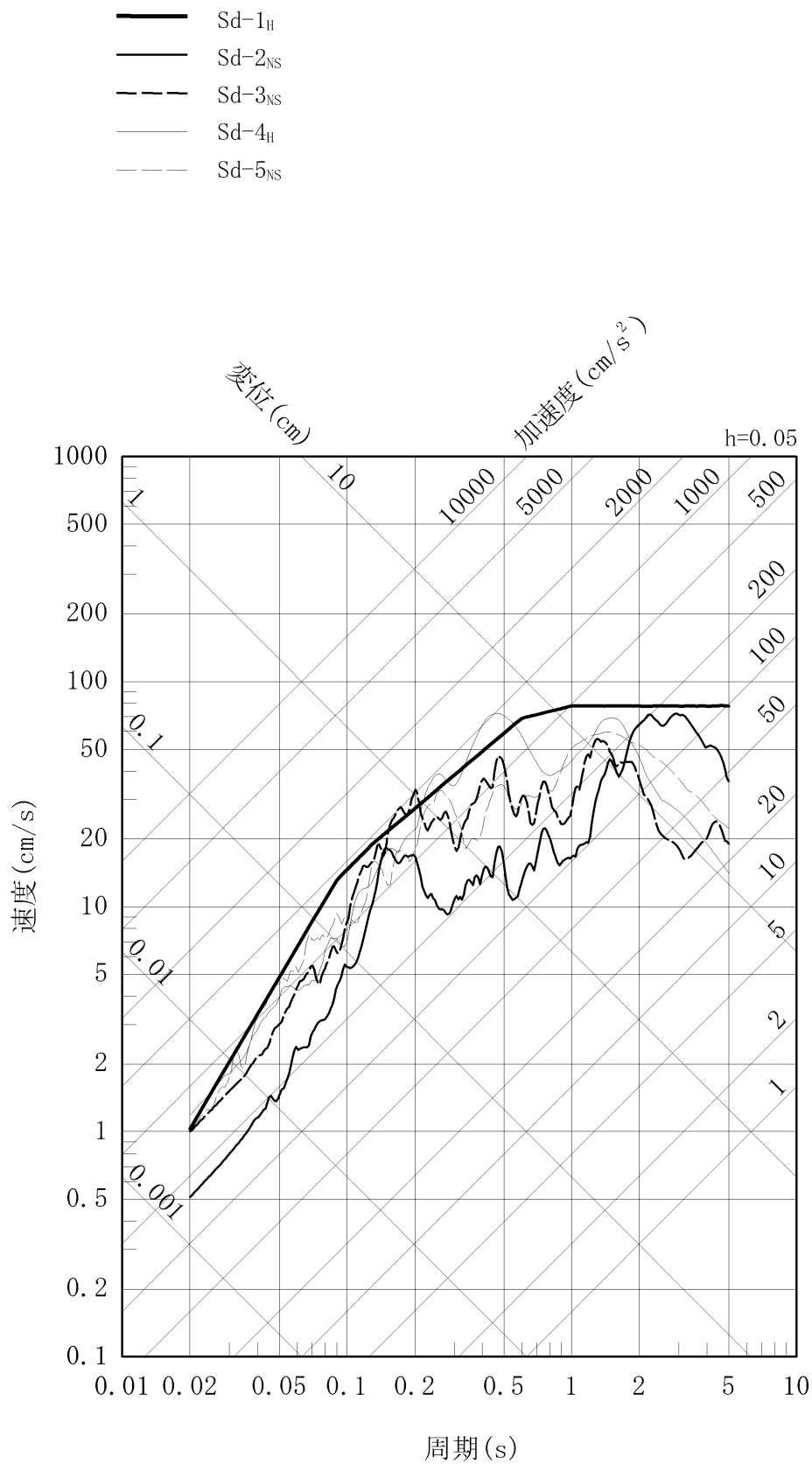
Sd：弾性設計用地震動により定まる地震力

Sb：Bクラス施設に適用される地震力

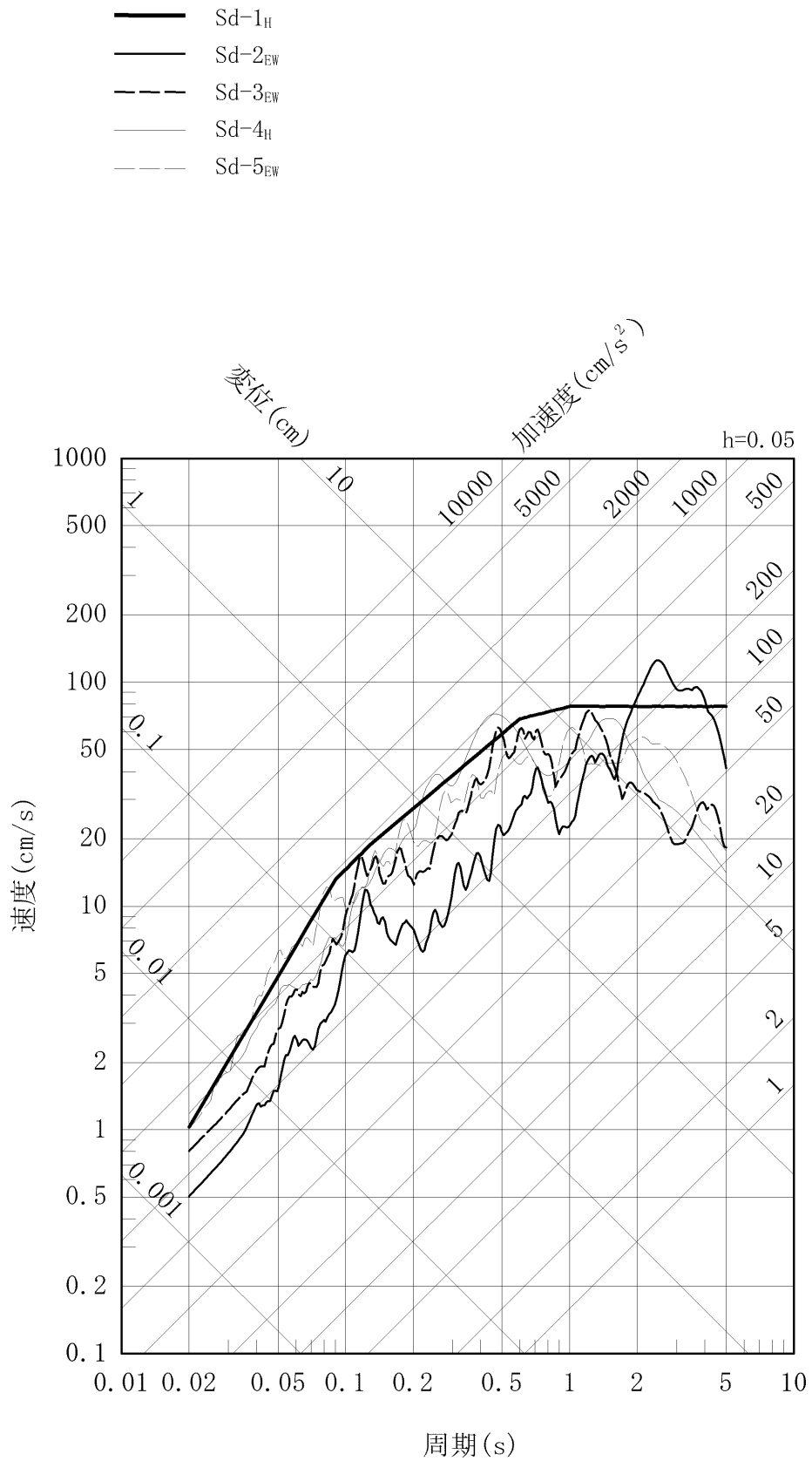
Sc：Cクラス施設に適用される静的地震力

(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。

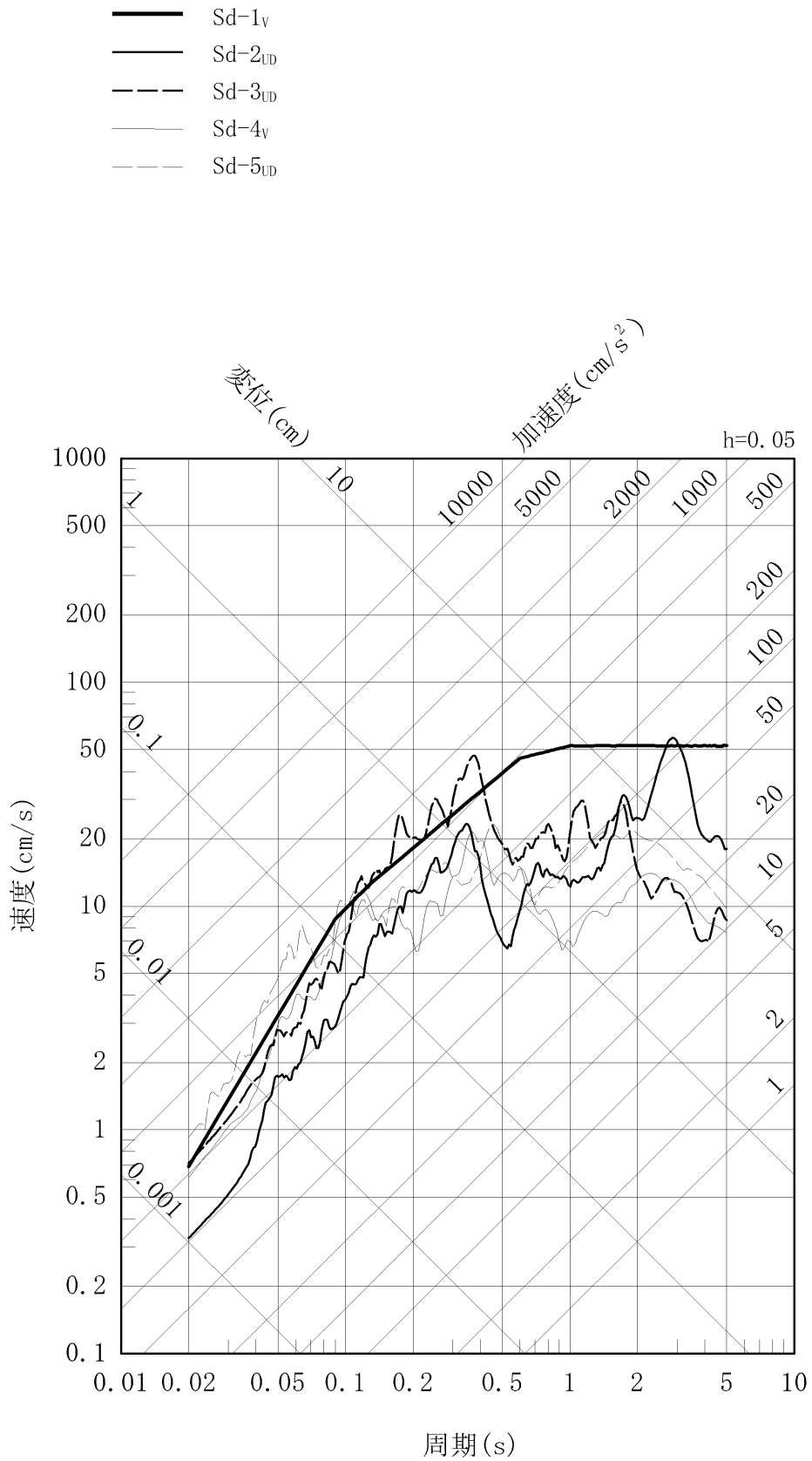
(注8) 使用済燃料乾式貯蔵建屋上部構造物のうち遮へい機能を期待するものに限る。なお、使用済燃料乾式貯蔵施設の周辺施設については、耐震重要度Cクラスに準じた設計とする。



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)

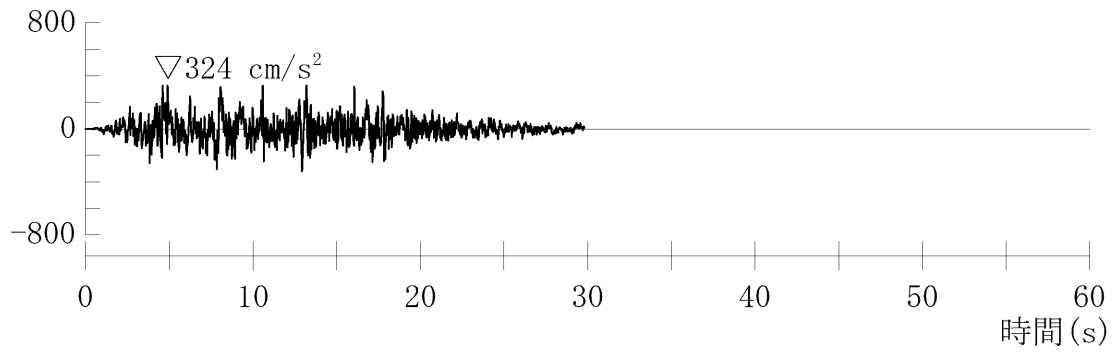


第 1. 4. 2 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (水平方向 : EW)



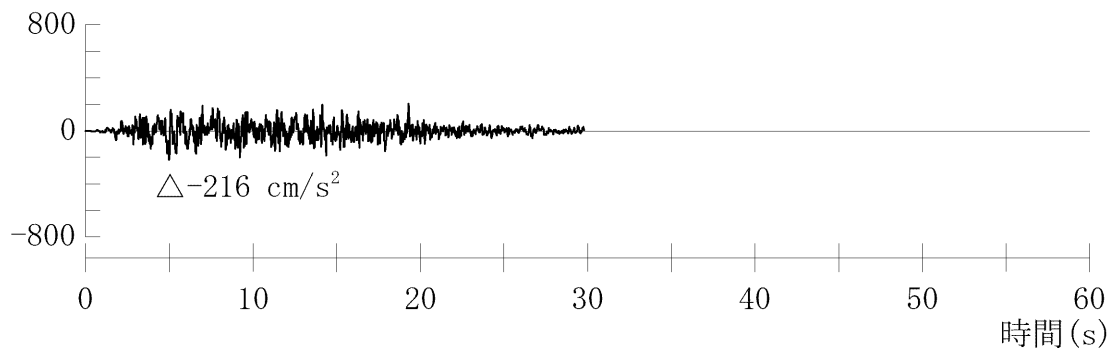
第 1.4.3 図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-1_H)

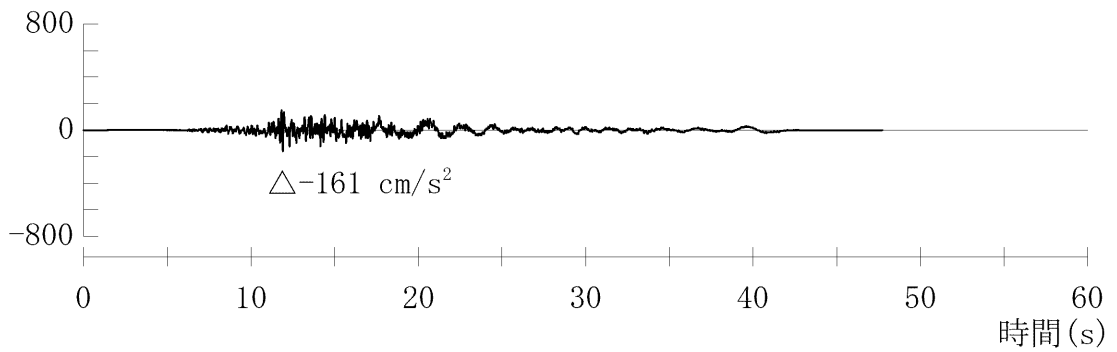
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-1_V)

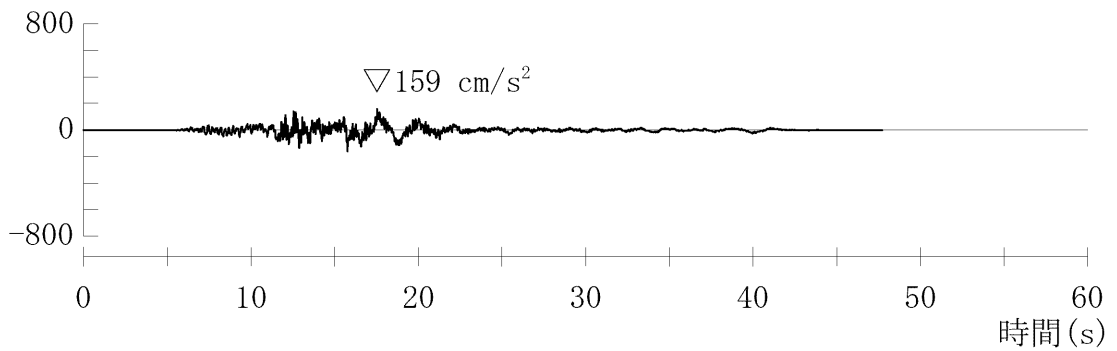
第 1.4.4 図 弾性設計用地震動 Sd-1 の時刻歴波形

加速度 (cm/s²)



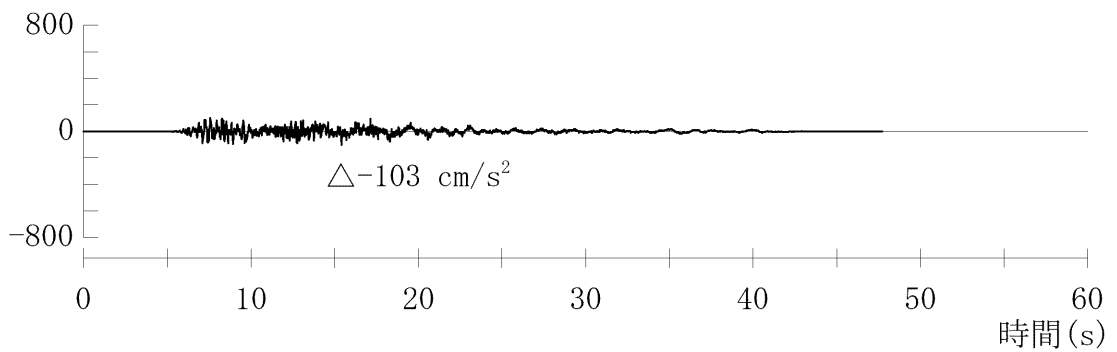
加速度 (水平方向 : Sd-2_{NS})

加速度 (cm/s²)



加速度 (水平方向 : Sd-2_{EW})

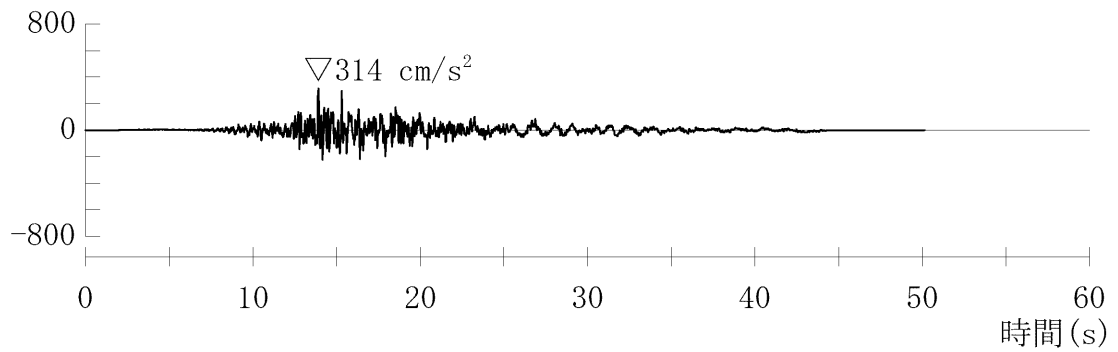
加速度 (cm/s²)



加速度 (鉛直方向 : Sd-2_{UD})

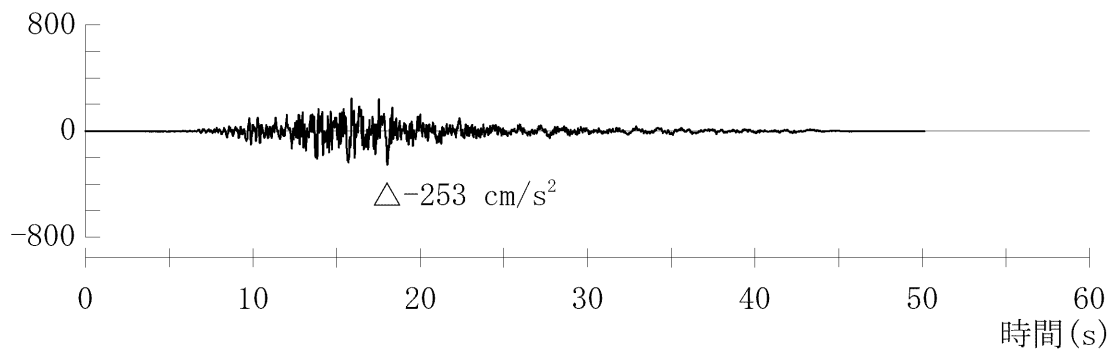
第 1.4.5 図 弾性設計用地震動 Sd-2 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



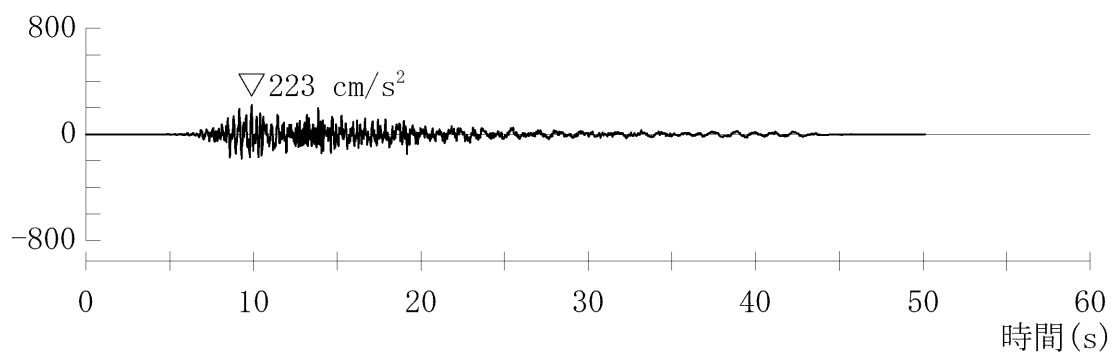
加速度 (水平方向 : Sd-3_{NS})

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-3_{EW})

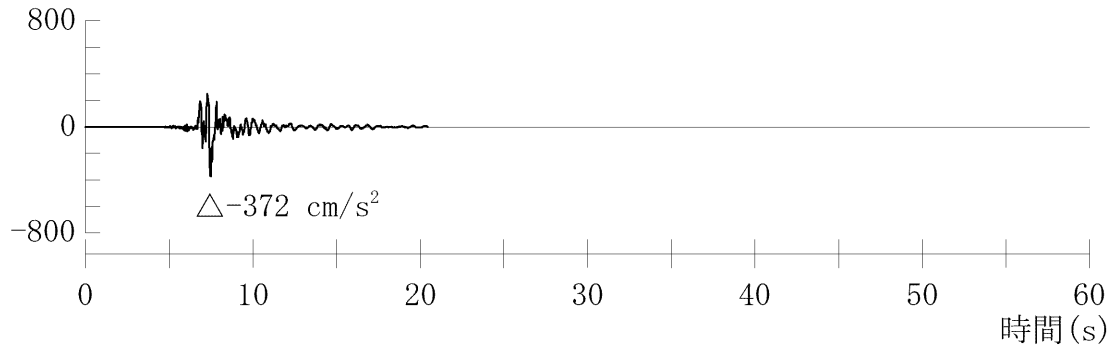
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-3_{UD})

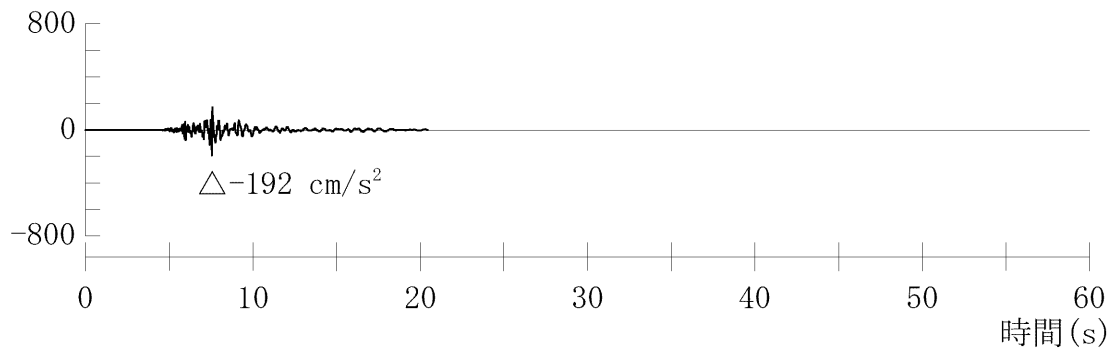
第 1.4.6 図 弾性設計用地震動 Sd-3 の時刻歴波形

加速度 (cm/s^2)



加速度 (水平方向 : Sd-4_H)

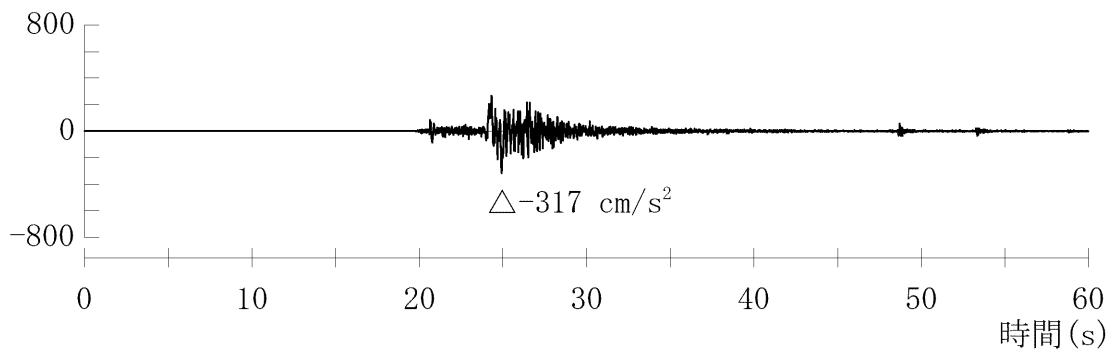
加速度 (cm/s^2)



加速度 (鉛直方向 : Sd-4_V)

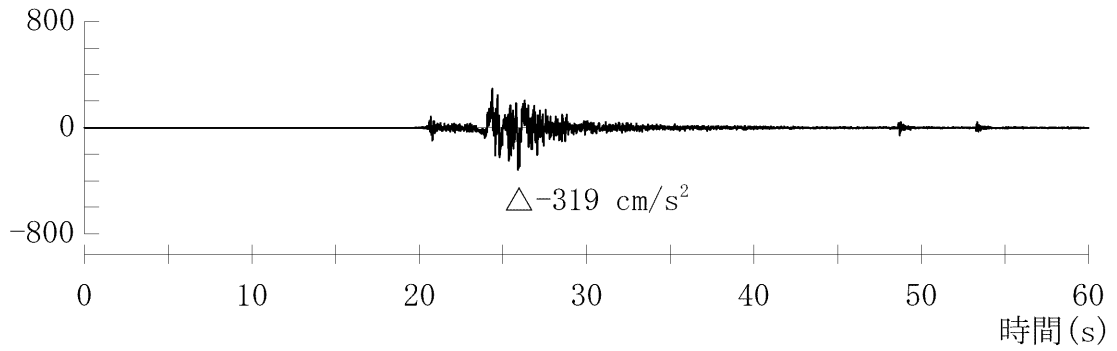
第 1.4.7 図 弾性設計用地震動 Sd-4 の時刻歴波形

加速度 (cm/s²)



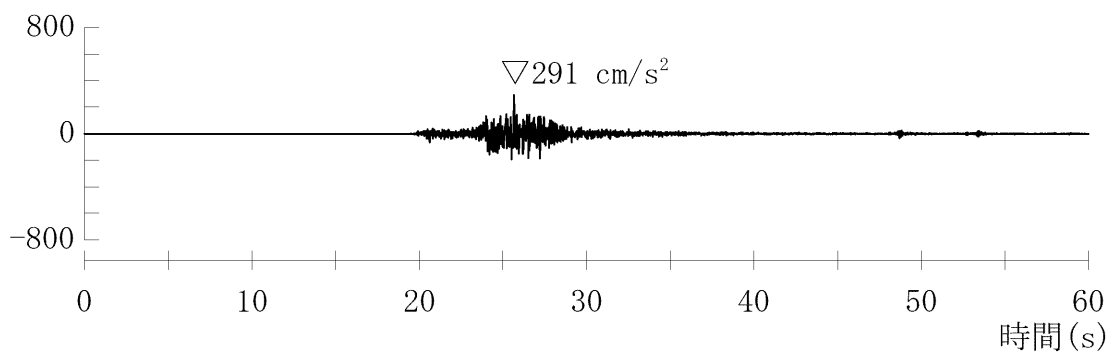
加速度 (水平方向 : Sd-5_{NS})

加速度 (cm/s²)



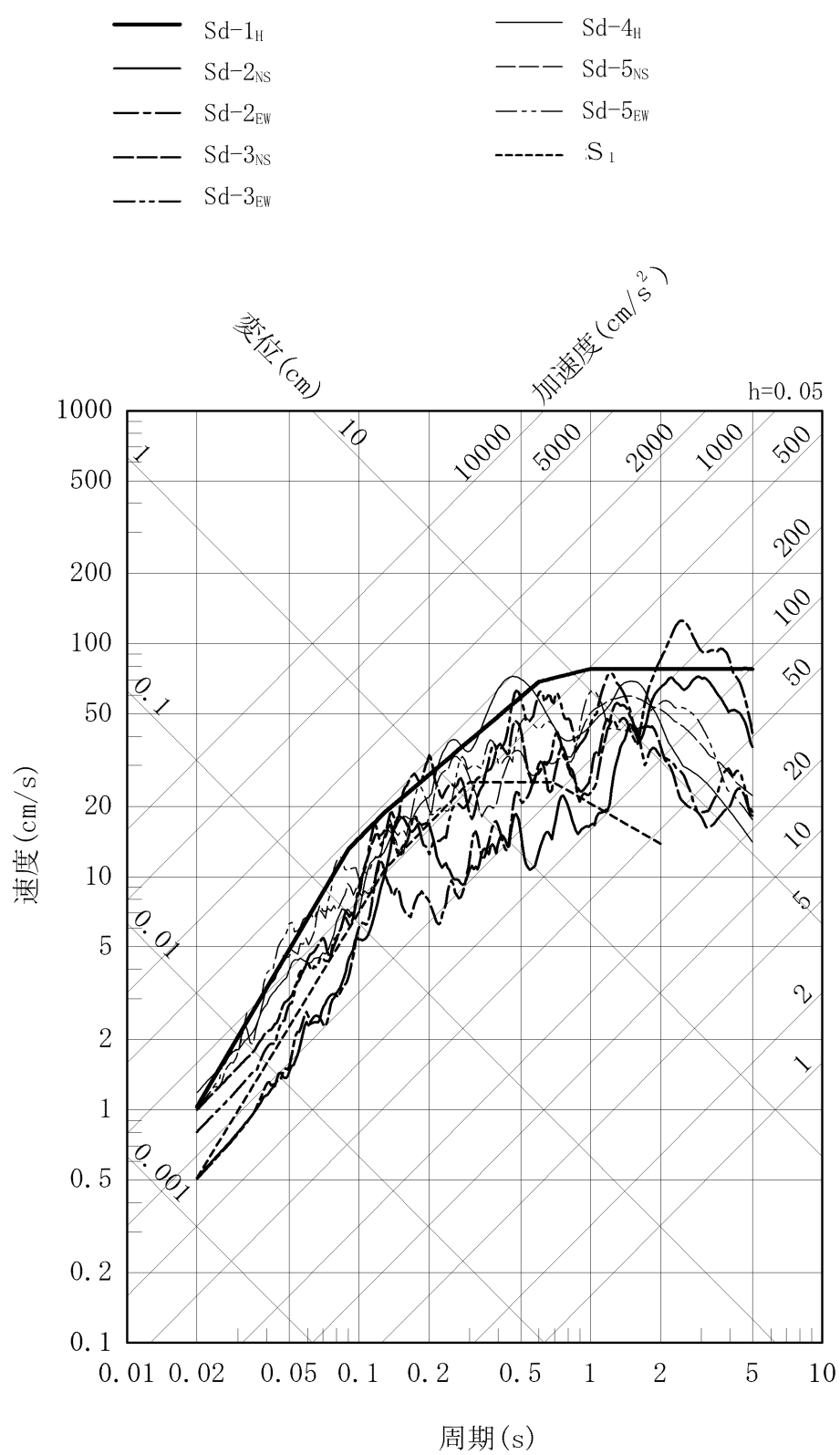
加速度 (水平方向 : Sd-5_{EW})

加速度 (cm/s²)

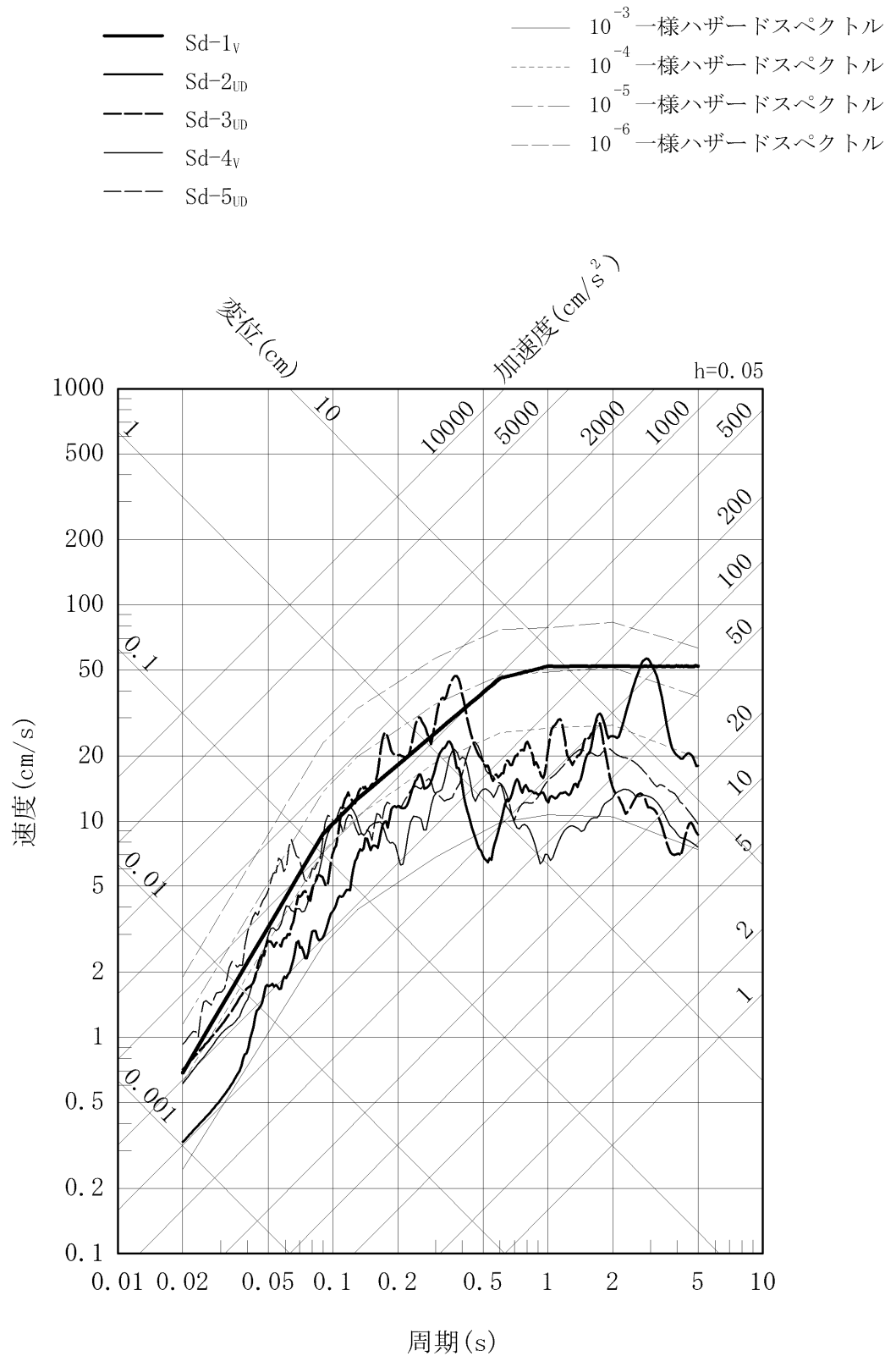


加速度 (鉛直方向 : Sd-5_{UD})

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 1.4.11 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、耐震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、周辺施設は、耐震Cクラスの施設に対する耐震設計を準拠し、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。
- c. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、特段の機能が要求され、耐震Sクラスに分類される周辺施設（間接支持構造物含む）は、基準地震動による地震力に対して、要求される機能が保持できるように設計する。また、特段の機能が要求され、耐震Cクラスに分類される周辺施設である建物・構築物については、b.で適用する地震力に対して、要求される機能が保持できるように設計する。
- 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、通常の実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つて、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つて、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、水圧及び通常的气象条件による荷重
- ・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基礎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基礎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基礎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基礎の変形等に対して、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基礎【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上部構造物）	使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎【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

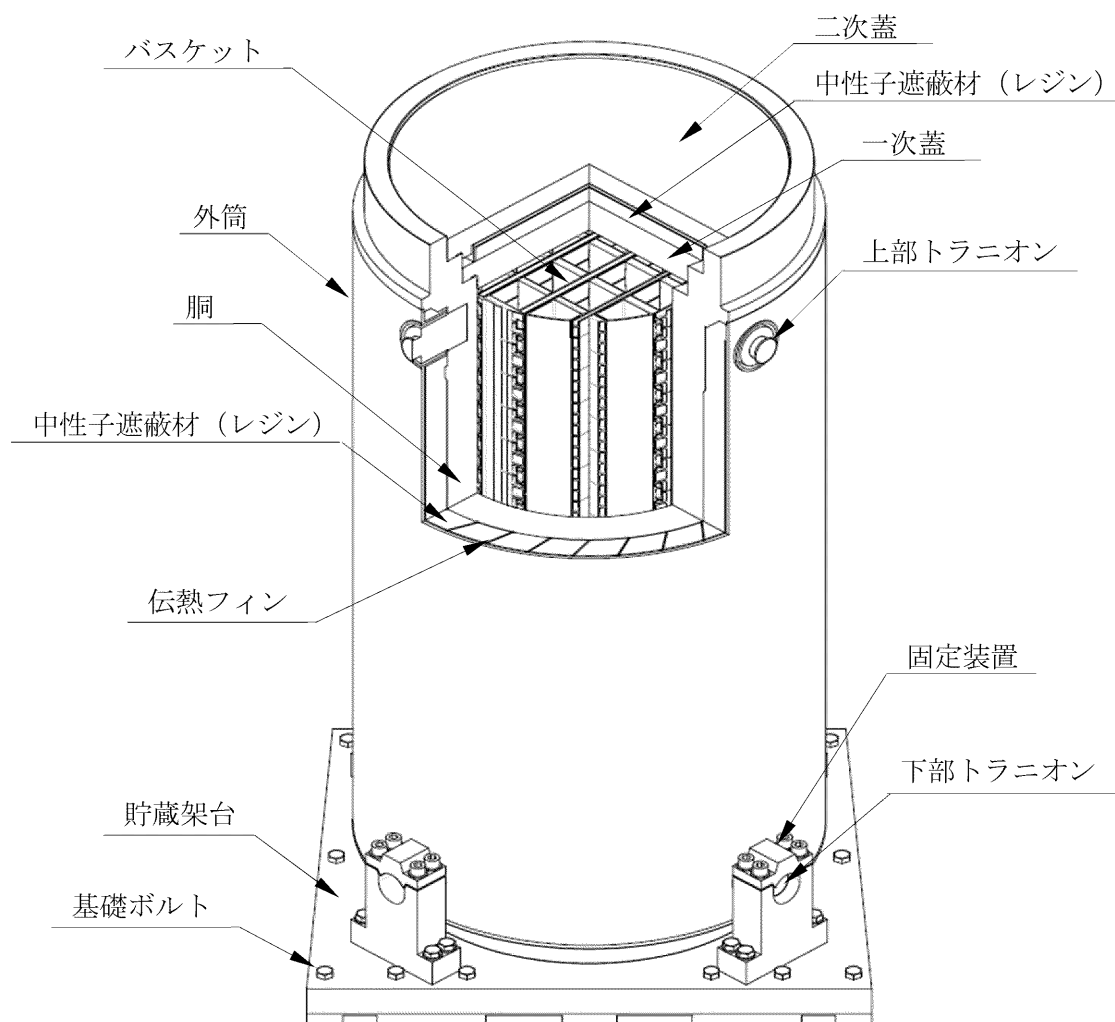
2.1 構造の説明

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。

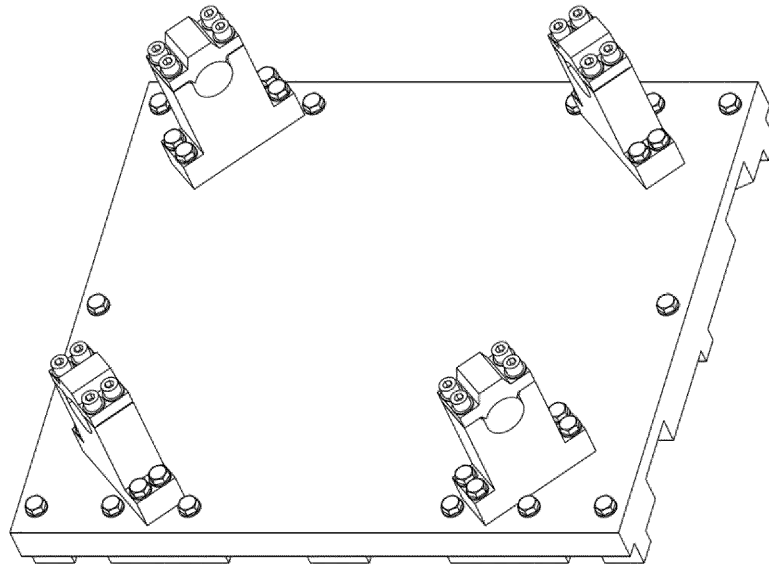
玄海原子力発電所に設置する乾式キャスクの構造を第2-1図に、今回の貯蔵方式における貯蔵架台の構造を第2-2図に示す。

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基礎（以下「建屋基礎」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。



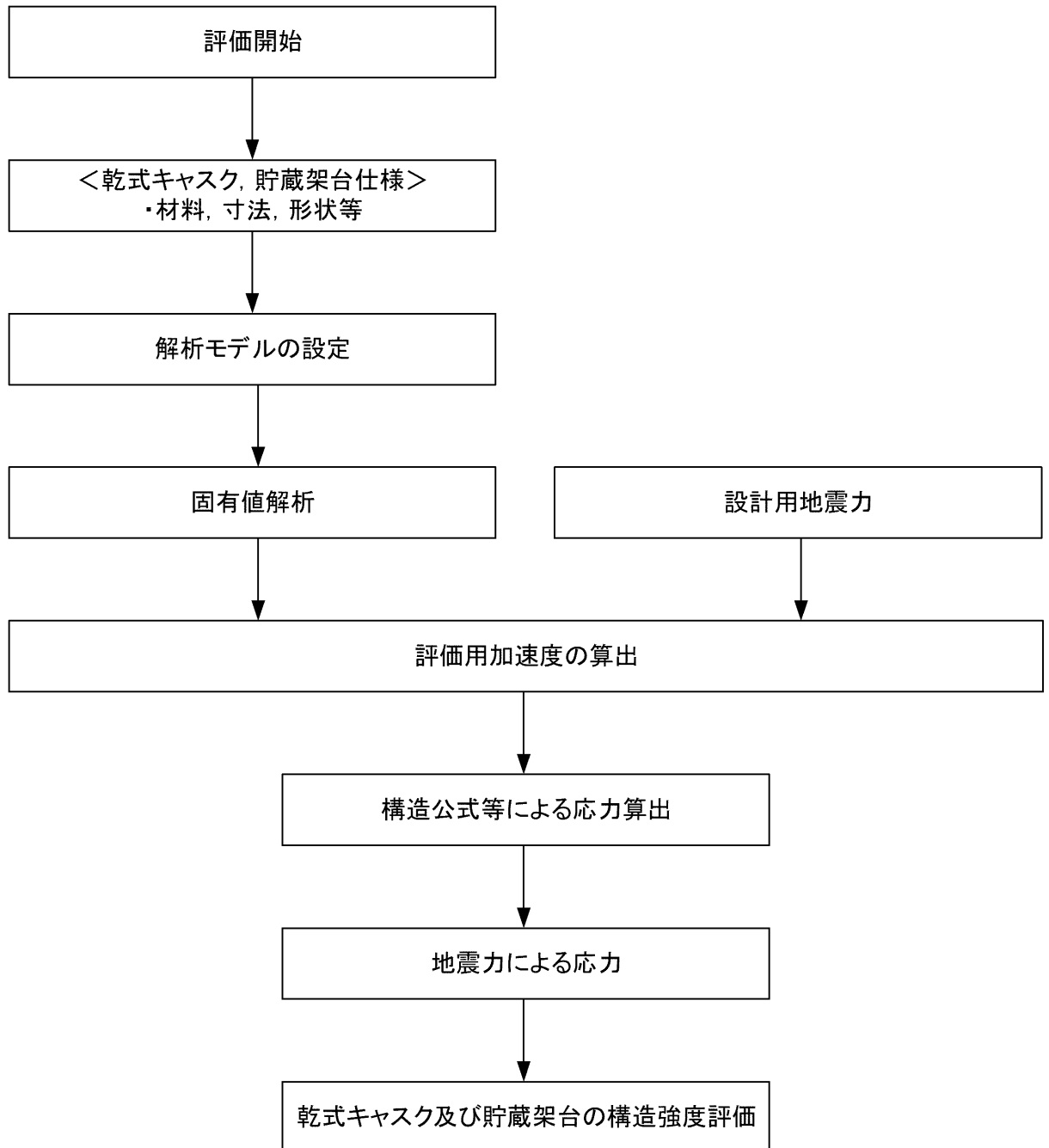
第2-1図 乾式キャスクの構造



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。

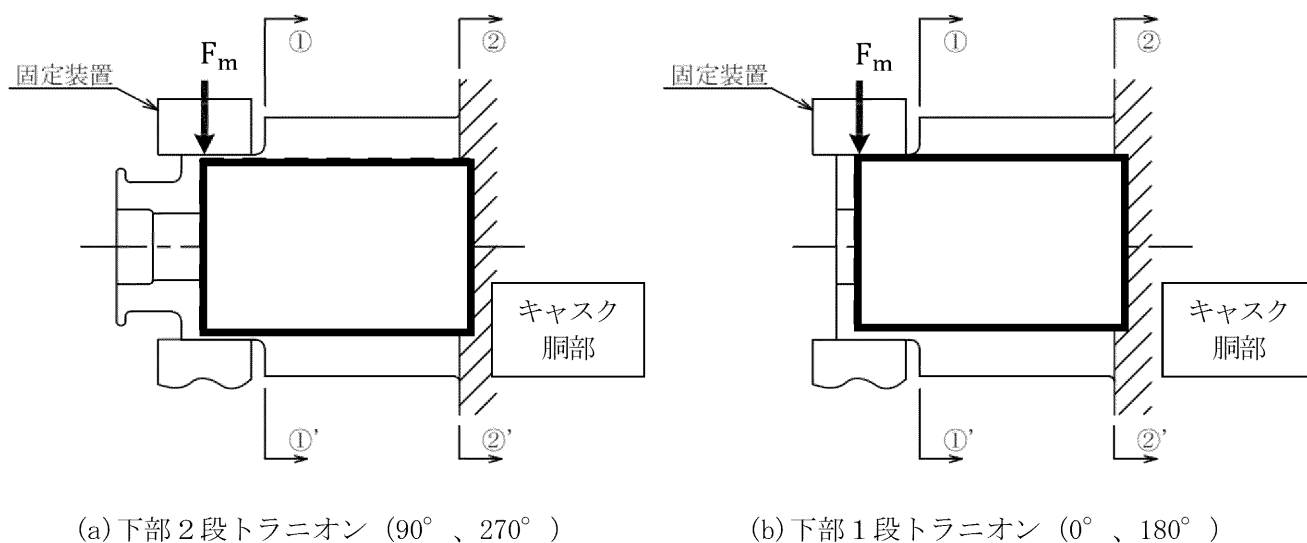
3.1 乾式キャスクの耐震評価箇所

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

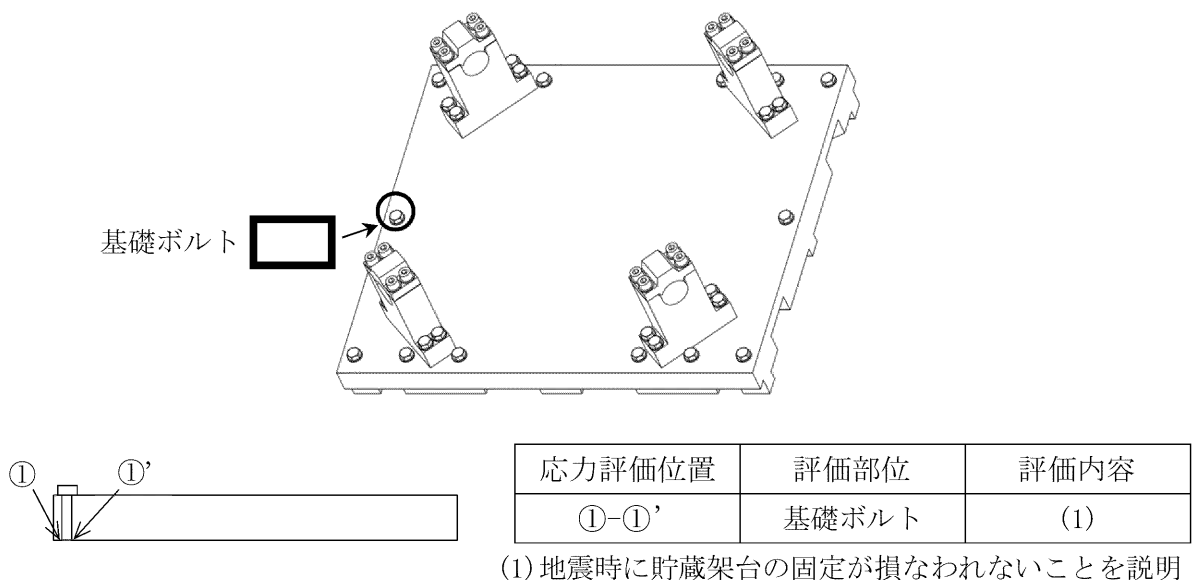
耐震評価箇所		評価内容
①-①'	トラニオン	支持機能を維持できることを評価
②-②'		

☐☐：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

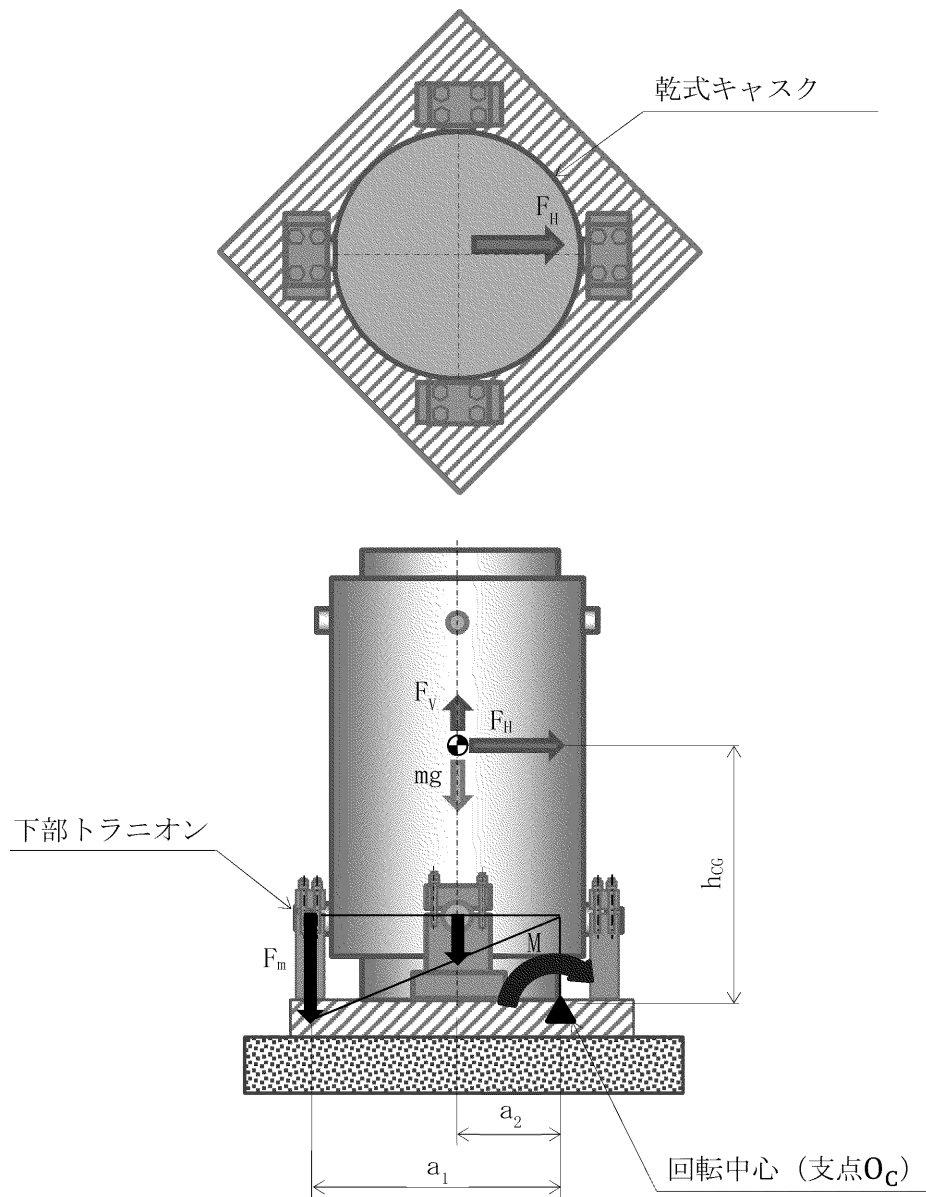
最大応力が発生する箇所は第3-1図に示す下部トラニオンの評価位置①-①’

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 ($\sigma_{b①, ②}$) 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)。

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

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、基礎ボルトで建屋基礎床面と固定し、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。

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

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

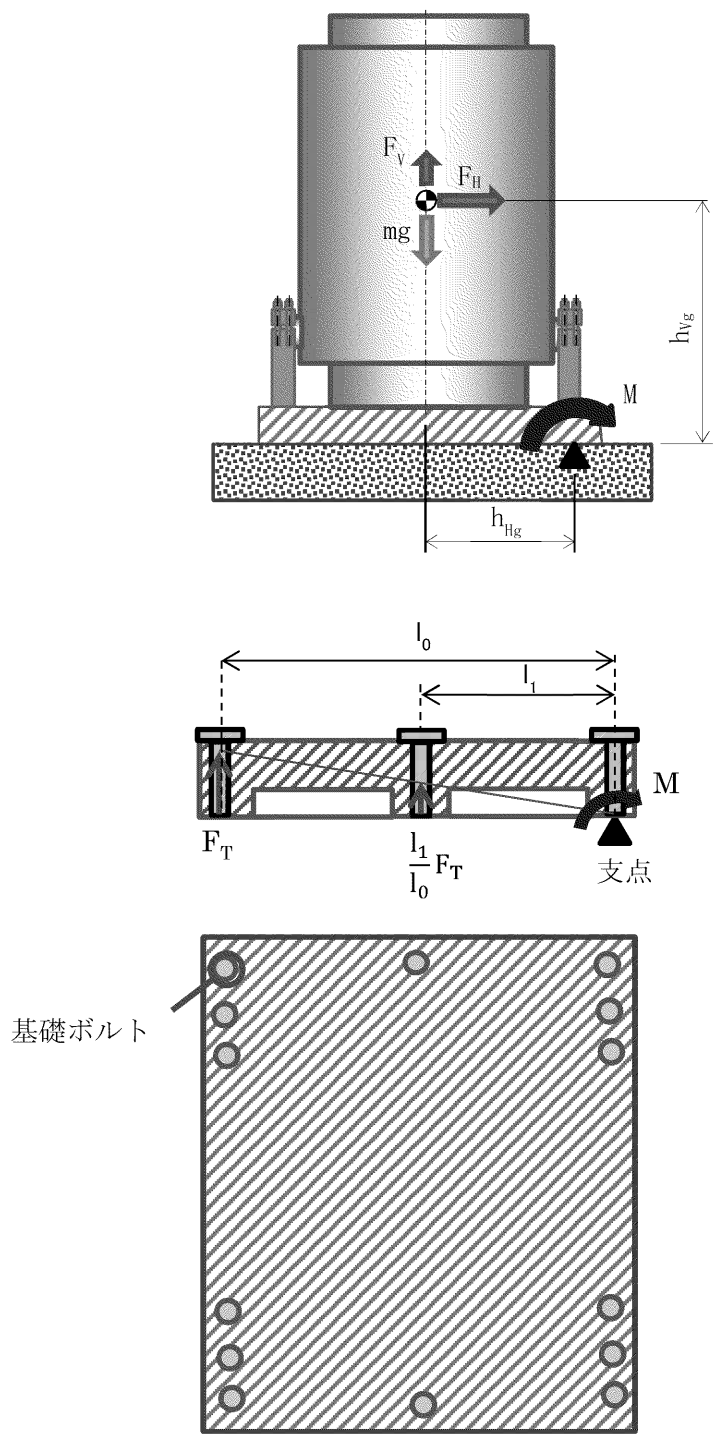
$$\sigma_t = \frac{F_T}{0.75 \cdot A_b} \quad (6.3)$$

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

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

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 -- YES --> D4{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 -- NO --> End[評価終了] D4 -- YES --> E[..... e] D4 -- NO --> 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</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</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>	<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
<p>貯蔵建屋と他施設間の渡り配管等</p> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>評価終了</p> <p>対策検討・実施</p>	<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</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p>	<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 --> End[Evaluation completed] 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 --> End D3 -- YES --> End D3 -- NO --> Measure[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[乾式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、 乾式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 乾式キヤスクの安全機能 ・臨界防止機能 ・遮震機能 ・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. 乾式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、乾式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

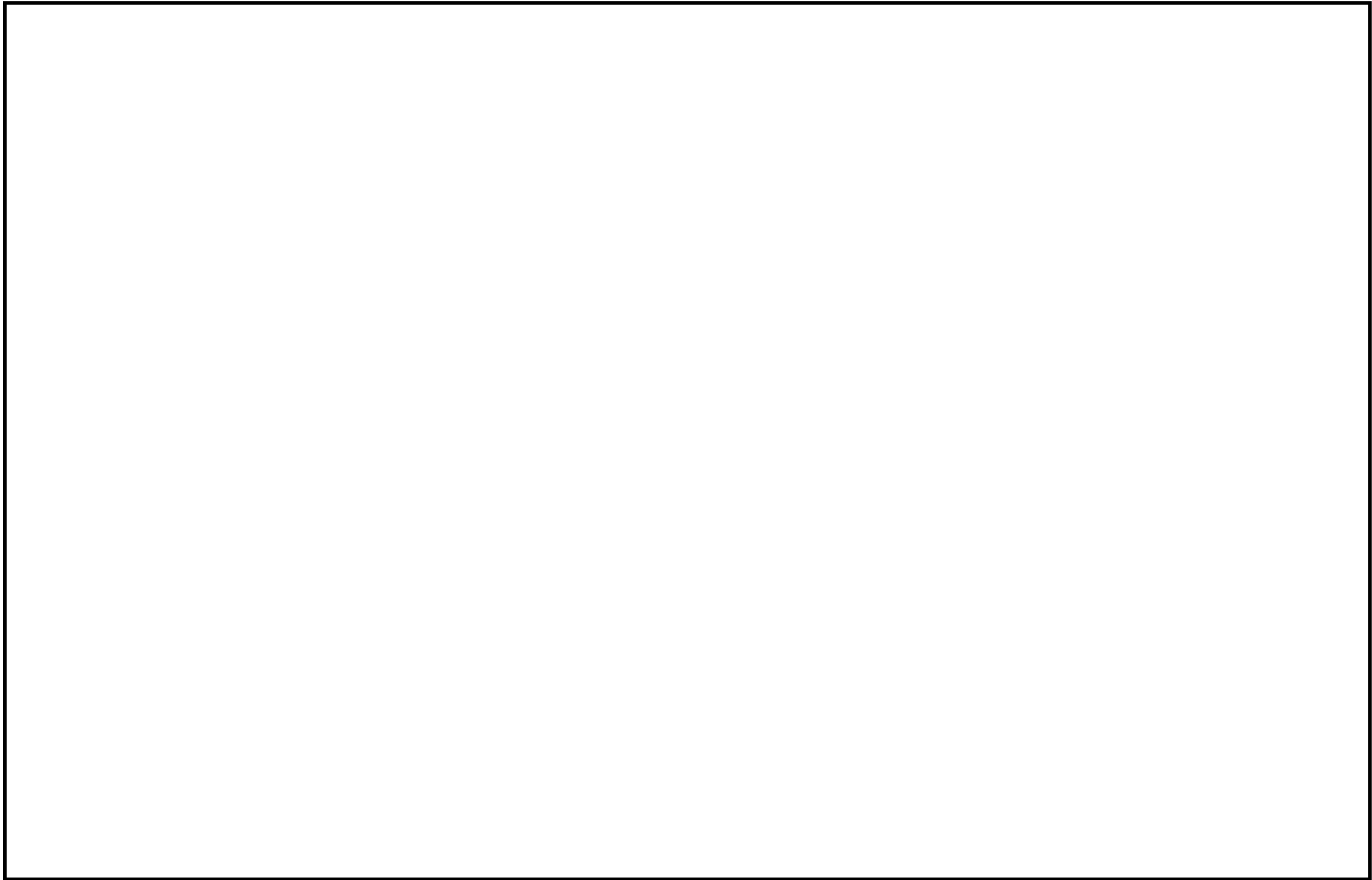
第 6-1 図に示す構内配置図より、以下に示す貯蔵建屋の周辺に位置する施設を抽出し、5 項に示す①及び③の観点の検討フローに基づき、貯蔵建屋及び乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼすことがないことを確認する。

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

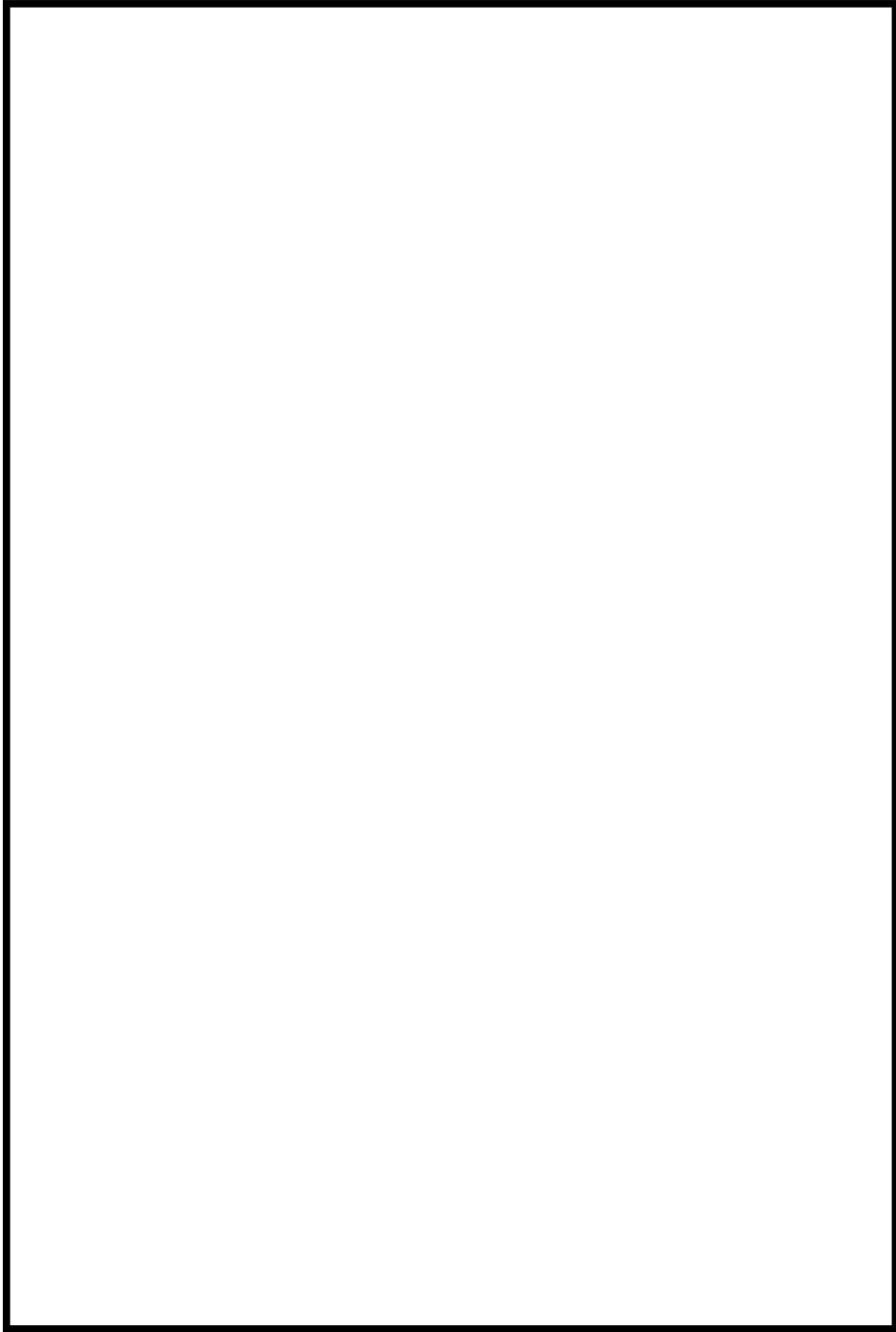
6.2 屋内施設

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。

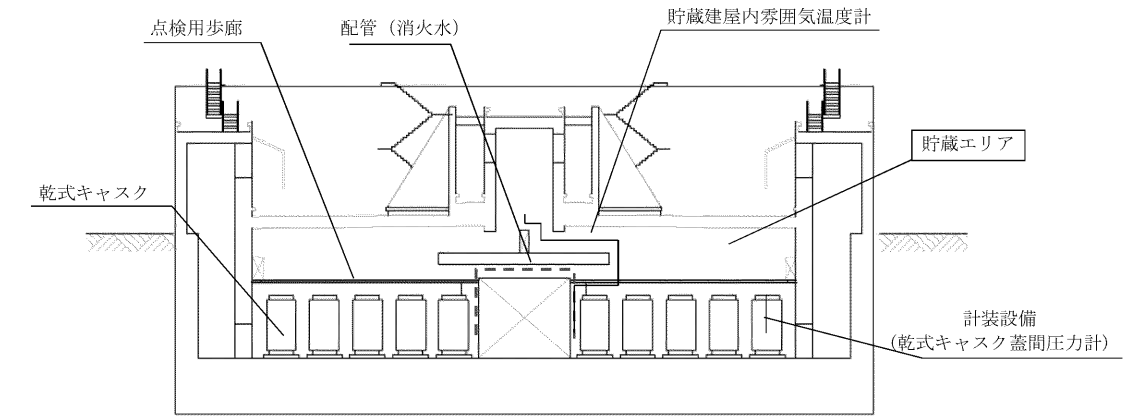
第 6-1 表 貯蔵建屋内に設置する周辺施設等

検討対象の設備	配置	対象とする 検討事象
建屋上部構造物	－（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)

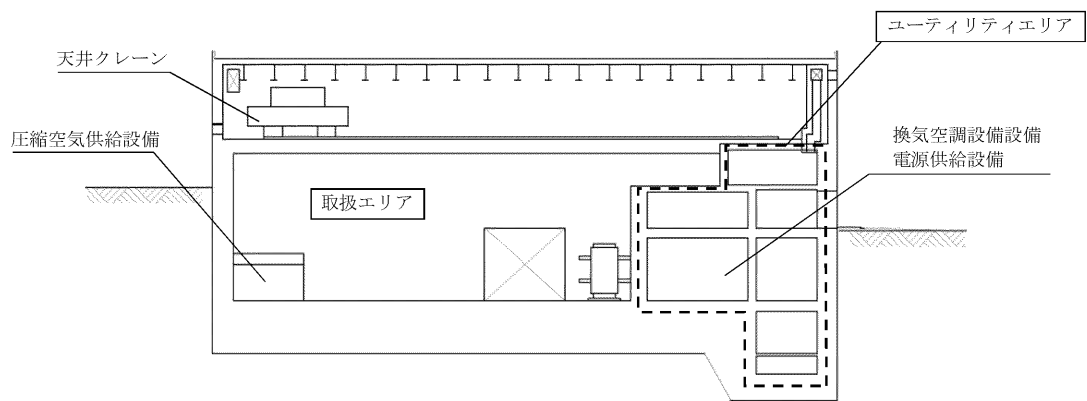


第 6-2 図 貯蔵建屋 平面図

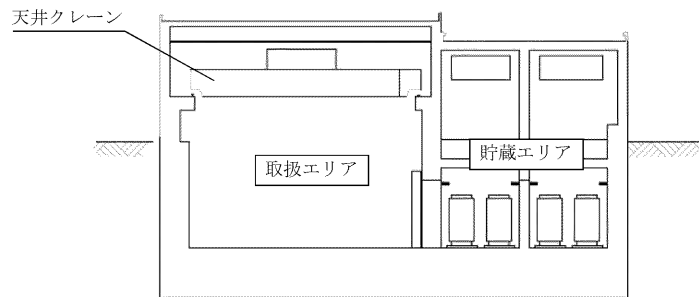
: 防護上の観点から公開できません



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) 建屋上部構造物

建屋上部構造物は、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、建屋上部構造物は基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とする。(第 6-2 図)

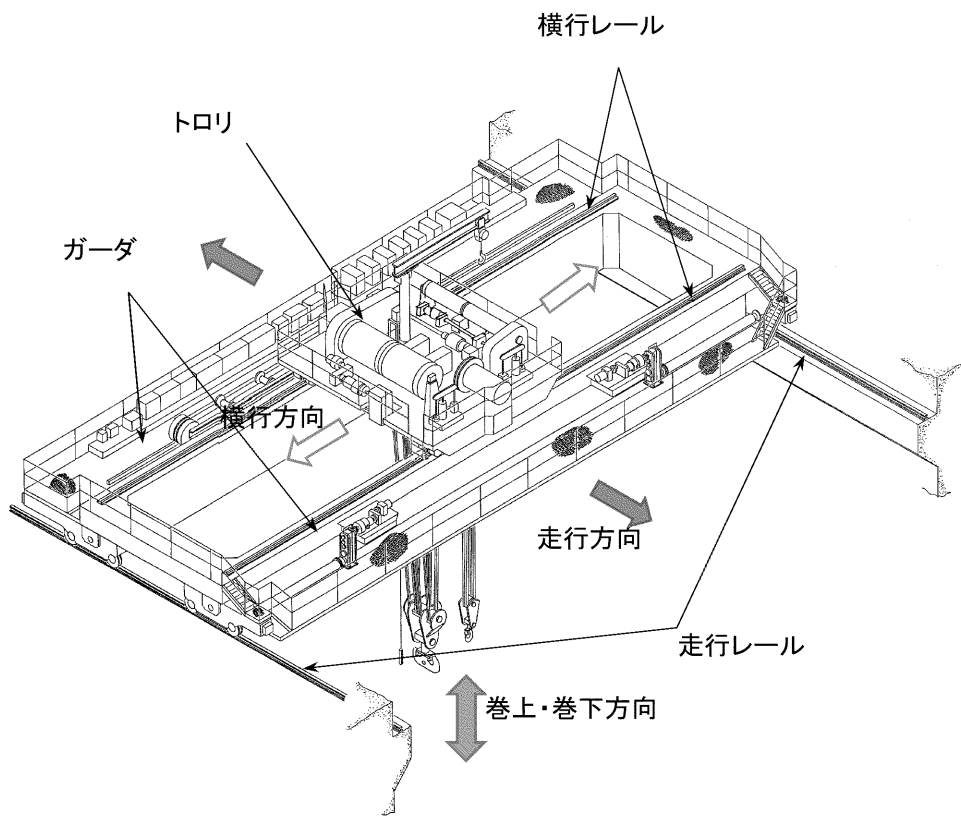
(2) 天井クレーン

天井クレーンの構造図を第 6-4 図に示す。

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ために当該キャスクの上方に移動する。

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と設計とすることに加え、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、クレーンの落下防止対策等を講じ、基準地震動 S_s が作用した場合であっても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)



第 6-4 図 乾式貯蔵建屋天井クレーンの構造イメージ図

(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

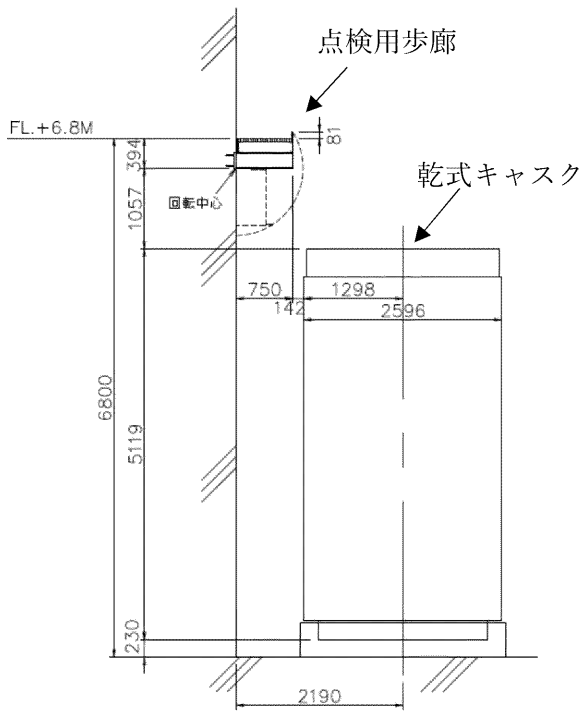
検査架台は、乾式キャスクの検査等のため、乾式キャスクの周囲に配置されるものである。

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）

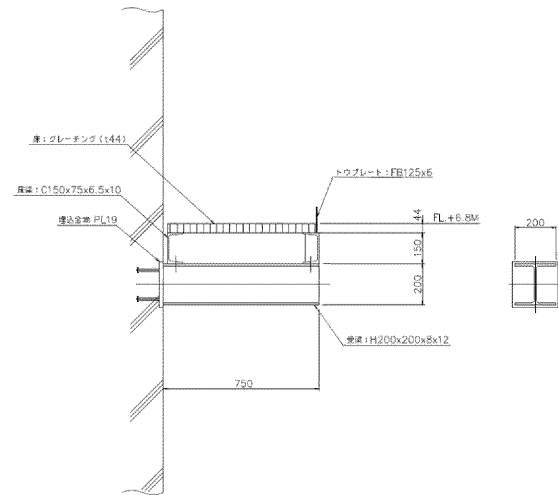
(5) 点検用歩廊

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 6-5 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 6-5 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 6-5 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、貯蔵建屋上部構造物及び天井クレーンについては、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 (μ 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 μ Sv/y)との合算。

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

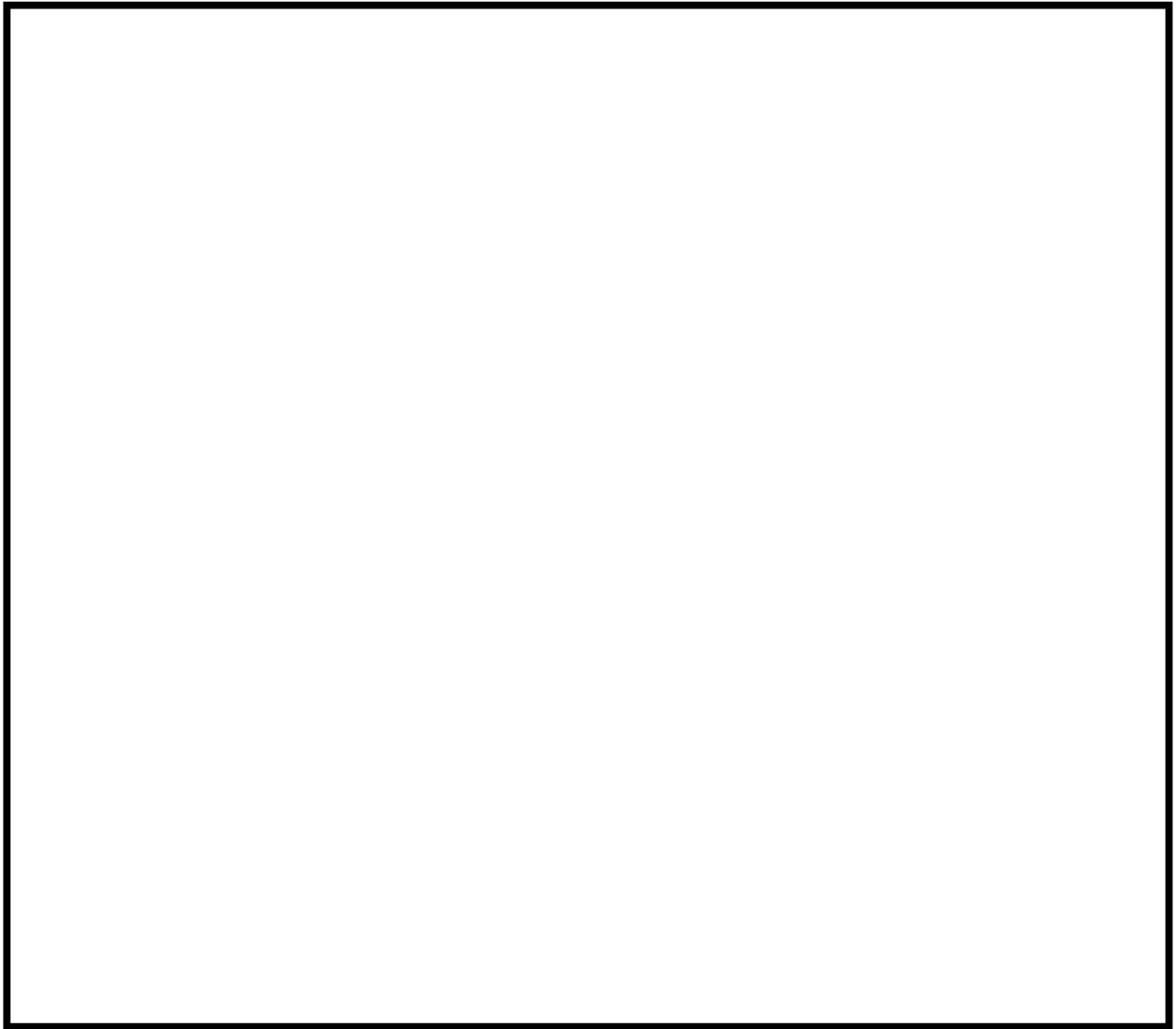




図 2 EL. 20.6m 平面

: 防護上の観点から公開できません

4条-参考2-2



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 2-3

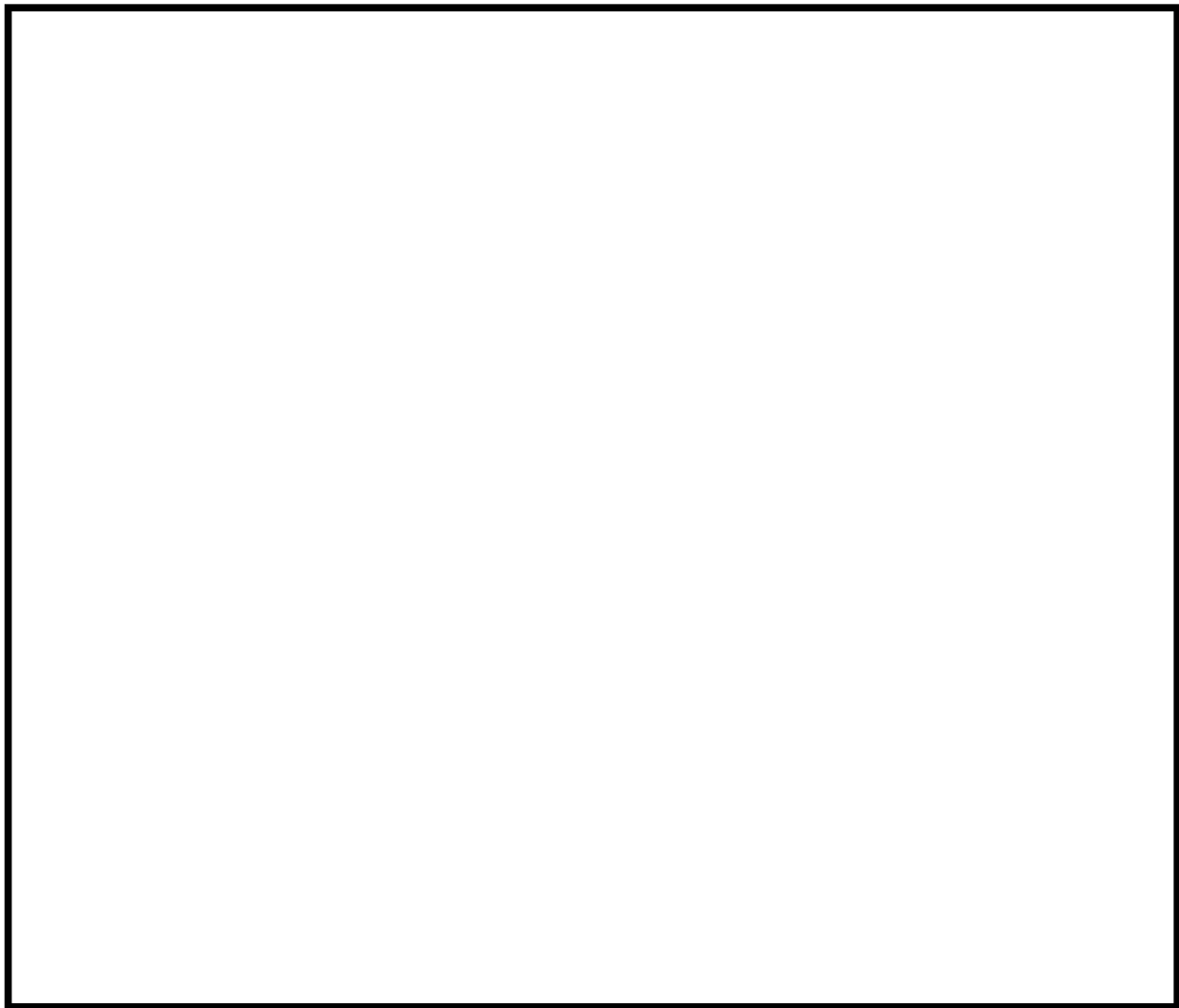



図 4 EL. 26. 0m/28. 6m 平面

: 防護上の観点から公開できません

4 条-参考 2-4

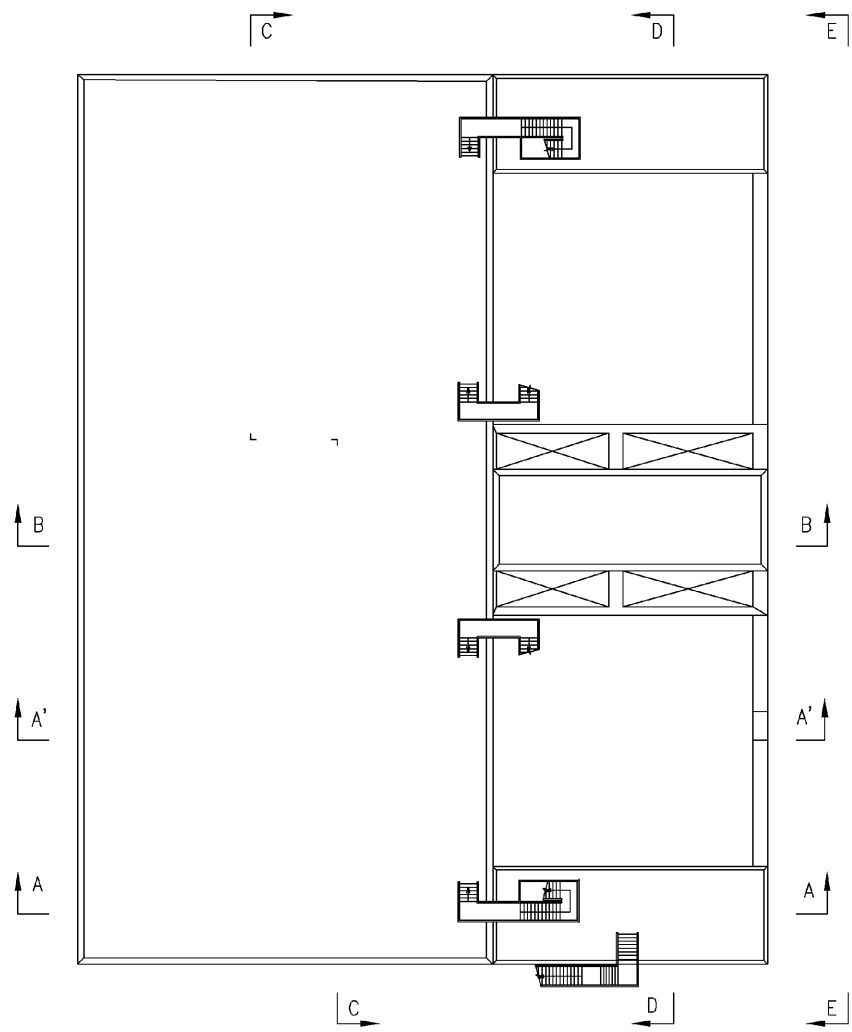


图 5 EL. 36.8m 平面

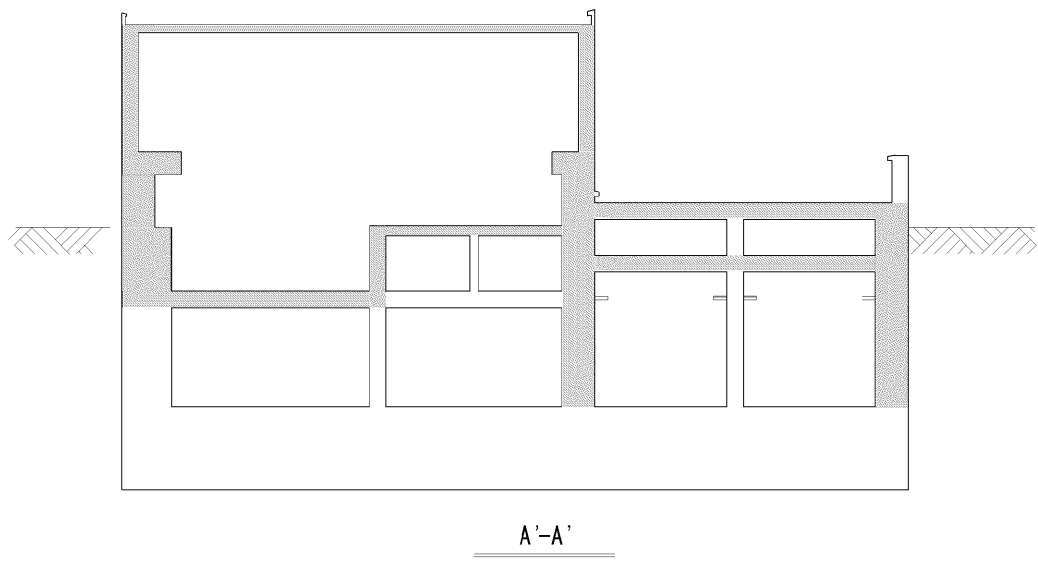
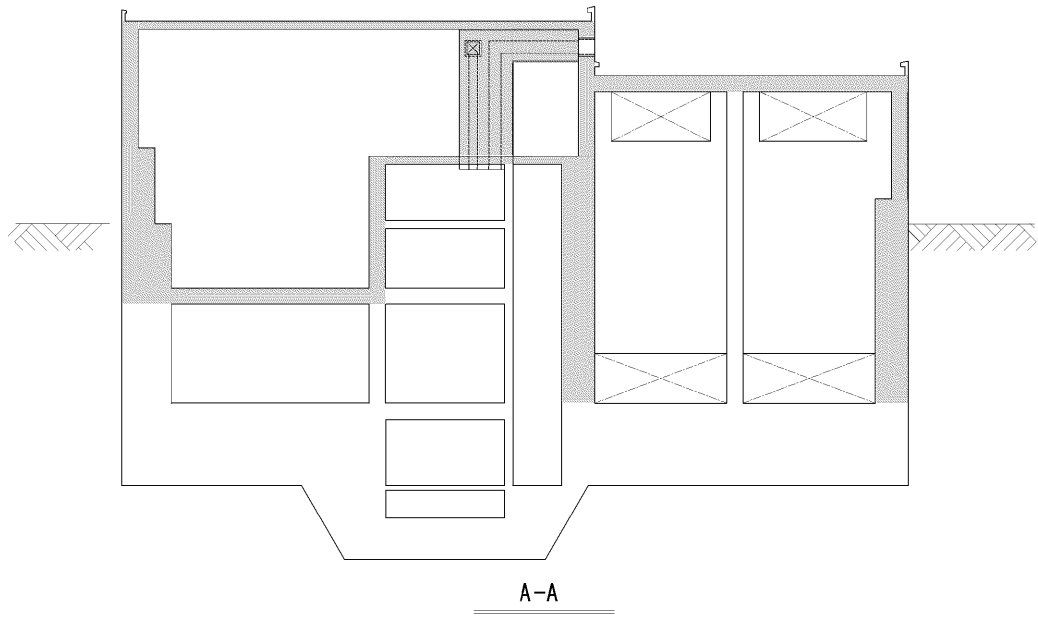
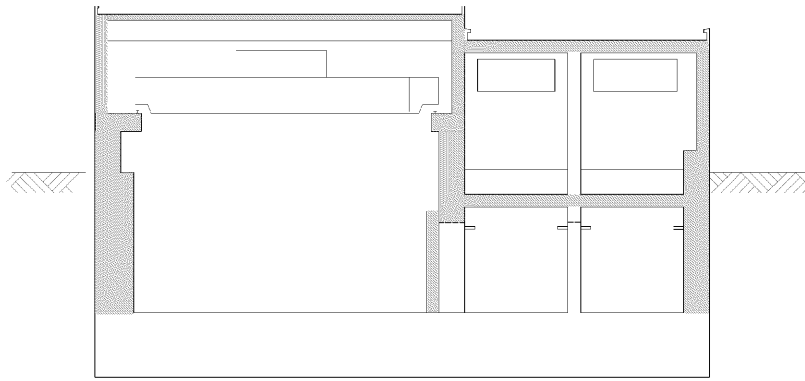
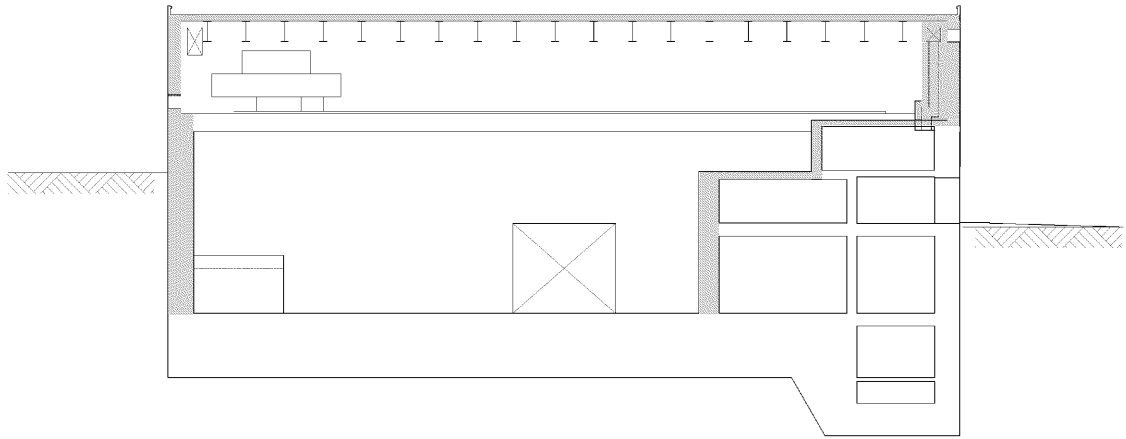


図6 A-A断面及びA'-A'断面

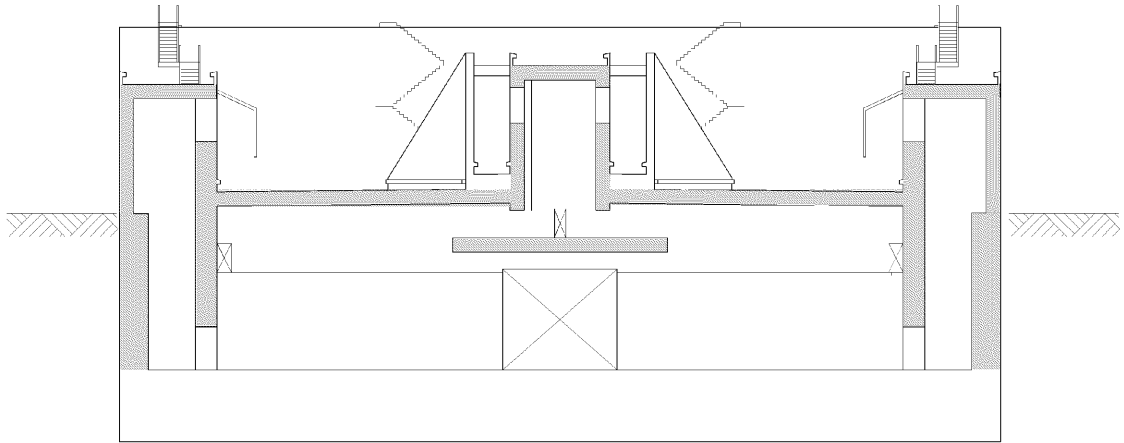


B-B



C-C

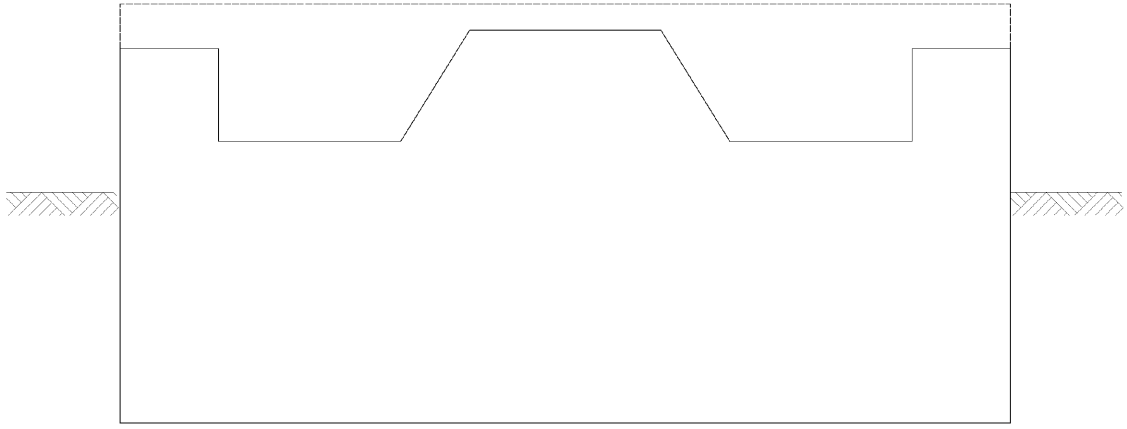
図7 B-B断面及びC-C断面



D-D

图 8 D-D 断面

4 条—参考 2—8



E-E

图9 E-E 断面

搬送台車の波及的影響について

1. 概要

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、使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式キャスク」という。）を乾式貯蔵容器搬送台車（以下、「搬送台車」という。）で搬送中に地震が生じた場合に、隣接する乾式キャスクに波及的影響を及ぼさないことを示す。

2. 搬送中の乾式キャスクの貯蔵架台での固定条件

乾式キャスクは、図 1 及び図 2 に示すように、貯蔵架台に設置し、4 つの下部トラニオンを固定した状態で搬送する。このため、搬送中であっても、乾式キャスクが貯蔵架台から浮き上がることはない。

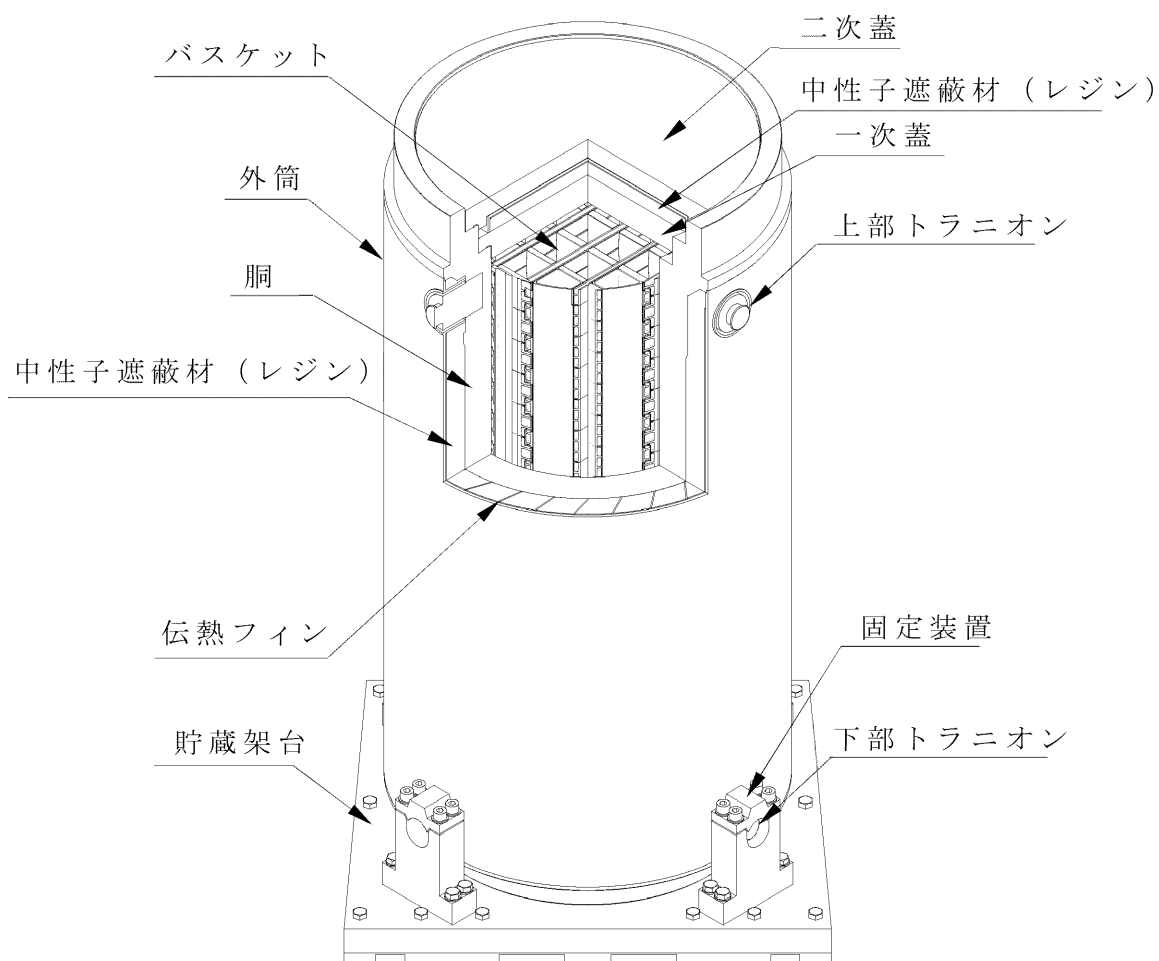


図 1 貯蔵架台設置時の乾式キャスク

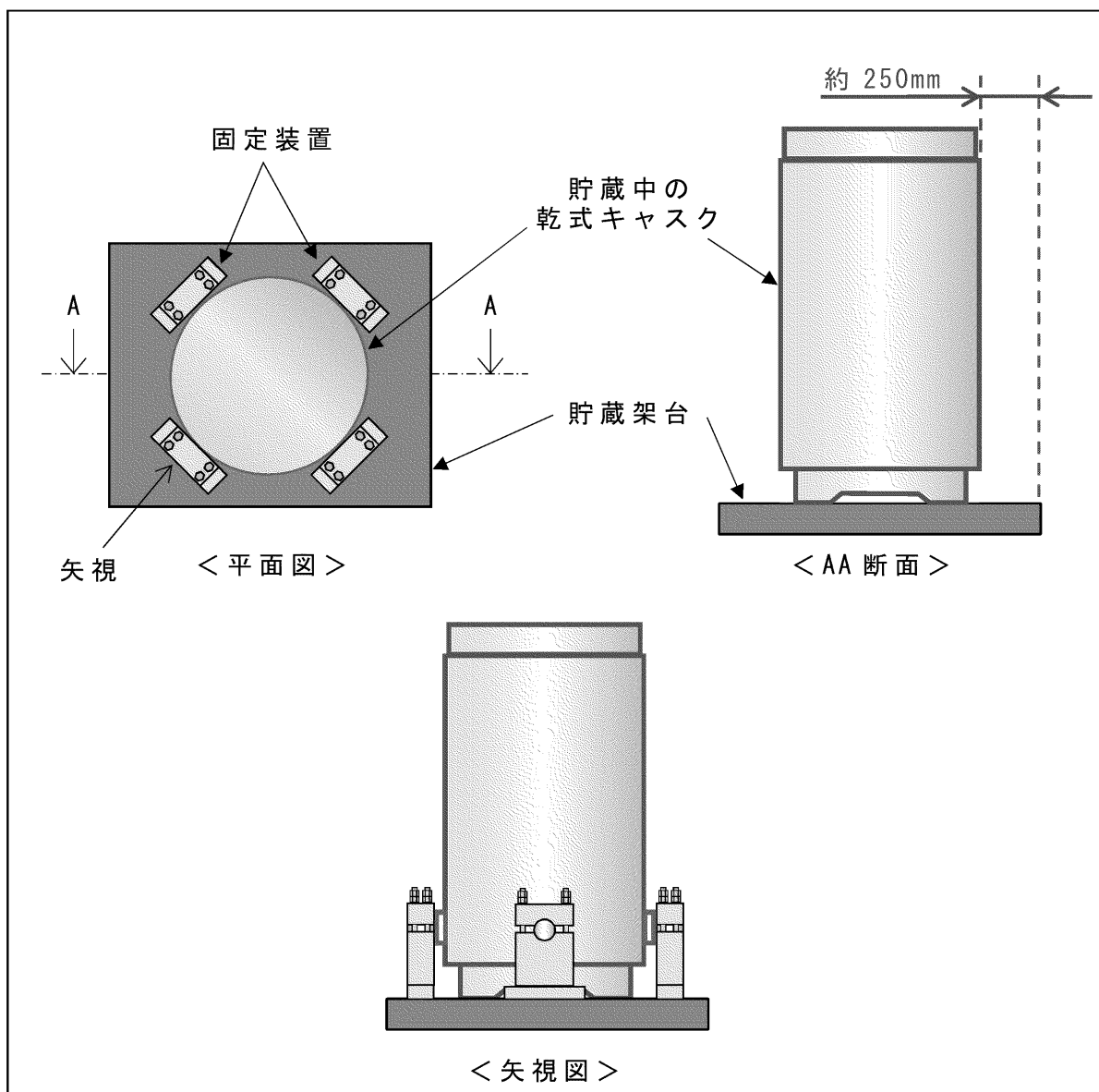


図 2 貯蔵架台により支持された乾式キャスクの状態

3. 搬送中の乾式キャスクに対する波及的影響の検討

乾式キャスクの貯蔵時においては、キャスク間の離隔距離を十分確保しており、また、搬送中においても過度に寄りつくことはないため、地震による接触は想定していない。

但し、波及的影響の観点から、搬送中と貯蔵中の乾式キャスクの貯蔵架台の衝突による搬送中の乾式キャスクの転倒、及び、乾式キャスクの傾倒による衝突を想定して、波及的影響を検討する。

4. 乾式キャスクの転倒及び乾式キャスク同士の衝突の確認

乾式キャスクが、建屋床面の地震速度と同じ速度で運動して貯蔵中の乾式キャスクに衝突しても、搬送中の乾式キャスクが転倒しないこと、また、貯蔵中の乾式キャスクと衝突しないことを確認する。

4.1 確認方針

転倒及び衝突の確認方法、クライテリア等は、設置許可基準規則第16条補足説明資料参考3「貯蔵中の乾式キャスクの転倒防止（エアパレット搬送時含む）について」と同様である。

確認にあたっては、以下を考慮した。

- ① 設計及び工事計画認可向けの乾式貯蔵建屋応答解析における基礎上面（乾式キャスク設置位置）の最大速度を包絡する値を設定
- ② 水平方向及び鉛直方向の速度については $S_{s-1} \sim S_{s-5}$ の最大速度を包絡する速度を設定。なお、水平方向は水平 X 方向及び水平 Y 方向の 2 方向を包絡する最大速度を適用
- ③ 水平 2 方向を考慮し、水平速度を $\sqrt{2}$ 倍

4.2 確認用速度

確認に適用する速度を表 1 に示す。

表 1 確認用速度

方向	確認用速度 [m/s]
水平	1.0
鉛直	0.6

4.2 確認方法

本確認では、設置許可基準規則第16条補足説明資料参考3の「搬送台車の搬送速度」を「設計及び工事計画認可向けの乾式貯蔵建屋応答解析における基礎上面（乾式キャスク設置位置）

の最大速度を包絡し、更に係数を乗じた速度^(※)とし、当該資料と同様、以下、(1)～(3)式を用いて確認を行う。

(※) 保守的な確認とするため、「設計及び工事計画認可向けの乾式貯蔵建屋応答解析における基礎上面（乾式キャスク設置位置）の最大速度」（但し、水平方向については、更に「搬送台車の搬送速度」を追加）を1.2倍した値

$$\frac{1}{2}m(\sqrt{2} \times V_{SH})^2 + \frac{1}{2}m(V_{SV})^2 = mgh_2 - mgh_1 \cdots (1)$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h_2}{R_A}\right) - \beta \cdots (2)$$

$$\Delta x = x_1 - R_B \times \cos(\gamma + \theta) \cdots (3)$$

ここで、

m ：乾式キャスク（貯蔵架台含む）の重量^(注1) [kg]

V_{SH} ：水平方向速度 [m/s]

（[設計及び工事計画認可向けの乾式貯蔵建屋応答解析における基礎上面（乾式キャスク設置位置）の最大速度＋搬送台車の搬送速度]*1.2）

V_{SV} ：鉛直方向速度 [m/s]

（設計及び工事計画認可向けの乾式貯蔵建屋応答解析における基礎上面（乾式キャスク設置位置）の最大速度*1.2）

g ：重力加速度^(注1) [m/s²]

h_1 ：衝突直後の状態における、回転中心を基準高さとした乾式キャスク（貯蔵架台含む）の重心高さ^(注1) [m]

h_2 ：衝突して傾いた状態における、回転中心を基準高さとした乾式キャスク（貯蔵架台含む）の重心高さ [m]

θ ：乾式キャスク（貯蔵架台含む）の傾き角 [°]

R_A ：回転中心から乾式キャスク（貯蔵架台含む）の重心までの距離^(注1) [m]

β : 回転中心をとる水平面及び直線 R_A で構成される角度 ^(注1) [°]

Δx : 搬送中の乾式キャスクの傾き量 [mm]

x_1 : 貯蔵架台側面と乾式キャスクとの距離 ^(注1) [mm]

R_B : 回転中心と搬送中の乾式キャスクの外筒上端との距離 ^(注1) [mm]

γ : 回転中心をとる水平面及び直線 R_B で構成される角度 ^(注1) [°]

(注1) 設置許可基準規則第16条補足説明資料参考3の計算に使用した値と同じ。なお、図3-1～図3-4に寸法及び角度の記号の該当箇所を示す。

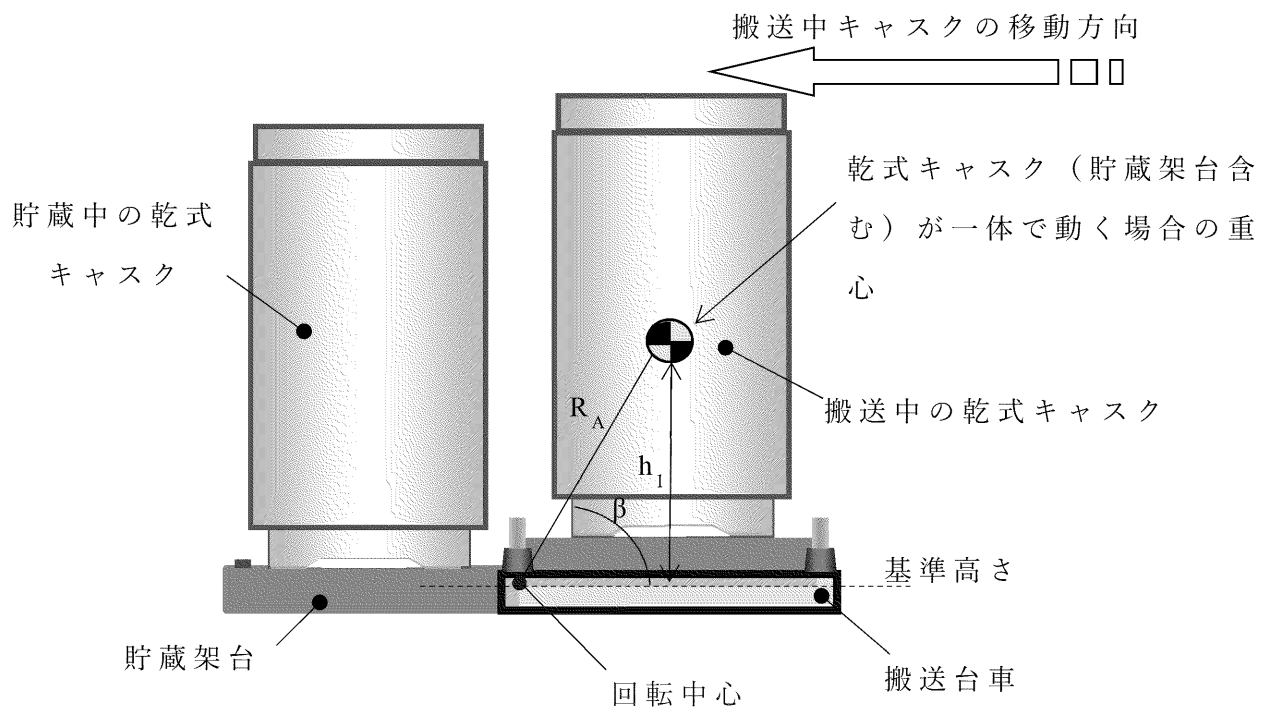


図 3-1 R_A 、 β 及び h_1 について (衝突直後)

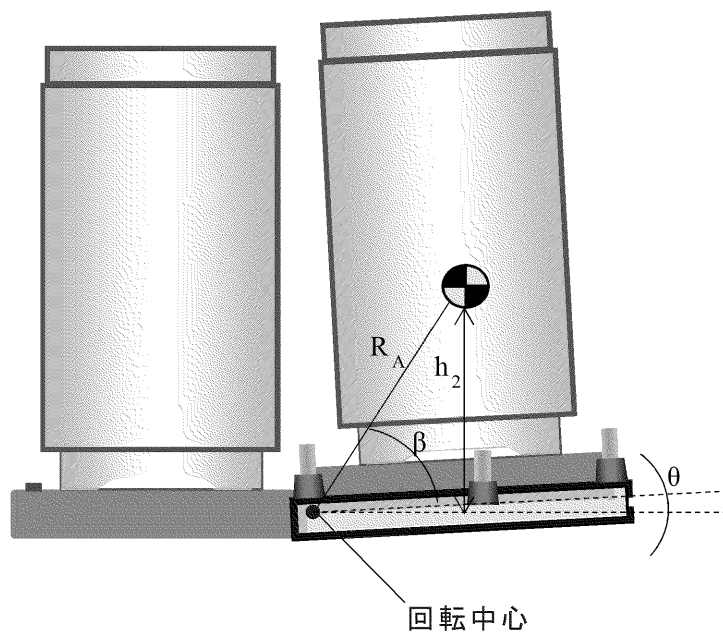


図 3-2 R_A 、 β 、 h_2 及び θ について (傾き後)

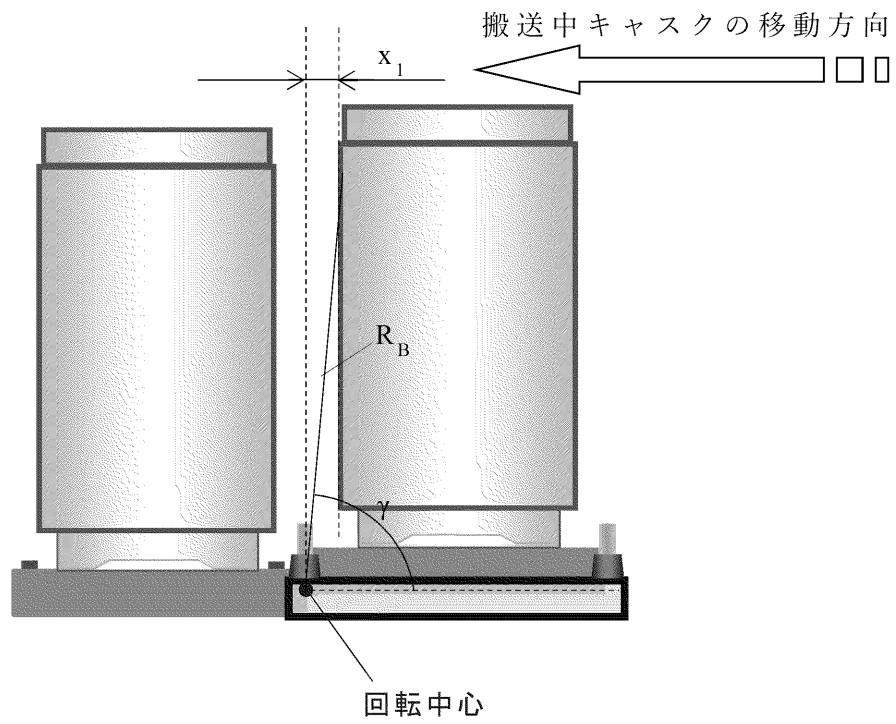


図 3-3 x_1 、 R_B 及び γ について（衝突直後）

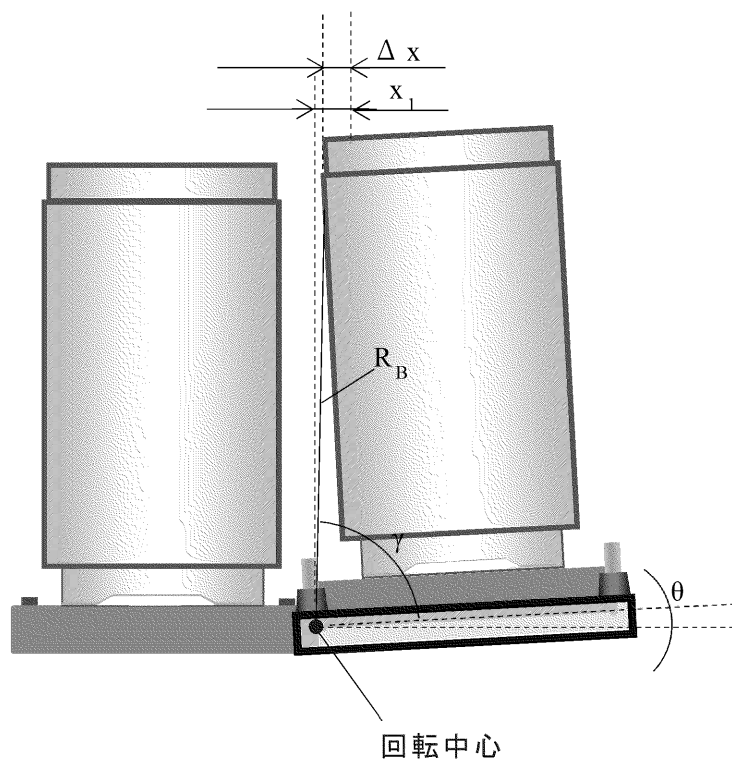


図 3-4 Δx 、 x_1 、 R_B 、 γ 及び θ について（傾き後）

4条-参考3-7

4.3 確認結果

確認用速度（表1を参照）による確認結果を表2に示す。傾き角及び傾き量は共にクライテリア（傾き角：約□、傾き量：約500mm）以下であり、地震によって波及的影響を及ぼさないことを確認した。

表2 搬送中の乾式キャスクの傾き角及び傾き量

キャスク 型式	搬送中の乾式キャスクの傾 き角[°]		搬送中の乾式キャスクの 傾き量[mm]	
	地震時	クライテリア	地震時	クライテリア
MSF-24P	□	□	405	500

□:商業機密に係る事項のため公開できません

使用済燃料乾式貯蔵建屋における地下水に対する設計方針

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、鉄筋コンクリート造の建物で、建物基礎は、基準地震動に対して支持性能を有する地盤にマンメイドロックを介して設置する。建物は地下階を有し、周囲の地盤は主に盛土地盤である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性を確保するにあたり、揚圧力等を抑制するよう湧水サンプポンプによる排水設備を設置する。地下水に対する設計方針を示す。

2. 地下水に対する設計方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計で用いる地下水位は、建物建設地における湧水サンプポンプによる地下水の排水を考慮した浸透流解析等を踏まえ設定する。

3. 設計上の配慮事項

排水については、基準地震動に対して機能を維持する設計とする。

5 条
津波による損傷の防止

第 5 条：津波による損傷の防止

<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. 津波による損傷の防止

(別添資料 1)

玄海原子力発電所 3 号炉 津波防護対象の選定について

(別添資料 2)

玄海原子力発電所 3 号炉 乾式貯蔵施設の敷地高さについて

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ. 発電用原子炉施設の一般構造

(2) 耐津波構造

(i) 設計基準対象施設に対する耐津波設計

設計基準対象施設は、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津波（以下「基準津波」という。）に対して、以下の方針に基づき耐津波設計を行い、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。基準津波の策定位置を第5.9図に、時刻歴波形を第5.10図に示す。

また、設計基準対象施設のうち、津波から防護する設備を「設計基準対象施設の津波防護対象設備」とする。

a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。

(a) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する。

(b) 上記（a）の遡上波については、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在、設備等の設置状況並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。また、地震による変状又は繰返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

(c) 取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、必要に応じ水密扉の設置及び閉止運用等の浸水対策を施

すことにより、津波の流入を防止する設計とする。

- b. 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。
- (a) 取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、浸水防止設備を設置することにより浸水範囲を限定する設計とする。
- (b) 浸水想定範囲及びその周辺に設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じ浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。
- (c) 浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、必要に応じ排水設備を設置する。
- c. 上記a.及びb.に規定するもののほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、浸水対策を行うことにより津波による影響等から隔離する。そのため、浸水防護重点化範囲を明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して必要に応じ水密扉の設置及び閉止運用等の浸水対策を施す設計とする。
- d. 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する設計とする。そのため、基準津波による取水ピット水位の低下に対して、海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口、取水管路及び取水ピットの通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持で

きる設計とする。

- e. 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波（施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝ば特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。）に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できる設計とする。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。
- f. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たっては、地震による敷地の隆起・沈降、地震（本震及び余震）による影響、津波の繰返しの襲来による影響、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動、漂流物等）及び自然条件（積雪、風荷重等）を考慮する。
- g. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに海水ポンプの取水性の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。

ヌ. その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(ii) 浸水防護設備

a. 津波に対する防護設備

(a) 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設

設計基準対象施設は、基準津波に対して、その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こと、また、重大事故等対処施設は、基準津波に対して、重大事故等に対処するために必要な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ことから、海水ポンプエリア水密扉、海水ポンプエリア防護壁、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等により、津波から防護する設計とする。

なお、基準津波による遡上波及び水位の低下に対して、防護設備の設置の必要はないことから、津波防護施設に該当する施設は設けない設計とする。

海水ポンプエリア水密扉（一部3号及び4号炉共用）

個 数 2（3号及び4号炉共用）
2

海水ポンプエリア防護壁（3号及び4号炉共用）

個 数 1

取水ピット搬入口蓋（3号及び4号炉共用）

個 数 1

原子炉周辺建屋水密扉

個 数 2

原子炉補助建屋水密扉（3号及び4号炉共用）

個 数 4

(2) 安全設計方針

1.5 耐津波設計

1.5.1 設計基準対象施設の耐津波設計

1.5.1.1 耐津波設計の基本方針

設計基準対象施設は、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津波（以下「基準津波」という。）に対してその安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

(1) 津波防護対象の選定

「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。）第5条（津波による損傷の防止）」の「設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、基準津波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」との要求は、設計基準対象施設のうち、安全機能を有する設備を津波から防護することを要求していることから、津波から防護を検討する対象となる設備は、設計基準対象施設のうち安全機能を有する設備（クラス1、クラス2及びクラス3設備）である。また、「兼用キャスク及びその周辺施設は、基準津波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」との要求は、使用済燃料乾式貯蔵容器及びその周辺施設のうち、安全機能を有する設備を津波から防護することを要求していることから、津波から防護を検討する対象となる設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器及びその周辺施設のうち安全機能を有する設備である。

設置許可基準規則の解釈別記3では、津波から防護する設備として、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震Sクラスに属する設備が要求されている。

以上から、津波から防護を検討する対象となる設備は、クラス1、クラス2及びクラス3設備並びに津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震Sクラスに属する設備とする。このうち、クラス3設備は、損傷した場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計とする。

このため、津波から防護する設備は、クラス1、クラス2設備並びに津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震Sクラスに属する設備（以下「設計基準対象施設の津波防護対象設備」という。）とする。

(2) 敷地及び敷地周辺における地形、施設の配置等

津波に対する防護の検討に当たって基本事項となる発電所の敷地及び敷地周辺における地形、施設の配置等を把握する。

a. 敷地及び敷地周辺の地形、標高並びに河川の存在の把握

玄海原子力発電所を設置する敷地は、東松浦半島の先端部に属し、北西方向に長い長方形のなだらかな起伏をもった丘陵地帯である。敷地は玄界灘に面し、北東に外津浦、南西に八田浦がある。また、発電所周辺の河川としては、敷地から南東方向約2kmの地点を流れる志礼川及び敷地内の八田川がある。八田川の下流には八田浦貯水池を設けている。敷地は、主にEL. +11.0m、EL. +16.0m以上の高さに分かれている。

b. 敷地における施設の位置、形状等の把握

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画として、EL. +11.0mの敷地に原子炉格納容器、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及び海水ポンプエリアを設置し、EL. +24.5mの敷地に使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置する。EL. +11.0mの敷地地下部に海水管ダクト、燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクを設置する。非常用取水設備として、取水口、取水管路及び取水ピットを設置する。

浸水防止設備として、海水ポンプエリアに水密扉、海水ポンプエリア防護壁、床ドレンライン逆止弁（一部3号及び4号炉共用）の設置及び貫通部止水処置（一部3号及び4号炉共用）を実施する。海水ポンプエリア及び海水管ダクトに繋がる取水ピット搬入口に取水ピット搬入口蓋を設置する。原子炉周辺建屋とタービン建屋との境界に水密扉、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。原子炉補助建屋とタービン建屋との境界に水密扉の設置及び貫通部止水処置（3号及び4号炉共用）を実施する。海水管ダクトとタービン建屋との境界に床ドレンライン逆止弁（3号及び4号炉共用）を設置する。

津波監視設備として、取水ピットのEL. 約+8.0mに取水ピット水位計を設置し、原子炉周辺建屋壁のEL. 約+31mに津波監視カメラ（3号及び4号炉共用）を設置する。

なお、設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画の周

辺敷地高さはEL. +11.0m以上であり、基準津波による遡上波が地上部から到達、流入しないこと及び基準津波による水位の低下に対して、海水ポンプが機能保持でき貯水のための堰を設置しないことから、津波防護施設に該当する施設はない。

敷地内の遡上域の建物・構築物等として、EL. 約+2.5mの敷地に荷揚岸壁詰所、クレーン、温室用海水ポンプ室等を設置する。

c. 敷地周辺の人工建造物の位置、形状等の把握

港湾施設としては、発電所構内に荷揚岸壁があるが、発電所構外近傍に大型の港湾施設はない。外津浦及び八田浦側に防波堤が整備されている。海上設置物としては、発電所周辺の海域には、浮き筏及び定置網が点在しており、また、漁港には船舶・漁船が多数係留されているほか、浮棧橋もある。敷地周辺の状況としては、民家、倉庫等があり、敷地前面海域における通過船舶としては、発電所沖合約4kmに博多（福岡市）－平（長崎県佐世保市）間等の定期航路がある。

(3) 入力津波の設定

入力津波を基準津波の波源から各施設・設備の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。基準津波による各施設・設備の設置位置における入力津波の時刻歴波形を第1.5.1 図から第1.5.5 図に示す。

入力津波の設定に当たっては、津波の高さ、速度及び衝撃力に着目し、各施設・設備において算定された数値を安全側に評価した値を入力津波高さや速度として設定することで、各施設・設備の構造・機能の損傷に影響する浸水高、波力・波圧について安全側に評価する。

a. 水位変動

入力津波の設定に当たっては、潮位変動として、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位T.P. +1.31m及び潮位のバラツキ0.18mを考慮し、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位T.P. -0.98m及び潮位のバラツキ0.32mを考慮する。朔望平均潮位は、敷地周辺の観測地点「唐津港（旧運輸省所管）」における観測記録に基づき設定する。また、観測地点「唐津港（旧運輸省所管）」は長期にわたる公開データの入手が困難なため、潮位観測記録が十分ある最寄りの観測地点「仮屋（国土地理院所管）」における潮位観測記録に基づき、潮位のバラツキを評価する。

潮汐以外の要因による潮位変動については、観測地点「仮屋（国土地理院所管）」における至近約40年（1972年～2012年）の潮位観測記録に基づき、高潮発生状況（発生確率、台風等の高潮要因）を確認する。最寄りの観測地点「仮屋（国土地理院所管）」は発電所と同様に玄界灘に面した海に設置されている。高潮要因の発生履歴及びその状況を考慮して、高潮の発生可能性とその程度（ハザード）について検討する。基準津波による水位の年超過確率は 10^{-6} ～ 10^{-7} 程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性は極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラント運転期間を超える再現期間100年に対する期待値T.P. + 1.86mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位T.P. + 1.31m及び潮位のバラツキ0.18mの合計との差である0.37mを外郭防護の裕度評価において参照する。

b. 地殻変動

地震による地殻変動についても安全側の評価を実施する。基準津波の波源である対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動による地震及び西山断層帯による地震について、広域的な地殻変動を考慮する。入力津波の波源モデルから算定される地殻変動量は、発電所敷地において、水位上昇側で想定する波源である対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動による地震では0.01mの隆起が想定されるため、上昇側の水位変動に対して安全評価を実施する際には隆起しないものと仮定する。また、水位下降側で想定する波源である西山断層帯による地震では0.02mの隆起が想定されるため、下降側の水位変動に対して安全評価を実施する際には、0.02mの隆起を考慮する。

なお、プレート間地震の活動により発電所周辺で局所的な地殻変動があった可能性は指摘されていない。また、基準地震動評価における震源モデルから算定される広域的な地殻変動について、津波に対する安全性評価への影響はなく、広域的な余効変動は継続していない。

c. 取水路・放水路等の経路からの流入に伴う入力津波

耐津波設計に用いる入力津波高さを第1.5.1表に示す。

d. 敷地への遡上に伴う入力津波

基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域の評価（以下「遡上解析」という。）に当たっては、遡上解析上影響を及ぼす斜面や道路等の地形とその標高及び伝ば経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上

域のメッシュサイズ（6.25m）に合わせた形状にモデル化する。

敷地沿岸域及び海底地形は、国土地理院発行の数値地図等を使用する。また、発電所近傍海域の水深データは、平成23年及び平成24年に実施したマルチビーム測深で得られた高精度のデータを使用する。

遡上・伝ば経路の状態に応じた解析モデル、解析条件が適切に設定された遡上域のモデルを作成する。

モデルの作成に際しては、伝ば経路上の人工構造物について、図面を基に遡上解析上影響を及ぼす建屋等の構造物を考慮する。

敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっては、敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の浸入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。また、敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意し、敷地の地形、標高の局所的な変化等による遡上波の敷地への回り込みを考慮する。

遡上解析に当たっては、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震による液状化、流動化又はすべり、標高変化を考慮した遡上解析を実施し、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む。）の可能性について確認する。なお、敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっている箇所はない。また、敷地を流れる八田川はEL. +5.0m以下の標高が十分に低い場所に存在するため、設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地への遡上波に影響する河川は、敷地周辺にはない。

遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、基準地震動に伴う地形変化、標高変化が生じる可能性について、敷地地盤のうち埋立部の変形や、敷地の沈下について検討を行った結果、敷地は堅固な岩盤が浅く分布していること及び埋立部は部分的であり遡上解析に与える影響は小さいことから、遡上解析の初期条件として敷地の沈下は考慮しない。

基準津波の波源である対馬南西沖断層群と宇久島北西沖断層群の連動による地震について、広域的な地殻変動はわずかであり、遡上解析に与える影響は小さい。また、初期潮位は朔望平均満潮位T.P. + 1.31mに潮位のバラツキ0.18mを考慮してT.P. + 1.49mとする。

遡上解析結果を第1.5.6 図及び第1.5.7 図に示す。遡上波は設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地へ到達しない。

遡上高さはEL. 約 + 2.5mの荷揚岸壁では浸水深1.0m以下であり、1号炉及び2号炉放水口付近では浸水深4.0m以下となっている。

なお、玄海原子力発電所は海岸線の方角において広がりをもつ防波堤等の施設を設置していないことから、局所的な海面の固有振動による励起は生じることはないと考えられ、「添付書類六 第7.7.6.2図」に示す発電所沖合（基準津波の策定位置）の時刻歴波形と「添付書類六 第7.7.6.3(3)図及び第7.7.6.3(4)図」に示す発電所周辺（評価地点）の時刻歴波形を比較しても、局所的な海面の固有振動による励起は生じていない。

発電所敷地について、その標高の分布と津波の遡上高さの分布を比較すると、遡上波が荷揚岸壁周辺並びに1号炉及び2号炉放水口付近の敷地に地上部から到達、流入する可能性があるが、設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地に地上部から到達、流入する可能性はない。なお、荷揚岸壁周辺並びに1号炉及び2号炉放水口付近の遡上波については、漂流物の影響評価において考慮する。

1.5.1.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

津波防護の基本方針は、以下の(1)～(5)のとおりである。

(1) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。下記(3)において同じ。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。

(2) 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

(3) 上記2方針のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。

(4) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

- (5) 津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

取水路から津波を流入させない設計とするため、外郭防護として、海水ポンプエリアに水密扉、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。

設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、津波による影響等から隔離可能な設計とするため、内郭防護として、原子炉周辺建屋とタービン建屋との境界に水密扉、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。原子炉補助建屋とタービン建屋との境界に水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施する。海水管ダクトとタービン建屋との境界に床ドレンライン逆止弁を設置する。海水ポンプエリアには水密扉、海水ポンプエリア防護壁、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。海水ポンプエリア及び海水管ダクトに繋がる取水ピット搬入口には取水ピット搬入口蓋を設置する。

地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波監視設備として、取水ピットに取水ピット水位計を設置し、原子炉周辺建屋壁に津波監視カメラを設置する。

津波防護対策の設備分類と設置目的を第1.5.2表に示す。また、敷地の特性に応じた津波防護の概要を第1.5.8図に示す。

1.5.1.3 敷地への浸水防止（外郭防護1）

- (1) 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置されている周辺敷地高さはEL. +11.0m以上であり、津波による遡上波は地上部から到達、流入しない。

なお、遡上波の地上部からの到達、流入の防止として、地山斜面、盛土斜面等の活用はしていない。

- (2) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

敷地へ津波が流入する可能性のある経路を第1.5.3表に示す。

特定した流入経路から、津波が流入する可能性について検討を行い、

高潮ハザードの再現期間100年に対する期待値を踏まえた高さと比較して、十分に余裕のある設計とする。特定した流入経路から、津波が流入することを防止するため、浸水防止設備として、海水ポンプエリアに床ドレンライン逆止弁を設置する。また、除塵装置を設置しているエリアから海水ポンプエリアへ津波が流入することを防止するため、海水ポンプエリア壁面の貫通部には止水処置を実施し、除塵装置を設置しているエリアから海水ポンプエリアへの連絡通路には水密扉を設置する。これらの浸水対策の概要について、第1.5.9図及び第1.5.10図に示す。また、浸水対策の実施により、**特定した流入経路からの津波の流入防止が可能であることを確認した結果を第1.5.4表に示す。**

1.5.1.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

(1) 漏水対策

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した結果、取水ピットにある海水ポンプエリアについては、基準津波が取水路から流入する可能性があるため、漏水が継続することによる浸水の範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）する。

浸水想定範囲への浸水の可能性のある経路として、海水ポンプエリアの壁にケーブル、配管及び電線管の貫通部が挙げられるため、止水処置を実施する。また、海水ポンプエリアの床ドレンラインには逆止弁を設置し、除塵装置を設置しているエリアから海水ポンプエリアへの連絡通路には水密扉を設置する。

なお、海水ポンプのグラウンドドレン配管は直接海域に接続していないため、浸水の可能性のある経路とはならない。

これらの浸水対策の概要について、第1.5.9図及び第1.5.10図に示す。

(2) 安全機能への影響確認

浸水想定範囲である海水ポンプエリアには、重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているため、当該エリアを防水区画化する。

防水区画化した海水ポンプエリアにおいて、浸水防止設備として設置する水密扉及び床ドレンライン逆止弁については、漏水による浸水経路となる可能性があるため、浸水量を評価し、安全機能への影響が

ないことを確認する。

(3) 排水設備設置の検討

上記(2)において浸水想定範囲である海水ポンプエリアが、長期間冠水が想定される場合は、排水設備を設置する。

1.5.1.5 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画の隔離（内郭防護）

(1) 浸水防護重点化範囲の設定

浸水防護重点化範囲として、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及び使用済燃料乾式貯蔵建屋、屋外設備として海水ポンプエリア、海水管ダクト、燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクを設定する。

(2) 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量については、以下のとおり地震による溢水の影響も含めて確認を行い、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口を特定し、浸水対策を実施する。具体的には、タービン建屋から浸水防護重点化範囲への地震による循環水管の損傷箇所からの津波の流入等を防止するため、水密扉、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。また、屋外の循環水管の損傷箇所から海水ポンプエリア及び海水管ダクトへの津波の流入等を防止するため、水密扉、海水ポンプエリア防護壁、取水ピット搬入口蓋、床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。これらの浸水対策の概要について、第1.5.9図及び第1.5.10図に示す。実施に当たっては、以下a.、b.及びc.の影響を考慮する。

なお、屋外タンク等の損傷による溢水が原子炉格納容器、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、使用済燃料乾式貯蔵建屋、海水ポンプエリア、海水管ダクト、燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクに及ぼす影響については、津波の影響がないことから、別途実施する「1.7 溢水防護に関する基本方針」の影響評価において、壁、扉、堰等により原子炉格納容器、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、使用済燃料乾式貯蔵建屋、海水ポンプエリア、海水管ダクト、燃料油貯油そう及び燃料油貯蔵タンクに流入させない設計とする。

- a. 地震に起因するタービン建屋内の循環水管伸縮継手の破損及び耐震性の低い２次系機器の損傷により保有水が溢水するとともに、津波が取水ピット及び放水ピットから循環水管に流れ込み、循環水管の損傷箇所を介して、タービン建屋内に流入することが考えられる。このため、タービン建屋内に流入した津波により、タービン建屋に隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉周辺建屋、原子炉補助建屋及び海水管ダクト）への影響を評価する。
 - b. 地震に起因する屋外の循環水管の損傷箇所を介して、津波が取水ピットの循環水ポンプを設置しているエリアに流入することが考えられる。このため、当該エリアに流入した津波により、隣接する浸水防護重点化範囲（海水ポンプエリア及び海水管ダクト）への影響を評価する。
 - c. 地下水については、地震時の地下水の流入が浸水防護重点化範囲へ与える影響について評価する。
- (3) 上記（２） a.、 b. 及び c. の浸水範囲、浸水量については、以下のとおり安全側の評価を実施する。
- a. 建屋内の機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定
タービン建屋における溢水については、循環水管の伸縮継手の全円周状破損及び地震に起因する２次系機器の破損を想定し、循環水ポンプを停止するまでの間に生じる溢水量と２次系設備の保有水による溢水量及び循環水管の損傷箇所からの津波の流入量を合算した水量が、タービン建屋空間部に滞留するものとして溢水水位を算出する。なお、原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋等の周辺の地下水は、基礎下に設置している集水配管により、原子炉補助建屋最下層にある湧水サンプルに集水し排出されるため、タービン建屋内への集水経路はない。ただし、地震時のタービン建屋の地下部外壁からの地下水の流入が考えられるため、地下水の流入量をタービン建屋内の流入量評価において考慮する。
 - b. 屋外の循環水管の損傷による津波、溢水等の事象想定
屋外の溢水については、屋外の循環水管の伸縮継手の全円周状破損を想定し、取水ピットの循環水ポンプを設置しているエリア

に流入し、当該エリアに滞留し地上部に越流するものとして越流水位を算出する。

c. 循環水系機器・配管損傷による津波浸水量の考慮

循環水系機器・配管損傷によるタービン建屋への津波浸水量については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰返しの襲来を考慮し、タービン建屋の溢水水位は津波等の流入の都度上昇するものとして計算する。また、取水ピット及び放水ピット水位が低い場合、流入経路を逆流してタービン建屋外へ流出する可能性があるが、保守的に一度流入したものはタービン建屋外へ流出しないものとして評価する。

d. 機器・配管等の損傷による内部溢水の考慮

機器・配管等の損傷による浸水範囲、浸水量については、損傷箇所を介してのタービン建屋への津波の流入、内部溢水等の事象想定も考慮して算定する。

e. 地下水の流入量の考慮

地下水の流入については、1日当たりの湧水（地下水）の排水量の実績値に対して、湧水サンプポンプの排出量は大きく上回ること、また、湧水サンプポンプは耐震性を有することから、外部の支援を期待することなく排水可能である。

また、地震によるタービン建屋の地下部外壁からの流入については、タービン建屋の想定浸水水位と安全側に設定した地下水水位を比較して流入量を算定する。

f. 施設・設備施工上生じうる隙間部等についての考慮

津波及び溢水により浸水を想定するタービン建屋地下部において、施工上生じうる建屋間の隙間部には、止水処置を行い、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する設計とする。

1.5.1.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

1.5.1.7 津波監視

「1.5.1.6」及び「1.5.1.7」については、使用済燃料乾式貯蔵施設設置に伴う記載の変更はない。

第1.5.1表 入力津波高さ一覧表

	水位上昇側			水位下降側	
	取水ピット 前面	取水ピット ^{注4} (3号炉 ^{注2})	放水ピット ^{注5} (3号炉 ^{注2})	取水口 (4号炉)	取水ピット ^{注5} (4号炉 ^{注3})
入力津波高さ	T.P. +3.93m (T.P. +6.0m) ^{注1}	T.P. +3.78m (T.P. +7.0m) ^{注1}	T.P. +5.17m (T.P. +6.0m) ^{注1}	T.P. -2.60m (T.P. -3.5m) ^{注1}	T.P. -3.78m (T.P. -4.5m) ^{注1}

注1 ()内は、潮位のバラツキ(水位上昇側0.18m、水位下降側0.32m)、入力津波の数値計算上のバラツキ及び狭窄部の影響を考慮し、安全側に評価した値。

注2 3号炉ピットの方が4号炉ピットと比べ、最高水位が高いことから、保守的に3号炉ピット波形を代表として設定。

注3 4号炉ピットの方が3号炉ピットと比べ、最低水位が低いことから、保守的に4号炉ピット波形を代表として設定。

注4 循環水ポンプ停止中。

注5 循環水ポンプ運転中。

第 1.5.2 表 津波防護対策の設備分類と設置目的

津波防護対策		設備分類	設置目的
海水ポンプエリア	水密扉	浸水防止設備	<ul style="list-style-type: none"> ・取水路からの津波流入による海水ポンプエリアへの浸水を防止する。 ・地震による屋外の循環水管損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入による溢水に対して、海水ポンプエリアへの浸水を防止する。 ・地震による屋外の循環水管損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入による溢水に対して、海水ポンプエリアへの浸水を防止する。 ・地震による屋外の循環水管損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入による溢水に対して、海水ポンプエリア及び海水管ダクトへの浸水を防止する。
	床ドレンライン 逆止弁		
	貫通部止水処置		
	海水ポンプ エリア防護壁		
取水ピット 搬入口	海水管ダクトに繋がる 海水ポンプエリア及び	取水ピット 搬入口蓋	
原子炉補助建屋との境界	原子炉周辺建屋及び	水密扉	<ul style="list-style-type: none"> ・地震によるタービン建屋内の循環水管損傷や2次系設備の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入による溢水に対して、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する。
	貫通部止水処置		
原子炉周辺建屋及び 海水管ダクトとの境界	原子炉周辺建屋及び	床ドレンライン 逆止弁	
	床ドレンライン 逆止弁		
津波監視カメラ		津波監視設備	<ul style="list-style-type: none"> ・地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握する。
取水ピット水位計			

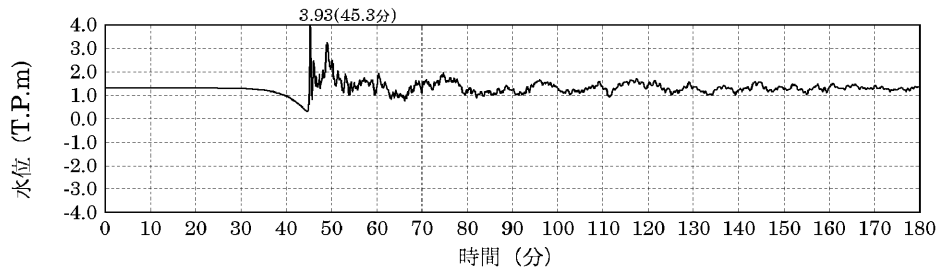
第 1.5.3 表 流入経路特定結果

系 統		流 入 経 路
取 水 路	海水系	取水ピット、海水管ダクト
	循環水系	取水ピット、循環水管
放 水 路	海水系	放水ピット、海水戻りピット、海水戻り管
	循環水系	放水ピット、循環水管
	その他排水管	2次系ブローダウンタンク排水管、 排水処理装置等排水管、 排水受槽排水管、 4号炉油分離槽排水管、 予備管
屋外排水路		取水口側雨水排水路、 放水口側雨水排水路
その他		配管ダクト、 ケーブルダクト

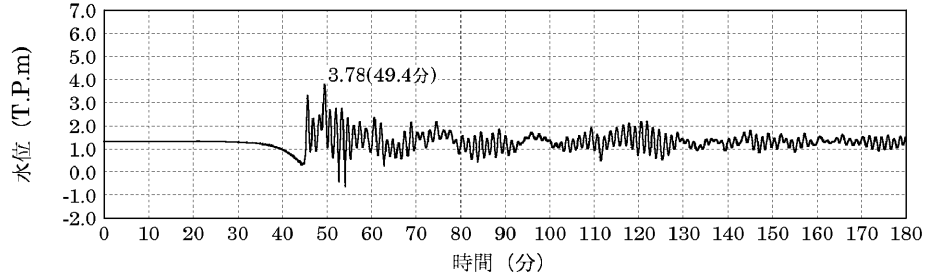
第 1.5.4 表 各経路からの流入評価結果

系 統		流入経路	①入力津波 高さ	②許容津波 高さ	裕 度 (②—①)
取水路	海水系 循環水系	取水ピット	T. P. + 7.0m	T. P. + 11.0m ^{注 1}	4.0m
		海水管ダクト	T. P. + 7.0m	T. P. + 11.3m	4.3m
放水路	海水系 循環水系	放水ピット 海水戻りピット	T. P. + 6.0m	T. P. +11.3m	5.3m
屋外排水路		取水口側 雨水排水路	T. P. + 5.0m	T. P. + 11.0m	6.0m
		放水口側 雨水排水路	T. P. + 4.5m	T. P. + 11.0m	6.5m
その他		配管ダクト	T. P. + 7.0m	T. P. + 9.7m	2.7m
		ケーブルダクト	T. P. + 7.0m	T. P. + 9.1m	2.1m

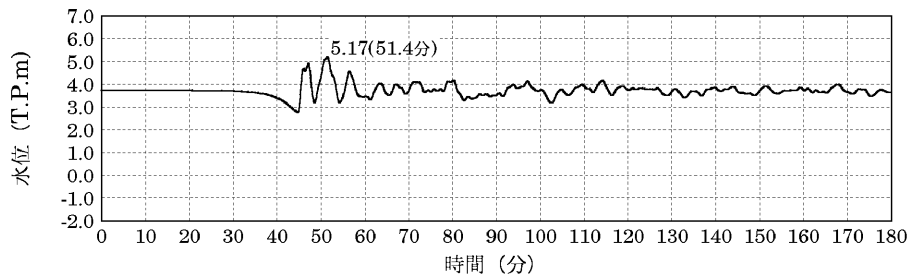
注 1 海水ポンプエリアの津波防護対策を考慮した許容津波高さを示す。



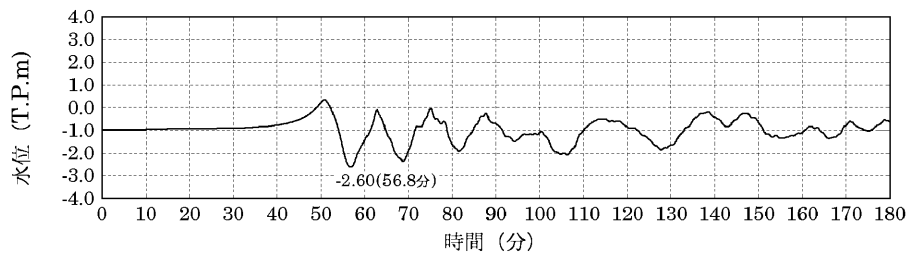
第 1.5.1 図 取水ピット前面時刻歴波形（上昇側）



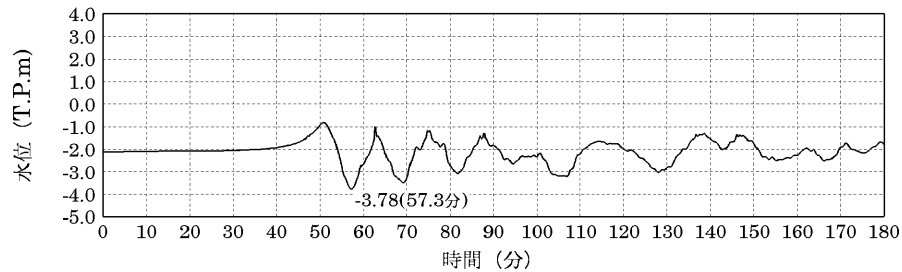
第 1.5.2 図 取水ピット時刻歴波形（上昇側）



第 1.5.3 図 放水ピット時刻歴波形（上昇側）



第 1.5.4 図 取水口時刻歴波形（下降側）



第 1.5.5 図 取水ピット時刻歴波形（下降側）



第1.5.6図 基準津波による最高水位分布



第1.5.7図 基準津波による最大浸水深分布

枠囲みの範囲は、防護上の観点から、公開できません。



第 1.5.8 図 敷地の特性に応じた津波防護の概要



第 1.5.9 図 海水ポンプエリアの浸水対策の概要

枠囲みの範囲は、防護上の観点から、公開できません。



第 1.5.10 図 海水ポンプエリア及び海水管ダクトの浸水防止設備
設置箇所の概要

枠囲みの範囲は、防護上の観点から、公開できません。

(3) 適合性説明

(津波による損傷の防止)

- 第五条 設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）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。
- 2 兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波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 兼用キャスクが津波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津波として原子力規制委員会が別に定めるもの
- 二 基準津波

適合のための設計方針

1 について

設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）に対する津波による損傷の防止に係る事項は、令和2年1月29日付け原規規発第2001297号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

2 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、基準津波に対して、その安全機能が損なわれることがないように、以下の方針に基づき設計する。

- (1) 津波防護対象設備である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の設置される敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。
- (2) 建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲を明確化し、津波による影響等を受けない位置に設置する設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等（手順等含む）

10.6 津波及び内部溢水に対する浸水防護設備

10.6.1 津波に対する防護設備

10.6.1.1 設計基準対象施設

10.6.1.1.1 概要

原子炉施設の耐津波設計については、「設計基準対象施設は、施設の供用中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波に対して、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」ことを目的として、津波の敷地への流入防止、漏水による安全機能への影響防止、津波防護の多重化及び水位低下による安全機能への影響防止を考慮した津波防護対策を講じる。

津波から防護する設備は、クラス1、クラス2設備並びに浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震Sクラスに属する設備とする。

津波の敷地への流入防止は、設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地において、基準津波による遡上波の地上部からの到達、流入の防止及び取水路、放水路等の経路からの流入の防止対策を講じる。

漏水による安全機能への影響防止は、取水・放水施設、地下部等において、漏水の可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する対策を講じる。

津波防護の多重化として、上記2つの対策のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画において、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離する対策を講じる。

水位低下による安全機能への影響防止は、水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する対策を講じる。

10.6.1.1.2 設計方針

設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

耐津波設計に当たっては、以下の方針とする。

- (1) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。

具体的な設計内容を以下に示す。

- a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備（浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画は基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する。

- b. 上記 a. の遡上波については、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。また、地震による変状又は繰返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

- c. 取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、必要に応じ浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止する設計とする。

- (2) 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する設計とする。

具体的な設計内容を以下に示す。

- a. 取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を想定するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）

を特定し、浸水防止設備を設置することにより浸水範囲を限定する設計とする。

- b. 浸水想定範囲の周辺に設計基準対象施設の津波防護対象設備がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。
- c. 浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、必要に応じて排水設備を設置する。

(3) 上記(1)及び(2)に規定するもののほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備(浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。)を内包する建屋及び区画については、浸水対策を行うことにより津波による影響等から隔離する。そのため、浸水防護重点化範囲を明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口(扉、開口部、貫通口等)を特定し、それらに対して必要に応じて浸水対策を施す設計とする。

(4) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する設計とする。そのため、基準津波による取水ピット水位の低下に対して、海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口、取水管路及び取水ピットの通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計とする。

(5) 浸水防止設備については、入力津波(施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝ば特性及び浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。)に対して浸水防止機能が保持できる設計とする。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

具体的な設計内容を以下に示す。

- a. 「浸水防止設備」は、海水ポンプエリア水密扉、海水ポンプエリア防護壁、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、床ドレンライン逆止弁及び貫通部止水処置と

する。また、「津波監視設備」は、津波監視カメラ及び取水ピット水位計とする。

- b. 入力津波については、基準津波の波源からの数値計算により、各施設・設備の設置位置において算定される時刻歴波形とする。
数値計算に当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への浸入角度、河川の有無、陸上の遡上・伝ばの効果及び伝ば経路上の人工構造物等を考慮する。また、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起を適切に評価し考慮する。
- c. 浸水防止設備については、浸水想定範囲等における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。
- d. 津波監視設備については、津波の影響（波力及び漂流物の衝突）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できる設計とする。
- e. 発電所敷地内及び近傍において建物・構築物及び設置物等が破損、倒壊及び漂流する可能性がある場合には、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は浸水防止設備への影響の防止措置を施す設計とする。
- f. 上記 c. 及び e. の設計等においては、耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）について、入力津波による荷重から十分な余裕を考慮して設定する。また、余震の発生の可能性を検討した上で、必要に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮する。さらに、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰返しの襲来による作用が浸水防止機能へ及ぼす影響について検討する。

- (6) 浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たっては、地震による敷地の隆起・沈降、地震（本震及び余震）による影響、津波の繰返

しの襲来による影響、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動、漂流物等）及び自然条件（積雪、風荷重等）を考慮する。

- (7) 浸水防止設備及び津波監視設備の設計における荷重の組合せを考慮する自然現象として、津波（漂流物を含む。）、地震（余震）、風及び積雪を考慮し、これらの自然現象による荷重を組み合わせる。漂流物の衝突荷重については、取水管路及び取水ピット内の構造物について、漂流物となる可能性を評価の上、その設置場所、構造等を考慮して、組み合わせる。なお、発電所構外及び構内の漂流物は、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画が設置された敷地並びに取水口に到達しないことから、取水口に流入せず、衝突荷重として考慮する必要はない。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、組み合わせる。
- (8) 浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに海水ポンプの取水性の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。

10.6.1.1.3 主要設備

10.6.1.1.4 主要仕様

10.6.1.1.5 試験検査

10.6.1.1.6 手順等

「10.6.1.1.3」～「10.6.1.1.6」については、使用済燃料乾式貯蔵施設設置に伴う記載の変更はない。

2. 津波による損傷の防止

(別添資料1)

玄海原子力発電所3号炉 津波防護対象の選定について

(別添資料2)

玄海原子力発電所3号炉 乾式貯蔵施設の敷地高さについて

玄海原子力発電所 3 号炉

津波防護対象の選定について

<目 次>

- 1 津波防護対象の選定
 - 1.1 規制基準における要求事項等
 - 1.2 検討方針
 - 1.3 検討結果

※：「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。）

「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」（以下「兼用キャスクガイド」という。）

1 津波防護対象の選定

玄海原子力発電所3号炉 新規制基準適合性審査（令和2年1月29日許可）では「設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）」の要求事項を踏まえ、設計基準対象施設は基準津波に対し、安全機能を損なわない設計となっていることを確認している。

本資料は、「1. 基本方針」に関して、既許可における津波防護対象の選定フローに則り、使用済燃料乾式貯蔵施設で津波防護対象に該当する設備を説明するものである。

1.1 規制基準における要求事項等

設置許可基準規則（抜粋）

（津波による損傷の防止）

第五条 設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）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。

2 兼用キャスク及びその周辺施設は、次のいずれかの津波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 兼用キャスクが津波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にかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 基準津波

（注）追加箇所を下線部で示す。

設置許可基準規則の解釈（抜粋）

第5条（津波による損傷の防止）

別記3のとおりとする。ただし、兼用キャスク貯蔵施設については、別記4のとおりとする。

（別記4）

第5条（津波による損傷の防止）

1 第5条第2項の津波の設定に当たっては、以下の方針によること。

一 第1号に規定する「兼用キャスクが津波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にかわらず判断するために用いる合理的な津波として原子力規制委員会が別に定めるもの」については、兼用キャスク告示第2条によるものとする。

二 第2号に規定する「基準津波」の策定に当たっては、本規程別記3第5条第1項及び第2項によること。

2 第5条第2項に規定する「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ぬ」を満たすために、兼用キャスクの設計に当たっては、以下の方針によること。

一 兼用キャスク告示第2条に定める津波に対する兼用キャスクの設計については、次のとおりとする。

・津波による遡上波の波力及び漂流物の衝突に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。

・上記の「漂流物の衝突」については、質量100トンの漂流物の衝突とすること。

・上記の波力及び衝突による荷重については、同時に作用させること。

二 「基準津波」に対する兼用キャスクの設計については、本規程別記3第5条第3項中、Sクラスに属する施設に関する規定を準用する。

(注) 追加箇所を下線部で示す。

1.2 検討方針

設置許可基準規則の解釈 別記4に従い、玄海原子力発電所3号炉は新規制基準適合性審査において「基準津波」が確定していることから、使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、基準津波から防護すべき設備（以下「津波防護対象設備」という。）が基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを確認する。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち安全機能を有する設備としては、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づく安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する設備が該当する。このうち、クラス3に属する設備については、損傷した場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計とすることから、クラス1及びクラス2に属する設備を津波防護対象設備とする。また、別記3では津波から防護する設備として津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震Sクラス設備が要求されていることから、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を津波防護対象設備とする。

兼用キャスク及びその周辺施設のうち、兼用キャスクは設置許可基準規則第四条第6項より耐震重要度分類Sクラスに準拠するものとして分類する。一方、周辺施設については、兼用キャスクガイドも含め安全重要度分類や耐震重要度分類等に係る説明はないことから、別途設備分類を行う。

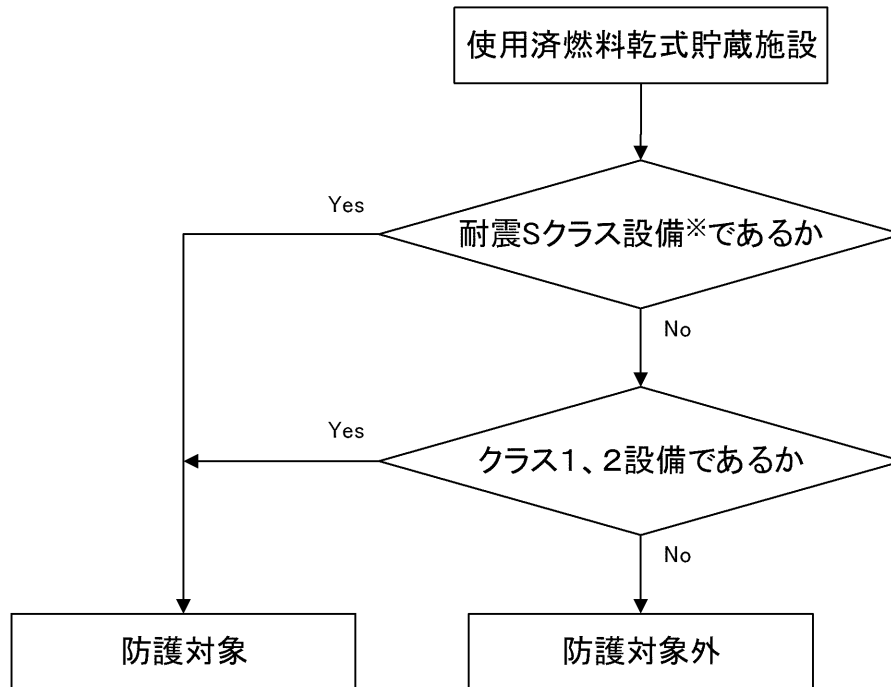
これを踏まえ、使用済燃料乾式貯蔵施設のうち津波防護対象設備を図1のフローに基づき選定する。

1.3 検討結果

使用済燃料乾式貯蔵施設から図1のフローに基づき選定した津波防護対象設備を表1に示す。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、耐震Sクラス及び安全重要度分類クラス2である使用済燃料乾式貯蔵容器*を津波防護対象設備として選定した。

*:支持部及び基礎を含む。



※ 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む

図1 津波防護対象の選定フロー

表1 津波防護対象設備の選定結果

設備	兼用キャスクガイドでの設備分類	安全重要度分類	耐震重要度分類	津波防護対象設備
使用済燃料乾式貯蔵容器* ¹	兼用キャスク、 周辺施設（支持部 及び基礎）	P S - 2	S ^{*2,3}	○
計装設備	周辺施設	—	—	
クレーン類	周辺施設	—	—	
使用済燃料乾式貯蔵建屋等 （貯蔵建屋（遮蔽壁含む））	周辺施設	P S - 3	C ^{*4}	

*1:支持部及び基礎を含む。

*2:当該設備のうち最上位の耐震重要度分類を表記。

*3:兼用キャスクは耐震重要度分類Sクラス施設に準拠するものとして分類し、基準地震動Ss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設計する。

*4:耐震重要度分類Cクラス施設に準拠するものとして分類し、兼用キャスクに波及的影響を及ぼさない設計とする。

玄海原子力発電所 3 号炉

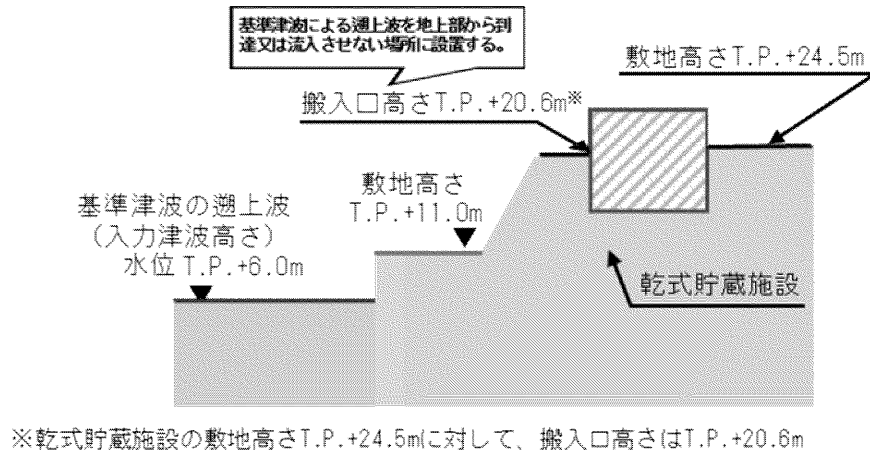
乾式貯蔵施設の敷地高さについて

<目 次>

1 乾式貯蔵施設の敷地高さについて

1 乾式貯蔵施設の敷地高さについて

乾式貯蔵施設は、基準津波による遡上波が地上部から到達しない場所（T.P. +24.5m（搬入口高さ T.P. +20.6m））に設置する。なお、搬入口は乾式貯蔵施設の敷地高さ T.P. +24.5m に対して、T.P. +20.6m の高さに設置する。



【断面概略図】

6 条

外部からの衝撃による損傷の防止

本資料においては、使用済燃料乾式貯蔵施設について、設置許可基準規則第6条への適合方針を説明する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋に係る設置許可基準規則の要求事項である第6条1項及び3項への適合方針を「第6条：使用済燃料乾式貯蔵建屋に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部事象）」に示す。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器に係る設置許可基準規則の要求事項である第6条4項1号への適合方針を「第6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」に示し、第6条4項2号及び6項への適合方針を「第6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に示す。

○設置許可基準規則

（外部からの衝撃による損傷の防止）

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻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竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 想定される森林火災

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

〈目 次〉

1. 使用済燃料乾式貯蔵建屋に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部事象）
2. 使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
3. 使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

第6条：使用済燃料乾式貯蔵建屋に係る外部からの衝撃による損傷の防止
(外部事象)

<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. 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部事象)

(別添資料1) 外部事象の考慮について (使用済燃料乾式貯蔵建屋)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設（使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）は、発電所敷地で想定される洪水、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、森林火災及び高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む自然現象の組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「兼用キャスクが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地震力等を定める告示（平成31年4月2日原子力規制委員会決定）」（以下「兼用キャスク告示」という。）に定める竜巻及び発電所敷地で想定される森林火災に対して安全機能を損なわない設計とする。

また、自然現象の組合せにおいては、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重の組合せを設計上考慮する。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせる。

また、安全施設（使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、発電所敷地又はその周辺において想定される爆発及び近隣工場等の火災に対して安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

- (a-2) 安全施設は、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚10cm、粒径2mm以下、密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）の降下火砕物に対し、その直接的影響である構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること、水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること、水循環系の内部における磨耗並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（磨耗）に対して磨耗しにくい設計とすること、構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること、発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること、電気系及び計装制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計測制御系統施設（原子炉安全保護計装盤）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は、降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して、降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のフィルタの取替え、清掃、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とする。

さらに、降下火砕物の間接的影響である7日間の外部電源喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続でき、また、発電所内の交通の途絶によるアクセス制限事象が発生しても、タンクローリによる燃料供給に必要な発電所内のアクセスルートの降下火砕物の除去を実施可能とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

(2) 安全設計方針

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.4 外部からの衝撃

発電所敷地で想定される自然現象については、網羅的に抽出するために国内外の基準や文献等^{(1)～(8)}に基づき事象を収集し、海外の選定基準⁽⁸⁾を考慮のうえ、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に地震、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、森林火災及び高潮を選定する。

安全施設（兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「使用済燃料乾式貯蔵容器」という。）を除く。）は、これらの自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む自然現象の組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「兼用キャスクが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地震力等を定める告示（平成31年4月2日原子力規制委員会決定）」（以下「兼用キャスク告示」という。）に定める竜巻及び発電所敷地で想定される森林火災に対して安全機能を損なわない設計とする。

また、自然現象の組合せにおいては、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重の組合せを設計上考慮する。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮し、適切に組み合わせる。

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）については、網羅的に抽出するために国内外の基準や文献等^{(1)～(8)}に基づき事象を収集し、海外の選定基準⁽⁸⁾を考慮のうえ、敷地及び敷地周辺の状況を基に飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

安全施設（使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）は、これらの発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの

(故意によるものを除く。) に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物(航空機落下)については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、発電所敷地又はその周辺において想定される爆発及び近隣工場等の火災に対して安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等(重大事故等対処設備を含む。)への措置を含める。

1.9 火山事象に関する基本方針

1.9.1 設計方針

(1) 火山事象に対する設計の基本方針

安全施設が火山事象に対して発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわないよう、「添付書類六 7.8 火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

(2) 降下火砕物の設計条件

a. 設計条件の検討

玄海原子力発電所の敷地において考慮する火山事象として、「添付書類六 7.8 火山」に示すとおり、九重山における約5万年前の「九重第1噴火」を対象とした降下火砕物とする。降下火砕物の諸元については、文献調査結果、地質調査結果等から、層厚は10cm、密度は乾燥状態で $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態で $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径は2mm以下と評価する。

b. 設計条件の設定

降下火砕物の設計条件は、「a. 設計条件の検討」に示す各種調査、検討の結果を踏まえ層厚10cm、密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ (乾燥状態)～ $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ (湿潤状態)、粒径2mm以下と設定する。

(3) 火山活動から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

(4) 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び降下火砕物の影響から防護する施設の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

a. 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (a) 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る⁽¹³⁾。ただし、砂よりもろく硬度は低い⁽¹⁴⁾。
- (b) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している⁽¹³⁾。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない⁽¹⁵⁾。
- (c) 水に濡れると導電性を生じる⁽¹³⁾。
- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹³⁾。
- (e) 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い⁽¹³⁾。

b. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、磨耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、設計対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

(a) 荷 重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、建屋及び屋外設備の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに建屋及び屋外設備に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

評価に当たっては以下の荷重の組合せ等を考慮する。

i. 施設に常時作用する荷重、運転時荷重

施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

ii. 設計基準事故時荷重

降下火砕物の影響から防護する施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、降下火砕物の降灰と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組合せは考慮しない。

iii. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と組合せを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

(b) 閉 塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」及び降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

(c) 磨 耗

「磨耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を磨耗させる「水循環系の内部における磨耗」及び降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し磨耗させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（磨耗）」である。

(d) 腐 食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建屋及び屋外施設の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」、及び海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去及び屋外設備の点検等の屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、給水等に使用する発電所周辺の海水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受けた海水を直接給水として使用しないこと、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。

(g) 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が、電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる「盤の絶縁低下」である。

c. 間接的影響

(a) 外部電源喪失及びアクセス制限

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、特高開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさ

せることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、及び降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

(5) 降下火砕物の直接的影響に対する設計

降下火砕物の影響から防護する施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）を、各施設の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮して以下のとおり分類する。

・クラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器

クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

・クラス3に属する施設

降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得る施設

なお、それ以外のクラス3に属する施設については、降下火砕物による影響を受ける場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等の対応が可能とすることにより、安全機能を損なわない設計とするため、設計対象施設から除外する。

上記により抽出した設計対象施設を第1.9.1表に示す。

直接的影響については、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各設計対象施設が安全機能を損なわないよう以下の設計とする。

a. 降下火砕物による荷重に対する設計

(a) 構築物への静的負荷

設計対象施設のうち、構築物への静的負荷を考慮すべき施設は、降下火砕物が堆積する以下の施設である。

・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

原子炉格納容器、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、燃料取替用水タンク建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋

・屋外に設置されている施設

海水ポンプ、海水ストレーナ

当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。

設計対象施設の建屋においては、建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物

の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また、建屋を除く設計対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」、「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG 4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

(b) 粒子の衝突

設計対象施設のうち、粒子の衝突を考慮すべき建屋及び屋外施設は、降下火砕物の衝突によって構造健全性が失われないことにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、粒子の衝突による影響については、「1.8 竜巻防護に関する基本方針」に包絡される。

b. 降下火砕物による荷重以外に対する設計

降下火砕物による荷重以外の影響は、構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における磨耗及び化学的影響（腐食）、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）等により安全機能を損なわない設計とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については、「c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計」に示す。

(a) 構造物への化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物の直接的な付着による影響が考えられる以下の施設である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

原子炉格納容器、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋、燃料取替用水タンク建屋

- ・屋外に設置されている施設

海水ポンプ、海水ストレーナ

金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが、外装の塗装等によって短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(b) 水循環系の閉塞、内部における磨耗及び化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、水循環系の閉塞、内部における磨耗及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水の流路となる以下の施設である。

- ・降下火砕物を含む海水の流路となる施設

原子炉補機冷却海水設備（海水ポンプ、海水ストレーナ等）、取水設備
降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、
当該施設については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるととも
に、海水ストレーナ及び軸受冷却水ストレーナ等により流入する降下火砕物
を捕獲・除去することにより、流路及びポンプ軸受部の狭隘部等が閉塞しな
い設計とする。

内部における磨耗については、降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいこ
とから磨耗による影響は小さい。また当該施設については、定期的な内部点
検及び日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、磨耗により安
全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に
よって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施
等によって、腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の
長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修
が可能な設計とする。

(c) 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）
及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、電気系及び計装制御系のうち
屋外に設置されている以下の施設である。

・屋外に設置されている施設

海水ポンプ（モータ）

機械的影響（閉塞）については、海水ポンプ（モータ）本体は外気と遮断
された全閉構造、空気冷却器冷却管は降下火砕物が侵入し難い外気を下方向
から取り込む構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により安全機能を
損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に
よって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施
等によって、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降
灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じ
て補修が可能な設計とする。

(d) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設
は、電気系及び計装制御系のうち外気から取り入れた屋内の空気を機器内に
取り込む機構を有する以下の施設である。

・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

計測制御系統施設（原子炉安全保護計装盤）

当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。従って、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、本換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止することで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することも可能である。

これらフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、計測制御系統施設（原子炉安全保護計装盤）の安全機能を損なわない設計とする。

c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して、以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

(a) 機械的影響（閉塞）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器）、換気空調設備、排気筒及び使用済燃料乾式貯蔵建屋
各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機（吸気消音器）の外気取入口は開口部を下向きの構造とすること、また主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、排気筒は開口部や配管の形状等により、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

主蒸気逃がし弁及び主蒸気安全弁は、開口部に降下火砕物が侵入した場合でも消音器や配管の形状により閉塞しにくい設計とし、また仮に弁出口配管内に降下火砕物が侵入し堆積した場合でも、弁の吹出しにより流路を確保し閉塞しない設計とする。

排気筒は、排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし、降下火砕物が

侵入した場合でも、排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。また、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒内部の点検、状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

ディーゼル発電機機関は、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、給排気口を高い位置に設置すること及び降下火砕物が侵入しにくい構造とすることにより、給排気口が閉塞しない設計とする。

(b) 機械的影響（磨耗）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（磨耗）を考慮すべき施設は、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する以下の施設である。

- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する施設

ディーゼル発電機機関、制御用空気圧縮機

降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、磨耗の影響は小さい。

構造上の対応として、ディーゼル発電機（吸気消音器）の開口部を下向きとすることによりディーゼル発電機機関に降下火砕物が侵入しにくい構造とする。また、仮にディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐磨耗性のある材料を使用することで、磨耗により安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止し、磨耗により安全機能を損なわない設計とする。

(c) 化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の

施設である。

- ・ 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、換気空調設備、排気筒

金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

- (d) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

設計対象施設のうち、大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。従って、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

- (6) 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。さらに発電所内の交通の途絶によるアクセス制限事象が発生しても、タンクローリによる燃料供給に必要な発電所内のアクセスルートの降下火砕物の除去を実施可能とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

1.9.2 手順等

火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順等を定める。

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、設計対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰に係る手順を定める。
- (2) 降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- (3) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。

第 1.9.1 表 設計対象施設

施設区分	設計対象施設
クラス 1 及びクラス 2 に属する構造物、系統及び機器	
クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉格納容器 ・ 原子炉補助建屋 ・ 原子炉周辺建屋 ・ 燃料取替用水タンク建屋
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海水ポンプ ・ 海水ストレーナ
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉補機冷却海水設備（海水ポンプ、海水ストレーナ）
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主蒸気逃がし弁（消音器） ・ 主蒸気安全弁（排気管） ・ タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管） ・ ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器） ・ 排気筒 ・ 換気空調設備（給気系外気取入口） <ul style="list-style-type: none"> （ 中央制御室給気系、 ディーゼル発電機室給気系、 安全補機開閉器室給気系、 中間補機棟給気系
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測制御系統施設（原子炉安全保護計装盤） ・ 制御用空気圧縮機
クラス 3 に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取水設備 ・ 換気空調設備（給気系外気取入口） <ul style="list-style-type: none"> （ 補助建屋給気系、 主蒸気主給水管室給気系、 格納容器給気系、 試料採取室給気系、 燃料取扱棟給気系 ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋

(3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下、「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻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竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 想定される森林火災

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

適合のための設計方針

1 について

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電所敷地で想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

3 について

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電所敷地又はその周辺で想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

4 について

使用済燃料乾式貯蔵容器は、発電所敷地で想定される自然現象のうち竜巻及び森林火災が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地で想定される自然現象のうち竜巻及び森林火災に対して、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なわないために必要な使用済燃料乾式貯蔵容器以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として使用済燃料乾式貯蔵容器で生じ得る環境条件を考慮する。

以下にこれら自然現象に対する設計方針を示す。

(1) 竜巻

使用済燃料乾式貯蔵容器は、兼用キャスク告示に定める最大風速100m/sの竜巻が発生した場合においても、竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、竜巻防護対策を行う。

a. 竜巻防護対策

設計飛来物が飛来し、竜巻防護施設が安全機能を損なわないように、以下の対策を行う。

- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋により、使用済燃料乾式貯蔵容器を防護し構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とする。

(2) 森林火災

森林火災については、過去10年間の気象条件を調査し、発電所から直線距離で10kmの間に発火点を設定し、森林火災シミュレーション（FARSITE）を用いて影響評価を実施し、影響評価に基づいた防火帯幅を確保すること等により、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器は外気を取り入れる設備でないため、ばい煙等発生時の二次的影響を受けない。

6 について

使用済燃料乾式貯蔵容器は、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）のうち、

爆発及び近隣工場等の火災に対して安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なわないために必要な使用済燃料乾式貯蔵容器以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

(1) 爆 発

発電所敷地外10km以内の範囲において、爆発により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、爆発による使用済燃料乾式貯蔵容器への影響については考慮する必要はない。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート以外の産業施設を調査した結果、唐津市及び玄海町に主要な産業施設があるが、これらの産業施設は発電所からの離隔距離が確保されており、さらに、これらの産業施設と発電所の間には標高約120mの山林の障壁があり、ガス爆発による爆風圧による影響を受けるおそれはない。

(2) 近隣工場等の火災

a. 石油コンビナート施設の火災

発電所敷地外10km以内の範囲において、火災により使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、火災による使用済燃料乾式貯蔵容器への影響については考慮する必要はない。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート以外の産業施設を調査した結果、唐津市及び玄海町に主要な産業施設があるが、これらの産業施設は発電所からの離隔距離が確保されており、さらに、これらの産業施設と発電所の間には標高約120mの山林の障壁があり、火災時の熱輻射による影響を受けるおそれはない。

発電用原子炉施設から南東へ約1 kmのところへ一般国道204号線があるが、付近に石油コンビナート施設等はないことから、大量の危険物を輸送する可能性はない。このため、一般国道204号線上で車両火災が発生したとしても、使用済燃料乾式貯蔵容器に影響はない。

b. 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災発生時の輻射熱によるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の建屋（垂直外

壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

c. 航空機墜落による火災

発電所敷地内への航空機墜落に伴う火災発生時の輻射熱によるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の建屋(垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

d. 発電所港湾内に入港する船舶の火災

発電所港湾内に入港する船舶の火災発生時の輻射熱によるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の建屋(垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

e. 二次的影響(ばい煙等)

使用済燃料乾式貯蔵容器は外気を取り入れる設備でないため、石油コンビナート施設の火災、発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響を受けない。

1.13 参考文献

- (1) DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- (2) 「日本の自然災害」 国会資料編纂会 1998年
- (3) Specific Safety Guide(SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants” IAEA, April 2010
- (4) 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
- (5) NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- (6) 「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」(制定:平成25年6月19日)
- (7) B. 5. b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC公表

- (8) ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- (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
- (10) 「原子力発電所の火災防護指針 JEAG4607-2010」
（社）日本電気協会 2010
- (11) 「雷雨とメソ気象」大野久雄、東京堂出版、2001
- (12) 「一般気象学」小倉義光、東京大学出版会
- (13) 「広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）（資料2）」
- (14) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司、
コンクリート工学、vol. 42、2004
- (15) 「火山環境における金属材料の腐食」出雲茂人、末吉秀一他、
防食技術 Vol. 39、1990
- (16) 「原田和典 建築火災のメカニズムと火災安全設計」
財団法人 日本建築センター

1.2 気象等

変更なし

1.3 設備等

該当なし

外部事象の考慮について
(使用済燃料乾式貯蔵建屋)

目 次

1. 設計方針
 - 1.1 自然現象（地震及び津波を除く。）に対する設計
 - 1.2 人為事象に対する設計

2. 自然現象の組合せについて

（資料）

- － 1 気象データの追加調査について
- － 2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の乾式キャスクへの影響について
- － 3 使用済燃料乾式貯蔵建屋への航空機落下確率評価結果
- － 4 降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設について

1. 設計方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、外部からの衝撃による損傷の防止について、平成29年1月18日付け原規規発第1701182号にて許可された設置変更許可（以下「既許可」という。）の設計方針と同様に、以下のとおり設計する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は安全重要度分類のクラス3施設として設計するため、安全上必要な措置により必要な機能を確保する等の対応を行うことで安全機能を損なわない設計とする。

なお、竜巻及び外部火災（森林火災、爆発及び近隣工場等の火災）については、安全重要度分類のクラス2施設である乾式キャスクを内包する施設として設計する。

各事象に対する使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計方針については、以下のとおり設計する。各事象に対する設計方針を第1表に示す。

1.1 自然現象（地震及び津波を除く。）に対する設計

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電所敷地で想定される洪水、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、森林火災及び高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む自然現象の組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水、地滑りについては、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

また、自然現象の組合せにおいては、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重の組合せを設計上考慮する。

1.2 人為事象に対する設計

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

第1表 各事象に対する使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計方針について

事象		各事象に対する設計方針等
自然現象	風（台風）	敷地付近で観測された最大瞬間風速は、平戸特別地域気象観測所（2000年2月まで平戸測候所）での観測記録（1951～2012年）によれば、53.2m/s（1987年8月31日）である。 風荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。
	竜巻	乾式キャスクを内包する建屋とし「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」に記載。
	凍結	平戸特別地域気象観測所での観測記録（1951～2012年）によれば、最低気温は-5.8℃（1977年2月16日）である。 安全機能に係る屋外機器で凍結のおそれのあるものは設置しない。
	降水	平戸特別地域気象観測所の観測記録（1951～2012年）によれば、日最大1時間降水量は125.5mm（1999年9月2日）である。 降水に対して、構内排水路で集水し海域へ排出を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。
	積雪	平戸特別地域気象観測所での観測記録（1951～2000年2月）によれば、最大積雪量は12cm（1959年1月18日）である。 積雪荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。
	落雷	高さ20mを超えない建屋とし、建築基準法に基づく避雷設備は設置しない設計とする。
	火山の影響	乾式キャスクに影響を及ぼす可能性のある施設として設計するため、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。
	生物学的事象	小動物の侵入に対しては、屋外設置の端子箱貫通部等へのシールを行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。
	森林火災	乾式キャスクを内包する建屋として「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	高潮	高潮の影響がない敷地の整地レベルであるEL.+24.5mに設置することにより、高潮により安全機能を損なうことのない設計とする。
人為事象	爆発	乾式キャスクを内包する建屋として「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	近隣工場等の火災	乾式キャスクを内包する建屋として「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	有毒ガス	乾式貯蔵建屋は居住性の確保を必要としないため、有毒ガスを考慮する必要はない。
	船舶の衝突	船舶の衝突の影響を受けることのない敷地高さ（EL.+24.5m）に設置する設計とする。
	電磁的障害	発電用原子炉施設で発生する電磁干渉や無線電波干渉等により機能が喪失しない。

2. 自然現象の組合せについて

設置許可基準規則第6条解釈第3項において、安全施設に対して設計上の考慮を要する自然現象の組合せについて要求がある。

自然現象の組合せについては、組み合わせた事象が安全施設に及ぼす影響について、個々の事象の設計に包含されること、同時に発生するとは考えられないこと、又は個々の自然現象が与える影響より緩和されることを確認していることから、荷重以外の自然現象の組合せにより使用済燃料乾式貯蔵建屋の安全機能は損なわれない。

自然現象による荷重の組合せに対して、既許可にて風（台風）、積雪及び火山による荷重の組合せを設計上考慮することとしている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、安全重要度分類のクラス3施設として設計するため、安全上必要な措置により必要な機能を確保する等の対応を行うことで自然現象による荷重の組合せにより安全機能を損なわない設計とする。

気象データの追加調査について

1. 概要

既許可における気象データのうち統計データから最大値等を設置しているものについて、今回申請時点における気象データを追加調査し、既許可からの変更の有無を確認する。

(1) 風（台風）、凍結（最低気温）、降水及び積雪について

最寄の気象官署である平戸特別地域気象観測所の1951年～2020年における風（台風）等の気象データについて確認したところ、最大瞬間風速は53.2m/s(1987年8月31日)、最低気温は-5.8℃(1977年2月16日)、日最大1時間降水量は125.5mm(1999年9月2日)、最大積雪量は12cm(1959年1月18日)であった。

(2) 気象データの比較

既許可における気象データと、今回申請時点における気象データを比較したところ、風(台風)、凍結（最低気温）、降水量（日最大1時間）、積雪について変更がなかった。（詳細は第1表のとおり）

最寄りの気象官署の1951年～2020年における日最高気温等の観測記録（累年順位）を第2表～第6表に示す。

第1表 設置許可申請における気象データの比較

要素	気象官署の場所	統計期間	原規規発第 1701182 号 設置変更許可	統計期間	今回申請
最大瞬間風速	平戸	1951 年 1 月～2012 年 12 月	53.2m/s(1987 年 8 月 31 日)	1951 年 1 月～2020 年 11 月	原規規発第 1701182 号 設置変更許可の値と同じ
最低気温	平戸	同上	-5.8℃(1977 年 2 月 16 日)	同上	同上
日最大 1 時間降水	平戸	同上	125.5mm(1999 年 9 月 2 日)	同上	同上
最大積雪量	平戸	1951 年 1 月～2000 年 2 月	12cm(1959 年 1 月 18 日)	1951 年 1 月～2000 年 2 月	同上

* : 2000 年 3 月以降は、平戸特別地域気象観測所となったため、積雪量について観測をしていない。
注 : 太枠は要素ごとの最大値または最小値を示す。

第2表 日最高・日最低気温の累年順位

平戸特別地域気象観測所
統計期間：1951～2020

順位	月												年	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
日最高気温	値(°C)	18.7	20.4	22.3	25.7	29.3	30.7	34.4	35.1	33.6	30.0	24.7	23.1	35.1
	起年日	1953 10	2010 24	2004 29	1998 28	2003 29	2004 20	2018 22	1960 7	2010 1	2016 3	1979 1	2018 4	1960 8月7日
	値(°C)	18.6	20.0	21.7	25.6	28.4	30.5	33.9	34.8	32.8	29.2	24.4	21.0	34.8
日最低気温	起年日	2002 15	2004 21	2015 17	2005 30	2000 25	1978 18	2012 18	1985 8	1981 1	2005 1	2005 6	1953 2	1985 8月8日
	値(°C)	18.5	19.7	21.7	25.1	27.9	30.4	33.8	34.8	32.8	29.1	24.3	20.6	34.8
	起年日	2020 7	2009 13	1952 18	2018 22	2013 24	2011 25	2018 26	1953 16	1967 2	2019 2	1996 9	1954 1	1953 8月16日
日最低気温	値(°C)	-5.7	-5.8	-4.0	1.8	7.8	12.4	16.1	18.4	13.6	5.9	1.7	-3.6	-5.8
	起年日	1970 5	1977 16	1977 5	1962 4	2014 7	1978 1	1976 8	1977 23	1973 28	1986 31	1970 30	1973 24	1977 2月16日
	値(°C)	-5.3	-5.1	-4.0	2.0	8.0	12.7	16.1	18.6	13.8	7.6	2.0	-3.2	-5.7
日最低気温	起年日	1967 15	1981 26	1977 4	1972 2	1965 1	1981 3	1969 10	2019 25	1965 29	1980 31	1966 30	1967 28	1970 1月5日
	値(°C)	-5.0	-4.4	-2.3	2.4	8.2	13.0	16.8	18.7	14.0	7.7	2.8	-2.7	-5.3
	起年日	1967 16	1977 15	1958 3	1972 1	1980 2	2008 1	1976 7	2001 30	1965 28	2002 30	1966 27	1976 27	1967 1月15日

第3表 日最小湿度の累年順位

平戸特別地域気象観測所
統計期間：1951～2020

順位	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1	値 (%)	21	23	11	11	13	21	37	29	31	25	10	24	10
	起年日	1951 31	2005 14	2004 28	2004 29	2005 11	1990 22	2014 29	2017 28	1987 27	2003 22	2005 10	1999 11	2005 11月10日
2	値 (%)	24	23	16	14	18	21	42	40	32	29	22	25	11
	起年日	2006 3	2002 18	2015 26	2004 17	2019 10	1980 5	1994 20	1990 1	2020 20	2005 22	1994 3	1982 15	2004 4月29日
3	値 (%)	26	24	16	15	19	23	44	41	33	29	24	26	11
	起年日	2006 22	2008 23	1984 25	2009 30	1992 3	1981 3	1978 28	1969 24	2011 22	1977 22	1979 2	1999 27	2004 3月28日

第4表 日・1時間最大降水量の累年順位

平戸特別地域気象観測所
統計期間：1951～2020

順位	月												年		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
日降水量	1	107.8	92.5	103.0	237.6	226.0	359.5	406.9	365.5	222.0	197.8	151.5	100.5	406.9	
		起年日	1967 28	1979 22	1979 29	1955 15	1998 11	1953 25	1959 13	2011 23	1997 6	1951 14	1978 12	1996 4	1959 7月13日
	2	107.5	85.5	99.0	173.0	164.5	275.0	300.0	329.5	207.0	142.5	136.2	79.5	365.5	
		起年日	2016 29	1989 16	2020 27	2006 10	1995 14	1953 4	1957 25	1980 29	1999 2	2016 8	1966 13	2015 10	2011 8月23日
	3	96.0	81.0	98.5	152.5	159.4	229.0	294.5	292.5	198.5	139.5	123.0	73.0	359.5	
		起年日	1972 24	1976 28	2012 23	2017 17	1963 10	1985 25	1989 28	2019 28	2016 28	2011 21	2001 29	2019 1	1953 6月25日
1時間降水量	1	59.5	35.0	42.5	67.1	78.0	88.0	108.0	114.5	125.5	60.5	53.2	53.5	125.5	
		起年日	1972 24	2004 28	2020 27	1964 25	1998 11	2016 20	1989 28	2011 23	1999 2	1962 10	1964 1	1996 4	1999 9月2日
	2	30.0	34.0	40.0	54.4	57.0	83.5	104.0	86.0	75.0	48.0	51.0	25.0	114.5	
		起年日	2020 23	1979 23	2012 23	1955 15	2016 3	2018 29	1982 23	2019 28	2004 16	2016 8	1957 10	2016 22	2011 8月23日
	3	30.0	34.0	37.4	43.5	57.0	73.0	90.0	79.5	72.1	47.0	45.5	25.0	108.0	
		起年日	1990 29	1979 22	1953 10	2017 17	1992 15	1985 25	1959 15	2014 15	1962 3	2013 10	1972 3	1992 7	1989 7月28日

第5表 日最大瞬間風速の累年順位

平戸特別地域気象観測所
統計期間：1951～2020

順位	月												年	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	値 (m/s)	31.1	32.3	27.6	30.0	25.0	34.6	42.7	53.2	49.5	42.5	28.9	28.5	53.2
	風向 (16方位)	北西	南	北	南	南	南東	南南東	南	北西	北北東	北北東	北西	南
	起年日	1968 14	1965 20	1965 17	1987 21	1961 28	2003 19	1991 29	1987 31	1991 27	1951 14	1962 16	2005 17	1987 8月31日
2	値 (m/s)	30.2	30.0	27.3	26.1	24.8	29.2	34.1	44.3	42.8	34.6	28.1	28.3	49.5
	風向 (16方位)	北	北	西北西	北	北北東	南	南東	南南東	南東	北	北西	北西	北西
	起年日	2002 2	1968 15	1977 4	1985 12	1988 7	1963 20	1989 28	1993 10	2020 7	1951 15	1995 7	2005 22	1991 9月27日
3	値 (m/s)	29.0	29.9	26.5	25.4	24.7	26.8	33.4	42.4	42.8	32.7	25.6	27.0	44.3
	風向 (16方位)	北西	北北西	南	南	南	北	南南東	北	北北西	北	北	北西	南南東
	起年日	1965 11	1992 1	1967 26	1974 7	1990 31	1997 28	1974 6	2004 30	1991 14	2004 20	1967 20	2005 21	1993 8月10日

第6表 月最深積雪の累年順位

平戸特別地域気象観測所
統計期間：1951～2000

順位	月	1	2	3	11	12	年
1	値 (cm)	12	7	2	-	6	12
	起年日	1959 18	1966 6	1972 4	-	1967 30	1959 1月18日
2	値 (cm)	6	6	2	-	2	7
	起年日	1963 22	1968 21	1969 13	-	1996 1	1966 2月6日
3	値 (cm)	5	3	-	-	1	6
	起年日	1990 24	1978 1	-	-	1980 29	1968 2月21日

使用済燃料乾式貯蔵建屋の乾式キャスクへの影響について

1. 概要

第6条第1項及び第3項の要求に対して、安全重要度分類のクラス3施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計方針を「別添1 外部事象の考慮について（使用済燃料乾式貯蔵建屋）」に記載している。

一方、「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」では、使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置する場合は、損壊モードを考慮して、乾式キャスクの安全機能に影響がないこと及び貯蔵建屋の給排気口は積雪等により閉塞しないことを確認する必要があることから、建屋の設計方針を踏まえた乾式キャスクへの影響を第1表に示す。

第1表 各事象に対する使用済燃料乾式貯蔵建屋設計を踏まえた乾式キャスクへの影響について

事象	建屋設計を踏まえた乾式キャスクへの影響	
自然現象	風 (台風)	風荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しない設計とするため乾式キャスクに影響を与えない。
	竜巻	内包する乾式キャスクに影響を与えない建屋設計とする。 詳細は「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」に記載。
	凍結	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	降水	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	積雪	積雪荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないこと及び積雪による流路の閉塞に対し、給排気口を降下火砕物の堆積量を考慮した位置に設置する設計とするため乾式キャスクに影響を与えない。
	落雷	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	火山の影響	乾式キャスクに影響を及ぼす可能性のある施設として、降下火砕物による荷重に対し、構造健全性を失わないこと及び降下火砕物による流路の閉塞に対し、給排気口を降下火砕物の堆積量を考慮した位置に設置する設計とするため、乾式キャスクに影響を与えない。
	生物学的事象	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	森林火災	内包する乾式キャスクに影響を与えない建屋設計とする。 詳細は「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	高潮	使用済燃料乾式貯蔵建屋は、高潮の影響がない敷地の整地レベルであるEL.+24.5mに設置することにより損壊しない設計とするため、乾式キャスクに影響を与えない。
自然現象による荷重の組合せ	使用済燃料乾式貯蔵建屋は、コンクリート造で頑健な構築物であり、自然現象による荷重の組合せ(風(台風)、積雪及び火山)に対し、除灰等の安全上必要な措置を保安規定に則り実施することにより建屋の頑健性は確保されるため乾式キャスクに影響を与えない。	
人為事象	爆発	内包する乾式キャスクに影響を与えない建屋設計とする。 詳細は「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	近隣工場等の火災	内包する乾式キャスクに影響を与えない建屋設計とする。 詳細は「6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）」に記載。
	有毒ガス	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	船舶の衝突	使用済燃料乾式貯蔵建屋は、船舶の衝突の影響を受けることのない敷地高さ(EL.+24.5m)に設置することにより損壊しない設計とするため、乾式キャスクに影響を与えない。
	電磁的障害	本事象は、荷重が発生する事象ではないことから、使用済燃料乾式貯蔵建屋は損壊しないため、乾式キャスクに影響を与えない。
	飛来物 (航空機落下)	飛来物(航空機落下)による建屋損壊は、確率的要因により設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵建屋への航空機落下確率評価結果

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋の航空機落下に対する設計検討のため、使用済燃料乾式貯蔵建屋への航空機落下確率評価を実施する。

2. 評価内容

使用済燃料乾式貯蔵施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋は、玄海原子力発電所の原子炉施設本体から独立して設置する設計であること、また、使用済燃料乾式貯蔵施設は、当該施設以外の玄海原子力発電所原子炉施設の安全機能に直接的に影響を及ぼすものではなく、乾式貯蔵容器本体で安全機能（臨界防止機能、閉じ込め機能、遮蔽機能、除熱機能）を確保する設計であることから、使用済燃料乾式貯蔵建屋単独で航空機落下確率を評価する。

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成 21・06・25 原院第 1 号）に基づき評価を行った結果、約 5.8×10^{-8} （回／炉・年）となり、 10^{-7} （回／炉・年）を下回ることを確認した。

評価対象事故、評価に用いた数値及び評価結果について、以下に示す。

(1) 評価対象事故

評価対象	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	① 飛行場での離着陸時における落下事故	② 航空路を巡航中の落下事故		① 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	② 基地－訓練空域間往復時の落下事故
使用済燃料乾式貯蔵建屋	×注 1、注 2	○注 3	○	○ 〔訓練空域外を飛行中の落下事故〕	○注 4

○：対象、×：対象外

注 1：玄海原子力発電所は福岡空港の滑走路方向に対する角度が $\pm 60^\circ$ の範囲から外れているため、評価対象外とした。（別紙 1）

注 2：滑走路方向から $\pm 60^\circ$ の範囲に発電所が位置する空港があるが、各空港の最大離着陸距離が、発電所から各空港までの距離より小さいため、評価対象外とした。（別紙 1）

注 3：発電所上空には、定期航空路として「A582」、直行経路として「IKE-OLE」、広域航法（RNAV5）経路として「Y25」が存在する。（別紙 2）

注 4：自衛隊機の想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する。（別紙 2）

(2) 評価に用いた数値

1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

② 航空路を巡航中の落下事故

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

W : 航空路幅 (km)

$f_c = G_c / H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率
(回 / (飛行回・km))

G_c : 巡航中事故件数 (回)

H_c : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵建屋
対象航空路	A582 (航空路) IKE-OLE (直行経路) Y25 (RNAV5経路)
N_c 注1	27,740 (A582) 4,380 (IKE-OLE) 12,775 (Y25)
A 注2	0.01
W 注3	14 (A582) 14.816 (IKE-OLE) 18.52 (Y25)
f_c 注4	$0.5 / 11,511,864,144 = 4.34 \times 10^{-11}$
P_c	1.29×10^{-9}

注1 : 国土交通省航空局への問い合わせ結果(平成29年のピーク日の交通量)を365倍した値。また、ピーク日における各航空路の値は、航空路(A582)が76(平成29年1月5日)、直行経路(IKE-OLE)が12(平成29年8月10日)、RNAV5経路(Y25)が35(平成29年1月5日)である。

注2 : 使用済燃料乾式貯蔵建屋の面積(0.0029km²)に対し、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に基づき、保守的に0.01km²とした。

注3 : 「航空路の指定に関する告示」及び「飛行方式設定基準」を参照。RNAV5経路(Y25)については、航法精度(±5NM)を用いる。

注4 : 巡航中事故件数(G_c)は、平成11年～平成30年の間で0件のため0.5件と仮定する。(「航空機落下事故に関するデータ」(令和3年2月 原子力規制委員会)より)

延べ飛行距離(H_c)は、平成11年～平成30年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値(幹線、ローカル線、不定期の合計値)を合計した値。(別紙3)

2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵建屋
f_v 注 1	大型固定翼機 0.5 / 20 = 0.025 小型固定翼機 24 / 20 = 1.20 大型回転翼機 2 / 20 = 0.10 小型回転翼機 18 / 20 = 0.90
S_v 注 1	372,000
A	0.01
α 注 2	大型固定翼機、大型回転翼機 : 1 小型固定翼機、小型回転翼機 : 0.1
P_v	9.01×10^{-9}

注 1 : 「航空機落下事故に関するデータ」(令和 3 年 2 月 原子力規制委員会)より。

大型固定翼機の事故件数は 0 件のため、0.5 件と仮定する。

注 2 : 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」

3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

① 訓練空域外を飛行中の落下事故

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o} \right) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵建屋
f_{so} 注1、2	自衛隊機 10/20 = 0.50 米軍機 4/20 = 0.20
S_o 注1	自衛隊機 294,000 米軍機 372,000
A	0.01
P_{so}	2.24×10^{-8}

注1 : 「航空機落下事故に関するデータ」(令和3年2月 原子力規制委員会)より。

注2 : 平成30年2月5日に目達原駐屯地から南に約4kmで発生したAH-64D航空事故について、「航空機落下事故に関するデータ」(令和3年2月原子力規制委員会)では「基地-訓練空域間往復時」の事故として選定されているが、当該事故は玄海原子力発電所の航空機落下確率評価において考慮している訓練空域との往復ではなく、定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故である(別紙4参照)ため、訓練空域外を飛行中の落下事故としてカウントした。

- ② 基地－訓練空域間を往復時の落下事故（想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合）

$$P_{se} = \left(\frac{f_{se}}{S_{se}} \right) \cdot A$$

P_{se} ：対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{se} ：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

S_{se} ：想定飛行範囲の面積（ km^2 ）

A ：原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵建屋
f_{se} 注 1	0.5 / 20 = 0.025
S_{se} 注 2	10,200
A	0.01
P_{se}	2.45×10^{-8}

注 1：「航空機落下事故に関するデータ」（令和 3 年 2 月 原子力規制委員会）より。

自衛隊機の事故については 0 件のため、0.5 件と仮定する。なお、平成 30 年 2 月 5 日に目達原駐屯地から南に約 4km で発生した AH-64D 航空事故について、「航空機落下事故に関するデータ」（令和 3 年 2 月 原子力規制委員会）では「基地－訓練空域間往復時」の事故として選定されているが、当該事故は玄海原子力発電所の航空機落下確率評価において考慮している訓練空域との往復ではなく、定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故である（別紙 4 参照）ため、訓練空域外を飛行中の落下事故としてカウントした。

注 2：別紙 2 参照。

(3) 航空機落下確率評価結果

(回/炉・年)

評価対象	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合計
	① 飛行場での離着陸時における落下事故	② 航空路を巡航中の落下事故		① 訓練空域内及び訓練空域外を飛行中の落下事故	② 基地－訓練空域間往復時の落下事故	
使用済燃料乾式貯蔵建屋	—	1.29×10^{-9}	9.01×10^{-9}	2.24×10^{-8}	2.45×10^{-8}	約 5.8×10^{-8}

福岡空港の滑走路方向に対する玄海原子力発電所の角度

AIP Japan
FUKUOKA

RJFF AD2.24-OTHER-1



CHANGE : Shape of FUKUOKA CONTROL ZONE.

Call sign	BRG / DIST from ARP	Remarks
古賀 koga	014°/ 8.4NM	高速道路インターチェンジ Interchange
長者原 Chojabaru	046°/ 2.3NM	ドーム型建造物 Dome
太宰府 Dazaifu	133°/ 6.4NM	ゴルフ場 Golf Course
三沢 Mitusawa	153°/10.4NM	ゴルフ場 Golf Course
* 那珂川 Nakagawa	196°/ 5.9NM	松尾橋 Bridge
室見 Muromi	273°/ 5.5NM	室見川河口 River - Mouth
今津 Imazu	273°/ 9 NM	今津橋 Bridge
志賀 Shika	303°/ 8 NM	志賀島橋 Bridge
北崎 Kitazaki	288°/12 NM	漁港 Harbor

*ヘリコプター用 Use For Helicopter

玄海原子力発電所付近の空港と発電所との距離

発電所名	空港名	発電所との距離 ^{注1}	空港と空港の最大離着陸地点までの距離 ^{注2}	判定	備考
玄海 原子力発電所	佐賀空港	約 59km	約 20km (11nm)	対象外	別紙1 (3/5)
	長崎空港	約 66km	約 20km (11nm)	対象外	別紙1 (4/5)
	壱岐空港	約 26km	約 15km (8nm)	対象外	別紙1 (5/5)

注1：施設と空港の経度、緯度より計測した。

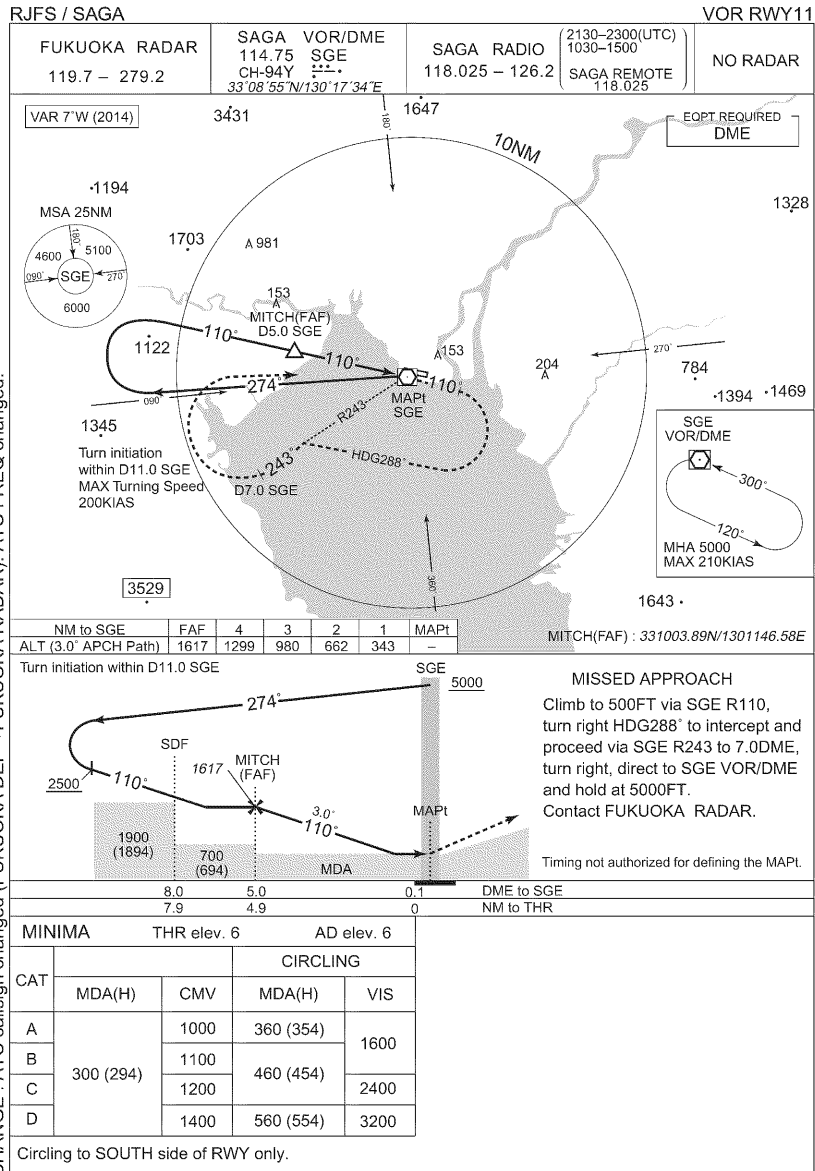
注2：航空路誌（AIP）を参照した。

佐賀空港の最大離着陸地点までの距離

AIP Japan
SAGA

RJFS AD2.24-IAC-3

INSTRUMENT APPROACH CHART



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF:26 MAR 2020)

26/3/20

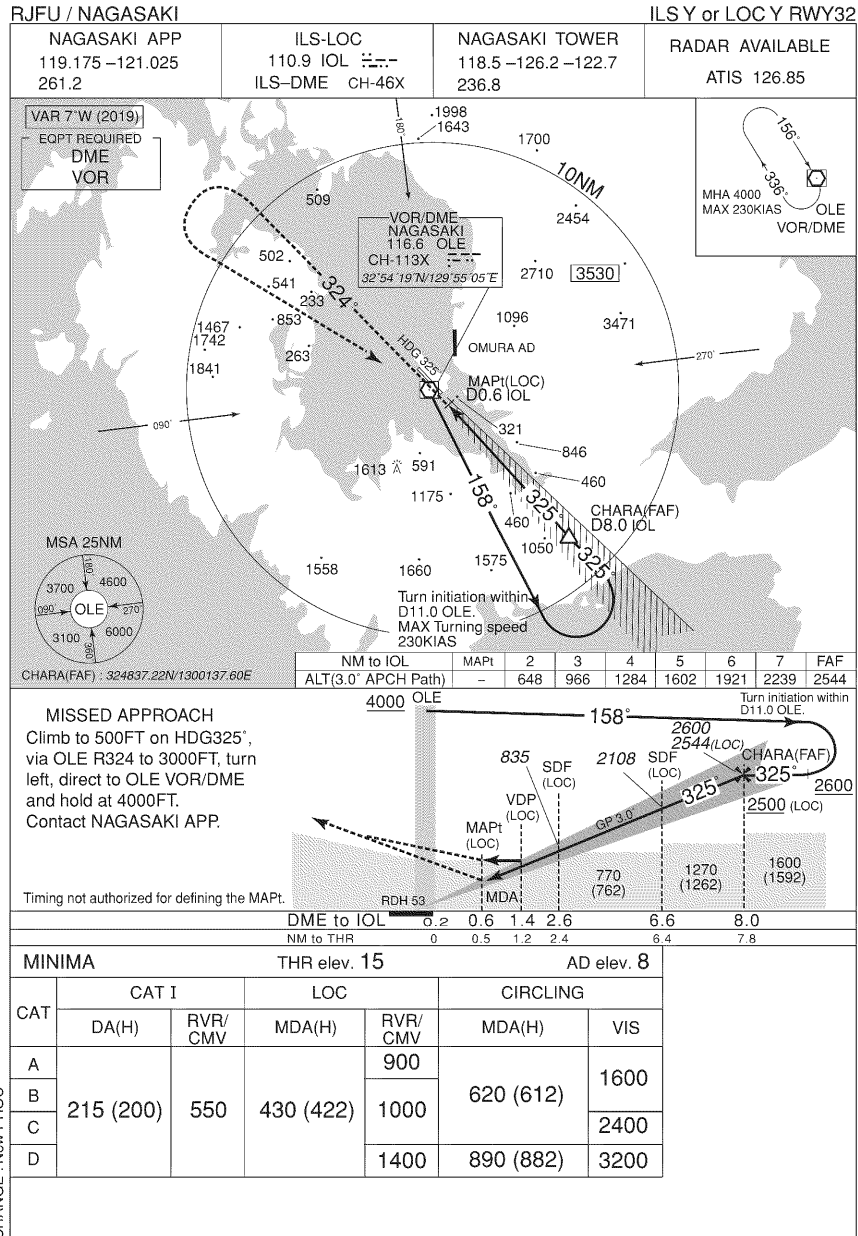
国土交通省 航空路誌 (AIP) より抜粋

長崎空港の最大離着陸地点までの距離

RJFU AD2.24-IAC-2

AIP Japan
NAGASAKI

INSTRUMENT APPROACH CHART



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF:25 APR 2019)

28/3/19

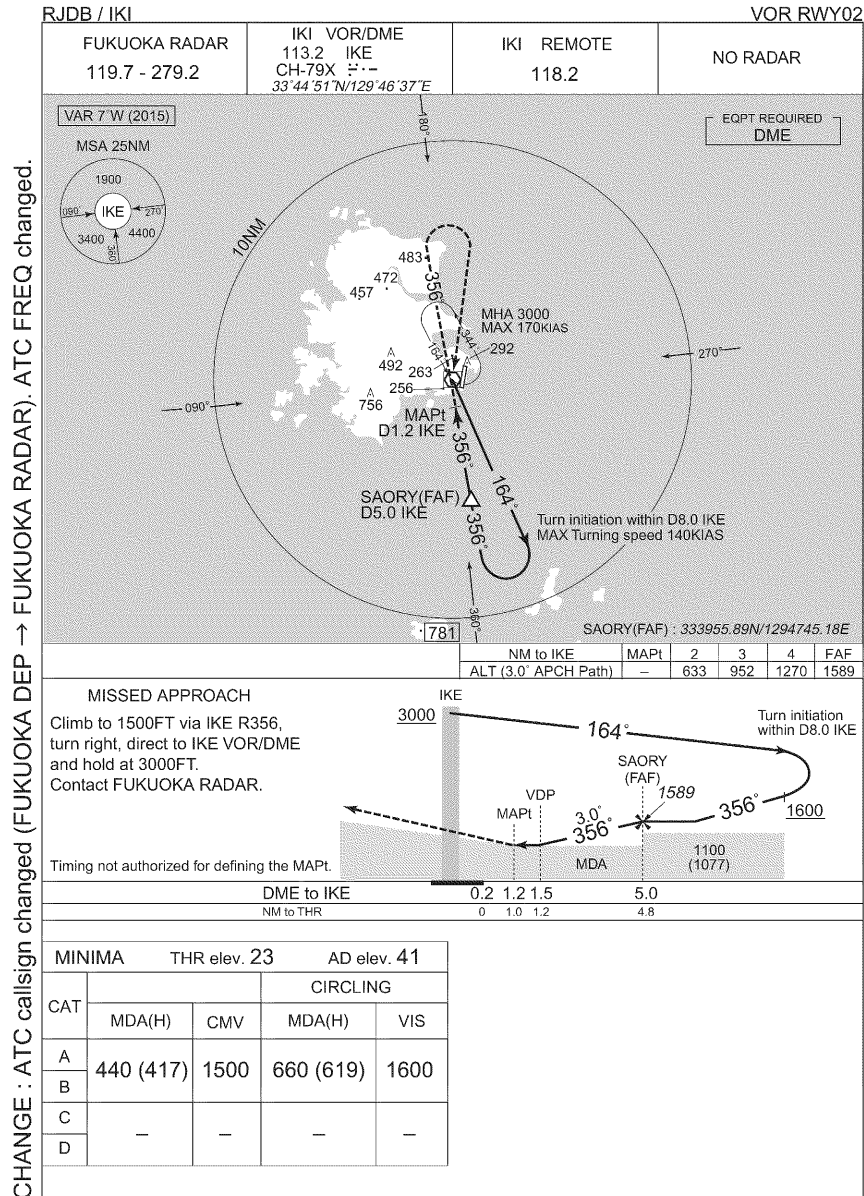
国土交通省 航空路誌 (AIP) より抜粋

壱岐空港の最大離着陸地点までの距離

AIP Japan
IKI

RJDB AD2.24-IAC-1

INSTRUMENT APPROACH CHART

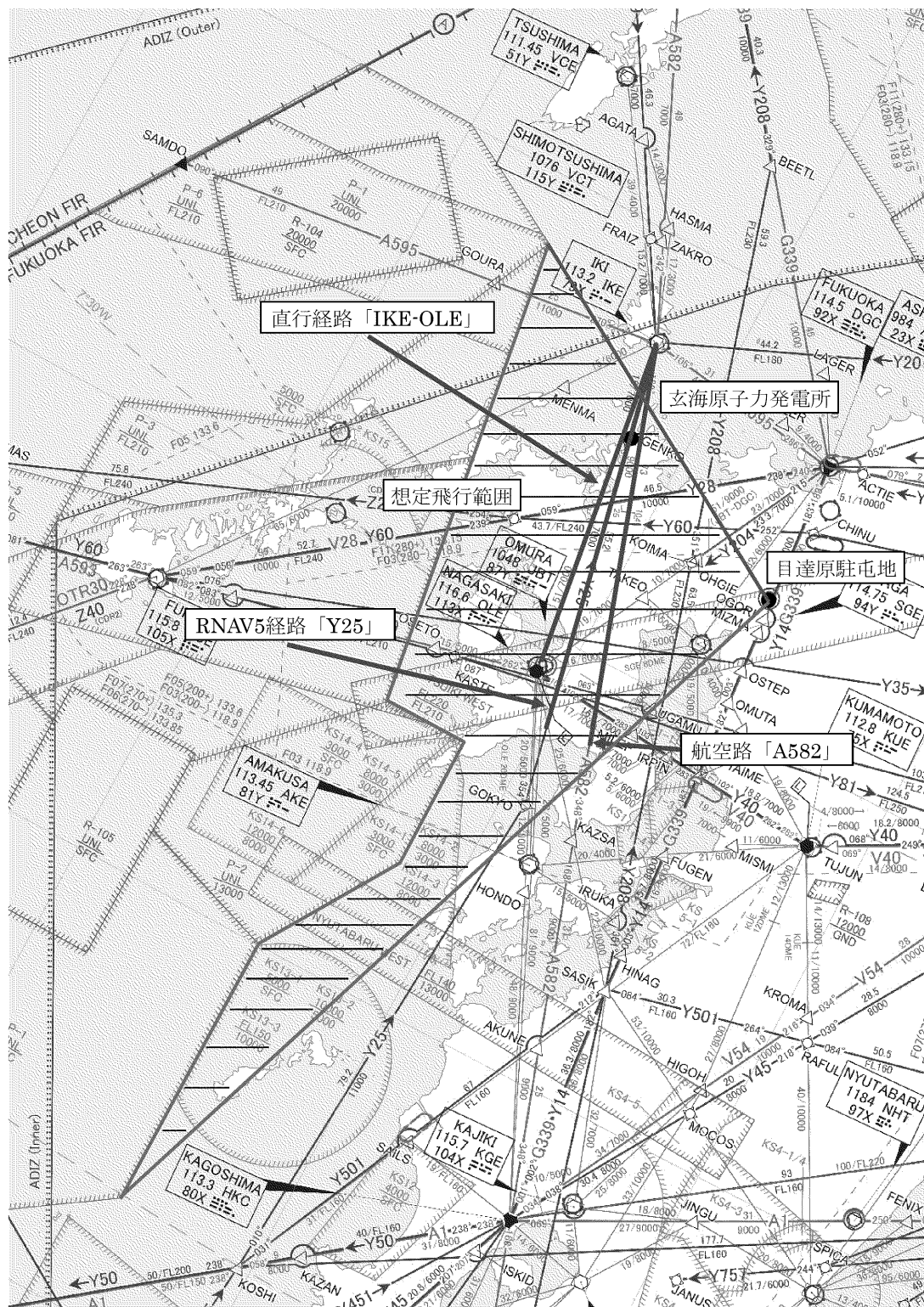


Civil Aviation Bureau, Japan (EFF:26 MAR 2020)

26/3/20

国土交通省 航空路誌 (AIP) より抜粋

自衛隊機の想定飛行範囲



国土交通省 AIP (航空路誌) より抜粋 (一部加筆)

日本国機の運航距離

- ・ 計算に用いる数値は、「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の次の値とする。
- ・ 日本国機の運航距離は、国内便のみの定期便と不定期便の値とする。
- ・ 日本国機の国際便は、日本から海外までの距離が記載されており、日本国内での運航距離ではないため、考慮しない。
- ・ 日本に乗り入れている外国機は運航距離について実績の公開記録がないため考慮しない。
- ・ ただし、日本国機の国際便、外国機の落下事故も日本国内で落下した場合は評価対象とする。

	日本国機の運航距離 (飛行回・km)
平成11年	459,973,069
平成12年	480,718,878
平成13年	489,803,107
平成14年	498,685,881
平成15年	519,701,117
平成16年	517,485,172
平成17年	527,370,038
平成18年	555,543,154
平成19年	559,797,874
平成20年	554,681,669
平成21年	544,824,157
平成22年	548,585,258
平成23年	555,144,327
平成24年	608,215,704
平成25年	657,480,703
平成26年	680,472,532
平成27年	684,055,797
平成28年	685,451,299
平成29年	691,345,014
平成30年	692,529,394
合 計	11,511,864,144

AH-64D 航空事故（平成 30 年 2 月 5 日）の扱いについて

○事故の概要

平成 30 年 2 月 5 日（月）16 時 43 分頃、陸上自衛隊目達原駐屯地所属の第 3 対戦車ヘリコプター隊 AH-64D（2 名搭乗）が、定期整備後の試験飛行中、目達原駐屯地の南西約 6km の地点に墜落。（以下「当該事故」という。詳細については添付参照）

○「航空機落下事故に関するデータ」での扱い

当該事故について、「航空機落下事故に関するデータ」（令和 3 年 2 月 原子力規制委員会）では「基地－訓練空域間往復時」の落下事故として整理されている。

○本評価での扱い

玄海原子力発電所に対して航空機落下確率を評価する際、基地-訓練空域間の往復時の落下事故については、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成 21・06・25 原院第 1 号）に基づき、基地（目達原駐屯地）との往復範囲に原子炉施設が含まれる訓練空域としてエリア P を選定し、基地と訓練空域境界とを結ぶ三角形の区域を想定飛行範囲と設定し評価を実施している（別紙 2 参照）。

当該事故は、想定飛行範囲内で発生した事故であるものの、エリア P との往復ではなく、定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故であることが報告されているⁱ。また、報道情報によると、飛行計画は目達原駐屯地を離陸後、玄海原子力発電所方面（基地の西側方面）ではなく、福岡県の久留米市や朝倉市方面（基地の東側方面）を飛行し、駐屯地に戻る予定だったとされているⁱⁱ。

以上より、当該事故は本評価において考慮している「基地-訓練空域間の往復」には該当せず、玄海原子力発電所方面に向かう予定もなかったことから、玄海原子力発電所の立地と当該事故の状況を踏まえ、本評価においては当該事故を「訓練空域外を飛行中の事故」として扱い評価を行っている。

ⁱ 陸上幕僚監部（航空事故調査委員会）報告（平成 30 年 5 月 28 日）

ⁱⁱ 「陸自ヘリが住宅に墜落 隊員 1 人死亡捜索中 佐賀」朝日新聞デジタル（2018 年 2 月 5 日）、
URL: <https://www.asahi.com/articles/ASL255SJ2L25UEHF00M.html>

AH-64D 航空事故（平成 30 年 2 月 5 日）について

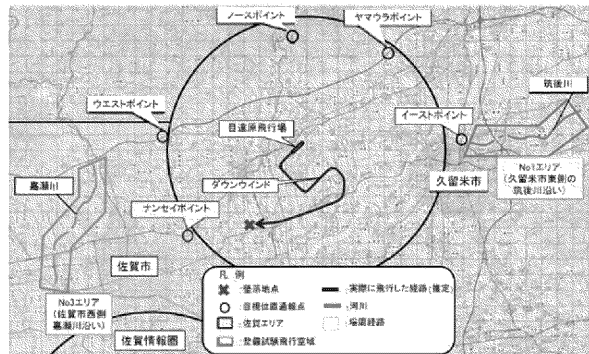
AH-64D 航空事故の調査状況について

30.5.28
陸上幕僚監部
(航空事故調査委員会)

AH-64D 航空事故の調査状況について (1/2)

事故の概要

- 平成 30 年 2 月 5 日 (月) 1643 頃、陸上自衛隊目達原駐屯地所属の第 3 対戦車ヘリコプター隊 AH-64D (2 名搭乗) が、定期整備後の試験飛行中、目達原駐屯地の南西約 6 km の地点に墜落 (搭乗隊員 2 名全員殉職、航空機は破壊、住民の方 1 名負傷、建物 3 棟が火災、その他建物 8 件に被害等)
- 事故後、陸上自衛隊が保有する AH-64D 全機の飛行を停止中



事故調査組織

- 陸幕副長を長とする航空事故調査委員会を設置
- 幅広い観点から今回の事故原因等を検討・分析するため、航空事故調査委員会に特別に民間の航空工学等の有識者が参加

これまでの事故調査要領

関係者からの聞き取り、MDR (メンテナンス・データ・レコーダー) の解析、部品の破損状況の調査等を実施

降下火碎物の影響を設計に考慮すべき施設について

1. 概要

降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）は、各施設の構造や設置状況等を考慮して抽出している。

使用済燃料乾式貯蔵施設については、設置許可基準第6条第1項及び第4項並びに「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」の要求である「使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置する場合は、損壊モードを考慮して、乾式キャスクの安全機能に影響がないこと」及び「貯蔵建屋の給排気口は積雪等により閉塞しないこと」を踏まえ、荷重及び外気取入口からの侵入を想定する。

設計対象施設の抽出フローを図1に、抽出結果を表1に示す。

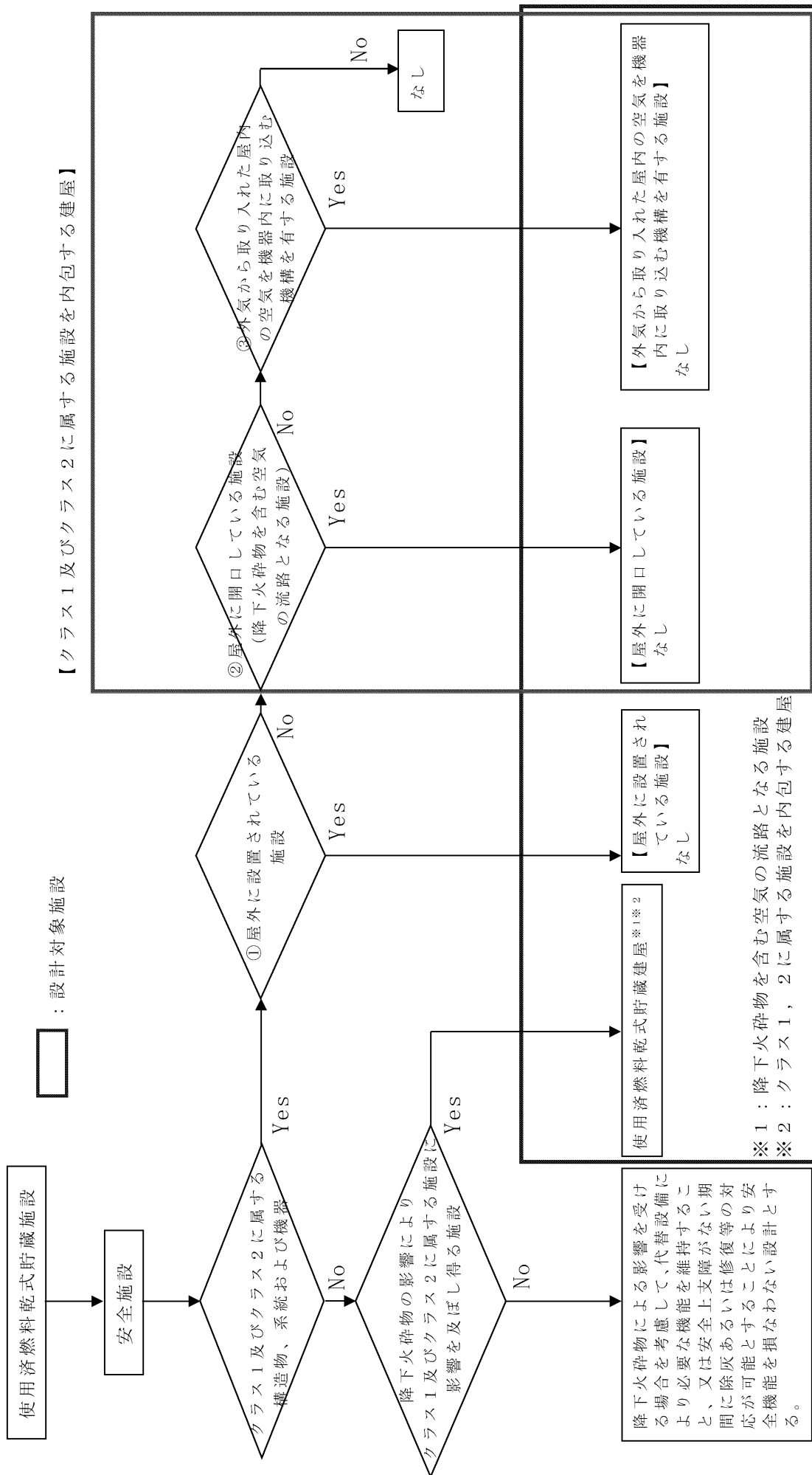


図 1 設計対象施設の抽出フロー

第 1 設計対象施設

施設区分	設計対象施設
クラス 3 に属する施設	
降下火碎物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋※¹※²

※1：降下火碎物を含む空気の流路となる施設

※2：クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋

第6条：使用済燃料乾式貯蔵容器に係る外部からの衝撃による損傷の防止
(竜巻)

<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. 外部からの衝撃による損傷の防止 (竜巻)

(別添資料1) 竜巻に対する防護 (使用済燃料乾式貯蔵容器)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

(a-1) 安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び玄海原子力発電所のプラント配置から想定される竜巻に随伴する事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、 100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重、並びに、安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設の構造健全性の維持、安全施設を内包する区画の構造健全性の確保、若しくは、飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、資機材、車両等については飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設定する設計飛来物である鋼製材（長さ 4.2m ×幅 0.3m ×奥行き 0.2m 、質量 135kg 、飛来時の水平速度 51m/s 、飛来時の鉛直速度 34m/s ）より大きなものに対し、固縛、固定、竜巻防護施設等からの離隔、建屋内収納又は撤去を実施する。

(2) 安全設計方針

1.8 竜巻防護に関する基本方針

1.8.1 設計方針

(1) 竜巻に対する設計の基本方針

安全施設が竜巻に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な各種の機能を損なわないよう、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、以下の事項に対して対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持、代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は、設計荷重による波及的影響によって安全機能を損なわない設計とする。

- a. 飛来物の衝突による施設の貫通及び裏面剥離
- b. 設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重及びその他の組合せ荷重(常時作用している荷重、運転時荷重、竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重)を適切に組み合わせた設計荷重
- c. 竜巻による気圧の低下
- d. 外気と繋がっている箇所への風の流入

竜巻から防護する施設としては、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても、発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。竜巻から防護する施設のうちクラス1、クラス2に該当する構築物、系統及び機器を竜巻における防護対象施設(以下「竜巻防護施設」という。)として竜巻による影響を評価し設計する。また、竜巻防護施設を内包する施設についても同様に竜巻による影響を評価し設計する。クラス3に属する施設は、損傷する場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に修復すること等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能が維持されることから、竜巻による影響を評価する対象から除外する。竜巻防護施設については、「1.8.1(3) 竜巻防護施設」にて記載する。竜巻防護施設を内包する施設については、「1.8.1(4) 竜巻防護施設を内包する施設」にて記載する。竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、「1.8.1(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設」にて記載する。

竜巻に対する防護設計を行う、竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施

設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を「竜巻防護施設等」という。

竜巻防護施設の安全機能を損なわないようにするため、竜巻防護施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する竜巻防護施設の構造健全性の維持、竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせた設計とする。

屋外に設置する竜巻防護施設の構造健全性の維持又は竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保において、それらを防護するために設置する竜巻における防護対策施設（以下「竜巻防護対策施設」という。）は、竜巻防護ネット、防護鋼板等から構成し、飛来物から竜巻防護施設を防護できる設計とする。

(2) 設計竜巻の設定

「添付書類六 7.9 竜巻」において設定した基準竜巻の最大風速は 92m/s とする。

設計竜巻の設定に際して、玄海原子力発電所は敷地が平坦であるため、地形効果による風の増幅を考慮する必要はないことを確認したが、基準竜巻の最大風速を安全側に切り上げて、安全施設（使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）に対する設計竜巻の最大風速は 100m/s とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器に対する設計竜巻の最大風速は、兼用キャスク告示に定める 100m/s とする。

(3) 竜巻防護施設

竜巻防護施設は、建屋又は構築物（以下「建屋等」という。）に内包され、外気と繋がっておらず設計竜巻荷重の影響から防護される施設（以下「建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）」という。）、建屋等に内包されるが設計竜巻荷重の影響から防護が期待できない施設（以下「建屋等に内包されるが防護が期待できない施設」という。）、建屋等に内包されるため、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護されるが、外気と繋がっており設計竜巻の気圧差による荷重の影響を受ける施設（以下「建屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。）及び設計竜巻荷重の影響を受ける屋外施設（以下「屋外施設」という。）に分類し、以下のように抽出する。

・建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）

・建屋等に内包されるが防護が期待できない施設

建屋等に内包されるが防護が期待できない施設は、「1.8.1 (4) 竜巻防護施設を内包する施設」として抽出した建屋等の構造健全性の評価を行い、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設を抽出する。

・建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

建屋内の施設で外気と繋がっている施設を以下のとおり抽出する。

・換気空調設備（アニュラス空気浄化系、安全補機室空気浄化系、中央制御室空調系、格納容器排気系、安全補機開閉器室空調系、ディーゼル発電機室換気系、中間補機棟空調系及び試料採取室排気系の外気と繋がるダクト及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）

竜巻防護施設のうち、屋外施設を以下のとおり抽出する。

・海水ポンプ（配管及び弁を含む。）

・海水ストレーナ

・排気筒

(4) 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する主な施設を、以下のとおり抽出する。

・原子炉格納容器（原子炉容器他を内包する建屋）

・原子炉周辺建屋（使用済燃料ピット他を内包する建屋）

・原子炉補助建屋（余熱除去ポンプ他を内包する建屋）

・燃料取替用水タンク建屋（燃料取替用水タンク他を内包する建屋）

・燃料油貯油そう基礎（燃料油貯油そうを内包する構築物）

・燃料油貯蔵タンク基礎（燃料油貯蔵タンクを内包する構築物）

・海水ポンプエリア防護壁（海水ポンプ他を内包する構築物）

・海水ポンプエリア水密扉（海水ポンプ他を内包する構築物）

・使用済燃料乾式貯蔵建屋（使用済燃料乾式貯蔵容器を内包する建屋）

(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設に隣接し倒壊等により竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設並びに建屋等による防護が期待できない竜巻防護施設の附属施設及び外気と繋がっている施設が設計荷重による損傷により竜巻防護施設の機能維持に影響を及ぼし得る施設を竜巻防護施

設に波及的影響を及ぼし得る施設とする。

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としては、施設の高さと、竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設との距離を考慮して、竜巻による施設の倒壊により竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設を損傷させる可能性がある施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

また、建屋等による防護が期待できない竜巻防護施設の附属施設及び竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

(竜巻による倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設)

- ・廃棄物処理建屋
- ・タービン建屋
- ・橋型クレーン

(建屋等による防護が期待できない竜巻防護施設の附属施設)

- ・主蒸気逃がし弁 (消音器)
- ・主蒸気安全弁 (排気管)
- ・タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出管)
- ・ディーゼル発電機 (吸気消音器、排気消音器、燃料油貯油そうべント管、燃料油貯蔵タンクベント管及びタンクローリ)

(建屋等による防護が期待できない竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備)

- ・換気空調設備 (蓄電池室排気系の外気と繋がるダクト及び外気との境界となるダンパ)

(6) 設計飛来物の設定

プラントウォークダウンによる敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、発電所構内の資機材、車両等の設置状況を踏まえ、竜巻防護施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。

竜巻防護施設等 (使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。) への設計飛来物は、運動エネルギー及び貫通力を踏まえ、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参照して鋼製材を設定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器への設計飛来物については、発電所敷地内外からの飛来物を考慮し、飛来した場合の運動エネルギー及び貫通力を踏まえ大型車

両を設定する。なお、浮き上がらないが横滑りする可能性のある資機材については、摩擦や転倒により運動エネルギーが大幅に減衰するため考慮しない。

第1.8.1表に玄海原子力発電所における設計飛来物を示す。

飛来物の発生防止対策については、プラントウォークダウンにより抽出した飛来物や持ち込まれる資機材、車両等の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー及び貫通力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻防護対策施設に与えるエネルギーが設計飛来物によるものより大きく、竜巻防護施設を防護ができない可能性があるものは固縛、固定、竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護対策施設からの離隔、建屋内収納又は撤去の対策を実施し、確実に飛来物とならない運用とする。

(7) 荷重の組合せと許容限界

竜巻に対する防護設計を行うため、竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重の算出、設計竜巻荷重の組合せの設定、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定及び許容限界について以下に示す。

a. 竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により竜巻防護施設等に作用する荷重として「風圧力による荷重 (W_w)」、「気圧差による荷重 (W_p)」及び「設計飛来物による衝撃荷重 (W_m)」を以下に示すとおり算出する。

(a) 風圧力による荷重 (W_w)

設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」(昭和25年11月16日政令第338号)、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示1454号(平成12年5月31日)に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数 (=1.0)

C : 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位 (屋根・壁等) に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ここで、

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してせい弱と考えられる竜巻防護施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮した設計とする。

(b) 気圧差による荷重 (W_p)

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護施設を内包する施設の建屋壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる竜巻防護施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生し、保守的に「閉じた施設」を想定し次式のとおり算出する。

$$W_p = \Delta P_{\max} \cdot A$$

ここで、

W_p : 気圧差による荷重

ΔP_{\max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

(c) 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物が竜巻防護施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで衝撃荷重を算出する。

b. 設計竜巻荷重の組合せ

竜巻防護施設等の設計に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重 (W_W)、気圧差による荷重 (W_p) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_p + W_M$$

なお、竜巻防護施設等には、 W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

c. 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおり設定する。

(a) 竜巻防護施設等に常時作用する荷重及び運転時荷重

竜巻防護施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重及び内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

(b) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は、積乱雲及び積雲に伴って発生する現象であり⁽¹¹⁾、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び雨である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡されることから、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮しない。

i. 雷

竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による設計竜巻荷重への影響はない。

ii. 雪

影響の程度として竜巻は、数分程度の極めて短い期間、積雪は年間でも冬季に限定された数日である。竜巻通過前に積雪があったとしても大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

iii. ひょう

ひょうは、積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大きさのひょうを想定した場合、その質量は約0.5kgである。

竜巻とひょうが同時に発生する場合においても、10cm程度のひょうの終端速度は 59m/s ⁽¹²⁾、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。

iv. 雨

竜巻と雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。

(c) 設計基準事故時荷重

竜巻防護施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。

設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と設計竜巻荷重との組合せは考慮しない。

仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、竜巻防護施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる設備として

は動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力及び温度が変わらず、運転時荷重が変化することはないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

d. 許容限界

建屋・構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。

- ・ 建築基準法
- ・ 日本工業規格
- ・ 日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987（日本電気協会）
- ・ 震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会）
- ・ 時刻歴応答解析 建築物性能評価業務方法書（日本建築センター）
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類

系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。

- ・ 日本工業規格
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987（日本電気協会）

(8) 竜巻防護施設等の防護設計方針

竜巻防護施設等の設計荷重に対する防護設計方針を以下に示す。

a. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設（外気と繋が

っている施設を除く。)

竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設(外気と繋がっている施設を除く。)は、建屋等による防護により設計荷重による影響を受けない設計とする。

ただし、建屋等による防護が期待できない場合には「b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設」のとおりとする。

- b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設
建屋等に内包される竜巻防護施設のうち、建屋等が設計竜巻の影響により健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発生し安全機能を損なう可能性がある場合には、竜巻防護対策施設又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

- c. 竜巻防護施設のうち、建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

建屋に内包され防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋がる施設は、設計荷重の影響を受けても、安全機能を損なわない設計とする。

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重による影響により安全機能を損なわない設計とする。安全機能を損なう場合には、竜巻防護対策施設又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

- d. 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する施設は、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部(扉類)の破損により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

- e. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても竜巻防護施設に影響を与えないように、設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

以上の竜巻防護施設等の防護設計を考慮して、設計竜巻から防護する施設及び竜巻対策等を第1.8.2表に、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻対策等を第1.8.3表に、竜巻防護施設を内包する施

設及び竜巻対策等を第1.8.4表に示す。

(9) 竜巻防護施設を内包する施設の設計

竜巻防護施設を内包する施設の設計においては、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

- a. 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及び使用済燃料乾式貯蔵建屋

設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

ただし、設計荷重による影響を受け、屋根、壁及び開口部（扉類）が損傷し当該建屋内の竜巻防護施設の安全機能を損なう可能性がある場合には、当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわないかを評価し、安全機能を損なう可能性がある場合には、竜巻防護対策施設又は運用による竜巻防護対策を実施する。

- b. 燃料油貯油そう基礎及び燃料油貯蔵タンク基礎

設計飛来物が衝突した際に、設計飛来物の貫通を防止するとともに、当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

- c. 海水ポンプエリア防護壁及び海水ポンプエリア水密扉

設計荷重に対して、構造健全性を維持し当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通又は裏面剥離の発生により、当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

(10) 竜巻防護施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の設計

竜巻防護施設は、構造健全性を損なわないこと又は取替・補修が可能なことにより、安全機能を損なわない設計とする。また、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は、構造健全性を維持すること、設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

a. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）

建屋等内の竜巻防護施設（外気と繋がっている施設を除く。）は、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、使用済燃料乾式貯蔵建屋、燃料油貯油そう基礎、燃料油貯蔵タンク基礎、海水ポンプエリア防護壁又は海水ポンプエリア水密扉に内包され、設計荷重から防護されることによって、安全機能を損なわない設計とする。

b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設

原子炉周辺建屋のうち燃料取扱棟は、設計飛来物の衝突に対して壁に貫通が発生することを想定し、燃料取扱棟内部の竜巻防護施設で、設計荷重により影響を受ける可能性がある使用済燃料ピットが安全機能を損なわない設計とする。

また、原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋については、設計荷重により、開口部の開放又は開口部建具に貫通が発生することを考慮し、開口部建具付近の竜巻防護施設のうち、設計飛来物の衝突により影響を受ける可能性があるディーゼル発電機他が安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアは、設計飛来物の衝突に対して開口部建具に貫通が発生することを想定し、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアの使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なわない設計とする。

(a) 使用済燃料ピット

設計飛来物が原子炉周辺建屋のうち燃料取扱棟の壁を貫通し使用済燃料ピットに侵入すると想定した場合でも、設計飛来物の衝撃荷重により、使用済燃料ピットのライニング及びコンクリートの一部が損傷して、ピット水が漏えいすることはほとんどなく、使用済燃料ピットの冷却機能及び遮へい機能に影響しないことにより使用済燃料ピットが安全機能を損なわない設計とし、使用済燃料ピット水による減速及び使用済燃料ラックにより、使用済燃料ラックに保管される燃料集合体の構造健全性が維持される設計とする。

(b) ディーゼル発電機他

ディーゼル発電機他は、設計飛来物が原子炉周辺建屋又は原子炉補助建屋の開口部建具を貫通し、ディーゼル発電機他に衝突し影響を受けることを考慮して、原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋の開口部（竜巻防護施設を設置している区画の出入口扉、点検扉等）に竜巻防護対策施設を設置することにより、設計飛来物のディーゼル発電機他への衝突を防止し、ディーゼル発電機他の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(c) 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計飛来物が使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアの開口部建具を貫通し、使用済燃料乾式貯蔵容器に衝突し影響を受けることを想定して、使用済燃料乾式貯蔵容器を飛来物の影響を受けない位置へ移動することにより、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。

c. 竜巻防護施設のうち、建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

(a) 換気空調設備（アニュラス空気浄化系、安全補機室空気浄化系、中央制御室空調系、格納容器排気系、安全補機開閉器室空調系、ディーゼル発電機室換気系、中間補機棟空調系及び試料採取室排気系の外気と繋がるダクト及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）

換気空調設備が原子炉周辺建屋及び原子炉補助建屋に内包されていること並びに竜巻防護対策施設により防護されることを考慮すると、風