

震基 8 - 2

(震基 7 - 2 改)

平成 25 年 1 月 29 日

(骨子素案)

発電用軽水型原子炉施設の地震及び津波に関わる新安全設計基準

<前回からの修正版>

目 次

1. 地震及び津波に対する設計の基本方針.....	1
2. 施設の重要度分類.....	3
3. 基準地震動の策定.....	5
4. 耐震設計方針.....	9
5. 地盤安定性に対する考慮.....	14
6. 基準津波の策定	15
7. 津波に対する設計方針	18
8. 周辺斜面の安定性に対する設計上の考慮	22

(注意)

本資料は、これまでの検討チーム会合での議論を踏まえたものです。

本資料中の「基本的要求事項」は規制委員会規則に、また、「要求事項の詳細」は規制委員会規則内規に対応することを想定して記載しています。

なお、基準化にあたり、用語の定義、骨子の構成及び内容は、法令上の用例に基づき整理することになります。

1. 地震及び津波に対する設計の基本方針

【基本的要求事項】＜設置許可基準＞

- 1 施設は全体として高い安全性を有する必要があるため、次に示す基本的な設計方針を満足すること。
 - 一 重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間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地震動（以下「基準地震動」という。）による地震力に対して、その安全機能を損なわない設計であること。さらに施設は、地震により発生する可能性のある安全機能の喪失及びそれに続く環境への放射線による影響の観点から考えられる重要度に応じて、適切と考えられる地震力に十分耐える設計であること。
 - 二 施設は、想定される地震力に対して十分な支持性能をもつ地盤に設置すること。特に、重要な安全機能を有する施設は、将来も活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置すること。
 - 三 重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間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（以下「基準津波」という。）に対して、その安全機能を損なわない設計であること。
- 2 基準地震動及び基準津波の策定等に当たっての調査については、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保しなければならない。

【要求事項の詳細】＜規制委員会規則内規＞

- (1) 「将来も活動する可能性のある断層等」とは、震源として考慮する活断層及び当該活断層の活動に伴って永久変位をもたらす断層に加え、支持基盤を切る地すべり面が含まれる。
- (2) 「将来も活動する可能性」の判断は、「3. 基準地震動の策定」の要求事項の詳細(3)②により行う。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層の性状等により、安全側に判断する必要がある。
- (3) 第1項第二号の「特に」の記載については、重要な安全機能を有する施設が、将来も活動する可能性のある断層等の露頭がある場所に設置された場合、その将来の断層等の活動によって安全機能に重大な影響を及ぼすおそれがあるために規定するものであ

る。

(4) 基準地震動、基準津波の策定に係る「残余のリスク」の存在について

地震学的見地からは、基準地震動を上回る強さの地震動が生起する可能性は否定できない。また、自然科学の観点からは、策定された基準津波を超える津波が施設に襲撃する可能性は否定できない。これらのことは、基準地震動又は基準津波の策定において、「残余のリスク」（策定された基準地震動または基準津波を上回る影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生すること、施設から大量の放射性物質が放散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことのリスク）が存在することを意味する。したがって、施設の設計に当たっては、策定された基準地震動又は基準津波を上回る事象が生起する可能性に対して適切な考慮を払い、基本設計の段階のみならず、それ以降の段階も含めて、この「残余のリスク」の存在を十分認識しつつ、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきである。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）

2. 施設の重要度分類

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

- 1 施設は全体として高い安全性を有する必要があるため、地震により発生する可能性のある安全機能の喪失及びそれに続く環境への放射線による影響を防止する観点から、重要な安全機能を有する施設は全てSクラスとする。また、Sクラスと比べ影響が小さいものはBクラス、これら以外の一般産業施設、公共施設と同等の安全性を保持する施設はCクラスとすることができる。
- 2 7. 津波に対する設計方針第4項に規定する津波防護機能を有する施設等については、地震により発生する可能性のある当該機能の喪失による安全機能への影響の観点から、Sクラスとする。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

各クラスの機能上の分類及びクラス別施設の考え方は、以下の通り。

(1) 第1項によるものは以下とする。

①Sクラス

施設は全体として高い安全性を有する必要があるとの観点から、特に自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している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放散する可能性のあるもの及びこれらの事態を防止するために必要なもの並びにこれらの事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響の大きいものとする。少なくとも次のものが含まれる。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- ・使用済み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、前項以外の施設

②Bクラス

自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している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放散する可能性のあるもの及びこれらの事態を防止するために必要なもの並びにこれらの事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、Sクラスと比べその影響の小さいものはBクラスとすることができる。例えば、次のものが挙げられる。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵しうる施設
- ・放射性廃棄物を内蔵している施設。ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損による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
- ・使用済み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

(2) 第2項によるものは以下とする。これらの施設が地震により機能喪失した場合、その状態が継続している間に津波が襲来し安全機能に影響を与える可能性があることから、これらの施設の耐震設計上の重要度をSクラスとし、高度の信頼性を要求するものである。

①津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備

②敷地における津波監視機能を有する施設（敷地への津波の襲来を察知し、上記①の施設等の機能を確実に確保するために必要となるもの。）

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成24年3月22日）

3. 基準地震動の策定

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

施設の耐震設計に用いる基準地震動は、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ものとし、次の方針により策定すること。

- 一 基準地震動は、次項の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び第3項の「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地における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こと。
- 二 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して実施して策定すること。
- 三 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定すること。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

(1) 基準地震動の性格について

基準地震動は、施設の耐震安全性を確保するための耐震設計の前提となる地震動であり、その策定に当たっては、個別の安全審査時における最新の知見に照らして、その妥当性が十分確認されなければならない。

(2) 基準地震動の策定に関して使用する用語の意味解釈は次による。

- ① 「解放基盤表面」とは、基準地震動を策定するために、基盤面上の表層や構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう「基盤」とは、おおむねせん断波速度 $V_s = 700 \text{ m/s}$ 以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。
- ② 「活断層」とは、最近の地質時代に繰り返し活動し、将来も活動する可能性のある断層をいう。

- ③「内陸地殻内地震」とは、陸のプレートの上部地殻地震発生層に生じる地震をいい、海岸のやや沖合で起こるものを含む。
- ④「プレート間地震」とは、相接する二つのプレートの境界面で発生する地震をいう。
- ⑤「海洋プレート内地震」とは、沈み込む（沈み込んだ）海洋プレート内部で発生する地震をいい、海溝軸付近ないしそのやや沖合で発生する「沈み込む海洋プレート内の地震」と、海溝軸付近から陸側で発生する「沈み込んだ海洋プレート内の地震（スラブ内地震）」の2種類に分けられる。
- (3)「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、以下の方針により策定すること。
- ①内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、活断層の性質や地震発生状況を精査し、中・小・微小地震の分布、応力場、地震発生様式（プレートの形状・運動・相互作用を含む。）に関する既往の研究成果等を総合的に検討し、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を、複数選定すること。
- ②内陸地殻内地震に関しては、次に示す事項を考慮すること。
- i) 耐震設計上考慮する活断層としては、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できないものとする。その認定に当たっては、後期更新世の複数の地形面又は連続的な地層が欠如する等、後期更新世の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。
- ii) 耐震設計上考慮する活断層の評価に当たっては、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し活断層の位置・形状・活動性等を明らかにすること。
- iii) 震源として想定する断層の形状及び震源特性等の評価に当たっては、孤立した短い活断層の扱いに留意するとともに、複数の活断層の連動を考慮すること。
- ③プレート間地震及び海洋プレート内地震に関しては、国内のみならず世界で起きた大規模な地震を踏まえ、地震の発生機構やテクトニクス的背景の類似性を考慮した上で震源領域の設定を行うこと。
- ④上記①で選定した検討用地震ごとに、次に示すi)の応答スペクトルに基づく地震動評価及びii)の断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施して策定すること。なお、地震動評価に当たっては、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式、地震波伝播経路等に応じた諸特性（その地域における特性を含む。）を十分に考慮すること。
- i) 応答スペクトル法に基づく地震動評価
検討用地震ごとに、適切な手法を用いて応答スペクトルを評価のうえ、それらを

基に設計用応答スペクトルを設定し、これに対して、地震の規模及び震源距離等に基づき地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮して地震動評価を行うこと。

ii) 断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価

検討用地震ごとに、適切な手法を用いて震源特性パラメータを設定し、地震動評価を行うこと。

- ⑤上記④の基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等並びに考え方、解釈の違いによる不確かさ）については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、適切な手法を用いて考慮すること。
 - ⑥内陸地殻内地震について選定した検討用地震のうち、震源が敷地に極めて近い場合は、地表に変位を伴う断層全体を考慮した上で、震源として想定する断層の形状及び位置の妥当性、敷地及びそこに設置する施設との位置関係、並びに震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討するとともに、これらの検討結果を踏まえた評価手法の適用性に留意の上、上記⑤の各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の知見を踏まえても十分な裕度を考慮して基準地震動を策定すること。
 - ⑦検討用地震の選定や基準地震動の策定に当たって行う調査や評価は、最新の科学的・技術的知見を踏まえること。また、既往の資料等について、それらの充足度及び精度に対する十分な考慮を行い、参照すること。なお、既往の評価と異なる結果を得た場合には、その根拠を明示しなければならない。
 - ⑧施設の構造に免震構造を採用する等、やや長周期の地震応答が卓越する施設等がある場合は、その周波数特性に着目して地震動評価を実施し、必要に応じて他の施設とは別に基準地震動を策定すること。
- (4) 「震源を特定せず策定する地震動」については、以下の方針により策定すること。
- ①「震源を特定せず策定する地震動」の策定については、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を必要に応じて応答スペクトルの設定に反映するとともに、設定された応答スペクトルに対して、地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮すること。
 - ②「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動の妥当性については、安全審査時における最新の知見に照らして個別に確認すること。その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等、各種の不確かさを考慮した評価を参考とすること。
- (5) 「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」の地震動評価においては、適用する評価手法に必要となる特性データに留意の上、

地震波の伝播特性に係る以下の事項を考慮すること。

- ①敷地及び敷地周辺の地下構造（深部・浅部地盤構造）が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層、褶曲構造等の地質構造を評価するとともに、地震基盤の位置や形状、岩相の不均一性、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価すること。なお、評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造を検討すること。
 - ②①の評価の実施に当たって必要な敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性、既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地表踏査、ボーリング調査、二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順と組合せて実施すること。
- (6)「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」については、それぞれが対応する超過確率を参照し、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握すること。

(参考)

「参照すること」の意味については、「1. 地震及び津波に対する基本方針」の要求事項の詳細(4)にあるとおり、策定された地震動を上回る事象が生起する可能性について認識するためのものであり、施設の設計に当たって適切な配慮を払い、基本設計以降の段階も含めて「残余のリスク」の低減努力を継続して実施していくことである。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・暫定版「活断層の長期評価手法」報告書（平成22年11月25日 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 長期評価部会）

4. 耐震設計方針

【基本的要求事項】＜設置許可基準＞

施設は、耐震設計上のクラス別に、次に示す耐震設計に関する基本的な方針を満足すること。

- 一 Sクラスの各施設は、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こと。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耐えること。
- 二 Bクラスの各施設は、静的地震力に耐えること。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こと。
- 三 Cクラスの各施設は、静的地震力に耐えること。
- 四 上記各号において、下位に属するものが上位のものの安全機能に影響を及ぼす可能性がある場合、下位に属するものは、上位と同等の耐震設計とすること。

【要求事項の詳細】＜規制委員会規則内規＞

(1) 耐震設計方針についての規定内容の意味解釈は次のとおりである。

①弾性設計用地震動の設定

Sクラスの各施設は弾性設計用地震動による「地震力に耐える」ことを求めているが、この弾性設計用地震動は工学的判断に基づいて設定するものである。弾性状態は、地震動が施設に及ぼす影響及び施設の状態を明確に評価することが可能な状態であり、施設が全体的に弾性設計用地震動による地震力に対して概ね弾性状態に留まることを把握することによって、基準地震動による地震力に対する施設の安全機能保持の把握を確実なものとする。

この弾性設計用地震動の具体的な設定値及び設定根拠について、個別申請ごとに、十分に明らかにすることが必要であるが、弾性設計用地震動と基準地震動の応答スペクトルの比率（弾性設計用地震動／基準地震動）の値は、弾性設計用地震動に求められる性格上、ある程度以上の大きさであるべきであり、めやすとして、0.5を下回らないような値で求められていること。

②Bクラスの施設について、「共振のおそれのある施設については、その影響について検討を行うこと」としたが、この検討に用いる地震動に関しては、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。

③「上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの波及的影響によって安全機能が損なわれないこと」としたが、以下の事項について安全機能への影響が無いことが確認されなければならない。また、影響評価に関しては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性が示されなければならない。

- i) 設置地盤、地震応答性状の相違等に起因する相対変位、不等沈下による影響
- ii) 上位クラスと下位クラスの接続部における相互影響
- iii) 建屋内における下位クラスの損傷、転倒、落下等による上位クラスへの影響
- iv) 建屋外における下位クラスの損傷、転倒、落下等による上位クラスへの影響

(2) 地震力の算定法

施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下に示す方法によらなければならない。

①地震応答解析による地震力

地震応答解析による地震力の算定は以下に示す方法によらなければならない。

i) 基準地震動による地震力

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されなければならない。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋め込み効果及び周辺地盤の非線形性について、必要に応じて考慮すること。

ii) 弾性設計用地震動による地震力

弾性設計用地震動は、基準地震動に基づき、工学的判断により設定する。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されなければならない。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋め込み効果及び周辺地盤の非線形性について、必要に応じて考慮すること。

iii) 地震応答解析

基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力を算定するに当たっては、地震応答解析手法の適用性、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、十分な調査に基づく適切な解析条件を設定すること。

地震力の算定過程において建物・構築物の設置位置等で評価される入力地震動については、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮するとともに、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮していること。また、敷地における観測記録や最新の知見に基づいて、その妥当性が示されていること。

②静的地震力

静的地震力の算定は以下に示す方法によらなければならない。

i) 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_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、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また、建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回ることを確認が必要であり、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に乗じる施設の重要度分類に応じた係数は、Sクラス、Bクラス、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。この際、施設の重要度に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認するものとする。

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、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。

ii) 機器・配管系

各耐震クラスの地震力は、上記i)に示す地震層せん断力係数 C_1 に施設の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i)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、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。

iii) i) 及び ii) において標準せん断力係数 C_0 等を0.2「以上」としたことについては、原子炉設置者に対し、個別の建物・構築物、機器・配管系の設計において、それぞれの重要度を適切に評価し、それぞれに対し適切な値を用いることにより、耐震性の高い施設の建設等を促すことを目的としている。耐震性向上の観点からどの施設に対してどの程度の割増し係数を用いれば良いかについては、設計、建設に関わる者が産業施設、公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定することが重要である。

(3) 荷重の組合せと許容限界

耐震安全性に関する設計方針の妥当性の評価に当たって考慮すべき荷重の組合せと許容限界についての基本的考え方は、以下に示すとおりである。

①建物・構築物

i) Sクラスの建物・構築物

イ) 基準地震動との組合せと許容限界

常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が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

全余裕を有していること。

ロ) 弾性設計用地震動等との組合せと許容限界

常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と、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、その結果発生する応力に対して、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) Bクラス、Cクラスの建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、上記①ii)の許容応力度を許容限界とする。

②機器・配管系

i) Sクラスの機器・配管系

イ) 基準地震動との組合せと許容限界

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時、及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力とを組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求まる荷重により極めて小さな塑性ひずみが生じる場合であっても、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。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こと。具体的には、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とする。

ロ) 弾性設計用地震動等との組合せと許容限界

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故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とを組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的に概ね弾性状態に留まること。

ii) Bクラス、Cクラスの機器・配管系

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする。

③荷重組合せと許容限界についての規定内容の意味解釈は次のとおりである。

- i) 「運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重」については、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作用する荷重、及び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は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と継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮しなければならない。
- ii) 建物・構築物の弾性設計用地震動等との組合せに対する許容限界については、「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」としたが、具体的には建築基準法等がこれに相当する。

- iii) 建物・構築物の基準地震動との組合せに対する項目中の「終局耐力」とは、構造物に対する荷重を漸次増大した際、構造物の変形又は歪みが著しく増加する状態を構造物の終局状態と考え、この状態に至る限界の最大荷重負荷を意味する。
- iv) 機器・配管系の許容限界については、「発生する応力に対して降伏応力又はこれと同等な安全性」を有することを基本的な考え方としているが、具体的には、電気事業法に定める「発電用原子力設備に関する技術基準」^(※)等がこれに相当する。

(※)

現状の記載は、耐震設計審査指針による要求事項と同様の内容を記載しているが、今後、規制委員会規則において『電気事業法に定める「発電用原子力設備に関する技術基準」』に相当する条項を引用することとなる。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）

5. 地盤安定性に対する考慮

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

- 1 施設を設置する地盤は、想定される地震力に対して十分な支持性能を有していること。
- 2 耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統は、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に対して、安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと。
- 3 施設は、地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化や揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

- ・耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統を支持する建物・構築物の地盤の支持性能については、「1. 地震及び津波に対する設計の基本方針」で将来も活動する可能性のある断層等の露頭が無いことが確認された地盤について、地震動に対する弱面上のずれ等が無いことを含め、基準地震動に対する支持性能が確保されていることを確認するものである。
- ・第2項における「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」については、広域的な地盤の隆起、沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、局所的なものについては、支持地盤の傾斜及び撓みへの影響が大きいため特に留意が必要である。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成24年3月22日）

6. 基準津波の策定

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

施設の安全設計に用いる基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域の海底地形、地質構造及び地震活動性等並びに波源から敷地までの海底地形から想定することが適切なものとして策定すること。

また、基準津波は、地震のほか、地すべり、斜面崩壊など地震以外の要因並びにこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定すること。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

(1) 基準津波の性格について

基準津波は、施設の安全性を確保するための津波対策の前提となる津波であり、想定される津波の中で施設に最も大きな影響を与えるものとして、(2)で示す波源から数値計算によって求めること。基準津波として時刻歴波形を示す場合は、水深50mから100mの起伏の少ない沿岸域における津波を用いることとする。

また、その策定に当たっては、個別の安全審査時における最新の知見に照らして、その妥当性が十分確認されなければならない。

(2) 基準津波の策定方針について

①津波を発生させる要因として、以下により発生する津波を考慮するものとし、敷地に大きな影響を与えると予想される要因を複数選定すること。また、津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、プレート間地震とその他の地震、もしくは地震と地すべり又は斜面崩壊等の組合せについて考慮すること。

- ・プレート間地震
- ・海洋プレート内地震
- ・海域の活断層による地殻内地震
- ・陸上及び海底での地すべり、斜面崩壊
- ・火山現象（噴火、山体崩壊、カルデラ陥没等）

②プレート形状、すべり欠損分布、断層形状、地形・地質並びに火山の位置等から考えられる適切な規模の津波波源を考慮すること。この場合、国内のみならず世界で起きた大規模な津波事例を踏まえ、津波の発生機構やテクトニクスの背景の類似性を考慮した上で検討を行うこと。また、遠地津波に対しても、国内のみならず世界での事例を踏まえ、検討を行うこと。

③プレート間地震については、地震発生域の深さの下限から海溝軸までが震源域となる地震を考慮すること。

- ④他の地域において発生した大規模な津波の沖合での水位変化が観測されている場合は、津波の発生機構、テクトニクス的背景の類似性、観測された海域における地形の影響を考慮した上で、その水位変化を入力することにより得られる津波について検討すること。
- ⑤基準津波による遡上津波は、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠や歴史記録等から推定される津波高及び浸水域を上回ってはいなければならない。
- ⑥耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、基準津波の策定の過程に伴う不確かさの考慮に当たっては、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因（断層の位置、長さ、幅、走向、傾斜角、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点、破壊伝播速度等）及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方、解釈の違いによる不確かさを十分踏まえつつ、適切な手法を用いること。
- ⑦津波の調査においては、必要な調査範囲を地震動評価における調査よりも相当広く設定した上で、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を行うこと。また、津波の発生要因に係る調査及び波源モデルの設定に必要な調査、敷地周辺に襲った可能性のある津波に係る調査、津波の伝播経路に係る調査、砂移動の評価に必要な調査を行うこと。
- ⑧基準津波の策定に当たって行う調査や評価は、最新の科学的・技術的知見を踏まえること。また、既往の資料等について、調査範囲の広さを踏まえた上で、それらの充足度及び精度に対する十分な考慮を行い、参照することとする。なお、既往の評価と異なる結果を得た場合には、その根拠を明示しなければならない。
- ⑨基準津波については、対応する超過確率を参照し、策定された津波がどの程度の超過確率に相当するかを把握すること。

(参考)

「参照すること」の意味については、「1. 地震及び津波に対する基本方針」の要求事項の詳細（4）にあるとおり、策定された基準津波を上回る事象が生起する可能性について認識するためのものであり、施設の設計に当たって適切な配慮を払い、基本設計以降の段階も含めて「残余のリスク」の低減努力を継続して実施していくことである。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成24年3月22日）
- ・発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策について（想定を超える

津波に対する原子炉施設の安全確保の基本的考え方) (平成 24 年 3 月 12 日)

7. 津波に対する設計方針

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

施設は津波に対する高い安全性を有することが必要であるため、基準津波によっても施設の安全機能が損なわれることがないように、次に示す基本的な設計方針を満足すること。

- 一 重要な安全機能を有する施設等の設置された敷地において、基準津波による遡上波を直接到達、流入させないこと。また、取水路、排水路等の経路から直接流入させないこと。
- 二 あらゆる経路から取水・放水施設、地下部等へ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、施設の安全機能への影響を防止すること。
- 三 前2号に規定するもののほか、重要な安全機能を有する施設等については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。
- 四 水位下降に伴う取水性低下による施設の安全機能への影響を防止すること。
- 五 重要な安全機能を有する施設等に対して津波による影響が発生することを防止する施設・設備（以下「津波防護施設・設備」という。）については、設計用津波に対して津波防護機能、浸水防止機能が保持できること。
- 六 地震による敷地の隆起・沈降、地震後の津波の襲来、津波の繰り返しの襲来、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動、漂流物等）を考慮すること。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

(1) 基本的要求事項の第一号について、次に示す方針を満足すること。なお、本事項における敷地への津波の直接の到達、流入の防止は、敷地内への浸水を可能な限り防止することを要求している。これは、敷地内への浸水が拡大すると、以下のような事象の可能性が生じ、安全性への影響に対する不確定性が増すため、安全性を確実に担保させるための設計方針として規定したものである。

- ・敷地内における海水の浸入、排出による漂流物の発生と、漂流物による津波防護設備、屋外設備（機器・配管）への波及的な影響
- ・周辺地盤の湿潤、洗掘、余震時の液状化等の地盤変状の発生と、地盤変状による敷地内のアクセス性の低下、津波防護設備、地下構造物への影響

・浸水想定範囲の外郭面積が大きいほど、浸水の可能性のある経路、浸水口が増大し、上記の影響を受ける可能性が相対的に高くなる。

①重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は、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こと。

なお、基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設を設置すること。

②上記①の遡上波の到達防止に当たっては、敷地及び敷地周辺の地形とその標高、河川等の存在、地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、敷地への遡上の可能性を検討すること。また、地震による変状または繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形、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こと。

(2) 基本的要求事項の第二号について、次に示す方針を満足すること。

①あらゆる経路から取水・放水施設や地下部等へ漏水する可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水の想定範囲（以下「浸水想定範囲」という。）を限定するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

②浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する系統、機器がある場合は、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こと。

③浸水想定範囲における長期間の灌水が想定される場合は、排水設備を設置すること。

(3) 基本的要求事項の第三号について、次に示す方針を満足すること。なお、本事項は、第一号及び第二号の要求事項により達成される、基準津波に対する敷地への浸水防止（「外郭防護」）に加え、安全機能を有する機器・系統を格納する建屋を重点的に防護（「内郭防護」）することを要求するものである。これら第一号から第三号により基準津波に対する防護の多重化を図り、津波に対する影響から可能な限り隔離することによって安全機能への影響の防止を確実なものとする事ができる。さらに、内郭防護を達成することにより、敷地内、建屋内における地震による循環系配管やタンク等の損傷による溢水、下位クラス建屋における地震時のドレン系ポンプの停止による地下水の流入等、地震・津波による相乗的な影響に対して安全機能を有する機器・系統がより防護しやすくなるものである。

①重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、同範囲の周囲の地下部が全て灌水した場合を想定した上で、浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

(4) 基本的要求事項の第四号について、次に示す方針を満足すること。

①非常用海水冷却系については、基準津波による水位の低下により海水ポンプが損傷せ

ず、かつ取水される海水が確保されること。また、基準津波に伴う砂の移動・堆積及び漂流物により取水口が閉塞せず、かつ砂の混入により海水ポンプが損傷しないこと。

(5) 基本的要求事項の第五号について、次に示す方針を満足すること。

- ①津波防護施設とは、防潮堤、盛土構造物、防潮壁等のことをいう。また、津波防護設備とは、水密扉、開口部・貫通部の浸水対策設備等のことをいう。これら以外には、津波防護施設への波力による影響を軽減する効果が期待される防波堤等の津波影響軽減施設・設備がある。
- ②津波防護施設・設備の耐津波設計に用いる「設計用津波」については、基準津波による、各施設・設備等の設置位置での津波時刻歴波形として、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への侵入角度、河川の有無、陸上の遡上及び伝播効果等を考慮して設定すること。設定に当たっては、以下を適切に評価し考慮すること。
 - ・津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起
 - ・潮汐及びその他の要因による潮位変動
- ③津波防護施設については、その構造に応じ、侵食や洗掘に対する抵抗性、すべりや転倒に対する安定性を評価し、設計用津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。
- ④津波防護設備については、浸水想定範囲における浸水時及び灌水後の波圧等に対する耐性等を評価し、設計用津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。
- ⑤津波防護施設・設備及び浸水想定範囲との境界を構成する建物・構築物については、地震後においても重要な安全機能を有する設備等が機能喪失しないよう、基準地震動による影響を受けた後であっても、津波防護機能、浸水防止機能が保持できることを確認すること。
- ⑥津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置または津波防護施設への影響の防止措置を施すこと。
- ⑦上記③、④及び⑥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、越流時の耐性にも配慮した上で、設計用津波から十分な余裕を考慮して設定すること。また、設計用津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能、浸水防止機能へ及ぼす影響について検討すること。
- ⑧津波防護施設・設備の設計に当たって、津波影響軽減施設・設備の効果を考慮する場合は、このような施設・設備についても、基準津波に対して津波による影響の軽減機能が保持されるよう設計するとともに、上記⑤～⑦の要求事項を満たすこと。

(6) その他、以下の方針を満足すること。

津波防護施設・設備の設計及び非常用海水冷却系の評価に当たっては、地震により

陸域の隆起また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こと。また、設計用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こと。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）
- ・発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策について（想定を超える津波に対する原子炉施設の安全確保の基本的考え方）（平成 24 年 3 月 12 日）

8. 周辺斜面の安定性に対する設計上の考慮

【基本的要求事項】 <設置許可基準>

施設は、その周辺斜面で地震時に想定しうる崩壊等によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがない設計であること。

【要求事項の詳細】 <規制委員会規則内規>

施設の周辺斜面の安全性の評価については、次の点を考慮して行うこと。

- ① 安定性の評価対象としては、安全上重要な設備が設置された建屋及び安全上重要な屋外設備等に影響を及ぼすおそれのある斜面とする。なお、シビアアクシデント対策設備、緊急時アクセス道路等についても評価対象として加えること。
- ② 地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性、地下水の影響等を考慮して、すべり安全率等により評価すること。
- ③ 評価に用いる地盤モデル、地盤パラメータや地震力の設定等は、基礎地盤の支持性能の評価に準じて行うこと。特に地下水の影響に留意すること。

<以下は、主な参考文献>

- ・発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）
- ・発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き（改訂案）（平成 24 年 3 月 22 日）