

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」 の改訂内容について（原案）

I. はじめに

本指針は、発電用軽水型原子炉施設の耐震設計に関する安全審査において、安全性確保の観点から、その設計方針の妥当性について判断する際の基礎を示すことを目的として定めたものである。

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」は、最初は昭和53年9月、当時の原子力委員会が定めたものであり、その後昭和56年7月に、原子力安全委員会が、当時における新たな知見に基づき静的地震力の算定法等について見直して改訂を行った。昭和56年の改訂以来、20年以上が経過し、この間地震学ならびに地震工学に関する新たな知見の蓄積、原子炉施設の耐震設計技術の改良及び進歩には著しいものがあつた。また、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震では、断層の活動様式、地震動特性、構造物の耐震性等に係る貴重な知見が得られ、原子力施設の耐震安全性に対する信頼性を一層向上させるためのたゆまぬ努力の必要性を改めて強く認識させるものであつた。これらを踏まえ、従来の指針について、指針の内容の一層の明確化及び高度化を図るための全面的な検討を行い、同指針の改訂を行ったものである。

なお、本指針は、今後さらに新たな知見と経験の蓄積によって、必要に応じて見直される必要がある。

【改訂指針の規定内容】

- ・ 今回の指針改訂の目的、主旨として、兵庫県南部地震に対する検討結果を踏まえ、従来の指針の内容の一層の明確化及び高度化を図るための全面的な検討を行った旨を記載した。

【規定の理由や考え方】

- ・ 改訂指針の検討は、従来の指針は妥当であることを前提に実施してきたものであり、指針改訂後もこの前提は変わらない。
- ・ 指針改訂に際しては、耐震設計技術の改良、進歩などの新知見の反映に限らず、規制に係る法令との関係や安全設計指針との整合性などを踏まえた、安全確保の基本的考え方などの、より一層明確化や、それに伴う構成の変更など、全面的な検討を行った。

II. 適用範囲

本指針は、今日までの軽水炉に関する経験と技術的知見に基づき、原子炉施設を構成する建物・構築物の主要部分が原則として剛な構造による耐震設計がなされ、かつ、重要な建物・構築物が岩盤その他の十分な支持力を有する安定した地盤に支持される発電用軽水型原子炉施設への適用を前提として定めたものである。

しかし、これ以外の原子炉施設にも本指針の基本的な考え方は参考となるものである。

なお、許可申請の内容について本指針に適合しない場合があったとしても、それが技術的な改良、進歩等を反映して、本指針が満足される場合と同等の耐震安全性を確保し得ると判断される場合、これを排除しようとするものではない。

【改訂指針の規定内容】

- ・ 現行の指針で、「3. 基本方針」に示されていた「建物・構築物は原則として剛構造とする」ことや「重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」ことを、これまでの要求事項的な規定ではなく、今回は指針策定の前提条件として明記した。
- ・ この記載は、免震構造等や、岩盤以外の地盤上での支持の採用を否定するものではない。「なお」書きの記載で解釈できるように、これらの技術的な妥当性については、今後、立地地点、導入対象施設、形態等の具体的な計画が明らかになり申請がなされた段階で、サイト特性を加味して、指針が満足される場合と同等の耐震安全性を確保しうるかについて、個別事業ごとに審査されることになる。

【規定の理由や考え方】

- ・ これまで、原子炉施設の耐震設計体系は、建物・構築物については「剛な構造による耐震設計」及び「岩盤に支持される」ことを前提にして構築されてきたこと、今後ともこれらについては大きく変更となることが見込まれるわけではないため、この規定とした。
- ・ これまで、これらの基本方針は、原子炉施設の耐震安全性を説明する際に頻繁に用いられてきており、もし、これらの方針を変更とした場合（「剛構造」、「岩盤支持」の規定の削除）には、分科会でのより詳細な検討と、国民に対する十分な説明が必要であるが、現状では、免震構造や岩盤以外の地盤への支持を採用する具体的な計画が明らかになっておらず、また、審議の時間的な制約があるため、この規定振りとするのが現状では適切であるとの判断に至った。

Ⅲ. 用語の定義

本指針において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

【改訂指針の規定内容】

- ・新たに「Ⅲ. 用語の定義」を設けた。

【規定の理由や考え方】

IV. 原子炉施設の耐震設計方針及び耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方

原子炉施設の耐震設計に当たっては、原子炉施設が放射性物質を取り扱うとの特徴を考慮し、公衆の放射線被ばくのリスクを合理的に可能な限り低減するとの観点から、構成される施設ごとに公衆の放射線被ばくに対する影響を考慮し、それぞれ適切な耐震性が確保されることが必要である。このため「耐震設計方針の基本的考え方」を下記1. のとおりとする。

このような耐震設計方針に基づき設計される原子炉施設の耐震安全性が適切に確保されるかについては、想定される地震力に対して、安全防護施設を含む枢要な施設の安全機能が確保され、もって周辺公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが評価されることによって確認されなければならない。このため耐震設計の安全性を確認するための「耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方」を下記2. のとおりとする。

1. 耐震設計方針の基本的考え方

公衆の放射線被ばくのリスクを合理的に可能な限り低減するとの観点から、構成する各施設は、地震によって生じうる機能喪失による放射性物質の外部放出の可能性やその安全機能の重要度に応じて区分される耐震上の重要度に基づき分類されるとともに、耐震上の重要度に応じて設定される地震力に対して耐えるように適切に設計されること。

2. 耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方

原子炉施設の耐震設計の安全性は、以下の内容について評価を行うものとする。

- (1) 敷地周辺の地質・地質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原子炉施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生するおそれがあると想定される地震動を経験しても、安全防護施設を含めた枢要な施設の安全機能が損なわれることがないこと。
- (2) 上記(1)の施設は、上記(1)の地震動の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性（ばらつき）の存在を踏まえ、適切な安全余裕を有していること。

【改訂指針の規定内容】

- ・改訂指針では、「IV. 原子炉施設の耐震設計方針及び耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方」を新たに設け、地震に対する安全確保の考え方を「耐震設計方針の基本的考え方」、「耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方」に書き分け明確化した。
- ・「1. 耐震設計方針の基本的考え方」では、公衆の放射線被ばくのリスクを合理的に可能な限り低減するとの観点から、構成される施設ごとに公衆の放射線被ばくに対する影響を考慮し、それぞれ適切な耐震性を確保することを求めている。
- ・「2. 耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方」では、「1. 耐震設計方針の基本的考え方」に基づいて設計される原子炉施設の耐震安全性が適切に確保されるかについての確認として、想定される地震力に対して安全防護施設を含む重要な施設の安全機能が確保されることを求めている。具体的には、供用期間中に極めてまれではあるが発生するおそれがあると想定される地震動を経験しても、重要な施設は安全機能を損なうことがないことを要求するとともに、地震動の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性（ばらつき）の存在が否定できないことを明示し、それらに対して余裕を持たせることを要求した。

【規定の理由や考え方】

- ・「1. 耐震設計方針の基本的考え方」は、従来の指針の耐震設計方針を継承した考え方であるが、これは、原子炉施設が放射性物質を取り扱うとの特徴を踏まえ、耐震重要度に応じて設定される地震力に対して耐えるよう設計することを設計の基本方針とする旨、明確化したものである。
- ・「2. 耐震設計の安全性に係る評価の基本的考え方」では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「原子炉等規制法」という。）の原子炉の設置の許可基準のひとつである「原子炉による災害の防止上支障がないものであること」を具現化するための基本的要求事項を明記し、この基本的考え方を満たしていることをもって、耐震設計の安全性は確保し得ることを明確化した。
- ・したがって、「原子炉等規制法」が要求する原子力災害の防止上満足すべき用件は後者であるが、設置許可における安全審査の段階で二つの基本的考え方を耐震設計の方針として要求することにより、設置許可後に実施される詳細設計を、より信頼性の高いものとするのが可能となると考える。
- ・設計プロセスとしては、前者は一次設計、後者は二次設計に相当する。従来の指針では、両者の関係が必ずしも明確なものとはなっていなかったが、これらの設計プロセスを明示することにより、安全性確保の基本的要件が明確化されるとともに、後段規制における審査方針が明確化されることになる。

V. 原子炉施設の耐震設計方針

原子炉施設は、IV. 1. で述べた基本的考え方に基づき、以下に示すとおり、耐震設計上の重要度に応じた分類がなされ、その分類に応じて設定される地震力に対して耐えるように適切に設計されること。なお、耐震設計上の重要度分類において、上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。

1. 耐震設計上の重要度分類

原子炉施設の耐震設計上の施設別重要度を、地震により発生する可能性のある放射線による環境への影響の観点から、次のように分類する。

(1) 機能上の分類

耐震クラスⅠ・・・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出する可能性のあるもの、及びこの事態を防止するために必要なもの並びにこの事故発生の際に、原子炉を安全に停止させるため又は外部に放出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、効果の大きいもの

耐震クラスⅡ・・・上記において、影響、効果が比較的小さいもの

耐震クラスⅢ・・・耐震クラスⅠ、耐震クラスⅡ以外のもの

(2) クラス別施設

上記耐震設計上の重要度分類によるクラス別施設を以下に示す。

(a) 耐震クラスⅠの施設

- i) 「原子炉冷却材圧力バウンダリ」(軽水炉についての安全設計に関する審査指針について記載されている定義に同じ。)を構成する機器・配管系
- ii) 使用済燃料を貯蔵、冷却するための施設
- 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
- iv) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- 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に必要な施設
- 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物質の拡散を直接防ぐための施設
- 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上記vi)以外の施設

(b) 耐震クラスⅡの施設

- i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されているものであって一時冷却材を内蔵しているか又は内蔵しうる施設
 - ii) 放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし貯蔵様式もしくは内蔵量が少ないか等によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の許容被ばく線量に比べ十分小さいものは除く
 - 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業員に顕著な放射線被ばくを与える可能性のある施設
 - iv) 放射性物質の放出を伴うような場合、その外部放出を抑制するための施設で耐震クラスⅠに属さない施設
- (c) 耐震クラスⅢの施設
上記耐震クラスⅠ、耐震クラスⅡに属さない施設

【改訂指針の規定内容】

- ・従来の指針の A、B、C の 3 クラス分けの考え方を踏襲することとした。
- ・ただし、従前の A クラスのうちの As クラスについては、改訂指針においてはこれを設定することはやめ、A クラス全体をすべて従来の As クラスと同様の扱いとすることとした。
- ・クラスごとの呼称については、混同を避けるため、表記上、「耐震クラスⅠ、Ⅱ、Ⅲ」とした。

【規定の理由や考え方】

- ・従来の指針に規定されていた耐震重要度分類と、「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」に規定されていた安全機能に着目した重要度分類（安全重要度分類）の整合性については、民間の技術指針における検討結果が報告されており、その結果として、耐震重要度分類は、分類の考え方及び体系、分類適用の原則並びに具体的な各設備のクラス分類について、いくつか留意すべき点はあるものの安全重要度分類と対応のとれたものであることを確認したとしており、この知見を基にした。
- ・従来の As クラスに該当しない A クラスの設備の多くは、万一の事故時における緩和機能を有する設備であることから、仮に地震によってその機能が失われても、As クラスの設備の機能が確保される限り安全上問題は無いとしていた、従来の指針における考え方は基本的に妥当なものであるといえる。
- ・その一方、地震動の設定の不現実性及び施設の耐力の不確定要素の存在を考慮すると、確定論的な設計体系においては顕在化することの無かった「地震によって LOCA が発生する」残余のリスクが生じることになる。このようなリスクは、「Ⅵ. 耐震設計の安全性に係る評価」の「安全機能確認用地震動 Ss」に対し余裕のある設計をすることをもって十分小さくなり、従来も事実上詳細設計時において設計上の裕度が取られてきたが、残余のリスクの存在を前

提とした場合、多重防護の設計思想を取り入れることが更なる安全性の向上に資するものとした。このような考えに基づき、今後新たに設計される原子炉設備については、事故が発生した場合にこれを緩和する機能を有する設備も含め、Aクラス全体をすべて従来のAsクラスと同様の扱いとすることとした。

2. 原子炉施設の耐震設計に用いる地震力

原子炉施設の耐震設計に用いる設計用地震力は、以下に示す静的地震力又は動的地震力とする。

(1) 静的地震力

静的地震力の算定方法は以下による。

(a) 建物・構築物

水平地震力は、原子炉施設の耐震設計上の重要度分類に応じて、下記の層せん断力係数に当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

耐震クラス I	3.0 C_1
耐震クラス II	1.5 C_1
耐震クラス III	1.0 C_1

ここに、層せん断力係数の C_1 は、標準せん断力係数を 0.2 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。

耐震クラス I の施設については、鉛直地震力をも考慮することとし、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) 機器・配管系

各クラスの地震力は、上記(a)による地震力に、応答の不確定性を考慮して適切に割り増した地震力を算定する。

なお、水平地震力と鉛直地震力と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。

(2) 動的地震力

(a) 耐震クラス I の施設の設計には動的地震力を考慮する。動的地震力は、工学的見地から、原子炉施設の供用期間中に発生すると予期することが適切と考えられる地震動（以下「設計用基本地震動 S_d 」という。）から求められる地震力とする。設計用基本地震動 S_d は、VI. 3. 及び 4. (2)～(5)に示す過去の地震及び活断層についての調査事項等を考慮し、解放基盤表面上の水平方向及び鉛直方向の地震動として適切に策定されること。

(b) 動的地震力は、水平方向及び鉛直方向の設計用基本地震動 S_d 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。

(c) 耐震クラス II の施設のうち共振のおそれのある施設については、その影響も考慮すること。

【改訂指針の規定内容】

- ・耐震設計に用いる設計用地震力について、耐震クラスごとに地震力の種類（静的地震力、動的地震力）、算定の考え方を規定した。
- ・耐震設計に用いる地震動は、「工学的見地から、原子炉施設の供用期間中に発生すると予期することが適切と考えられる地震動」（設計用基本地震動 S d）を定義し、解放基盤表面上の水平方向及び鉛直方向の地震動を策定することとした。
- ・耐震クラス I（従来の耐震 A クラス）に適用される地震力は、鉛直方向についても動的に考慮し、水平方向の動的地震力と組合せる際は適切に組合せることとした。
- ・耐震クラス II の施設のうち共振のおそれのあるものについては、現行の B クラスと同様、その影響を考慮することとした。

【規定の理由や考え方】

- ・設計用基本地震動 S d は、新たに定義をしたが、その策定については従来の指針の設計用基準地震動 S 1 の考え方を踏襲した。改訂指針においては、設計用基本地震動 S d は耐震設計において用いる地震動であるとした上で、工学的見地から策定することとし、策定に係る考え方を示した。
- ・従来の指針では、水平方向の動的地震力と組合せる鉛直地震力は、基準地震動の最大加速度振幅の 1/2 の値を鉛直震度に置き換え、準静的な地震力として算定していたが、近年の鉛直方向地震動の観測記録の蓄積や、鉛直方向の地震応答解析手法の確立、水平及び鉛直方向同時応答解析などの地震応答解析技術の進歩を踏まえ、鉛直方向の基準地震動の策定や、応答解析を基にした鉛直方向の地震力の算定について定めた。

3. 荷重及び荷重の組合せと許容限界

原子炉施設の耐震設計において、考慮すべき荷重の組合せと許容限界は以下によること。

(1) 建物・構築物

(a) 耐震クラスⅠの建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時に建物・構築物に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の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。

(b) 耐震クラスⅡの建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時に建物・構築物に作用する荷重と、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(a)の許容応力度を許容限界とする。共振のおそれのある建物・構築物は、共振による動的地震力との組合せも考慮すること。

(c) 耐震クラスⅢの建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時に建物・構築物の作用する荷重と、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(a)の許容応力度を許容限界とする。

(2) 機器・配管

(a) 耐震クラスⅠの機器・配管

「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、動的地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力とを組み合わせ、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。

(b) 耐震クラスⅡの機器・配管

「通常運転時」、「運転時の異常な過渡変化時」に生じるそれぞれの荷重と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、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。共振のおそれのある機器・配管は、共振による動的地震力との組合せも考慮すること。

(c) 耐震クラスⅢの機器・配管

「通常運転時」、「運転時の異常な過渡変化時」に生じるそれぞれの荷重と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、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。

【改訂指針の規定内容】

- ・耐震クラス、建物・構築物と機器・配管ごとにそれぞれ耐震設計において考慮する荷重、その組合せ及び許容限界の考え方を示した。（規定内容は基本的に現行のA、B、Cクラスの施設についての静的地震力及び基準地震動S1による動的地震力に対する荷重組合せ及び許容限界の考え方と同じである。）

【規定の理由や考え方】

VI. 耐震設計の安全性に係る評価

耐震設計の安全性に係る評価は、V. 2. で述べた基本的考え方に基づき、以下によることとする。なお、耐震設計上の重要度分類において、上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。

1. 評価の対象となる施設

耐震設計の安全性に係る評価の対象となる施設は、安全防護施設を含めた
重要な安全機能を有する耐震クラス I の施設とする。

2. 耐震設計の妥当性に係る評価に用いる地震動

耐震設計の妥当性に係る評価に用いる地震動は、敷地周辺の地質・地質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原子炉施設の供用期間中に極めてまれであるが発生するおそれがあると想定される地震動(以下、「安全機能確認用地震動 S_s 」という。)とする。

(1) 安全機能確認用地震動 S_s 策定の基本方針

安全機能確認用地震動 S_s は、以下の基本方針により策定されなければならない。

- (a) 安全機能確認用地震動 S_s は、設計用基本地震動 S_d を上回るものとする。
- (b) 安全機能確認用地震動 S_s を策定するに当たっては、歴史史料から過去において敷地又はその近傍に影響を与えたと考えられる過去の地震の発生状況、敷地周辺の活断層の性質に基づき、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を、安全機能確認用地震動として想定する。
- (c) 安全機能確認用地震動 S_s は、安全機能確認用地震動を基に適切な手法を用いて敷地における解放基盤表面上の地震動を評価し、敷地に最も影響を及ぼす地震動を考慮して策定する。
- (d) 安全機能確認用地震動 S_s は、安全機能確認用地震動を基に評価される地震動に加え、地震学並びに地震工学的見地から最低限考慮すべき地震動として、「震源を特定せずに想定する地震動」を考慮する。
- (e) 安全機能確認用地震動 S_s は、水平方向及び鉛直方向の地震動とする。

(2) 過去の地震

敷地又はその周辺に影響を与えたと考えられる過去の地震を抽出する際は以下を考慮しなければならない。

- (a) 地震の想定に当たっては、適切な歴史地震資料を選定し、マグニチュード、震央位置、震源深さ、余震域、被害状況等可能な限りの情報を網羅すること。
- (b) 各種の歴史地震資料は、対象地域や時代によって地震規模及び発生場所についての記録の有無、詳細さに差があることに配慮すること。

- (c) 被害状況等について必要に応じて調査を実施し、考慮すべき過去の地震を適切に抽出すること。
- (d) 被害状況と地形又は地盤との関係について、必要に応じて調査すること。
- (e) 震源から敷地までの距離は、過去の地震エネルギー放出の中心を考慮すること。

(3) 活断層による地震

敷地に影響を与えるおそれのある活断層による地震を想定する際は以下を考慮しなければならない。

- (a) 「敷地に影響を与えるおそれのある活断層」とは、50,000年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が50,000年未満のものとする。
- (b) 敷地周辺の活断層の位置・長さ・活動性等の状況を把握するため、敷地からの距離に応じて、十分な活断層調査を行うこと。
- (c) 確実な地質学的証拠と工学的判断に基づいて活断層の活動性を評価すること。
- (d) 活断層による地震の規模を想定するに際しては、活断層の長さ、セグメンテーションやグルーピングなどを適切に考慮すること。
- (e) 震源から敷地までの距離は、近距離に存在する活断層の位置を考慮すること。

(4) 地震動の評価

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は、以下の方針より評価する。

(a) 震源を特定して想定する地震による地震動

i) 応答スペクトルに基づいて地震動を評価する場合は、次を満足すること。

- ① 応答スペクトルは、地震規模、震源位置、震源特性を考慮して適切に定められていること。
- ② 地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化が適切に定められていること。

ii) 断層モデルに基づいて地震動を評価する場合は、次を満足すること。

- ① 断層パラメーターが適切に定められていること。
- ② 強震動評価手法が適切であること。

(b) 震源を特定せずに想定する地震動

震源を特定せずに想定する地震動については、過去の地震に関する詳細な地震調査等を基に、地震学及び地震工学的見地から、その応答スペクトルを適切に評価するものとする。この応答スペクトルを基に地震動を評価する際は、上記(1)(a)ii)を満足すること。

【改訂指針の規定内容】

- ・耐震設計の安全性に係る評価の対象となる施設は、安全防護施設を含めた必要な安全機能を有する耐震クラスⅠの施設とした。
- ・評価に用いる地震動は、「敷地周辺の地質・地質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原子炉施設の供用期間中に極めてまれであるが発生するおそれがあると想定される地震動」（安全機能確認用地震動 S_s ）と定義し、解放基盤表面上の水平方向及び鉛直方向の地震動を策定することとした。
- ・安全機能確認用地震動 S_s の策定に当たっては、過去の地震の発生状況、敷地周辺の活断層の性質に基づき、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を、安全機能確認用地震動として想定し、適切な手法を用いて敷地における解放基盤表面上の地震動を評価することとした。
- ・安全機能確認用地震動 S_s の策定にあたっては、安全機能確認用地震動を基に評価される地震動に加え、地震学並びに地震工学的見地から最低限考慮すべき地震動として、「震源を特定せずに想定する地震動」を考慮することとした。
- ・断層モデルによる強震動評価法等の進展を踏まえ、従前の標準応答スペクトルによる地震動評価に加え、断層モデルに基づく地震動評価についても、適用可能な方法として規定することとした。
- ・過去の地震を抽出する際の考慮事項は、現行指針と同じ。
- ・活断層による地震を想定する際には、詳細な活断層調査を実施した上で、活断層の長さや活動性等について評価することを規定した。敷地に影響を与えるおそれのある活断層の範囲は、50,000年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が50,000年未満のものとし、現行の S_2 と同様としたが、現行において考慮している活動度の考えは採用しなかった。

【規定の理由や考え方】

- ・安全機能確認用地震動 S_s の策定に係る評価要件は、従来の指針に規定されている基準地震動 S_2 の評価要件に、最新の知見等を反映した変更あるいは追加を行ったものである。主な変更及び追加は以下である。

①「震源を特定せず想定する地震動」を考慮

詳細な活断層調査によっても、把握できない活断層が存在する潜在的可能性を考慮し、従来の M_j で表す「直下地震」に代えて「最低限考慮すべき地震動」として規定し、この地震動を過去の地震断層を伴わない地震の震源近傍の観測記録や確率論的検討を基に、その時点での最新の知見を反映しつつ、当該敷地の地盤物性に応じたスペクトルを敷地ごとに設定する共通の考え方を示すこととした。

②鉛直方向の地震動も策定

鉛直方向地震力を動的に考慮すること（理由や考え方は「V. 原子炉施設

の耐震設計」を参照) から、鉛直方向の地震動についても策定することとした

③断層モデルによる地震動評価

既に一部の炉においては、断層モデルによる検討結果も踏まえ、基準地震動の応答スペクトルが定められている例も見受けられること、近年の断層モデルによる強震動評価法が著しく進展していること等を踏まえ、断層モデルに基づく地震動評価についても、適用可能な方法として規定することとした。

④地震地体構造の位置付け

従来の指針では、設計用限界地震の想定に際して、過去の地震の発生状況、敷地周辺の活断層の性質及び地震地体構造に基づくこととしており、実際には、地震地体構造マップに基づいて地震の震源位置、規模が設定されていた。現行指針策定後の歴史地震や活断層に関する知見の蓄積を考慮すると、詳細な調査により歴史地震や活断層から想定される地震が十分な信頼性をもって評価されるのであれば、地震地体構造マップの最大地震規模等に基づいた地震を考慮せず、必要に応じ参考として活用すれば十分であると判断した。よって、指針本文には、地震地体構造に基づく地震の想定に係る規定はせず、解説に必要に応じて参考とする旨記載することとした。

④活動度の規定を削除

従来の指針では、設計用限界地震の想定に際して、考慮する活断層を評価する際の活動性についての判断のめやすを、以下としていた。

- ・ A級活断層に属するもので、10,000年前以降活動したもの及び地震の再来期間が10,000年未満のものを除く。
- ・ B及びC級活断層に属し、50,000年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が50,000年未満のもの

実際の活断層の活動性の評価においては、活動度(特にB、C級)の判定が困難な場合が多く、最終活動時期等で判定していたこと、A級活断層のように活動性が高いもので、その活断層による地震の再現期間が50,000年を超えるものは一般的に考えられないことから、改訂指針では、活動度によらず、「50,000年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が50,000年未満のもの」を考慮することとした。

- ・ 安全機能維持確認用地震動 S_s が「供用期間中に極めてまれに発生するおそれがある」として頻度概念を踏まえた定義を行っていることから、実際に確定的に策定した地震動を補強的に説明する意味から、それがどれほどの頻度に相当するか、確認しておくことが望ましい。(この旨を解説に記載するか否かは、分科会で必要に応じて議論し、その結果を踏まえて決定することとする。)

3. 荷重の組合せと安全性に係る評価方法

原子炉施設の耐震設計方針の安全性に係る評価に際して、考慮すべき荷重の組合せと安全性に係る評価方法は以下によること。

なお、「安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力」は、水平方向及び鉛直方向の安全機能確認用地震動 S_s について、適切に組合せたものとして算定されなければならない。

(1) 建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時の建物・構築物に作用する荷重と安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力との組み合わせに対して、安全機能確認用地震動 S_s の策定に係る不確実性及び建物・構築物の耐力の不確実性の存在を踏まえても、当該建物・構築物が構造物全体として十分な変形能力（ねばり）の余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し、適切な安全余裕を有すること。

(2) 機器・配管系

(a) 「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安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力は、安全機能確認用地震動 S_s の策定に係る不確実性及び機器・配管の耐力の不確実性の存在を踏まえても、構造物の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも、過大な変形、亀裂、破損等が生じ、当該施設の機能に影響を及ぼすおそれのある状態に対して、適切な安全余裕を有すること。

(b) 動的機能が求められる機器については、安全機能確認用地震動による当該機器の加速度等の応答が、安全機能確認用地震動 S_s の策定に係る不確実性及び機器の耐力の不確実性の存在を踏まえても、当該機器について実験等により合理的にその機能が維持されると認められる応答に対して、適切な安全余裕を有していること。

【改訂指針の規定内容】

- ・原子炉施設の耐震設計方針の安全性に係る評価の要求事項として、考慮すべき荷重の組合せと評価方法を建物・構築物、機器・配管系についてそれぞれ、「安全機能確認用地震動 S_s の策定に係る不確実性及び機器の耐力の不確実性の存在を踏まえても」、機能維持限界等に対して「適切な安全余裕を有していること」と規定した。

【規定の理由や考え方】

- ・ここで求める安全余裕については、従来から具体的な詳細設計の審査が行われる段階において実質的に評価されてきたものである。また、近年開発が進められている確率論的耐震安全評価（地震 PSA）手法について、将来的には安全規制の枠組みへの本格的な導入も念頭に置きつつ、積極的な活用を図っていくことが重要である。したがって、実際の安全余裕の評価に当たっては、各現場の実情等を踏まえ、新たに導入する確率論的耐震安全評価手法によるか、従来から詳細設計において実質的に行われてきた決定論的な評価手法によるかを個別に判断して、適切に実施されるべきと考える。
- ・今後新指針が適用される原子炉施設については、当面、当該施設の詳細設計段階ないし運転開始前までにおいて、原子炉施設の設置者が自ら実施する地震 PSA 等の手法による安全余裕に関する評価結果を行政庁に提出し、行政庁がその評価方法及び安全余裕の具現化の妥当性について確認した上で、行政庁から原子力安全委員会にその結果の報告を行うこととし、原子力安全委員会もこの報告内容について必要な審議・検討・評価を行うこととしたい。

VII. その他

原子炉施設は、地震随件事象等について、次に掲げる基本的考え方を十分考慮した上で設計されなければならない。

1. 構築物を支持する地盤は、当該施設に適用される地震力に対して、地盤の支持機能が損なわれないこと。
2. 敷地の地盤条件等に応じて、地震時の周辺斜面の崩壊を検討し、それが重要な施設の安全機能に重大な影響を及ぼさないこと。
3. 過去において発生した津波や、将来発生する可能性がある地震による津波を想定しても、それが重要な施設の安全機能に重大な影響を及ぼさないこと。

【改訂指針の規定内容】

- ・「VII. その他」を新たに設け、地震随件事象等に係る設計上の基本的考え方として、構築物を支持する地盤の地震時の支持機能の検討（1.）、地震時の周辺斜面の崩壊の検討（2.）、及び津波に対する検討（3.）を規定し、原子炉設置許可申請における地震随件事象等に係る審査事項を明確化した。

【規定の理由や考え方】

- ・ 1.、2. 及び 3. の規定内容は、基本的に設置許可に係る安全審査において確認されていた事項であるが、従来の指針では、これが明示的でなかったため、地震に起因する事象については、耐震指針で規定することが適切と判断し、明記することとした。
- ・ 3. については、安全設計指針の「指針 2. 自然現象に対する設計上の考慮」で考慮されているものであるが、その検討の基本的な考え方を明記した。具体的な評価手法については、実際の個別の審査の段階で、その妥当性を判断することとなる。

【既設炉の対応】

- ・ 今回の指針改訂に関して、既設炉に影響を及ぼすと考えられる主な事項としては、
 - ① 地震動について、震源を特定せずに想定する地震動を安全機能確認用地震動 S_s に考慮することによる現行 S_2 の嵩上げ、及び鉛直方向の動的地震力の採用。
 - ② 耐震クラス I に該当する施設、特に、従来の耐震 A_s クラスの廃止に伴う、 A_s クラス以外の A クラスの施設に係る安全機能確認用地震動 S_s に対する安全性。
 - ③ 上記①、②を踏まえ、さらに、地震動の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性（ばらつき）を踏まえ、安全防護施設を含めた重要な施設（耐震クラス I）は、適切な安全余裕を有していること。がある。

- ・ 今般の指針改訂は、原子力安全委員会決定日以降に諮問あるいは決定日において諮問中の原子力施設に対して適用されるが、耐震安全性の確保はきわめて重要な事項であることに鑑み、事業者においては、速やかに既設炉について指針本文VI. 耐震設計の安全性に係る評価を行い、耐震安全性が適切に確保されるかどうかについて確認し、規制行政庁（原子力安全・保安院）に報告を行うこととする。

- ・ 原子力安全・保安院においては、評価方法も含めた報告内容の妥当性を判断し、原子力安全委員会に報告する。

- ・ 原子力安全委員会においては、原子力安全・保安院からの報告内容について、必要な審議・検討・評価を行う。

☆以前より打合せの際に議論となったVI. 3. の記載について、(1)と(2)に分離した別案を考えてみました。(稚拙な説明等あるかと思いますが、ご容赦下さい。)

VI. 耐震設計の安全性に係る評価

3. 耐震設計の安全性に係る評価方法

原子炉施設の耐震設計方針の安全性に係る評価は以下によること。

なお、「安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力」は、水平方向及び鉛直方向の安全機能確認用地震動 S_s について、適切に組合せたものとして算定されなければならない。

(1)IV. 2. (1)の評価に関する荷重組合せと許容限界の基本的考え方は以下によらなければならない。

(a) 建物・構築物

常時作用している荷重及び運転時の建物・構築物に作用する荷重と安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力との組み合わせに対して、当該建物・構築物が構造物全体として十分な変形能力(ねばり)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こと。

(b) 機器・配管系

i) 「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安全機能確認用地震動 S_s から求められる地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、構造物の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、当該施設の機能に影響を及ぼすことがないこと。

ii) 動的機能が求められる機器については、安全機能確認用地震動による当該機器の加速度等の応答が、当該機器について実験等により合理的にその機能が維持されると認められる応答以下であること。

(2)IV. 2. (2)の評価に際しては、安全機能確認用地震動 S_s の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性の存在を踏まえ、それぞれを定量的に評価できる適切な方法により、建物・構築物及び機器・配管系が適切な安全余裕を有することが示されなければならない。

(もしくは、「建物・構築物及び機器・配管系が有する安全余裕を評価すること。」)

●別案を考えた理由

- ・安全機能確認用地震動 S_s に対する安全機能維持の確認は「耐震設計の安全性に係る評価」として行われるが、実際の詳細設計では、建物・構築物の層、もしくは機器・配管の個々の系ごとの機能維持確認と、建物・構築物、もしくは機器・配管の部材ごとの機能維持確認を行うこととなる。後者の部材ごとの機能維持確認では、安全機能確認用地震動 S_s による地震力から算定される応力と他の荷重による応力を組合せた、部材の設計用応力が、機能維持を担保することが可能な許容限界内であることが確認される。つまり、IV.で「耐震設計」と「安全に係る評価」を分けているが、設計のプロセスでは後者に設計断面を設定するための「設計」行為が含まれていることになる。このことは、従来の指針に基づいて行われる詳細設計においても基準地震動 S_2 に対して行われてきたことであり、従来の詳細設計との連続性を考慮すると、(1)の設計プロセスに関連する評価と(2)の評価は分離した方が好ましいと考える。
- ・(2)は、基本WG中間報告の目標Ⅱの考え方を現状で取り入れられる範囲で可能な限り考慮したものであるので、(1)と(2)を一体とした記載とし、ばらつきの考慮が設計として行われるとすると、目標Ⅱを満足することを評価する手法として示された地震PSAとの対比により、荷重や耐力の中央値から信頼区間 ($2\sigma \sim 3\sigma$) を離隔した設計用荷重と設計用耐力の比較により設計することをイメージしてしまうおそれがある。
- ・(1)と(2)を一体とした記載とすると、既設のバックチェックについても、双方を一体として要求することとなる。それよりは、(1)と(2)に分け、既設のバックチェックについて、(1)により従来と同様の方法によりばらつきを考慮しないチェックを行い、(2)によりサイトごとの事情に応じて、確定論的に評価するか、地震PSAを用いて確率論的に評価するか選択可能にして、柔軟な対応ができるように、また理解しやすいようにしておく方が、後々の運用を考えると好ましいと考える。

●【改訂指針の規定内容】の変更

- ・原子炉施設の耐震設計方針の安全性に係る評価のうち、IV. 2. (1)の要求事項として、考慮すべき荷重の組合せと許容限界の考え方を建物・構築物、機器・配管系について(1)に規定した。
- ・また、IV. 2. (2)の要求事項として、安全確認用地震動 S_s の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性を「定量的に評価できる適切な手法により、建物・構築物及び機器・配管系が適切な安全余裕を有することが示されなければならない」ことを規定した。

●【規定の理由や考え方】の変更

- ・(1)は、従来の指針における基準地震動 S_2 に対する、建物・構築物もしくは機器・配管系の荷重組合せと許容限界の基本的考え方と、基本的に同一である。
- ・ただし、(1) ii)については、動的機能が求められる機器の機能維持限界に関する試験等による耐力データの蓄積を反映し、要求事項として新たに規定することとした。
- ・(2)で求める安全余裕については、従来から具体的な詳細設計の審査が行われる段階において実質的に評価されてきたものである。また、近年開発が進められている確率論的耐震安全評価（地震 PSA）手法について、将来的には安全規制の枠組みへの本格的な導入も念頭に置きつつ、積極的な活用を図っていくことが重要である。したがって、実際の安全余裕の評価に当たっては、各現場の実情等を踏まえ、新たに導入する確率論的耐震安全評価手法によるか、従来から詳細設計において実質的に行われてきた決定論的な評価手法によるかを個別に判断して、適切に実施されるべきと考える。
- ・今後新指針が適用される原子炉施設については、当面、当該施設の詳細設計段階ないし運転開始前までにおいて、原子炉施設の設置者が自ら実施する地震 PSA 等の手法による安全余裕に関する評価結果を行政庁に提出し、行政庁がその評価方法及び安全余裕の具現化の妥当性について確認した上で、行政庁から原子力安全委員会にその結果の報告を行うこととし、原子力安全委員会もこの報告内容について必要な審議・検討・評価を行うこととしたい。

●【既設炉の対応】の変更

- ・ 今回の指針改訂に関して、既設炉に影響を及ぼすと考えられる主な事項としては、
 - ① 地震動について、震源を特定せずに想定する地震動を安全機能確認用地震動 S_s に考慮することによる現行 S_2 の嵩上げ、及び鉛直方向の動的地震力の採用。
 - ② 耐震クラス I に該当する施設、特に、従来の耐震 A_s クラスの廃止に伴う、 A_s クラス以外の A クラスの施設に係る安全機能確認用地震動 S_s に対する安全性。(IV. 2. (1)の基本的考え方に基づくVI. 3. (1)のチェック)
 - ③ 上記①、②を踏まえ、さらに、地震動の設定に係る不確実性及び原子炉施設の耐力の不確実性(ばらつき)を踏まえ、安全防護施設を含めた重要な施設(耐震クラス I)は、適切な安全余裕を有していること。(IV. 2. (2)の基本的考え方に基づくVI. 3. (2)の評価)

がある。

- ・ 今般の指針改訂は、原子力安全委員会決定日以降に諮問あるいは決定日において諮問中の原子炉施設に対して適用されるが、耐震安全性の確保はきわめて重要な事項であることに鑑み、事業者においては、速やかに既設炉について指針本文VI. 耐震設計の安全性に係る評価を行い、耐震安全性が適切に確保されるかどうかについて確認し、規制行政庁(原子力安全・保安院)に報告を行うこととする。

- ・ なお、今回の指針改訂は、新たな知見等を反映し従来より安全レベルを向上すべく行われたものであるので、従来の指針やそれ以前の指針に基づいて審査された既設の原子炉施設と、改訂指針策定後に審査される新設の原子炉施設には自ずと安全性に差が生じる。そこで、既設の原子炉施設に求める安全確保上必要なレベルは、IV. 2. (1)の評価で確保されるレベルとし、事業者はVI. 3. (1)に基づいてバックチェックを行い、規制行政庁はその結果に基づいて、バックフィットを規制上の要求とするか否か判断することが適切と考える。また、上記バックチェックと、ある程度並行してIV. 2. (2) (VI. 3. (2)) の評価を行い、この評価結果と新設の原子炉施設の評価結果を比較して安全性の差を把握した上で、既設を新設の安全性に近づけるべく努力は事業者の自主的取組みと位置付け、規制庁は目標の公表等既設の原子炉施設に対する事業者の安全性向上のための努力を促す(この場合、具体的設備の補修・改造については、事業者が費用対効果を考慮して、対象設備やその補修・改造の範囲を自主的に判断する)ことが適切と考える。

→試しに書いてみました。安全委員会としては、ここまで言えないかと思いません。(「バックチェック及びバックフィットの考え方(案)」を参照した。)

- ・ 原子力安全・保安院においては、評価方法も含めた報告内容の妥当性を判断し、原子力安全委員会に報告する。
- ・ 原子力安全委員会においては、原子力安全・保安院からの報告内容について、必要な審議・検討・評価を行う。