

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類の改訂等について

18 安 委 第 59 号
平成 18 年 9 月 19 日
原子力安全委員会決定

第2編

当委員会は、平成13年6月25日、当時の原子力安全基準専門部会に対し、安全審査に用いられる耐震安全性に係る指針類に最新知見等を反映し、より適切な指針類とするために必要な調査審議を行い、その結果を報告するよう指示したところである。これを受けて同専門部会（その後、平成16年4月1日から「原子力安全基準・指針専門部会」と改称）は、昭和56年7月20日に原子力安全委員会が決定（平成13年3月29日一部改訂）した「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」をはじめとする原子力施設の耐震安全性に関する記述を含む指針類についての検討を進めた。その結果、平成18年5月22日付けで原子力安全基準・指針専門部会から、「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂について（案）」、「原子力安全基準・指針専門部会の見解」及び「各種指針類における耐震関係の規定の改訂等について（案）」について報告を受けた。

当委員会は、これらの報告の内容を妥当と認め、行政手続法の規定に基づく意見公募を実施するとともに、同日付で、原子力安全基準・指針専門部会に対し、提出意見についての検討を行い、その結果を報告するよう指示した。

原子力安全基準・指針専門部会では、平成18年9月11日付けで、「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂について（案）」、「原子力安全基準・指針専門部会の見解」及び「各種指針類における耐震関係の規定の改訂等について（案）」についての提出意見への考慮に関する調査審議の結果とりまとめを行い、原子力安全委員会は、本日、原子力安全基準・指針専門部会からそのとりまとめに関する最終的な報告を受けた。

当委員会は、上記の最終的な報告について、その内容を審議した結果、別添1のとおり「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を定め、別添2のとおり「原子力安全基準・指針専門部会の見解」の内容を妥当であると認め、及び別添3のとおり「各種指針類における耐震関係の規定の改訂等について」の記述に基づき該当する安全審査指針類の改訂等を行うこととする。

従来、当委員会は、発電用軽水型原子炉施設に関する耐震設計方針に関する安全審査を行うに当たっては、昭和56年7月20日に原子力安全委員会が決定（平成13年3月29日一部改訂）した「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を用いてきたところであるが、今後は、これに代えて、別添1の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を用いることとする。また、別添2の「原子力安全基準・指針専門部会の見解」についても必要に応じ参考とすることとする。

さらに、発電用軽水型原子炉施設以外の原子力施設についての安全審査等を行うに当たっては、今後は、別添3の「各種指針類における耐震関係の規定の改訂等について」に基づき改訂等を行った該当する安全審査指針類をそれぞれ用いることとする。

原子力施設の耐震安全性は、基本設計ないし基本的設計方針に関する検討に加えて、詳細設計、それらに基づく建設段階を通じて、さらに地震時における適切な運転管理等が相まって、確保されるものである。特に、施設の具体的な構造強度、耐力等については、原子力施設の設

計及び工事方法が具体化した段階で、その内容がより詳細になってくるものであり、当委員会としては、各原子力施設の特徴を踏まえた耐震安全性に関して、行政庁において、必要に応じ、その詳細な評価を実施することを原子炉設置者等の原子力事業者に求め、その結果を確認することが重要と考える。

これに関連して、別添1の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」においては、「残余のリスク」（策定された地震動を上回る地震動の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とのリスク）の定量的評価の結果を設置許可申請の段階で提示するとの規定にはなっていないが、当委員会としては、「残余のリスク」について定量的な評価を実施することは、将来の確率論的安全評価の安全規制への本格的導入の検討に活用する観点からも意義のあることと考え、安全審査とは別に、行政庁において、「残余のリスク」に関する定量的な評価を実施することを当該原子炉設置者に求め、その結果を確認することが重要と考える。

なお、これらの評価の実施に際しては、確率論的安全評価（PSA）に代表される最新の知見に基づいた評価手法を積極的に取り入れていくことが望ましいと考える。

当委員会としては、安全審査とは別に、発電用軽水型原子炉施設（新規立地及び既存のサイトにおける原子炉本体単位の増設のもの）についての「残余のリスク」を含む耐震安全性に関する評価（その評価手法も含めて）について、その詳細な評価が可能となった段階で、行政庁から報告を受けることとする。行政庁においても、この方針に沿って対応するよう要望する。

さらに、発電用軽水型原子炉施設以外の原子力施設についても、各原子力施設の特徴を踏まえつつ、可能な限り上述の方針を踏まえた対応を行うこととする。行政庁においても、この方針の趣旨を十分踏まえて対応するよう要望する。

発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

(平成18年9月19日)
(原子力安全委員会決定)

1. はしがき

本指針は、発電用軽水型原子炉の設置許可申請（変更許可申請を含む。以下同じ。）に係る安全審査のうち、耐震安全性の確保の観点から耐震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。

従前の「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。以下、「旧指針」という。）」は、昭和53年9月に当時の原子力委員会が定めたものに基づき、昭和56年7月に、原子力安全委員会が、当時の知見に基づいて静的地震力の算定法等について見直して改訂を行い、さらに平成13年3月に一部改訂したものであった。

このたびは、昭和56年の旧指針策定以降現在までにおける地震学及び地震工学に関する新たな知見の蓄積並びに発電用軽水型原子炉施設の耐震設計技術の著しい改良及び進歩を反映し、旧指針を全面的に見直したものである。

なお、本指針は、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するように見直される必要がある。

2. 適用範囲

本指針は、発電用軽水型原子炉施設（以下、「施設」という。）に適用される。

しかし、これ以外の原子炉施設及びその他の原子力関係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、許可申請の内容の一部が本指針に適合しない場合であっても、それが技術的な改良、進歩等を反映したものであって、本指針を満足した場合と同様又はそれを上回る耐震安全性が確保し得ると判断される場合は、これを排除するものではない。

3. 基本方針

耐震設計上重要な施設は、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と想定することが適切な地震動による地震力に対して、その安全機能が損なわれることがないように設計されなければならない。さらに、施設は、地震により発生する可能性のある環境への放射線による影響の観点からなされる耐震設計上の区分ごとに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられるように設計されなければならない。

また、建物・構築物は、十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない。

(解説)

I. 基本方針について

(1) 耐震設計における地震動の策定について

耐震設計においては、「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と想定することが適切な地震動」を適切に策定し、この地震動を前提とした耐震設計を行うことにより、地震に起因する外乱によって周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないようにすることを基本とすべきである。

これは、旧指針の「基本方針」における「発電用原子炉施設は想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有していなければならない」との規定が耐震設計に求めていたものと同等の考え方である。

(2) 「残余のリスク」の存在について

地震学的見地からは、上記(1)のように策定された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。このことは、耐震設計用の地震動の策定において、「残余のリスク」(策定された地震動を上回る地震動の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、策定された地震動を上回る地震動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。

4. 耐震設計上の重要度分類

施設の耐震設計上の重要度を、地震により発生する可能性のある環境への放射線による影響の観点から、施設の種別に応じて次のように分類する。

(1) 機能上の分類

S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、その機能その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

Bクラス…上記において、影響が比較的小さいもの

Cクラス…Sクラス、Bクラス以外であって、一般産業施設と同等の安全性を保持すればよいもの

(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。

① Sクラスの施設

- 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お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の施設
- 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放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

②Bクラスの施設

- i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次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、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。
- 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
- iv) 使用済燃料を冷却するための施設
- 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

③Cクラスの施設

上記Sクラス、Bクラスに属さない施設

5. 基準地震動の策定

施設の耐震設計において基準とする地震動は、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と想定することが適切なものとして策定しなければならない。(以下、この地震動を「基準地震動 S_s 」という。)

基準地震動 S_s は、以下の方針により策定することとする。

- (1) 基準地震動 S_s は、下記(2)の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び(3)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とする。
- (2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、以下の方針により策定することとする。
 - ①敷地周辺の活断層の性質、過去及び現在の地震発生状況等を考慮し、さらに地震発生様式等による地震の分類を行ったうえで、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上記①の「敷地周辺の活断層の性質」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、後期更新世以降の活動が否定できないものとする。なお、その認定に際しては最終間氷期の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによることができる。
 - ii) 活断層の位置・形状・活動性等を明らかにするため、敷地からの距離に応じて、地形

学・地質学・地球物理学的手法等を総合した十分な活断層調査を行うこと。

- ③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の双方を実施し、それぞれによる基準地震動 S_s を策定する。なお、地震動評価に当たっては、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とする。

i) 応答スペクトル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、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的变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よる地震動評価

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。

- ④上記③の基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）については、適切な手法を用いて考慮することとする。

- (3) 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連付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、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的变化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_s を策定することとする。

(解説)

II. 基準地震動 S_s の策定について

(1) 基準地震動 S_s の性格について

旧指針においては、基準地震動に関して、地震動 S_1 及び地震動 S_2 の2種類を策定することとしていたが、今次改訂においてはこの双方の策定方針を統合し、基準地震動 S_s として、検討用地震の選定、地震動評価等について高度化を図ったものである。

この基準地震動 S_s 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 S_s 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、概ねせん断波速度 $V_s = 700\text{m/s}$ 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) 基準地震動 S_s の策定方針について

- ①検討用地震の選定に当たっては、敷地周辺の活断層の性質や過去の地震の発生状況を

精査し、さらに、敷地周辺の中・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することとする。

②検討用地震は、次に示す地震発生様式等に着目した分類により選定することとする。

i) 内陸地殻内地震

「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。

ii) プレート間地震

「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。

iii) 海洋プレート内地震

「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震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視すべきである。

④「基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）」の考慮に当たっては、基準地震動 S_s の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる不確かさ（ばらつき）の要因及びその大きさの程度を十分踏まえつつ、適切な手法を用いることとする。

⑤「震源を特定せず策定する地震動」の策定方針については、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての申請において共通的に考慮すべき地震動であると意味付けたものである。

この考え方を具現化して策定された基準地震動 S_s の妥当性については、申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。なお、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、確率論的な評価等を必要に応じて参考とすることが望ましい。

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しておくことが望ましいとの観点から、それぞれが対応する超過確率を安全審査において参照することとする。

⑦検討用地震の選定や基準地震動 S_s の策定に当たって必要な調査や評価を行う際は、既往の資料等について、それらの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。

⑧施設の構造又は施設を支持する地盤において、地震応答に特徴的な周波数特性が認められる場合は、必要に応じて基準地震動 S_s の策定に反映させることとする。

（４）震源として想定する断層の評価について

①活断層調査は、震源として想定する断層に関する評価を行うための基本となるもので

あるので、敷地からの距離に応じ、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を適切に組み合わせて十分な調査を実施することとする。特に、敷地近傍においては、精度の高い詳細な調査を行う必要がある。なお、敷地近傍の範囲は、「震源を特定せず策定する地震動」として策定される基準地震動 S_s との関係等を十分考慮して、適切に設定することとする。

- ②地震活動に関連した活褶曲、活撓曲等については、活断層と同様に上記①の調査の対象とし、その性状に応じて震源として想定する断層の評価に考慮する。
- ③断層の性状については、それぞれの地域に応じ、地下構造等を把握して適切に評価すべきである。なお、断層が不明瞭な地域において断層の性状から地震を想定する場合には、特段の留意が必要である。
- ④経験式を用いて断層の長さ等から地震規模を想定する際には、その経験式の特徴等を踏まえ、地震規模を適切に評価することとする。
- ⑤活断層調査によっても、震源として想定する断層の形状評価を含めた震源特性パラメータの設定に必要な情報が十分得られなかった場合には、その震源特性の設定に当たって不確かさの考慮を適切に行うこととする。

6. 耐震設計方針

(1) 基本的な方針

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していなければならない。

- ①Sクラスの各施設は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が保持できること。また、以下に示す弾性設計用地震動 S_d による地震力又は以下に示す静的地震力のいずれか大きい方の地震力に耐えること。
- ②Bクラスの各施設は、以下に示す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。
- ③Cクラスの各施設は、以下に示す静的地震力に耐えること。
- ④上記各号において、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。

(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基準地震動 S_s による地震力

基準地震動 S_s による地震力は、基準地震動 S_s を用いて、水平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。

②弾性設計用地震動 S_d による地震力

弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s 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 S_d による地震力は、水平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。

③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_i は、標準せん断力係数 C_0 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。

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_i 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。

(解説)

Ⅲ. 耐震設計方針について

(1) 弾性設計用地震動 S_d の設定の必要性について

旧指針においては、基準地震動について、施設の建物・構築物及び機器・配管系の重要度に相応し、地震動 S_1 及び地震動 S_2 の2種類に区分して策定することとしていたが、今次改訂においては基準地震動 S_s のみを策定することとした。

施設の耐震安全性を確保するための耐震設計の考え方においては、この基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震安全上重要な施設の安全機能が保持されることが基本である。さらに、この基準地震動 S_s に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確認するために、工学的な観点から基準地震動 S_s と密接に関連付けられる弾性設計用地震動 S_d の設定についても合わせて規定することとしたものである。

(2) 弾性設計用地震動 S_d の設定について

本指針の6.の耐震設計方針で規定した「地震力に対して耐える」ということは、ある地震力に対して施設全体として概ね弾性範囲の設計がなされるということを意味する。この場合、弾性範囲の設計とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。なお、ここでいう許容限界とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体として概ね弾性範囲に留まり得ることで十分である。

Sクラスの各施設は弾性設計用地震動 S_d 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 S_d は工学的判断に基づいて設定するものである。弾性限界状態は、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 S_d による地震力に対して概ね弾性限界状態に留まることを把握することによって、基準地震動 S_s 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。すなわち、弾性設計用地震動 S_d は、旧指針における基準地震動 S_1 が耐震設計上果たしてきた役割の一部を担うことになる。

弾性設計用地震動 S_d は、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮して、工学的判断から求められる係数を基準地震動 S_s に乗じて設定することとする。ここで、当該係数の設定に当たっては、基準地震動 S_s の策定の際に参照した超過確率を参考とすることができる。

この弾性設計用地震動 S_d 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。

なお、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_s の応答スペクトルの比率 (S_d/S_s) の値は、弾性設計用地震動 S_d 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ることが望ましい。

また、弾性設計用地震動 S_d は、施設を構成する要素ごとに、それらの耐震設計上考慮すべき特性の差異を踏まえて個別に設定することができる。

なお、B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、その影響についての検討を行うこと」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 S_d に2分の1を乗じたものとして行うことができる。

(3) 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力の算定について

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力を地震応答解析に基づいて算定する場合には、応答解析法の適用範囲、適用制限等を考慮のうえ、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とする。

なお、解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。

(4) 静的地震力について

建物・構築物についての静的地震力の算定は以下に示す①及び②による。

また、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、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し、必要保有水平耐力の算定は、以下に示す③による。

①水平地震力

- i) 水平地震力を算定するうえでの基準面は原則として地表面とする。ただし、建物・構築物の構造や外周の地盤との関係等の特徴を考慮する必要がある場合は、適切に基準面を設定し、算定に反映させること。
- ii) 基準面より上の部分の水平地震力については、建物・構築物の各部分の高さに応じ、当該部分に作用する全体の地震力とし、次の式による。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

この式において、

Q_i ：基準面より上の部分に作用する水平地震力

n ：施設の重要度分類に応じた係数（Sクラス 3.0、Bクラス 1.5、Cクラス 1.0）

C_i ：地震層せん断力係数であり、次の式による。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o$$

C_i の算出式において、

Z ：地震地域係数（地域による違いを考慮せず、1.0とする。）

R_t ：振動特性係数であり、安全上適切と認められる規格及び基準その他適切な方法により算出するものとする。ここでいう「安全上適切と認められる規格及び基準」とは、建築基準法等がこれに相当する。ただし、建物・構築物の構造上の特徴や地震時における応答特性、地盤の状況等を考慮して算定された振動特性を表す数値が、建築基準法等に掲げる方法で算出した数値を下回ることが確かめられた場合においては、当該算定による値（0.7を下限とする。）まで減じたものとしてすることができる。

A_i ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数であり、 R_t と同様に安全上適切と認められる規格及び基準その他適切な方法により算出するものとする。

C_o ：標準せん断力係数で0.2とする。

W_i ：当該部分が支える固定荷重と積載荷重の和

iii) 建物・構築物の基準面より下の部分に作用する水平地震力は、次の式による。

$$P_k = n \cdot k \cdot W_k$$

この式において、

P_k ：当該部分に作用する水平地震力

n ：施設の重要度分類に応じた係数（Sクラス 3.0、Bクラス 1.5、Cクラス 1.0）

k ：水平震度で次の式による。

$$k \geq 0.1 \cdot \left[1 - \frac{H}{40} \right] \cdot Z$$

k の算出式において、

H ：基準面より下の各部分の基準面からの深さ（20を超えるときは20とする。）（単位 メートル）

Z ：地震地域係数（地域による違いを考慮せず、1.0とする。）

W_k ：当該部分の固定荷重と積載荷重の和

なお、建物・構築物の構造上の特徴、地震時における応答特性、地盤の状況等を考慮して振動の性状を適切に評価して算出できる場合は、当該算出によることができる。

②鉛直地震力

Sクラスの静的地震力算定における鉛直地震力は、次式による鉛直震度から算定する。

$$C_v = R_v \cdot 0.3$$

この式において、

C_v ：鉛直震度

R_v ：鉛直方向振動特性係数で1.0とする。ただし、特別の調査又は研究に基づき、1.0を下回ることが確かめられた場合においては、当該調査又は研究の結果に基づく数値（0.7を下限とする。）まで減じたものとするができる。

③必要保有水平耐力

必要保有水平耐力は、安全上適切と認められる規格及び基準に基づく方法により算定するものとする。ここでいう「安全上適切と認められる規格及び基準」とは、建築基準法等がこれに相当する。

なお、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とする。

7. 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

①Sクラスの建物・構築物

i) 基準地震動 S_s 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 S_s 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。

ii) 弾性設計用地震動 S_d 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 S_d 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。

②B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

①Sクラスの機器・配管系

i) 基準地震動 S_s 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 S_s によ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、その施設の機能に影響を及ぼすことがないこと。なお、動的機器等については、基準地震動 S_s 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維持加速度等を許容限界と

する。

ii) 弾性設計用地震動 S_d 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 S_d 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、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。

② 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。

(解説)

IV. 荷重の組合せと許容限界について

荷重の組合せと許容限界についての解釈は以下による。

- (1) 「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、一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、地震力と組み合わせて考慮しなければならない。

ただし、「事故時に生じる荷重」であっても、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、両者が同時に発生する可能性が極めて小さい場合には、そのような事象によって発生する荷重を地震力と組み合わせて考慮する必要はない。

- (2) 建物・構築物の弾性設計用地震動 S_d 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。

- (3) 建物・構築物の基準地震動 S_s 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。

- (4) 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たが、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。

8. 地震随伴事象に対する考慮

施設は、地震随伴事象について、次に示す事項を十分考慮したうえで設計されなければならない。

- (1) 施設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こと。
- (2) 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るとして想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと。

原子力安全基準・指針専門部会の見解

平成18年5月19日
原子力安全委員会
原子力安全基準・指針専門部会

耐震指針検討分科会においてとりまとめられた下記の見解について、原子力安全基準・指針専門部会として了承する。

記

耐震指針検討分科会の見解

1. 今回の指針改訂の趣旨等について

今回の改訂案は、地震学及び地震工学に関する現在における最新の知見を極力反映させたものである。昭和56年の旧指針策定以降現在までにおいて、地震学及び地震工学に関する新たな知見の蓄積並びに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った。特に、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震は、原子力施設に特段の影響を及ぼしたものではなかったが、関連する調査研究の成果等を通じて、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った。

分科会の調査審議においては、関連する各分野の最新知見を十分踏まえ、必要に応じ分科会外部の専門家の協力も得ながら、指針改訂の検討作業を鋭意進め、分科会としての合意の形成に努めた結果、今回の改訂案のとりまとめに至ったものである。

今回の指針の改訂案において、旧指針の規定内容からの最も特徴的な変更点は、基準地震動 S_s の策定及び弾性設計用地震動 S_d の設定についての事項である。旧指針において、基準地震動の策定に関する考え方については、原子炉施設の建物・構築物及び機器・配管系の重要度に相応した地震動として、 S_1 及び S_2 の2種類に区分して策定することとしていた。これらは、旧指針策定時における地震学及び地震工学的見地を総合して適切と考えられる規定がなされたものである。

これに関して、今次改訂のための調査審議の過程においては、旧指針策定以降の地震学及び地震工学における知見の蓄積等を踏まえ、旧指針における基準地震動 S_1 及び S_2 の策定方針を統合し高度化した基準地震動 S_s の策定方針について検討した。また、関連する耐震設計方針に関する具体的な審議においては、この基準地震動 S_s による地震力に対して耐震安全上重要な施設の安全機能が保持されることが、耐震安全上の要求事項として基本となる考え方であるとの意見が多数を占めた。また、基準地震動 S_s に対する施設の安全機能保持をより高い精度で確認するために、工学的な観点から弾性設計用地震動 S_d を設定すべきとの考え方が提案され、多数の支持を得るに至った。すなわち、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮して、工学的判断から求められる係数を基準地震動 S_s に乗じることにより弾性設計用地震動 S_d を設定し、この弾性設計用地震動 S_d に対して施設全体として概ね弾性範囲に留まっていることを確認することが適切であるというものである。

したがって、今次改訂では、最新の地震学及び地震工学における知見の蓄積等を踏まえ、基準地震動は S_s を策定すること、工学的観点から基準地震動 S_s を係数倍した弾性設計用地震動 S_d を設定することがより合理的であるとの判断に至ったものである。これにより、弾性設計用地震動 S_d は、旧指針における基準地震動 S_1 が耐震設計上果たしてきた役割の一部を担うことになる。

旧指針では、「基本方針」の一部として、「建物・構築物は原則として剛構造にするとともに、重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」との規定がなされていた。

今次改訂においては、前段の「建物・構築物は原則として剛構造にする」ことについては、これを削除することにした。旧指針策定時以降今日までにおける免震構造等に関する設計技術の進歩は著しく、その具体的な適用が一般化しており、その有効性が広く認められるものとなっている。また、一部の原子力施設においても免震構造の適用実績がある。これらのことを踏まえれば、建物・構築物について、剛構造以外の設計であっても剛構造と同様又はそれを上回る耐震安全性の確保が可能である場合も想定しうるので、旧指針の「建物・構築物は原則として剛構造にする」との規定は、特に必要ないものと判断した。

さらに、旧指針の「重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」という規定については、今次改訂においては「建物・構築物は十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない」に改めた。これについては、建物・構築物は、設計荷重に応じた十分な支持性能をもつ地盤に設置するのであれば、旧指針で規定されていたいわゆる「岩盤」に支持させなくとも十分な耐震安全性を確保することが可能であると考えられる。

これに伴い、建物・構築物は必ずしもいわゆる「岩盤」に支持される必要性はないことになるが、ここで施設を構成する全ての建物・構築物はそれぞれの設計荷重に応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置されるべきであるとの観点から、本規定の対象を「重要な建物・構築物」のみならず、全ての建物・構築物とすることとしたものである。

また、分科会の調査審議の過程においては、「残余のリスク」（策定された地震動を上回る地震動の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）への対応方策についての議論に多くの時間が費やされた。その結果、原子炉施設の設計には「残余のリスク」が存在することについては、分科会における共通の理解であるとの整理がなされ、「残余のリスク」の定量的評価については、詳細設計実施後・運転開始前の適切な時期に実施することが適当であるとの議論がなされた。「残余のリスク」の評価方法として確率論的手法を導入することについては、手法の成熟度に関する認識において専門家間でもかなりのばらつきや不一致があること、原子力安全規制上のリスクに対する明確な定量的目標値が未設定であるという現状等を踏まえ、なお今後の検討に委ねるべき事項があるとの理由により、全面的採用には至らなかった。しかし、例えば、改訂指針に基づき策定される基準地震動 S_s については、その超過確率を参照することとした等、将来の確率論的评价の安全規制への本格的導入の検討に役立つ情報については、可能な限り活用していくことを求めている。

2. 今後の課題について

今回の指針改訂後においても、常に最新の知見を反映した原子炉施設の安全性確保の取り組みが重要であるとの観点から、地震という外的事象に備えた耐震安全性の向上に対してさらに不断の努力が求められることはいうまでもない。

特に、客観性・信頼性を備えたリスクの定量的評価手法の確立、及びリスクに対する明確な定量的目標値（安全目標又は安全目標から導出される定量的性能目標等）の設定が不可欠であり、関連する技術開発、情報・経験の蓄積、総合的な検討の促進、決定論的手法と確率論的手法の融合等について、関係者による一層の精力的な取組みが必要と考えられる。

具体的には、「残余のリスク」の存在を客観的に認識し、合理的に実行可能な方策により耐震安全性向上を目指す観点から、「残余のリスク」に対する定量的な評価の試行的実施を進めつつ、リスク評価上重要な事象のシナリオ及びリスク評価上重要な設備に関する知見の取得に努め、設計体系の高度化や設計段階以降における活用を図ることが有効であると考えられる。今後とも、評価手法の精度向上、リスク情報活用のための一層の取組みが積極的に実施されることを期待するものである。

各種指針類における耐震関係の規定の改訂等について

(平成18年9月19日)
(原子力安全委員会決定)

1. 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴い、発電用原子炉施設に関する他の指針類及び発電用原子炉施設以外の原子力施設についての指針類における耐震安全性に関する規定について、以下のとおり改訂等を行うこととする。

(1) 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（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）

「解説Ⅴ. 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮について

1. 基本的目標」のうち、「A, Bクラス」を「Sクラス、Bクラス」に改める。

(2) 発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針（昭和56年7月23日原子力安全委員会決定、平成元年3月27日、平成2年8月30日一部改訂）

「本文Ⅲ. 放射線計測系の設計上考慮すべき事項 3. 放射線計測系の分類固有の設計条件」のうち、「耐震 A クラス」を「耐震設計上の重要度分類における S クラス」に改める。

また、「解説Ⅲ. 放射線計測系の設計条件 2. 放射線計測系の分類固有の設計条件 2-1 耐震設計」のうち、「耐震 A クラス」を「耐震設計上の重要度分類における S クラス」に改める。

(3) ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設安全審査指針（平成14年4月11日原子力安全委員会決定）

「本文指針13. 地震に対する考慮」のうち、「放射線による環境への影響」を「環境への放射線による影響」に、「A クラス」を「S クラス」に、「環境への影響、効果の大きいもの」を「環境への影響の大きいもの」に、「上記において影響、効果が比較的小さいもの」を「上記において影響が比較的小さいもの」に、「その破損による一般公衆への放射線の影響、効果が大きいもの」を「その破損による一般公衆への放射線の影響が大きいもの」に、「その破損による一般公衆への放射線の影響、効果が比較的小さいもの」を「その破損による一般公衆への放射線の影響が比較的小さいもの」に、「A、B クラス」を「S クラス、B クラス」に、「2. 耐震設計評価法及び荷重の組合せと許容限界」を「2. 基準地震動の策定、耐震設計方針等」に、「耐震設計評価法及び荷重の組合せと許容限界」を「基準地震動の策定、耐震設計方針、荷重の組合せと許容限界及び地震随伴事象に対する考慮」に、それぞれ改める。

また、「解説指針13. 地震に対する考慮」のうち、「A クラス」を「S クラス」に、「その破損による一般公衆への放射線の影響、効果が大きいもの」を「その破損による一般公衆への放射線の影響が大きいもの」に、それぞれ改める。

(4) 金属製乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵施設のための安全審査指針（平成14年10月3日原子力安全委員会決定）

「解説指針13. 地震に対する考慮」のうち、「設計用限界地震による地震力」を「基準地

震動 S_s による地震力」に改める。

- (5) 再処理施設安全審査指針(昭和61年2月20日原子力安全委員会決定、平成元年3月27日、平成13年3月29日一部改訂)

「本文指針13. 地震に対する考慮」のうち、「放射線による環境への影響」を「環境への放射線による影響」に、「Aクラス」を「Sクラス」に、「環境への影響、効果の大きいもの」を「環境への影響の大きいもの」に、「上記において影響、効果が比較的小さいもの」を「上記において影響が比較的小さいもの」に、「A、Bクラス」を「Sクラス、Bクラス」に、「2. 耐震設計評価法及び荷重の組合せと許容限界」を「2. 基準地震動の策定、耐震設計方針等」に、「耐震設計評価法及び荷重の組合せと許容限界」を「基準地震動の策定、耐震設計方針、荷重の組合せと許容限界及び地震随伴事象に対する考慮」に、それぞれ改め、「上記 A クラスの施設のうち、特に重要と判断される施設を限定して A_s クラスの施設と呼称する。」を削る。

また、「解説 指針13. 地震に対する考慮」のうち、「Aクラス」を「Sクラス」に、「 S_1 クラスの地震」を「基準地震動 S_s による地震力」に、それぞれ改める。

- (6) 原子力発電所内の使用済燃料の乾式キャスク貯蔵について(平成4年8月27日原子力安全委員会了承、平成13年3月29日一部改訂)

「4. 乾式キャスク貯蔵施設の安全機能と安全審査に当たって確認すべき項目 4.1 安全設計に係る項目 (5) 構造強度 b. 耐震重要度分類の考え方」のうち、「 A_s クラス」を「Sクラス」に、「 S_2 地震動」を「基準地震動 S_s 」に、それぞれ改める。

- (7) 配管の破断に伴う「内部発生飛来物に対する設計上の考慮」について(平成4年3月26日原子力安全委員会了承)

「Ⅲ. 審議結果 2. LBB 概念の成立性評価 (3) 評価用荷重及び (6) き裂安定性解析」のうち、「 $1/3 S_1$ 地震」を「弾性設計用地震動 S_d の $1/3$ の地震動」に、「 S_1 地震」を「弾性設計用地震動 S_d 」に、それぞれ改める。

- (8) 「水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針」、「核燃料施設安全審査基本指針」、「ウラン加工施設安全審査指針」、「特定のウラン加工施設のための安全審査指針」、「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」、「新型転換炉実証炉の安全性の評価の考え方」、「放射性廃棄物埋設施設の安全審査の基本的考え方」、「廃棄物管理施設の安全性の評価の考え方」については、これらの指針の適用に当たって、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う規定の変更の必要性はない。

2. 原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き(昭和53年8月23日原子炉安全専門審査会策定)について

原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引きについては、引き続き必要に応じ調査審議を行うべきであり、その改廃も含めた結論は今後の議論に委ねることが適当である。

3. その他の改訂について

指針類における静的地震力に関する耐震関係の規定について、建築基準法体系との整合及

び他の指針類における記述との整合を図る観点から以下のとおり改訂を行うこととする。

- (1) ウラン加工施設安全審査指針（昭和55年12月22日原子力安全委員会決定、平成元年3月27日、平成13年3月29日一部改訂）

「Ⅶ. その他安全対策 指針13. 地震に対する考慮 1. 耐震設計上の重要度分類」のうち、「その機能を失うことによる影響、効果の大きいもの」を「その機能を失うことによる影響の大きいもの」に、「その機能を失うことによる、影響、効果が小さいもの」を「その機能を失うことによる影響が小さいもの」に、それぞれ改める。

また、「Ⅶ. その他安全対策 指針13. 地震に対する考慮 2. 耐震設計評価法(2)建物・構築物の耐震設計法」のうち、「建築基準法施行令第82条の3第1号及び第3号」を「建築基準法施行令第82条の3第1号」に改める。

- (2) 特定のウラン加工施設のための安全審査指針（平成12年9月25日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂）

「Ⅶ. その他安全対策 指針13. 地震に対する考慮 1. 耐震設計上の重要度分類」のうち、「その機能を失うことによる影響、効果の大きいもの」を「その機能を失うことによる影響の大きいもの」に、「その機能を失うことによる、影響、効果が小さいもの」を「その機能を失うことによる影響が小さいもの」に、それぞれ改める。

また、「Ⅶ. その他安全対策 指針13. 地震に対する考慮 2. 耐震設計評価法(2)建物・構築物の耐震設計法」のうち、「建築基準法施行令第82条の3第1号及び第3号」を「建築基準法施行令第82条の3第1号」に改める。