

## ○発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

(平成16年〇〇月〇〇日  
原子力安全委員会決定)

### 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、その耐震設計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った。また、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。これらを踏まえ、従来の指針について全面的見直しを行い、指針の内容の一層の明確化及び高度化を図ったものである。

### II. 本指針の位置付け

本指針は、「発電用軽水炉型原子炉施設に関する安全設計審査指針」(以下「安全設計審査指針」という。)において定められている安全設計上の要求のひとつである、安全機能を有する構築物、系統及び機器に関する「適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計」について、その設計方針の妥当性を評価するための安全審査における判断基準を定めたものである。

さらに、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。

### III. 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。

### IV. 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。

(本指針の解釈・運用上、他の指針類との関連で確認的に定義付けしておいた方がよいもの、対象・範囲を限定しておいた方がよいもの、特殊な用語で一般になじみの薄いもの等を適宜取り上げる。)

例：「安全機能」「剛構造」「岩盤」「十分な支持力を有する安定した地盤」「解放基盤表面」「時刻暦波形」「地震地体構造」「活断層」「活動度の高い断層」「地表地震断層」「プレート境界地震」「内陸地殻内地震」「スラブ内地震」「断層モデル」「地震動の確率評価」「施設の安全余裕」「静的地震力」「水平地震力」「鉛直地震力」「応答スペクトル」「応答解析モデル」・・・

### V. 基本方針

発電用原子炉施設（以下、「施設」という。）は、敷地ごとに適切に設定（策定）される大きさの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。

すなわち、安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要

度及び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区分された耐震設計上の重要度分類に応じて、敷地ごとに適切に設定(策定)される地震力に十分耐えられる設計であることを基本とする。

「大きな事故」とは、事故(「施設の運転時の異常な過渡変化」を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、施設の安全設計の観点から想定されるもの)のうち、一般公衆(ないし従事者)に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるものをいう。

「十分な耐震性を有している」とは、耐震重要度分類に応じて必要な施設が、敷地ごとに工学的な妥当性をもって適切に算定される大きさの設計用(基準)地震動による地震力に十分耐える(安全機能を保持する)ことは当然、さらに設計用地震動の設定における不確実性の存在等をも考慮し当該地震動を上回る地震動による地震力に対しても十分な安全余裕を持つことにより具体化されるものである。

## VI. 地震時における施設の安全確保の考え方

この指針の基本方針である「敷地ごとに適切に算定される大きさの地震力に対しても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」ことを達成するための地震時における施設の安全確保の考え方は次のとおりである。

- (1) 施設は、敷地ごとの特性からみて施設の寿命期間中に一度ならず発生する地震動を経験しても、炉心は損傷に至ることなく、かつ、通常運転に復帰できる状態で事象が収束されるよう設計されること。
- (2) 施設は、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動を経験しても、安全防護施設を含めた必要な施設の安全機能が損なわれることなく、もって周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう設計されること。(or 周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないよう設計されること。) その際、当該地震動の設定における不確実性及び施設の耐力の不確定要素(ばらつき)の存在を可能な限り考慮し、十分な安全余裕を持つように設計されること。

【代替案①の1：上記（2）を2つに分け、次のとおり（2）及び（3）とする。】

（2）施設は、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動を経験しても、安全防護施設を含めた重要な施設の安全機能が損なわれることなく、もって周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう設計されること。（or 周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないよう設計されること。）

（3）施設は、上記（2）の地震動の設定における不確実性及び施設の耐力の不確定要素（ばらつき）の存在を可能な限り考慮し、十分な安全余裕を持つように設計されること。

【代替案①の2：上記（2）を2つに分け、次のとおり（2）及び（3）とする。】

（2）施設は、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動を経験しても、安全防護施設を含めた重要な施設の安全機能が損なわれることのないよう設計されること。

（3）施設は、上記（2）の地震動の設定における不確実性及び施設の耐力の不確定要素（ばらつき）の存在を可能な限り考慮し、十分な安全余裕を持つことにより、もって周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう設計されること。（or 周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないよう設計されること。）

【代替案①の3：上記代替案①の2の変形】

（2）施設は、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動を経験しても、安全防護施設を含めた重要な施設の安全機能が損なわれることのないよう設計されること。

（3）施設は、上記（2）の地震動の設定における不確実性及び施設の耐力の不確定要素（ばらつき）の存在を可能な限り考慮し、十分な安全余裕を持つよう耐震安全設計上の配慮がなされること。

【代替案②：上記（２）を２つに分け、次のとおり（２）及び（３）とする。】

（２）施設は、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動を経験しても、安全防護施設を含めた重要な施設の安全機能が損なわれることなく、もって周辺の公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう設計されること。（or 周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないよう設計されること。）

（３）施設は、上記（２）の地震動を超える地震動が発生する可能性を考慮しても、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすことのないよう、（or 周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないよう、）十分な安全余裕を持つように設計されること。

「十分な安全余裕」については、基本設計の安全審査段階では、あくまでも「設計方針の妥当性」をチェックすれば十分であるとの考え方により、「耐震重要度分類に応じて、重要な施設は敷地ごとに適切に算定される大きさの（設計用）地震動による地震力に耐えることは当然、さらに指針のこの要求に沿って十分な安全余裕を持たせることを設計の基本方針とする」旨の設計方針を審査すればよく、「安全余裕」の程度・大きさについては、その後の詳細設計や工事計画の段階における後段規制の際に確認・評価されるべきものとする。

## VII. 耐震設計上の重要度分類

施設の耐震設計上の施設別重要度を、安全機能を有する構築物、系統及び機器についての安全機能の重要度に応じ、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、下記の（１）から（３）の３つに分類する。

施設の安全機能の重要度については、「安全設計審査指針」に定める各指針の具体的な適用に当たっての安全機能の重要度についての判断のめやすを与えるものとして「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」（以下「重要度分類審査指針」という。）が策定されているが、ここで耐震設計上の重要度分類を行うに当たっては、この「重要度分類審査指針」における分類の目的及び趣旨を適切に踏まえつつ、さらに地震という自然現象が施設に及ぼしうる影響を考慮して、地震発生時における施設の同時破損の可能性等、耐震設計上の配慮の必要性を十分勘案して定めたものである。したがって、当然

のことながら、下記の耐震設計上の重要度分類は、「重要度分類審査指針」における分類とは一致していない部分があることに十分留意する必要がある。また、「重要度分類審査指針」にある「異常発生防止系（PS）」及び「異常影響緩和系（MS）」の区分については、地震による外力が原子炉施設全体に共通要因的に作用するという特性を踏まえ、耐震設計上はこれらを区別して考慮する必要はない。

#### （１）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、その機能のそう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、効果の大きいもの。

このクラスに含まれる施設（構築物、系統及び機器）を次に示す。

- ① その損傷及び故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器
- ② 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し又は敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器
- ③ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能その他安全上特に重要な関連機能を有する安全上必須な構築物、系統及び機器（非常用所内電源設備（非常用ディーゼル発電機、バッテリー等）を含む。）
- ④ 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないもののうち、使用済燃料を貯蔵するための施設（使用済燃料（貯蔵）ラックを含む。）、放射能インベントリの大きな放射性廃棄物処理施設又はこれに類するものであって、その損傷又は故障により発生する事象によって、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれが特に大きな構築物、系統及び機器
- ⑤ 使用済燃料ピット補給水系、非常用補給水系等に含まれる燃料プール水の補給機能を有する構築物、系統及び機器
- ⑥ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能を有し、通常運転時及び運転時の

異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器

- ⑦ 事故時のプラント状態の把握、異常状態の緩和又は制御室外からの安全停止の関する機能を有するものであって異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器

## (2) 耐震クラスII

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、その機能のそう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、効果が、上記の耐震クラスIに比べ小さいもの。このクラスに含まれる施設（構築物、系統及び機器）を次に示す。

- ① その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器（上記耐震クラスIの④に含まれるもの及び放射性廃棄物処理施設であって放射能インベントリの小さいもの又はこれに類するものを除き、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のものであって原子炉冷却材を内蔵するものを含む。）
- ② 上記①の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器（上記耐震クラスIの⑤に含まれるものを除く。）

## (3) 耐震クラスIII

上記耐震クラスI、耐震クラスIIに属さない施設。このクラスの施設は、一般産業施設と同等の耐震安全性を保持すればよいものである。

## VIII. 基準地震動の策定

基準地震動は、安全上枢要な施設の耐震安全性を確認するための地震動として一種類を策定することとし、敷地周辺の条件及び地震学的見地から考慮される、施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動として、次に定

める考え方にに基づき評価し、策定されなければならない。

(1) 基準地震動策定の基本方針

- ①基準地震動をもたらす地震としては、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及び敷地に影響を与えるおそれのある活断層による地震と、内陸地殻内地震のうち、地表に痕跡を残さず、事前の地震活動調査及び地質調査等によっても「震源を予め特定できない地震」のうちから、最も影響の大きいものを想定する。

「震源を予め特定できない地震」は、内陸地殻内地震のうちの分類として定義することを考えるが、それ以外を大きくりに「震源を予め特定できる地震」として定義することはなかなかできないのではないか？

- ②基準地震動は、想定される敷地周辺の地震のうち、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を設計用地震として複数を選定し、それらについて適切な手法を用いて設計用応答スペクトルを評価し、その比較により敷地に最も大きな影響を及ぼす地震動を評価した上で策定する。

- ③基準地震動の策定にあたっては、地震動の不確定性について検討し、敷地周辺の事情できまる地震動の大きさと頻度の関係を考慮する。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・確率論的な見地から、「施設の寿命中に極めてまれに発生する」ことのめやすとして、 $10^{-4}$ /炉/年という超過発生頻度について触れる。この場合、 $10^{-4}$ /炉/年という超過発生頻度の絶対値を規制判断のための閾値としないことを明記することが不可欠である。
- ・内陸地殻内地震のうち、「震源を特定できない地震」による地震動と、それ以外の地震による地震動、それぞれについて、最大加速度振幅、もしくは応答スペクトルに関して、距離減衰式や（必要に応じて）断層モデルを用いた確率論の見地からの検討を行い、どれくらいの超過発生頻度に相当するかを参照し、その妥当性を検討する。

- ④基準地震動は、水平方向及び上下方向について評価する。

- ⑤基準地震動は、解放基盤表面で設定された、応答スペクトルあるいは時刻歴波形として定義する。（「定義」については、JEAG の記載、保安院案の記載にあるが、本当に適切か否かは今後検討が必要）

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・地震動は、表層の影響を取り除いた解放された基盤において定義することが合理的である。この基盤として地震基盤とすることが理想的であるが、その位置での地震観測記録が十分ではなく、基盤としての信頼性を損なう可能性がある。そこで、基準地震動は解放された基盤面で定義するものとし、その



設定に当たっては基盤深部の情報を適切に反映させることとする。

- ⑦基準地震動は、最大振幅、周波数特性、継続時間及び振幅包絡形の経時的変化を適切に評価し、それを基に定める。

## (2) 設計用地震の選定

①設計用地震は、以下の方針により選定する。

- (i) 敷地周辺の地震は、地震の発生機構に着目すると、プレート境界地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震に大別され、これらの地震規模、震源位置等は、歴史地震資料、活断層調査を基にし、地震地体構造に関する知見等を参考として想定するものとする。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・スラブ内地震の想定に当たっては、厳密には震源を特定しにくいだが、過去の地震の発生領域、規模、プレート形状等を参考に、震源をある程度特定しつつ想定すること。

(ii) 設計用地震は、上記(i)で想定した敷地周辺の地震のうち、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を選定する。

(iii) 内陸地殻内地震のうち、地表に痕跡を残さず、事前の地震活動調査及び地質調査等によっても「震源を予め特定できない地震」については、上記(i)とは別途に考慮し、(3)で設計用応答スペクトルとして設定する。

②歴史地震資料を基に、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調査する際は以下を考慮すること。

(i) 古文書等に基づく過去の被害地震を取りまとめた各種の歴史地震資料を、最新の地震考古学の知見と併せて活用する。

(ii) 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、詳細さに差があるので、敷地周辺がそれに該当する場合は周辺の地震について十分な調査を行う必要がある。

③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すること。

(i) 敷地に影響を与えるおそれのある活断層とは、5万年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が5万年未満のものをいう。

(ii) 活断層調査は、調査手法の確度も考慮の上、敷地からの距離に応じて適切かつ十分に行う必要がある。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・活断層の長さを評価する際は、どの程度詳細な地質調査を行うかを考慮すべきであるが、もし詳細な調査を行っても必要な情報が得られなかった場合には、活断層の長さを過小評価することがないよう、保守的に評

価することも必要である。

- (iii) 活断層群のセグメンテーションやグルーピングの仕方、リニアメントの判読は、現地における詳細な調査結果や専門家の知見を基に適切に行う必要がある。
- (iv) 活断層の長さ地震規模との関係を表す経験式は、様々なものが提案されており、これらの適用にあたっては、その基となっているデータや、式の性質などに十分留意する。
- (v) 海域の活断層は、陸域に比べて情報量が少ないので、十分な調査を行う。

#### ④地震地体構造

地震規模、震源深さ、発震機構、地震の発生頻度等に注目するとき、一定の地域において地震の発生の仕方に共通の性質を持っているので、歴史地震資料、活断層調査を補うために地震地体構造に関する知見を参考とすることも必要である。

### (3) 設計用応答スペクトルの評価

(2) で設定した、設計用地震に対して、以下の方針で、敷地の解放基盤表面における設計用応答スペクトルを、水平方向及び上下方向について評価する。

#### ①距離減衰式による地震動評価

基準地震動は、基本的に、設計用地震の地震規模と震源位置等から、距離減衰式を用いて震源特性を考慮した応答スペクトルを評価する。

#### ②断層モデルによる地震動評価

震源が近い場合は、震源過程の影響が大きいため、断層モデルを用いた地震動評価を行う。その際は、断層の破壊過程などの予測の検討や、周波数特性を考慮した適切な手法の選択に留意する必要がある。

#### ③「震源を予め特定できない地震」による地震動

「震源を予め震源を特定できない地震」については、過去の地表地震断層を伴わない地震の硬質地盤上での観測記録に基づいて、設計用応答スペクトルとして設定する。

## IX. 耐震設計の基本方針

### (1) 方針

施設は、VII. の耐震設計上の重要度分類の区分に応じ、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。なお、下記各号において、

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。

- ① 耐震クラスⅠの各施設は、次に掲げる地震力の大きさに応じた耐震性を有すること。
  - (i) 施設の寿命期間中に一度ならず発生する地震動による地震力が作用しても、通常運転状態が維持され、又は、何らかの異常状態に陥った場合でも通常運転に復帰できる状態で事象が収束される設計であること。
  - (ii) 基準地震動により策定される設計用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十分耐える (or 安全防護施設を含めた必要な施設の安全機能が損なわれることのないような) 設計であること。
  - (iii) 基準地震動を超える地震動が発生する可能性を考慮しても、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすことのないよう、十分な安全余裕を持つように設計されること。
  
- ② 耐震クラスⅡの各施設は、次に掲げる地震力の大きさに応じた耐震性を有すること。
  - (i) 以下に示す静的地震力に十分耐える設計であること。
  - (ii) 施設の寿命期間中に一度ならず発生する地震動による地震力が作用しても、通常運転状態が維持され、又は、何らかの異常状態に陥った場合でも通常運転に復帰できる状態で事象が収束される設計であること。

耐震クラスⅡについては、「静的地震力  $1.5Ci$  と「設計用地震力の  $\beta$  倍の地震力 ( $0 < \beta < 1$ )」の大きい方に耐える設計であること。」とすべきとの考え方もある。

- ③ 耐震クラスⅢの各施設は、次に掲げる地震力の大きさに応じた耐震性を有すること。
  - (i) 以下に示す静的地震力に十分耐える設計であること。
  - (ii) 施設の寿命期間中に一度ならず発生する地震動による地震力が作用しても、通常運転状態が維持され、又は、何らかの異常状態に陥った場合でも通常運転に復帰できる状態で事象が収束される設計であること。

(2)②

## (2) 地震力の算定法

施設の耐震設計に用いる動的地震力及び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。

### ① 動的地震力

動的地震力は、Ⅷ. に定める考え方により策定・評価された基準地震動を用いて、水平方向及び上下方向について、同時性を考慮し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。

### ② 静的地震力

静的地震力の算定方法は以下による。

#### (i) 建物・構築物

水平地震力は、施設の耐震設計上の重要度分類に応じて、建築基準法施行令第88条に基づき求められる最小地震力に下記に掲げる割り増し係数を乗じたものを用いることとする。耐震クラスⅢについては、一般施設と同等とする。

耐震クラスⅠ            3. 0

耐震クラスⅡ           1. 5

また、静的地震力の算定に際しては、建物・構築物の振動特性や、支持地盤などの地盤条件に応じた地盤と建屋の相互作用を適切に考慮するものとする。(層せん断力係数 $C_1$ を算定する際に上記の内容が考慮されることを踏まえると、 $C_1$ を省略してよいか?)

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。(鉛直の震度0.3については、解説もしくはJEAGに記載か? 上下地震力の適用は耐震クラスⅠまでで良いか?)

#### (ii) 機器・配管系

各クラスの地震力は、上記(i)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。(20%割り増しは、解説もしくはJEAGに記載か?)

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。

### (3) 地震応答解析

#### ① 解析手法

地震応答解析を行うに際しては、以下について留意すること。

(i) 応答解析法の選定については、解析法の適用範囲、適用制限に留意し、周辺の地盤構造と動特性、構造物の構造特性、建物の埋め込み状況に応じ

て、適切な解析法を用いること。

(ii) 応答解析には、基礎の浮上りの影響を考慮すること。

## ②解析モデル及び解析条件

解析モデル、解析条件の設定に際しては、以下について留意すること。

(i) 解析モデルは、基本的に簡易モデルを用いることが可能であるが、その際、局所的な応答に顕著な傾向がみられる場合においては、より詳細な解析モデルを用いた解析を実施すること。なお、簡易モデルを用いる場合には、有限要素法等を用いた詳細な応答解析等との比較検証により、応答の信頼性、妥当性を検討することが望ましい。

(ii) 準地震動の設定位置が、建物・構築物の基礎下端（解析モデルへの地震動の入力位置）より深い場合については、局所的な地盤条件及び地盤の応答解析モデルの形態、解析手法の適用条件等について十分考慮し、適切な入力地震動による評価を行うものとする。

## X. 荷重の組合せと許容限界

耐震安全性の設計方針妥当性を評価するに際して検討すべき耐震設計に関する荷重の組合せ及び許容限界についての基本的考え方は以下のとおりとする。

### (1) 地震荷重と他の荷重の組合せ

- ①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地震荷重とを組合せ、それらの組合せ荷重によって施設に発生する応力や変形等の評価を行うこと。
- ②地震の従属事象として、地震とそれによって引き起こされるプラント状態との同時性を考慮すること。また、地震とは独立な事象として、地震の発生いかにかわらず生じる荷重と地震荷重との同時性については、それらの事象の発生頻度、当該事象による荷重の継続時間及び経時的変化を考慮した確率をめやすとして判断すること。なお、他の荷重の組合せで代表できる場合は、当該荷重との組合せ評価を省略することができるものとする。

### (2) 許容限界

- ①各耐震クラスの施設が、対応する設計用地震力に対して十分な耐震性を有することを評価するため、施設が有する安全機能が適切な信頼度で維持できる許容限界（応力・ひずみ・変形量又は動的機能維持加速度・荷重・変位等）を定め、それが属するクラス毎の設計用地震力と他の荷重を組合せた場合に生じる応力・変形等がその範囲内にあることを確認すること。

- ②耐震クラスⅠの施設の安全機能については、設計用地震・地震動の想定法、設計用地震力の算定法、応力等の算定法等の精度や信頼性を考慮の上、当該施設の有する機能維持限界に着目した合理的な制限状態を設定する。
- ③耐震クラスⅡの施設は、安全上適切と認められる規格及び基準によるか、もしくはそれと同等の安全性を有した制限状態を設定する。
- ④耐震クラスⅢの施設は、一般施設の耐震の判断基準に従うものとする。
- ⑤支持機能、重要な安全機能への二次的影響、支持地盤や周辺斜面の安定性等に関する特別な安全機能については、当該安全機能の性質を考慮し、目的に応じた合理的な制限状態（大変形の発生、破断、支持機能維持など）を用いることとする。

#### X 1. その他

地震随伴事象等について、以下を考慮する。

- (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、それが施設の安全機能に重大な影響を及ぼさないこと。

## VIII. 基準地震動の策定

基準地震動は、安全上枢要な施設の耐震安全性を確認するための地震動として一種類を策定することとし、敷地周辺の事情及び地震学的見地から考慮される、施設の寿命中に極めてまれに発生するかもしれない地震動として、次に定める考え方にに基づき評価し、策定されなければならない。

### (1) 基準地震動策定の基本方針

- ①基準地震動をもたらす地震としては、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及び敷地に影響を与えるおそれのある活断層による地震のうちから最も影響の大きいものを想定する。
- ②基準地震動は、想定される敷地周辺の地震のうち、敷地に影響を及ぼすと予想される地震を設計用地震として複数を選定し、それらについて適切な手法を用いて設計用応答スペクトルを評価し、その比較により敷地に最も大きな影響を及ぼす地震動を評価した上で策定する。
- ③内陸地殻内地震のうち、地表に痕跡を残さず、事前の活断層調査によっても震源を特定できない地震（以下、「震源を予め特定できない地震」という。）については、過去の地震に関する詳細な調査等を基に、地震学ならびに地震工学的見地から、その地震動を適切に評価するものとする。

「震源を予め特定できない地震」は、内陸地殻内地震のうちの分類として定義することを考えるが、それ以外を大きくりに「震源を予め特定できる地震」として定義するか否かは、分科会へのWG報告等の議論を踏まえて判断したい。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？（むしろ、見解か？）

・これまでの「直下地震」は、原子炉施設の耐震設計条件の一つとして実際に起きる地震との関連よりも、むしろごく近傍で、ある程度の規模の地震が発生しても安全性が保てるように耐震設計を行っておくべき、との観点から設定されている。

・今回の指針高度化では、意味付けを明確化した上で、「直下地震」に代わる「震源を予め特定できない地震」を考慮することとした。

（・地震調査委員会の確率論的地震動予測地図の検討における「震源を予め特定しにくい地震」の分類との違いなど）

- ④基準地震動の策定にあたっては、地震動の不確定性について検討し、敷地周辺の事情できまる地震動の大きさと頻度の関係を考慮する。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

（・確率論的な見地から、「施設の寿命中に極めてまれに発生する」ことの

めやすとして、 $10^{-4}$ /炉/年という超過発生頻度について触れる。この場合、 $10^{-4}$ /炉/年という超過発生頻度の絶対値を規制判断のための閾値としないことを明記することが不可欠である。ただし、めやすとして $10^{-4}$ /炉/年という超過発生頻度を記載するに際しては、その根拠の妥当性が求められるので、分科会で議論しておく必要がある)

- ・ 内陸地殻内地震のうち、「震源を特定できない地震」による地震動と、それ以外の地震による地震動、それぞれについて、最大加速度振幅、もしくは応答スペクトルに関して、距離減衰式や（必要に応じて）断層モデルを用いた確率論的見地からの検討を行い、どれくらいの超過発生頻度に相当するかを参照し、その妥当性を検討する。

⑤基準地震動は、水平方向及び上下方向について評価する。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・ 安全上枢要な施設の耐震安全性の確認をより確かなものとするためには、より実情に即した、上下方向の応答を算定し地震力を評価することが必要と考え、上下方向についても基準地震動を策定することとした。

⑥基準地震動は、解放基盤表面で設定された、応答スペクトルあるいは時刻歴波形として定義する。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・ 地震動は、表層の影響を取り除いた解放された基盤において定義することが合理的である。この基盤として地震基盤とすることが理想的であるが、その位置での地震観測記録が十分ではなく、基盤としての信頼性を損なう可能性がある。そこで、基準地震動は解放された基盤面で定義するものとし、その設定に当たっては基盤深部の情報を適切に反映させることとする。

⑦基準地震動は、最大振幅、周波数特性、継続時間及び振幅包絡形の経時的変化を適切に評価し、それを基に定める。

## (2) 設計用地震の選定

①設計用地震は、以下の方針により選定する。

- (i) 敷地周辺の地震は、地震の発生機構に着目すると、プレート境界地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震に大別され、これらの地震規模、震源位置等は、歴史地震資料、活断層調査を基にし、地震地体構造に関する知見等を参考として想定するものとする。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

- ・ スラブ内地震の想定に当たっては、厳密には震源を特定しにくいだが、過去の地震の発生領域、規模、プレート形状等を参考に、震源をある程度特定しつつ想定すること。



- (ii) 設計用地震は、上記(i)で想定した敷地周辺の地震のうち、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を選定する。
- (iii) 「震源を予め特定できない地震」については、上記(i)とは別途に考慮し、(3)で設計用応答スペクトルとして設定する。

②歴史地震資料を基に、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調査する際は以下を考慮すること。

- (i) 古文書等に基づく過去の被害地震を取りまとめた各種の歴史地震資料を、最新の地震考古学の知見と併せて活用する。
- (ii) 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、詳細さに差があるので、敷地周辺がそれに該当する場合は周辺の地震について十分な調査を行う必要がある。

③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すること。

- (i) 敷地に影響を与えるおそれのある活断層とは、5万年前以降活動したもの、又は地震の再来期間が5万年未満のものをいう。
- (ii) 活断層調査は、調査手法の確度も考慮の上、敷地からの距離に応じて適切かつ十分に行う必要がある。

解説では、以下の事柄を記載するのはいかがか？

・活断層の長さを評価する際は、どの程度詳細な調査を行うかを考慮すべきであるが、もし詳細な調査を行っても必要な情報が得られなかった場合には、活断層の長さを過小評価することがないように、保守的に評価することも必要である。

- (iii) 活断層群のセグメンテーションやグルーピングの仕方、リニアメントの判読は、現地における詳細な調査結果や専門家の知見を基に適切に行う必要がある。
- (iv) 活断層の長さや地震規模との関係を表す経験式は、様々なものが提案されており、これらの適用にあたっては、その基となっているデータや、式の性質などに十分留意する。
- (v) 海域の活断層は、陸域に比べて情報量が少ないので、十分な調査を行う。

④地震地体構造

地震規模、震源深さ、発震機構、地震の発生頻度等に注目するとき、一定の地域において地震の発生の方に共通の性質を持っているので、歴史地震資料、活断層調査を補うために地震地体構造に関する知見を参考とすることも必要である。

(3) 設計用応答スペクトルの評価

(2)で設定した、設計用地震に対して、以下の方針で、敷地の解放基盤表面における設計用応答スペクトルを、水平方向及び上下方向について評価する。

①距離減衰式による地震動評価

基準地震動は、基本的に、設計用地震の地震規模と震源位置等から、**距離減衰式を用いて震源特性を考慮した**応答スペクトルを評価する。

②断層モデルによる地震動評価

震源が近い場合は、震源過程の影響が大きいため、断層モデルを用いた地震動評価を行う。その際は、断層の破壊過程などの予測の検討や、周波数特性を考慮した適切な手法の選択に留意する必要がある。

③「震源を予め特定できない地震」による地震動

「震源を予め震源を特定できない地震」については、過去の地表地震断層を伴わない地震の硬質地盤上での観測記録に基づいて、設計用応答スペクトルとして設定する。

Rev. 1 (19<sup>th</sup> May ' 04)

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

平成16年〇月〇日  
原子力安全委員会決定

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関連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り、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）は平成13年7月3日に耐震指針検討分科会を設置し、旧「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日決定）及び旧「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日決定）についての調査審議を優先的に進めてきたところである。

その後、平成16年〇月〇日付けで、原子力安全基準・指針専門部会から同分科会での審議結果を踏まえて「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂及びその他の関連指針類の一部改訂について」について、報告を受けた。

当委員会は、報告された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（改訂案）及びその他の関連指針類の一部改訂について、その内容を検討した結果、これを妥当なものと認め、別紙1から別紙8のとおり定める。

これらの指針類については、本日（本件決定日）以降に原子炉等規正法に基づく許可の基準の適用について原子力安全委員会に諮問がなされる原子力施設及び本日（本件決定日）において諮問中の原子力施設に対し、適用することとする。

原子力施設の耐震安全性は、基本設計に加えて詳細設計、それ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、建物・構築物の具体的な構造強度、耐力等については、詳細設計及び工事計画の段階でより具体的な評価が可能となるものである。したがって、原子力施設の設計及び工事方法が具体化し、その耐震安全性に関する実態的な評価がより明らかになった段階で、各原子力施設の特徴を踏まえ、原子力安全委員会として、各原子力施設の耐震安全性に関する重要事項を検討することが適切と考える。

したがって、原子力安全委員会としては、安全審査とは別に原子力施設の具体的な耐震安全性を念のため確認することが意義のあることと考え、下記の方

針で対応を行うこととする。各原子力設置者及びその他の原子力事業者並びに行政庁においても、同方針に沿って対応されるよう要望する。

## 記

1. 新規に原子力施設を設計し、建設しようとする者においては、この度改訂された耐震安全性に関する指針類の内容に基づき、当該原子力施設が十分な安全余裕を有する設計とすることが重要である。さらにそのような基本設計の方針の妥当性が確認された場合であっても、その後の詳細設計及び設置（建設工事）の段階までにおいて（自主的に）施設の耐震安全性に関する具体的かつ詳細な評価を行い、施設が設置される敷地ごとに適切に策定される大きさの地震力によってもこれが大きな事故の誘因とはならず、周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じない施設であることを確認することが重要である。（この評価を行うに当たっては、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。）
2. 行政庁においては、新規に原子力施設を設計し、建設しようとする者が行った施設の耐震安全性に関する具体的かつ詳細な評価について（その評価手法も含めて）、その内容が妥当であることを確認することが重要である。
3. 当委員会としては、新規に原子力施設を設計し、建設しようとする者が行った施設の耐震安全性に関する具体的かつ詳細な評価について（その評価手法も含めて）、行政庁から報告を受け、検討することとする。
4. 既に原子炉等規正法に基づく設置（変更）許可等がなされた原子力施設（建設中及び運転中のものを含む。）に関しては、（現行法令上、改めて安全審査を受け直すことは要求されてはいないが、）耐震安全性の確保は極めて重要な事項であることに鑑み、上記1. 及び2. について、可能な限り準用した形で適用することが重要であるので、行政庁においては、その個別具体的な適用について検討し、その結果について当委員会に報告するよう求めることとする。

なお、既に運転を最終的に停止し、内蔵する放射性物質の外部への放散を仮定しても周辺の公衆に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれが生じないことが明らかな施設については、この限りではない。

## 指針の範囲と適用について(案)

原子力安全委員会事務局

### 1. 耐震設計審査指針の策定目的について

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。）に係る安全審査（いわゆる“基本設計”の安全審査）に当たって確認すべき安全設計の基本方針について定めた「発電用原子炉施設に関する安全設計審査指針」の「指針2. 自然現象に対する設計上の考慮」にある「適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計」について、この記述を受け、具体的な要件を独立した指針として定めるものが「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「耐震設計審査指針」という。）である。

現行「耐震設計審査指針」では、その「はしがき」において「本指針は、発電用原子炉施設の耐震設計に関する安全審査を行うに当たって、その設計方針の妥当性を評価するため、（中略）地震学、地質学等の知見を工学的に判断して定めたものである。」と自らの位置付けについての記述がある。

これは現行「耐震設計審査指針」が、あくまでもいわゆる“基本設計”を対象とした安全審査の段階で確認すべき「耐震設計方針の妥当性」を判断するために用いられるべきものとして策定されており、その後の詳細設計や工事計画の妥当性、使用前検査といった“後段規制”における判断基準までも与えるものではないことを意味している。

今回の「耐震設計審査指針」について、「最新知見を反映し、より適切な指針とすること」に関する検討においても、この指針の性格、位置付け等について基本的に変わるところはないものである。

### 2. “基本設計”を対象とした安全審査と後段規制について

原子炉等規制法は、「原子炉設置の許可」に引き続き、「設計及び工事の方法の認可」、「使用前検査」、「施設定期検査」といった段階的な規制の仕組みを規定している。「原子炉設置の許可」の段階においては、基本的な事項、すなわち、そこで審査しておかなければ後で取り返しのつかない事項について審査し、「設

計及び工事の方法の認可」の段階においては、「原子炉設置の許可」の段階における審査をパスした基本的な事項を前提とした詳細かつ具体的な内容を審査することになっている。(ただし、電気事業法及び同法に基づく命令の規定による検査を受けるべき原子炉施設であって実用発電用原子炉に係るものについては、原子炉等規制法に基づく「設計及び工事の方法の認可」、「使用前検査」及び「施設定期検査」は適用されず、電気事業法の体系による同種の後段規制(「工事計画」、「使用前検査」及び「定期検査」)が適用されている。)

「原子炉設置の許可」に当たって設定された条件(申請事項のオーソライズ等)は、その後の詳細設計及び工事(計画)に関する後段規制の段階で具現化される設計条件として生かされなければならないが、「原子炉設置の許可」に係る安全審査の段階では、後になされる詳細設計及び工事(計画)の具体化を図るための前提となる条件(社会通念上、このような条件を設定しておけば、安全な原子炉施設を建設するための詳細設計及び工事の方法の策定が可能となるという条件)が整っているか否かをチェックすれば十分であるとされている。

### 3. 原子炉の安全性に係る「許可の基準」について

原子炉設置に関する安全性についての「許可の基準」は、「原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質(使用済燃料を含む。)、核燃料物質によって汚染された物(原子核分裂生成物を含む。)又は原子炉による災害の防止上支障がないものであること。(原子炉等規制法第24条第1項第4号)」である。

「原子炉設置の許可」に当たっては、原子炉等による災害を防止するという観点から、「原子炉施設(原子炉及びその附属施設)の位置、構造及び設備」についての安全審査を行うわけであるが、ここでの留意点として、原子炉施設の工事の方法(作り方)及び運転の方法は対象ではないことが挙げられる。原子炉施設の作り方や運転の仕方については、別途規制されることになっており、一般的禁止を解除する「設置許可」に当たって条件を付けるべきものは、「原子炉施設の位置、構造及び設備」に限定しているのである

どの程度まで「原子炉施設の位置、構造及び設備」を許可時に特定化する必要があるかということについては、「原子炉等による災害の防止上支障がないこと」、換言すれば、「技術的知見に照らして社会通念上起こることが考えられるいかなる異常事態下においても、相当の規模の被害は発生することのないようになっていること」が確認できる程度は必要である。ただし、原子炉等規制法の条文上、具体的な「原子炉施設の位置、構造及び設備」についての基準を示していない。これはこの分野における技術の進歩、科学的知見の進歩が速いこ

とによるためといわれており、その意味でも、許可に関する判断の合理性、客観性を高めるための「技術基準」、「審査指針」等の適切な策定が重要である。

#### 4. 「災害の防止」のための性能要求について

「原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質（使用済燃料を含む。）、核燃料物質によって汚染された物（原子核分裂生成物を含む。）又は原子炉による災害の防止上支障がないものであること。」を判断するために、各種審査指針類が整備されてきたところであるが、その代表例としては、原子炉施設の立地条件の可否を判断するための「原子炉立地審査指針」、軽水炉の設置許可申請に係る安全審査に当たって確認すべき安全設計の基本方針について定めた「発電用原子炉施設に関する安全設計審査指針」、その安全審査における原子炉施設の安全評価の妥当性について判断する際の基礎を示す「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」が挙げられる。

「災害の防止上支障がないものであること」を具現化するために施設に要求される性能についての判断基準は、関係技術基準、各種審査指針類等によって示されているところであるが、要約すると概ね次の4つであるといえる。

- (1) 平常運転時において、周辺公衆の被ばく線量が、法令により定められている線量限度（例：周辺監視区域外において、実効線量で1ミリシーベルト／年）を超えるおそれがないような性能を当該原子炉施設が有しているか。
- (2) 自然災害（地震、洪水、津波等）が発生しても、周辺公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないような（周辺公衆の実効線量の評価値が5ミリシーベルト／年を超えるおそれがない）性能を当該原子炉施設が有しているか。
- (3) 社会通念上、現実には起こりうる可能性があると考えられる事故が発生しても、周辺公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないような（周辺公衆の実効線量の評価値が5ミリシーベルト／年を超えるおそれがない）性能を当該原子炉施設が有しているか。
- (4) 原子炉施設は必要とされる原則的立地条件等を満たしうるか。

指針あり  
は認めない

## 5. 安全審査における耐震安全性についての審査内容について

「原子炉設置の許可」段階における審査のうち、上記4.(2)において原子炉施設の「耐震安全性」については、現行「耐震設計審査指針」等に基づき、次の内容（調査の方法・結果、設計・評価の基本的な考え方）について安全審査が行われている。（要確認）

- (1) 耐震設計上想定すべき地震（過去の地震、活断層、地震地体構造、設計用最強地震・設計用限界地震、直下地震）
- (2) 基準地震動
- (3) 地質・地盤
- (4) 耐震設計（耐震設計の方針、耐震設計の重要度分類、地震力の策定、荷重の組合せと許容限界等）

(注)「設計及び工事の方法の認可」又は「工事計画の認可」の段階では、耐震計算により、設置許可申請書に示された地震力をもたらす地震においても安全であるハードウェアになるような（詳細）設計となっているかどうかを審査する。しかし、そのような地震でも安全であるハードウェアが実際に建設されたか否かは、「使用前検査」の段階でも検査することはできない。このため、「原子炉設置の許可」段階の安全審査においては、そのようなハードウェアを実際に建設しうるか否かの技術的見通しについても審査することになる。

## 6. 改訂「耐震設計審査指針」に規定すべき内容・範囲について

以上述べた現行指針の規定振り、関係法令の枠組み、他の指針類との関連、安全審査の実態等を整理しつつ、これまでの指針の仕組み・役割を基本的に大きく変えず、本件「耐震設計審査指針」のみの高度化を図るのであれば、概ね、以下の項目が改訂指針に規定すべき最低限必要なものと考えられる。

1. 「指針策定（改訂）経緯等」・・・「はしがき／はじめに」に記述
2. 「本指針の位置付け」・・・設計方針の妥当性を評価するための判断基準
3. 「適用範囲」・・・指針対象原子炉施設の範囲、その他の原子力施設への言及等



4. 「用語の定義」・・・本指針の解釈・運用上必要と思われる用語の意義
5. 「基本方針」・・・敷地ごとに策定される地震（力）が大きな事故の誘因とならない耐震性
6. 「地震時における施設の安全確保の考え方」・・・基本目標の取扱い等
7. 「耐震設計上の重要度分類」・・・「安全機能の重要度分類」との関係等
8. 「基準地震動の策定」・・・基準地震動策定の基本方針、設計用地震の選定、設計用応答スペクトルの評価等
9. 「耐震設計の基本方針」・・・耐震重要度分類ごとの要求性能、地震力の算定法、地震応答解析等
10. 「荷重の組合せと許容限界」・・・耐震設計方針妥当性評価のための荷重の組合せと許容限界
- (11. 「その他」・・・地盤支持機能、斜面崩壊、津波等の地震随件事象等)

すなわち、「耐震設計審査指針」は、“基本設計”段階における耐震設計に関する安全審査を行うに当たって、その設計方針の妥当性を評価するためのものであるから、原子力安全委員会自らによる2次審査及び行政庁による1次審査における判断のよりどころ（これを使って審査ができること）となることは当然のことながら、設置許可の申請を行おうとする者（電気事業者等）にとっても

自らが申請する「原子炉施設の位置、構造及び設備」に関する“基本設計”のうちの「耐震設計方針の妥当性」についての安全審査を受けるために十分な内容、めやすが得られるものであることが求められる。具体的には、

- ① 耐震設計を行うに当たっての基本方針をどうするのか。
- ② 原子炉施設を設置しようとする敷地に影響を及ぼしうる地震をどう調べたのか。そして、どの地震の影響がどれくらい大きいと判断したのか。
- ③ 影響が大きいと判断した地震による地震動はどう伝わると判断したのか。
- ④ 伝わってくる地震動は、原子炉施設にどのような力（設計用地震力）を

もたらすと判断したのか。

- ⑤ 原子炉施設を耐震設計上の重要度に応じてどう区分する方針であるか。
- ⑥ 原子炉施設の区分ごとにどのような耐震性を有するよう設計する方針であるのか。
- ⑦ 施設の耐震設計方針の妥当性を評価するための荷重の組合せと許容限界についてはどのようにする方針なのか。
- (⑧ その他、地盤支持機能、斜面崩壊、津波等の地震随件事象等について、基本設計上どう考慮するのか。)

以上の各項目についての妥当性が「原子炉設置の許可」段階での安全審査で確認されれば（お墨付きが得られれば）、その内容そのものが引き続き行われる詳細設計、工事方法（計画）の前提条件として確定することになるものである。

安全規制の法体系が多段階規制をとっているので、「原子炉設置の許可」段階では、詳細設計、工事方法（計画）等において、申請の内容が全て具現化されるか否かの確認は行えないこともあり、それについては後段規制の段階に委ねるという前提で、申請内容が具現化される技術的な見通しがあることをもって、その妥当性についての判断がなされることになる。

## 7. 民間・学協会規格等との関係について

「耐震設計審査指針」は、原子力安全委員会決定として策定されるものであるから、本来、民間・学協会において自主的に策定されている各種基準・規格類とは全く独立した形で策定されるべきものである。

また、「耐震設計審査指針」は、“基本設計”段階における耐震設計に関する安全審査を行うに当たって、その設計方針の妥当性を評価するためのものであるから、詳細設計や工事方法（計画）の段階を対象とはしておらず、さらに原子炉施設の一般的な耐震設計基準を指向したものではない。

このため、民間・学協会においては、「耐震設計審査指針」や行政庁の技術基準の内容を踏まえつつ、詳細設計のレベルや設計の標準化の観点等も視野に入れた形で、自主的な指針類の整備がなされているとのことである。

原子力安全委員会としては、こうした民間・学協会規格等の存在・検討について常にその状況把握に努めつつも、自ら策定（改訂を含む。）する指針類については、これら民間・学協会規格等の存在・検討状況の如何にかかわらず、原子力安全委員会が決定するものとして取り組むことが適当であり、例

えば原子力安全委員会が自ら規定すべき指針類の一部をこうした民間・学協会規格において定めるよう委ねるといった形は取り得ないものと考えられる。

また、これら民間・学協会規格等は、あくまでも自主的に策定され、その関係者間の申合せ的な性格を持つものである。申請者が、どのような民間・学協会規格に沿って自らの申請書を作成するのかは、申請者の自由であるが、安全審査においては、申請者が用いた規格等についての妥当性についても個別安全審査の対象として考慮されることになる。

(現行指針類における参考記述)

・「発電用原子炉施設に関する安全設計審査指針」(1990)

設置(変更)許可申請に係る安全審査において、安全性確保の観点から設計の妥当性について判断する際の基礎を示すことを目的に定めたもの。

安全審査に当たって確認すべき安全設計の基本方針について定めたものであって、原子炉施設の一般的な設計基準を指向したものではない。

⇒ 指針2. 自然現象に対する設計上の考慮

1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。

・「発電用原子炉施設に関する安全設計審査指針」解説

⇒ 指針2. 自然現象に対する設計上の考慮

「適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計」については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」において定めるところによる。

・「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(1981)

⇒ 1. はしがき

本指針は、発電用原子炉施設の耐震設計に関する安全審査を行うに当たって、その設計方針の妥当性を評価するため、(中略)、地震学、地質学等の知見を工学的に判断して定めたものである。(中略)

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。

2. 適用範囲(略)

3. 基本方針

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。また、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。

4. 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 (略)                    A、B、C
- (2) クラス別施設 (略)            A s、A、B、C

## 5. 耐震設計評価法

### (1) 方針

発電用原子炉施設は各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。

- ① Aクラスの各施設は、以下に示す設計用最強地震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。  
さらに、A sクラスの各施設は、以下に示す設計用限界地震による地震力に対しその安全機能が保持できること。
- ② B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、その影響の検討をも行うこと。
- ③ C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

5.(1)で述べた設計用最強地震及び設計用限界地震による地震力並びに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。(以下略)

### (3) 基準地震動の評価法

原子炉施設の耐震設計に用いる地震動は、敷地の解放基盤表面における地震動に基づいて評価しなければならない。

敷地の解放基盤表面において考慮する地震動(以下「基準地震動」という。)は、次の各号に定める考え方により策定されていなければならない。(以下略)

## 6. 荷重の組合せと許容限界

耐震安全性の設計方針の妥当性を評価するに際して検討すべき耐震設計に関する荷重の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。(以下略)

## 欧州事業者要求 (European Utility Requirements) での重要度分類

H16/5/19 博田忠邦

欧州の主要な下記の12の事業者が参加しLWRに大対するEURが作成されている。  
 具体的プラントとしてBWR90, EPR, EPP, ABWR, APWR1000への適用も検討されている。

英国 (British Energy plc)、スペイン (Iberdrola for Spain)、フランス (Electricite de France)  
 フィンランド (Fortum and TVO for Finland)、オランダ (NRG for Netherland)、イタリ (SOGIN for Italy)、  
 ベルギー (Tractebel for Belgium)、スウェーデン (Vattenfall / FKA for Sweden)  
 ドイツ (the German utilities federation VDEW)、ロシア (Rosenergoatom from Russia)

ここでは、耐震重要度分類を含め、主要点を紹介する。

### 安全機能の分類及び機器の分類

- 安全機能：2つのレベルの安全機能（制御停止、安全停止を達成し維持する機能で F1(F1A,F1B), F2)、及び、非一安全機能を定義

注) DBE に対して、適用期間が起因事象発生からの時間で下記のように定義されている。

F1A は制御状態まで、

F1B は制御状態から24時間まで（それまでには安全停止状態となる）、

F2 は24時間から72時間まで、

Non-Safety は72時間以降

要件

	F1	F2
単一故障基準	Yes	No
サイト内後備電源供給	Yes	No
機能レインの分離	Yes	No
自動起動	Yes (F1Aのみ)	No

- 設備及び構築物 (Equipment and structure) は、下記に分類される。

安全カテゴリ I、安全カテゴリ II、非一安全

注) 安全カテゴリ II に対しては、品質保証、信頼性データの要件は適用されるが、耐震を含めて検証 Qualification は必要とされていない。

## 耐震重要度分類の原則

- ・ 下記の3分類としている。

耐震カテゴリ I (注1)

耐震カテゴリ S (注2)

耐震カテゴリ N (注3)

注1) レベル1安全機能を果たす全ての構築物と機器は耐震カテゴリ I とする。

この構築物と機器は設計基準地震 (DBE) の影響に耐え、構造健全性を維持し、リークタイトで、安全性を損なうような誤信号の発生がなく、安全の役割を果たす範囲で作動機能があること。

耐震カテゴリ I でないものは、非一耐震カテゴリ I 機器と呼ばれる。

なお、本規定による標準設計では、サイト固有の Safety Shutdown Earthquake (SSE) に対して耐震性があることが期待されている。

注2) 耐震化カテゴリ S は、DBE に対して作動可能性や健全性は要求されないが、その損傷は耐震カテゴリ I の機能を妨げることがないこと。

注3) 耐震カテゴリ N は、I 及び S でないもの。

地震・地震動ワーキンググループにおける検討状況整理表（案）

～委員コメント及びその対応を水色（下線）で記載（第16回WG以降の追加及び修正内容は赤字）～

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>○スラブ内地震の特性と評価方法</p> <p>①震震W第14-1号 「スラブ内地震の特性と評価法について」</p> <p>②震震W第15-3号 「スラブ内地震の特性に関する最新知見と評価方法について」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラブ内地震は、短周期レベルを強く励起し、その傾向には地域性がある。</li> <li>・スラブ内地震による地震動の評価法としては、サイト周辺の地震発生の様式や活動度をよく調査した上で、耐震設計上考慮するか否かを決定し、シナリオ地震を設定（位置、規模）し、サイトでの観測記録等をもとに耐専スペクトルに対する残差を求め、耐専スペクトルでシナリオ地震を評価した結果に上乘せする。</li> </ul> <p>③震震W第15-4号 「スラブ内地震の取り扱い方に関するメモ」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラブ内地震は、震源を特定できる地震として扱うべきである。その場合、<u>海洋プレート内の浅い地震も含めて（修正：石橋委員）</u>、何通りかの深さに、ある上限マグニチュードの震源断層面と震源特性をいくつか複数想定して、経験的手法及び断層モデルに基づく地震動評価を行い、すべてを包絡するような地震動を設定すべきではないか。</li> </ul>	<p>○指針で「スラブ内地震」を明示するか、しないか。</p> <p>○スラブ内地震を、震源を特定できない地震（地震調査委員会の方法）として扱うか、特定できる地震として扱うか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スラブという言葉の意味はプレートテクトニクスで使われている意味に従うべきではないか。例えば、海洋プレート内の浅い地震も含めて「海洋プレート内の地震」とするなど。</li> <li>・スラブ内地震に関する現状の知見では、短周期の励起特性についての深さ依存性と地域依存性を明らかにできるところまで行っていない。これらが分離できるかという問題は今後の検討課題である。</li> <li>・スラブ内地震は、震源を特定できない地震であるが、耐震設計上、サイトから最短の位置に、ある規模の震源を置くとして取扱うことが可能ではないか。</li> <li>・地震調査委員会の検討では、これまでの地震を分類して、地域ごとに既往最大を上限としている。</li> <li>・純粋に地震テクトニクス等を考えて上限を設定できるかもしれないのではないか。</li> <li>・純粋に地震テクトニクス等を考えて、ある場所ではこれを超える地震は起こらないと言い切れるか？</li> <li>・スラブ内地震は、一律に震源を特定できない地震、震源を特定できる地震のいずれかに決めるのではなく、地域的に考えて判断すべきではないか。</li> </ul>	<p>←「分科会に報告すべき内容」全体に関して、表現がすべて「～ではないか。」の疑問形となっているが、意見が一致したものは「～必要がある」等の表現にすべきである。（平野委員）</p> <p>対応：拝承</p> <p>[1] 個別のサイトに影響を及ぼしうるスラブ内地震の考慮にあたっては、震源をある程度特定しつつ、あるシナリオ地震を想定して地震動を評価すべきではないかある。その場合、以下のような方法を考えてはどうか。の提案があった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震規模は、サイト近傍の領域に発生した過去の地震を考慮する。震源位置は、スラブの形状を考慮してサイトから最短距離のところに置く。地震動特性については、観測記録等を基に地域性を考慮した評価を実施する。</li> <li>・地震規模は、地震テクトニクス等を考えて、これ以上の地震は起きないと考えられるところまで想定する。震源は、過去に発生していない深さであっても、起こることが否定できないのであれば、それらも含めて複数想定する。評価方法は、距離減衰式などの経験的な手法と断層モデルによる手法を併用し、全てを包絡する地震動を設定する。</li> </ul>



検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>○地震地体構造の定義と適用方法</p> <p>①震震W第13-3号 「地震地体構造について－「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」(垣見他2003)－」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震地体構造区分というものは、地震の起こり方の地域性に基づいて日本列島を地域区分したもの。</li> <li>歴史地震や活断層の分布の地域的な偏りを基に作られている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震地体構造に関する最新の知見を十分把握した上で地震動を作ることは重要であるが、表マップや新垣見マップのような最大地震規模だけに基づいた図を必ずしも使う必要はないのではないか。</li> <li>地震の起こり方の地域性には、最大地震規模だけでなく、地震発生層の深さや活断層の成熟度に着目した区分など様々なものが考えられるので、それらの最新の知見を十分把握した上で地震動を評価する必要があるのではないか。</li> <li><u>具体的なサイトにとっては、地震地帯構造区分を機械的に適用するよりも、その付近の地震テクトニクス(変動論に密着した地震発生論)を詳細に検討して地震を想定することのほうが重要である。(追加：石橋委員)</u></li> <li>地震調査委員会が検討している、98断層に基づくシナリオ地震地図あるいは確率論的地震動予測地図が今年度中に完成するのであるから、そうした地図を活用した方がよいのではないか。</li> <li>地震地体構造は、基準地震動を決める一つの材料になるのではないか。</li> <li>活断層が明確でない地域の地震規模を決めるのには役立つかもしれない。</li> </ul>	<p>[2] 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をある精度をもって考慮できれば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に基づいた地震を別個に考慮せず、必要に応じ参考として活用すれば十分ではないかある。</p> <p>←「ある精度を持って」の表現は曖昧であり、指標あるいは例示等をあげる必要があるのではないか。(平野委員)</p> <p>対応：拝承</p> <p>[3] 地震の起こり方の地域性には、着目点により最大地震規模だけでなく、地震発生層の深さや活断層の成熟度に着目した区分など様々なものが考えられるので、審査時点でのそれらの最新の知見を考慮して地震動を評価することが必要ではないかある。</p> <p>←「様々なもの」の表現は曖昧であり、指標あるいは例示等をあげる必要があるのではないか。(平野委員)</p> <p>対応：拝承</p>

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>○地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係</p> <p>①震震W第 14-2-1 号 「地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地表で認識される活断層の長さを特定できれば、それによって、地下の震源断層の長さを推定することが可能である。</li> </ul> <p>②震震W第 14-2-2 号 「断層長さ地震規模との関係式について」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 松田式 (1975) は震源断層の長さ地震規模との平均的な関係を示すものである。</li> </ul> <p>③震震W第 16-1 号 「活断層調査高度化に関する電気協会での検討状況について」</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 松田式 (1975) は、基となったデータに用いられている仮定条件等に留意する必要があるのではないか。</li> <li>・ M6.8 から上の地震規模に対しては、活断層の長さを松田式 (1975) に使えば、地震規模を安全側に評価できるのではないか。</li> <li>・ 短い活断層に松田式 (1975) を適用して地震規模を評価すると過小評価になる場合があるので注意が必要ではないか。</li> <li>・ 短い断層に対しては、松田式を使わず、M7 クラスを予測することが必要ではないか。</li> <li>・ セグメンテーションとグルーピングの問題が解決しないと、震源断層の長さを特定することはできないのではないか。</li> <li>・ セグメンテーションは、一般的なルールを作ることは困難であり、サイトごとに取扱うべきではないか。</li> <li>・ 地震調査委員会の検討では、セグメンテーションとグルーピングについて、ある一定のルールを採用しているので参考となるかもしれない。</li> <li>・ 短い断層が見つかった場合は、地下に、ある規模以上の地震を起こす可能性がある伏在断層が存在する可能性がある。</li> <li>・ 地震の規模は、地表の断層長さだけでなく地震発生層の深さを考慮したり、断層のタイプを考慮したりして決めるべきではないか。</li> <li>・ 活断層の長さを決める際には、どの程度詳細な地質調査を行うかを考慮すべきであり、詳細な調査を行わない場合には保守的に評価すべきではないか。</li> </ul>	<p>[4] <u>震源耐震設計上考慮する活断層の長さから地震規模を想定する際にの関係を表す経験式の適用にあたっては</u>その場合は、その基となっているデータやその仮定条件、適用結果の傾向などに<u>十分留意を踏まえ、地震規模を過小評価することがないようにする必要があるのではないか。</u></p> <p>←<u>削除する。これに代わりに書くとしたら以下か。</u> 「松田式 (1975) は、地表の活断層の長さ地震規模の関係を与える式ではないので、その適用には最大限の注意が必要であり、地震規模を過小評価しないようにすべきである。」(石橋委員、注：詳細な記述は石橋委員コメント「●<u>「地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係」の項目について</u>」を参照)</p> <p>対応：耐震設計上考慮する活断層の長さから地震規模を想定するというプロセスは必要であるので、<u>矛盾が生じないように修正。</u></p> <p>←「十分留意する必要」の表現は曖昧であり、<u>指標あるいは例示等をあげる必要があるのではないか。(平野委員)</u></p> <p>対応：拝承</p>

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<ul style="list-style-type: none"> <li>鳥取県西部地震により得られた知見を踏まえ、現行の調査手法を高度化するための検討が(社)日本電気協会において行われており、指針改訂に併せ、必要に応じて、さらに検討が行われる予定である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査結果をどのように判断するか、また、どのように評価に取り入れていくか、についての詳細は、個別審査において慎重に検討されるべきではないか。</li> <li>詳細な調査を行った結果、短い断層しかわからなかった場合に、調査手法の確度を考慮して、安全側どの程度までの規模を考えていかなければならないかということが重要なポイントではないか。</li> <li>電気協会の検討では、調査手法の確度等を考慮して、調査範囲と調査手法等を設定している。</li> <li>鳥取県西部地震によって生じた課題を認識し、その課題に対する検討を行う過程で得られた知見をもとに、調査手法に新たな要素を盛り込んでいくことは必要である。</li> </ul>	<p>[5] 活断層の長さを評価する際には、どの程度詳細な地質調査を行うかを考慮すべきであるが、もし詳細な調査を行わなかった場合、もしくは行っても必要な情報が得られなかった場合には、活断層の長さを過小評価することがないように、保守的に評価することが必要ではないかある。</p> <p>「保守的に評価する」の具体的内容については、以下の意見があった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>短い活断層が見つかった場合にある一定の地震規模を考えるなど、一般的なルール付けをすべきである。</li> <li>実際の審査の段階で個別に扱うべきことである。</li> </ul> <p>←「保守的に評価する」の表現は曖昧であり、指標あるいは例示等をあげる必要があるのではないか。(平野委員)</p> <p>対応：拝承</p> <p>[6] 調査手法については、地震の経験や調査技術の進歩を踏まえ、最新の知見を取り入れ、高度化していくことが重要ではないかある。</p>
<p>○鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理</p> <p>①震震W第13-1-1号 「鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理について－産業技術総合研究所の調査結果－」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地形学的手法 (リニアメントの分布等)、地質学的手法 (断層破碎岩の分布・性状等)、その地域に最適な地球物理学的手法</li> </ul>	<p>○鳥取県西部地震のような地震を今後予測できるのか否か。また、その方法は。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>震源を特定できない地震規模とも関係するので、鳥取県西部地震を事前に予測できたかどうかは重要である。</li> <li>鳥取県西部地震を事前に予測できたかどうか議論するよりも、将来起こる可能性がある地震を設計でどのように想定するかという観点で検討した方がよい</li> </ul>	

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>を総合することによって、鳥取県西部地震のような地震が発生する場所を予測(特定)することが可能となる道筋が示された。</p> <p>②震震W第 13-1-2 号 「鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理について－産業技術総合研究所と土木学会の調査結果の比較－」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>断層地形の不明瞭な活断層の特徴を考慮した調査手法を用いれば、鳥取県西部地震の活断層を事前に抽出することが可能であった。</li> </ul> <p>③震震W第 16-1 号 「活断層調査高度化に関する電気協会での検討状況について」(再掲)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>鳥取県西部地震により得られた知見を踏まえ、現行の調査手法を高度化するための検討が(社)日本電気協会において行われており、指針改訂に併せ、必要に応じて、さらに検討が行われる予定である。</li> </ul>	<p>のではない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dランクのリニアメントについて詳細に調査を行えば、地震規模まで想定できるのではない。</li> <li>地形学的手法(空中写真判読)のみでは十分ではないので、地質学的手法などと併せて検討することが重要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>判読は解釈である以上、個人差を完全には排除できない。</li> <li>活断層以外の成因によるものを完全には排除できない。</li> </ul> </li> <li>もし、鳥取県西部地震が発生していなかったら、事前に詳細な調査を実施したとしても、規模まで予測することは困難ではないか。</li> <li>鳥取県西部地震に関する議論は「後予知」に似ており、<u>結果を知らない将来の地震に対しては見解が必ず割れて、予測できないと思われ、また、「大地震が起こらない」と結論することは至難であると思われるので、結局、限界地震として M7 クラスの直下地震を想定する必要性を強く示唆するのではないか。(追加：石橋委員)</u></li> <li>個別の断層が短い場合、詳細調査により地下の震源断層の範囲まで評価できる地域もありうるが、一般には必ずしも評価できるとは言えないのではないか。</li> <li>鳥取県西部地震によって生じた課題を認識し、その課題に対する検討を行う過程で得られた知見をもとに、調査手法に新たな要素を盛り込んでいくことは必要である。</li> </ul>	<p>[7] 敷地近傍で詳細な調査を実施すれば、今後も起きることが否定できない鳥取県西部地震のような地震の震源となり得る断層は、活断層調査の段階で、<u>予め何らかの形で抽出されるのではないか</u>であろう。</p> <p>ただし、将来起こる可能性のある地震としてどこまで予測できるかについては、意見に以下のような相違点があった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>位置及び規模をある程度予測可能である</u></li> <li><u>位置はある程度予測できても規模まで予測するのは困難である</u></li> <li><u>位置及び規模ともに予測困難な場合も少なくない</u></li> </ul> <p>← □ 内に「<u>位置も規模も予測困難な場合も少なくない</u>」を追加すべき(石橋委員)</p> <p>対応：拝承</p> <p>[6] 調査手法については、地震の経験や調査技術の進歩を踏まえ、最新の知見を取り入れ、高度化していくことが重要ではないかある。(再掲)</p>

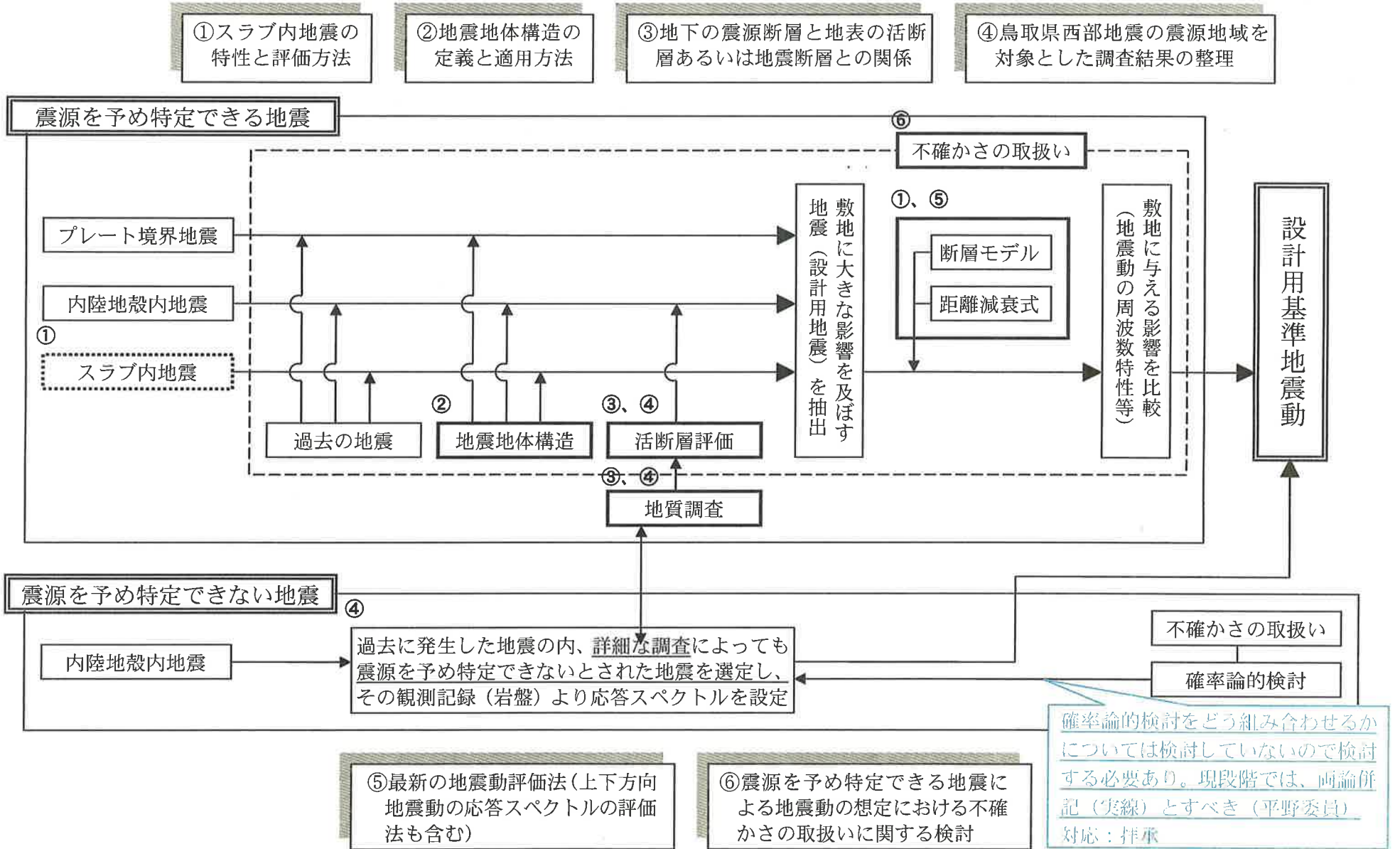
検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>○最新の地震動評価法（上下方向地震動の応答スペクトルの評価法を含む）</p> <p>①震震W第 13-2 号 「最新の経験的地震動評価法について－基準地震動の合理的な策定方法－」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・解放基盤表面における水平および上下地震動は、地震基盤における水平地震動を共通として、これに水平動の地盤増幅率および上下動の地盤増幅率を乗じて求められる。</li> </ul> <p>②震震W第 15-5 号 「震源を予め特定できる地震による地震動の想定について－断層モデルを用いた強震動予測－」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動学的な断層モデルについては、断層パラメータの設定方法がレシピという形でほぼ確立されているので強震動予測に適用可能である。</li> <li>・動力学的な断層モデルについては、長周期（2～20 秒）の地震動が再現できるようになりつつあるが、それより短周期の地震動の再現は今後の研究課題である。</li> </ul>		<p>〔8〕 水平方向および上下方向の基準地震動の評価は、経験式による簡易法と断層モデルによる詳細法を必要に応じて併用することが必要ではないかある。断層モデルによる詳細法は、敷地に大きな影響を与える地震のうち、震源の破壊過程が及ぼす影響が大きな地震について用いることとしてはいかがかが好ましい。</p>
<p>○震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさの取扱いに関する検討</p> <p>①震震W第 15-5 号 「震源を予め特定できる地震による地震動の想定について－断層モデルを用いた強震動予測－」（再掲）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動学的な断層モデルについては、断層</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力学的な研究から、決定論的に地震動の強さの上限がわかると、将来起こる可能性がある地震の想定に対して、非常に有用な情報を与えるのではないか。</li> <li>・将来起こる可能性がある地震については、震源パラメータのばらつきを経験的データによって決めるしかない。そのばらつきに対して物理的なある種の拘束が見出すことは現段階では非常に難しいであろう。</li> </ul>	

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
<p>パラメータの設定方法がレシピという形でほぼ確立されているので強震動予測に適用可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 動力学的な断層モデルについては、長周期 (2~20 秒) の地震動が再現できるようになりつつあるが、それより短周期の地震動の再現は今後の研究課題である。</li> </ul> <p>②震震W第 15-6 号 「震源を予め特定できる地震による地震動の不確定性に関する最新知見と評価方法について」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震・地震動の評価モデル内には不確定性が存在し、地震動を設定するまでに介在する様々な不確定性を陽に示した上で、それに対する意思決定のプロセスも陽に示していくことが重要である。ロジックツリーはそのための有力な手法である。</li> </ul> <p>③震震W第 16-2 号 「地震ハザードの不確定性評価におけるロジックツリーの概要」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ JNES の地震ハザード不確定性評価における専門家意見の抽出・集約とロジックツリー作成手順を紹介し、専門家意見の抽出・集約に関する留意事項を示した。</li> <li>・ 米国の規制における具体的事例として、「不確定性と専門家判断活用に関するガイドンス」を紹介した。</li> </ul>	<p>主な論点 (○) と意見 (・)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 断層モデルを適用する場合には、調査を詳細に実施して震源パラメータ設定のためのデータを絞り込み、幅をなるべく狭くすることが重要ではないか。</li> <li>・ <u>断層モデルを適用する場合、不確定性の大きなマイクロのパラメータや、アスペリティ・破壊開始点の位置などは、安全サイドに設定すべきである。(追加：石橋委員)</u></li> <li>・ ロジックツリーは、不確定性を扱う際のひとつの考え方だと思うが、専門家の抽出方法、意見の取りまとめ役の選び方、そのまとめ方などにより、その客観性が課題になるのではないか。</li> <li>・ <u>この手法が内包する様々なプロセスを、申請者が適切に実施することが現実的に可能であろうか。</u></li> <li>・ <u>不確定性を考慮する手法については、申請者が自らの知見や技術的能力を最大限に発揮して選定・実施すべきであり、その妥当性は個別の安全審査で判断されることになるのではないか。</u></li> <li>・ <u>不確定性を考慮する手法の事例は紹介されたが、それを確率論的評価という形で取り入れられた場合に審査を行う際の審査基準は示されていないのではないか。</u></li> <li>・ コンセンサス作りと意見の集約の過程で、専門家ひとりひとりの意見が別の形になってしまうことが有り得るので、このようなプロセスが、日本の文化に受け入れられるかという観点での検討が必要ではないか。</li> <li>・ 工学的な判断を専門家が行う過程では、頭の中でロジックツリーのようなプロセスを必ずとっているは</li> </ul>	<p>分科会に報告すべき内容*</p> <p>[9] 震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさについては、客観性・説明性を有する何らかの形で考慮することが必要ではないかある。</p> <p><u>補足：基準地震動評価に考慮する場合、確率論的な検討の位置付けは以下が考えられる。なお、確率論的評価を審査で扱う場合、その妥当性は実際の審査で判断されることになる。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地震ハザード解析結果をもとに頻度概念により確率論的に地震動を設定する。</li> <li>・ 確定論的に地震動を設定し、地震ハザード解析結果を参照して確率論的に補強する。</li> </ul> <p><u>←補足に「但し、確率論的評価結果の審査を行う際の審査基準は示されていない。」を追記すべき。(衣笠委員)</u></p> <p><u>対応：意見として追加</u></p>

検討項目に関連する資料及び報告された知見	主な論点 (○) と意見 (・)	分科会に報告すべき内容*
	<p>ずであり、そのプロセスを明らかにすることが重要で、そうすることにより工学的な判断に対する説明性が高まるのではないか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・不確実性評価の体系的な方法を持つことの重要性、確率論的不確実性評価法の有効性や、体系的・組織的な不確実性評価法が持つ透明性と説得力の重要性について認識すべきではないか。</li> <li>・地震ハザード評価法として、確率分布論とロジックツリー技法を組合せた不確実性評価法が開発されつつあり、その成果を原子力施設の設計や既存施設の評価に反映することを目指すべきではないか。</li> <li>・指針に具体的な手法まで記載することはないが、不確実性について考慮することは記載する必要があるのではないか。また、ロジックツリーを用いた手法は、ひとつの合理的な方法の例として解説等に記載することが一案として考えられるのではないか。</li> <li>・<u>ここでは、不確実性について考慮しなさいと指針に記載するか検討すればよいのであって、その手法をどうするかは事業者の方で考えるべきではないか。</u></li> <li>・<u>「震源を予め特定できる地震」について、「確率論的方法における不確実性（ばらつき）の取り扱い」に関する考え方の説明及び議論がまだなされていないので検討の必要がある。（例えば、不確かさの要因ごとに完全包絡をするのか、工学的判断を行う指標をどうするのか等について）</u></li> </ul>	<p>[10] <u>用いる手法については、申請者が現実的に適切に実施することが可能なように、また、手法が公正さや客観性を持って適用されるように、ガイドライン等が学協会により整備されることが望ましい。不確実性を考慮する手法については、指針に記載されるものではなく、申請者が自らの知見や技術的能力を最大限に発揮して選定・実施されるべきであり、その妥当性は個別の安全審査で判断されることになる。（なお、具体的な手法については、今後、ガイドラインという形での検討がなされる方向であるとの紹介があった。）</u></p> <p>←WGでは、このような意見は出ていなかった。審査指針の検討とは無関係なので、削除すべき（衣笠委員）</p> <p>対応：WGでの意見や紹介内容をもとに全文を修正</p> <p>←「震源を予め特定できる地震」について、「確率論的方法における不確実性（ばらつき）の取り扱い」に関する考え方の説明及び議論がまだなされていないので検討の必要がある。（例えば、不確かさの要因ごとに完全包絡をするのか、工学的判断を行う際の指標をどうするのか等について）（平野委員）</p> <p>対応：意見として追加</p>

\* [ ] 内は、意見が一致していないもの、もしくは、補足として事務局が追加したもの

添付：基準地震動策定のフローと検討項目（6項目）との関係





衣笠委員のコメント（編集したもの）

(2004/05/14 16:23):

衣笠@東工大です。

遅くなりましたが、下記の点について御検討下さい。

6ページ右欄 [10]のような意見はワーキングでは出なかったと思います。また、審査指針の検討とは無関係なので、削除すべきと考えます。

以下を、[9]の補足に追記して頂きたい。

「但し、確率論的評価結果の審査を行う際の審査基準は示されていない。」

「理由」

PSAについては何度か説明があったが、説明はPSAによる安全評価の方法や事例であり、ワーキングで検討すべき審査に当たっての審査基準は示されていない。

安全審査、特に行政庁による一次審査は、透明性のある審査基準に基づいて「機械的」に行われるべきものであり、専門家や「権威」が介在する余地が有ってはならない。

このため、整理表にも、審査基準は示されなかった事を明記しておいた方が良くと考えます。

本来ならワーキングで発言すべきでしたが、事務局で「補足」を書かれるなら、そこに追記して頂ければ幸甚です。

以上、宜しく御検討下さい。

## 石橋委員コメント（編集したもの）

1. 2004/05/17 12:59

14日という締切を過ぎてから細切れにコメントをお送りして済みませんでした。これが最後です。

このメールのコメントは、3月3日のWG第14回会合の議論の続きという趣もありますので、皆様に Cc. させていただきますことをお許しください。

### ●「地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係」の項目について

右欄「分科会に報告すべき内容」に、「[4] 震源断層の長さ地震規模の関係を表す経験式の適用にあたっては、その基となっているデータやその仮定条件、適用結果の傾向などに十分留意する必要があるのではないか。」とありますが、これは二重の意味でおかしいと思います。

第1に、「震源断層の長さ地震規模の関係を表す経験式」と一般論的に言った場合、そういう式は本来、震源断層パラメータの解析結果に基づいて導出されるものであり、（当然バラツキは含みますが）「その基となっているデータやその仮定条件、適用結果の傾向などに十分留意する必要がある」などと言われる筋合いはないものだと思います。

第2に、耐震設計という実際の作業においては、「震源断層の長さ地震規模の関係を表す経験式」を「適用」しようとする要請は、基本的にないと思います（断層モデルで強震動を計算しようとする場合は別の話）。設計用地震動を設定するために想定する地震の規模は当初未知ですが、基本的にその規模そのものを反映するといつてよい震源断層も地下に隠れていて未知なのであり、未知なものから未知を知ろうとすることはないでしょう。

この[4]の一文が出てきたのは、従来、活断層の長さ（既知）から未知の地震規模を教えてくれるとされていた「松田式（1975）」が、実は、活断層の長さ地震規模の関係式ではなくて、震源断層の長さ地震規模の関係を示す式に近いことが明らかになったからだと思います。

「震源断層の長さ地震規模の関係を表す経験式」というのは、実質的には「松田式（1975）」のことなのでしょう。

事務局による「震震W第14-2-2号」の松田式の分析結果は、私も全く同様のことを2001年以来あちこちでパワーポイントで説明してきましたので、賛成します。

つまり、松田式は、活断層または地表地震断層の長さ地震規模の関係を表す経験式ではありません。

（しかし、また、震源断層の長さ地震規模の関係を求めようとして導かれたわけでもありません。様々なデータを混用したことと、2点を固定して直線を引いたために、いわば「怪我の功名」として「震源断層長 vs. 地震規模」もどきの式になったのだと思います。が、これは、今はどうでもよいことです。）

耐震設計で我々が欲しいのは、地表付近で知られる活断層の長さ地震規模の関係です。

非常に重要なことは、松田式がその関係式ではないことが広く認められた現在、「活断層の長さ地震規模の関

係式は無い」ということだと思います。

以上の考察を踏まえて、右欄の[4]は削除したほうがよいと思います。

これの代わりに何か書くとしたら、例えば、「松田式(1975)は、地表の活断層の長さ地震規模の関係を与える式ではないので、その適用には最大限の注意が必要であり、地震規模を過小評価しないようにすべきである」くらいでしょうか。

なお、非常に細かいことですが、3ページの中欄の上から5番目の「・」の一文は、「短い断層が見つかった場合は、地下に【、】ある規模以上の地震を起こす可能性がある伏在断層が存在する可能性がある。」と、【、】の読点を打ったほうがよいと思います。(もう少しいじって、「短い活断層が見つかった場合は、地下に、M7クラスの地震発生能力をもつ潜在断層が存在する可能性がある。」としたほうがわかりやすい;私の意見だったかと思いますが、そうであれば、「M7クラス」と明示していただいたほうがよいです)

2. 2004/05/17 10:42

また追加で申し訳ありません。

●「震源を予め特定できる地震による地震動の想定における不確かさの取扱いに関する検討」の項目について

「意見」として以下を追加していただきたいと思います。これを「分科会に報告すべき内容」に反映させていただけると、さらによいのですが。

・断層モデルを適用する場合、不確定性の大きなマイクロのパラメータや、アスペリティ・破壊開始点の位置などは、安全サイドに設定すべきである。

3. 2004/05/17 10:05

また細切れにコメントをお送りして申し訳ありません。

●「スラブ内地震の特性と評価方法」の項目について

左の欄で、・震震W第15-4号「スラブ内地震の取り扱い方に関するメモ」の紹介として、「・・・起こるか起こらないかわからないような地震(例えば太平洋プレートの浅い地震など)についても考慮し」とありますが、これだと震震W第15-4号の全部を見ていない分科会委員には誤った印象を与えるかもしれないと思います。

以下のようによいのではないのでしょうか？

「スラブ内地震は、震源を特定できる地震として扱うべきである。その場合、海洋プレート内の浅い地震も含めて、何通りかの深さに、ある上限マグニチュードの震源断層面と震源特性を複数想定し

て、…」

4. 2004/05/17 9:18

以下の意見を追加していただければ幸いです。

●「地震地体構造の定義と適用方法」の項目への「意見」の追加

・具体的なサイトにとっては、地震地体構造区分を機械的に適用するよりも、その付近の地震テクトニクス(変動論に密着した地震発生論)を詳細に検討して地震を想定することのほうが重要である。

なお、同じ項目の「分科会に報告すべき内容」の[3]は抽象的ですが、上記のような意見が含まれるのだらうと思います。(「地震テクトニクス」とは何かが曖昧だと言われるかもしれませんが)

5. 2004/05/17 8:57

昨夜メールを1本お送りしましたが、意見の追加をお願いいたします。

●「鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理」の項目への「意見」の追加

・鳥取県西部地震に関する議論は「後予知」に似ており、結果を知らない将来の地震に対しては見解が必ず割れて、予測できないと思われる。また、裏返しのこととして「大地震が起こらない」と結論することは至難であらう。結局、限界地震としてM7クラスの直下地震を想定する必要性を強く示唆すると思われる。

●同じ項目の「分科会に報告すべき内容」への追加

[7]の[ただし、…以下のような相違点があった。]に次の意見を追加してください。

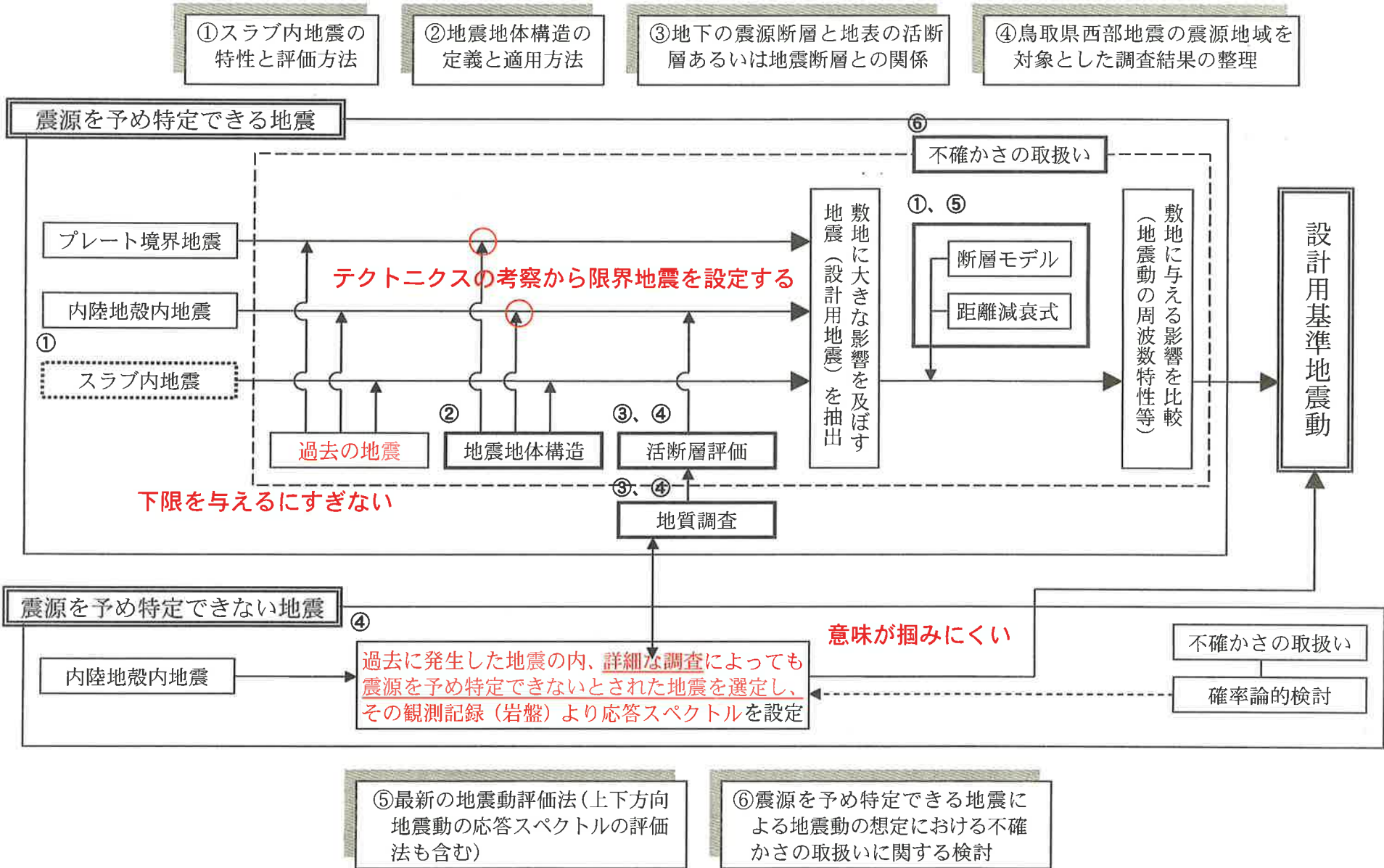
・位置も規模も予測困難な場合が少なくない。

(補足説明をしますと、或る地震像を予測する見解と、大地震は起こらないという見解が対立して、決着が付かず、実質的に予測不可能となるケースが多いと思われます)

6. 2004/05/16 23:29

フロー図

添付：基準地震動策定のフローと検討項目（6項目）との関係



## 地震・地震動ワーキンググループにおける検討状況整理票（案）に対するコメント

1. この整理票（案）の6項目は、昨年12月時点での残された課題であるが、地震・地震動ワーキンググループの報告としては、他の検討済み項目も含めた全体についてのまとめが必要ではないか。

例えば、「震源を予め特定できない地震」の取り扱いなど。

2. この整理票（案）の6項目のまとめについては大きなコメントはないが、まだ議論しつくされていないものもあり、以下にコメントを述べる。

①分科会に報告すべき内容の〔2〕「・・・ある精度を持って・・・」、〔3〕「・・・様々なもの・・・」、〔4〕「・・・十分留意する必要・・・」、〔5〕「・・・保守的に評価する・・・」、の表現は曖昧であり、それぞれ指標あるいは例示等をあげる必要があるのではないか。

②分科会に報告すべき内容の表現がすべて「・・・ではないか。」の疑問形となっているが、意見が一致したものは「・・・必要がある。」等の表現とすべきである。

③「震源を予め特定できる地震」について、「確定論的方法における不確定性（ばらつき）の取扱い」に関する考え方の説明及び議論がまだなされていないので検討の必要がある。（例えば、不確かさの要因ごとに完全包絡をするのか、工学的判断を行う際の指標をどうするのか等について）

3. この整理票（案）の6項目を含む全体のまとめについてのコメント。

①「震源を予め特定できない地震」について、確定論的方法（観測記録の包絡）と確率論的方法をどう組み合わせるかについては検討していないので検討する必要がある。また、資料P.8の基準地震動策定フロー図で「確率論的検討」が点線矢印となっているのはどのような意味か。これらについては、現段階では両論併記（ともに実線）とすべきである。

②「震源を予め特定できる地震」と「震源を予め特定できない地震」をどのように統合して「設計用基準地震動」を決めるのか検討していない。今後、検討すべきである。

③基本ワーキンググループから提案された耐震指針高度化のあり方に関する中間報告（震分第

6-4号、平成15年8月20日)で述べられている「原子炉施設の寿命を安全側に100年とし、この100年間に100分の1となるような激しさの地震動に基づいて基準地震動を設定することが考えられる」という基準地震動の決め方についてもまだ検討をしていないので、技術的に可能かどうか検討する必要がある。技術的に難しい場合は、基準地震動を決める際に発生頻度に関してどのような考慮をするか、何らかの指標が与えられるか、或いはまったく考慮しなくて良いか(すべての不確かさの完全包絡とすれば不要)を検討する必要がある。なお、現行の耐震設計審査指針においても、荷重の組合わせに関しては事象の発生頻度を考慮するような表現になっている。(具体的な審査で用いられている日本電気協会のJEAGにおいても、発生頻度を考えて組合わせが決められている。)

上記2③項と、3①②③項については、地震・地震動WGを開催して、基本的な考え方を分科会に報告する必要があると考えます。

以上、よろしくお願い致します。

### 3. 地震力

#### 3.1 地震力の算定

地震力は基準地震動に基づいて策定しなければならない。ここで、基準地震動とは、プラント寿命中に発生する確率は非常に小さいが、立地地点に発生し得る地震動である。

さらに、基準地震動には、潜在する活断層による地震動として考慮すべきスペクトル強さ以上のスペクトル強さを有するものを含まなければならない。

また、基準地震動は水平方向と鉛直方向を設定し、策定された両方向の地震力を適切に組合せなければならない。

#### 【解説】

原子炉施設に作用する地震動の強さは、共用期間内において生じる可能性の大きさに依存する。そのため、保有すべき性能に応じた地震力を設定することが合理的である。

基準地震動の決定に際して、敷地に大きな影響を及ぼす地震を特定する必要がある。これらの地震の設定に当たっては、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及び敷地に影響を与えるおそれのある活断層による地震（及び地震地体構造上の地震）を考慮する必要がある。ここで、敷地に影響を与えるおそれのある活断層とは、5万年前以降活動したもの又は地震の再来期間が5万年未満のものをいう。上記の地震に関しては以下の点に留意する必要がある。

- ・過去の地震に関しては、地域によって地震の空白域が存在することが認められており、このような場合には、周辺領域の地震について十分な調査を行う必要がある。
- ・敷地に影響を与えるおそれのある活断層に関しては、セグメンテーションや活動履歴等の活断層評価を適切に行う必要がある。

また、地震の規模、発生頻度及び発震機構にも注意する必要がある。

（また、地震の発生機構に着目すると、地震はプレート境界の地震、地殻内の地震及び沈み込むプレート内部の地震に分類されるが、この観点からも注意する必要がある。）

（一般に、考慮すべき地震の位置、規模、破壊過程及び発生時期は正確に予測できないため、結果として想定される地震動にも不確定性が存在する。地震動の設定にはこれらの持つ不確定性に注意しなければならないが、同時に、不確定性を生む要因が異なる現象によるものであることにも注意しなければならない。）

内陸地殻内で発生する地震のうち、地表に痕跡を残さず、事前の地震活動調査及び地質調査等によっても震源を特定できない地震があり、この地震が敷地周辺において発生した場合を考慮する必要がある。このような地震に関しては、過去に発生した地震震源近傍の地震動の観測記録による地震動評価を行うと共に、断層モデルや距離減衰式等を用いた確率論的見地からの評価を行い、適切に考慮しなければならない。

水平地震力と鉛直地震力の組合せに関して、両方向の地震動を同時に入力する場合、独立に入力しそれぞれの応答値を組合せる場合等がある。いずれの場合においても、両方向を適切に組合せなければならない。

（静的地震力）、（3.1と3.2を再構成）、

（事故とも絡む、確率的見知からの地震動  $10^{-4}$  の設計上での定義を記載するならここか）



表 I - 1 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

発生確率		1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$										
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV																
基準地震動の発生確率 (1/年)				$S_1$	$S_2$																
基準地震動 $S_1$ との 組合せ	従属事象	$S_1$ 従属																			
	独立事象																				
	1分以内											$S_1 + II$									
	1時間以内											$S_1 + II$ $S_1 + III$									
	1日以内											$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$									
1年以内	$S_1 + II$ $S_1 + III$ $S_1 + IV$																				
基準地震動 $S_2$ との 組合せ	従属事象	$S_2$ 従属																			
	独立事象																				
	1分以内											( $S_2 + II$ は $10^{-9}$ 以下となる)									
	1時間以内											$S_2 + II$ $S_2 + III$									
	1日以内											$S_2 + II$ $S_2 + III$									
1年以内	$S_2 + II$ $S_2 + III$ $S_2 + IV$																				

注：(1) 発生確率から見て

← 組合せが必要なもの。

←..... 発生確率が $10^{-7}$ 以下となり組合せが不要となるもの。

(2) 基準地震動 $S_2$ の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年を用いた。

(3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

各国の耐震重要度分類の比較

	日本	米国	仏国	独国	IAEA
耐震重要度分類の定義	<p>A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、その影響、効果の大きいもの</p> <p>Bクラス 上記において、影響、効果が比較的小さいもの</p> <p>Cクラス A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</p> <p>クラス別施設を別紙-1に示す。</p>	<p>耐震カテゴリー I 安全停止地震が発生した場合、原子炉施設の構築物、系統、及び機器がその機能を保持するよう設計しなければならない。 その対象は、以下に示す通り。 (a) 原子炉冷却材圧力バウンダリの保全 (b) 原子炉を停止できること及び安全に原子炉停止の状態を維持できること (c) 敷地境界外での潜在的な被ばく線量が10CFR100指針の被ばく線量(全身25rem、甲状腺300rem)に適合するように事故の影響を防ぐかもししくは軽減すること</p> <p>非耐震カテゴリー I クラス分類を別紙-2に示す。</p>	<p>耐震カテゴリー I 原子炉建屋、原子炉建屋周辺にあつて放射性物質の封じ込めに必要な設備、安全機能等を持つ建屋、原子炉施設特有の安全機能等を持つ建屋・海洋構造物等である。</p> <p>非耐震カテゴリー I 分類の基本的系統を別紙-3に示す。</p>	<p>耐震クラス I 耐震クラス I に属する機器及び構造物は、以下の通りである。 - 安全停止機能、安全停止状態維持機能、残留熱除去機能を担う機器及び構造物 - 破損又は故障すると放射性物質の放出事故に至るおそれのある機器及び構造物 - 放射性物質の環境への放出を防ぐ機能を担う機器及び構造物 すなわち、耐震クラス I の機器及び構造物は、設計基準地震の荷重を受けても各々の安全機能が維持されるように設計することとしている。また、設計基準地震の荷重とその他の荷重が同時に生じて、応力や変形等は許容基準は超えてはならないこととしている。</p> <p>耐震クラス II クラス分類を別紙-4に示す。</p>	<p>耐震分類1 全ての安全上重要な設備に関連し、SL-2レベルの地震に耐えるように設計する。以下の設備とその支持構造物を含める。 (1) SL-2による損傷で、直接的、間接的に事故を引起す設備 (2) 原子炉の停止、臨界パラメータの計測、原子炉の停止状態の維持、及び長期間の崩壊熱の除去に必要な設備 (3) 許容値を超える放射線の放出を防止あるいは緩和するために必要な設備</p> <p>耐震分類2 「安全上重要でない設備」を含め、本分類の設備が耐震分類1及び3の設備の安全上の機能、及び安全に関連した運転員の操作に影響を与えないこと。 サイトへのアクセス性、及び緊急避難計画の実行に必要な設備を含める。</p> <p>耐震分類3 原子炉には関連しないが放射性のリスクのある設備(例:使用済燃料建屋、放射性廃棄物建屋)。</p> <p>耐震分類4 分類1, 2, 3に属さない設備。 クラス分類の例を別紙-5に示す。</p>
耐震設計評価 地震力の評価	<p>動的及び静的地震力</p> <p>水平動的地震 設計用限界地震動(S<sub>2</sub>) 設計用最強地震動(S<sub>1</sub>)</p> <p>鉛直地震力 水平×1/2(静的)</p>	<p>動的地震力 (根拠を示せば静的地震力も認められる)</p> <p>安全停止地震(SSE) (100~750gal)</p> <p>運転基準地震(OBE) (大きさは事業者が決定) (参考資料)</p> <p>水平×2/3~1</p>	<p>動的地震力 (鉛直方向は静的地震力も認められる)</p> <p>安全停止地震(SMS) (~300gal)</p> <p>運転基準地震(SMHV) (SMS×1/2)</p> <p>水平×2/3</p>	<p>動的地震力 (根拠を示せば静的地震力も認められる)</p> <p>設計基準地震(DBE) (50gal~)</p> <p>水平×1/2</p>	<p>動的地震力</p> <p>SL-2 : しばしばSSEに対応, 年超過確率10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup>程度</p> <p>SL-1 : SL-2より低いレベル, 年超過確率10<sup>-2</sup>程度</p> <p>水平地震力と組み合わせる</p>
耐震重要度分類と適用地震	<p>As : S<sub>2</sub>を適用</p> <p>A : 静的地震力及びS<sub>1</sub>を適用</p> <p>B : 静的地震力を適用 (支持構造物との共振の恐れがある場合S<sub>1</sub>の1/2を適用)</p> <p>C : 静的地震力のみ</p>	<p>耐震カテゴリー I : SSE</p>	<p>耐震カテゴリー I : SMS, SMHV</p>	<p>耐震クラス I : DBE</p>	<p>耐震分類1及び3 : SL-2</p> <p>耐震分類2(耐震分類1及び3と相互作用のある設備) : SL-2(許容基準は異なる)</p>

IAEAについて、“Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants”(Draft)の要約を添付に示す。

現行の安全設計と耐震設計の考え方の対比について

項目	安全設計（内的事象）	耐震設計	考 察
想定事象と設計目標	安全設計上想定すべき事象（起動停止、出力運転状態、故障、事故時）に対する安全機能の確認。	設計上想定すべき地震に対する安全機能の確認。（但し、設計では左記荷重を適切に組み合わせる）	安全設計では個別事象（ランダム故障等）を対象として個々の施設を設計。耐震設計では各施設に共通要因事象である地震が対象。
安全確保の基本的考え方	<p>多重性、多様性及び独立性を備えた設計。</p> <p>機器の単一故障等を想定しても所定の安全機能が確保できる設計。</p> <p>深層防護の観点から一定の機能喪失を考慮しても影響が拡大しない設計体系。</p>	<p>地震により機能喪失を起こした場合の環境への影響を考慮して重要度を分類。</p> <p>重要度に応じた設計用地震力に対し、施設を破損させないための構造強度設計と必要な安全機能の維持確認。</p> <p>想定地震力に対し、深層防護の観点からの機能喪失は考慮していない。</p>	<p>主にランダム故障を対象とした安全設計において、安全裕度を確保するためには、安全上重要な施設に冗長性（多重性、多様性及び独立性）をもたせることが最も有効。</p> <p>耐震設計は対象が地震力という荷重であることから、それに耐える設計体系が安全確保の観点で最も有効。</p> <p>現行指針制定以前の耐震設計は、設計用地震力（現行S1相当）で設計された安全上重要な施設のうち特に重要な施設に対し、安全裕度確認地震（現行S2相当）で安全機能が担保できることとしていた。</p> <p>現行指針も、それ以前の思想を踏襲し、S1で設計されたAクラスのうち、特に重要な施設（Asクラス）をS2にて安全裕度を確保する思想であったと推測できる。これは、地震力が共通要因事象であることを考慮すれば、安全上重要な施設をAsクラスとAクラスに分けずに同等の設計とすることは、その設計地震を超える地震力に遭遇した時には同時に機能喪失することが想定され、深層防護の観点から不十分と考えられたためと推測できる。</p> <p>すなわち、重要度の高い施設ほど地震力に対する安全裕度を大きくとることにより信頼性をより確実なものとする体系としたものと考えられる。</p>
設計の妥当性評価	異常事象発生時の影響を許容できる程度に抑えることを指標として、安全施設の性能と安全設計の冗長性の妥当性確認の観点から安全評価を要求している。	耐震設計では、安全設計のように設計想定事象の発生を想定した安全評価は要求していない。	安全設計では冗長性を含む設計の妥当性の確認が重要であり、設計上考慮された異常事象の発生を想定して評価を行う体系としている。
重要度分類の基本的考え方	<p>施設の安全機能は、原子炉の安全確保の観点から必要とされる機能であり、内的事象、外的事象にかかわらず不変。</p> <p>また、安全重要度分類指針で定められた重要度分類は、各安全機能の果たすべき役割を総合的に判断して決められたものであり、内的事象、外的事象にかかわらず基本的には同一。</p> <p>安全設計の冗長性、深層防護の思想は、原子炉の安全確保の根幹をなすものであり、それに基づく重要度分類が重要度分類指針に定められている。</p> <p>ただし、構造強度（告示501号）の分野は内的事象を対象としているが、その特定の側面に着目した結果第一種から第五種まで分類されており、重要度分類指針の分類とは一致しない。</p>	左記の思想に基づき耐震重要度分類も定められているが、さらに地震というある特定の側面に着目した放射線による環境への影響も検討され、A、B、Cクラスに分類すると共に、Aクラスのうち特に重要なものをAsクラスとしている。	<p>地震における特定の側面とは、地震が共通要因事象であることと地震による施設の損傷形態*1である。</p> <p>*1： 使用済燃料貯蔵プールと貯蔵ラックを例にあげれば、重要度分類指針はⅡクラスとしているが、耐震重要度分類ではAsクラスとしている。</p> <p>これは、内的事象として想定される主な故障が、ライナーのピンホールや亀裂などによる微小な漏洩、もしくは貯蔵ラックの単体破損程度であるのに対し、地震時には、設計レベル以上の地震力を施設が受ければ、大規模かつ大量に同時損傷する可能性も否定できないことによる。</p>