

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver. 4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>(耐震設計審査指針の高度化の基本方針(案)を作成するにあたっての前提)</p> <ul style="list-style-type: none"> 本指針は、性能規定化を目指すものとする。 耐震設計の基本的な考えを記載し、詳細な設計方法・条件などの仕様は民間指針で規定するものとする。 	<p>2 耐震設計審査指針の枠組み (今後の検討課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> 民間指針とのすみ分け 後段規制との関係
1 はしがき		
2 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> 陸上の原子力施設に適用するものとするが、陸上以外の原子力施設に対しても基本的な考え方は参考となるものとする。 本指針に適合しない場合があっても、その理由が妥当であればこれを排除するものではない。 	<p>7 新立地様式</p> <ul style="list-style-type: none"> 人工島式海上立地の評価法 地下立地の評価法
3 基本方針	<p>(地震時安全確保の考え方)</p> <ul style="list-style-type: none"> 基本的目標を以下のように設定する。 <p>目標Ⅰ：原子炉施設は、敷地周辺の特性からみて寿命中に一度ならず発生する地震動を経験しても事故を起こさないように設計、建設、運転及び保守を行わなければならないのは当然のことであるが、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踏まえて、地震学的見地から見て施設の寿命中には極めて稀には起きるかもしれない地震動を基準地震動とし、この発生を仮定しても安全防护施設を含めて必要な安全機能は損なわれず、周辺の公衆に放射線災害を与えないように設計されること。</p> <p>目標Ⅱ：施設の設計裕度により、この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それによる公衆の放射線災害のリスクが小さいこと。</p> <p>(耐震安全性評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> 詳細設計終了後又は建設完了時の適切な時期に、確率論的地震安全評価などにより耐震安全性評価を行い、耐震設計の適切さを自主的に確認する。 なお、この評価が目標Ⅱに対する安全評価に対応する。 	<p>1 地震時安全確保の考え方</p> <p>3 確率論的安全評価</p> <p>4 確率論的手法と決定論的手法の関係 (今後の検討課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価 自主的实施または規制要求か

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver. 4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>(新立地方式等への適用)</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行指針の剛構造・岩盤支持規定は削除し、第四紀層地盤立地、免震、制振構造の適用も可能とする。 <p>(地震時随件事象への配慮)</p> <ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤、周辺斜面及び津波等の検討を行い、施設の安全確保に支障がないことの確認を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> —指針記載の要否 —記載の場合は本文か解説か <p>15 第四紀層地盤立地</p> <p>16 免震構造、制振構造</p> <p>23 地震随件事象</p>
<p>4 耐震設計上の 重要度分類</p>	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能の重要度分類は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下、重要度指針)で規定されている。 重要度指針では、構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じて、それぞれクラス1～3に分類しているが、耐震重要度にあたっては以下の考え方が示されている。 <ol style="list-style-type: none"> 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2を耐震クラス2、重要度指針のクラス3を耐震クラス3とし、3種類の耐震クラスを設定するという考え方 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2、3を耐震クラス2として2種類の耐震クラスを設定するという考え方 耐震設計上の特有の観点も反映すべきであり、重要度指針と全く一致する必要はないと考えるが、現行の一部の変更はあるという考え方(炉内構造物、燃料プール補給水系、SLC(BWR)→A_S～)。 耐震設計上の特有の観点も反映すべきであり、重要度指針と全く一致する必要はないと考え、現行通りとする考え方 以下のような耐震設計特有の事項については、重要度指針の記載に係わらず、別に定める。 	<p>6 耐震重要度分類の基本的考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> —重要度指針との関係 —耐震重要度分類方針(2～4分類) —基準地震動との関係

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver. 4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>(1) 異常の発生防止機能と影響緩和機能との区別はしない。</p> <p>(2) 重要度指針でいう「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系以外の関連系」のうち、系統及び機器を収納・支持する機能（構築物、系統及び機器の支持構造物）については、当該関連系統・機器の耐震設計に用いられる設計用地震動に対して、安全機能（支持機能）を損なわないことの確認を行うものとする。</p> <p>(3) 建物・構築物、系統及び機器間の相互影響については、上位の耐震クラスに適用される設計用地震動に対して、それぞれ要求される安全機能が損なわれないことの確認を行う。</p> <p>(4) クラスの異なる系統及び機器が構造的に連続している場合には、その地震時挙動が上位の耐震機能に影響を与える範囲まで、上位のクラスの重要度をもつものとする。</p> <p>(5) 耐震設計上重要な設備の耐震重要度分類には、地震 PSA の知見も用いる。</p>	<p>3 確率論的安全評価</p> <p>—地震 PSA の知見の指針への取入れ方</p> <p>(今後の検討課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 代表プラントに対する地震 PSA の実施と、耐震重要度分類への知見の反映
<p>5 耐震設計 評価法</p>	<p>目標 I に対する耐震設計評価法は以下の組合せが示されている。</p> <p>(組合せ I)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震クラス 1 の構築物、系統、機器については設計用水平・上下方向地震動による地震応答解析から求める設計用地震荷重と、同時に作用する他の荷重を組合せて施設に生じる応力・変形等を算定し、要求される安全機能の健全性が損なわれないことの確認を行う。 ・ 耐震クラス 2 に対応する設計用水平・上下方向地震動としては、耐震クラス 1 に適用される設計用地震動の周期ごとの振幅を α 倍とした地震動とする。地震力の算定、荷重の組合せと応力等の算定、許容状態との比較と安全機能の確認についてはクラス 1 と同様とする。なお、上下方向には静的地震力も適用する。 ・ 耐震クラス 3 は一般施設と同等以上の耐震性を有するものとする。 <p>(組合せ II)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震クラス 1 は、組合せ I と同じ ・ 耐震クラス 2 は、設計用応答スペクトルを地震力スペクトルを見なし、それを 1/3 にしたもの 	<p>9 設計用地震力の考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> —動的水平地震力適用範囲 —動的上下地震力適用範囲 —静的地震力の扱い

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver. 4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>を用いて弾性設計する。(上下方向地震力は考慮しない)</p> <p>(組合せⅣ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水平方向地震力は現行通り ・ 上下方向地震力は、Asクラスは動的地震力、Aクラスは動的及び静的地震力、Bクラスは共振の恐れのあるものは影響検討 	
<p>6 設計用地震・地震動の設定</p> <p>(1) 設計用地震の設定</p>	<p>(設計用地震の設定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震設計では、敷地周辺の地震発生域を調べ、敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震動を対象とするので、これらをもたらし震源を特定する必要がある。 ・ プレート境界地震、スラブ内地震、内陸地殻内地震に区分し、これらの地震の想定は歴史地震資料、活断層調査、地震地体構造マップを用いて行う。 ・ 設計用地震としては、歴史地震資料、活断層調査、地震地体構造マップに基づく「震源を予め特定できる地震」と、これらに加え、「震源を予め特定できない地震」とを考慮する必要がある。 ・ 「震源を予め特定できる地震」の想定に当たっては、不確かさを考慮する必要がある。 <p>(歴史地震資料)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 古文書等に基づく過去の被害地震をデータベース化した各種の歴史地震カタログを、最新の地震考古学の知見と併せて活用することが重要である。 ・ 震源評価に当たっては、地域特性を考慮し、統計・確率モデルとして取り扱うことも重要である。また、繰り返し生起が認められる地震について着目する必要がある。 <p>(活断層調査)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「地質・地盤に関する安全審査の手引き」に従い、入念な調査を行う必要がある。 <p>(地震地体構造マップ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地震地体構造的検討については、地質学、地震学等の最新知見を反映した多くのマップが提案されているので、歴史地震資料、活断層調査を補うために参照する。 	<p>19 設計用地震の区分と想定すべき地震</p> <p>20 地震発生の確率論的評価</p> <p>22 地質調査に関する基本的要求事項</p>

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver.4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>(「震源を予め特定できない地震」)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地表付近での活断層の痕跡や過去の地震発生の履歴がなく、「地質・地盤に関する安全審査の手引き」による調査でも発見できない、陸域の浅い地殻内で発生する地震、震源を予め特定できない地震を考慮する必要がある。この種の地震の規模、発生場所、発生頻度等に関する地震学・地震工学の最新知見、観測記録や統計・確率モデル等を反映し、地震諸元を設定することが重要である。 	
<p>(2) 設計用地震動の策定</p>	<p>(設計用地震動とその定義位置及びその種類)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 設計用地震動は、水平動及び上下動について規定する。 ・ 設計用地震動は、その特性を表す応答スペクトルと、それにフィッティングさせた時刻歴波形で規定する。 ・ 設計用地震動は、解放基盤表面(概ね第三紀層及びそれ以前の堅牢な岩盤であって著しい風化を受けていない基盤面上の表層や構造物がないものと仮定した上で、基盤面に著しい高低差がなく相当な広がりがある基盤表面)で設定するという考え方と、国際的に通用する地震基盤で設定するという考え方がある。 ・ 設計用地震動の数については、現行通り2種類、区分することなく1種類、維持基準用を加えて3種類という考え方がある。 <p>(距離減衰式による地震動)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 設計用地震動は、データベースに基づく震源特性を反映した距離減衰式を用いた応答スペクトルに基づいて評価する必要がある。 <p>(断層モデルによる地震動)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 震源が近い場合には、断層モデルを用いた地震動特性評価を行うこと、その際、必要な周波数特性を考慮する等の知見に基づくこと。 <p>(「震源を予め特定できない地震」)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「地質・地盤に関する安全審査の手引き」により調査を行っても発見できない地震、すなわち「予 	<p>17 基準地震動の考え方 18 基準地震動の算定法 21 地震動の確率論的評価</p> <p>(今後の検討課題)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 設計用地震動の定義位置の設定 ・ 「震源を予め特定できない地震」に関し、地震の観測記録データベースに基づいた評価結果と地震特性等について確率モデルを考慮した評価結果の、設計用地震動策定への反映。

耐震設計審査指針の骨格(素案)

2003.9.26 事務局内 ver. 4

主な構成事項	骨格の要旨とその説明	指針高度化にあたっての 検討項目
	<p>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観測記録のデータベースに基づいた地震動としての評価が必要である。</p> <p>(時刻歴波形の作成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 時刻歴波形の継続時間及び包絡関数については、データベースに基づいた経験式を用い、周波数特性の経時変化(位相特性)も考慮すること。さらに、敷地での地震観測記録を参考にする場合もある。 	<p>15 第四紀層地盤立地</p> <p>16 免震構造、制振構造</p>
7 荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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。また、地震とは独立な事象として、地震の発生いかんにか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て確率的に判断する。 	<p>5 考慮すべき事故の考え方</p> <p>12 荷重の組合せの基本的要求事項</p>
8 許容限界	<ul style="list-style-type: none"> 建物、構築物、系統及び機器に要求される安全機能の性質は多様であるので、設計上の制限は、その安全機能の性質に応じた合理的なもの(応力・応力度、歪、変形など)を用いる。動的安全機能の評価については、原則として試験・実験に基づく評価法を用いる。 支持機能、重要な安全機能への二次的影響、基礎地盤や周辺斜面の安定性など、特別な安全機能の評価については、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(変形の発生、破断、支持機能維持など)を用いる。 	<p>13 許容限界の基本的要求事項</p> <p>—安全機能維持限界</p> <p>—支持機能維持限界</p>
(その他)	<p>(構造信頼性の確率論的評価)</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全目標が設定され、確率論的安全評価の実施によって各種の知見が蓄積された場合には、将来的には確率論的設計手法として構造信頼性の確率論的評価手法が有効な設計手法となることが考えられる。 <p style="padding-left: 2em;">このため、確定論的な手法の補完として考える。</p>	<p>14 構造信頼性の確率論的評価</p>

リスク情報を活用した原子力安全規制の導入の基本方針について（案）

平成 15 年 9 月 25 日
原子力安全委員会

1. 趣旨

本基本方針は、今後、我が国にリスク情報を活用した原子力安全規制（以下、「リスク情報を活用した規制」という。）を導入していくに当たっての基本的考え方を示すものです。

2. 現在までの安全規制におけるリスクの取上げ方

(1) リスク

ここで言うリスクとは、原子力の利用に伴って周辺の人々の健康や社会・環境に影響を及ぼす潜在的危険性であり、その大きさは、一般的に、発生する確率で重みづけされた被害の大きさによって表されます。このようなリスク概念は、国民の生命と財産を護る観点から、これまでも原子力施設の安全確保・安全規制の中に取り入れられていましたが、時とともにその取入れ方が進化・進歩してきています。

(2) 従来 of 取組み

原子力施設の安全確保・安全規制は、安全確保対策を多段的に設け、一つの安全確保対策が損なわれることがあっても施設の安全が脅かされることのないようにするという多重防護の考え方（原子炉施設の場合には、①異常の発生防止、②異常の拡大防止と事故への発展の防止、③放射性物質の異常な放出の防止、の3段階からなります）等を基本としています。この基本的な安全確保の考え方は、今後も変わることはありません。従来は、この多重防護の考え方等に基づいて個々の安全確保対策を具体化するときに、リスク概念を念頭におきつつ、専門家の工学的判断や決定論的評価に十分な保守性を見込むことによって安全確保を図ってきました。

(3) 最近の取組み

この分野で我が国より先行している米国では、特に発電用軽水型原子炉施設において、長年蓄積された運転経験や研究成果によってリスクを定量的に把握する確率論的安全評価などのリスク評価技術を向上させてきており、発電用原子炉施設による放射線のリスクについて受容可能な

水準を明確にすることを目的として安全目標が定められました。また、リスク評価は、施設の系統・機器等の安全確保から見た相対的な弱点を見出すのにも有効であり、安全確保・安全規制をより合理的で効果的にできることが認識されるようになりました。これらのことから、総合的な安全性評価を基盤として、規制へのリスク評価の活用が進められています。

当委員会は、これまで、このような海外の先行例を参考にしつつ、安全目標を、「原子力はどのくらいまでの安全を目指すべきか」について、リスクを合理的に許容できるかぎり抑制する上で目標とすべき水準として策定する作業を進めるなど、リスク概念をより意識した安全規制への取組みを推進する姿勢を明らかにしてきました。また、事業者は、当委員会や規制行政庁が奨励している発電用軽水型原子炉施設の過酷事故に対する対策（アクシデントマネージメント）や定期安全レビューなどにおいて、確率論的安全評価を活用してきています。さらに規制行政庁においては、今後、検査において対象とする系統・機器等の範囲や検査頻度等をリスク情報（リスク評価結果そのもの、及び系統・機器等のリスクに対する寄与に係る情報等）を用いて定める方法について検討することとしています。このように、我が国においても、原子力施設の安全確保・安全規制にリスクを定量的に考慮していこうという動きが進みつつありますが、今後の一層の進展のためには、関連する専門分野の知見や国民の意見を踏まえつつ、明確な基本的考え方を示していくことが必要となってきました。

3. リスク情報の活用の意義

リスク情報を活用した規制には、大きく分けて、次の2つの意義があると考えられます。

(1) 安全規制の合理性・整合性・透明性の向上

まず第一に、リスク情報を安全規制に活用することにより、従来の考え方に基づく安全確保の妥当性や改善点を期待される安全水準に対して定量的に評価・確認することが可能となり、安全確保をより合理的なものとする事ができるようになります。また、リスク情報を用いて原子力の様々な分野における安全規制活動を横断的に評価することにより、相互に整合性のあるものにすることができると考えられます。さらに、安全規制における意思決定においてリスク情報を明示的に取り扱うことにより、安全規制活動における判断根拠の客観性を向上させ、国民

にとってより分かり易く透明性の高いものにできると考えられます。

(2) 安全規制活動のための資源の適正配分

国民の共有財産である限られた規制資源（人的資源等）は有効に活用する必要があり、リスク情報、特に、リスクに対する寄与の高い異常な事象とそれに関連する系統・機器等に関する情報を活用した安全上の重要度を考慮して、規制資源を適正に配分することにより、安全規制活動をより効果的・効率的に行うことができると考えられます。

4. リスク情報を活用した規制の我が国への導入の基本的考え方

(1) 補完的導入

リスク情報を活用した規制は、多重防護の考え方を基本的に堅持しつつ、従来の工学的判断や決定論的評価に基づく規制を、定量的・確率論的な評価により得られるリスク情報を活用することによって補完し、進化・進歩させていくものです。

(2) 段階的導入

リスク情報を活用した規制は、現在、設計や建設段階に比し従来にも増して運転段階における安全規制の重要度が高まっていること、米国の先行例などからも明らかなようにその導入による効果が比較的早期に期待できることなどから、まず現段階では、運転段階における導入の検討を中心に進めることが適当であると考えられます。その際は、当面、現行の安全水準の維持向上を図りつつ、相対的なリスク評価や運転実績等によるリスク情報を活用することが適当であると考えられます。相対的なリスク評価とは、安全確保の観点から見た施設の系統・機器等の相対的なリスクへの寄与度を求めることを主たる目的とした評価を意味します。例えば、系統・機器等の保守・検査を行うに当たって、こうしたリスク情報を活用し、従来は工学的な判断によっていた系統・機器等の重要度に、リスクへの相対的な寄与度も考慮していくことなどが考えられます。

リスク情報を活用した規制の導入は、活用経験の蓄積状況に応じて進めていくことが適当と考えられますが、将来的には、現在検討を進めている安全目標を考慮に入れて、また、多重防護の考え方を適用する際の保守性にリスク情報を考慮するなどにより、設計、建設段階を含めた安全確保体制全体として、リスク情報を活用した規制の導入を体系的に検討していくことが目標になると考えられます。

(3) 対象施設

発電用軽水型原子炉施設においては、長年蓄積された運転経験や研究成果に基づき確率論的安全評価技術が開発されるなどリスク評価技術が向上してきており、それにより得られる定量的なリスク情報は、今後、規制に活用できるものと考えられます。一方、核燃料サイクル関連施設は、施設数が少なく、試験研究用原子炉等は、施設の形態が多種多様であり、連続運転を目的としていないことが多いことなどから、定量的なリスク情報が十分に得られない場合が考えられます。そのため、画一的ではなく、リスクの大きさや様態等の施設の特性や運転経験に応じて、安全確保・安全規制の合理性の向上等の観点から有用なものに関し、優先的な導入を図ることが適当であると考えられます。

(4) 導入に当たっての留意事項

① リスク評価の信頼性と透明性の確保

リスク評価は、設備や機器の故障率、人間の過誤率などに基づいて将来の異常な事象の発生確率とその結果を評価するものです。そのため、データベースの系統的な整備を進めるとともに、使用するデータの持つ不確実性や評価モデルの精度等を十分考慮し、リスク評価の信頼性を確保することが重要です。また、リスク評価の内容を分かり易く公開するとともにその評価のプロセスを明らかにすることにより透明性を確保することが重要です。

② リスク情報活用に係る監視

リスク情報を活用した規制においては、施設の安全性が低下していないことを、例えばリスク評価に用いた主要な安全系の信頼性のデータ等、観測可能な運転実績の指標により監視することが重要です。また、米国の先行例にもあるように、観測可能な運転実績の指標の成績に応じて規制の関与の仕方を変える、いわゆるパフォーマンスベースの規制の導入は、安全確保に向けた事業者の自主的取組みを促す観点からも有効であり、並行して検討することが適切と考えます。

③ 国民の広い理解

リスク情報を活用した規制を今後導入するに当たっては、国民の広い理解を得ることが極めて重要です。一般的には、リスクという概念で安全水準を議論することは社会的にまだ十分浸透していないと考えられますので、リスク概念をより身近なものとするため、説明会の実施など国民から理解を得る努力が継続的に必要と考えます。

(5) 当委員会・規制行政庁・事業者等の役割

リスク情報を活用した規制を合理的かつ実効性のあるものとして導入していくためには、当委員会、規制行政庁、事業者をはじめとした原子力安全に関わる関係者がそれぞれの役割に沿って検討を行っていくことが必要です。

当委員会は、この基本方針の下に全体に整合の取れた進捗が図られるように取り組んでいきますが、安全目標の活用方針や安全確保体制全体としての体系的なリスク情報活用のあり方に関する検討、リスク情報活用を踏まえた重要度分類指針の見直しの検討、リスク評価に関する安全研究の推進、国民への理解活動などを行うこととします。

規制行政庁・事業者においては、この基本方針に基づき具体的な安全確保・安全規制の活動への導入について積極的に検討を進めることを期待します。

また、学協会や研究機関等におけるリスク評価に関する民間規格の整備、リスク評価に関する安全研究の実施なども期待されます。

5. 今後の取組み

この基本方針に基づき、リスク情報を活用した規制の我が国への導入に向けて、関係者がそれぞれに責任ある取組みを進めていくことが重要ですが、当委員会としては、概ね3年内を目処に、関係機関の取組みの進捗状況を評価して、さらにその後の進展につなげていきたいと考えています。