

# 新規制基準における 不確かさの考慮

原子力規制庁

検査評価室

村上 玄

# 目次

1. 重大事故対策に関連する不確かさ
  2. 基準地震動の策定と不確かさ
  3. 安全機能の耐震設計と不確かさ
  4. 基準津波の策定と不確かさ
  5. 降下火砕物の想定と不確かさ
- まとめ. 新規制基準と不確かさの関係 (私見)

# 1. 重大事故対策に関連する不確かさ

- ◆ 原子炉格納容器が破損するような段階まで事故が進展した場合には、原子炉格納容器等の破損状況や、放出される放射性物質の核種、化学形態、量及び放出経路など、事故の態様に係る不確かさが非常に大きくなることから、最新の技術的知見に基づいても、あらかじめ全ての想定を行うことは実質的に不可能。
- ◆ そのため、そもそも事故の態様を事前に特定できず、対策の成功基準を設定し、対策の有効性を評価することを求めることはできない。
- ◆ また、発生に至る可能性が極めて小さく、態様も事前に特定し難い事象まで含めたあらゆる事象に対して、際限のない対策を求めることは、規制要求として極めて不合理である。
- ◆ さらに、そのような不確かさが大きい状況において、事故の態様等に係る特定の想定を前提とした対策を要求することは、実際の事故の態様と、前提とした想定との違いによって、要求に基づき用意した対策が実際の事故において機能しないなどといった、事故対処上の困難をもたらすおそれがあることから、むしろ、状況に応じた臨機応変な対策を講じることを求める方が、規制要求として合理的である。
- ◆ よって、新規制基準においては、原子炉格納容器が破損するような段階まで事故が進展した場合の対策について、放射性物質の拡散を抑制するために必要な機能を備えた設備と、これら設備を用いて状況に応じた柔軟な対応を可能とする体制・手順等を整備することを要求する一方で、当該対策の有効性の評価、例えば、放出される放射性物質の拡散抑制の定量的な評価までは求めていない。

## 2. 基準地震動の策定と不確かさ①

### (例) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

- ◆基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさについては、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータ\*について分析した上で、必要に応じて偶然的不確実さと、認識論的不確実さを組み合わせるなど適切な手法を用いて不確かさを考慮することが求められる。

※断層の長さ、幅、傾斜角、応力降下量等の断層の性状を数値で示すものをいう。活断層評価結果に基づいてこれらのパラメータを設定し、不確かさを考慮した際に相対的に解に与える影響の大きいものを「支配的なパラメータ」という。

- ◆具体的には、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を複数選定し、選定された検討用地震ごとに、不確かさを考慮\*して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定すること」を求めている。

※地震動の評価過程には、震源断層の長さやアスペリティの位置・大きななど様々なパラメータに不確かさがある。こうしたパラメータについて、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータを分析してそのパラメータを変更（例：震源断層の長さを長くする。アスペリティの位置を敷地に近づける。）して地震動を評価することをいう。

## 2. 基準地震動の策定と不確かさ②

### (例) 震源を特定せず策定する地震動

- ◆「震源を特定せず策定する地震動」については、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定することが求められる。

### (例) 震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価

- ◆内陸地殻内地震について、震源が敷地に極めて近い場合には、より詳細な検討を行った上で基準地震動を策定することが求められている。
- ◆これは、地下構造の不均質性が地震波の伝播特性に対し、より大きな影響を与える可能性があり、かつ、内陸地殻内地震は再来期間が長く震源極近傍の観測記録が十分に得られていないことなどから、評価手法に不確定性が伴うからである。
- ◆具体的には、例えば、地表に変位を伴う断層全体を考慮した上で、震源モデルの形状及び位置の妥当性、敷地及びそこに設置する施設との位置関係、並びに震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討するとともに、これらの検討結果を踏まえた評価手法の適用性に留意して評価するよう求めている。
- ◆その場合、各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の科学的・技術的知見を踏まえ、さらに十分な余裕を考慮して基準地震動を策定することも求めている。

### 3. 安全機能の耐震設計と不確かさ

基準地震動の策定に当たっては、

- ①各種地質調査を行い断層の位置、長さ等を決定し、
- ②応答スペクトルに基づく地震動評価、
- ③断層モデルを用いた手法による地震動評価の双方を行って

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動を策定する。

また、別途、

- ④震源を特定せず策定する地震動も策定する。

これらの過程一つ一つにおいて、それぞれ不確かさを考慮したパラメータ設定をするなどして保守的評価を行うことを求めているため、策定される基準地震動は必然的に、保守的なものとなる。

これらに加え、実際に地震動が建物・構築物や機器・配管等に伝わった際に、それらの構造物がどの程度地震応答するかを解析し（応答解析）、その解析結果に耐えられるようにそれらの物を設計する段階、すなわち耐震設計の段階においても、保守的で余裕を持つことを求めている。

# 4. 基準津波の策定と不確かさ

## 基準津波策定に係る基本的考え方

世界の津波事例や津波の発生機構等から考えると、プレート境界で大きなすべりにより強い揺れと大きな津波を生成する地震や海溝近傍で発生し強い揺れを伴わないが大きな津波を生成する津波地震、海域の地殻内地震に加えて、火山の山体崩壊、地すべり等が大きな津波の発生要因となっていることから、津波を発生させる要因として、

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

を考慮するものとし、敷地に大きな影響を与えると予想される要因を複数選定することとした。また、津波発生要因に係る敷地の地学的背景及び津波発生要因の関連性を踏まえ、プレート間地震及びその他の地震、又は地震及び地すべり若しくは斜面崩壊等の組合せについて考慮するものとした。

# 4. 基準津波の策定と不確かさ

## 耐津波設計に用いられる基準津波の策定の妥当性

- 基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものとし、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定することが求められる。

## 基準津波の策定の過程における不確かさの考慮

- 耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、基準津波の策定の過程に伴う不確かさの考慮に当たっては、断層の位置、長さ、幅、走向、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点及び破壊伝播速度等基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で、適切な手法を用いることが求められている。



## 5. 降下火砕物の想定と不確かさ

- ◆ 気中降下火砕物に係る規制の考え方においては、前述の電力中央研究所の研究報告及び産業技術総合研究所の研究報告を踏まえ、1980年のセントヘレンズ山の噴火で得られた観測データ等より高濃度の気中降下火砕物が到来する可能性があり、非常用ディーゼル発電機の吸気フィルタが閉塞する可能性があることが分かったため、これを考慮する必要があるとした。
- ◆ そこで、大きな不確かさを含んでいるものの、降灰継続時間を仮定して堆積量から推定する手法と数値シミュレーションにより推定する手法による推定値を考慮し、フィルタ交換等による安全施設の機能維持が可能かどうかの評価に用いる気中降下火砕物濃度及び継続時間を総合的・工学的判断により設定することとした。

# まとめ. 新規制基準と不確かさの関係 (私見)

- 新規制基準では、深層防護第4層以降、特に格納容器破損に至るフェーズでは、不確かさが大きく、柔軟な対応が必要としている。
- 一方で、自然現象や火災対策等においては、種々の不確かさを考慮し保守的な設計を求めている。
- これは、設計で対応可能な限り、第4層以降のプラント応答が含む不確かさを小さくしようとする意図とも理解できるのではないか。
- リスク情報活用上のポイントは、指標としての頻度の大小も重要だが、管理可能な限り無用な不確かさの増大を招かない、という観点も重要ではないか。

※頻度については、低頻度であっても高影響であれば、対処が必要との議論もありうる。

- その意味では、重大事故対策やテロ対策施設が注目される昨今、TMIや美浜2号で固着した加圧器逃がし弁などを振り返ると、過渡変化や設計基準事故レベルの対応をいかに確実に達成するかについて改めて着目すべきであり、不確かさへの配慮が、そうした視点への回帰を促してくれるのではないか。