

# 自然事象に対する 原子力規制のアプローチ

平成30年11月2日  
原子力規制庁  
櫻田道夫

# おことわり

この講演の内容は、筆者の個人的見解に基づくものであり、原子力規制委員会または原子力規制庁の見解を意味するものではありません。

- I. 新規制基準の策定
- II. 最新知見の取り入れの仕組み
- III. 最新知見を踏まえた規制の継続的改善
- IV. 新規制基準の運用の積み重ね
- V. 設置許可基準規則における基準地震動とは？
- VI. 確率論的リスク評価(PRA)の活用？
- VII. 原子力分野／原子力関連の土木・建築分野の技術者の責任

- 原子力規制委員会の組織理念
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓
- 新規制基準の例(自然事象関連)

(平成25年1月9日原子力規制委員会決定)

原子力規制委員会は、2011年3月11日に発生した東京電力福島原子力発電所事故の教訓に学び、二度とこのような事故を起こさないために、そして、我が国の原子力規制組織に対する国内外の信頼回復を図り、国民の安全を最優先に、原子力の安全管理を立て直し、真の安全文化を確立すべく、設置された。

原子力にかかわる者はすべからず高い倫理観を持ち、常に世界最高水準の安全を目指さなければならない。

我々は、これを自覚し、たゆまず努力することを誓う。

## 使命

原子力に対する確かな規制を通じて、人と環境を守ることが原子力規制委員会の使命である。

## 活動原則

原子力規制委員会は、事務局である原子力規制庁とともに、その使命を果たすため、以下の原則に沿って、職務を遂行する。

### (1) 独立した意思決定

何ものにもとらわれず、科学的・技術的な見地から、独立して意思決定を行う。

### (2) 実効ある行動

形式主義を排し、現場を重視する姿勢を貫き、真に実効ある規制を追求する。

### (3) 透明で開かれた組織

意思決定のプロセスを含め、規制にかかわる情報の開示を徹底する。また、国内外の多様な意見に耳を傾け、孤立と独善を戒める。

### (4) 向上心と責任感

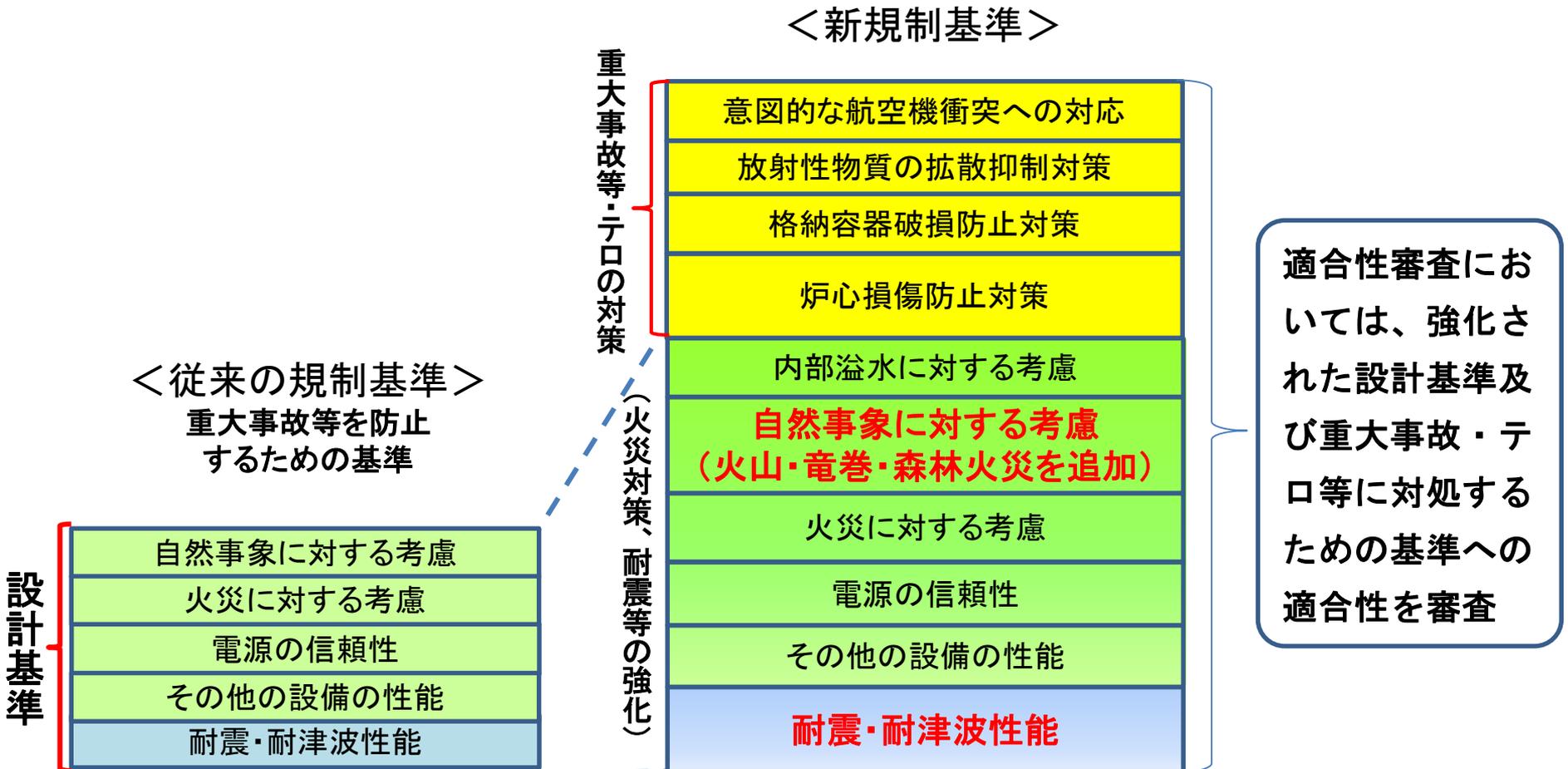
常に最新の知見に学び、自らを磨くことに努め、倫理観、使命感、誇りを持って職務を遂行する。

### (5) 緊急時即応

いかなる事態にも、組織的かつ即座に対応する。また、そのための体制を平時から整える。

# 従来の規制基準と新規制基準の比較

- 平成25年7月8日に改正原子炉等規制法が施行。従来の基準と比較すると、重大事故等を防止するための基準(設計基準)を強化するとともに、万一重大事故等やテロが発生した場合に対処するための基準を新設。
- 耐震・耐津波性能に対する要求やその他の自然事象に対する考慮も強化。



## ➤ 1F事故の教訓

- ◆ 自然事象に端を発した共通要因による安全機能の喪失

## ➤ 自然事象関連の新規制基準の例①

- ◆ 地盤:「将来活動する可能性のある断層等」

- 震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面も含む
- 後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できない断層等。後期更新世の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って、地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価。

- ◆ 地震:地震規模の想定、地震動規模の想定

- 複数の活断層の連動を考慮
- 基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさについて、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮
- 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)を評価(三次元)

※敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド

※基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド

## ➤ 自然事象関連の新規制基準の例②

### ◆ 津波:規制要求の明確化(設置許可基準規則第5条)

- 設計基準対象施設におおきな影響を及ぼす恐れがある津波(基準津波)に対して安全機能が損なわれるおそれがないこと
- Sクラスに属する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと
- 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること(扉、開口部、貫通口等への浸水対策)

### ◆ 地震・津波以外の自然事象:評価ガイドの策定

- 火山影響評価ガイド
- 竜巻影響評価ガイド
- 外部火災影響評価ガイド

### ◆ 基準地震動・基準津波を上回るハザード

- 特定重大事故等対処施設については、基準地震動・基準津波を一定程度上回る地震動・津波に対しても必要な機能が損なわれることがないことを要求
- さらに、大規模損壊対策(放射性物質の拡散抑制対策)を要求

- 原子力規制委員会の取組
- 被規制者に対する要求

# 原子力規制委員会の取組(最新知見を踏まえた規制の実施)

## (インプット)

### (情報)

- ・トラブル情報、審査からの情報
- ・諸外国の規制動向、国際基準等
- ・安全研究等の成果、学会等の情報

### (原子力規制検査の結果情報)

- ・事業者検査の実施状況
- ・基準の遵守状況
- ・法定措置の実施状況

## (アクティビティ)

### ・最新知見の規制基準への反映の検討

- ①情報のスクリーニング
- ②技術情報検討会にて検討
- ③炉安審・燃安審にて調査・審議
- ④原子力規制委員会にて審議

- ・原子力規制検査の結果を踏まえた原子力施設ごとの総合的な評価の実施

## (アウトプット)

・最新知見に基づく規制基準等の策定、見直し

評価の結果等を勘案した適切な原子力規制検査の実施

## (初期アウトカム)

事業者による最新知見に基づく安全対策の実施

事業者による安全確保の水準の維持・向上

## (中期アウトカム)

事業者による最新知見を踏まえた原子力施設の安全な運転

## (長期アウトカム)

原子力に対する確かな規制を通じた、人と環境の保全

## ➤ 以前は・・・

- ◆ 「原子力施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映等(内規)」

## ➤ 改正原子炉等規制法

### ◆ 第57条の9 原子力事業者等の責務

- 原子力事業者等は、原子力施設における安全に関する**最新の知見を踏まえつつ、災害の防止に関し**、原子力施設の安全性の向上に資する設備又は機器の設置、保安教育の充実その他**必要な措置を講ずる責務を有する。**

### ◆ 第43条の3の29 安全性の向上のための評価

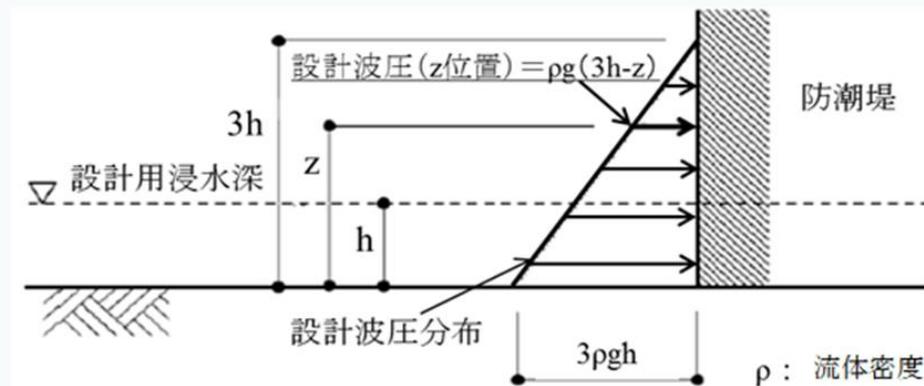
### ◆ 実用炉則第96条の6第1号ハ

- 発電用原子炉施設における安全に関する**最新の知見を踏まえつつ、自ら安全性の向上を図るため講じた措置**の内容及びその措置による事故の発生の防止等の効果を確認すること

- 研究成果から
- トラブル等から

## ➤ 防潮堤に作用する津波波圧評価方法

- ◆ 国土交通省の暫定指針(平成23年11月)を適用した場合(基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド)
  - 防潮堤が無い場合を想定して求めた、防潮堤位置での津波の浸水深より得られる**設計用浸水深の3倍の静水圧(水深係数=3)**
- ◆ NRAの研究成果
  - 防潮堤が無い場合を想定して求めた防潮堤位置での津波の浸水深及び流速から得られる**フルード数が1以下の範囲では水深係数は3を超えないが、フルード数が1を超える範囲では水深係数が3を超える場合がある**
- ◆ 審査での活用
  - 必要に応じて被規制者に対し当該事項に関する自主的な評価を促し、説明を聴取する



(出典) 国土交通省、東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針(平成23年11月17日)1.4図4-1に対して一部加筆

## ➤ 高エネルギーアーク損傷(HEAF)対策

### ◆ 女川1号機の高圧電源盤火災(東北地方太平洋沖地震の際に発生)

- 異なる2台の高圧電源盤でアーク放電が発生し、**連結する10台の高圧電源盤にケーブルダクトを通じて損傷が拡大**
- このアーク放電とその後の火災によって**残留熱除去系のポンプが一時停止(二次的な事象も発生)**

### ◆ NRA・電中研の研究成果

- アーク継続時間を短くしアークエネルギーを小さくすることで、**アーク火災の発生を抑制できる可能性**
- 電気盤の種類により内部の空間容積や閉じ込め性に相違があることから、これらがアーク火災の発生条件に影響するものと考えられる

### ◆ 基準改正

- 高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置



(出典)東北地方太平洋沖地震およびその後に発生した津波に関する女川原子力発電所の状況について  
(2011年5月30日 東北電力)

## ➤ 降下火砕物(火山灰)対策

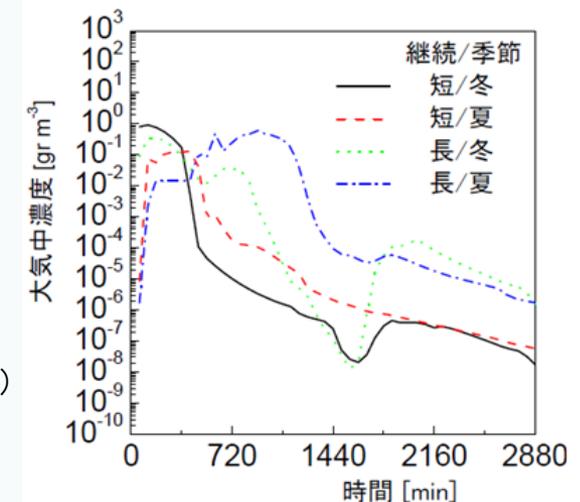
### ◆ 美浜3号炉審査における火山灰濃度の扱い

- 降下火砕物の影響について、1980年セントヘレンズ山の噴火で得られた観測データ( $30,000\mu\text{g}/\text{m}^3$  超)を用いて評価

### ◆ 電中研の研究成果※

- 富士山宝永噴火相当条件下の関東地方の降下火山灰の堆積量・大気中濃度の空間分布・時間変化をシミュレーション
- 横浜の大気中濃度の最大値: $1\text{g}/\text{m}^3$

※ 数値シミュレーションによる降下火山灰の輸送・堆積特性評価法の開発(その2)  
 — 気象条件の選定法およびその関東地方での堆積量・気中濃度に対する影響評価— (研究報告: O15004、電力中央研究所報告 平成28年4月)



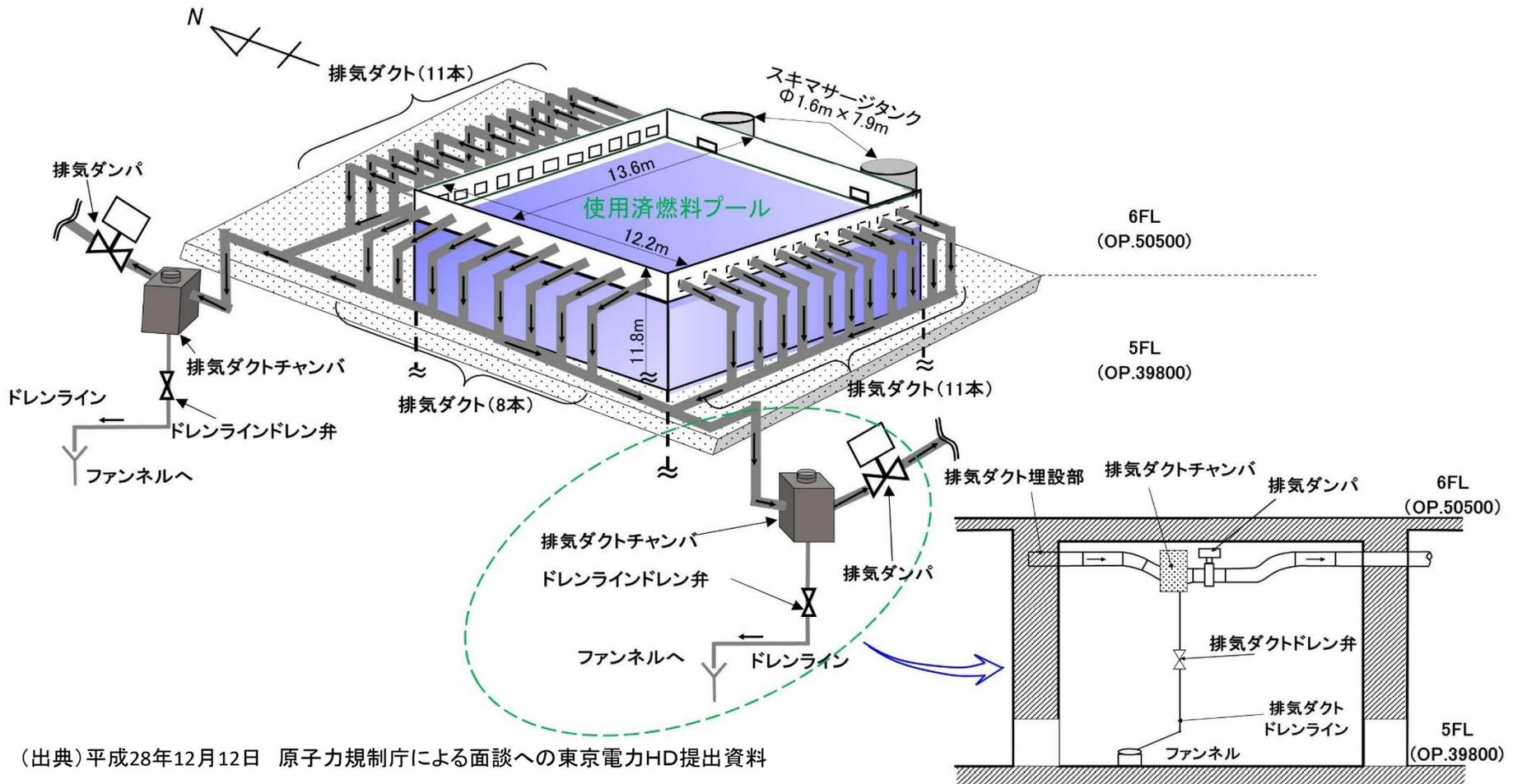
### ◆ 規則、ガイド等の改正

- 事業者の見解聴取→「降下火砕物の影響評価に関する検討チーム」設置
- 実用炉則、保安規定審査基準等の改正
  - ・ 非常用電源の機能維持等のための体制整備、保安規定の記載事項の追加等
- 原子力発電所の火山影響評価ガイドの改正
  - ・ 機能維持評価を行う際に用いる気中降下火砕物濃度の評価手法の追記等

## ▶ 地震時の使用済燃料プール水のスロッシング

- ◆ 福島第二3号機使用済燃料プール水のスロッシングによる排気ダクトへの漏洩(2016年11月22日)

平成28年12月12日  
東京電力HD(株)



## ➤ 大雨による内部溢水

- ◆ 志賀2号機原子炉建屋内(非常用電気品室ほか)への雨水流入  
(2016年9月28日)



## ➤ 強風によるクレーン倒壊

◆ 高浜発電所におけるクレーン倒壊(2017年1月20日)



(出典)平成29年1月23日 原子力規制庁による面談への関西電力提出資料

## ➤ 基準地震動策定時の不確かさの考慮

### ◆ 地震規模の評価

- 断層の連動→断層長さ、地震発生層の上端・下端深さ→断層幅 等

### ◆ 地震動の評価

- アスペリティ位置、断層傾斜角 等

## ➤ 断層活動性評価手法

### ◆ “上載地層法”が使えない場合

- 断層面と鉱物脈との接触・切断関係の分析 等

## ➤ 震源を特定せず策定する地震動

### ◆ 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に例示された16地震

- 新規制基準適合性審査開始当初、これらを考慮した事業者は皆無
- その後の審査の進捗により、2008年岩手・宮城内陸地震、2000年鳥取県西部地震、2004年北海道留萌支庁南部地震は考慮
- 事業者は、その他の地震の扱いは中長期的課題と位置付け

### ◆ 震源を特定せず策定する地震動に関する検討チームの立ち上げ

- Mw6.5 未満の地震は地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震。共通に適用できる地震動の策定方法(標準応答スペクトルなど)を明確にすべき

## ➤ 原子炉等規制法第1条(目的)

- …核原料物質、核燃料物質及び原子炉による災害を防止し、…公共の安全を図るために、…大規模な自然災害…の発生も想定した必要な規制…を行い、もって国民の生命、健康及び財産の保護、環境の保全…に資すること

## ➤ 設置許可基準規則・解釈

- 耐震重要施設は、供用中に当該施設に大きな影響を及ぼす恐れがある地震による加速度によって作用する地震力(基準地震動による地震力)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない
- 基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ(震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、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)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、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮する
- 内陸地殻内地震について、…震源が敷地に極めて近い場合は、…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、…最新の科学的・技術的知見を踏まえた上で、さらに十分な余裕を考慮して基準地震動を策定する

## ➤ 他の工学分野における設計用地震動と同じ意味合いなのか？

➤ 確率論的ハザード評価は、原子力規制の制定・運用の際にどのように使うべきものなのか？ 実際に使うことが可能なのか？

## ◆ 設置許可基準規則・解釈

- 耐震重要施設は、その**供用中に当該施設に大きな影響を及ぼす恐れがある地震による加速度**によって作用する地震力(**基準地震動による地震力**)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない
- 対応する**超過確率を参照**し、策定された(基準)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**把握する**

## ◆ 科学的知見の限界？

- 東北地方太平洋沖地震は、**3/11以前の確率論的地震ハザード評価のモデルには反映できていなかった**
- 確率論的地震ハザード評価は、**低頻度・大マグニチュードの地震に関する科学的知見の限界**を克服できるのか？

＜地震のモデル化(上限マグニチュードの設定)、強震動予測手法、不確かさ評価＞

(参考文献)

- ①地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012):今後の地震動ハザード評価に関する検討
- ②藤原広行(2012):地震ハザード評価における課題, 安全工学, 第50巻, 第6号

➤ 事業者は、地震PRAや津波PRAを用いたRIDMによって、何を、どのように、判断(decide)しようとしているのか？

- 1F事故の発生を防止できなかったことに関し、事業者、規制者、学界のそれぞれが、それぞれの立場で、社会に対する責任を負っているのではないか？
- それぞれの社会に対する責任を果たすためには、社会から信頼される存在になることが必要なのではないか？
- 社会からの信頼は回復できたか？ 何が足りないのか？ 社会(他の人文科学・自然科学の専門家を含む)と向き合っているか？
- 社会に対して、「1F事故のような事故を2度と起こさないために最善を尽くしている」と一人一人が胸を張って言えるか？

ご静聴いただき  
ありがとうございました