

(2) 外部ハザードに係る国際動向

2019年9月12日

原子力規制庁 長官官房 技術基盤グループ
地震・津波研究部門

小林 恒一

動向調査結果

- 地震事象に関する関心が国際的に高い。①大きな不確かさを有していること、②影響が広範囲に及ぶこと、③多くの設備、構築物などに共通して作用すること(共通要因故障を引き起こし得る)、④地震随伴事象(地滑り、岩盤の支持・変位・変形、液状化)が発生することから、地震についての基準等の整備が最優先で行われている。
- 確率論的地震ハザード評価を検討する研究が多くみられる。
- 洪水(津波を含む)については、地震の次に国際的に関心の高い自然ハザードであり、防護設計を含む事例調査が行われている。

地震に対する考え方 (IAEA)

○IAEA基準(SSR-2/1(Rev.1)):原子力発電所の安全:設計(2016)
〈外的ハザード〉

- 設計で考慮すべきレベルの外的ハザードに対して安全上重要な機器等を防護するため、及びクリフエッジ効果を回避するために適切な余裕を備えていなければならない。
- 設計で考慮すべきレベルを超える自然ハザードの発生時において、早期の放射性物質の放出又は大量の放射性物質の放出を防止するために最終的に必要な機器等を防護するよう十分な余裕を備えていなければならない。

○SSR-2/1(Rev.1)⇒原子力発電所の設計に関連した安全指針を改定中

地震動に2つのレベルを設定

- ドラフト安全ガイドDS490:原子力発電所の耐震設計(NS-G-1.6 (2003)の改訂)
 - ①設計基準地震動(Design Basis Earthquake:DBE)
 - ②設計基準超地震動(Beyond Design Basis Earthquake:**BDBE**)

地震に対する考え方 (AESJ専門委報告)

○ 学会特別専門委報告「地震安全の論理 (2010年)」*1より

1) 基準地震動以下の地震動が発生した場合:

深層防護の概念が成立する

⇒ 第1防護レベルが破られる場合もあるが、そうした場合においても、第2, 3の防護レベルの耐震クラスが高いことによって安全は確保される。

2) 基準地震動を超える地震の場合:

深層防護の概念が成立しない

⇒ 「事故」(LOCA等)の発生防止に失敗し、同時に、その**拡大防止・影響緩和に失敗する可能性を否定できない。**

○ 地震時の安全確保の考え方の整理

深層防護は、特に、**不確実さが大きい場合に有効なアプローチ**である(Appendix参照)。自然ハザードの**不確実さは極めて大きく、深層防護が重要。**

課題: 大きな不確実さを有する自然ハザードに対して、設計基準を超える外的事象の設定レベル(大きさ、頻度)をどのような考え方で設定すべきか。

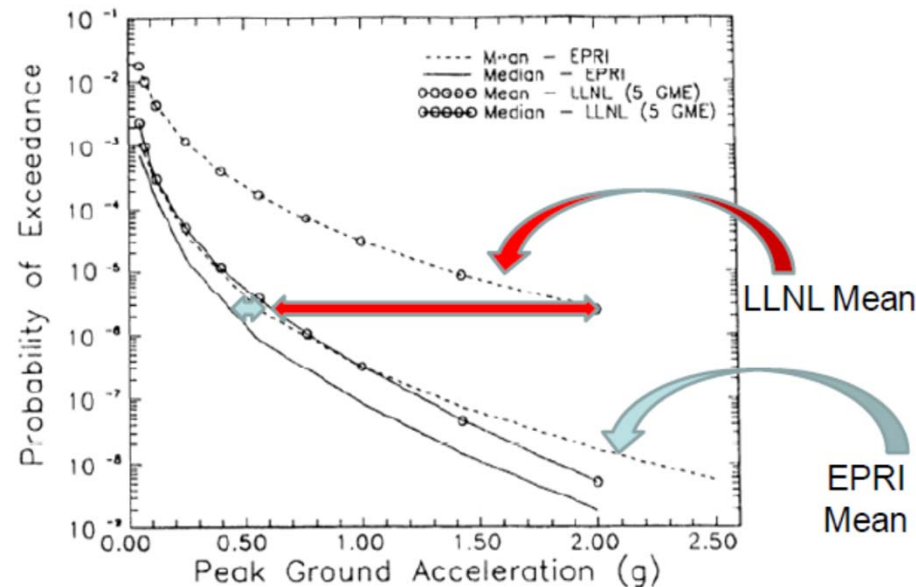
*1 日本原子力学会・原子力発電所地震安全特別専門委員会: 原子力発電所の設計と評価における地震安全の論理、2010年7月

確率論的地震ハザード評価の課題

(Probabilistic Seismic Hazard Assessment(PSHA))

□ 検討結果*1

2つの研究機関で独立してPSHAの解析を実施したところ、平均地震ハザード(Mean Hazard)曲線に**大きな差(年超過確率が 10^{-6} で地震動レベルが約4倍)**が生じた。



LLNL: Lawrence Livermore
National Laboratory
EPRI: Electric Power
Research Institute

Very different results, in terms of mean hazard and associated uncertainty, from the two studies for a single NPP site

図-3 異なる機関による確率論的地震動ハザード曲線の相違 ([6] K. J. Coppersmith(2015))

*1: 電力中央研究所報告、確率論的地震ハザード評価の高度化に関する調査・分析
—米国SSHACガイドラインの適用に向けて—、平成28年7月

確率論的地震ハザード評価の課題

(Probabilistic Seismic Hazard Assessment(PSHA))

□ 原因究明*1

- ✓ **委員会**(Senior Seismic Hazard Analysis Committee (**SSHAC**))を設立
- ✓ **認識論的不確かさ(例えば、震源モデル(震源断層の位置・規模)、地震発生頻度、活断層の連動性等)の検討手順の違い**

□ 対策*1

- ✓ **ガイドライン**を策定し、**具体的な検討手順**や**検討に係る関係者の役割/責任を明確化**

□ 課題

- ✓ **地震動評価の不確かさが大きいことを前提に、確率論的地震ハザード手法の適用**に関し検討すべき課題は？
- ✓ **低頻度で規模が大きな事象の発生頻度**及びその事象の**不確かさ**をどこまで評価できるか？

*1 電力中央研究所報告:確率論的地震ハザード評価の高度化に関する調査・分析
—米国SSHACガイドラインの適用に向けて—、平成28年7月

確率論的津波ハザード評価の課題

(Probabilistic Tsunami Hazard Assessment (PTHA))

- 津波評価技術(2016)*¹に、津波評価の対象となる波源を追加
 - ①海底地すべり ②斜面崩壊 ③火山現象(山体崩壊等)

□ 国外で起きた津波現象*が発生する可能性は否定できない。

* 国外(インドネシア)の津波現象

○スラウェシ島地震津波(2018年9月)⇒海底地すべり

○クラカタウ火山性津波(2018年12月)⇒噴火による山体崩壊

課題

□ 津波についても、確率論的アプローチの適用性の検討がなされている。例えば、**海底地すべり等による津波を、地震とそれに随伴する津波として含めて考える必要がある。**

*1 土木学会:原子力発電所の津波評価技術2016、平成28年9月
 *2 杉野他:確率論的津波ハザード評価に係る手法の提案—プレート間地震による津波波源の設定方法とその適用例—、NRA技報、原子力規制委員会、平成30年5月

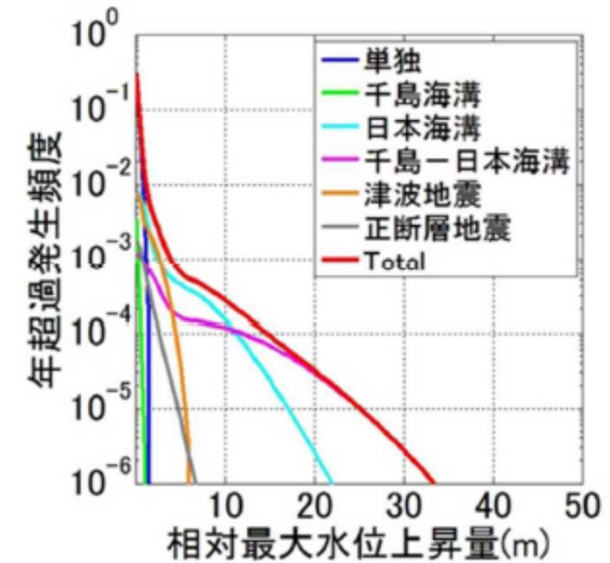


図 福島県沖の津波ハザード曲線*²

結 言

- 1) 学協会は、**自然ハザード分野の各学会（日本地震学会 [1]）等）との関係を確立すべき。**
- 2) 自然ハザード自体の不確かさを考えた場合、**ハザードの評価の精度向上に向けた取り組みを優先すべき。**
- 3) 確率論的地震・津波ハザード評価を活用する場合、**発生頻度や評価レベルの不確かさ等を基準化するための課題に優先的に取り組むべき。**

<参考文献>

- [1] 山岡耕春：地震学と原子力、日本原子力学会誌、Vol.61、No.3、2019

Appendix 「不確かさ」と「深層防護」

U.S. NRC Regulatory Guide 1.174, Revision 3 (January 2018)

An Approach for Using PRA In Risk-informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis

2.1.1.1 Background

- Defense in depth (DiD) is an element of the NRC's safety philosophy that employs
- The DiD philosophy has traditionally been applied in plant design and operation to **provide multiple means** to accomplish safety functions and prevent the release of radioactive material.
- It (DiD) has been and continues to be **an effective way to account for uncertainties in equipment and human performance** and, in particular, to account for **the potential for unknown and unforeseen failure mechanisms or phenomena** that, because they are unknown or unforeseen, are not reflected in either the PRA or traditional engineering analyses.

おことわり

本報告は、原子力規制庁の地震・津波研究部門での外部ハザードに関する国際業務から抽出したものであり、原子力規制委員会・原子力規制庁の公式見解ではない。また、国際動向等をすべて網羅的に調査したものではない。

これらの国際動向は個人の意見や解釈が入ったものである。