

原子力発電所における 設計基準を超える 外的ハザードに対する備え

糸井 達哉

東京大学大学院工学系研究科 准教授

自然外的ハザードに対する防護の課題

- 複数の機器等に対して共通原因故障を引き起こしうる
 - ✓ 発生頻度は低いが、大きな被害を招くクリフエッジがある
- 不確かさを有する自然現象の取り扱いが課題
 - ✓ 自然現象に対する防護レベル（設計基準ハザード）設定の困難さ
 - ✓ シビアアクシデント対応のシナリオを網羅することの困難さ
 - ✓ 可搬式設備などで柔軟性、融通性をもった効果的な対応
 - ✓ 広い科学技術領域をカバーし、高度な判断力を持つ人材の必要性
- アクシデントマネジメントの実施上の困難さ
 - ✓ 複数号機同時の事故進展
 - ✓ 外的ハザードによる敷地内も含めた広範囲の被害
 - ✓ 高い放射線レベルでの作業性
 - ✓ 制御室の居住性

設計とアクシデントマネジメント

- 設計における「相反性」
 - ✓いわゆるフェイルセーフ設計についての再考
 - 非常用復水器（IC）は直流電源喪失で自動閉
 - 格納容器ベント系統は閉じることが優先
- アクシデントマネジメントの実効性
 - ✓アクシデントマネジメント設備の操作性、アクセス性、実効性に大きな課題
 - ウェットウェルベント弁の手動開操作
 - 外部からの注水繋ぎこみ先へのアクセス
 - ラプチャディスクがウェットウェルベントを阻害
 - ✓多様なアクシデントマネジメント策

アクシデントマネジメントの実効性

- 外的ハザード（地震、津波）とシビアアクシデントで起きる事象（水素爆発等）が現場対応を阻害
- 隣接号機に影響されての事象も発生
 - ✓ 重大な事故の同時発生による混乱
 - ✓ アクシデントマネジメントで予定していた電源融通が実施できず
 - ✓ 隣接号機で起きた水素爆発がアクシデントマネジメント実施を阻害
 - ✓ 3号機炉心で発生した水素が4号機に漏洩して爆発
- オフサイトの緊急時対応（原子力防災）との連携も課題

耐震性能設計の枠組みの例 (SEAOC Vision 2000, 1995)

地震動のレベル	性能要求			
	完全機能確保	機能確保	人命確保	崩壊防止
しばしば発生	●			
時々発生	■	●		
稀に発生する		■	●	
非常に稀に発生			■	●

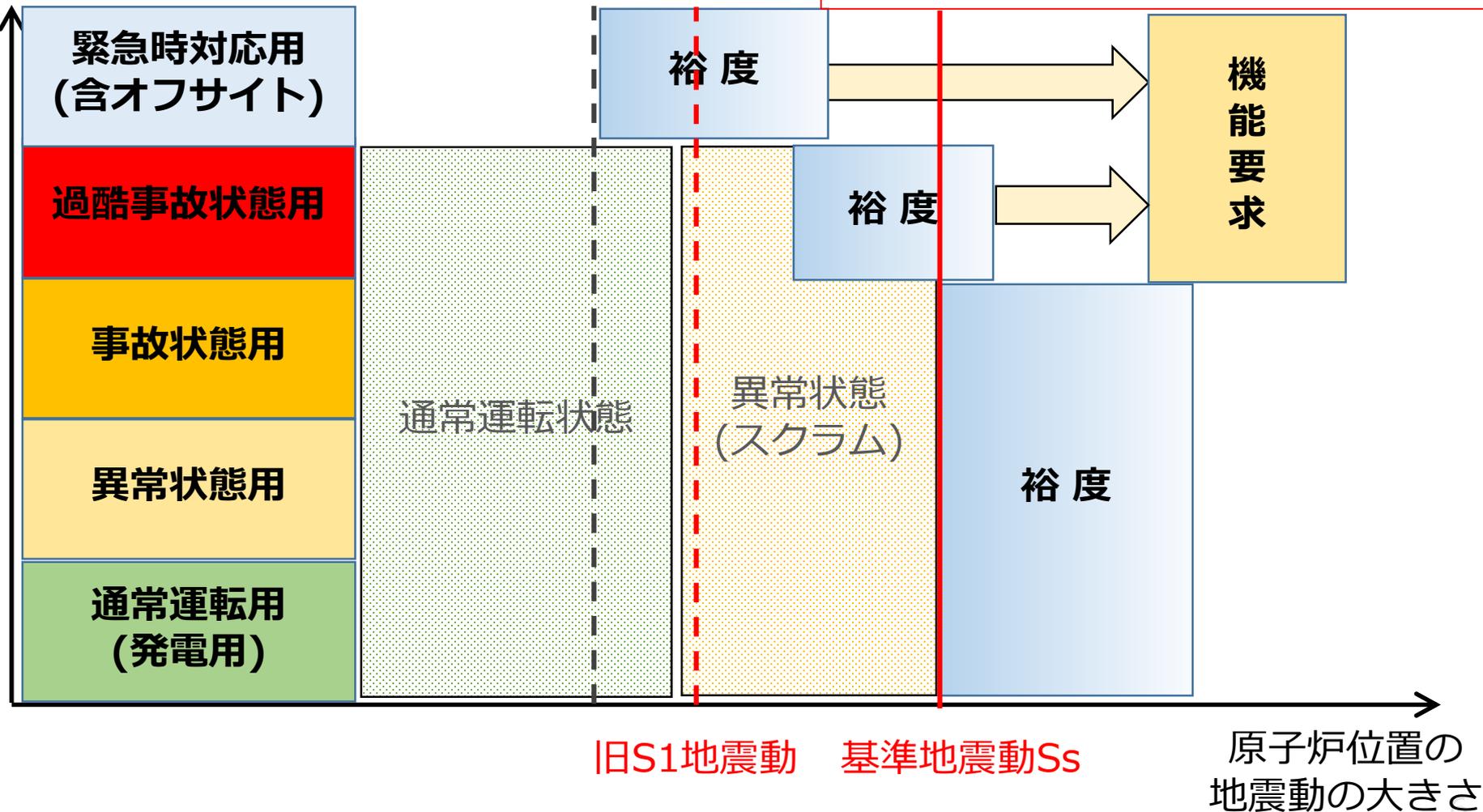
- 通常建築物：どのように崩壊を防止するか？
- 安全上重要な施設：如何に機能を確保するか？
 - 安全上重要な施設でも、通常建築物と同様、どのように崩壊を防止するのか？といった、設計を上回る性能に対する考え方が必要

地震動に対する深層防護とSSC（試案）

評価対象の
SSCの種類

一般構造物の
設計地震荷重レベル

クリフエッジを防ぐには、地震により発生する過酷事故に対してSA対策の機能が必要。どのように実現？



設計基準を超える外的ハザードに対してAM のための設備機器の機能を確保する手段

- 個々の設備機器の機能ではなく、システムとしての機能に
着目すべき



- 裕度
 - ✓ フランスの“Hardened Safety Core”（仮想的に設計基準をはるかに超えるいくつかの状況を想定）
 - ✓ 「影響緩和」のための設備機器は「異常発生」のための設備機器よりも大きな耐震裕度
 - ✓ （特に）外的ハザードが過酷でない場合には有効
- 冗長性
 - ✓ 特に地震動では、冗長性のみでは共通原因故障を防ぐことは困難
- 多様性
 - ✓ 地震動・津波等：設置位置の多様性
 - ✓ 地震動：振動特性（固有周期、減衰）の多様性
- これらの前提条件としての必要事項
 - ✓ 物理的分離（浸水等の同時発生、複数の設備機器の相互干渉を防ぐ）
 - ✓ 機能的隔離（複数の設備機器の相互干渉を防ぐ）

まとめ

- 福島第一原子力発電所事故を受けた外的ハザードに対する安全確保(含：防護設計)の考え方の転換
 - ✓敷地で考えられる最大規模の外的事象に対し機能を確保するという従来からの考え方
 - ✓加えて、設計基準を超える規模の外的ハザードの考慮と、その対策としてのアクシデントマネジメントの導入、そのためのSSC（あるいはその集合としてのシステム）の安全性の考え方
 - ✓さらには、そのような規模の外的ハザードに対して、(オフサイトへの影響の大きい)事故を防止するといったような観点も含めた、性能規定型の原子力耐震工学への展開
 - ✓これらを統合する枠組みとしてのリスク論、総合的意思決定プロセス
- 設計基準を超える外的ハザードに対してSSCの機能の有効性を確保する(現状考えられる)手段
 - ✓多様性、冗長性、裕度等

参考文献

- 日本原子力学会原子力安全部会：「福島第一原子力発電所の事故に関するセミナー」報告書，2013.
- 糸井達哉，中村秀夫，中西宣博：多様な誘因事象に対する原子力安全の体系，（その2） 外的事象対策の原則と具体化，日本原子力学会誌，58(5)，2016.
- 糸井達哉：原子力発電所の地震に対する安全性、エネルギーレビュー、2016年8月号、2016.
- 関村直人：原子力安全と発電所の地震への備え、第1回 防災推進国民大会、防災学術連携体主催ワークショップ、2016.
- 関村直人、糸井達哉：原子力安全と発電所の地震への備え、学術の動向、2016.11.