© CRIEPI

CRIEPI
Central Research Institute of Electric Power Industry

日本原子力学会「2015年春の年会」
総合講演・報告1
「原子力安全のための地震・津波防御総合技術体系を目指して
～日本地震工学会と日本原子力学会の協働～」

(3) 原子力発電所の事故シナリオに係るフラジリティ

2015年3月20日
茨城大学　日立キャンパス

電力中央研究所/東京都市大学
蛯沢　勝三

1. はじめに

■ 日本地震工学会では、“原子力安全のための地震・津波防御総合技術体系”の一環として、地震・津波に対する事故シナリオの同定を行った。

・同同定では、上記津波PRA事故シナリオやF1-NPP事故の内容を重要情報とした上で、

・津波浸水経路を推定し、

・津波浸水経路と構造物・システム・機器(SSC) の機能喪失とを関連付けると共に、

・SSCsフラジリティ評価の留意事項を整理した。

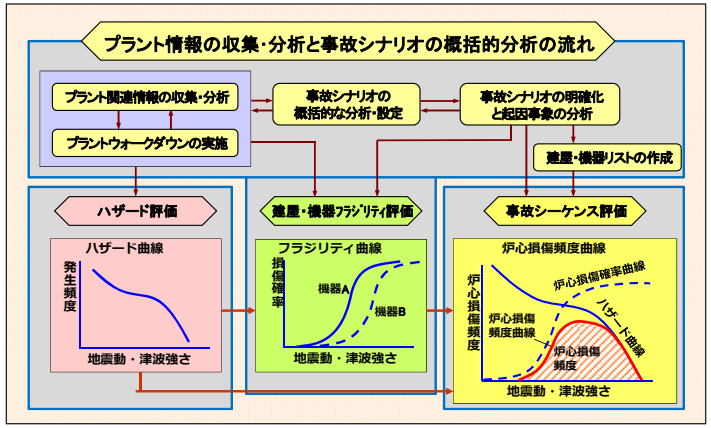
・事故シナリオ同定上の課題も挙げた。

■ 本報では、これらについて言及する。

© CRIEPI

2. 地震及び津波PRA手順と事故シナリオ同定及びフラジリティ評価の観点

2.1 地震及び津波の有用性



起因事象	屋外			屋内			炉心状態		
津波遡上による冠水	外部電源	サポート系		非常用電源	炉心冷却		短期	格納容器冷却	長期
	起動変圧器	海水ポンプ	軽油タンク	DG	電動駆動ポンプ	蒸気駆動ポンプ	炉心状態	RHR復旧	炉心状態
敷地内		○			○		○	○	○
	○	×			×	○	○	○	○
								×	×
			○	○	○		○	○	○
		○	×	×	×	○	○	○	○
	×							×	×
		×		×	×	○	○	○	○
								×	×
建屋内				×	×	×	×		×

○:健全　×:機能喪失(機能喪失の時間により炉心損傷の有無が決まる)

JNES津波PRAの事故シナリオは、F1-NPPのものに良く一致した。
津波PRAは、津波事故シナリオ同定に有用である。

© CRIEPI

2.2　事故シナリオ同定及びフラジリティ評価の観点

(1) 事故シナリオ同定の観点

■ 事故シナリオ同定の基本方針：「事実」，「論理性」，「想像力」を大切

① 2011東北地震下でのNPP挙動を事実として受止、事故シナリオへ反映。

② これらの挙動等に基づき、事故シナリ同定に、科学的論理性を踏まえる。

③ 事故シナリオ同定には、既往技術に囚われず、想像力を巡らす。

④ NPPサイト周辺地域や人的信頼性との関連する事故シナリオも考慮

■事故シナリオ同定の観点

① F1-NPP事故情報、既往津波PRA情報報等を踏まえ、想像力を駆使して津波浸入経路を推定した上で、炉心損傷へ至る事故シナリオを同定

② 地震・津波ハザードと構造物・システム・機器(SSC)との連関付け

③ 構造物・機器機能喪失とシステム機能喪失との連関付け（複数の構造物・機器の同時損傷）

④ 事故シナリオを炉心損傷前(AM領域)と後(SAM領域)に大別、前者に力点

⑤ SSCの空間的事故シナリオの伝播と、HRを考慮した時間的事故シナリオの伝播共に考慮

CRIEPI Central Research Institute of Electric Power Industry

■ フラジリティ評価の観点

① 対象施設の仕分け：

- 敷地内
  - 単一号機
  - 複数号機
- 敷地外

対象施設のフラジリティ評価の考え方をまとめる

② 留意項目

- 津波浸入経路とSSCの機能喪失との関連づけ
- SSC機能喪失に係るハードウエアとソフトウエアとの関連づけ

© CRIEPI

3. 津波浸水経路の推定と同推定に基づく地震・津波事故シナリオの同定

3.1 津波浸水経路の推定

(1) 敷地内:

1) 単一号機:

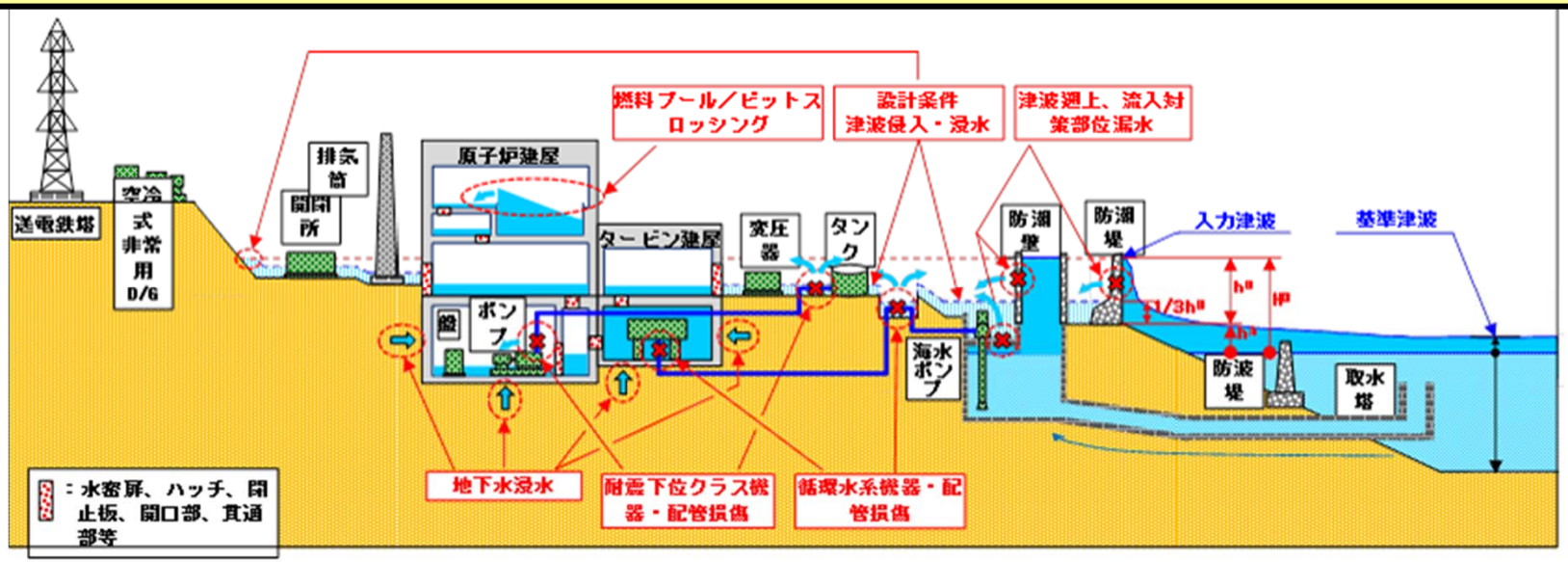
1-1) 屋外の要因: 防潮堤、取水ピット壁、海水管ダクト、地下見逃し水道

1-2) 屋内の要因: 建屋外壁:大型搬入口、ルーバー、外壁貫通ダクト目地

内壁関連:扉、内壁貫通ダクト目地等

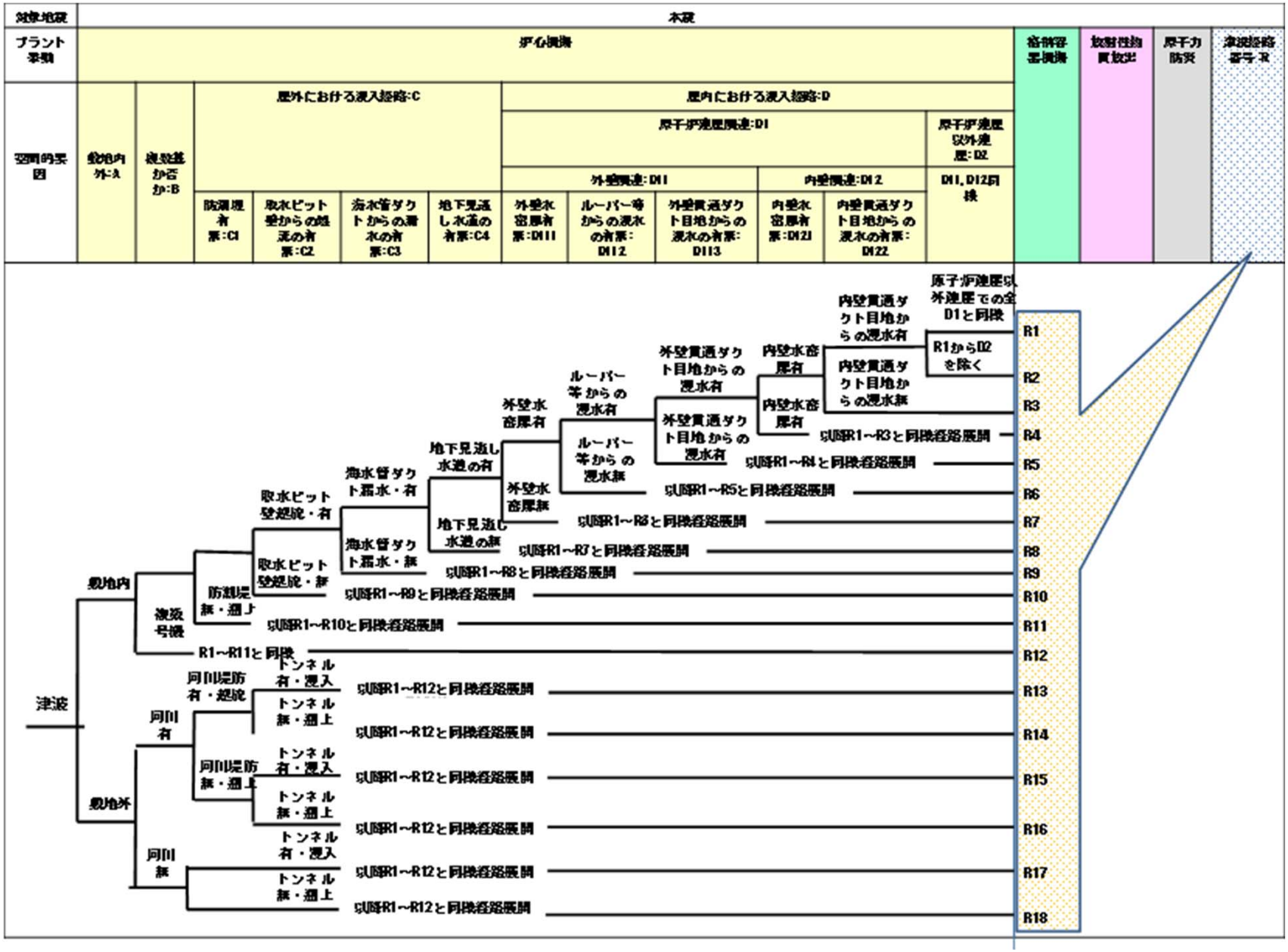
2) 複数号機: 屋外の共有し背悦(電源融通設備、海水給水設備等)

(2) 敷地外: 送電鉄塔、河川、周辺道路トンネル



© CRIEPI

■ 津波浸入経路の例



CRIEPI Central Research Institute of Electric Power Industry

3.2 地震・津波事故シナリオの同定

(1) 津波浸入経路とSSCsの機能喪失との関連付けの例

a) 取水口の海底砂移動による目詰まり⇒海水給水機能喪失し、炉心損傷へ

b) 津波が防潮堤を越流（洗掘による変状・倒壊や防潮堤目地からの漏水）

⇒ 海水給水系施設、敷地内開閉所電源施設へ浸入し、
外部電源機能喪失屋外復水貯蔵タンクが流され、冷却機能低下

c) 津波が取水ピット、海水管ダクト、地下見逃し水道から吹き出し

⇒ 海水ポンプ、電気盤等が冠水、炉心損傷へ

d) 津波が河川遡上し河川堤防を越流, 周辺道路トンネル経由で浸水⇒c) 同様

e) 敷地外への津波遡上⇒ 敷地外の送電機能喪失、外部電源機能喪失

f) 敷地屋外へ浸入後、原子炉建屋大型搬入口・ルーバー、外壁貫通ダクト目地等から浸入⇒ 非常用ディーゼル発電機、電源用・信号用電気盤等が冠水、非常用電源機能喪失、給水系ポンプ等へ浸し、冷却機能喪失

g) 建屋内へ浸入後、建屋内壁扉(内壁貫通ダクト目地から浸水

⇒ 関連設備が冠水し、復旧の遅延要因

(2) 津波浸入経路とAM及びSAM対策との関連付けの例

a) AM対策の高台設置の電源車及び消防車と建屋内設備（ポンプ、電気盤等）を繋ぐ屋外ダクトの流出 ⇒ 電源・給水機能喪失

b) 地震動体験や津波警報発令等による高ストレス下での回復操作ミス ⇒ 各種安全系機能喪失

c) SAM対策のベント用排気塔の洗掘変状⇒ ベント機能喪失

(3) 周辺住民の避難行動との関連づけ

a) 住民避難に係る敷地外避難道路、橋梁、斜面、港湾、鉄道等インフラ ⇒ 機能喪失

b) 住民への情報伝達インフラ⇒ 機能喪失によるコミュニケーション不足

© CRIEPI

4. 事故シナリオ同定に基づくフラジリティ評価に係る留意事項

4.1 単一号機に係るフラジリティ評価における留意事項

(1) 防潮堤及び排水ゲート

a) 防潮堤有り－入力津波高さと防潮堤高さの関係

⇒ 防潮堤高さ以下の場合、防潮堤高さ程度、防潮堤高さを少し超える、防潮堤高さを大きく超える

b) 防潮堤有り－排水ゲートの有無：

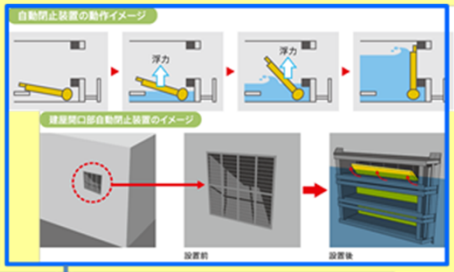
c) 防潮堤無し－入力津波高さと敷地高さの関係：

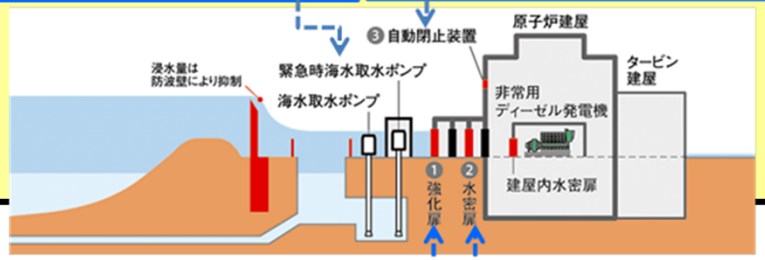
⇒ a)と同様の事故シナリオを同定

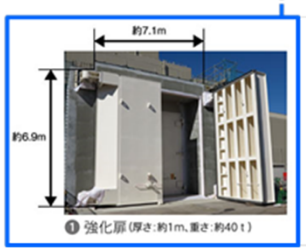
(2) 水密扉及び目地

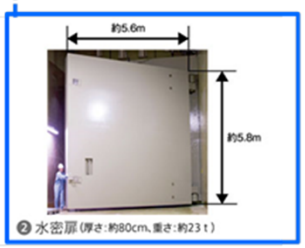
a) 設置場所：建屋外壁、建屋内壁、設備外壁等と異なる

b) 地震動によるゆがみ









(3) 海水給水系施設（取水口、海水管ダクト、取水ピット、海水ポンプ）

a) 海水給水系取水ピット内海水ポンプの設置位置

⇒ 崩壊熱除去に必要な海水揚水量とポンプ容量に基づく水頭高さ（海水レベルとポンプ吸い込み口の差）が必須要件。

同要件によって海水給水系施設設置高さは拘束されている。

b) 海水管ダクトを通し、敷地内と海は繋がっている

⇒ 防潮堤高さによらず海水が流入。取水ピット取水壁高さ依存。

(4) AM対策工及びSAM対策工の場合

a) AM対策の電源車や消防車

⇒ 電源・信号用ケーブルダクトや給水用ダクト・ホースが重要

b) SAM対策工

⇒ 半恒久施設か、可搬施設かによってフラジリティの程度が異なる

⇒ SA対策施設例：ベント関連施設ーポンプ、配管、排気塔等

(5) 個々の構造物・機器の機能喪失の時間的発生・進展に係る事項

a) 複数の構造物・機器の同時損傷に係る事項

⇒ 複数の構造物・機器の損傷の相関の考慮

b) 復旧関連に係る事項

⇒ 冠水設備の機能回復を期待するか

（例：海水砂が混入したポンプの洗浄/敷地外復旧資材ヤードの津波による被害・流失/復旧時の余震の影響の見積もり）

(6) ヒューマン及び情報通信関連

a) ヒューマン関連事項

⇒ 高ストレス下での誤操作/オペレータの緊急点検時の津波遭難/隣接ユニットへの応援に伴う誤操作/職員の避難/

b) 情報通信関連事項

⇒ 津波監視・警報設備の効果と機能喪失による回復操作への影響/警報システムが発電所と他機関のものとで違う場合、どちらを優先するか/警報システムからの情報の信頼性と対応策の意思決定との関係/

4.2　複数号機に係るフラジリティ評価における留意事項

a)　構造物・機器の同時損傷の影響に係る事項：
　　⇒　複数の構造物・機器の損傷の相関の考慮等
b)　AM及びSAM対策工に係る事項：
　　⇒　多数号機の場合、機能確保の可能性が低くなる。
c)　ヒューマン及び情報通信関連に係る事項：
　　⇒　多数号機の場合、高ストレスの度合いが高まる。

4.3　敷地外に係るフラジリティ評価における留意事項

a)　斜面浸食に係る事項（複数構造物、機器の同時損傷）
b)　送電網（鉄塔、開閉所・変電所内機器）機能喪失
c)　敷地外人工ダム水路の氾濫
d)　陸域遡上や河川遡上による周辺インフラ（港湾、橋梁、道路、鉄道、情報伝達施設等）への影響
e)　住民避難への支障

5.　まとめ

- 本報では、地震・津波PRA手順のうちの事故シナリオとフラジリティの係わりについて記述。
- 津波浸水経路推定に基づく事故シナリオ同定の内容に言及。
- 津波浸水経路とSSCsの機能喪失とを関連付け、SSCsのフラジリティ評価の留意事項に言及。