

安全部会 第6回福島事故セミナー
論点整理

平成24年10月22日

部会長 阿部清治

なぜ女川や東海第二、福島第二で 起きた事象を分析するのか

- 安全部会セミナーの目的は、「何が悪かったのか」(どうしてシビアアクシデント(SA)が起きてしまったのか)、「これからどうすべきか」(どういう改善策を採れば SAを防止できるか)を考えること。
- 程度の差こそあれ、同じように地震動と津波に襲われたサイトで、どうしてSAにならなかったのかを分析することはセミナーの目的そのもの。
- その際、「こうした対策を採っていたから必然の結果として」SAにならなかったのか、「偶然に助けられたこともあって」SAにならなかったのかの見きわめが大切。(多分、どちらの要素もある。)

分析の視点

- (1) まずは、各サイトで起きた事象そのものの確認と、問題点の同定。ただし、SAは起きていないのだから、もっぱら、地震動と津波、それが施設内のSSCにどういう故障・損傷をもたらしたかまでの比較。第1回セミナーで採り上げた、安全委設計指針の「外的事象」と「SBO」指針の問題の再考も。
- (2) 次に、「機器が生き残った」、あるいは、「SAに至らなかった」からこそわかる事項の分析。前者では、たとえば、潮位計。津波予測の精度評価には有用な情報になるはず。後者では、たとえば、福島第一の5号機、6号機の損傷状況。1～3号機での地震動による配管損傷の可能性などについての参考情報になるはず。

分析の視点(続き)

(3) “What if study”。「当たり前前にあり得る偶然」を想定して何が起きるかを考えることにより、「どういう対策を施すことで確実にシビアアクシデントを防止できるか」を考えることにつなげる。たとえば、

- ① 津波が、20年前(AM未整備)にサイトを襲っていたらどうなったか？東海第二では、止水工事がなされていなかったら、終わっていたら、どうなったか？
- ② 連動した各震源からの津波波形のフェイズ(位相)が、重なっていたら、ずれていたら、どうなったか？
- ③ 福島第一で、1～3号機が停止中で、4～6号機が出力運転中だったらどうなったか？

(第7回セミナーでも検討。)

(1) 各サイトで起きた事象そのものの確認と、 問題点の同定。

- 福島第一で「想定外」であったことは、他のサイトではどうであったか？
- 観測された加速度や津波高さは、設計での想定に比してどれ程であったか？
- ストレステストの結果からは、地震動・津波に係る安全裕度はどれ程であったか？

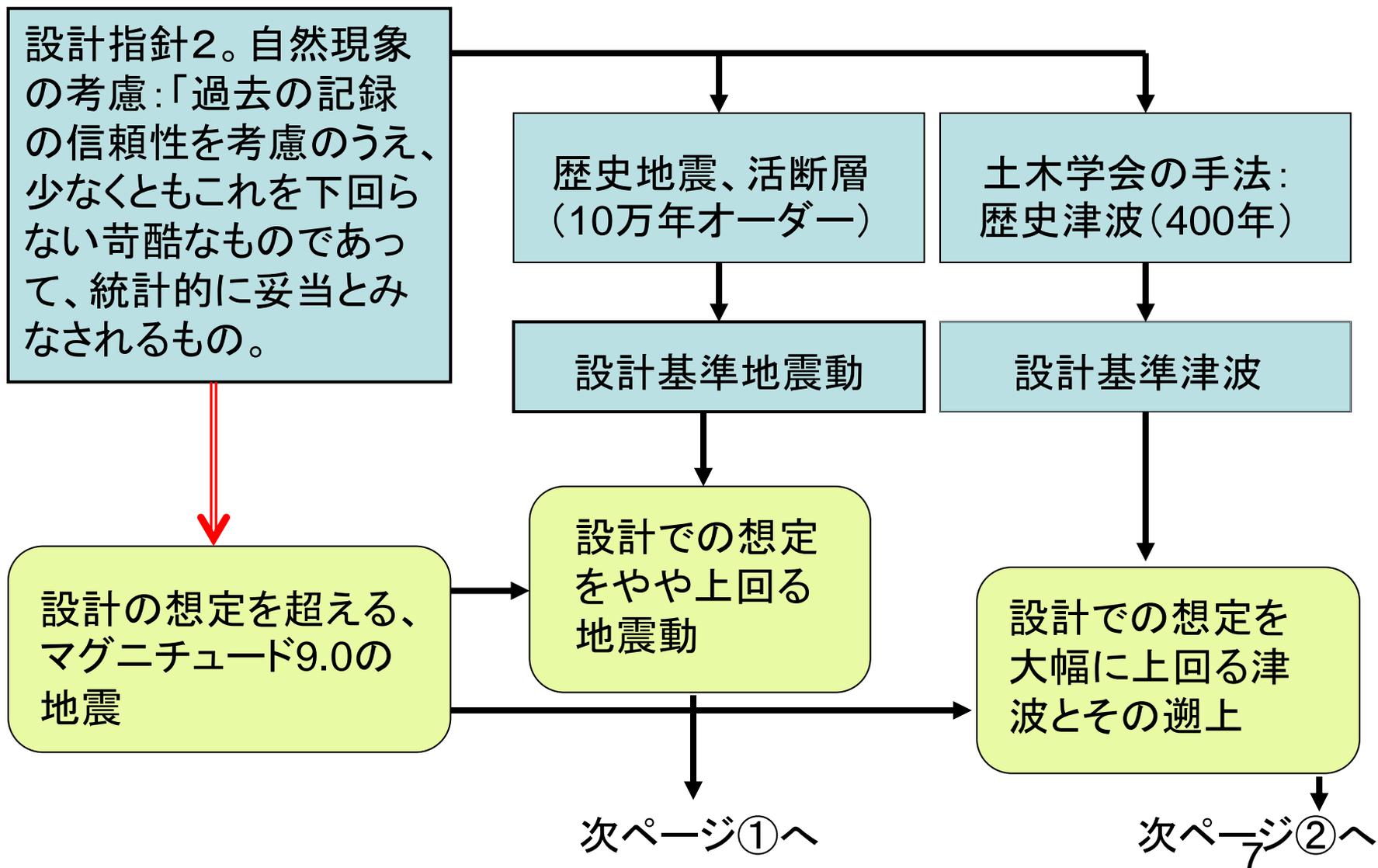
事象の確認と問題点の同定(続き)

- 福島第一で起きた主要な故障・損傷は、他のサイトではどうであったか？
- 外部電源系については、その喪失と復旧の状況はどうであったか？また、特定の機器に故障・損傷は発生していないか？
- 非常用交流電源系については、その喪失と修復の状況はどうであったか？
- 直流電源系については、その喪失の可能性はなかったか？
- 電源系以外での構築物・系統・機器(SSC)の故障・損傷にはどのようなものがあったか？

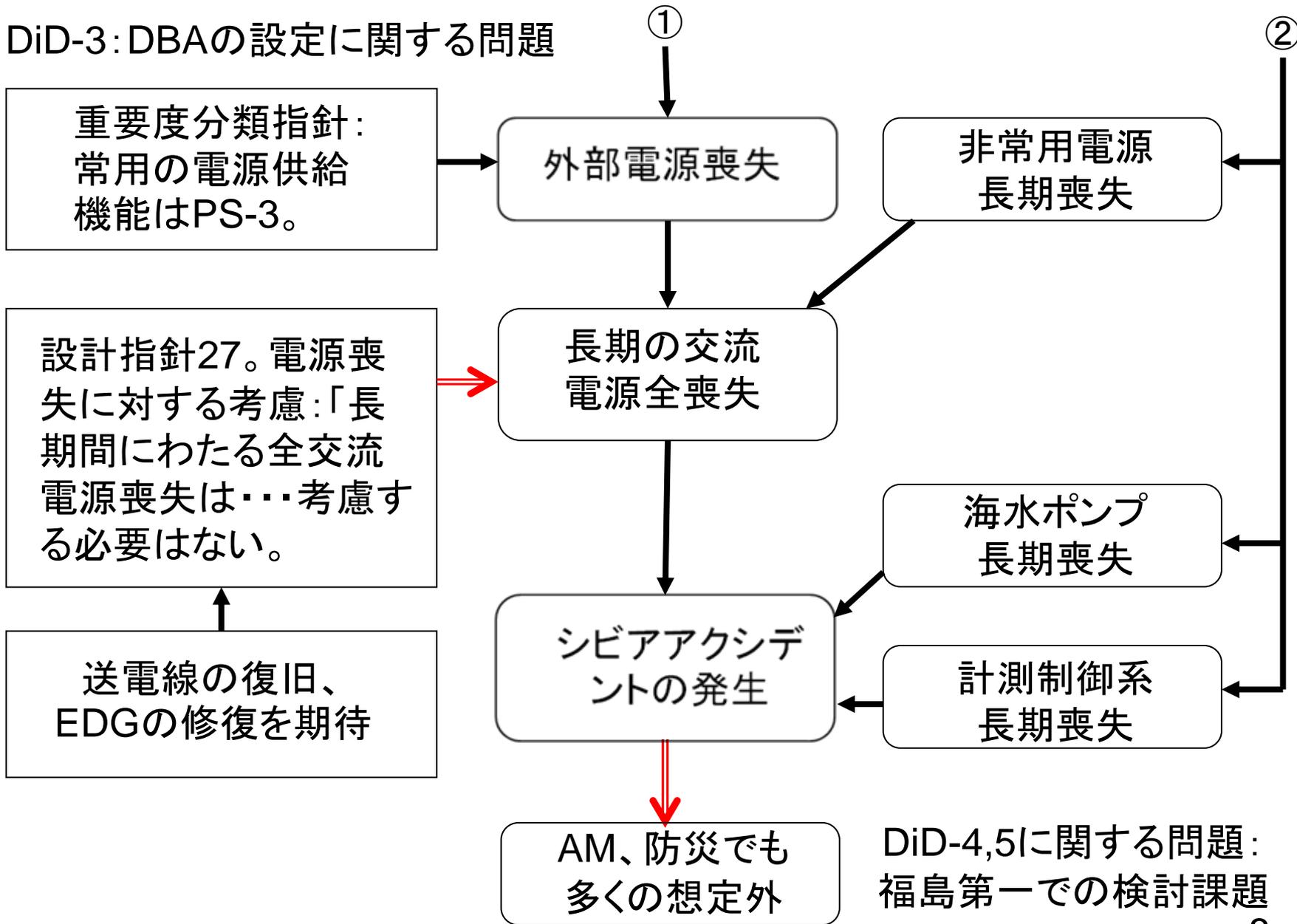
福島第一での「想定外」

DiD-1: 地震動、津波に関する問題

→ それゆえ
⇒ ところが



DiD-3: DBAの設定に関する問題



耐震設計について

- 基準地震動は、活断層、歴史地震、震源を特定しない地震を対象として設定。活断層は 10^5 年程度までの期間に活動したものまで考慮。
- 東北地方太平洋沖地震の震源とその連動までは予測できていない。
- しかし、サイト周辺の超長期の地震を対象に、大きな裕度をもって考えてあった。
- その結果、女川では、建屋で観測された加速度は基準地震動に対する応答加速度をやや上回る程度。
- 東海第二では長周期（構造物・機器への影響小）での応答スペクトルは設計を上回ったものの、短周期では十分設計の範囲内。

津波について

- 原安委「設計指針」指針2:「予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件・・・を考慮した設計であること」
- 同・解説:「予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件」とは、「過去の記録の信頼性を考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、統計的に妥当とみなされるものをいう」
- 土木学会「原子力発電所における津波評価技術」(2002年2月):評価の基になっているのは、1611年～1978年(約400年間)の歴史津波。
- 福島第一の設計基準津波(自主的に強化):5.4～5.7m
- 「数百～千年に1度」の事象に防護がなければ、必然的に、我が国の安全目標とかけ離れた結果になる。

津波について(続き)

- 女川も東海第二も、新知見を反映して津波対策を強化。
- 女川では、当初から三陸津波、貞観津波などを考慮に入れ、敷地高さを14.8mに決定。土木学会手法による津波評価も実施(13.6m)。引き波への対策も。
- 女川で、2号機と3号機の津波被水状態を分けた要因は？
- 東海第二では、継続的に津波対策を強化。設置許可時の想定最高水位が2.35mであったのに対し、平成20年12月想定最高水位を6.61mとして、7.0mまでの側壁を設置。(工事は一部未完成)
- ストレステストの結果からは、安全裕度はどれ程か？

SBOの想定について

- 原安委「設計指針」指針27:「原子力施設は、短時間の全交流電源喪失に対して、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の冷却を確保できる設計であること」
- 同・解説:「長期間にわたる全交流電源喪失は、送電線の復旧または非常用交流電源設備の修復が期待できるので考慮する必要はない」
- この「期待」は従来の経験データに基づいたもの。今回の事故のように、津波で復旧や修復、あるいは代替電源の運び込みが困難になる状況は想定せず。
- 統計で得られていない範囲まで対象として、外的誘因を広く検討し、専門家による確率論的考察に基づいて設計基準事故における想定を見直すことが必要。

電源に係る復旧・修復状況

- 外部電源は、女川では5回線中4回線が、東海第二では全回線が、地震動で喪失。非常用電源は、女川では全機正常作動、東海第二では1系列が津波による海水ポンプ浸水で停止。
- 女川では、外部電源の最初の復旧は3月12日（喪失4回線中2回線）。
- 東海第二では、外部電源の最初の復旧は3月13日19時37分。浸水したEDG用海水ポンプの復旧は3月22日。

(2)「機器が生き残った」、あるいは、「SAに至らなかった」からこそわかる事項

- 福島第一、福島第二では、潮位計が損傷して津波高さは評価に頼っている。女川と東海第二では、潮位計により津波高さの実測値がある。これから、津波高さ評価手法の精度を把握することができる。
- 福島第一の5号機、6号機の構築物・機器の損傷状況は、1～3号機での地震動による構築物・機器の損傷の可能性などについての参考情報になるはず（第7回セミナーの対象）。
- 他にも、プラント外のインフラ（道路等）の損傷や回復など、参考になる情報があるはず。

(3) もしも次のようであったら、何が起きるか？
どうすればシビアアクシデントを防げるか？

- ①-1 津波が、20年前（AM未整備）にサイトを襲っていたらどうなったか？
- ①-2 東海第二では、止水工事が、なされていなかったら、あるいは、終わっていたら、どうなったか？
- ② 連動した各震源からの津波波形のフェイズ（位相）が、重なっていたら、ずれていたら、どうなったか？
- ③ 福島第一で、1～3号機が停止中で、4～6号機が出力運転中だったらどうなったか？

（②、③は第7回セミナーの対象）

福島第一に限らず、全サイトについて、
もう一度考えてみよう。

- 設計での地震動・津波の想定、あるいは、想定した地震動・津波に対する設計に問題はなかったか？
- 現行設計指針の要求(「予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件」とは、「過去の記録の信頼性を考慮のうえ、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、統計的に妥当とみなされるものをいう」)を踏まえれば、耐津波設計の妥当性判断基準は直ちに、耐震設計での基準地震動の想定は速やかに、見直しが必要なはず。

もう一度考えてみよう。(続き)

- 津波については、各発電所で十分な引き波対策が採られているか？
- 津波の「遡上」に関しての問題はなかったか？
- 地震動・津波に限らず、外的誘因についての設計基準の考え方の確認が必要。
- そこでは、確率論的ハザード評価のあり方や、設計基準決定時の不確実さ考慮のあり方を考えることも必要。

もう一度考えてみよう。(続き)

- 電源系(交流・直流)に対する設計要求、交流電源全喪失事故(=発電所停電事故、SBO)の想定に問題がなかったか？
- 外部電源については、一部の機器類の耐震性向上を図ることで、系統全体の信頼性が向上することは考えられないか？
- 外部電源復旧過程で、問題点あるいは良好事例はなかったか？
- 電源系についての更なる信頼性向上のための、配置の多様性や可動性電源の具体化は？

もう一度考えてみよう。(続き)

- 施設の一部での浸水や火災が、想定以上に広がることはなかったか？（「独立性」は保たれていたか？）
- 地震や津波による、建屋やB,Cクラスの機器の損傷、がれきの発生等が、施設全体の安全や事故後対応に悪影響を及ぼすことはなかったか？
- シビアアクシデントには至らなくとも、厳しい事象は経験。事故マネジメントの観点での問題点あるいは良好事例はなかったか？
 - 高圧スプレイ系注入弁の開度調整は必要か？
 - 冷温停止へのプロセスが複数ある場合の選択は？
- 事故時の関係者間情報伝達に問題はなかったか？

一般的結論としては

- 従来から重要とされてきた、深層防護、多様性などはやっぱり大事。
- 継続的な改善が大事
- 経験していないことへの想像力も大事
- 安全改善のために有用とされる手法
 - PSA、
 - ストレステスト、
 - 運転経験分析、
 - What if study、等々を、単に解析してみたらこうなりましたではなく、具体的対策につなげることが大事。