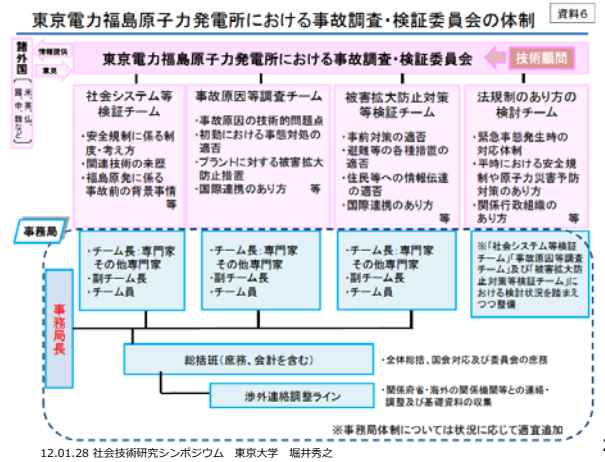


社会技術研究シンポジウム

東京電力福島原子力発電所における 事故調査・検証委員会（政府事故調） 中間報告について ：津波対策・シビアアクシデント対策

東京大学 堀井秀之

2012年1月28日



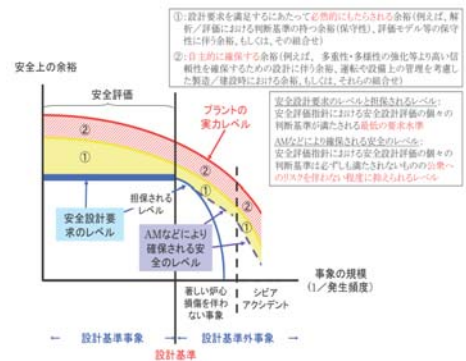
本日の説明の方針

- 政府事故調の中間報告（2011.12.26）の津波対策、シビアアクシデント対策に関する部分
- 適切な津波対策、シビアアクシデント対策がなされていれば、冷温停止できていた
- 冷温停止できていれば、その後のトラブルは発生しなかった
- 現在の知見に基づいて、何故対策が不十分であったのかを分析し、今後のために教訓を導き出す

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

3

安全設計における安全確保の概念



「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、社団法人原子力学会原子力発電所地震安全特別専門委員会) より

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

4

「発電用軽水型原子炉施設に関する 安全設計審査指針」

- 構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起した場合は影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- 構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象によって安全性が損なわれない設計であること。
- 解説：地震以外の想定される自然現象としては、敷地の自然環境を基に、洪水、津波、風、凍結、積雪、地滑り等から適用されるものをいう

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

5

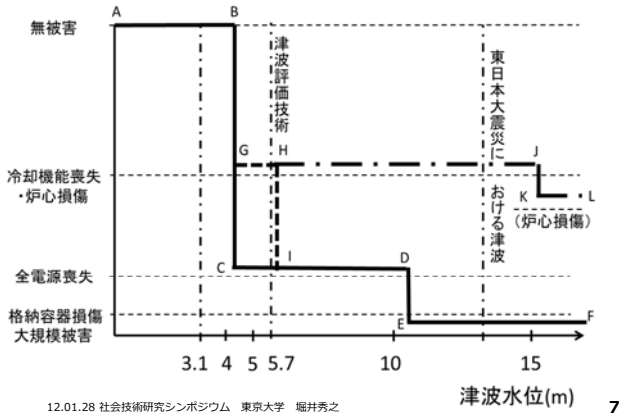
安全評価とシビアアクシデント対策

- 安全評価
 - 原子炉施設の設計の妥当性を評価するために、いくつかの「設計基準事象」という事象の発生を想定して安全評価を行う。事象の発生を想定して安全評価を行うことから、「決定論的安全評価」と呼ばれる。
- シビアアクシデント（過酷事故、SA）
 - 安全評価において想定している設計基準事象を大幅に超える事象であって、炉心が重大な損傷を受けるような事象
- アクシデントマネジメント（AM）
 - SAに至るおそれのある事態がSAに拡大するのを防止するため、又はSAに拡大した場合にその影響を緩和するために採られる措置
 - 社会的受容性を配慮し、「シビアアクシデント対策」を「アクシデントマネジメント」と呼ぶことが多い
- 残余のリスク
 - 策定地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことによって生ずるさまざまなリスク

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

6

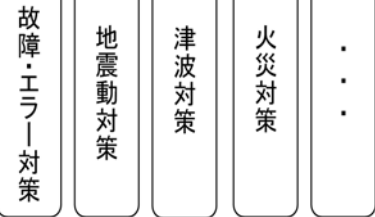
津波耐力と必要な津波対策



12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

7

シビアアクシデント対策



- SA対策は内的事象の運転時を対象に始められ、内的事象の停止時、外的事象の火災、内部溢水、地震と取り組んでいくつもりであったが、そのように展開されなかった。
- 津波は対象にすら挙がっていない。
- 薄墨部分のみがAMとして実施された。

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

8

イベント	津波評価部会	安全委員会	保安院	東京電力
2000年	部会第1期			
2001年				
2002年	推本三陸沖から房総沖長期評価	津波評価技術刊行		津波評価・対策実施
2003年	推本千島海溝沿い長期評価	耐震設計審査指針の改定		
2004年	スマトラ沖地震			
2005年	部会第2期			
2006年				
2007年	新潟県中越沖地震	部会第3期	耐震バックチェックの指示・審査	
2008年	佐竹論文			中間報告書提出社内検討
2009年			貞穂津波の意見	
2010年	部会第4期			津波対策ワーキング

	イベント	安全委員会	保安院	東京電力
1985	NRC, SA政策声明書			
1986	チェルノブイリ事故			
1987		原子炉安全基準部会共通問題協議会		
1988				
1989				
1990				
1991	美浜原発事故	SA対策AM決定	部長直通、検討報告を要請	
1992			PSRを法令上の義務	
1993	北海道南西沖地震		SA対策検討会	AM検討
1994			検討報告書	AM検討報告
1995	兵庫県南部地震	原子炉安全委員会検討会・アクシデントマネージメント検討小委員会	耐震子承	
1996			部長通知	
1997				AM整備
1998			AM検討小委員会	
1999	JCO臨界事故			
2000				
2001	中央省庁等改革			
2002	自主点検記録の不正問題	安全目標専門部会	耐震指針改定	運転管理防災小委員会AMWG評価報告書
2003				PSRを法令上の義務
2004				評価報告書
				整備後継率論的安全評価報告

Ⅶ これまでの調査・検証から判明した問題点の考察と提言

7 なぜ津波・シビアアクシデント対策は十分なものではなかったのか

- (1) 自主保安の限界
- (2) 規制関係機関の態勢の不十分さ
- (3) 専門分化・分業の弊害
- (4) リスク情報提示の難しさ

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

11

(1) 自主保安の限界

- 技術は現場である発電所で培われ、進歩。安全確保の知識や課題も現場に存在。
- IAEAの基本安全原則：安全の第一義的責任が事業者。
- 自主保安が機能した事例
 - 津波評価技術2002、自主的津波対策
 - アクシデントマネジメント導入
- 事業者は必要性を感じれば対応

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

12

- 自主保安には限界がある
 - 安全対策に必要なリソース・能力には限りがある
 - 優先順位付け、個々の安全対策の適切性
- 自主保安の限界の事例
 - 津波評価技術2002
 - 2008年東京電力社内検討
 - シビアアクシデント対策の展開

自主保安の限界：津波評価技術2002

- 津波の波高を算定する優れた技術
- 技術の適用範囲や留意事項の記載がない
 - 概ね信頼性があると判断される痕跡高記録が残されている津波を評価対象にして想定津波波高を算定：過去300～400年間程度に起こった津波しか対象にすることができない
 - 想定津波の発生確率が読み取れない： 10^{-4} /年より小さいのか
 - 「不確かな津波については（第2期以降の活動における）確率論的評価の中で対応しようと考えていた。」に対応する記載がない

- 審議過程：想定を超える津波に対するコメント等が活かされなかった
 - 主査より「想定津波以上の規模の津波が来襲した場合、設計上クリティカルな課題があるのか否か検討しておくべき。」とのコメント
 - 「最終的なまとめ方のイメージをどのように考えているか。・・・①重要機器が浸水したり、取水に支障をきたすことはないという保証がこの検討から出てくるといったイメージなのか、それとも②想定津波以上のものが全く来ないとは言えず、それが来た場合の対処の仕方も考えておくというイメージなのか。」という質問
 - 想定津波水位の補正係数を1.0とする提案に対し、想定を上回る津波の可能性を考慮する必要はないのかという質問

- 何故、想定を超える津波に対するコメント等が活かされなかったのか
 - リスクレベルとしては大きくないと認識した：算定される想定津波の波高は既往津波の2倍程度
 - 「津波評価技術を事業者に受け入れられるものとする必要があった。そのためには数値的な考え方を打ち出すことが必要だが、再来期間のより長い不確かな津波については困難。不確かな津波については確率論的評価の中で対応しようと考えていた。」

自主保安の限界：2008年東電社内検討

- 「推本」の「2002年7月長期評価」への対応が問題、2008年2月有識者より波源として考慮すべきであるとの意見
- 2008年5月、三陸沖の波源モデルを流用して試算
- 2008年6月、副本部長、部長らに対する津波評価、防潮堤の波高低減効果等を説明
- 副本部長より指示
 - ①津波ハザードの検討内容に関する詳細な説明
 - ②1Fにおける4メートル盤への津波の遡上高さを低減するための対策の検討
 - ③沖に防潮堤を設置するのに必要な許認可の調査
 - ④機器の対策に関する検討

- 2008年7月検討結果の説明
 - 防潮堤の設置により津波の遡上水位を1ないし2メートル程度低減
 - 数百億円規模の費用と約4年の時間が必要
- 副本部長より結論
 - ①推本の長期評価の取扱い、電力共通研究として土木学会に検討依頼
 - ②その結果に応じ対策工事
 - ③耐震バックチェック、津波評価技術で実施
 - ④有識者に理解を求める
- 東電による有識者への説明
 - 佐竹教授より「佐竹論文」の原稿
 - 同論文を基に1F及び2Fにおける波高を試算したところ、1Fで8.6メートルないし9.2メートル、2Fで7.7メートルないし8.0メートルという結果
- 貞観津波の取扱い及び堆積物調査の実施に関する決定
 - 安全性評価を覆すものであるとされない限りは検討に値しないものと判断
 - 福島県沿岸において津波堆積物の調査を実施

(2) 規制関係機関の態勢の不十分さ

- 自主保安の限界を補うのは規制機関の役割
- 指針等に明文化することの効果
 - 東電の推本長期評価に対する対応
- 規制関係機関の態勢の不十分さの事例
 - 津波に対するリスク認知
 - 津波評価技術の評価
 - 耐震設計指針改定における津波の取扱・審議
 - 保安院の津波対策に関する対応
 - 保安院のシビアアクシデント対策に関する対応

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

19

規制関係機関の態勢の不十分さの事例

- 津波に対するリスク認知
 - 事業者が津波リスクを認知、津波評価技術を策定、規制関係機関は調査・検討の形跡なし
 - 耐震設計審査指針に盛り込む必要性は認識、それ以上の問題意識はなかった
- 津波評価技術の評価
 - 2002年3月、東京電力は津波評価・対策を保安院に報告、特段の指導等は行われなかった

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

20

- 耐震設計指針改定における津波の取扱・審議
 - 津波は施設の周辺斜面の崩壊等とともに地震随伴事象
 - 津波・海岸工学の専門家は含まれず
 - 5年間で津波に関する実質的審議はWG 2回のみ
 - 「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと」を「十分考慮したうえで設計されなければならない」、津波に関して「極めてまれ」の意味するところについては具体的には書かれていない

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

21

- 保安院の津波対策に関する対応
 - 2002～6年の間、津波に関連する新知見、保安院において体系的な調査・検証作業は行われなかった
 - バックチェックルールの津波評価方法は津波評価技術の内容と酷似
 - 2009年6・7月、「耐震・構造設計小委員会合同WG、東電の中間報告書に対する評価、貞観地震・津波を考慮すべき旨の意見；原子力発電安全審査課長、知見が集積しつつある段階、最終報告書で審査すれば足り、特段の措置は必要ないと判断
 - 2009年9月、保安院に対する説明、室長ら、切迫性を感じず、説明を求められる程度には至っていないと考えた、担当官限りの対応として津波対策の検討やバックチェック最終報告書の提出を促したものの、対策工事等を要求したり、文書でバックチェック最終報告書の提出を求めることはなかった

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

22

- 保安院のシビアアクシデント対策に関する対応
 - 「津波という議論は無かったが、地震などの外的事象に対して、AMが検討されていないことについて疑問を持っていた。」
 - 「担当者に質問したところ、安全委員会の耐震設計審査指針で十分である旨の回答を受け、また、地質学者にも直接質問したが、彼の認識でも耐震設計審査指針で十分である旨の回答を得た。」
 - 「当時は、地震の知見も無く、このような当時の耐震設計審査指針に対する認識により、PSAからは、地震などの外的事象は全て省かれ、外的事象に対するAMは検討されなかった。」
 - 「安全審査官の中には、地震など外的事象に関して完全に理解している者はおらず、原子力発電技術顧問である地質や地震などの外部の専門家に頼っている状況であった。」

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

23

- 規制関係機関の態勢の不十分さの要因
 - 事務局の体制としては、耐震設計審査指針改定作業は安全調査官3人と技術参与2人が主に担当した。安全調査官は文部科学省施設部や経済産業省からの出向者であり、技術参与はゼネコンや電力中央研究所の出身者で、専門知識を有するが非常勤であった。このように四、五人の体制で指針作りを進めたが、マンパワーが足りないと感じていた旨述べる当時の安全委員会委員や事務局関係者もいる。

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

24

(3) 専門分化・分業の弊害

- 科学技術が進歩し、社会が高度化すれば専門分化・分業が進むのは必然
- 専門性を高めるためには分業は不可欠。領域が細分化されることによって知識や技術は深化。結果、大学では学科・専攻の細分化。企業でも、領域ごとの技術者集団。
- 同じバックグラウンドを持つ技術者集団は、組織単位の中でそれぞれの文化を。そのことによって、その集団の技術力は強化。
- しかし、それぞれの専門分野を超えて疑問を投げ掛け合い、切磋琢磨して、安全を全体として高める目的を達成するためにはマイナス。
- 専門分化・分業の弊害の事例
 - 津波評価技術の策定
 - 耐震設計審査指針改定作業
 - 2008年東電社内検討
 - シビアアクシデント対策の進展過程

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

25

専門分化・分業の弊害の事例

- 津波評価技術の策定
 - 主査より「津波がどのように原子力発電所設備に影響を及ぼすかについて、プラント・機器の専門家に説明をしてもらう機会を設けてほしい。」旨の指示、電事連耐震検討チームから資料
 - 「土木の人の知り得る知見以外のものを勉強しようということであらう資料を出してもらった。土木部門は津波水位を想定してプラント・建築屋に渡すところまでと堤防を造るところまではやるが、その先には踏み込めないのが業界の暗黙の分担関係。」
 - 「土木の専門家にとっても安全レベルをどこに置くのか、何のために津波対策をする必要があるのかということについての理解が曖昧だったので、原子力システムとは何かという知見を頭に入れるのは重要なことだった。」
 - 「巨大プラントでの専門分化は当時から課題になっていた。分野ごとの交流は津波の専門家とそれ以外という場面に限らず、当時からあちこちで同様の状況であった。」

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

26

- 耐震設計審査指針改定作業
 - 津波における議論は第6、7回の地震・地震動WGのみ
 - 民間学協会が策定した手法を安全審査で採り入れるプロセス
 - 津波評価技術には津波の高さの評価は書かれているが、そのような津波に対して施設が安全かどうかの評価については書かれていない
 - 津波が本当に大切な問題と捉えるならば、この場で議論して安全委員会として安全審査指針を作ればよいし、そうでないなら、今のところは行政に任せ、詳細設計の中で見ていけばよいといった発言
 - 基本WGのシステム安全の専門家、施設WGの施設の専門家が同席する分科会では議論なし：WGの本質的な議論は活かされなかった

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

27

- 「システム安全の専門家と耐震の専門家、安全委員会の審査部会も通商産業省の顧問会もそれぞれ別の委員会、接点がない。実際の安全審査、安全委員会、通商産業省ともに、システム安全、被ばく、耐震の三つのワーキンググループを作って審査。システム安全と被ばくのワーキンググループはよく合同会議、耐震についてはS2の地震動まで考えればよく、他と合同で議論する必要はない。顧問会において合同でやることは一度もなかった。また、安全委員会でも、実質的な議論はワーキンググループで行い、部会でまとめて議論したというのは聞いたことがない。」

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

28

- 2008年東電社内検討
- シビアアクシデント対策の進展過程

- 1995年兵庫県南部地震が発生、安全委員会は原子力施設耐震安全検討会を設置、当時の耐震設計に関する関連指針類についての妥当性を確認、耐震安全性に対する信頼性を一層向上させるために引き続き努力していくことが重要と提言
- 1994年、安全委員会は、原子炉安全総合検討会を設置、通商産業省の報告書を受け、「アクシデントマネージメント検討小委員会」において、AMについて検討、1995年に安全委員会として、事業者からのAMについて了承
- AM検討小委のメンバーはシステム安全に関する専門家ばかり、上位の原子炉安全総合検討会には、耐震工学の専門家も参画していた
- 「AMというのは原子炉の話だという思い込みだったのか、地震を議論した記憶はない。」

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

29

(4) リスク情報提示の難しさ

- シビアアクシデント対策としてAMが規制対象とならずに、電力事業者の自主的取組となった背景
 - 確率論的安全評価(PSA)の試算値が 10^{-6} /炉・年であり、現行規制で十分安全が確保されていると考えられていたこと
 - PSA手法が規制要求できるほど成熟していなかったこと
 - 過去の原子炉設置許可処分取消訴訟等の行政訴訟、決定論的な設計基準事象とその根拠を説明、現行規制において安全は十分確保されていると説明、シビアアクシデント対策を規制要求としてしまうと、現行の規制には不備があり、現行施設に欠陥があるとなってしまう、説明に矛盾が生じてしまうことの懸念があった。
- より安全性を高めるための改良を加えようとする、これまでやってきた過去を否定することを受け取られてしまうというパラドックスが生じる。
- 伝えることの難しいリスク情報を提示し、合理的な選択を行うことができるような社会に近づく努力が必要

12.01.28 社会技術研究シンポジウム 東京大学 堀井秀之

30