

第3回 京都大学原子炉実験所
原子力安全基盤科学研究シンポジウム

「東京電力福島第一原子力発電所事故後の地震・津波と原子力リスク」

外的事象に対する原子力安全の技術ガバナンス
～1F事故克服への技術者の使命～

2014年10月30日
京都大学芝蘭会館にて

亀田弘行
京都大学名誉教授
電力中央研究所名誉技術顧問

講演内容

1. はじめに
2. 「技術ガバナンス」の提言
3. 技術ガバナンスの行動規範－総合化と連携
4. 技術ガバナンス確立のための努力
5. むすび

1. はじめに

(1) 前提条件

- +我が国の原子力事業が根本から問われている
- +決して起こしてはならない事故が発生した以上、それは当然のこと
- +検証すべき事項 = i) エネルギー政策の根幹に関わる社会的・経済的・政治的課題、ii) この巨大システムを構成する技術基盤の課題
- +最終的には意思決定は国民の判断にゆだねられる
- +十分な判断材料が明示されねばならない。
- +工学が果たすべき責任 = i) 技術ガバナンスの確立、ii) 個別技術と総合化技術の錬磨、iii) 社会との対話

* 現実

- 電力不足下の社会的不安定
- 進行しつつある日本経済の疲弊
- 化石燃料への依存の増大

* 進みつつある変化

- 産業構造の変容(急速)
- 国民の文化的視点の変遷(ゆるやか、多様、確実)
- 国のエネルギー政策の変革

* 本論の視点

- 原子力の意義を前提
- 温室効果ガスを排出しない大規模電源の意義の認識
- 既設原発の安全確保

- 福島第一事故を決して再来させないためのリスクガバナンスの確立が前提(安全性が必要性の上位規範)
- 工学が果たすべき役割としての「技術ガバナンス」

(2) 国際課題における位置づけ

- +基本的には日本の状況を論ずる => 「日本的」
- +課題の内容は普遍的
- +いくつかの国では優れた技術ガバナンスが実践されている
- +他の国、特に原発新興国は、今後の原発開発において、原子力安全のための個別技術とともに、技術ガバナンスが確立されることが肝要

(3) 参考資料

- 1) 亀田弘行：原子力発電所の安全に関する地震工学的課題、日本地震工学会誌、第15号、東日本大震災特集号、2011年10月、pp.97-102.
- 2) Hiroyuki Kameda, "Engineering Agenda on Nuclear Safety from the 2011 Tohoku-Pacific Earthquake", Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake (GEJE Sympo.), March 1-4, 2012, Tokyo, Japan, keynote presentation, pp.102-121.
- 3) 亀田弘行・高田毅士・蛭沢勝三・中村 晋：原子力災害の再発を防ぐ(その3)：地震工学分野から原子力安全への提言、日本原子力学会誌、Vol.54、No.9、2012年9月、pp.29-37.
- 4) Hiroyuki Kameda, Tsuyoshi Takada, and Katsumi Ebisawa, "Technology Governance for Nuclear Safety under Earthquake-Tsunami Hazard", International Experts' Meeting on Protection against Extreme Earthquakes and Tsunamis in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Organized in connection with the implementation of the IAEA Action Plan on Nuclear Safety (IEM3), IAEA Headquarters, Vienna, Austria, 4-7 September 2012.

2. 「技術ガバナンス」の提言

(1) 技術ガバナンスの重要性

* 東日本大震災の現実＝福島第一(SA)、女川・福島第二・東海第二(SEの手前でふみとどまる)

* 地震国日本の原発に問われている安全の要件:

- 地震・津波安全に関わる「正しい技術」 **yes, but not enough**
- 「技術を正しく運用」する仕組み **critically needed**



• 「技術ガバナンス」の確立

「いかにして経営と規制の仕組みの中に安全の技術を明確に位置づけ、実践するかという命題」

(内容と仕組み)

(2) 技術ガバナンスの定義

技術ガバナンス=問題解決の行為における能動的参加者と責務、規則と約束事、意思決定の構造、技術情報の蓄積・解析・開示・運用、のすべてを有機的に包含し有効に機能する仕組みの総体

Technology Governance = Totality of actors, rules, conventions, processes, and mechanisms concerned with how relevant technological information is collected, analysed and communicated and management decisions are taken

+ “***Risk Governance***”の定義の援用

Ortwin Renn, “Risk Governance towards an Integrative Approach”, IRGC White Paper No.1, International Risk Governance Council, September 2005.

http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance_reprinted_version.pdf

(3) 3.11の教訓・提言への技術ガバナンスの位置づけ

i) 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告－東京電力福島原子力発電所の事故について－(2011.6)

(第1の教訓のグループ) シビアアクシデント防止策の強化 (1) 地震・津波への対策の強化 (2) 電源の確保、(3) 原子炉及び格納容器の確実な冷却機能の確保、(4) 使用済燃料プールの確実な冷却機能の確保、(5) アクシデントマネジメント(AM)対策の徹底、(6) 複数炉立地における課題への対応、 (7) 原子力発電施設の配置等の基本設計上の考慮、(8) 重要機器施設の水密性の確保 = 個別技術課題

(第2の教訓のグループ) シビアアクシデントへの対応策の強化 (9) 水素爆発防止対策の強化、(10) 格納容器ベントシステムの強化、(11) 事故対応環境の強化、(12) 事故時の放射線被ばくの管理体制の強化、(13) シビアアクシデント対応の訓練の強化、(14) 原子炉及び格納容器などの計装系の強化、(15) 緊急対応用資機材の集中管理とレスキュー部隊の整備 = 個別技術課題

(第3の教訓のグループ) 原子力災害への対応の強化 (16) 大規模な自然災害と原子力事故との複合事態への対応、(17) 環境モニタリングの強化、(18) 中央と現地の関係機関等の役割の明確化等、(19) 事故に関するコミュニケーションの強化、(20) 各国からの支援等への対応や国際社会への情報提供の強化、(21) 放射性物質放出の影響の的確な把握・予測、(22) 原子力災害時の広域避難や放射線防護基準の明確化
= 個別技術課題+社会的課題+技術ガバナンス

(第4の教訓のグループ) 安全確保の基盤の強化 (23) 安全規制行政体制の強化、(24) 法体系や基準・指針類の整備・強化、(25) 原子力安全や原子力防災に係る人材の確保、(26) 安全系の独立性と多様性の確保、(27) リスク管理における確率論的安全評価手法(PSA)の効果的利用 = 技術ガバナンス

(第5の教訓のグループ) 安全文化の徹底 (28) 安全文化の徹底 = 技術ガバナンス

ii) IAEA International Fact Finding Expert Mission of the Fukushima Dai-ichi NPP Accident Following the Great East Japan Earthquake and Tsunami, 24 May ~ 2 June 2011

報告書の目的: **IAEA加盟国への報告**

+ 教訓 1 ~ 15 は主として 技術課題:

(1) Hazard, (2) Alternative power sources and (3) their handling, (4) Emergency response centers and (5) their functionality, (6) Severe accident management guidelines, (7) Multi-unit issues, (8) Hydrogen explosion, (9) Diversity in defense-in-depth, (10) Information management systems, (11) Off-site emergency preparedness, (12) Sheltering, (13) Utilization of data and information generated from Fukushima accident, (14) Radiation protection for workers, (15) Exercises and drills for on-site workers

+ 教訓 16 は 技術ガバナンスの基本事項:

(16) Regulatory independence and clarity of roles in nuclear regulatory systems

iii) 国会事故調：東京電力福島原子力発電所事故調査委員会 報告書 (2012.7.5)

主たる論点 = 組織形態・運営に潜む事故の原因／
日本の文化的背景

“What must be admitted – very painfully – is that this was a disaster ‘Made in Japan.’ Its fundamental causes are to be found in the ingrained conventions of Japanese culture: our reflexive obedience; our reluctance to question authority; our devotion to ‘sticking with the program’; our groupism; and our insularity.” (K. Kurokawa, Chair)

提言 (技術ガバナンスに係る組織論的事項) :

- (1) 規制当局に対する国会の監視
- (2) 政府の危機管理体制の見直し
- (3) 被災住民に対する政府の対応
- (4) 電気事業者の監視
- (5) 新しい規制組織の要件 (独立性、透明性、専門能力と職務への責任感、一元化、自律性)
- (6) 原子力法規制の見直し
- (7) 独立調査委員会の活用

iv) 政府事故調: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 最終報告 (2012.7.23)

事故プロセスに関するできる限り詳細な技術的検証／組織論的課題
の検証 (規制当局、事業者、安全文化)

提言 (総合化の要あり／個々の項目は技術ガバナンスの実体化に重要) :

(1) 安全対策・防災対策の基本的視点に関する提言

複合災害、リスク認識、被害者の視点、新しい知見

(2) 原子力発電の安全対策に関する提言

事故防止策の構築、総合的リスク評価、シビアアクシデント対策

(3) 原子力災害に対応する態勢に関する提言

危機管理態勢、原子力災害対策本部、オフサイトセンター、県の役割

(4) 被害の防止・軽減策に関する提言

リスクコミュニケーション、モニタリングの運用、SPEEDIシステム、住民避難、安定ヨウ素剤の服用、緊急被ばく医療機関、放射線に関する国民の理解、諸外国との情報共有・支援受入

(5) 国際的調和に関する提言

(6) 関係機関の在り方に関する提言

原子力安全規制機関(独立性、透明性、緊急時の組織力、災害情報の提供、人材、専門性、最新の科学的知見、国際、態勢強化)、東電、安全文化

(7) 継続的な原因解明・被害調査に関する提言

3. 連携と総合化－技術ガバナンスの行動規範

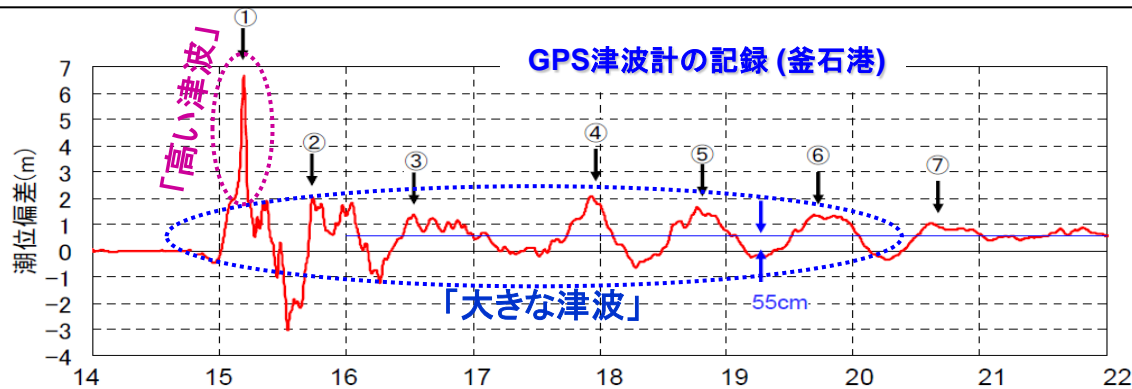
(亀田・高田・蛭沢・中村:原子力学会誌、2012.9)

- (1) 科学的根拠に基づくハザードモデル: 「現場主義」と「科学的想像力」を發揮したハザード評価を行い、的確なリスクモデルに繋げる
- (2) リスク論に基づく技術オプション: 設計外外力(beyond-design hazard)への対応の明確化。リスク制約下でのコスト～便益(安全、BCM (business continuity management)など)トレードオフによる技術オプションの提示と選択
- (3) 原子力安全の全体像: 「トータルプロセス」と「トータルシステム」を把握した技術評価
- (4) 技術倫理に立脚した安全の意思決定: 規制、制度、運用とその説明性、透明性
- (5) 決定過程のリスクコミュニケーション: 信頼の形成がリスクコミュニケーションの目的。工学には技術説明力が求められるが、それは説得の論理でなく、信頼形成のための対話であるべき
- (6) 分野間の協働: 専門分野が細分化され、総合化の動きがない、あるいはそれを嫌悪する、さらにはその異常さに鈍感であると、問題解決の中でギャップが生じ、問題が看過される。これを防ぐのは、分野を横断するブレーンストーミングと統合による検証

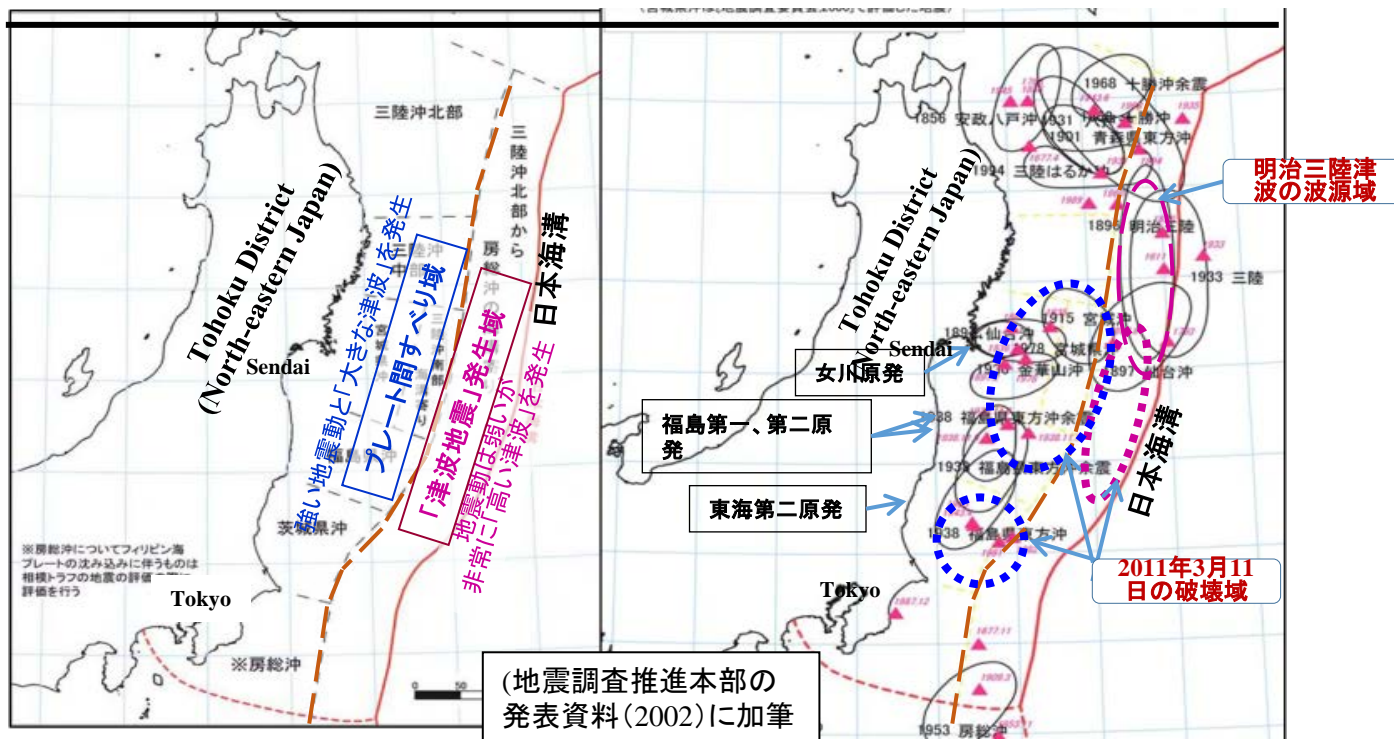
行動規範(1) = 科学的根拠に基づくハザードモデル: 「現場主義」と「科学的想像力」を発揮したハザード評価を行い、的確なリスクモデルに繋げる

* 「科学的想像力」の重要性

- = 既往最大依存からの脱却
- = 日本海溝沿いのどこでも「津波地震」は起こりうる



- * 将来発生する現象(地震・津波)の定量評価に対する科学的姿勢
- = 既知の科学的知見 + 不確定性の組織的評価
- = 健全な外挿の論理



* 原発における津波高さのまとめ

(赤: 東北地方太平洋沖地震の記録 / 緑: 敷地高
/ 紫: 設置許可時の想定 / 青: 再評価)

Onagawa

- Tsunami Height: around **O.P. +13m**
- Site elevation : **O.P. +14.8m** (subsidence about 1m)

Design tsunami & reassessment	
Construction permit	2002 JSCE method
O.P.9.1 / 1611 Keichou Sanriku : M8.6	O.P.13.6 / 1896 Meiji Sanrku : M8.3

Fukushima I

Unit	Tsunami Height	Site elevation
#1 - #4	14~15m	10m
#5,#6	13~14m	12~13m

・Average subsidence of Tohoku-Kanto coastal area ~ -0.8m

Deign tsunami & reassessment	
Construction permit (1966~1972)	Based on JSCE guide (2002)
O.P. 3.1 m (Chile 1960)	O.P.5.7 m (Shioyazaki EQ: M7.9、1938)

Fukushima II

- Tsunami Heigt
- ・Sea side area: **O.P. +6.5 ~ 7m**
- ・South side of 1U runnup: **O.P. +14 ~ 15m**
- Site elevation: **O.P. +12m**

- ・Design tsunami & reassessment
- ・Construction permit : **3.7m** (Chile EQ, M 9.0 1960)
- ・2002 evaluation : **5.2m** (Shioyazaki EQ, M7.9 1938)

Tokai II

- Tsunami Height: about **H.P. +6.3m (ASL 5.4m)**
- Site elevation : **H.P. +8.89m (ASL 8m)**
 - Increased side wall of seawater pump room (under construction): **H.P.+5.80m (ASL 4.91m)**
 - ・New side wall and waterseal outside the side wall (wall completed): **H.P. +7m (ASL 6.11m)**

Design tsunami & reassessment	
Establishment Permit	JSCE Method (2002)
No-description	ASL4.9m / Off-Boso: M8.2、1677

*原発サイトにおける津波シミュレーション (JNES, 2011.10)

• 単一の波源モデルによる原発サイトへのキャリブレーション

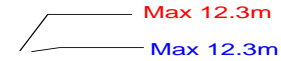
*Inversion from tsunami records to generate slips and rupture initiation times at each small segment

*Slip propagation and effects of time lags in tsunami generation from small segments were incorporated

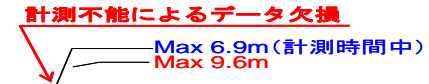
*Max. slip = 78m, Mw = 9.1

Note: Consistency with geodetic and ground motion (T=10-20-125-250s filter) based models was confirmed.

女川



福島第一



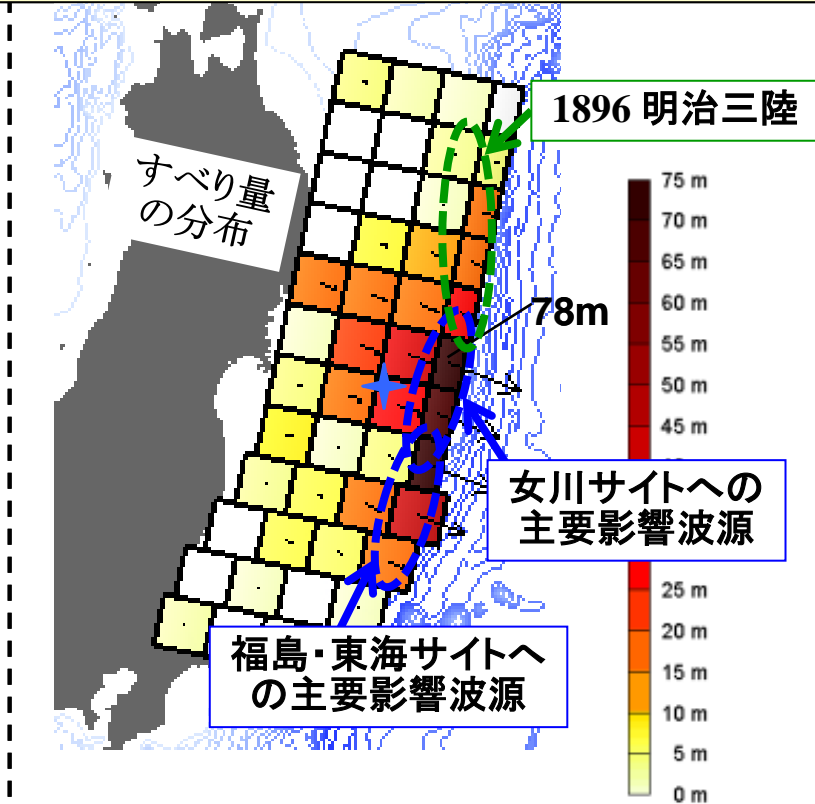
福島第二



東海第二



検潮記録との比較
(非線形長波モデル)



行動規範(2)=リスク論に基づく技術オプション:設計外外力(beyond-design hazard)への対応の明確化。リスク制約下でのコスト～便益(安全、BCM (business continuity management)など)トレードオフによる技術オプションの提示と選択

* リスク情報を用いた意思決定の枠組み (Risk-informed decision scheme)

- 地震・津波などの自然外力は大きな不確定性を有する。
- 設計荷重を超える外力に曝される可能性を考慮して安全対策を万全にすることが重要
- 工学的には「設計外外力(beyond-design hazard)」の領域における安全担保の問題
- リスク論に基づく意思決定の枠組みが根幹

• 規制基準では、2006年に改訂された原子力発電所の耐震設計審査指針(2006耐震指針)において「残余のリスク」として位置づけられた。

原子力安全のための設計～リスク評価連携の枠組

決定論的定式化

- * **耐震/耐津波設計によるベンチマーク保証**
- ・基本的な地震/津波安全レベル (**設計点**) を確実に保証

- + PRAモデル: 物理現象に基づく確率モデルであること
- + 決定論的定式化: 組織的な不確定性評価が実行されていること

連携

- * システム情報
- * 設計情報
- * ウォークダウン情報 etc.

- * リスク情報(定量化)
- * 重要機器、重要サブシステム情報 etc.

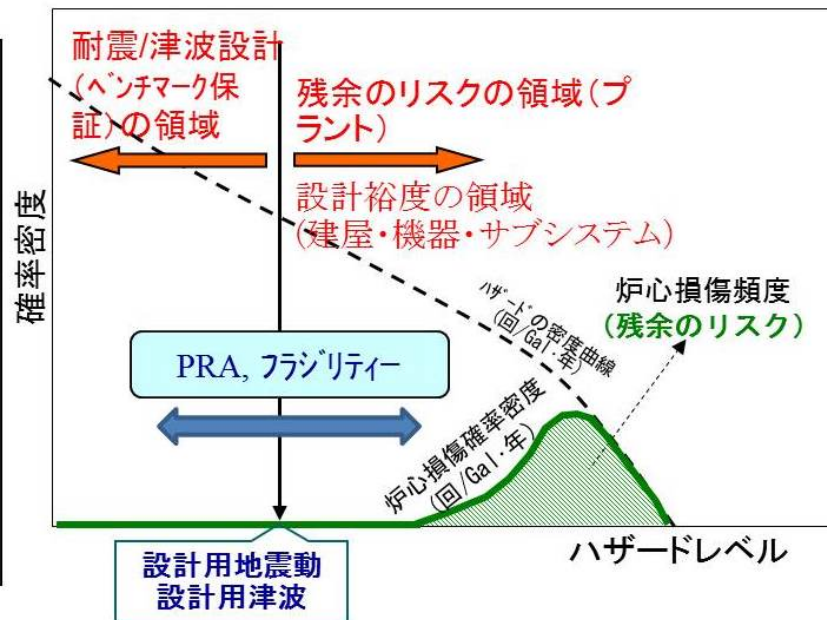
- * 機器・サブシステム改良
- * システム信頼性向上
- * 性能目標の検証

確率論的評価

- * **建屋・機器・サブシステムの設計裕度評価**
- ・個々の構造物・設備機器の設計値に対する現実余裕としての **設計裕度**

↑ ↓ * **フラジリティー**

- * **残余のリスク評価 [地震/津波 PRA]**
- ・基準地震動を上回る地震動/津波発生の可能性に由来する全体システムの耐震裕度として、**残余のリスク**が十分低いことの保証



*リスク論的枠組みの構造

- ①設計点、②耐震裕度、③残余のリスク＝安全を規定するかなめの指標
- 特に、個別プラント要素の設計値に対する実耐力、すなわち余裕性能を与える耐震裕度は、設計点と残余のリスクをフラジリティーの概念を介して結びつける。
- 決定論的設計と確率論的評価は同一の土俵で整合性を持って議論することができる。両者が相補的な役割を果たすことにより、プラント全体の地震時システム安全性の定量評価が行われる。
- 設計とリスク評価は、実務においては分離されてきたが、両者の間にフィードバックの関係を成立させることにより、原子力安全の体系が完結する。(2006耐震指針の「ステップ2」)

*リスク評価法としてのPRA (probabilistic risk assessment)

- レベル1のPRA手法＝炉心損傷の発生に関するリスク評価
- レベル2のPRA手法＝格納容器の機能喪失により大量の放射性物質が放散する事象に対するリスク評価
- レベル3のPRA手法＝周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害リスク評価

+ 地震・津波対策にPRAを用いることの効用

- 統合されたシステム全体の信頼性(残余のリスク)の評価 (integration)
- 影響が大きい事故シナリオやプラント要素(SSC)の同定 (de-convolution)
- 地震／津波による共通原因故障への綿密な適用(単一ユニット、多数基)
- 事象に介在する不確定性への組織的な対処

* リスク概念による意思決定枠組みの緊急性

- リスク論的枠組のもとでプラント全体のシステム安全性を定量評価すること＝国民への説明力として不可欠
- メッセージの表現法：①残余のリスクを直接定量的に示す、②現状からの改良による相対的なリスク低減効果を示す、等
- 判断指標：国際原子力機関(IAEA)の標準、原子力安全委員会による安全目標(案)(レベル3のPRAに対応)、および性能目標(レベル1,2のPRAに対応)
- 上掲図は、2006耐震指針の主旨を構造化するために作成・改良してきたもの。すなわち、この枠組みは現行指針のもとで実施可能。
- 問題は、指針改訂後に、残余のリスクの概念を安全規制に導入する動きがあまりに遅いまま東日本大震災に遭遇し、福島第一原発の過酷事故に至ったこと。

行動規範 (3) = 原子力安全の全体像: 「トータルプロセス」と「トータルシステム」を把握した技術評価

+ 原子力安全規制のための技術的検討において、

=> 技術的意思決定を

1) 「トータルプロセス」および

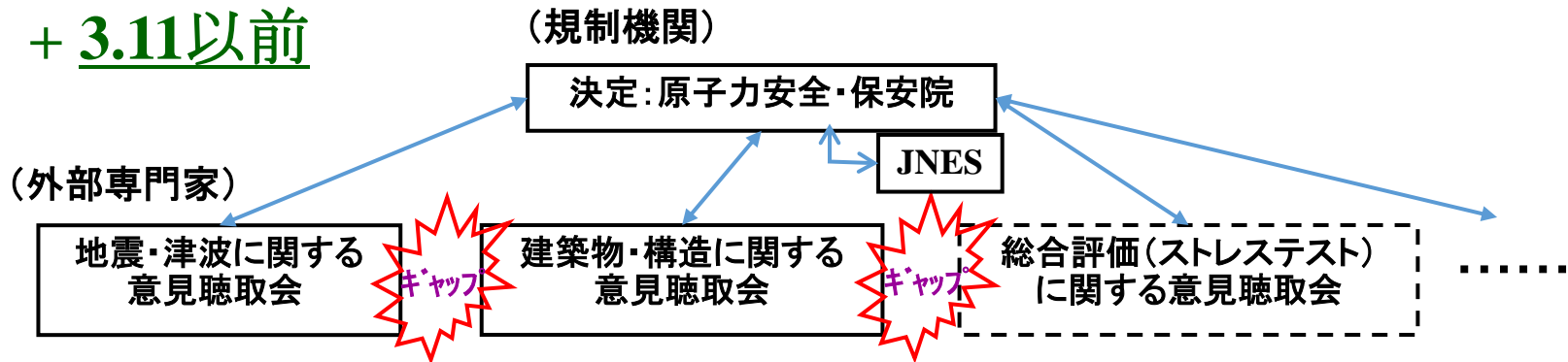
2) 「トータルシステム」

のもとで下すことが肝要

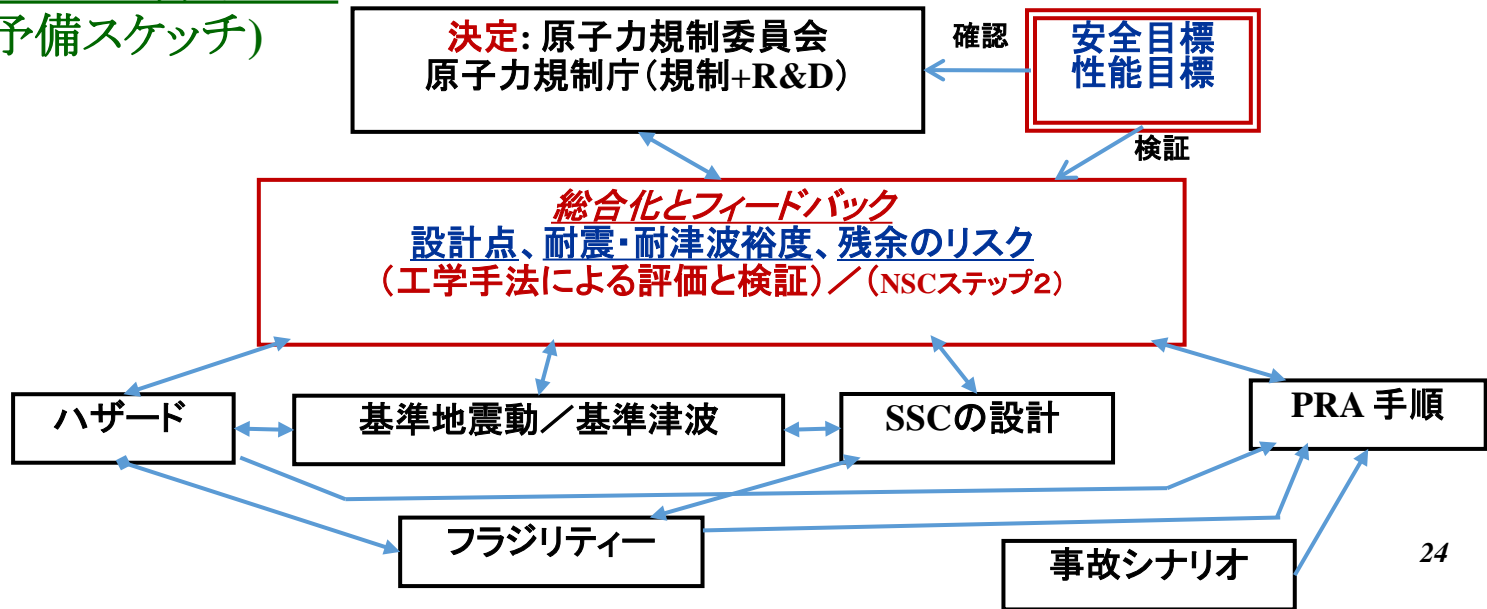
=> 総合的なシステムリスクの評価

1) トータルプロセス:

+ 3.11以前



+ あるべき枠組み
(予備スケッチ)



2) トータルシステム:

+ 頑健性 (Robustness)

e.g.: 脆弱部位の特定、安全確保のためのシステムの冗長性、独立性、多重性、多様性の向上

+ マルチハザード

e.g.: 地震動による外部電源喪失と津波による内部電源喪失の複合、地震に誘発される火災、地震による内部溢水

+ 多数基 (Multi-unit)

e.g.: 号基間の被害の相互作用

行動規範(4) = 技術倫理に立脚した安全の意思決定: 規制、制度、運用とその説明性、透明性

- + 意思決定の過程を「トータルプロセス」、「トータルシステム」として明らかにする
- + 規制における技術検討会議の公開、結果のみでなく経過を説明する資料の公開、公正な運営
- + 規制ならびに事業者の活動の追跡・評価・フィードバック

行動規範 (5) = 決定過程のリスクコミュニケーション: 信頼の形成がリスクコミュニケーションの目的。工学には技術説明力が求められるが、それは説得の論理でなく、信頼形成のための対話であるべき

1) 原子力リスクコミュニケーションの方向:

+ リスクコミュニケーションの目的:
「啓蒙」、「説得」=> 「信頼の基盤」構築

- + 当初、原発の多くの専門家: 相手方の意思へ影響を与える
 - + 正しい科学技術情報の提供により反対運動は姿を消すとの見方
 - + 1986年チェルノブイリ事故等→1990年代後半から専門家に対する社会の信頼が大きく損なわれ、啓蒙・説得の目的設定は意味を喪失
 - + 市民参加方式による社会的意思決定の方向が、問題を打開しようとする一部の専門家と市民の間に登場し、実践されてきた
 - + 実践を通して経験知を蓄積することが重要
- (北村、2006)

*** 原子力エネルギー:**

- + エネルギー集約型の魅力的資源
- + 潜在リスクが大きい

*** リスクコミュニケーション:**

- + 魅力的資源だけを強調しても、国民からの信頼は得られない
- + 原子力リスクを直視し、市民との対話に積極的に取り組むことが必須
- + 信頼形成のためのリスクコミュニケーションこそ重要

*** この前提のもとで:**

- + 原子力リスクに関する明確な科学技術的説明力が求められる(工学の役割)

*** 福島事故を経たいま、このプロセスなしに原子力の再生はあり得ない**

2)地震・津波PRAに基づく原子力リスクに係る重要情報

- (i) 炉心損傷頻度(CDF)／格納容器損傷頻度／放射性物質の放出量／公衆被ばくの程度
 - (ii) CDFへの寄与度が高い重要な事故シーケンスおよびシステム・構造物・機器
 - (iii) 強震動下での複数の構造物・機器の同時損傷の可能性（共通原因損傷のCDFに及ぼす影響の程度）
 - (iv) CDFに寄与する地震動強度と超過頻度の範囲
- etc.

*情報の質に関する重要事項

+情報の数値結果だけではリスクコミュニケーションは成立しない：評価条件、評価モデル、使用データ、評価結果を陽に明示し、透明性・説明性が確保されていること

3) 原子力リスクコミュニケーションに関する研究開発、実践

+ 研究開発 (共通のキーワード: 現場主義)

- * **北村正晴**: i) 市民と専門家との双方向コミュニケーションにおける効率的討論のために、ヒューマンインタフェース技術 (HI) の導入が有効、ii) 専門家間のコミュニケーション の拙さを克服すべき
- * **高田毅士**: 技術者が前面に立ちリスクコミュニケーションを行う技術説明力を獲得すべき => 工学の立場から「技術説明学」の活動
- * **JNES・新潟工科大学 (IAEAと連携)**: 地元の柏崎・刈羽市民 / メディア / 教育機関 / 自治体 (柏崎市、刈羽村) の協力のもとに実施中の原子力リスクコミュニケーション研究 (「柏崎モデル」、TiPEEZシステムの開発・実用化)

+ 規制機関の活動

- * **USNRC: Diablo Canyon** サイトの活断層に関する公開ワークショップ
- * **フランス:** 原子力分野の透明性と安全に関するACT No. 2006-686 of 13 June 2006 / 透明性確保のための High Committee
- * **日本の規制機関:** 福島事故後の試行: 意見聴取会、世論調査 etc. / 再稼働へ向けての説明会 / リスクコミュニケーションの目的 = 信頼の基盤構築を進める枠組みを早急に構築すべき / 旧JNESの研究 (規制側で行われる研究として) の役割は大きい (リスク情報の生成の研究、リスクコミュニケーションの研究)

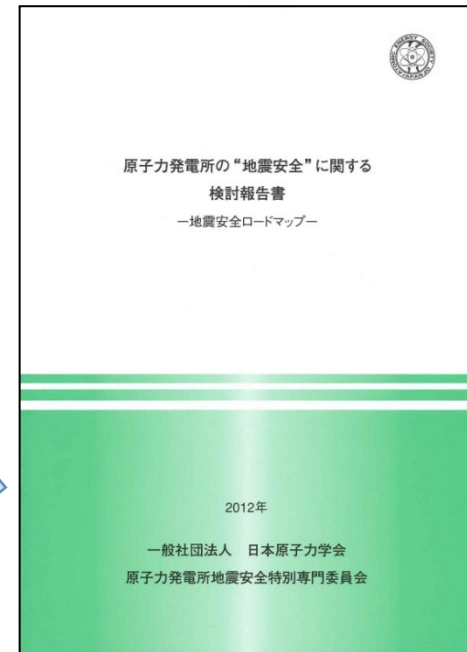
行動規範(6) = 分野間の協働：「学」の責任

* 原子力安全分野と地震工学分野の連携－原子力施設の地震・津波安全の必須要件

- 原子力発電所の安全の根幹を担う深層防護の概念は、内的事象に起因する事故に対して万全の体制が取られてきた
- これに対し、地震・津波の場合は：
 - + プラント全体が同時に影響を受ける外的事象に起因する共通原因故障が対象
 - + 原子炉の運転停止と冷却を担うフロント系だけでなく残留熱除去に必要なサポート系の機能維持が同等に重要
 - + 地震・津波ハザードが持つ大きな不確定性により、ハザードレベルとシステム挙動を連続的に(シームレスに)重畳するPRAによるリスク評価が重要
- ハザードとシステムをそれぞれの確に結びつけるため、地震工学分野と原子力安全分野の協力が不可欠
- 原子力学会ですでに実現している地震と津波に関するPRA標準の重要性が、十分に認知されていない

* 日本原子力学会と日本地震工学会の 連携の実績

- 日本原子力学会「原子力発電所地震安全特別専門委員会」(2007年12月～2012年3月: AESJ委員会/委員長: 大橋弘忠) / 報告書: 「原子力発電所の“地震安全”に関する検討報告書—地震安全ロードマップ—」
- 日本地震工学会「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」(2008年10月～2012年3月; JAEE委員会/委員長: 亀田弘行) / 報告書: 「原子力発電所の地震安全に関する地震工学分野の研究ロードマップ」
- 原子力発電所の地震安全に係る研究ロードマップをとりまとめを目的として、連携して活動
- 多くの分野横断的討議の機会→両分野の連携のあり方とともに、超えるべき溝も示した (AESJ委員会報告書の付属資料3)



* 克服すべき問題

(原子力学会と地震工学会の両方に籍を置く目からみて／反省を込めて)

- 全体を見通す視野の欠如
- 個別分野にとらわれた視野 (他分野は無視するか境界条件として扱う)
- 専門分野が細分化され、総合化の動きがない、あるいはそれを嫌悪する、さらにはその異常さに鈍感であると、問題解決の中でギャップが生じ、問題が看過される。(Comfort zoneへの閉じこもり)
- 分野間のギャップを埋める必要 (自然は隙間 (間隙) を突く)
- これを防ぐのは、**分野を横断する**ブレインストーミング**と統合による検証** (Open the door of your comfort zone, and communicate with other areas.)

4. 技術ガバナンス確立のための努力

(1)地震工学会「原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会」(2012.9～2015.3)

- 目的:「原子力安全のための耐津波工学を学術的に体系化すること」⇒技術の現場、規制等への学術的基盤
- 委員長:亀田弘行(地震工学)、副委員長:今村文彦(津波工学)・宮野 廣(原子力安全工学) / 分野横断的リーダーシップ
- 幹事・委員の構成にこれら3分野の専門家。多分野が連携して討議を行う本委員会の目的遂行に必要な体制

+ 委員会活動の目標

- (1) 原子力発電所の津波防御のための工学技術の体系化
- (2) 地震・津波防御における深層防護とリスク論の統合的位置づけの明確化
- (3) リスク論に基づく原子力発電所の地震・津波安全評価体系の明確化
- (4) 地震工学、津波工学、原子力安全工学の分野横断的討議をふまえた総合的視野の構築
- (5) 以上を包含する地震・津波に対する原子力安全実現への総合工学的枠組みを「耐津波工学」として体系化

+ 報告書(2015.3に刊行予定)

序

1 総説

2 地震・津波工学に求められる原子力
安全の基本事項

3 リスク論に基づく地震・津波防御の体
系、

4 原子力発電所の地震・津波事故シ
ナリオ

5 原子力発電所の津波安全に関する
性能

6 津波の作用

7 津波防御に関する工学的な方法

8 津波脆弱性解析

9 施設周辺地域における防災・減災対
策の推進

10 耐津波工学関連の解析コード

11 耐津波工学の課題と展望

むすび

付録

(表紙案 140905 r5)



JAEE



AESJ

原子力安全のための耐津波工学
—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—

(原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会 報告書)

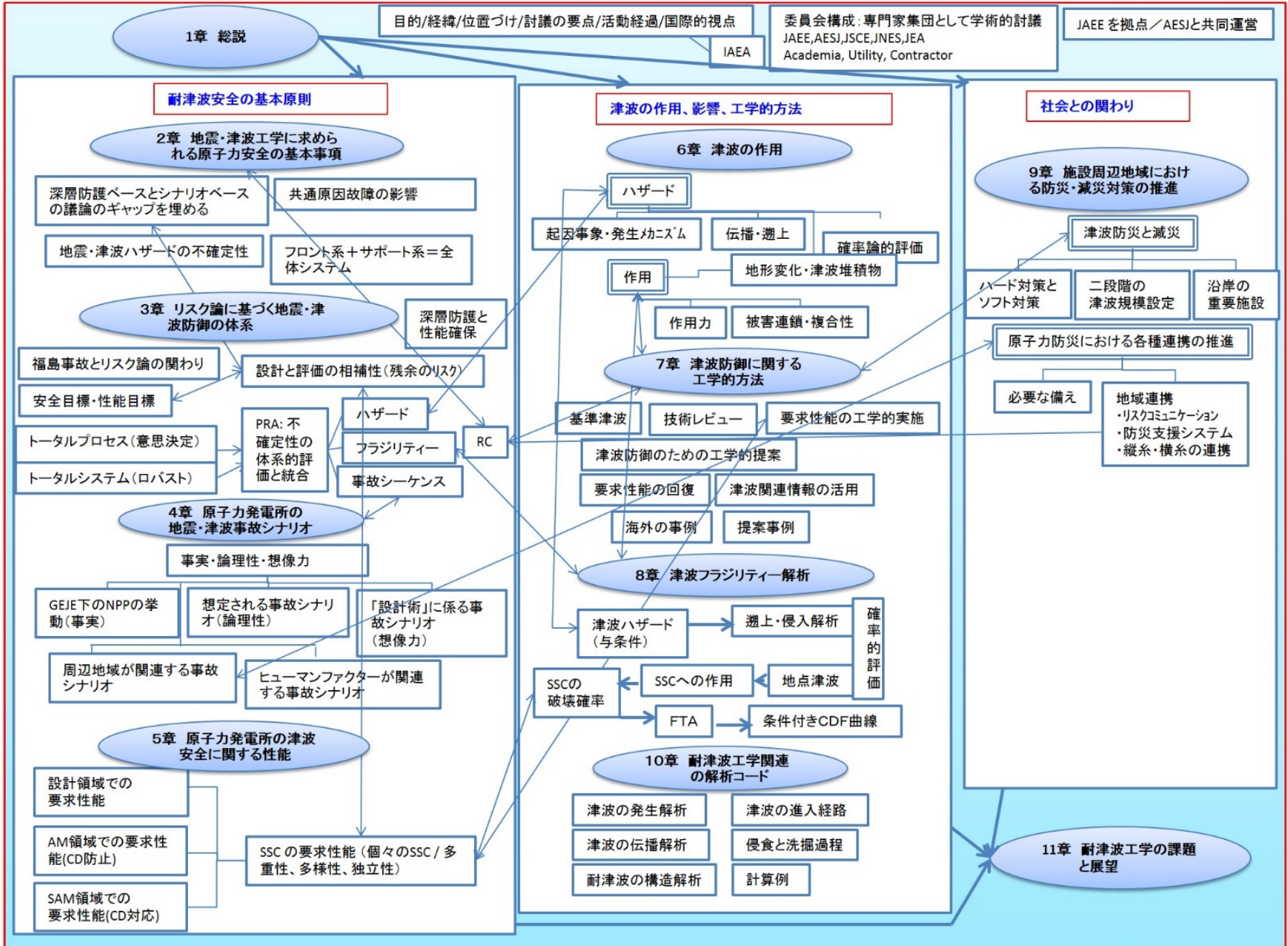
2015年3月

公益社団法人 日本地震工学会

原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会

(協力機関)

一般社団法人 日本原子力学会 標準委員会



(2) IAEA EBP (Extra-budgetary Project)

WA5 (Tsunami Safety)

WG5-2 (Tsunami design and PSA) (2012.1~2015.3)

- 耐津波設計におけるRisk-informed decision schemeの構築
= Design-PSA-Interaction
- Safety Report 作成中
“INTEGRATED TSUNAMI DESIGN AND PSA PROCEDURES
FOR NUCLEAR SAFETY”
 1. Introduction
 2. Overview
 3. Part I: Tsunami Design
 4. Part II: Tsunami PSA
 5. Part III: Interaction between tsunami design and PSA
 6. Management systemAppendices

(3) 電力中央研究所 原子力リスク研究センター (NRRC) の発足 (2014.10)

- 原子力安全ためのRisk-informed decision schemeの「実践研究」
- 事業者の自主努力のための共通技術基盤の形成
- 日本の原子力事業の将来を左右する、技術ガバナンスに関わる事業となるべき

5. むすび

* 再び、福島第一事故の教訓

(亀田弘行:地震工学会誌、東日本大震災特集号、2011.10)

- (1) リスク概念の徹底:「設計外外力(beyond-design hazard)」への防護の欠如が1F事故の主たる要因／リスク論に基づく意思決定の仕組みが不可欠
- (2) 「科学的想像力」の発揮: 既往最大に頼ることの落とし穴／再現期間が非常に長い現象に対して、限定された期間の記録が無くても、十分な科学的根拠があればリスクモデルに組み入れるべき(「健全な外挿の論理」／「災害文化」の現代的理解)
- (3) 行動の迅速性: 自然は待ってくれない／i) 東海第二原発で海水ポンプエリアの側壁の嵩上げ(7m)工事がほぼ完了していたことが津波を部分的浸水に食いとめたことは銘記されるべき／ii) 耐震指針改訂(2006)後のリスク論適用の遅さ

＋事故の再来防止に不可欠／もの、仕組み、知恵
＋個別工学課題の根底にあるべき概念
＋技術ガバナンスの基本要件