

# 原子力安全のための耐津波工学に関するシンポジウム

主催：日本地震工学会／共催：日本原子力学会、土木学会

企画担当：日本地震工学会「原子力安全のための耐津波工学に関する調査委員会」

## 日本地震工学会

# 「原子力安全のための耐津波工学に 関する調査委員会」 設置の主旨と活動概要

2014年3月20日

建築会館にて

亀田弘行(京都大学名誉教授／委員長)

今村文彦(東北大学災害科学国際研究所／副委員長)

宮野 廣(法政大学大学院デザイン工学研究科／副委員長)

# 発表内容

## 1. 委員会発足の経緯

## 2. 委員会の構成

## 3. 委員会の目標

- (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) 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
- (3) 分野横断的討議をふまえた総合的視野の構築
- (4) 以上を包含する津波に対する原子力安全実現の工学的枠組みを「耐津波工学」として体系化する

---

\*「原子力安全のための耐津波工学に関するシンポジウム」の要領

# 1. 委員会発足の経緯

\* 直接の動機＝2011東日本大震災における：

+東京電力福島第一原子力発電所の過酷事故と  
周辺地域の原子力災害

+被災地内の他の原発（東京電力福島第二、東北電力女川、日本原子力発電東海第二）は冷温停止へ

## \* 日本地震工学会の対応

+ 2008.10～2012.3「原子力発電所の地震安全問題に関する調査委員会」報告書:

- i) 2007新潟県中越沖地震の東京電力柏崎刈羽原子力発電所への影響の検証と地震工学的課題の抽出
- ii) 東日本大震災の発生半年の時点における震災からの教訓⇒「耐津波工学」の体系化の課題を提起

+ 地震工学、津波工学、原子力安全工学の専門家の間で討議

- 「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」(本委員会)を設置
- 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
- 委員会の期間:2012.9～2015.3

## 2. 委員会の構成－多分野間の連携

- \* 本委員会：日本地震工学会に設置／日本原子力学会との密接な協力のもとに企画・運営
- + 背景：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」(委員長：亀田弘行)が、日本原子力学会「原子力発電所地震安全特別専門委員会」(委員長：大橋弘忠)(2007.12～2012.3)の要請に応じて設置されたことに遡る
- + 一部コアメンバーが両委員会を兼務⇒地震工学と原子力安全工学にまたがる活発な分野横断的討議⇒疎遠な関係にあった両学会の新たな交流の場
- + 地震・津波などの外的事象下の原子力安全の討議に、分野間の(真の意味での)連携がいかに重要かが確認された

## \* 多分野間連携の必要性(学術の責任)

- + 福島事故の原因のひとつ:学術分野における分野横断的視野の欠如
- + 大規模な複雑システムである原子力発電所の地震・津波安全を論ずるうえで、「正しい技術を正しく現場に適用する」、「技術ガバナンス」の観点(亀田・高田・蛭澤・中村、2012)から極めて重要
- + 本委員会の構成と活動は、多分野間の連携に最大限に取り組むことを目指したもの

- + 委員長と2名の副委員長に、地震工学(亀田)、津波工学(今村)、原子力安全工学(宮野)の専門家を据えたリーダーシップを構成
- + 幹事・委員の構成にこれら3分野の専門家を配置、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を整えた

### \* 土木学会との連携:

- + 土木学会原子力土木委員会津波評価部会(主査:磯部雅彦)は、津波ハザード評価技術の中核を担ってきた
- + その成果を前提に、本委員会は原発におけるプラント要素の耐津波技術とプラント全体の対津波システム信頼性評価技術を体系的に提示ことを目指す
- + 同津波評価部会の主要メンバーが本委員会の委員として参加
- + シンポジウムの共同開催などの連携

# 「原子力安全のための耐津波工学大系化に関する調査委員会」名簿(2014年2月現在)

委員長	亀田弘行 (地震工学)	京都大学 / (独) 原子力安全基盤機構
副委員長	今村文彦 (津波工学)	東北大学災害科学国際研究所 災害リスク研究部門
	宮野 廣 (システム工学)	法政大学大学院デザイン工学研究科
幹事	東喜三郎 (原子力工学)	(独) 原子力安全基盤機構 耐震安全部
	蛭澤勝三 (リスク論)	(独) 原子力安全基盤機構
	香月 智 (構造信頼性)	防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科
	越村俊一 (津波工学)	東北大学災害科学国際研究所 災害リスク研究部門
	佐藤慎司 (海岸工学)	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻
	高田毅士 (リスク論)	東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻
	中村隆夫 (原子力社会工学)	大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
	成宮祥介 (リスク評価)	関西電力株式会社 原子燃料サイクル室
	松山昌史 (海岸工学)	電力中央研究所地球工学研究所 流体科学領域
	平石哲也 (海岸工学)	京都大学防災研究所 沿岸域土砂環境研究領域
	安部 浩 (原子力工学)	(独) 原子力安全基盤機構 耐震安全部
	有川太郎 (海岸工学)	(独) 港湾空港技術研究所 アジア・太平洋沿岸防災研究センター
	有賀義明 (地震工学)	弘前大学大学院理工学研究科
	飯田 晋 (プラント運転管理)	東北電力株式会社 火力原子力本部 原子力部
	石黒幸文 (電力土木)	中部電力株式会社 発電本部 土木建築部
	糸井達哉 (地震工学)	東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻

委員	桐本順広 (PRA、故障分析)	電力中央研究所原子力技術研究所 原子力システム安全領域
	庄司 学 (ライフライン防災)	筑波大学システム情報系
	杉野英治 (津波工学)	(独) 原子力安全基盤機構 耐震安全部
	高橋郁夫 (耐震工学)	清水建設株式会社 技術研究所 原子力技術センター
	高橋智幸 (津波工学)	関西大学社会安全学部 安全マネジメント学科
	長澤和幸 (機械工学)	東京電力株式会社原子力設備管理部
	中埜良昭 (耐震構造)	東京大学生産技術研究所
	中村 晋 (地震工学)	日本大学 工学部 土木工学科
	奈良 博 (電気工学)	株式会社東芝 電力システム社 原子力電気設計部
	奈良林直 (原子炉工学)	北海道大学大学院工学院 エネルギー環境システム専攻
	西村裕一 (地震学)	北海道大学大学院理学研究院 地震火山研究観測センター
	日高慎一郎 (耐震構造)	(独) 原子力安全基盤機構 耐震安全部
	藤田 聡 (装置機器学)	東京電機大学工学部 機械工学科
	藤間功司 (海岸工学)	防衛大学校システム工学群 建設環境工学科
	美原義徳 (耐震設計)	鹿島建設株式会社 原子力部
	顧問	柴田 碧 (耐震安全の体系化)
首藤伸夫 (津波工学)		東北大学名誉教授
平野光将 (原子力安全工学)		(独) 原子力安全基盤機構

### 3. 委員会の目標

- \* 福島事故を決して再発させないために必要な工学的枠組＝個別技術とシステム評価技術が的確に融合する技術体系
  - i) 津波防御のための個々の要素技術が的確に形成されていること
  - ii) 不確定性の高い地震・津波ハザードを前提とするリスク論的評価の枠組が構築されていること

## \* 委員会の達成目標:

- (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) 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
- (3) 分野横断的討議をふまえた総合的視野の構築
- (4) 以上を包含する津波に対する原子力安全実現の工学的枠組みを「耐津波工学」として体系化する

# (1) 原子力発電所の津波防御のための工学技術の 体系化＝本委員会設置の直接の動機：

- + 津波学・津波工学の近年の進歩：津波波源の形成、津波伝播・遡上のシミュレーション、津波が物体や構築物に及ぼす波力の算定などに顕著な成果
- + 構造工学的観点から耐津波設計を行うための工学技術の体系化は未整備の状況であり、その構築が急務との認識

- + 津波による外力作用：浸水、波力（波圧）、洗掘、浮力、揚力、予期せざる経路からの浸水など
- + その対策：防水・耐水・避水による柔軟な方法論が必要
- + クリフエッジ効果：動力駆動装置、配電盤、計測制御板などの電器品は水に接触することが直ちに機能喪失／（材料の耐力と変形性能（ねばり）により耐震性能を担保する地震動対策と様相が異なる）

\* 原子力発電所の津波に対する安全を確保するための構造工学的体系を耐津波工学の中核と位置づけ、その具体的方法論を明らかにすることを第一の目標とする。

## (2) 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

- + 福島事故の一義的な原因＝津波に対する「設計外外力」への考慮の不足
- + 地震・津波など自然外力の大きな不確定性⇒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⇒リスク論
- + リスク論に基づく意思決定の概念：2006年に改訂された原子力発電所の耐震設計審査指針において「残余のリスク」として位置づけられた



- + 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、原子力安全確保の体系が完結すると考えるべき
- + いまだに存在する「決定論者」と「確率論者」の確執には終止符が打たれるべき

- \* 本委員会では、リスク論の体系のもとで個別的・具体的な課題を掘り下げる討議を行う。
- \* これにより、原子力安全を論ずる中で、重大な落ちやギャップを残さないことが重要である。

### (3) 分野横断的討議をふまえた総合的視野の構築

- + 地震工学、津波工学、原子力安全工学にまたがる分野横断的な討議が可能な構成
- + より重要なこと=この人的資源を十分に活かすこと
  - ・分野を横断する討議は必ずしも容易ではない
  - ・真の意味のブレインストーミングが必要
  - ・それぞれの専門性の深さと同時に、分野間で相互に乗り入れて理解を深めること

## \* 工学としての討議の基本方針

- + 討議の成果が学術的に健全であること
- + 工学的実践に結びつく内容を備えること
- + 学理と現場がシームレスに連携する体系
- + 大学・学術研究機関、電力事業者、ゼネコン、そして電気協会や(前)原子力安全基盤機構の関連技術者を網羅
- + 討議のルール: 組織の利害を代表することを目的とせず、「事実」と「論理的整合性」を重んずる学術的な視点に徹する

(4) 以上を包含した津波に対する原子力安全実現の工学的枠組みを「耐津波工学」として体系化する

+ 報告書を2015年3月までに刊行

+ 第一次原稿締切：2014.3

+ 報告書をもって、「原子力安全のための耐津波工学」と位置づけ

# 報告書目次

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 原子力発電所の地震・津波事故シナリオ

4 原子力施設の地震・津波安全に関する性能

5 リスク論に基づく津波防御の体系

6 津波の外力作用

7 津波防御に関する工学の体系化

8 フラジリティー解析

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 耐津波工学の体系

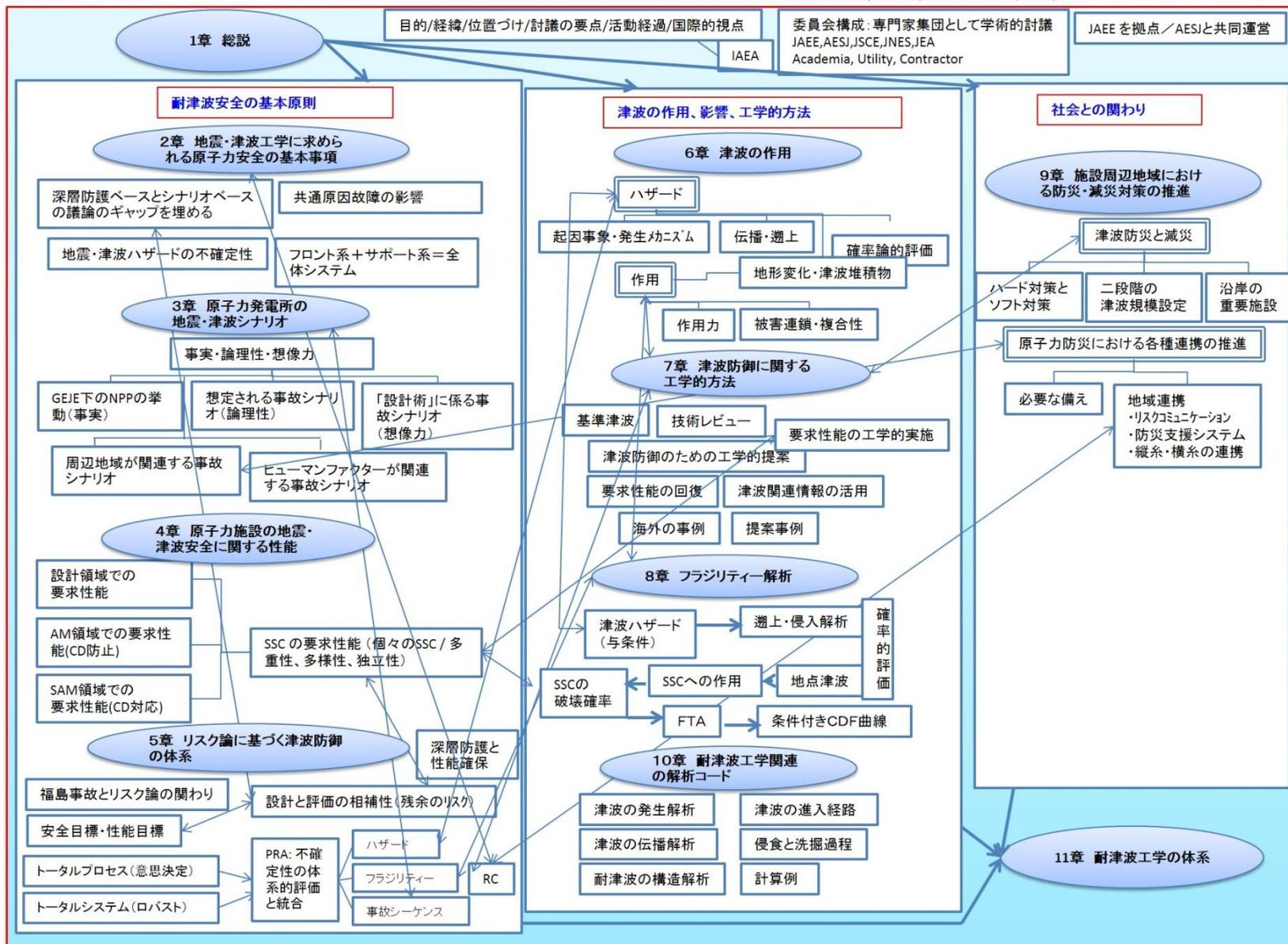
むすび

付録

# 報告書の各章間の関係性と、それぞれに含まれる要素項目

報告書各章の関連

【140306幹/140224委10/140116/131226幹/ 131219換 /131031委8/130906委7/130905/130807/130806幹9/130801TT/1307228委6/130716(Ch2,7換/ 130710(Ch5換/ 130704hk/130702/ 130702幹8/ 130627)】



## #「原子力安全のための耐津波工学に関するシンポジウム」

- \* 主催：日本地震工学会、共催：日本原子力学会、土木学会
- \* 企画担当：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
- \* 目的：
  - + 本委員会の1.5年間の活動報告と討議⇒安全から設備設計、防災に至る意見の収集と情報交換
  - + パネル討議（産官学（事業者側、規制側、大学））⇒原子力安全に対する学術の役割・責任について検証する機会

## \* シンポジウムプログラム

1. (9:00-9:15)開催挨拶—日本地震工学会、日本原子力学会、土木学会【座長：宮野】
2. (9:15-9:35)調査委員会の設置主旨と活動概要—亀田
3. (9:35-12:35)耐津波工学の体系化に向けた活動の中間報告【座長：中村隆】 (6x@(20+10))
  - 1) 地震・津波工学に求められる原子力安全(外的事象、共通原因故障と深層防護の関り)—宮野
  - 2) 既存原子力発電所の地震・津波被害からの教訓(事故シナリオ、要求性能)—成宮
  - 3) リスク論に基づく津波防御の体系(設計(確定論)と評価(リスク論)の連携)—高田
  - 4) 耐津波設計の概念構築(ハザード、フラジリティ)—今村
  - 5) 敷地周辺を含む原子力防災と地域防災の連携—佐藤
  - 6) 海外原子力発電所における洪水対策の現況—奈良林
- (12:35-13:30) 昼食

4. (13:30-15:30)津波への原子力安全に関する最新活動報告【座長：高田】(13:30-15:30, 6x@20)

- 1) 日本原子力学会(津波安全と社会との関連)——諸葛
- 2) 土木学会——松山
- 3) 日本電気協会——長澤
- 4) 事業者(東北電、中電)——飯田、石黒
- 5) TSOとしての活動(IAEA-EBPの活動も含む)——蛭澤

(15:30-15:45) 休憩

5. 「原子力安全に対する**学術の役割・責任**」に関するパネル討論  
(15:45-17:30)【コーディネーター：亀田】

- 1) 事業者—新田(原電)
- 2) 規制側—森田(規制庁)
- 3) メディア—増山(NHK、科学文化部)
- 4) 専門分野(原子力工学、土木津波工学、地震工学)—中村隆、香月、高田
- 5) 総合討議

6. 閉会の挨拶—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