

6章 津波の作用

越村俊一

東北大学災害科学国際研究所

目的

原子力発電所への津波の危険性を考慮する際に留意すべき津波の外力作用について、津波の物理、既往イベントにおける事例、2011年東北地方太平洋沖地震津波災害を踏まえた最新の知見を整理する。

6章執筆者（50音順）

- 有川太郎（中央大学/港湾空港技術研究所）[6.6]
- 岩渕洋子（原子力規制庁）[6.7]
- 越村俊一（東北大学災害科学国際研究所）[6.1, 6.3, 6.8]
- 庄司 学（筑波大学）[6.6]
- 杉野英治（原子力規制庁）[6.4]
- 高橋智幸（関西大学）[6.5]
- 中埜良昭（東京大学生産技術研究所）[6.6]
- 西村裕一（北海道大学）[6.5]
- 藤間功司（防衛大学校）[6.3]
- 松山昌史（電力中央研究所）[6.2]

構成

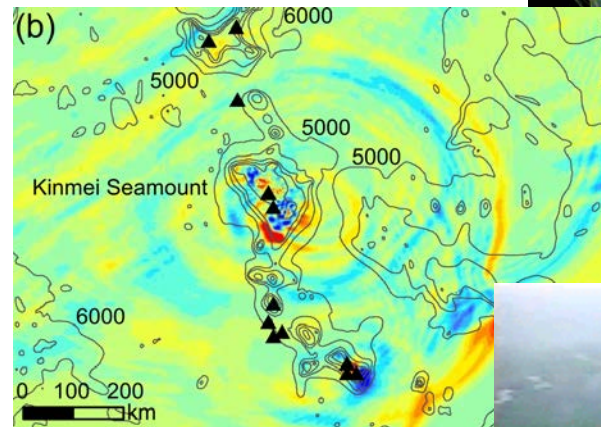
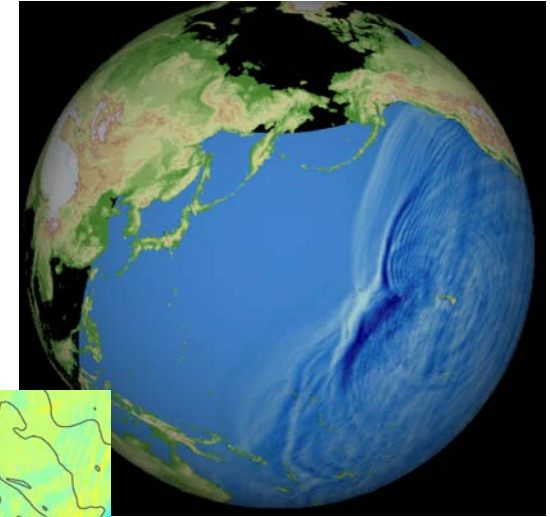
1. はじめに（越村俊一）
2. 津波の起因事象，発生メカニズムの整理（松山昌史）
3. 津波の伝播・遡上とその評価（藤間功司，越村俊一）
4. 津波ハザードの確率論的考え方（杉野英治，松山 昌史）
5. 津波による地形変化と津波堆積物（高橋智幸，西村裕一）
6. 構造物等への津波の作用力（有川太郎，中埜良昭，庄司 学）
7. 津波の来襲に伴う被害の連鎖・複合性（岩渕洋子）
8. まとめ（越村俊一）

津波の発生原因とメカニズム

- 海底面の隆起・沈降
- 固体・流体の水面突入, 水中移動
- 急激な体積変化

津波の伝播・遡上とその評価

- 近地津波・遠地津波
- 波数分散性
- 津波の屈折・回折
- 捕捉波・境界波
- 津波の散乱
- 沿岸の津波
- 港湾内の津波
- 津波の河川遡上



確率論的津波ハザード評価

対象波源域

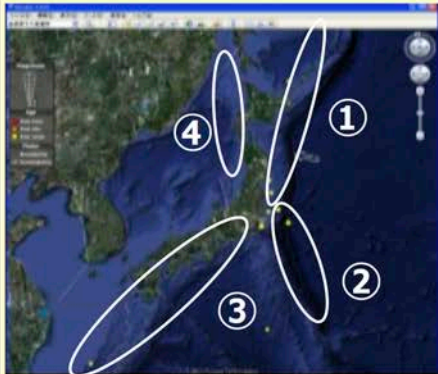
■ 近地津波

- (1) プレート間地震
 - a) 津波地震, b) 深部地震
- (2) 海洋プレート内地震
- (3) 海域活断層による地殻内地震
- (4) その他 地滑り、火山等)

■ 遠地津波 例 チリ津波)

波源域の区分

- ① 千島海溝~日本海溝
- ② 伊豆 小笠原海溝
- ③ 南海トラフ-南西諸島海溝
- ④ 日本海東縁部



津波発生頻度の評価 津波発生モデル)

■ 特性化波源モデルの設定

- (1) 巨視的波源特性、(2) 微視的波源特性、(3) 破壊伝播に係る特性

■ 津波を伴う地震活動のモデル化

- (1) 既往の活動履歴 歴史地震、津波堆積物)
- (2) 周期性 帯アソシエーション過程、更新過程)

⇒地震調査推進本部の長期評価を参照

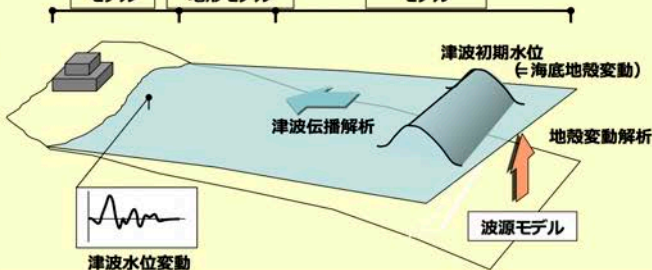
津波水位・波形の評価 津波伝播モデル)

■ 津波水位・波形の算定

陸上地形
モデル

サイト近傍海底
地形モデル

遠地海底地形
モデル



津波初期水位 (= 海底地殻変動)

津波伝播解析

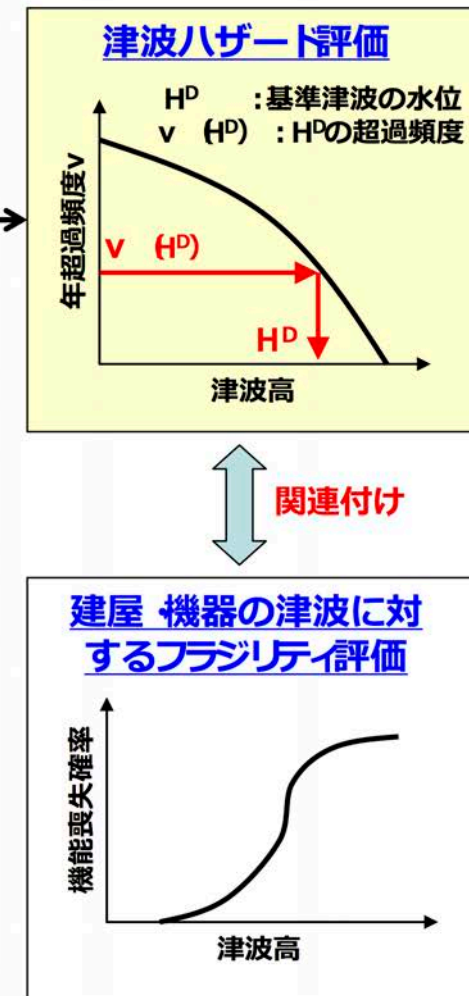
地殻変動解析

波源モデル

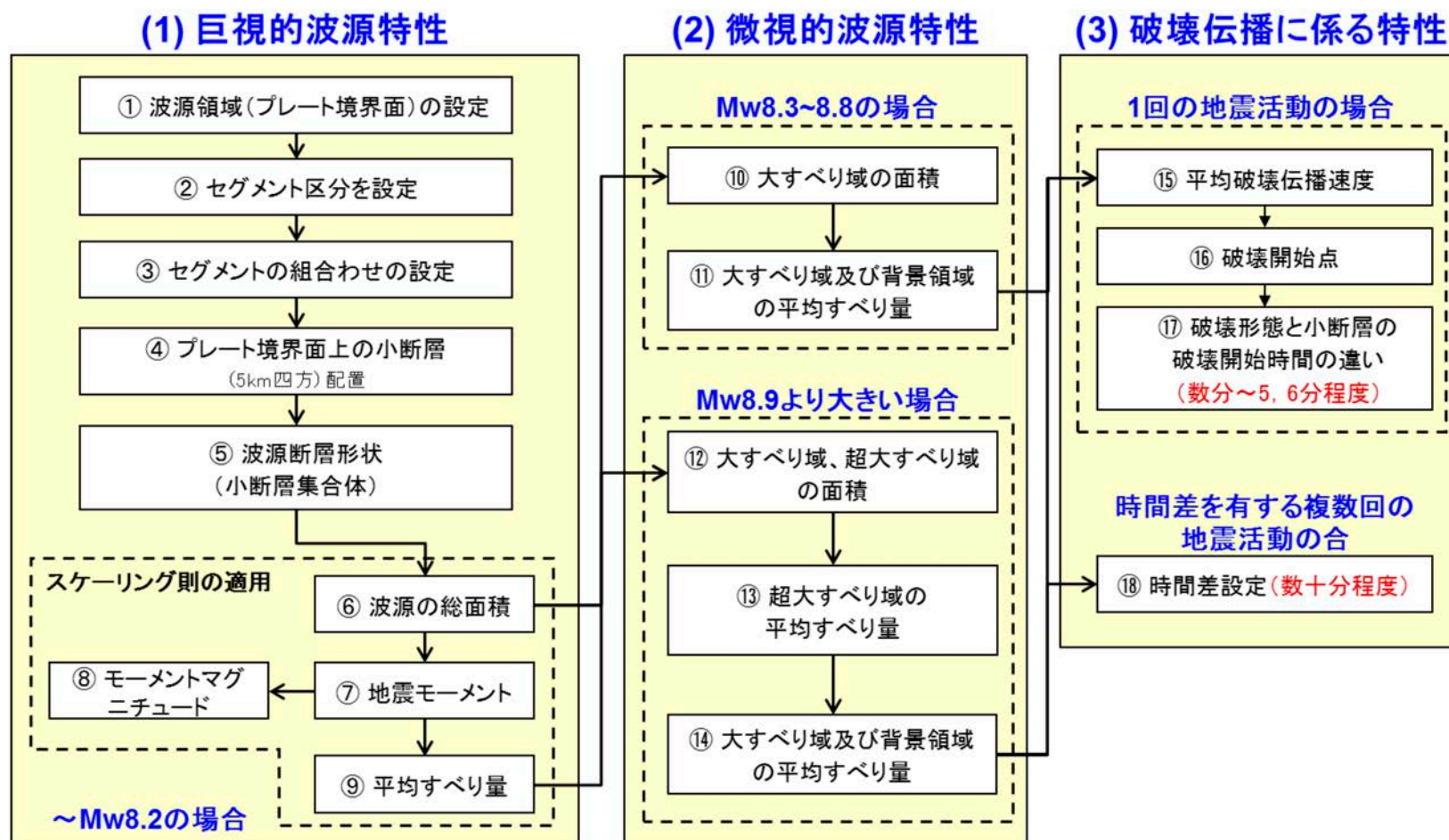
津波水位変動

津波の水位 発生頻度の不確実さ評価

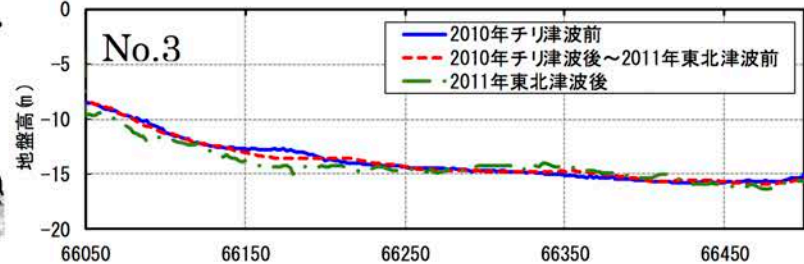
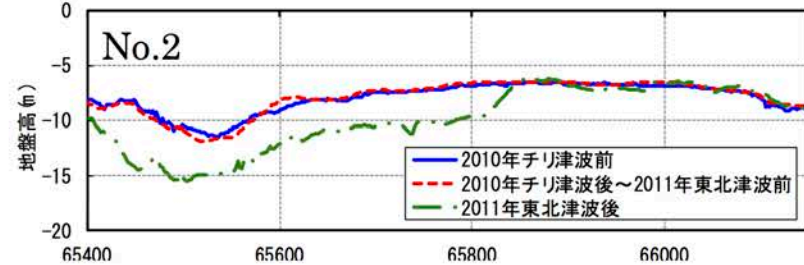
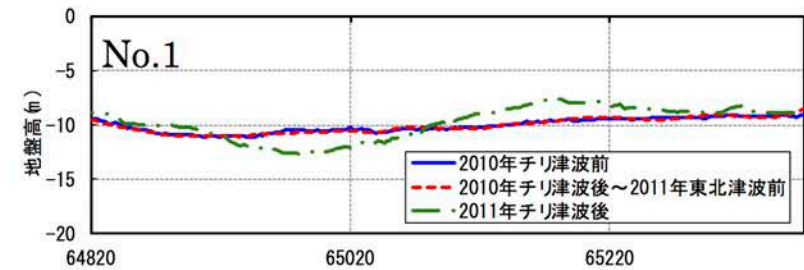
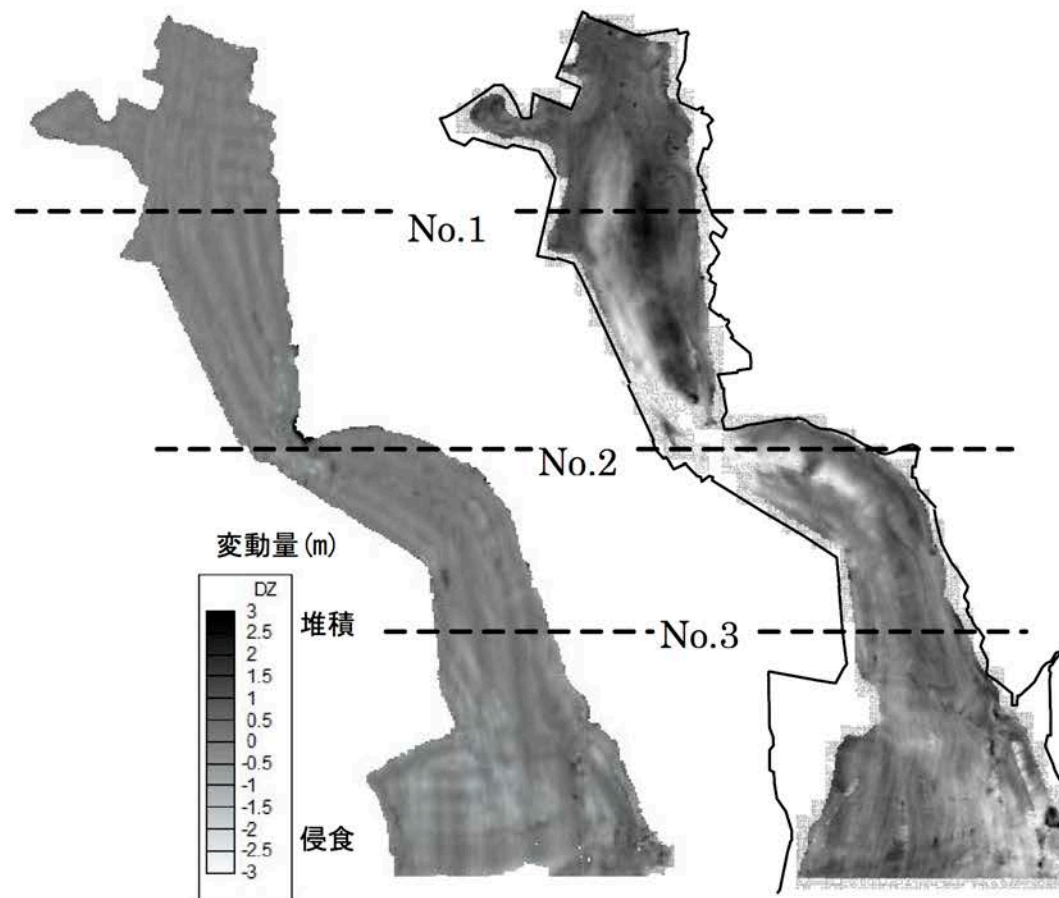
- (1) 偶然的な不確実さ
- (2) 認識論的な不確実さ (ロジックツリー手法)



津波の特性化波源モデル



津波による地形変化と津波堆積物



津波堆積物の調査とハザード評価

津波堆積物の調査研究と地震／津波ハザード評価

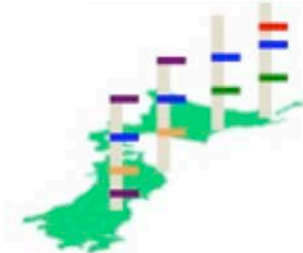
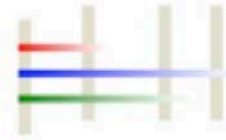
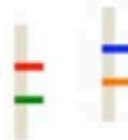
地震ハザード評価

津波ハザード評価

認定

地域内対比

広域対比



- 海水棲生物痕跡の有無
- 砂の鉱物組成
- 砂の粒度特性
- 分布特性

- 層厚の変化
- 粒度特性の変化
- 鉱物組成の特徴比較
- 砂->粘土への変化

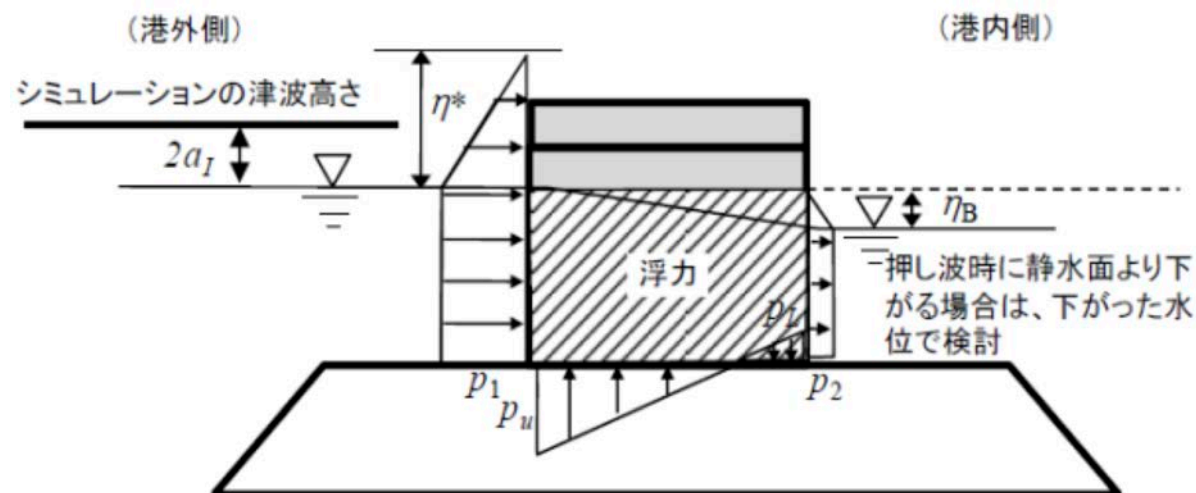
- 広域テフラ
- 年代測定(微化石, 泥炭)
- 数値計算結果との比較

近年の津波堆積物の現地調査, 土砂移動のモデル計算

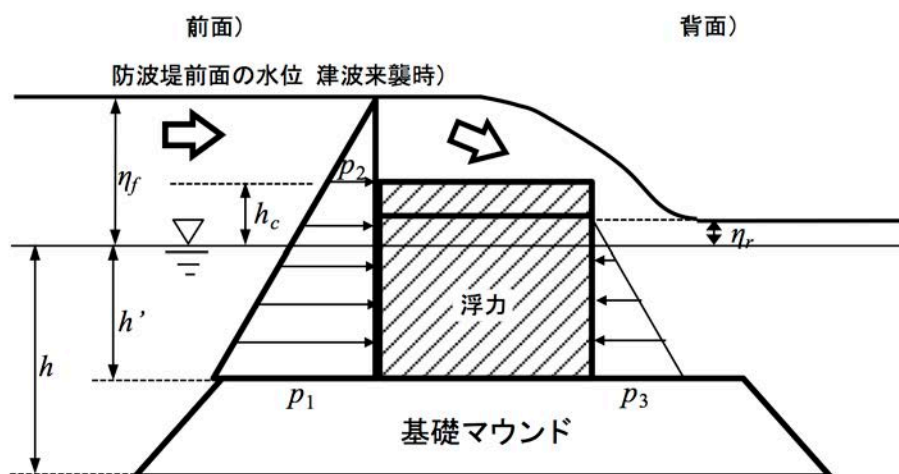
地震学的知見

構造物への津波の作用力

国土交通省港湾局，防波堤の耐津波設計ガイドライン

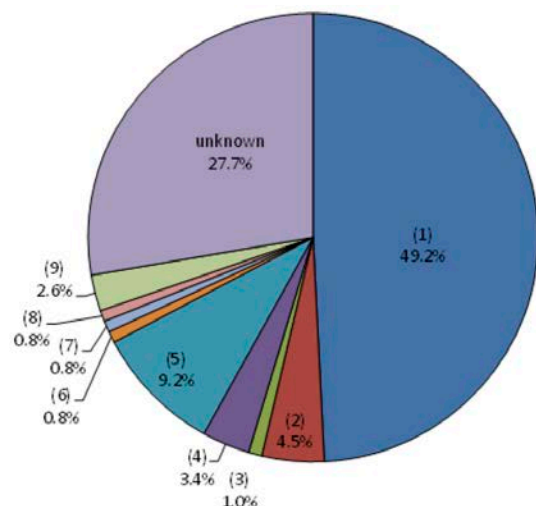


防波堤に作用する津波波力



越流時における波力の考え方

海岸堤防における被災パターン



- (1) 裏法尻の洗掘からの被災
- (2) 裏法肩・天端からの被災
- (3) 押し波による波返工の破損
- (4) 表法先の洗掘からの被災
- (5) 引き波による波返工の破損
- (6) 押し波による重力式堤防の転倒
- (7) 引き波による重力式堤防の転倒
- (8) 主に地震動による破壊
- (9) その他

		被害形態		
		堤体の破壊	地盤の洗掘・堤体の変位	運用上の機能不全
被害程度	軽微な被害 簡易な補修 または補修なしで 機能確保	クラック発生 漂流物の 衝突による欠損 打継ぎ面等での 堤体上部の切断	前面・背面地盤の 軽微な洗掘・舗装被害 目地開き 越流した流れによる 地盤の広範な洗掘 引波の流れによる 地盤の広範な洗掘	船舶・ガレキ・ 土砂等の堆積 可動ゲート等の 開閉不全 陸閘破損により 通行が阻害
	比較的大きな被害 修理・据え直し、 断面設計見直し、 等が必要	堤体の破壊	波力、地盤洗掘等の複合 的作用で堤体が倒壊 地域全体の地盤沈下で 嵩上げが必要	

国土交通省港湾局，防波堤の耐津波設計ガイドライン

津波の来襲に伴う被害の連鎖・複合性

津波火災

津波火災の発生・拡大要因（日本火災学会）

出火要因	・ 津波による倒壊家屋等の瓦礫からの出火。 ・ 津波浸水域内の住宅と周辺に流れ着いた車両からの出火。 ・ 津波により車両が水没し、電気配線などからの出火。
延焼要因	○延焼要因 ・ 建物、船舶、自動車、瓦礫 ○延焼助長要因 ・ 津波によって流出した屋外タンクからの漏洩油が、瓦礫と合わさって燃えたまま津波に乗って運搬されたこと。（※一般に重油は着火温度が高く、流出しても容易に着火炎上しにくい、浮遊物である瓦礫などを媒介し、延焼を助長する） ・ ガスボンベから噴出した可燃性ガス（プロパン）。
消防活動 阻害要因	・ 浸水や瓦礫が障害となり消火活動が困難であったこと。 ・ 津波によってポンプ車や消防施設が被害を受けたこと。 ・ 水利の確保が容易でなかったこと。

まとめ

- 津波の起因事象，発生メカニズム，予測モデルの現状，適用事例・適用限界
- 津波ハザード評価（確率論的津波ハザード評価）
- 津波堆積物と古津波のハザード評価
- 構造物への津波の作用力評価手法の整備
- 複合災害のハザード評価（津波火災）