

確率論的津波評価に基づく設計基準津波作成 に関するJNESモデルとその検証 － 中間報告 －

1. 3.11津波^{*1}の教訓と確率論的津波ハザードの役割
2. 教訓を踏まえた設計基準津波に関するJNESモデルの概要
3. 3.11津波における福島第一を対象としたJNESモデルの検証
4. 今後の検討項目

^{*1}: 東北地方太平洋沖地震(2011.3.11発生)による津波

平成24年3月28日

耐震安全部
原子力安全基盤機構

1. 3.11津波の教訓と確率論的津波ハザードの役割

■ 3.11津波の教訓

(1) 低すぎた設計津波水位

当時の最新知見(地震調査研究推進本部(2009)等)が迅速に反映されることがなかった。

(2) マルチサイト・ユニットにおけるマルチハザード(地震、津波)による被害・事故の発生

(3) 設計津波水位を超える津波発生リスクと福島第一事故

(4) 3.11津波の発生メカニズムに係る技術的知見(※別添1参照)

① 巨大な地震規模M9

② 複数震源域の空間的連動

③ 複数震源域における地震の時間差発生

④ 異なる性質の津波水位波形の重なり

⑤ 日本海溝付近の大きなすべり分布

(5) 上記(2)～(4)の経験・知見を踏まえた設計津波水位の新たな設定手法の必要性

(6) 自然現象の不確実さを考慮するための科学的想像力の発揮

■ 確率論的津波ハザードに期待する役割

- ・ 評価対象施設の津波リスクがどのくらいあるのか？
- ・ その津波リスクは安全目標、性能目標を満足するか？
- ・ 必要に応じてその津波リスクをどのくらい小さくする必要があるのか？

⇒リスクの定量
評価が必要

⇒そのためには

- ・ 津波ハザード情報と建屋・機器のフラジリティ(=脆弱性)情報
- ・ 津波ハザード情報を基にした評価対象施設の設計基準津波の決定
- ・ 津波リスク低減のための構造物・機器の設計対応及びアクシデントマネジメント

2. 教訓を踏まえた設計基準津波に関するJNESモデルの概要

対象波源域

■ 近地津波

(1) プレート間地震

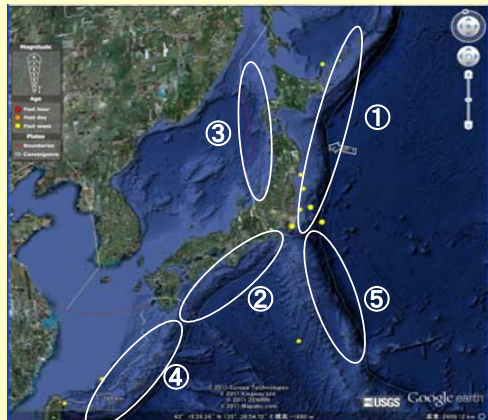
a) 津波地震, b) 深部地震

- (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 南海トラフ
- ③ (日本海東縁部)
- ④ 琉球海溝
- ⑤ 伊豆・小笠原海溝

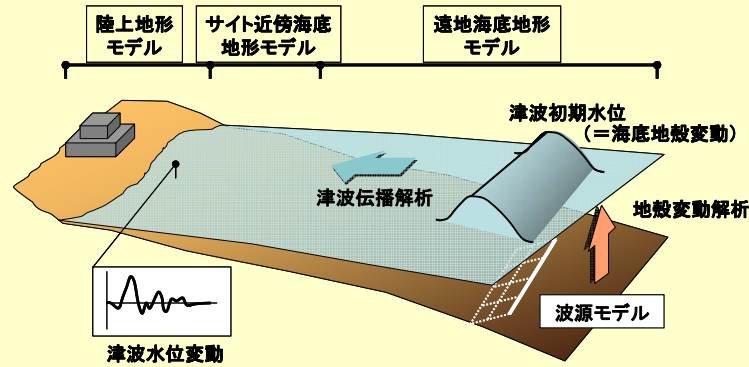


津波水位・波形の評価

■ 波源モデルの設定 ← 3.11津波の知見反映

- (1) 巨視的パラメータ、(2) 微視的パラメータ、
- (3) 破壊に係るパラメータ

■ 津波水位・波形の算定



津波発生頻度の評価

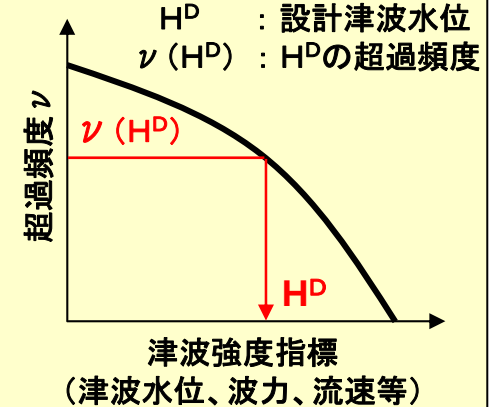
■ 津波を伴う地震活動のモデル化

- (1) 既往の活動履歴(歴史地震、津波堆積物)
 - (2) 周期性(ポアソン過程、更新過程)
- ⇒ 地震調査推進本部の長期評価を参照

津波の波形、発生頻度の不確かさ評価

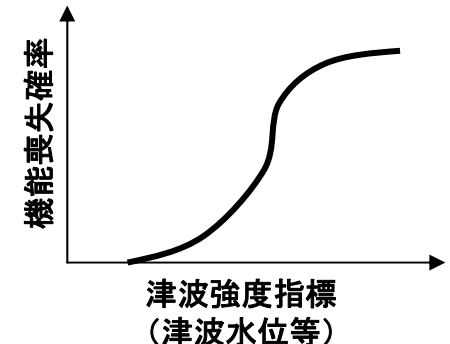
- (1) 偶然的不確かさ
- (2) 認識論的不確かさ (ロジックツリー手法)

津波ハザード評価



関連付け

建屋・機器の津波に対する fragility 評価



3. 3.11津波における福島第一原子力発電所を対象としたJNESモデルの検証

3-1 検証の目的

- 3.11津波から得た知見を反映した評価手法を作成する。
- 福島第一に襲来した津波水位の発生頻度がどの程度であったかを確認する。

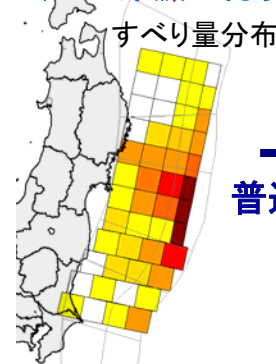
3-2 検証の前提条件

評価対象サイト	福島第一原子力発電所
評価基準日	平成23年3月10日(3.11津波発生前日)
3.11地震タイプの発生頻度	地震調査研究推進本部の長期評価(平成23年11月25日)に基づいて設定

3-3 3.11津波の知見の反映の仕方

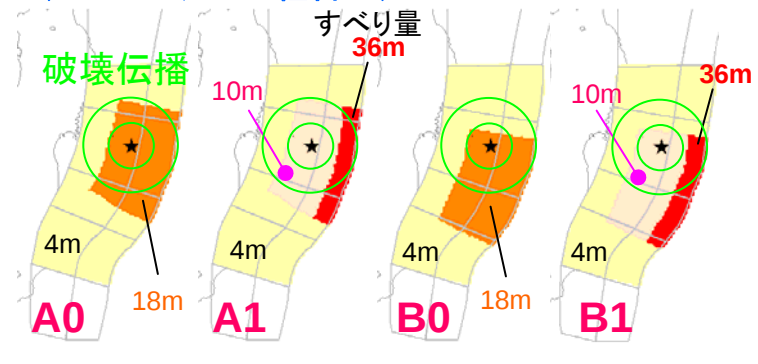
- JNESでは、3.11津波の現象把握のために詳細な波源モデルを推定し知見を得た。
(福島第一の津波痕跡高で良好な再現性を確認済。※別添2参照)
- 将来予測への活用を容易にするため、詳細波源モデルを簡易にした将来予測用波源モデルを作成する。
- 将来予測用波源モデルによる津波水位のばらつきの範囲内に、詳細波源モデルによる津波水位が収まることを確認する。

■詳細波源モデル
(3.11津波の再現)



→ 普遍化

■将来予測用波源モデル (※別添3参照)
(4つのモデルの組合せ)



★ 破壊開始点

■3.11津波の知見①~⑤に係る不確実さ項目

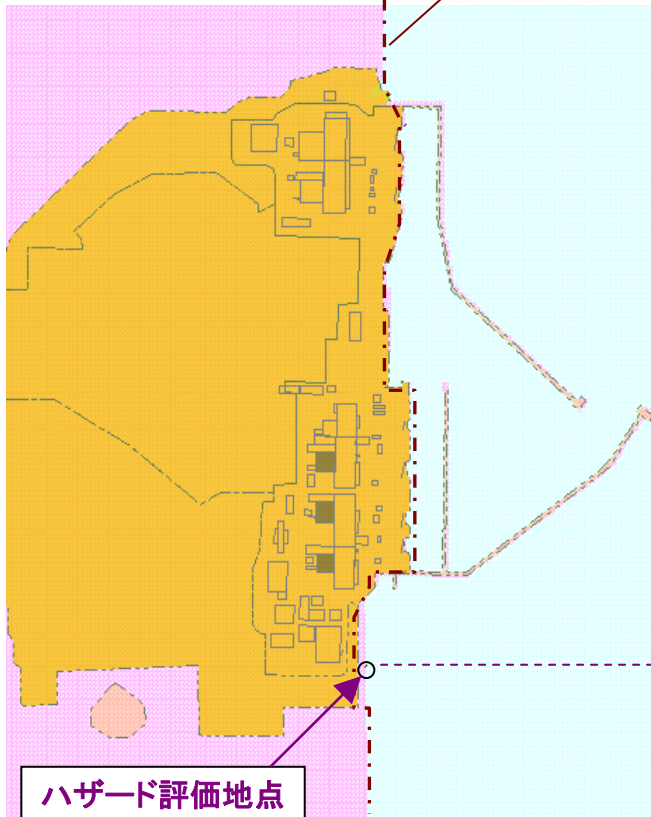
- Mw9規模の広大な波源域(黄色の領域に固定)・・・知見①
- すべり分布の不均一さ(上記A0, A1, B0, B1で表す)・・・知見②④⑤
 - 大すべり領域を浅いところ(赤)・深いところ(紫)に分ける(A1)
 - 上記1)の大すべり領域の位置を変える(B1)
 - 大すべり領域の浅いところ、深いところの区別なし(オレンジ)(A0)
 - 上記3)の大すべり領域の位置を変える(B0)
- 破壊開始時間の差(破壊開始時間を同心円上に移動)・・・知見③

3-4 3.11津波の将来予測用波源モデルの検証結果

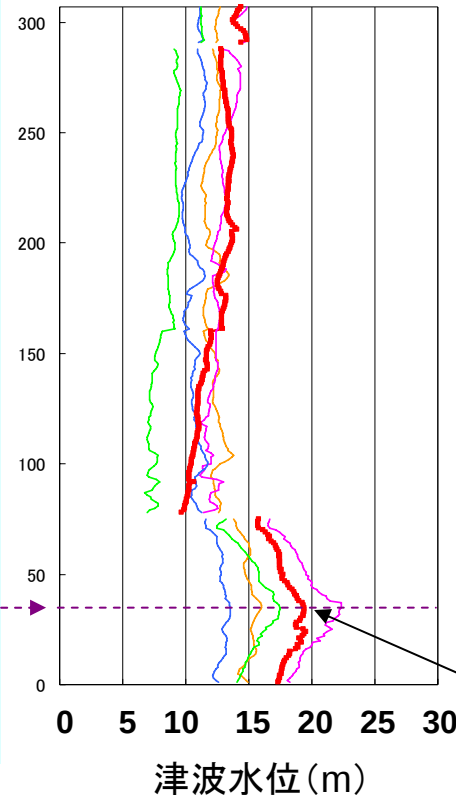
■福島第一原子力発電所

評価地点

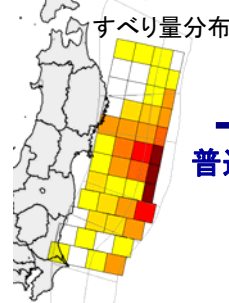
海岸線



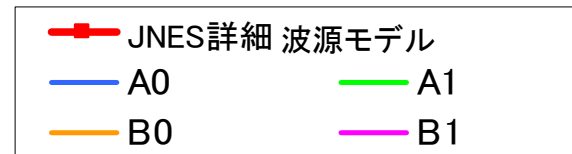
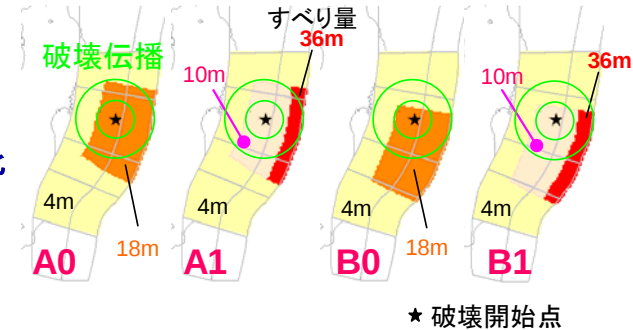
■敷地内海岸線における津波水位分布



■詳細波源モデル (3.11津波の再現)



■将来予測用波源モデル (4つのモデルの組合せ)

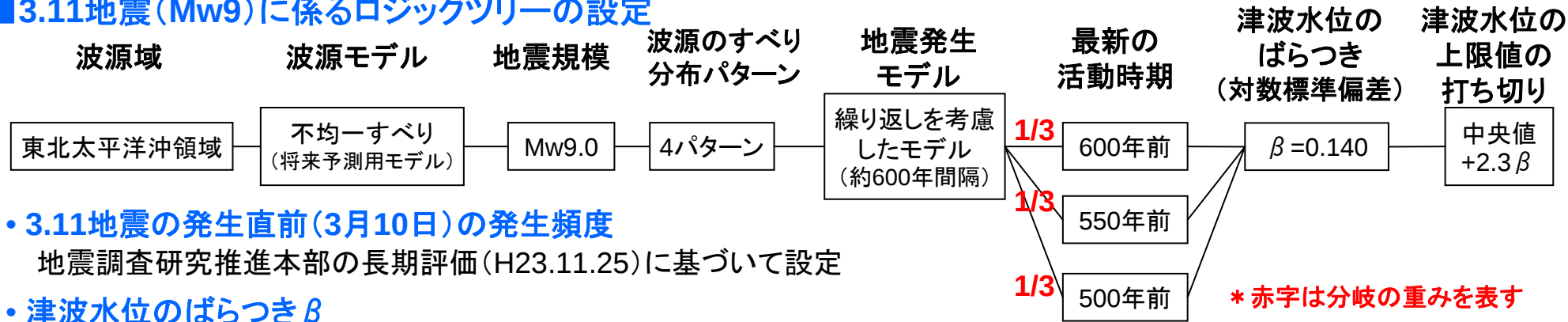


3.11津波時の最大水位
約19m(再現解析)

■検証結果： 詳細波源モデルの津波水位が、将来予測用波源モデルの津波水位のばらつきの範囲内に概ね収まることを確認した。

3-5 福島第一における3.11地震の津波水位の発生頻度の検証

■3.11地震(Mw9)に係るロジックツリーの設定



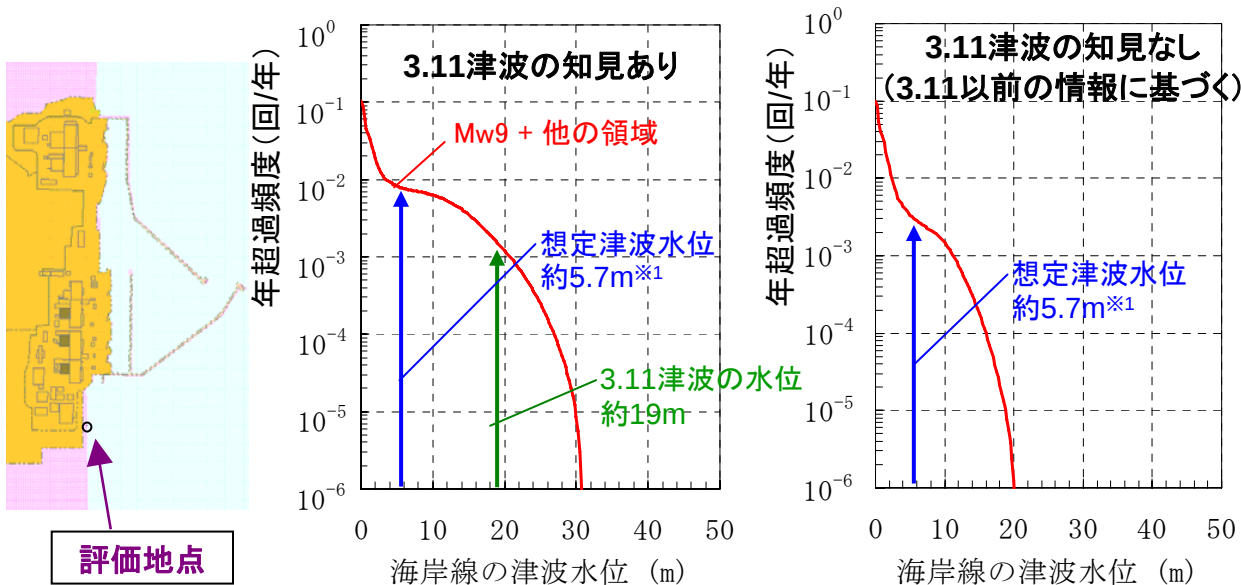
・3.11地震の発生直前(3月10日)の発生頻度

地震調査研究推進本部の長期評価(H23.11.25)に基づいて設定

・津波水位のばらつき β

JNESによる3.11津波の詳細波源モデルによる4つの原子力サイトの解析津波水位と現地調査による痕跡高との比較(相田の幾何標準偏差 κ)により設定

■福島第一の津波ハザード曲線



○津波ハザード評価結果は、設計津波水位の設定に有用情報を与える。

- ・3.11津波の知見を考慮したハザードでは、同津波の再現解析による水位(約19m)を超える頻度は 1.5×10^{-3} 程度(約670年に1回)である。
- ・同様に、想定津波水位(約5.7m)^{*1}を超える頻度は 8.0×10^{-3} 程度(約125年に1回)である。
- ・3.11以前の情報に基づく場合では、想定津波水位(約5.7m)を超える頻度が 3.0×10^{-3} 程度(約330年に1回)である。

※1 想定津波水位(約5.7m)・・・原子力発電所の津波評価技術(2002年、土木学会)に基づいて東京電力が2002年に算定

4. 今後の検討項目

4-1 JNESモデルの検証

- 3.11津波の経験を踏まえてさらに考慮すべき不確実さ要因の導入の検討
 - ✓ 波源域内の破壊開始点の位置や複数波源の時間差発生、日本海溝の東寄りの正断層等の不確実さ要因を考慮する。

4-2 既設原子力発電所の津波ハザード評価

- 千島・日本海溝沿い、日本海東縁部、東海・東南海・南海、その他の各海域の原子力発電所へのJNESモデルの適用性の検討
- 津波伝播解析手法の不確実さ(津波水位のばらつき β)の検討
 - ✓ 3.11津波を対象に4つの原子力発電所(女川、福島第一、福島第二、東海第二)に加えて原子力以外のサイトも含めて津波水位のばらつき β を検討する。
 - ✓ 3.11津波以外の既往津波を対象にして津波水位のばらつき β を検討する。

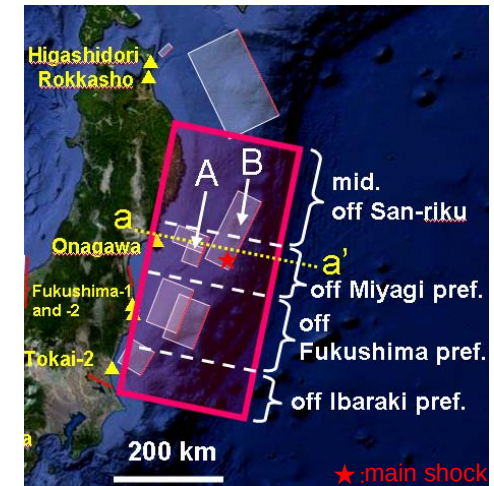
4-3 JNESモデルの規制への反映の検討

3.11津波の発生メカニズムに係る技術的知見

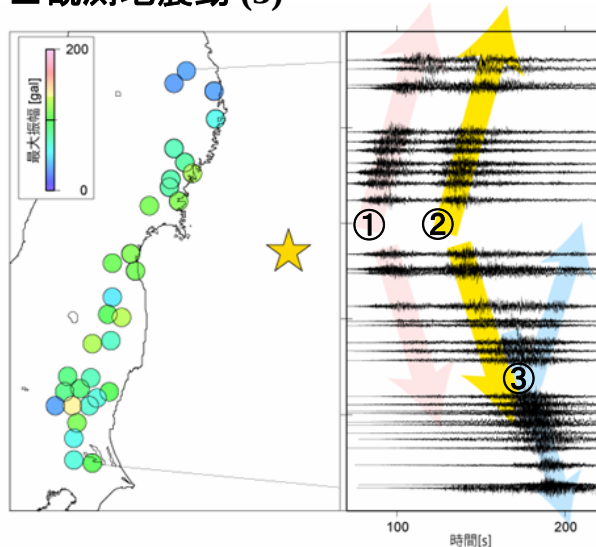
(別添1)

- (1) 巨大な地震規模Mw9.0
- (2) 複数震源域の空間的連動
- (3) 観測地震動に見られる地震の時間差発生
- (4) 観測津波水位に見られる異なる性質の波の重なり
- (5) 日本海溝付近の大きなすべり量分布

■震源域 (1), (2)

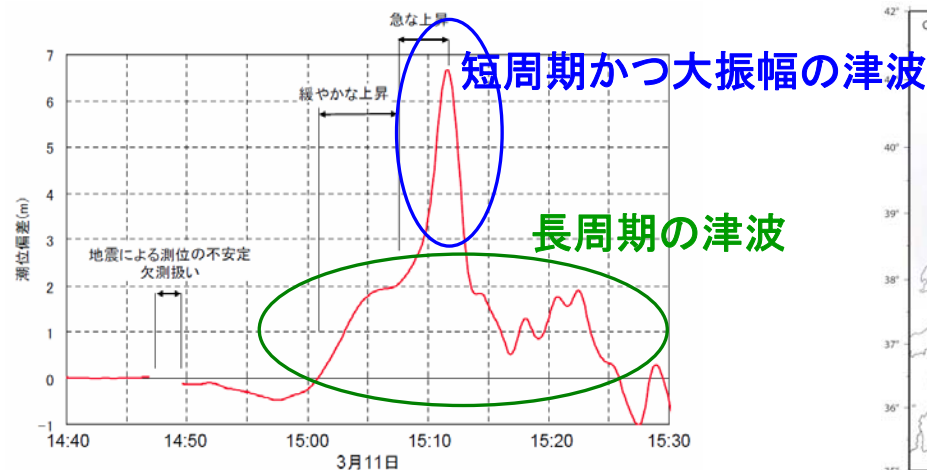


■観測地震動 (3)



引用元: 防災科学技術研究所

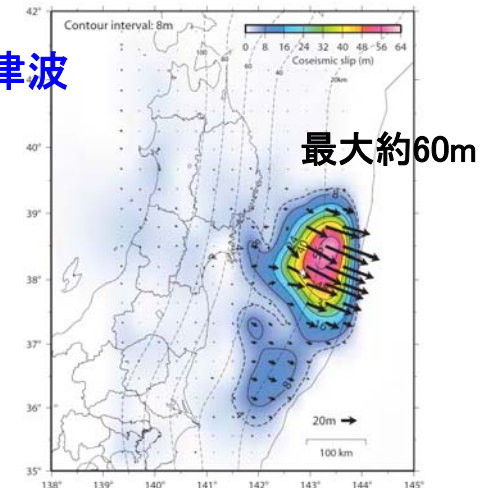
■観測津波水位 (4)



岩手県南部沖のGPS波浪計の記録(第一波)

引用元: 港湾空港技術研究所

■すべり量分布 (5)



測地データから推定

引用元: 国土地理院・海上保安庁

原子力発電所の
評価で重要

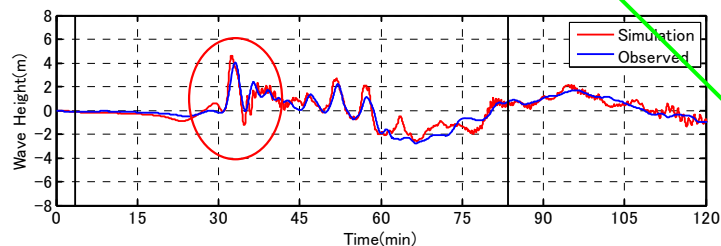
詳細波源モデルを用いた津波の再現結果

(別添2)

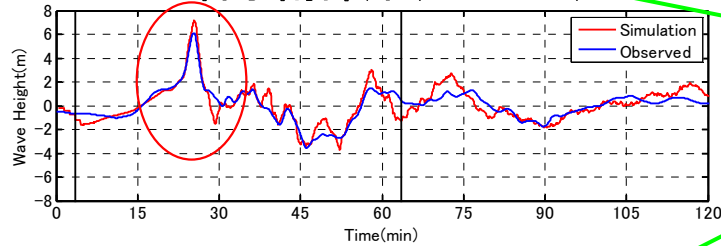
① GPS波浪計による観測津波波形の再現

② 原子力発電所における観測津波波形の再現

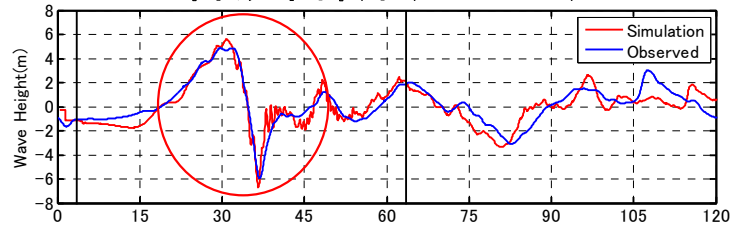
岩手北部沖 (● G807)



岩手南部沖 (● G802)



宮城中部沖 (● G801)

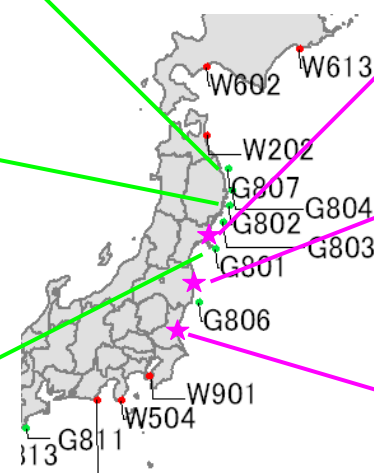


地震発生からの経過時間 (分)

今回の観測津波波形の特徴である第一波の波形形状を良く再現している。

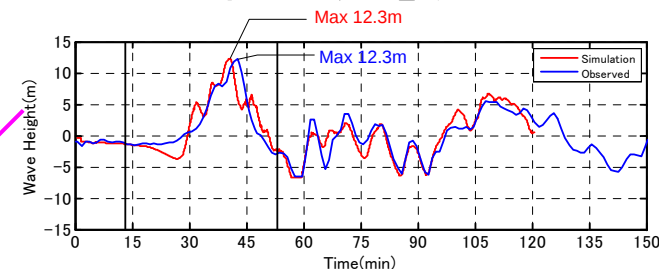
— Simulation
— Observed

■ 観測地点

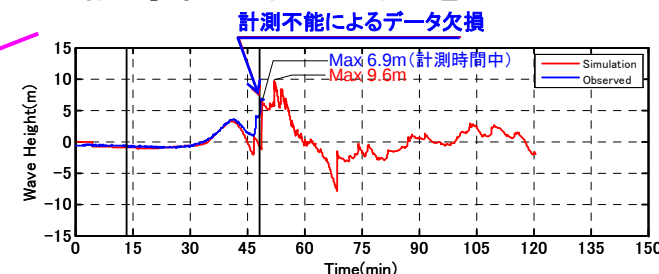


● GPS波浪計
● 沿岸波浪計
★ 原子力発電所サイト

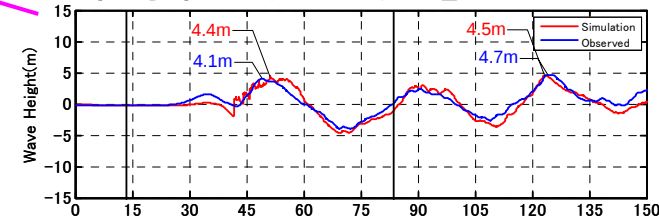
女川原子力発電所 (★)



福島第一原子力発電所 (★)



東海第二原子力発電所 (★)



地震発生からの経過時間 (分)

各原子力発電所の観測津波波形の形状を良く再現している。

*福島第二では計測不能につき観測記録がない。

観測津波波形と将来予測用波源モデルのすべり分布との対応
(別添3)

