

資料一8

# 東北地方太平洋沖地震による 津波の評価

原子力土木委員会

幹事 松山昌史

2011/5/23

1

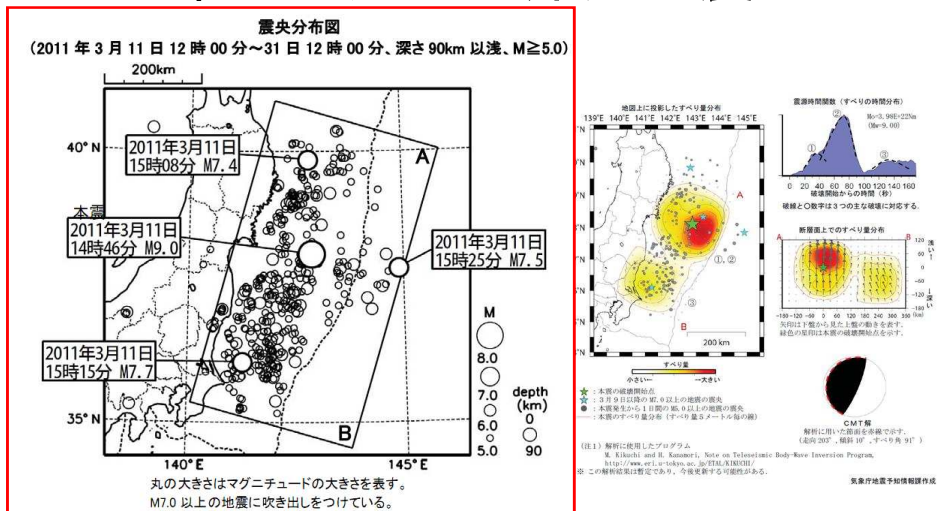
- 目的
  - 東北地方太平洋沖地震津波(以下、2011津波)に関して、その課題を検討する。
  
- 概要
  - 東北地方太平洋沖地震と津波の概要
    - 地震
    - 津波
  - 津波の評価
    - 評価技術2002概要
    - 地震発生前の評価
    - 今後の方向性

2

# 東北地方太平洋沖地震と津波の概要

- 地震の概要
- 津波の記録
- 津波の被害

## 東北地方太平洋沖地震

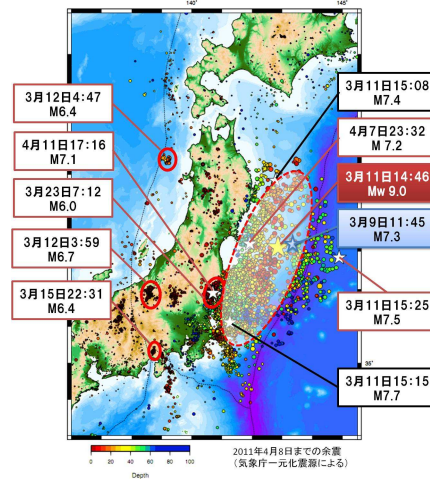


気象庁より

- 14:46~15:15:地震は岩手中部沖から茨城県沖にまたがる

東北地方太平洋沖地震と津波の概要

# 東北地方太平洋沖地震



東京大学地震研究所

- 14:46~15:15:地震は岩手中部沖から茨城県沖にまたがる

東北地方太平洋沖地震と津波の概要

5

## F-net:広帯域地震観測網(防災科学技術研究所)

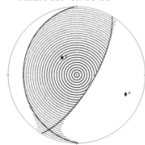
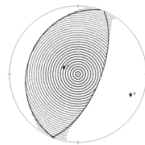
1	2011/03/11, <u>14:46</u>	38.1 N	142.9 E	20 km	Mw8.7	Mj 9.0	宮城県沖
2	2011/03/11, <u>15:08</u>	39.8 N	142.8 E	30 km		Mj 7.4	岩手県沖
3	2011/03/11, <u>15:15</u>	36.1 N	141.3 E	40 km		Mj 7.7	茨城県沖
4	2011/03/11, <u>15:25</u>	37.8 N	144.9 E	30 km		Mj 7.5	福島県沖

38.5N 143.0E  
Depth=020km  
Strike=22 ; 200  
Rake =91 ; 88  
Dip =63 ; 27  
Mo =1.07e+29  
Mw =8.7  
Percent DC=90  
Percent CLVD=10  
Variance=7.00e+00  
Var. Red=7.18e+01  
RES/Pdc=7.75e-02

39.8N 142.8E  
Depth=035km  
Strike=31 ; 179  
Rake =102 ; 60  
Dip =70 ; 23  
Mo =1.40e+27  
Mw =7.4  
Percent DC=91  
Percent CLVD=9  
Variance=6.08e-04  
Var. Red=8.34e+01  
RES/Pdc=6.71e-06

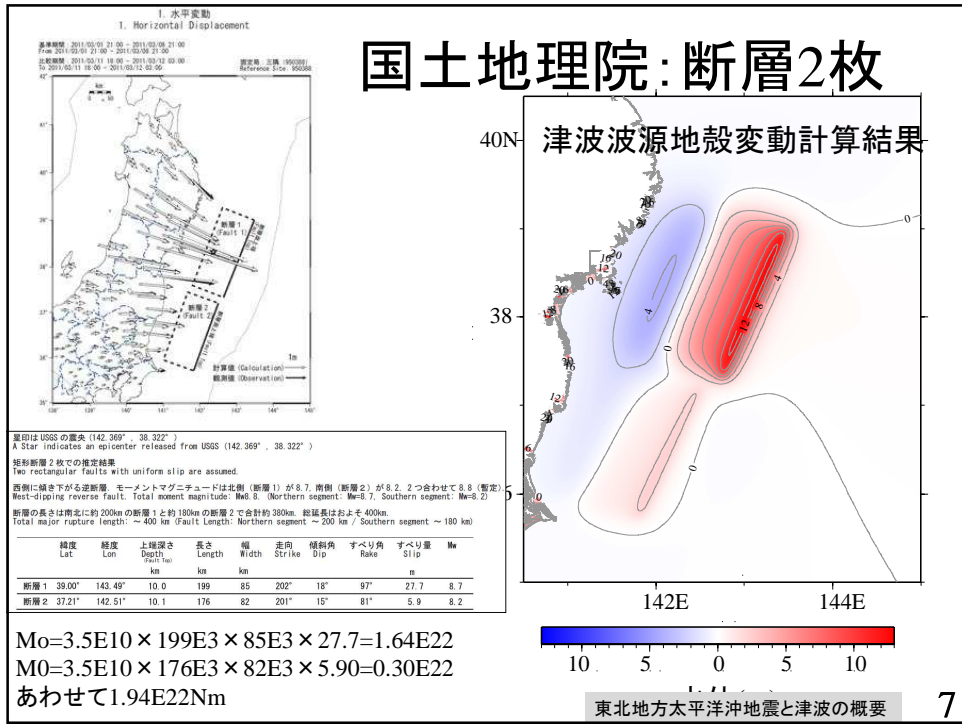
36.2N 141.2E  
Depth=035km  
Strike=26 ; 209  
Rake =89 ; 92  
Dip =59 ; 31  
Mo =5.66e+27  
Mw =7.8  
Percent DC=90  
Percent CLVD=10  
Variance=4.23e-03  
Var. Red=8.77e+01  
RES/Pdc=4.68e-05

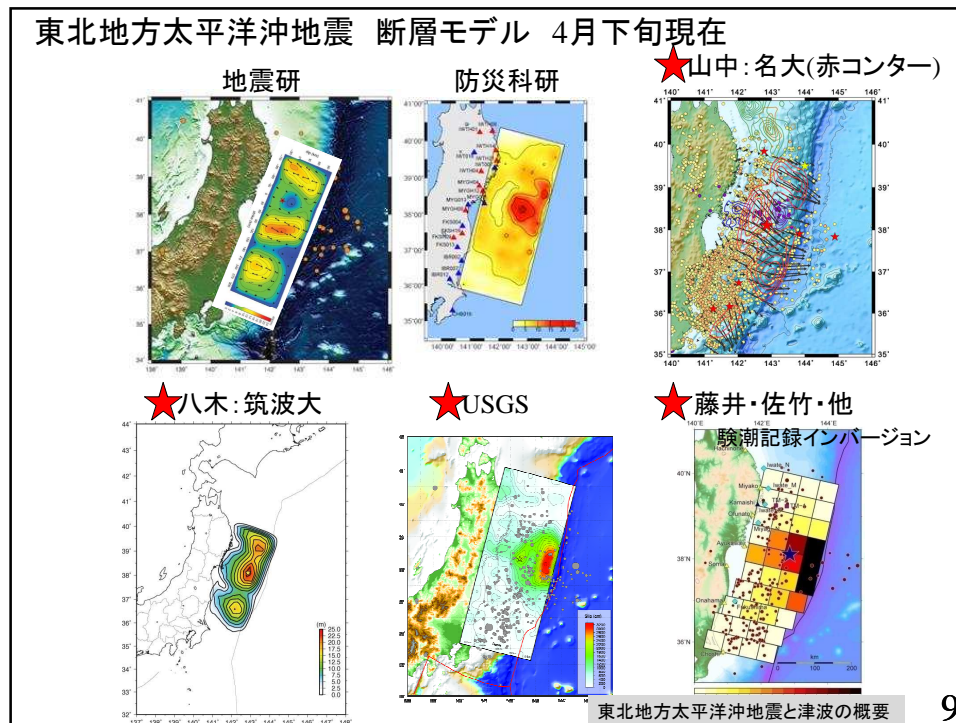
38.3N 144.7E  
Depth=020km  
Strike=194 ; 12  
Rake =-89 ; -92  
Dip =-49 ; 41  
Mo =2.46e+27  
Mw =7.6  
Percent DC=67  
Percent CLVD=33  
Variance=2.63e-03  
Var. Red=8.36e+01  
RES/Pdc=3.92e-05



東北地方太平洋沖地震と津波の概要

6





## 地震のまとめ

- 地震
  - プレート境界の低角逆断層を含む地震が**連動**
  - 日本国内で観測された最大の地震M9.0
- 断層
  - 断層の破壊域は500kmにわたり広大
  - 14:46~15:15の地震において、M7.4以上が4つ
  - 岩手中部沖から茨城沖
  - 断層域は広大だが、すべり量の大きな領域は一定の範囲に限られる。
  - **最大すべり量が20m以上と大きい**

# 津波の記録

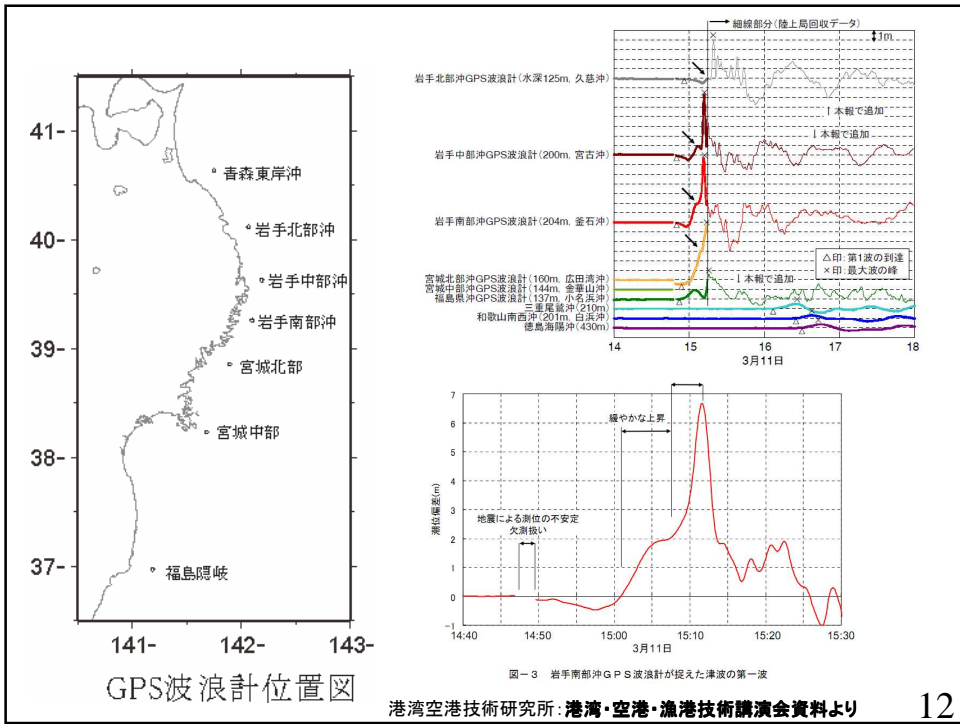


図-3 岩手南部沖GPS波浪計が捉えた津波の第一波  
 港湾空港技術研究所: 港湾・空港・漁港技術講演会資料より

# 女川

潮位計で観測された津波の高さはO. P. +約13m<sup>\*1</sup>であった。(図-1)

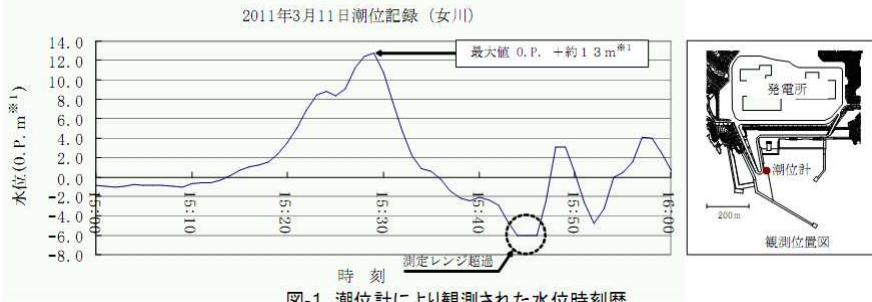


図-1 潮位計により観測された水位時刻歴

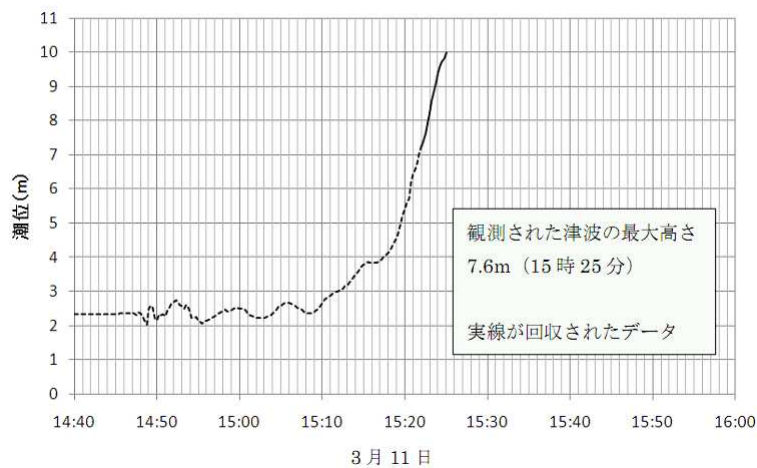
緯度経度: 141.50470 38.40235,

東北電力WPより

13

## 石巻市鮎川

141:30:18=141.505 38:17:48=38.2967



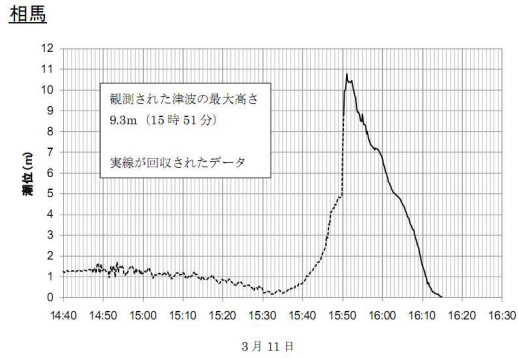
気象庁WPより

14

# 相馬の驗潮記録

- 最大9.3m, 15:51 37° 51'28"140° 58'52  
37.8578, 140.9811

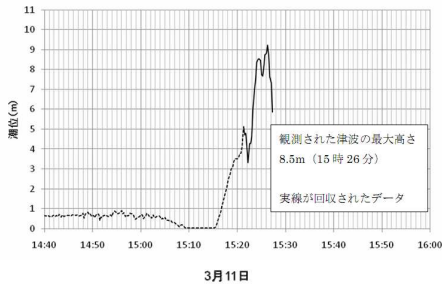
観測された津波の波形



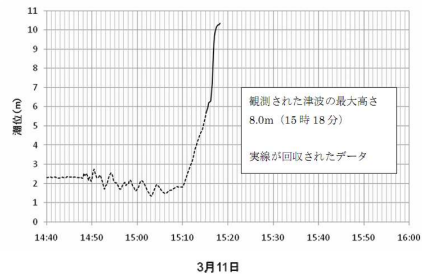
気象庁WPより

15

## 宮古



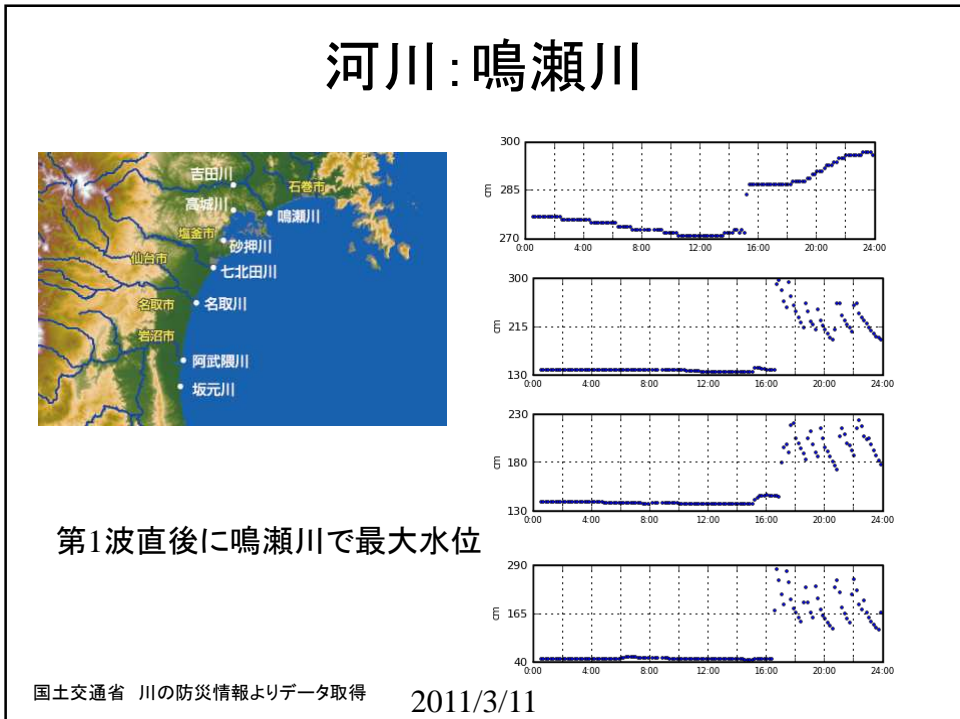
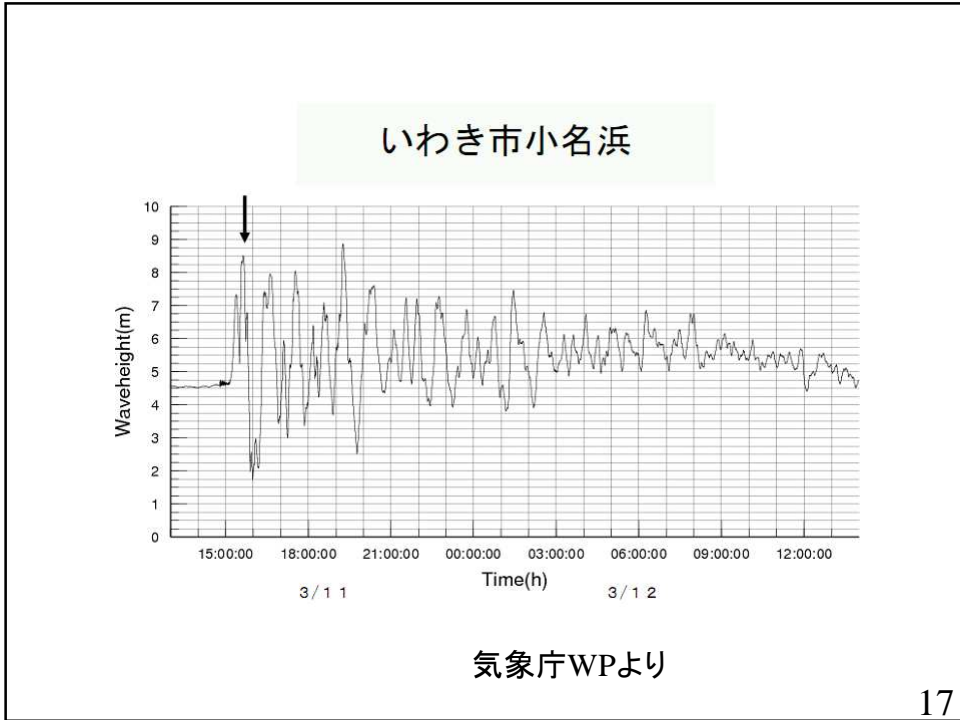
## 大船渡

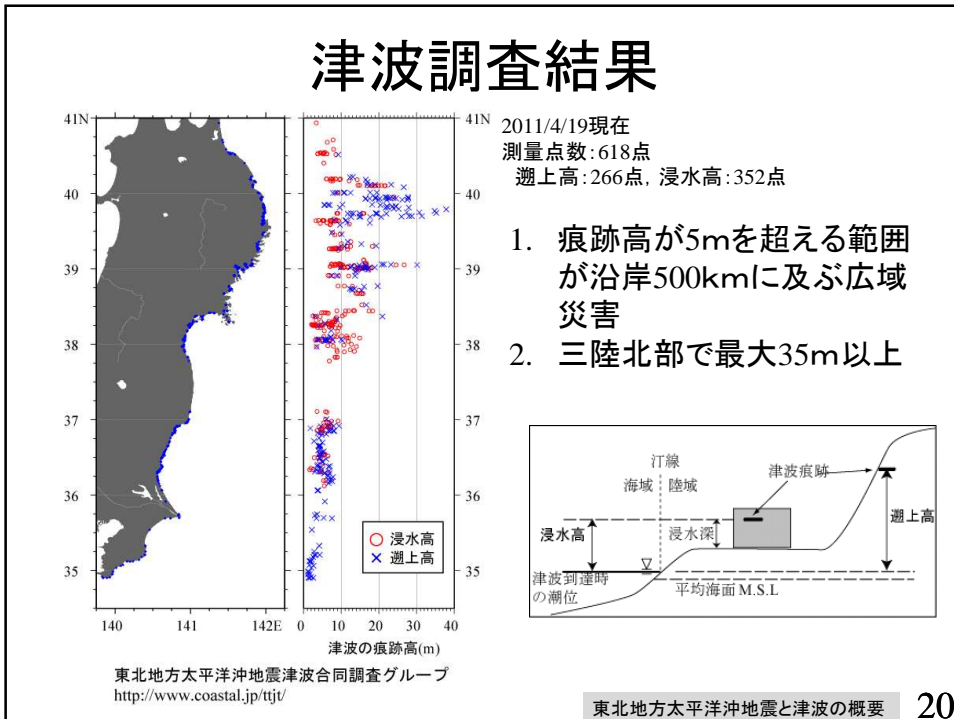
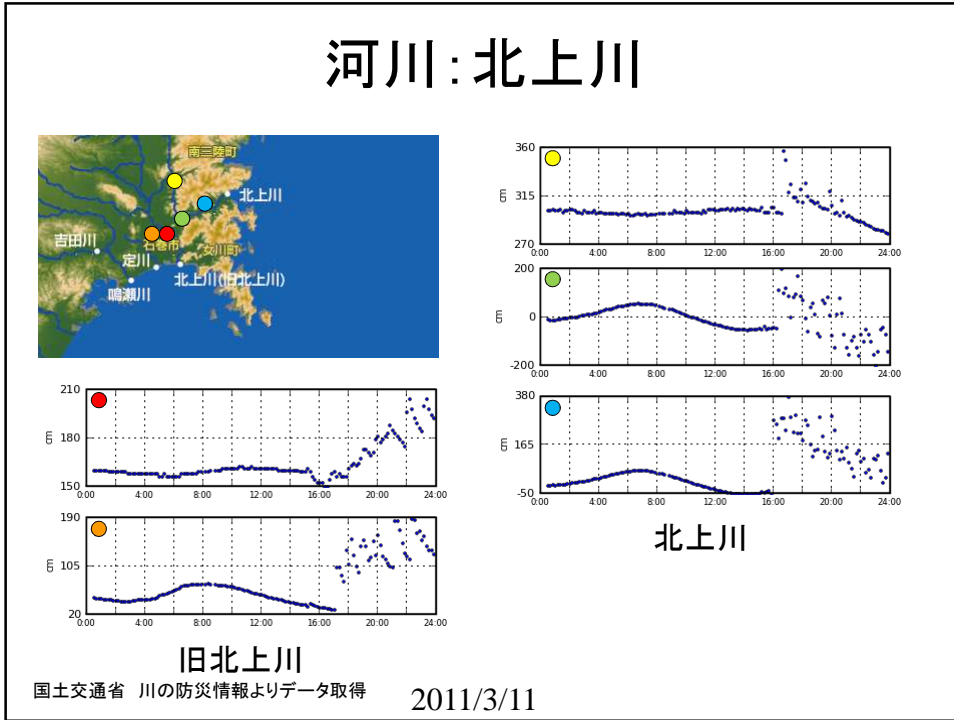


気象庁WPより

16





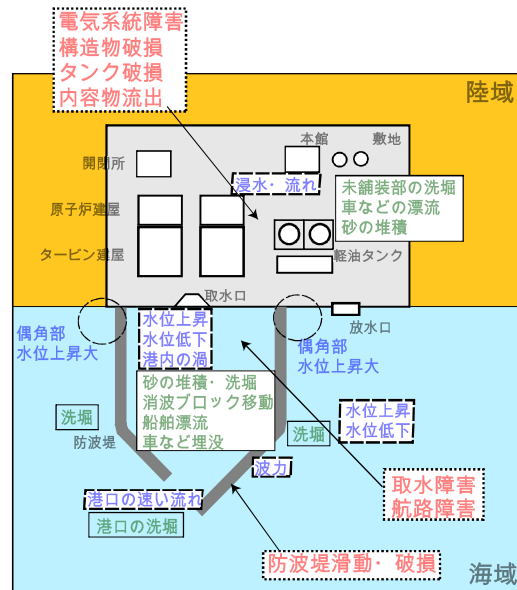


## 津波について

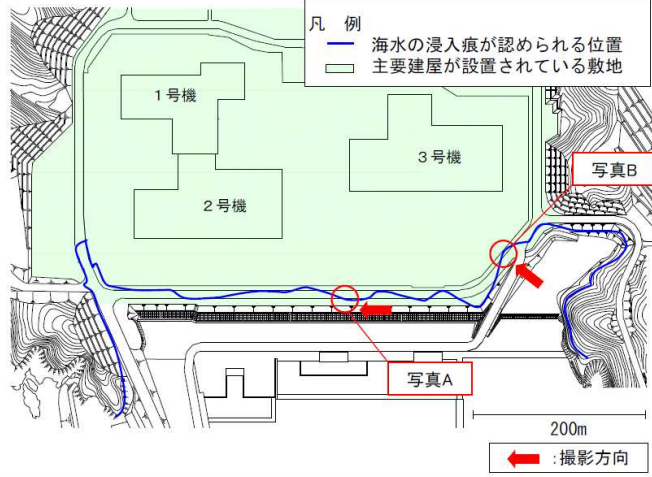
- ・ 最大痕跡高が35mを超える巨大津波
  - 沖において津波水位が捉えられ, その水位上昇は6mに達した.
  - 沿岸でも10mを超える津波時間変動記録が得られた.
  - 三陸北部の痕跡高が30m以上と最も大きく
  - 仙台平野で10m前後
  - 茨城県沿岸で5m前後
  - 河川遡上

## 津波の被害

- ・ 港湾を持つ発電所の被害項目



### 13. 津波の痕跡調査結果

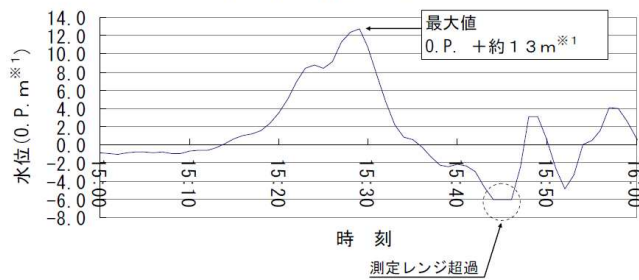


敷地海側の一部に海水の浸入痕が確認されたが、主要な建屋には到達していない。

東北電力プレスリリース 2011/4/7

### 12. 津波の観測記録

2011年3月11日潮位記録（女川）



潮位計で観測された津波の高さは、O.P. 約+13m※であった。

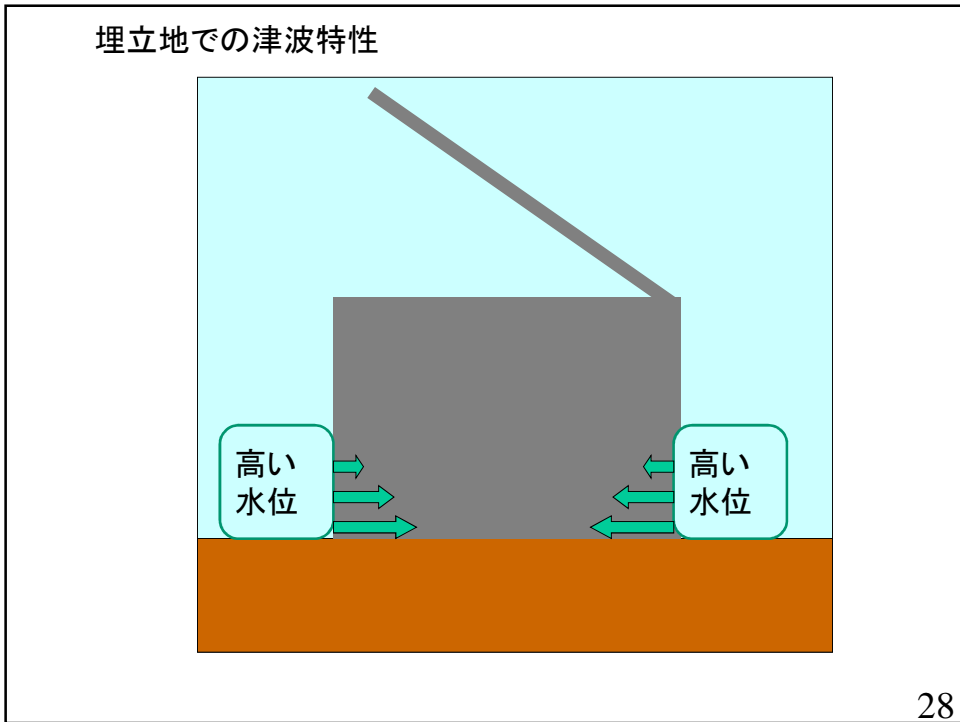
※ O.P.(女川の基準面：東京湾平均海面-0.74m)にて表示。  
今回の地震発生後に公表された国土地理院による女川原子力発電所周辺の地殻変動(一約1m:速報値)を考慮。

東北電力プレスリリース 2011/4/7

## 津波影響

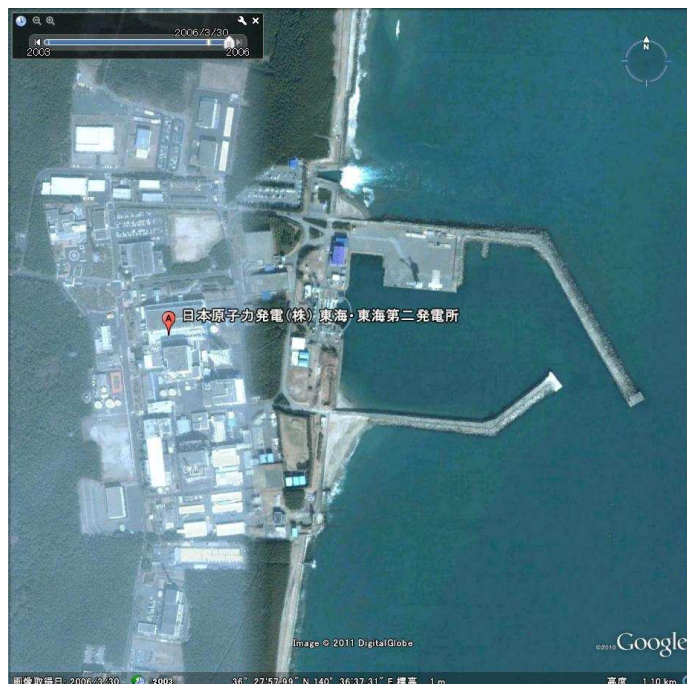
- 建屋には津波は遡上・到達しなかった。
- 東北電力プレスリリース
  - 原子炉建屋地下3階非管理区域にある補機冷却系の熱交換室に、海水が浸水していることを確認





津波前  
(2006年)

Google Earth



## プレスリリース

- 東北地方太平洋沖地震により、定格熱出力一定運転中の東海第二発電所は、タービン振動大によりタービンが停止し、原子炉が自動停止しました。
- 非常用ディーゼル発電機3台が正常に起動して、運転に必要な電源を確保しました。その後、津波の影響により非常用ディーゼル発電機用海水ポンプが1台停止したことから、非常用ディーゼル発電機を1台停止し、残り2台で必要な電源を確保



【東海第二発電所敷地内の津波後標高及び復旧が確認された範囲】

### 日本原電プレスリリース 2011/4/7

#### 【東海第二発電所 海水ポンプ室概要図】

概要図のラベルと内容：  
- 西側 側壁 (標高+6.1m) 設置完了  
- 貫通部の封止工完了 (黄色いC)  
- 貫通部の封止工事中 (地震発生時は未完) (赤いA)  
- 復旧水ポンプエリア (緑いB)  
- 非常用海水ポンプエリア (青いB)  
- 北側 側壁 (標高+6.1m) 設置完了 (赤いA)  
- 標準水ポンプエリア (青いB)  
- 非常用海水ポンプ (標高+4.9m)  
- 復旧高調査結果: 標高+5.4m  
- ケーブルピット  
- 電機室  
- 非常用電源  
- 非常用海水ポンプ  
- 非常用海水ポンプ  
- 非常用海水ポンプ

写真 A: 貫通部の封止工事現場。写真 B: 復旧水ポンプエリアの建設現場。写真 C: 非常用海水ポンプの設置現場。

保存する(S) キャンセル(C)

処理後、自動的にこのファイルを開く

津波後標高調査箇所  
復旧が確認された範囲  
敷地境界  
(東海第二発電所敷地内)

津波後標高調査箇所  
津波後標高調査箇所  
津波後標高調査箇所





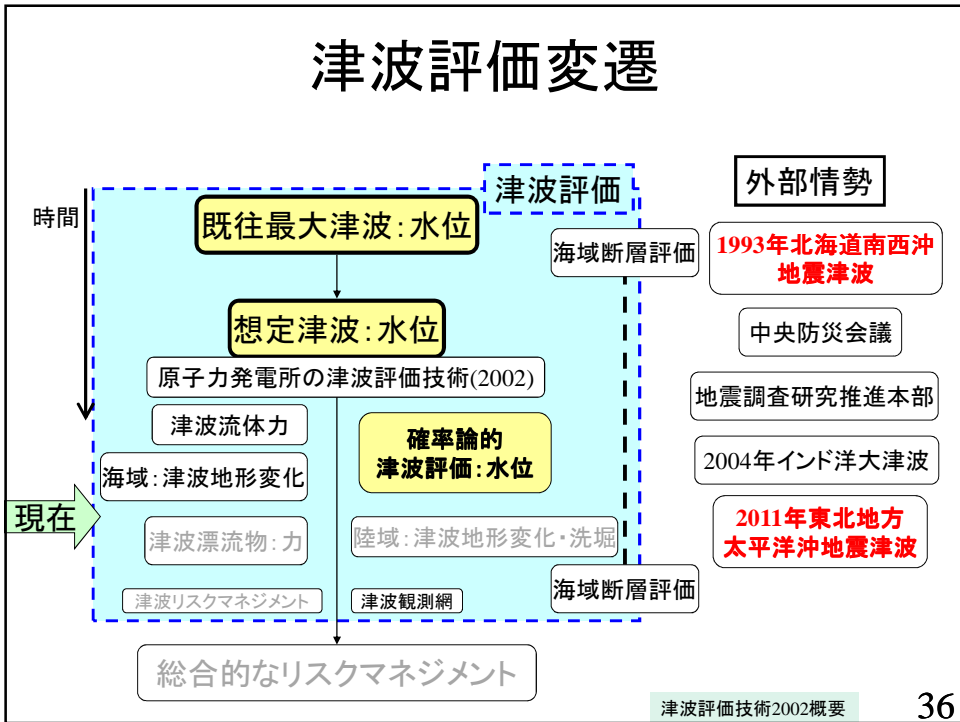


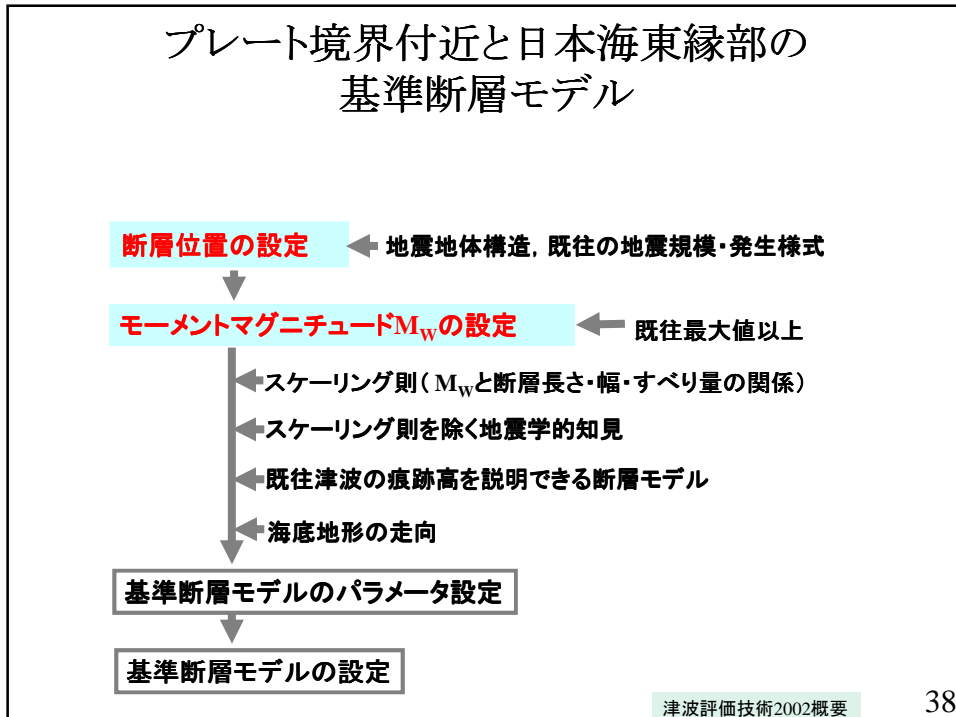
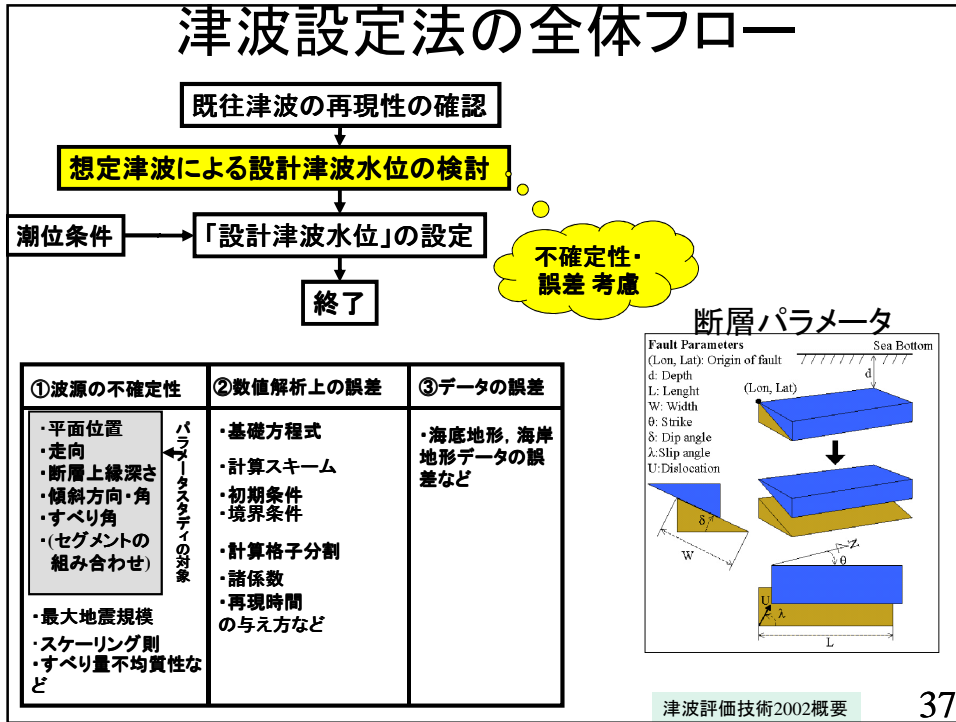
## 発電所への影響

- 福島第一発電所における、電源喪失の原因の一つ
- 取水ポンプの冠水による障害
- 敷地遡上しない場合でも、建屋地下などに浸水

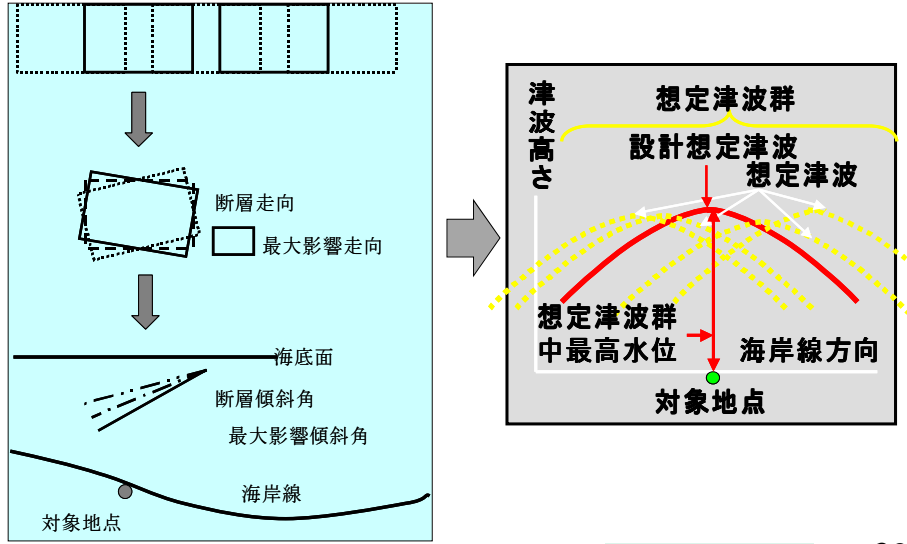


今後の対策へ





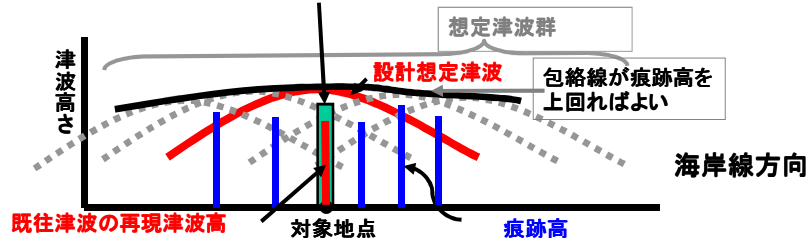
# パラメータスタディ



津波評価技術2002概要

## 設計想定津波の妥当性の確認方法(その2)

対象地点に、適切な痕跡高が無い場合

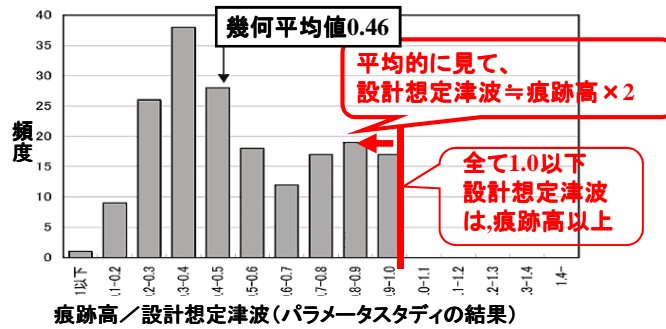


設計想定津波が再現津波高を上回るだけでは不十分

想定津波群と痕跡高を直接比較

津波評価技術2002概要

## パラメータスタディの妥当性の検証

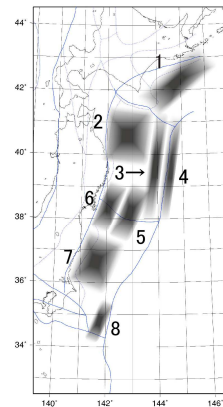


日本沿岸185地点の痕跡高で考え方の妥当性を検証  
ただし、全ての沿岸を網羅している訳ではない

## 日本海溝で想定された断層 基準断層モデル

「原子力発電所の津波評価技術(2002)」  
過去の津波の痕跡高を説明できる断層モデル

領域	既往最大 $M_w$	対応する既往津波
1	8.2	1952年
2	8.4	1968年
3	8.3	1896年
4	8.6	1611年
5	8.2	1793年
6	7.7	1978年
7	7.9	1938年
8	8.2	1677年



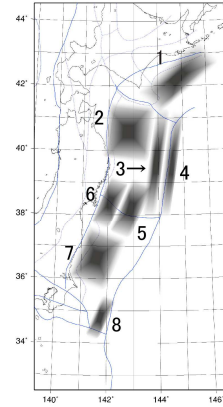
### 基準断層モデル

領域5: 東北地方太平洋沖地震( $M_w$ 9.0)の本震位置→ $M_w$ 8.2  
領域1~8: 最大 $M_w$ 8.6

基準断層モデルの地震エネルギーは $M_w$ 9.0に及んでいなかった。

## 検討内容(1)

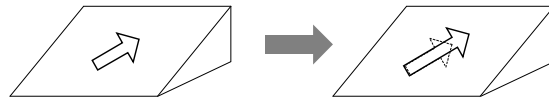
- 数値計算による概略評価
- 福島県沿岸を主に対象
  - 2011地震本震を含む断層域
  - 対象地域: 仙台平野～茨城県南部
    - 北緯33.5～38.3度を対象
- 津波評価技術2002の拡張
  - 地震の運動, すべり量が大きい
- いくつかの方法が考えられる
- 検討案1:
  - 津波評価技術2002の対象断層域の運動をMwで考慮する. ①
- 検討案2:
  - 津波評価技術2002の対象断層域の運動を断層面積Sで考慮する. ②
- 検討案3:
  - 津波評価技術2002の本震位置の断層域で地震が運動し, Mw9.0の地震が発生したと考える.



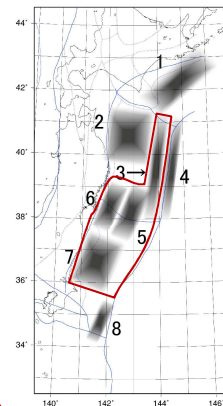
43

## 検討内容(2)

- 検討案1:
  - 津波評価技術2002の対象断層域の運動を考慮する.
  - Mw: 複数の領域を加えたものとする
  - 断層の形状は領域5を採用
  - Mwの増大はすべり量Dに反映



- 検討案2:
  - 津波評価技術2002の対象断層域の運動を考慮する.
  - 断層面積: 複数の領域を加えたものとする
  - 断層面積Sから地震エネルギー( $M_0$ , Mw)を設定
  - 断層の形状は領域5を採用
  - すべり量Dは $M_0$ とSから決定

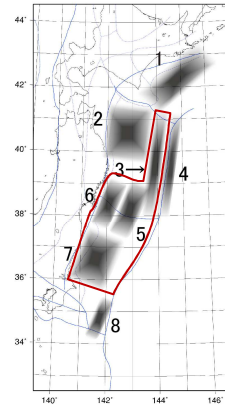
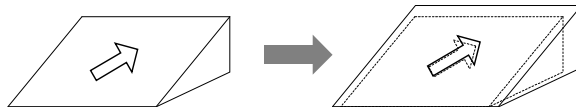


44

## 検討内容(2)

### □ 検討案3:

- 津波評価技術2002の本震位置の断層域で地震が連動し Mw9.0の地震が発生した。
- Mw: 東北地方太平洋沖地震のMw9.0を設定
- 断層の形状は領域5を採用し
- Mwの増大は、断層長さや幅とすべり量に反映



→今後津波評価部会などで検討予定

45

## まとめ

- 東北地方太平洋沖地震は日本国内で観測された最大の地震:M9.0(地震調査研究推進本部)
- 国などの地震評価
  - この規模の地震は日本海溝では考慮されてなかった。
  - 地震の連動と大きなすべり量:今回の新発見
  - 津波評価技術2002においても同じ
- 今後の方向性
  - 断層の想定方法の見直し
  - 日本海溝沿いでは地震の連動と大きなすべり量
  - 他の海域への展開は大きな課題

46