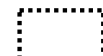



# 目次

1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波**
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波**
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
  - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
- 5. 津波発生要因の組合せに関する検討**
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（1／13）



第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.2-2再掲

### 検討方針

- 「1-3. 行政機関による既往評価の整理」において、内閣府（2020）の津波モデルによる大間町への津波の影響は、沿岸で10m程度に達し、他の行政機関の津波モデルに比べて顕著に大きいことを確認した。
- 上記より、内閣府（2020）モデルの検討概要、敷地への影響、位置づけ及び反映方針について検討する。

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（2／13）

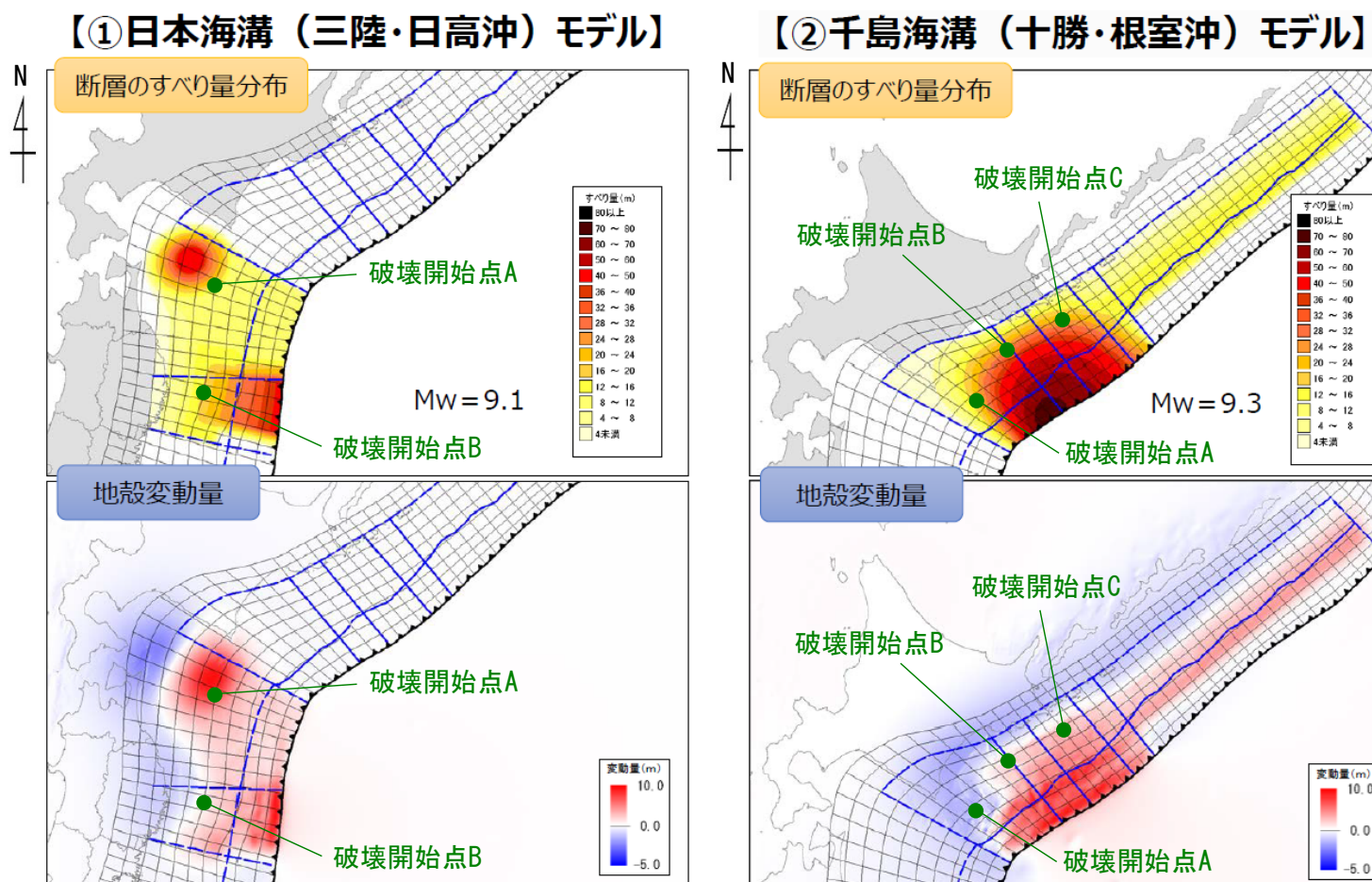


第1023回審査会合

資料1-1 P.3.2.2-3再掲

## 内閣府（2020）による検討概要（1／3）

- 内閣府（2020a）（日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会）において、東日本大震災の教訓を踏まえ、津波堆積物調査などの科学的な知見をベースに、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波に関する検討が実施された。
- 内閣府（2020a）で示された最大クラスの津波断層モデルは以下の2つである。
- これらの中から、大間原子力発電所への影響が比較的大きい津波断層モデルを抽出して、数値シミュレーションを実施し、敷地における水位変動量を算定する。



内閣府（2020a）に一部加筆

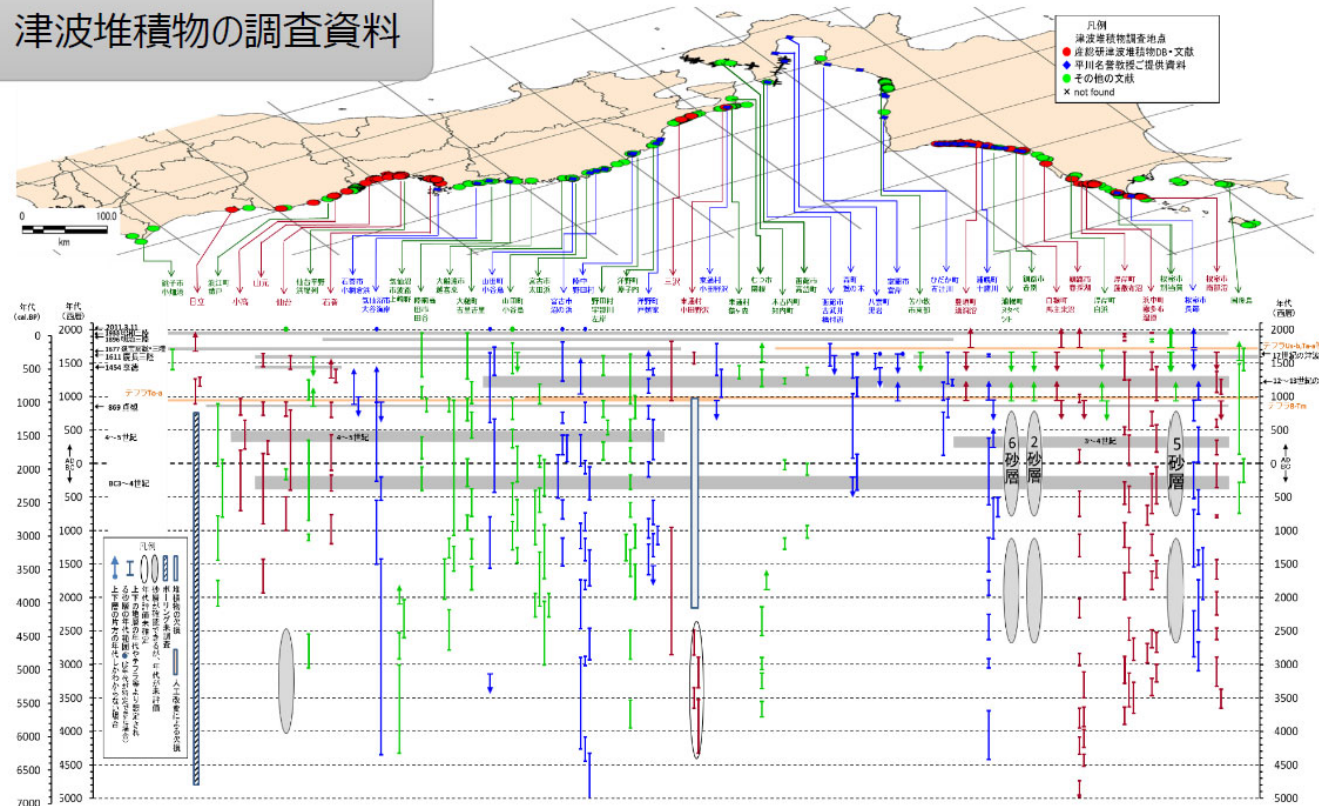
内閣府（2020a）による最大クラスの津波断層モデル

## 内閣府（2020）による検討概要（2/3）

内閣府（2020a）で示された最大クラスの津波断層モデルの主な設定根拠は以下のとおりである。

- ✓ おおむね過去6,000年間の津波堆積物等の調査資料を活用
- ✓ 内陸部での津波堆積物分布位置における浸水深は津波堆積物分布標高+2~3mとして取り扱い（第9回議事要旨より）
- ✓ 防災上の観点から高い津波高のデータのみを使用（第13回議事要旨より）
- ✓ 津波堆積物について堆積年代を区別することなく再現する（津波堆積物の地点まで津波を浸水させる）津波断層モデルを逆解析により設定

### 津波堆積物の調査資料



内閣府（2020a）

津波堆積物の調査資料

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（4／13）



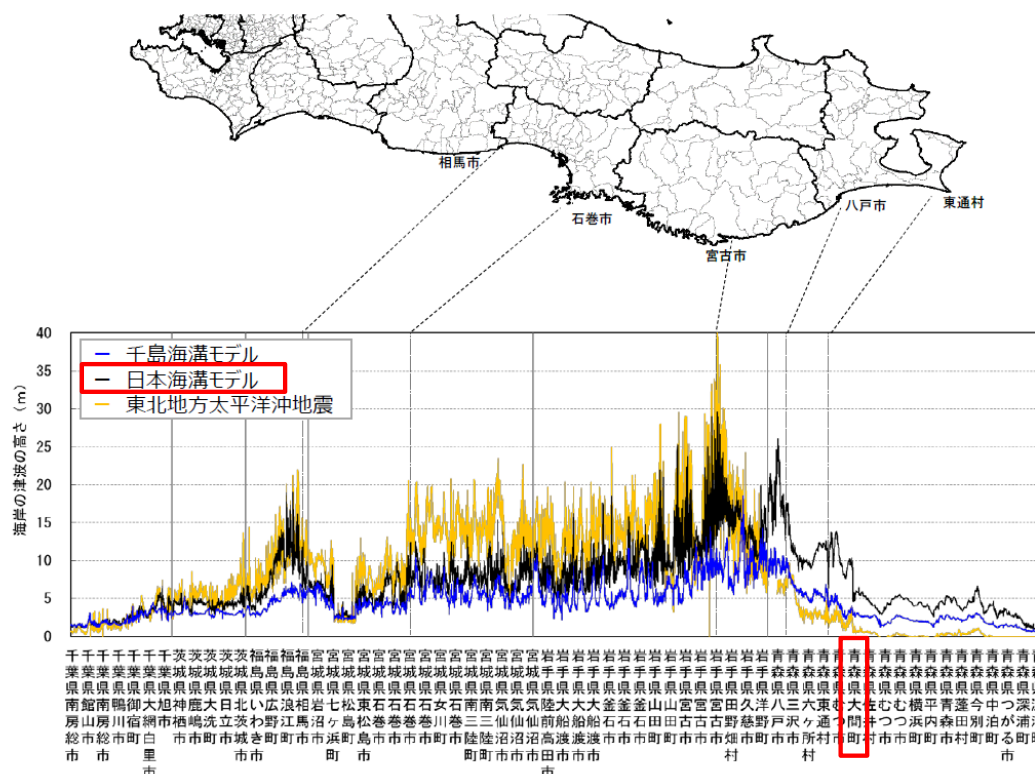
第1023回審査会合

資料1-1 P.3.2.2-5再掲

## 内閣府（2020）による検討概要（3／3）

- 内閣府（2020a）で示された想定される沿岸での津波の高さは以下のとおりであり、大間町における津波の高さは、日本海溝（三陸・日高沖）モデルの影響が大きい。
- また、内閣府（2020a）では、「今回の検討対象領域で地震が発生した場合、海域で発生した津波は、震源域に面した海岸に大きな津波として伝播する特性を持つことから、東北地方の沖合で発生した地震による津波は、東北地方の海岸では大きいのに比して、北海道の襟裳岬より東の海岸への影響は小さく、逆に、北海道東部の太平洋沿岸で発生した地震による津波は、北海道東部の太平洋の海岸では大きいのに比して、東北地方の海岸、北海道の日高支庁以西の海岸への影響は小さい。」とされている。

以上より、内閣府（2020a）の2つのモデルのうち、ここでの検討対象は日本海溝（三陸・日高沖）モデルとする。



想定される沿岸での津波の高さ（青森県以南）

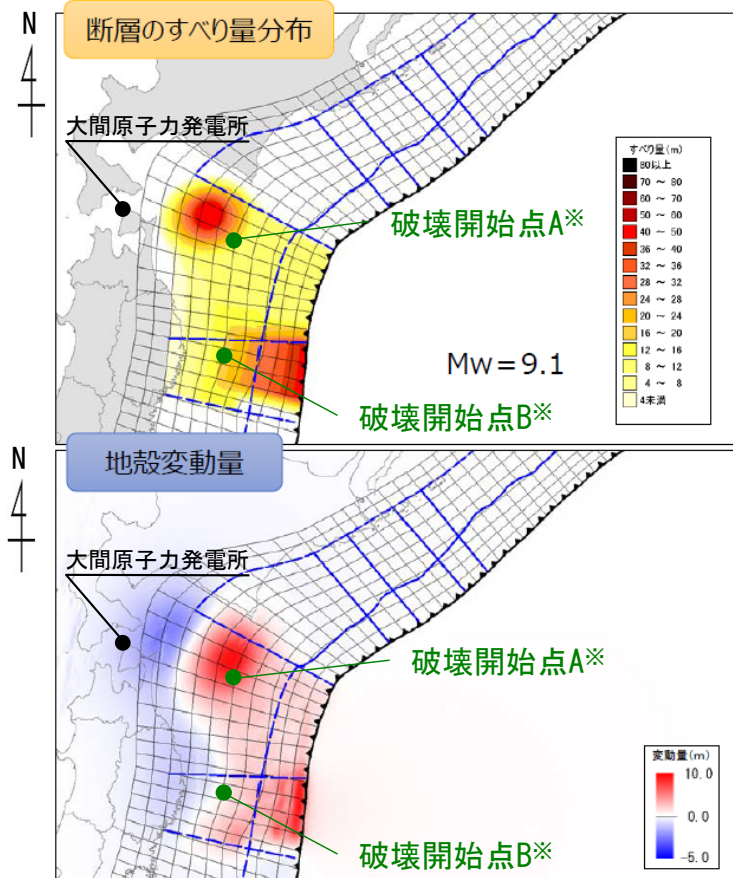
内閣府（2020a）に一部加筆

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（5/13）

## 内閣府（2020）の波源モデルによる検討

- 検討対象とする内閣府（2020）の日本海溝（三陸・日高沖）モデルの波源パラメータは以下のとおりである。

## 【①日本海溝（三陸・日高沖）モデル】



内閣府（2020a）に一部加筆

## 日本海溝（三陸・日高沖）モデルの波源パラメータ

	日本海溝 （三陸・日高沖）モデル	設定根拠	備考
モーメントマグニチュード $M_w$	9.08	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	内閣府（2020b）及び内閣府開示データに基づき算定
面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	76,332	内閣府（2020b）	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	6.02	$\Delta\sigma = 7/16 \cdot M_0 \cdot (S/\pi)^{-3/2}$	内閣府（2020b）及び内閣府開示データに基づき算定
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$4.63 \times 10^{10}$	内閣府開示データ	—
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$5.21 \times 10^{22}$	$M_0 = \mu SD$	内閣府（2020b）及び内閣府開示データに基づき算定
平均すべり量 $D$ (m)	14.76	内閣府（2020b）	—
最大すべり量 $D_{max}$ (m)	40.00	内閣府（2020b）	—
破壊伝播速度 (km/s)	2.5	内閣府（2020a）	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府（2020a）	—

※：内閣府（2020b）では、日本海溝（三陸・日高沖）モデルに対し破壊開始点A、Bの2点設定している。

## 日本海溝（三陸・日高沖）の波源モデル

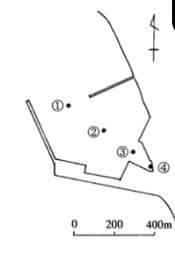
# 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（6/13）



第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.2-7再掲

## 内閣府（2020）の波源モデルによる検討結果（上昇側）

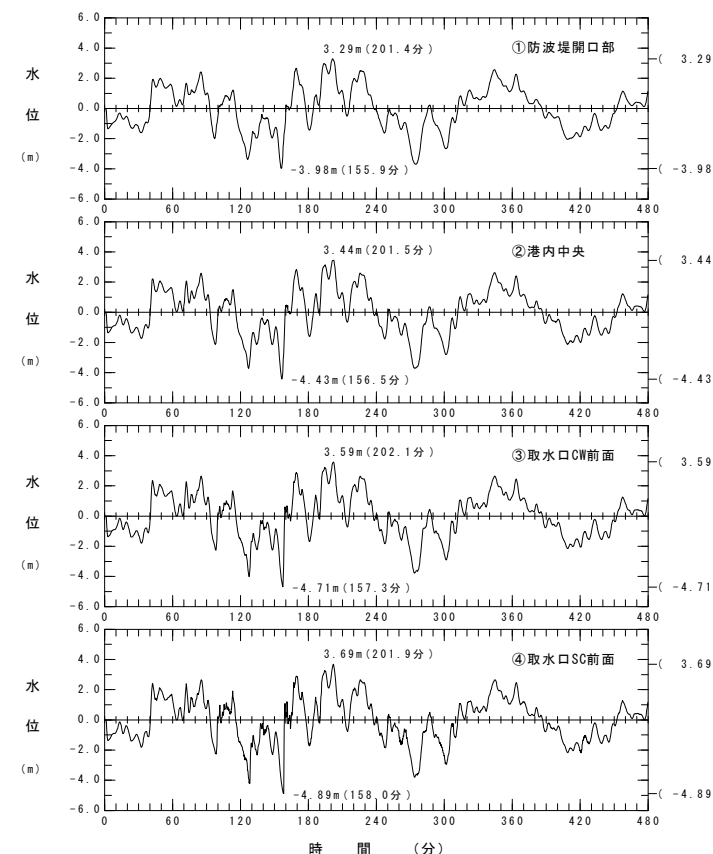
- 内閣府（2020）の波源モデルによる検討結果（上昇側）は以下のとおりである。



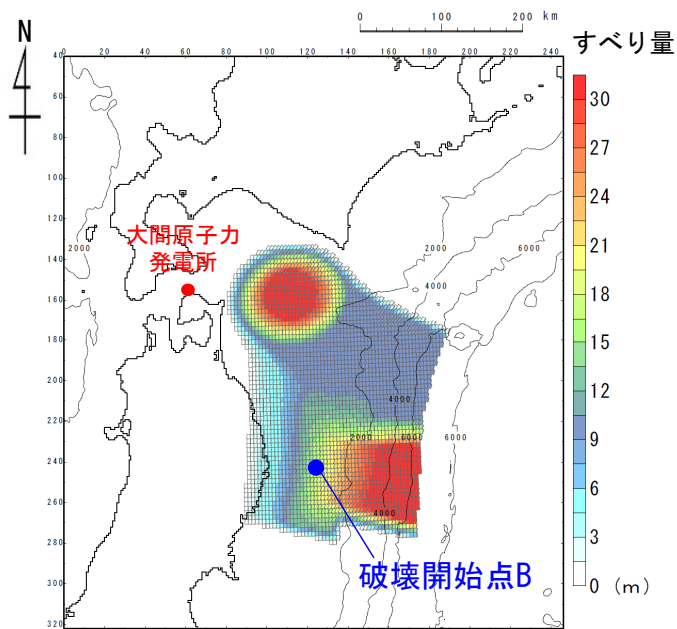
### 内閣府（2020）の上昇側最大ケース

モデル	破壊開始点	敷地における最大水位上昇量
日本海溝（三陸・日高沖）モデル	A	3.96m
	B	4.01m

水位時刻歴波形出力点

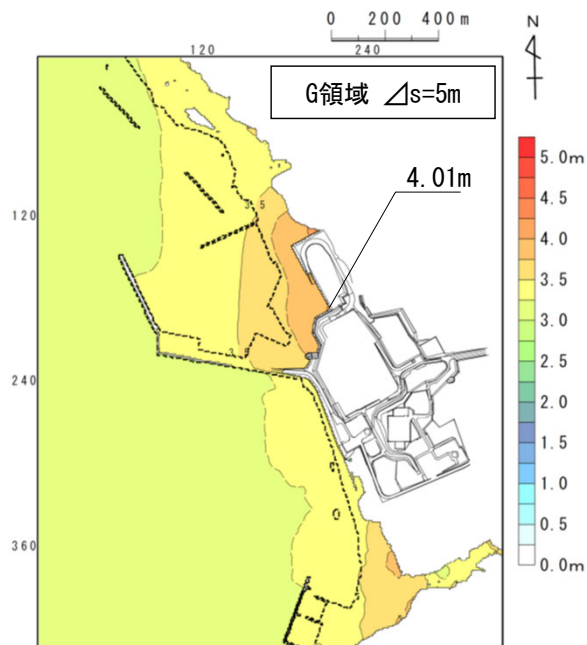


水位時刻歴波形



波源モデル（すべり量分布）

内閣府（2020b）に基づき作成



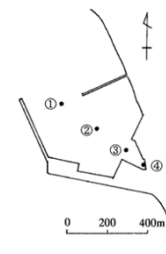
最大水位上昇量分布

### 内閣府（2020）の上昇側最大ケース

### 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（7/13）



第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.2-8再掲



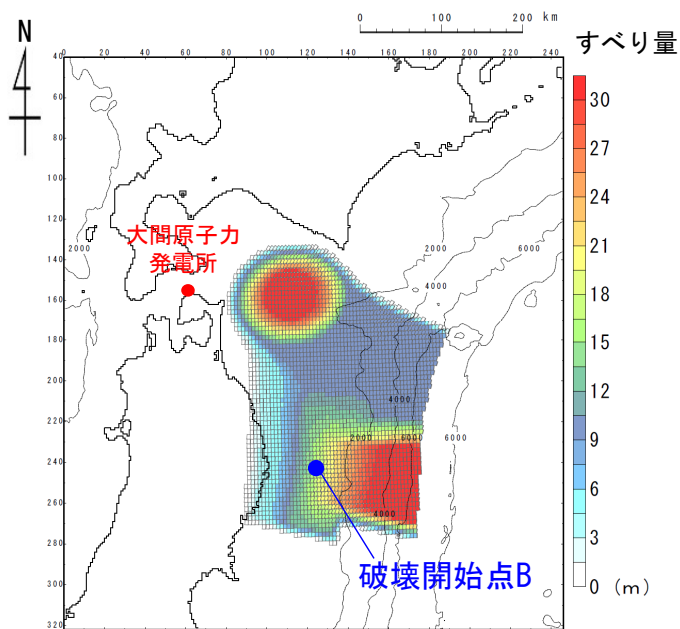
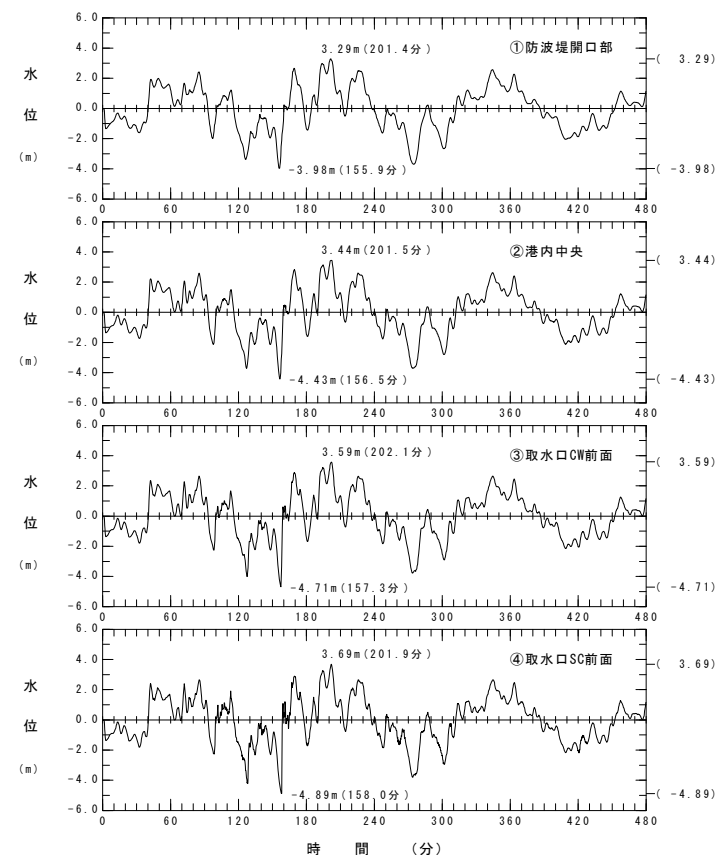
#### 内閣府（2020）の波源モデルによる検討結果（下降側）

- 内閣府（2020）の波源モデルによる検討結果（下降側）は以下のとおりである。

#### 内閣府（2020）の下降側最大ケース

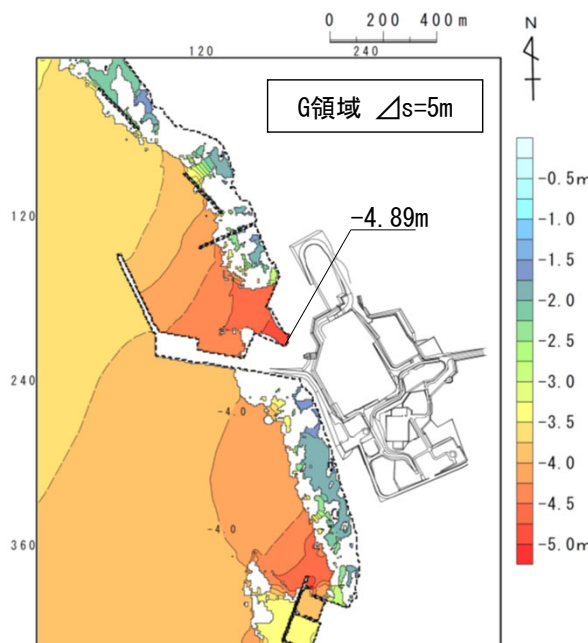
モデル	破壊開始点	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海溝（三陸・日高沖）モデル	A	-4.58m
	B	-4.89m

水位時刻歴波形出力点



波源モデル（すべり量分布）

内閣府（2020b）に基づき作成



最大水位下降量分布

#### 内閣府（2020）の下降側最大ケース

水位時刻歴波形



## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（8/13）



第1023回審査会合

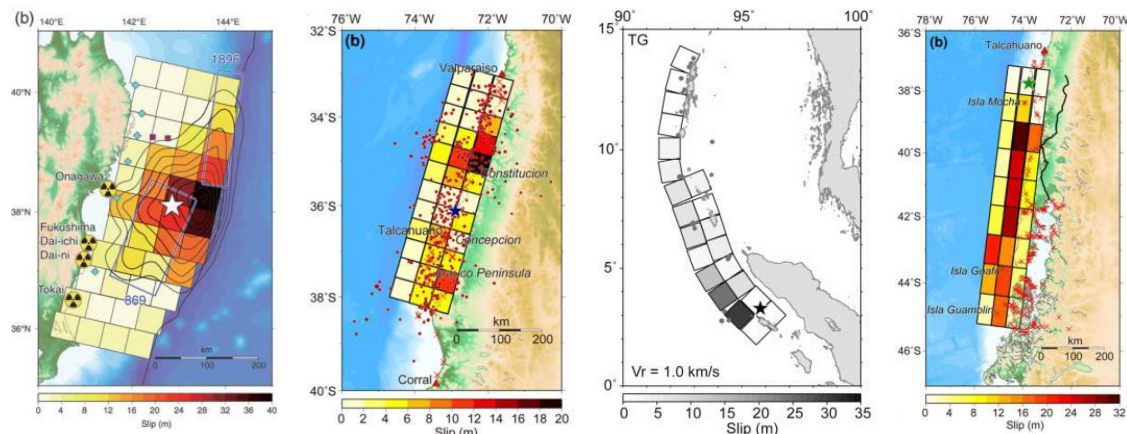
資料1-1 P.3.2.2-9再掲

## 内閣府（2020）の位置づけ（1/4）：既往の大規模地震との比較（1/3）

- Murotani et al. (2013) は、プレート境界地震のスケーリング関係について、日本付近で発生したM7～8クラスのプレート境界地震（Murotani et al. (2008)）に、7つの巨大地震（2011年東北地方太平洋沖地震、2010年チリ地震、2004年スマトラ地震、1964年アラスカ地震、1960年チリ地震、1957年アリューシャン地震、1952年カムチャッカ地震）を追加し、M7～9クラスまでに適用可能なスケーリング則を提案している。
- Murotani et al. (2013) で整理されているM9クラスの巨大地震の断層モデルと内閣府（2020）の日本海溝（三陸・日高沖）モデルの地震規模（ $M_w$ ）、断層面積（ $S$ ）、地震モーメント（ $M_0$ ）、平均すべり量（ $D$ ）及び平均応力降下量（ $\Delta\sigma$ ）の比較を以下に示す。
- 日本海溝（三陸・日高沖）モデルの平均すべり量（ $D$ ）は14.76（m）、平均応力降下量（ $\Delta\sigma$ ）は約6（MPa）であり、M9クラスの巨大地震の平均すべり量及び平均応力降下量を大きく上回ることを確認した。

地震	地震規模 $M_w$	断層面積 $S(10^3\text{km}^2)$	地震モーメント $M_0(10^{22}\text{Nm})$	平均すべり量 $D(\text{m})$	平均応力降下量 $\Delta\sigma(\text{MPa})$	備考
2011年東北地方太平洋沖地震	9.0	110	3.9	10.6	2.60	Satake et al.(2013)
2010年チリ地震	8.8	90	1.7	5.4	1.53	Fujii and Satake(2013)
2004年スマトラ地震	9.1	220	6.0	7.5	1.42	Fujii and Satake(2007)
1964年アラスカ地震	9.1	184.16	6.5	9.9	2.00	Johnson et al.(1996)
1960年チリ地震	9.2	135	7.2	10.6	3.54	Fujii and Satake(2013)
1957年アリューシャン地震	8.6	172.5	1.2	3.1	0.41	Johnson et al.(1994)
1952年カムチャッカ地震	8.7	120	1.5	5.5	0.88	Johnson and Satake(1999)
日本海溝（三陸・日高沖）モデル	9.1	76.3	5.2	14.76	6.02	内閣府（2020）

## ■ Murotani et al.(2013)で用いた巨大地震(代表例)



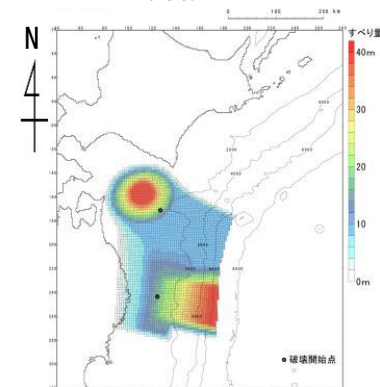
2011年東北地方太平洋沖地震

2010年チリ地震

2004年スマトラ地震

1960年チリ地震

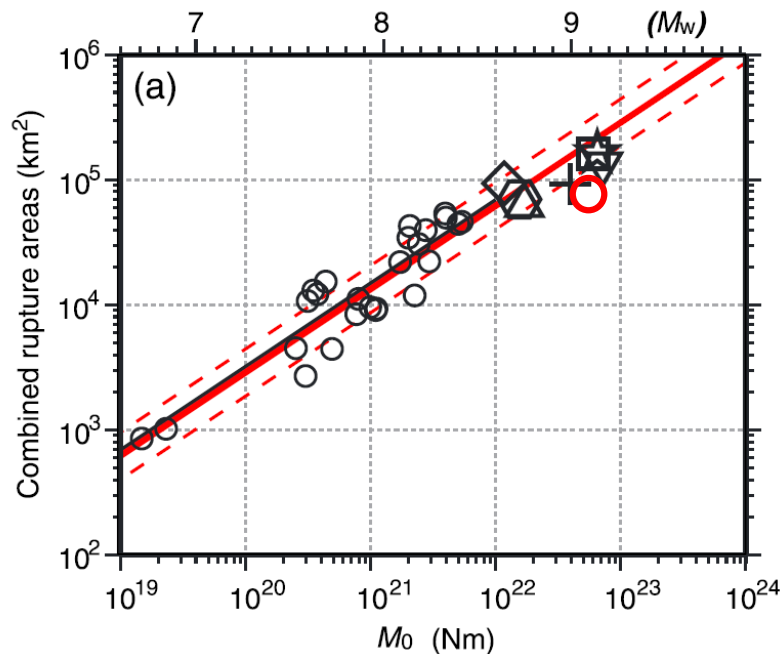
## ■ 内閣府（2020）

日本海溝  
（三陸・日高沖）のモデル

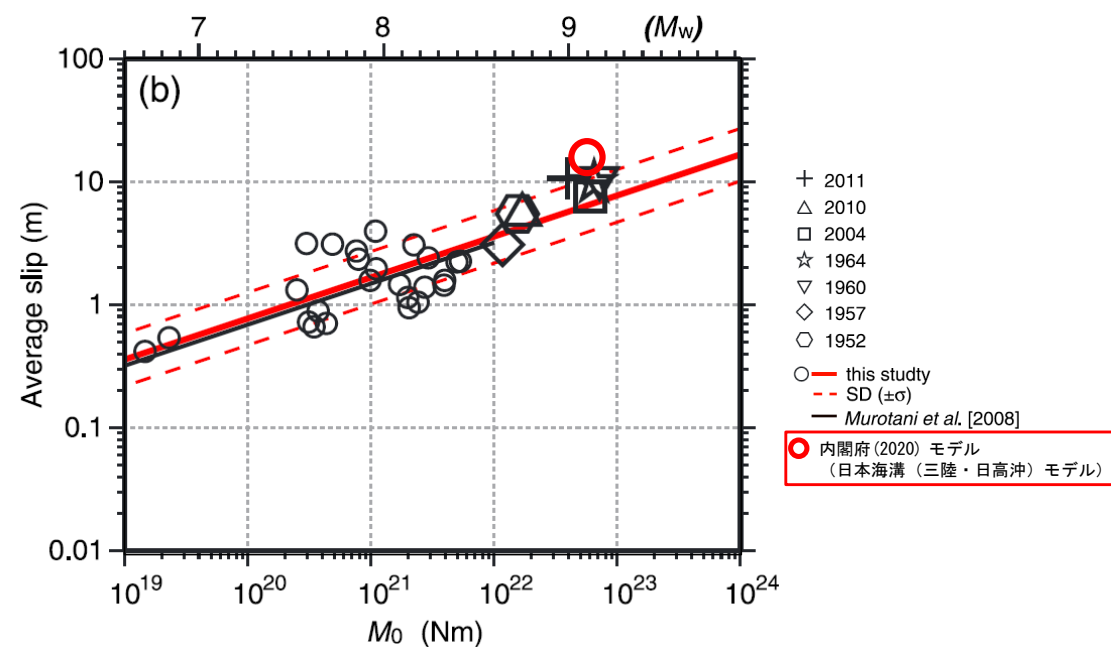
## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（9/13）

## 内閣府（2020）の位置づけ（2/4）：既往の大規模地震との比較（2/3）

- Murotani et al. (2013) に示されるスケーリング則のうち破壊領域 (S) と $M_0$ の関係及び平均すべり量 (D) と $M_0$ の関係に、内閣府（2020）モデル（日本海溝（三陸・日高沖）モデル）を追加し、その関係を比較した。
- その結果、内閣府（2020）モデルは既往の大規模地震に比べると、地震規模に対して、 $1\sigma$ 以上破壊領域の面積が小さく、かつ $1\sigma$ 以上平均すべり量が大きい設定となっていることが確認できた。

破壊領域 (S) と $M_0$ の関係※

Murotani et al. (2013) に一部加筆

平均すべり量 (D) と $M_0$ の関係※

Murotani et al. (2013) に一部加筆

※：内閣府（2020b）及び内閣府開示データに基づき算定

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（10／13）

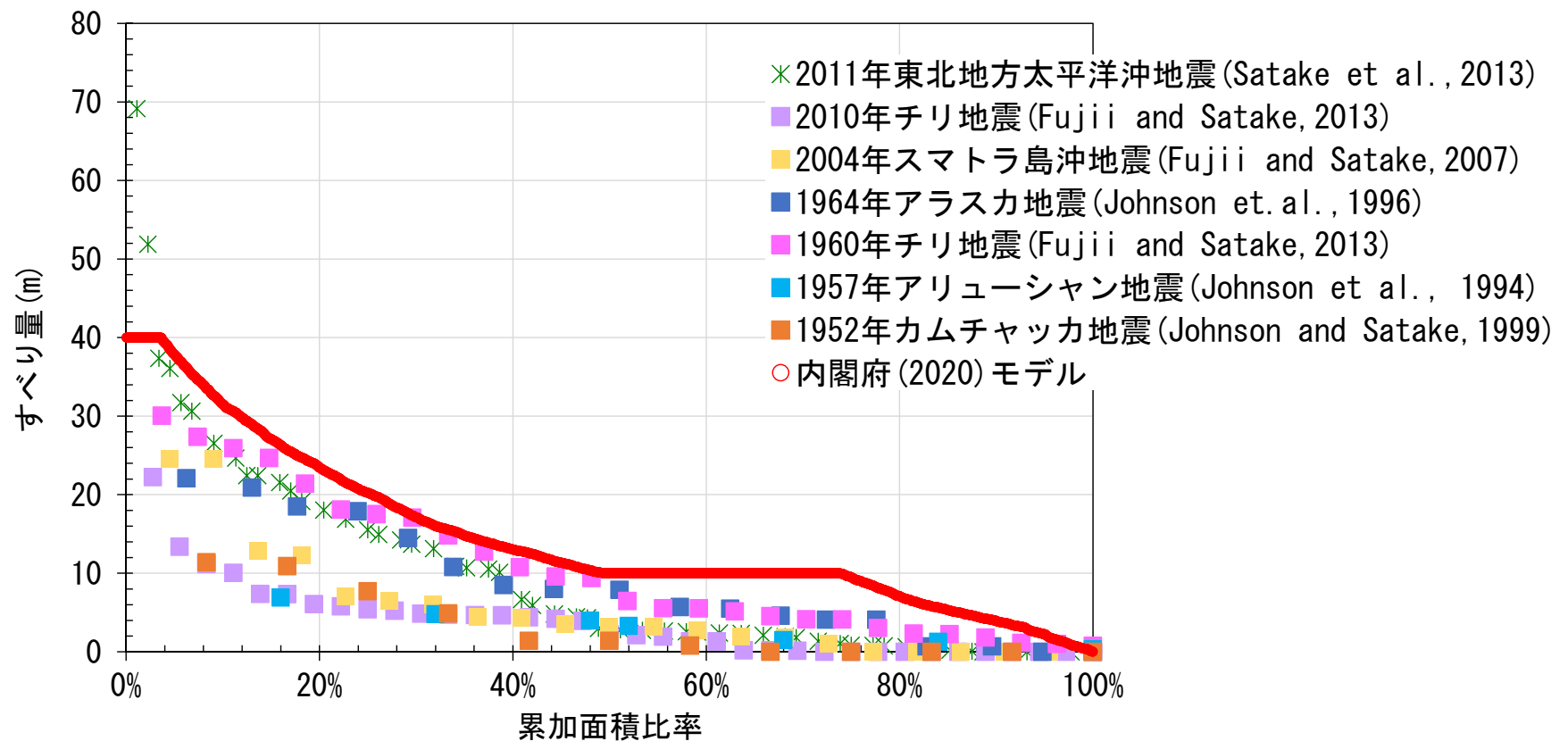


第1023回審査会合

資料1-1 P.3.2.2-11再掲

## 内閣府（2020）の位置づけ（3／4）：既往の大規模地震との比較（3／3）

- Murotani et al. (2013) で整理されているM9クラスの巨大地震の断層モデルと内閣府（2020）の日本海溝（三陸・日高沖）モデルを対象に、すべり量と累加面積比率の関係を比較した。
- その結果、内閣府(2020)モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震の海溝軸付近に設定された大きなすべり量を除いて、波源全体にわたり過去の超巨大地震に比べすべり量が大きく設定されていることが確認できた。



超巨大地震におけるすべり量と  
累加面積比率の分布

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（11／13）

## 内閣府（2020）の位置づけ（4／4）：まとめ

- 内閣府（2020）モデルの特徴をまとめると、以下のとおりである。
  - ✓ 2011年東北地方太平洋沖地震・津波の教訓を踏まえ、今後の地震・津波対策の想定は、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」とし、「最大クラスの津波に対しては、避難を軸に総合的な津波対策をする必要がある」と提言している中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」報告（平成23年9月）を踏まえた検討であるとされており、これは住民等の生命を守ることを最優先とした検討であると考えられる。
  - ✓ 高い津波高（津波堆積物の分布高さ＋浸水深）のデータを対象とし堆積年代を区別することなく、一つのモデルで、それら全てを包絡するように設定されていることから、当該モデルの水位分布はいわば、津波の発生メカニズムに因らず、パラメータスタディを含めたあらゆるモデルの想定津波群に相当すると考えられる。（P.283参照）
  - ✓ 既往の大規模地震に比べ、その破壊領域の面積の割に大きなすべり量、応力降下量が設定されており、地震規模に係るスケーリング則に合わない。（P.287～P.289参照）

地震	地震規模※ Mw	平均すべり量※ D(m)	平均応力降下量※ $\Delta\sigma$ (Mpa)	断層面積※ S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	平均すべり量／断層面積 D(m)／S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	平均応力降下量／断層面積 $\Delta\sigma$ (Mpa)／S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )
2011年東北地方太平洋沖地震	9.0	10.6	2.60	110	0.096	0.024
2010年チリ地震	8.8	5.4	1.53	90	0.060	0.017
2004年スマトラ地震	9.1	7.5	1.42	220	0.034	0.006
1964年アラスカ地震	9.1	9.9	2.00	184.16	0.054	0.011
1960年チリ地震	9.2	10.6	3.54	135	0.079	0.026
1957年アリューシャン地震	8.6	3.1	0.41	172.5	0.018	0.002
1952年カムチャッカ地震	8.7	5.5	0.88	120	0.046	0.007



地震	地震規模※ Mw	平均すべり量※ D(m)	平均応力降下量※ $\Delta\sigma$ (Mpa)	断層面積※ S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	平均すべり量／断層面積 D(m)／S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	平均応力降下量／断層面積 $\Delta\sigma$ (Mpa)／S(10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )
日本海溝(三陸・日高沖)モデル	9.1	14.76	6.02	76.3	0.193	0.079

※：P.287参照

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（12/13）

### 内閣府（2020）モデルの反映方針

コメントNo.S5-59

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.2-13一部修正

- 内閣府（2020）の最大クラスの津波断層モデルは、津波堆積物について堆積年代を区別することなく再現する逆解析により設定されており、破壊領域の面積の割に大きなすべり量が設定されている。このすべり量は、スケーリング則を用いて策定される最大すべり量を大幅に上回る設定である。
- このため、内閣府（2020）の最大クラスの津波断層モデルのすべり量等のパラメータ及びこれらの設定に用いたモデル化の手法については、「3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波」の波源モデルの検討には採用しない。
- ただし、内閣府（2020）モデルによる敷地における津波水位（P. 285, P. 286参照）が、基準波源モデル①～⑥による津波水位（P. 277参照）を上回ることを踏まえ、内閣府（2020）モデルによる敷地における影響が、他の地震による津波の影響と比較して大きい場合には、基準津波選定の際に敷地への影響が大きい波源モデルとして選定することとする（P. 366参照）。

## 3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波（13／13）

### 内閣府（2020）の波源モデルによる検討結果


- 内閣府（2020）モデルによる津波の検討結果は下表のとおりである。


#### 各パラメータスタディの最大ケース一覧表

	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
内閣府（2020）モデルによる津波	4.01m	-4.89m

# 目次

- 1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
- 2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
- 3. 地震による津波
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波**
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波**
  - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 3-5. 地震による津波のまとめ
- 4. 地震以外の要因による津波
  - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
- 5. 津波発生要因の組合せに関する検討**
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
- 6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
- 7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（1 / 3 3）

#### 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の検討フロー

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-2再掲

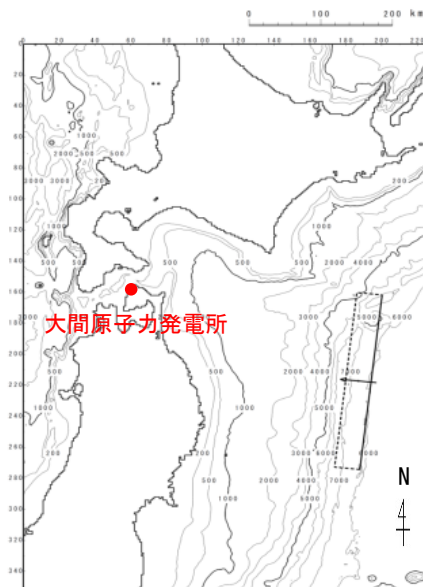
- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波については、既往地震が海洋プレート内の正断層型であることを踏まえ、地震調査研究推進本部（2019）等を参照の上、以下のフローで検討を実施した。

#### 基準波源モデルの設定

#### 概略パラメータスタディ

#### 詳細パラメータスタディ

#### 三陸沖の 海洋プレート内地震



基準波源モデル



#### 変動パラメータ※

- ・断層の位置
- ・走向
- ・傾斜方向



#### 変動パラメータ※

- ・傾斜角
- ・上縁深さ

※：変動幅は敷地への影響及び科学的知見を考慮し設定。



### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（2 / 3 3）



#### 三陸沖の海洋プレート内について

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-3再掲

- 三陸沖の海洋プレート内では、太平洋プレートの沈み込みに伴って、海溝軸よりも沖合の太平洋プレートの内部が破壊することによってM8クラスの1933年昭和三陸津波のような正断層型の地震に伴う津波が発生している。

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（3 / 3 3）

#### 基準波源モデルの設定（基本方針）

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-4再掲

- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の検討に当たっては、既往地震及び関連する断層パラメータに係る知見を検討の上、既往最大の地震規模を考慮した基準波源モデルを設定する。
- 想定波源域については、土木学会（2016）の領海区分を基本とし、大間原子力発電所への影響を考慮して敷地に最も近づくように設定する。
- 基準波源モデルのパラメータに関しては、1933年昭和三陸地震津波の波源モデルを基本とし、1933年昭和三陸地震の地震規模を保守的に考慮したスケーリング則を適用すること等を考慮し設定する。なお、海洋プレート内地震に対する不均質モデルの特性化に関する知見がないため、均質モデルとして検討する。

## 基準波源モデルの設定 (設定手順)

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-5再掲

以下の手順に基づき、基準波源モデルを設定する。

基準波源モデル 設定手順

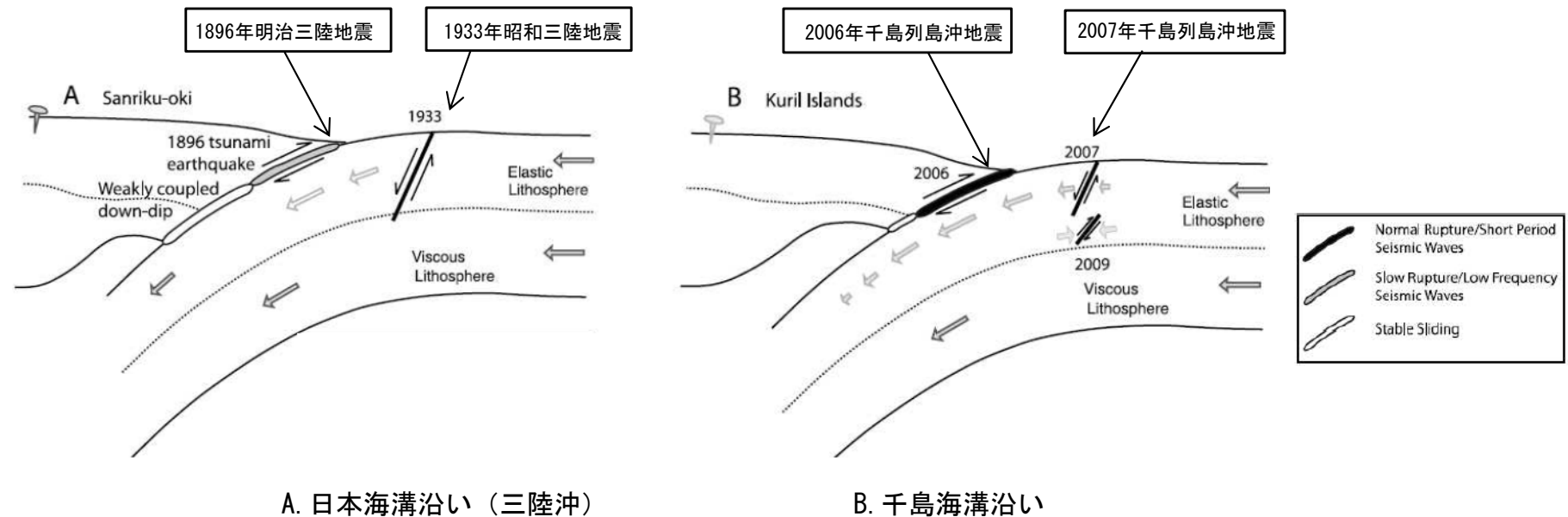


### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（5 / 3 3）

#### ① 想定波源域の設定（1 / 2）：既往地震の発生様式

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-6再掲

#### 海洋プレート内地震の発生様式



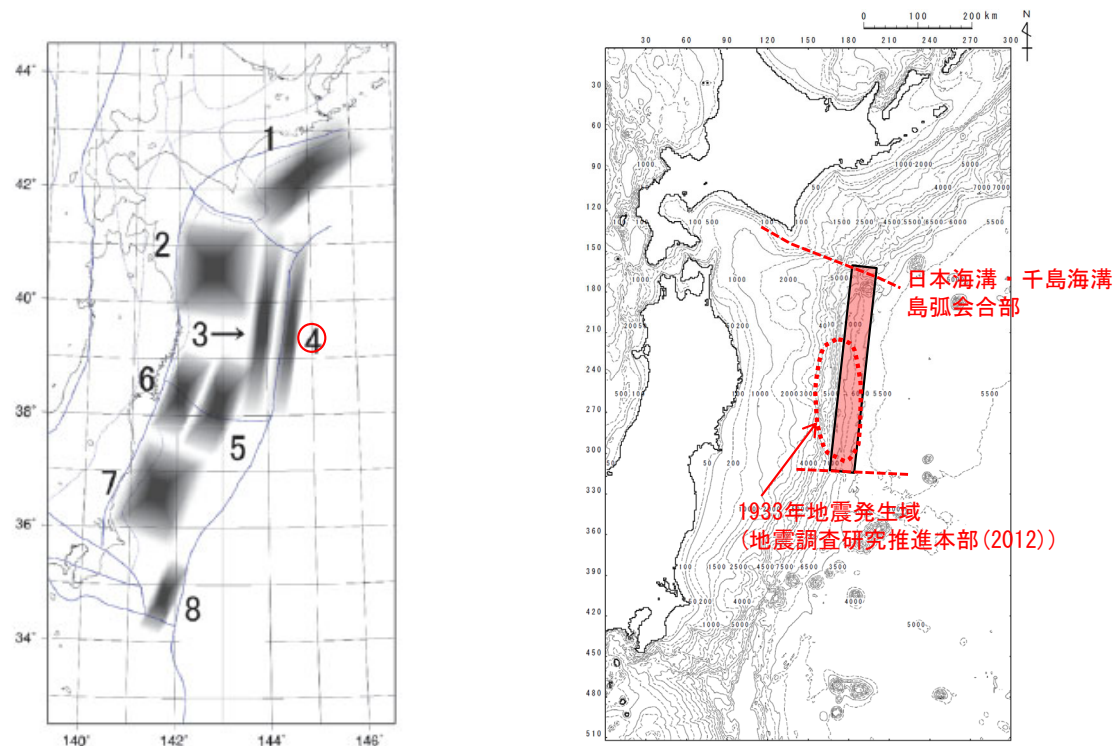
沈み込み帯模式図 Lay et al. (2011) に一部加筆

- 上図に示すとおり，日本海溝・千島海溝沿いではプレート間地震の発生後（歪み解放後）に，海溝軸沖合で正断層型の海洋プレート内地震が発生している。
- 文献調査によれば，敷地に影響を及ぼす可能性がある海洋プレート内地震は，三陸沖の日本海溝沿いで1933年に発生した『正断層型の海洋プレート内地震』と同様のタイプの地震であると考えられる。

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（6 / 3 3）

#### ① 想定波源域の設定（2 / 2）：安全評価上の想定波源域の考え方

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-7再掲



海域の領域区分  
土木学会（2016）に一部加筆

想定波源域

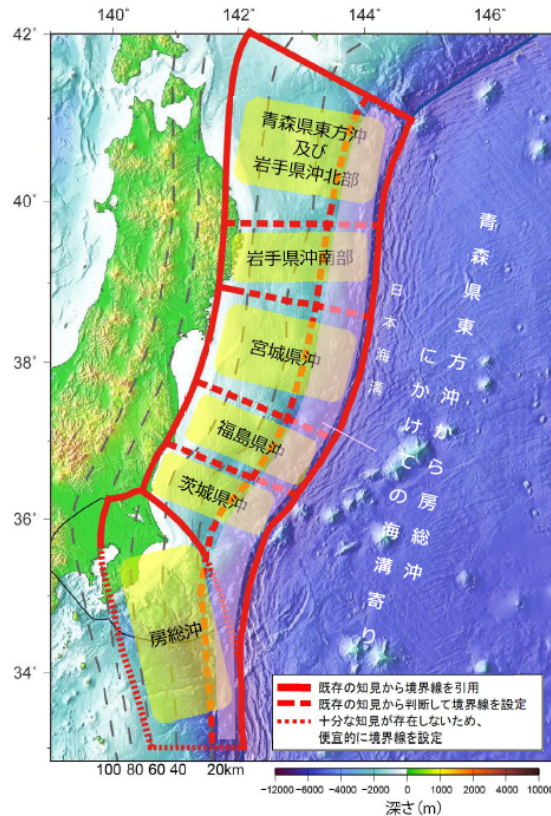
- 想定波源域は、1933年昭和三陸地震の発生域を含めることとし、その北端は津軽海峡内に位置する大間原子力発電所への影響を考慮して、日本海溝・千島海溝の島弧会合部に接するよう『領域4』※の北端とした。

※：土木学会（2016）において1933年昭和三陸地震の発生位置に基づき設定された三陸沖の海洋プレート内地震の海域の領域区分

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（7 / 3 3）

#### ② 地震規模の設定（1 / 4）：既往地震の発生履歴

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-8再掲



#### 次の海溝軸外側の地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等	備考
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	2% 5% 7% 9% 10%程度	1600年から2011年3月11日14時46分までの約411年間に <u>顕著な津波を伴った地震が海溝軸外側で1回発生したと判断し、発生頻度を411.2年に1回とし、ポアソン過程を用いて海溝軸外側のどこかで発生する確率を算出した。</u> 1896年の明治三陸地震後の <u>1933年の昭和三陸地震のようにプレート間地震の数十年後に発生することがあるため、東北地方太平洋沖地震後、長期間に渡って注意する必要がある。</u>
次の地震の規模	<u>M8.2前後</u>	<u>過去に発生した地震のM、Mtを参考にして判断した。</u>

地震調査研究推進本部（2019）に一部加筆

- 地震調査研究推進本部（2019）では、「青森県東方沖及び岩手県沖北部から房総沖の海溝軸外側で発生した正断層型の海洋プレート内地震は1933年の1例しかなく、次の地震の規模を1933年の昭和三陸地震の規模」とされている。

以上から、本検討において対象とする地震規模は、1933年昭和三陸地震の規模を基本として検討する。

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (8 / 3 3)

#### ② 地震規模の設定 (2 / 4) : 既往地震の規模 (1 / 2)

第1023回審査会合  
資料1-1 P. 3. 2. 3-9再掲

#### 世界の海洋プレート内地震 (正断層型)

主な海溝寄りのプレート内地震 (正断層型) の緒元

Id.	Date dd/mm/yyyy	Place	$M_w$	Length km	Width km	Bottom km	Dip °	Slip m	Rigidity $\text{Nm}^{-2}$	Reference
a	03/02/1933	Sanriku	8.4	185	100	70	45	3.3	-	Kanamori (1971)
b	03/02/1933	Sanriku	8.4	220	35	25	45	8	$7.0 \times 10^{10}$	Kirby et al. (2008)
c	30/03/1965	Rat Island	7.2	50	80	60	50	1.2	$7.0 \times 10^{10}$	Abe (1972)
d	30/03/1965	Rat Island	7.2	50	40	30	50	6	$5.0 \times 10^{10}$	Beck and Christensen (1991)
e	19/08/1977	Sunda	8.2	200	70	40	45	3	$6.4 \times 10^{10}$	Gusman et al. (2009)
f	19/08/1977	Sunda	8.2	200	25	29	45	9	$4.0 \times 10^{10}$	Spence (1986), Lynnes and Lay (1988)
g	04/05/1990	Mariana	7.3	40	25	29	48	3.4	$4.0 \times 10^{10}$	Satake et al. (1992)
h	04/05/1990	Mariana	7.3	70	40	40	48	1.5	$4.0 \times 10^{10}$	Satake et al. (1992)
i	04/05/1990	Mariana	7.3	70	40	-	48	-	-	Yoshida et al. (1992)
j	04/09/2001	Juan Fernandez Ridge	6.7	70	26	30	51	1	$4.0 \times 10^{10}$	Fromm et al. (2006)
k	13/01/2007	Kuril	7.9	120	40	35	45	1.9	$5.0 \times 10^{10}$	Fujii and Satake (2008)
l	13/01/2007	Kuril	8.0	130	30	-	37	6.4	$4.0 \times 10^{10}$	Tanioka et al. (2008)

Álvarez-Gómez et al. (2012) に一部加筆

- 1933年昭和三陸地震の規模 ( $M_w=8.4$ ) は、海溝軸沖合のプレート内地震 (正断層型) としては国内外においても最大級である。

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（9 / 3 3）

#### ② 地震規模の設定（3 / 4）：既往地震の規模（2 / 2）

第1023回審査会合  
資料1-1 P. 3. 2. 3-10再掲

#### 世界の海洋プレート内地震（正断層型）

- 世界の海洋プレート内正断層地震について、Álvarez-Gómez et al. (2012) (P. 301参照) に記載された2007年千島 (Kuril) 地震以降の地震を確認した。
- Romano et al. (2020) では、「2008年～2019年までに以下に示すMw 8 を超える2つのプレート内正断層地震が発生した」とされている。
- 上記を加えても、1933年昭和三陸地震の規模(Mw=8.4)は、海溝軸沖合のプレート内地震（正断層型）としては国内外において最大級であることを確認した。

2008年～2019年に発生した津波を伴う大規模な正断層地震

日付	位置	Mw
2009. 9. 29	サモア (アウターライズ)	8. 1
2017. 9. 8	メキシコ (スラブ内)	8. 2

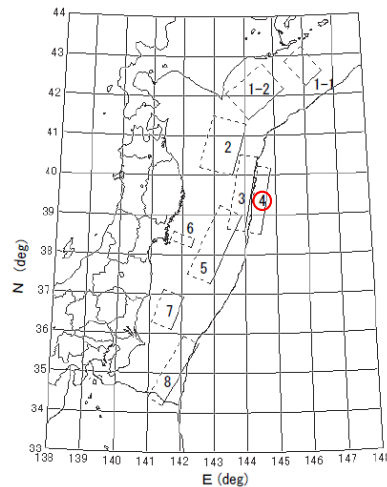
Romano et al. (2020) より作成



## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（10/33）

## ② 地震規模の設定（4/4）：安全評価上の地震規模の考え方

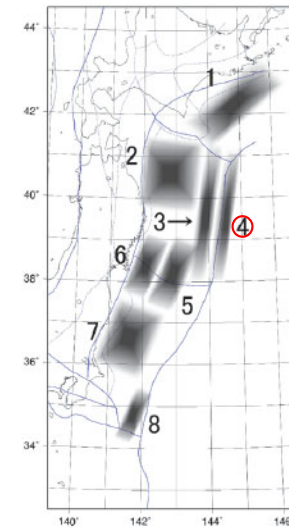
第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-11再掲



番号	断層長 L (km)	断層幅 W (km)	すべり量 D (m)	傾斜角 $\delta$ (度)	すべり角 $\lambda$ (度)	剛性率 $\mu$ $\times 10^{10}$	$M_0$ $\times 10^{20}$	$M_w$	対応する 既往津波
1-1	60	100	2.2	27	115	5.0	6.6	7.81	1973年
1-2	130	100	3.5	20	115	5.0	22.8	8.17	1952年
2	150	100	6.0	20	80	5.0	45.0	8.37	1968年
3	210	50	9.7	20	75	3.5	35.6	8.30	1896年
4	185	50	6.6	45	270	7.0	42.7	8.354	1933年
5	210	70	4.0	15	85	5.0	29.4	8.246	1793年
6	26	65	2.0	20	85	7.0	2.4	7.52	1978年
7	100	60	2.3	10	85	5.0	6.9	7.83	1938年
8	200	50	6.5	20	95	3.5	22.8	8.17	1677年

剛性率  $\mu$  の単位は  $N/m^2$ ，地震モーメント  $M_0$  の単位は  $N \cdot m$  である。

既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルの位置と断層パラメータ  
土木学会（2016）に一部加筆



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

海域の領域区分と既往最大モーメントマグニチュード  
土木学会（2016）に一部加筆

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部から房総沖の海溝軸沖合で発生した正断層型の海洋プレート内地震は1933年の1例しかなく、当該海域における次の地震規模としても同程度が想定されている。（P. 300）
- 1933年昭和三陸地震の規模 ( $M_w=8.4$ ) は、海溝軸沖合のプレート内地震（正断層型）としては国内外においても最大級である。（P. 301, P. 302）
- しかし、相田（1977）では、1611年慶長地震 ( $M_w=8.6$ ) ※を海溝軸沖合で発生した正断層型地震と評価されていることを考慮し、土木学会（2016）では『領域4』における既往最大モーメント  $M_w$  を8.6とされている。

以上から、本検討における安全評価上の地震規模を  $M_w=8.6$  とする。

※：津波地震であるという説もある。（地震調査研究推進本部（2019），中央防災会議（2005）等）

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（11/33）

#### ③ 剛性率の設定（1/2）

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-12再掲

- 土木学会（2016）では、「地震波速度や密度に関する既往研究に基づき、海域毎に標準値が設定されており、海洋プレート内の剛性率は $7.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 」とされている。

震源付近の媒質の剛性率の標準値

海 域	根 拠	剛性率
<ul style="list-style-type: none"> <li>西南日本陸側プレート内</li> <li>日本海東縁部</li> <li>プレート境界浅部（断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合）</li> </ul>	$V_p=6.0 \text{km/s}$ $V_p/V_s=1.6 \sim 1.7$ $\rho=2.7 \sim 2.8 \text{g/cm}^3$ とすれば、 $\mu=3.36 \times 10^{10} \sim 3.94 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ $(3.5 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$
<ul style="list-style-type: none"> <li>海洋プレート内</li> <li>プレート境界深部（断層面全体が深さ20km以深に存在する場合）</li> </ul>	$V_p=8.0 \sim 8.1 \text{km/s}$ $V_p/V_s=1.75 \sim 1.80$ $\rho=3.2 \sim 3.5 \text{g/cm}^3$ とすれば、 $\mu=6.31 \times 10^{10} \sim 7.50 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$7.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ $(7.0 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$
<ul style="list-style-type: none"> <li>プレート境界中央部（断層面が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合）</li> </ul>	浅部と深部の中間的値とする。	$5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ $(5.0 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2)$

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (12/33)



第1023回審査会合

資料1-1 P. 3. 2. 3-13再掲

## ③ 剛性率の設定 (2/2)

- 1933年昭和三陸地震の断層モデルを検討した文献において採用された剛性率を調査した。
- その結果、いずれの文献※においても剛性率  $7 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2 (= 7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2)$  が採用されており、この値は当該海域で発生するプレート内地震の剛性率として妥当であると考えられる。

前ページ及び以上から、剛性率は  $7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$  とした。

※：佐藤編(1989)「日本の地震断層パラメーター・ハンドブック」に記載された1933年昭和三陸地震のモデルのうち、文献中に剛性率が明記されているものを対象とした。

波源モデルのパラメータ

Earthquake	M	Model	L (km)	w (km)	$\delta$	$\theta_d$	$\theta_s$	$M_0$ (dyn-cm $\times 10^{28}$ )	$\mu$ (dyn/cm <sup>2</sup> $\times 10^{11}$ )	$u_s$ (m)	$u_d$ (m)	$d_{max}$ (m)	$d_{avg}$ (m)	$S_d$ (km <sup>2</sup> $\times 10^4$ )	$E_t$ (erg $\times 10^{21}$ )
1611 Dec. 2 (KEICHO 16)	8.1	K C-3	245	50	45°	N90W	N90E	6.9	7.0	0	8.0	-4.79	-1.99	1.63	4.75
1793 Feb. 17 (KANSEI 5)	7.1	KN-7	120	30	20	N65W	N65W	0.63	4.5	0	-3.9	2.27	1.05	0.39	0.29
1856 Aug. 23 (ANSEI 3)	7.7	D-7	120	70	40	N65W	N65W	3.1	4.5	0	-8.1	4.05	1.43	1.19	1.66
1896 Jun. 15 (MEIJI 29)	7.6	MJ-6	210	50	20	S66W	N80W	5.9	4.5	-6.7	-10.6	5.51	1.87	1.61	3.77
1897 Aug. 5 (MEIJI 30)	7.7	KN-5	120	30	20	N65W	N65W	0.56	4.5	0	-3.5	1.68	0.60	0.56	0.14
1931 Mar. 9 (SYOWA 6)	7.6	HC-2	100	30	20	N78W	N78W	0.1	4.5	0	-0.74	0.097	0.03	0.69	0.002
1933 Mar. 3 (SYOWA 8)	8.3	SY-3	185	50	45	N90W	N90E	4.3	7.0	0	6.6	-3.98	-1.66	1.16	2.36

$M$ , earthquake magnitude;  $L$ ,  $w$ , fault length and width;  $\delta$ , dip angle of faulting;  $\theta_d$ , dip direction;  $\theta_s$ , slip direction;  $M_0$ , seismic moment;  $\mu$ , rigidity;  $u_s$ ,  $u_d$ , strike slip and dip slip components of average dislocation;  $d_{max}$ , the maximum vertical displacement in the source area;  $d_{avg}$ , average vertical displacement;  $S_d$ , displaced area;  $E_t$ , tsunami energy.

相田(1977)

width of the fault plane. Assuming that the size of the aftershock area one day after the occurrence of the main shock represents the size of the fault plane,  $L = 185 \text{ km}$  and  $w = 100 \text{ km}$  can be obtained from fig. 6. With these values and  $\mu = 0.7 \times 10^{12} \text{ dyne/cm}^2$ ,

Kanamori (1971)

comparable to that of the seismic model. The seismic moment of the present model is obtained to be  $(3-7) \times 10^{28} \text{ dyne-cm}$  assuming a rigidity of  $7 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$  and it includes that for the seismic model ( $4.3 \times 10^{28} \text{ dyne-cm}$ ). It is possible to understand the initial motion of the tsunami consistently by using a larger ratio of the length to the width and using a lower dip angle than that of the seismic model.

Abe (1978)

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（13/33）



## ④⑤⑥ 長さ・幅・すべり量・上縁深さ・傾斜角・すべり角・走向の設定

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-14再掲

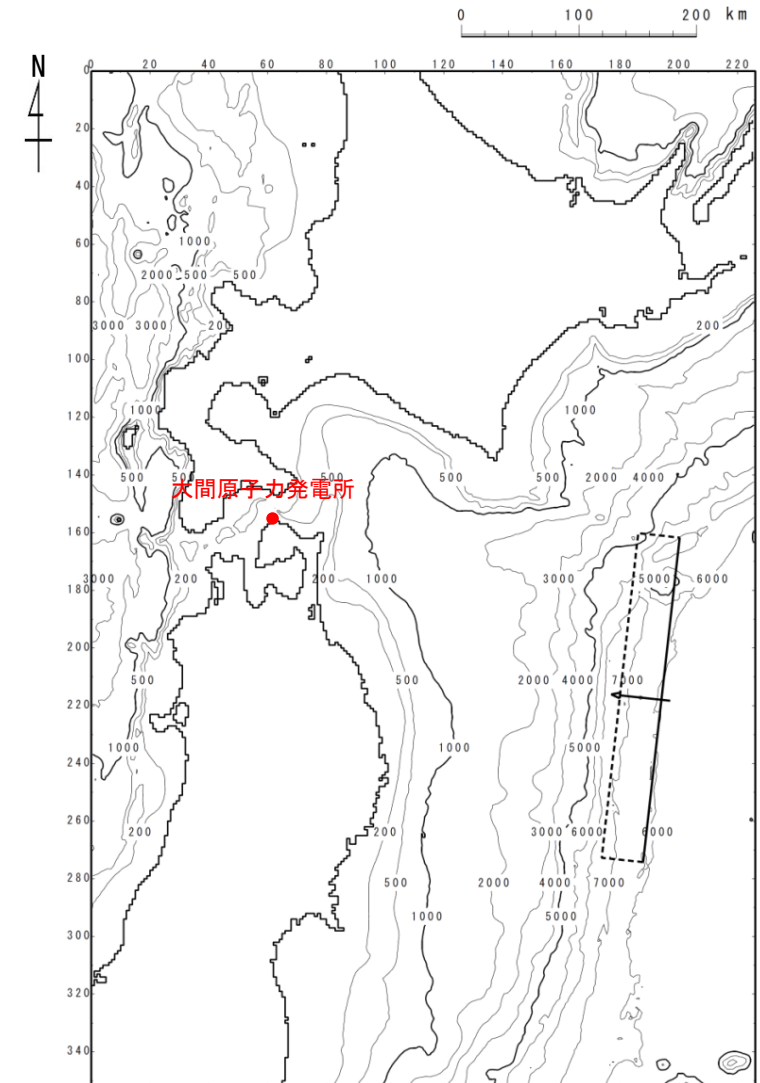
- 波源のパラメータの長さ $L$ 、幅 $W$ 、すべり量 $D$ は、土木学会（2016）を参考に、1933年昭和三陸地震津波の既往津波高の再現性が高いモデル（ $M_w8.35$ ）を基本として、スケーリング則を用いて $M_w8.6$ となるよう設定した。
- 波源のパラメータの上縁深さ $d$ 、傾斜角 $\delta$ 、すべり角 $\lambda$ は、土木学会（2016）を参考に、1933年昭和三陸地震津波の既往津波高の再現性が高いモデル（ $M_w8.35$ ）のパラメータを採用した。
- 走向 $\theta$ は海溝軸の向きと一致するように設定した。

設定パラメータ

項目	諸元	設定根拠
長さ $L^*$ (km)	283 (185)	土木学会（2016）を参考に、1933年昭和三陸地震津波の既往津波高の再現性が高いモデル（ $M_w8.35$ ）を基本として、スケーリング則を用いて $M_w8.6$ となるよう設定
幅 $W$ (km)	50	
すべり量 $D^*$ (m)	10.1 (6.6)	
上縁深さ $d$ (km)	1	土木学会（2016）を参考に、1933年昭和三陸地震津波の既往津波高の再現性が高いモデル（ $M_w8.35$ ）のパラメータを採用
傾斜角 $\delta$ (°)	45	
すべり角 $\lambda$ (°)	270	
走向 $\theta$ (°)	190	海溝軸の向き

※土木学会（2016）を参考に1933年昭和三陸地震モデルの長さ及びすべり量にスケーリング則を適用して設定。

諸元の（）：スケーリング則適用前の1933年昭和三陸地震モデルのパラメータ。



基準波源モデル

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (14/33)



第1023回審査会合  
資料1-1 P. 3. 2. 3-15再掲

## ⑦ ライズタイムの設定 (1/2)

- 基準波源モデルは土木学会 (2002) を参考に、1933年の再現性が高いモデル (Mw8.35) を基本としてスケーリング則を用いて Mw8.6 となるよう設定し、発生位置を調整したモデルである。
- 土木学会 (2002) に示される1933年昭和三陸地震津波の波源パラメータは相田 (1977) による再現モデルを基にしている。
- 相田 (1977) は、「ライズタイムを60秒」と設定されている。

津波痕跡高との比較を実施している断層モデル

海域 小区分	対象津波	M <sub>w</sub>	S (km <sup>2</sup> )	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (°)	δ (°)	λ (°)	μ (×10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup> )	すべり方 向(°)	データ 数	K	κ	備考	タイプ	
千島 海溝 沿い	1952年十勝沖	8.17	13000	130	100	3.5	1	220	20	76	5.0	144.86	25	1.236	1.462	(参考)七省庁, Aida(1978)モデル	プレート間逆断層地震	
	1973年根室半島沖	7.81	6000	60	100	2.2	2.3	230	27	101	5.0	127.69	検潮	1.01	1.18	(参考)電力, 補正	プレート間逆断層地震	
	1994年 北海道東方沖	8.41	12800	160	80	5.78	10	230	77	128	7.0	66.06	14	0.752	1.454	(参考)七省庁, 高橋智幸ら(1995)モデル	プレート内逆断層地震	
	1611年慶長三陸沖	8.58	12250	245	50	10.7	1	180	45	270	7.0	270.00	11	1.003	1.368	補正相田(1977)	プレート内正断層地震	
	同上	8.32	10500	210	50	10.3	1	190	20	75	3.5	115.92	11	1.003	1.416	本体系化原案	プレート間津波地震	
	1677年房総沖	8.17	10000	200	50	6.5	1	210	20	90	3.5	120.00	15	1.00	1.41	電力, 独自モデル	プレート間津波地震	
	1793年宮城県沖	8.246	14700	210	70	4.0	10	205	15	90	5.0	115.00	33	0.997	1.479	本体系化原案	プレート間逆断層地震	
	1856年十勝沖	8.28	8400	120	70	7.8	26	205	20	90	5.0	115.00	20	1.001	1.362	本体系化原案	プレート間逆断層地震	
	1896年明治三陸沖	8.30	10500	210	50	9.7	1	195	20	90	3.5	105.00	100	1.00	1.544	補正Tanioka and Satake(1996)	プレート間津波地震	
	1933年昭和 三陸沖	8.354	9250	185	50	6.6	1	180	45	270	7.0	270.00	571	0.95	1.39	電力, 相田(1977)モデル	プレート内正断層地震	
日本 海溝 沿い	1968年十勝沖	8.36	5000	50	100	5.9	16	195	20	76	5.0	119.86	273	1.019	1.405	本体系化原案	プレート間逆断層地震	
		5000	50	100	5.9	8	195	20	76	5.0	119.86							
		5000	50	100	5.9	3	195	20	76	5.0	119.86							
		1897年三陸沖	7.80	3600	120	30	3.5	1	205	20	90	5.0	115.00	13;間接	-	1.6	(参考)相田(1977)	プレート間逆断層地震
		1931年青森県東方沖	7.39	3000	100	30	0.74	50	192	20	90	7.0	102.00	検潮	-	-	(参考)相田(1977)	プレート間逆断層地震
		1938年塩屋沖II	7.72	6000	100	60	1.6	30	200	10	95	5.0	284.92	検潮	0.84	1.32	(参考)電力, 修正Abe(1977)	プレート間逆断層地震
		1938年塩屋沖IV	7.753	3825	85	45	2.0	20	190	80	270	7.0	280.00	検潮	0.62	1.95	(参考)電力, 補正Abe(1977)	プレート内正断層地震
		1938年塩屋沖V	7.70	4275	95	45	1.5	20	190	80	270	7.0	280.00	1	0.419	-	(参考)七省庁, Abe(1977)モデル	プレート内正断層地震
		1968年岩手県沖	7.60	3500	70	50	1.8	1	151	30	31	5.0	123.51	検潮	0.99	1.48	(参考)Aida(1978)	プレート間逆断層地震
		1978年宮城県沖	7.516	1690	26	65	2	25	190	20	85	7.0	105.32	検潮	-	-	(参考)相田(1978b)	プレート間逆断層地震
		1994年 三陸はるか沖	7.66	1800	60	30	0.75	35.4	200	10	90	5.0	110.00	検潮	-	-	(参考)Tanioka et al.(1996) (7セグメント;負のすべり除外)	プレート間逆断層地震
	1350			30	45	0.65	27.1	200	10	90	5.0	110.00						
	1350			30	45	0.93	27.1	200	10	90	5.0	110.00						
1350	30			45	0.73	19.1	200	10	90	5.0	110.00							
1350	30			45	1.71	19.1	200	10	90	5.0	110.00							
	1800	60	30	0.56	13.4	200	10	90	5.0	110.00								

L:断層長さ, W:断層幅, D:すべり量, d:上縁深さ, θ:走向, δ:傾斜角, λ:すべり角, μ:剛性率, K:幾何平均値, κ:幾何標準偏差  
土木学会(2002) に一部加筆

この数値実験では、まず仮定された断層パラメータを与えて、MANSINHA and SMYLIE (1971) の方法によって海底面の垂直変位を計算する。それを津波の波源として与えるが、変位は便宜上1分間で終了するように与えてある。 しかし津波発生の効果は瞬間的変位を与えた場合と異なる。

相田(1977) に一部加筆

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（15 / 33）

第1023回審査会合

資料1-1 P. 3. 2. 3-16再掲



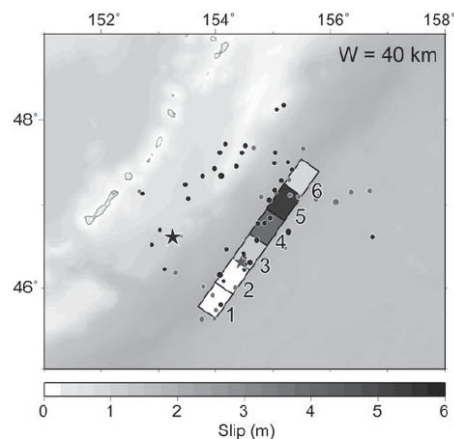
#### ⑦ ライズタイムの設定（2 / 2）

- 近年発生したMw 8クラスのプレート内正断層地震による津波の再現モデルの断層パラメータを確認した。
- Fujii and Satake (2008)では、「2007年千島地震を対象として50秒のライズタイムを設定し津波波形を再現した。」とされており、郷右近ほか（2011）では、「2009年サモア地震を対象として60秒のライズタイムを設定し津波波形を再現した。」とされている。

前ページ及び以上から、本検討におけるライズタイムは60秒に設定した。

#### 2007年千島地震(Mw7.9):ライズタイム50秒

steep bathymetric slopes (Tanioka and Satake, 1996). Tsunami waveforms were calculated assuming a constant rise time (or slip duration) on each subfault; 60 sec for the 2006 event and 50 sec for the 2007 event. Because the subfault size is 50 × 50 km for the 2006 event and 40 × 40 km for the 2007 event, the previously mentioned assumed rise times include the effect of rupture propagation within each subfault.



**Figure 8.** Slip distribution estimated by inversion of tsunami waveforms for the 2007 event with northwest-dipping fault model. Fault width (W) for each subfault is 40 km. Gray star shows the mainshock epicenter. Circles in gray indicate aftershocks within one day after the mainshock. Subfault numbers are also shown. The mainshock and aftershocks of the 2006 event are also shown in black symbols.

Fujii and Satake (2008) に一部加筆

#### 2009年サモア地震※(正断層のMw7.9):ライズタイム60秒

表-2 本研究で決定した断層パラメータ

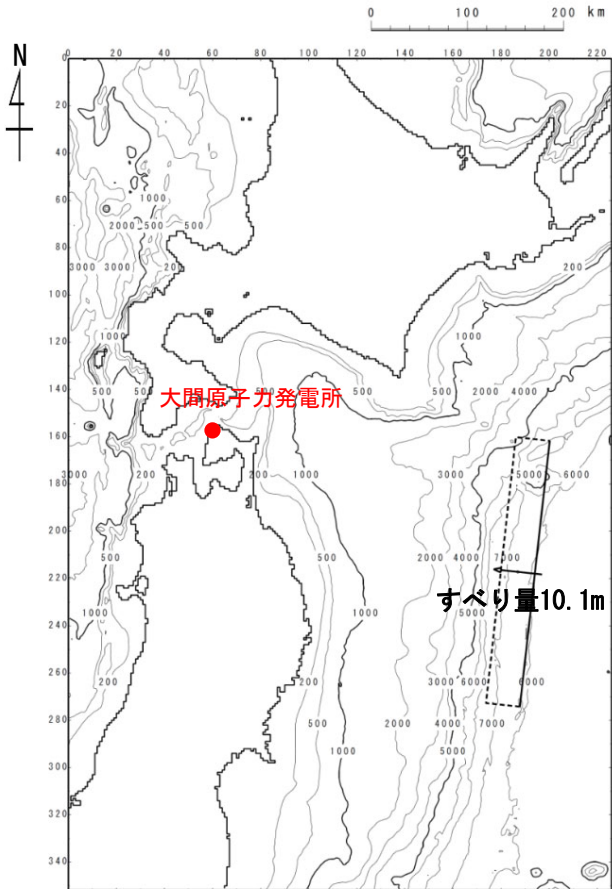
断層パラメータ	正断層1	正断層2	逆断層
Strike (°)	330	330	175
Dip (°)	48	48	16
Rake (°)	-150	-90	85
Length (km)	52.5	17.5	109
Width (km)	45	45	90
Area (km <sup>2</sup> )	2362.5	743.75	9810
Depth (km)	13	13	18
Slip (m)	8.6	8.6	4.1
Time delay (sec)	0	0	-180
Rise time (sec)	60	60	480
Rigidity (Nm <sup>-2</sup> )	3.00E+10	3.00E+10	3.00E+10
Moment (Nm)	0.61E+21	0.19E+21	1.19E+21
Mw (total = 8.13)	7.79	7.45	7.98

郷右近ほか(2011)に一部加筆

※: アウターライズの正断層型地震とプレート境界の逆断層型地震が時間差をもって発生した双子地震であったとされる。

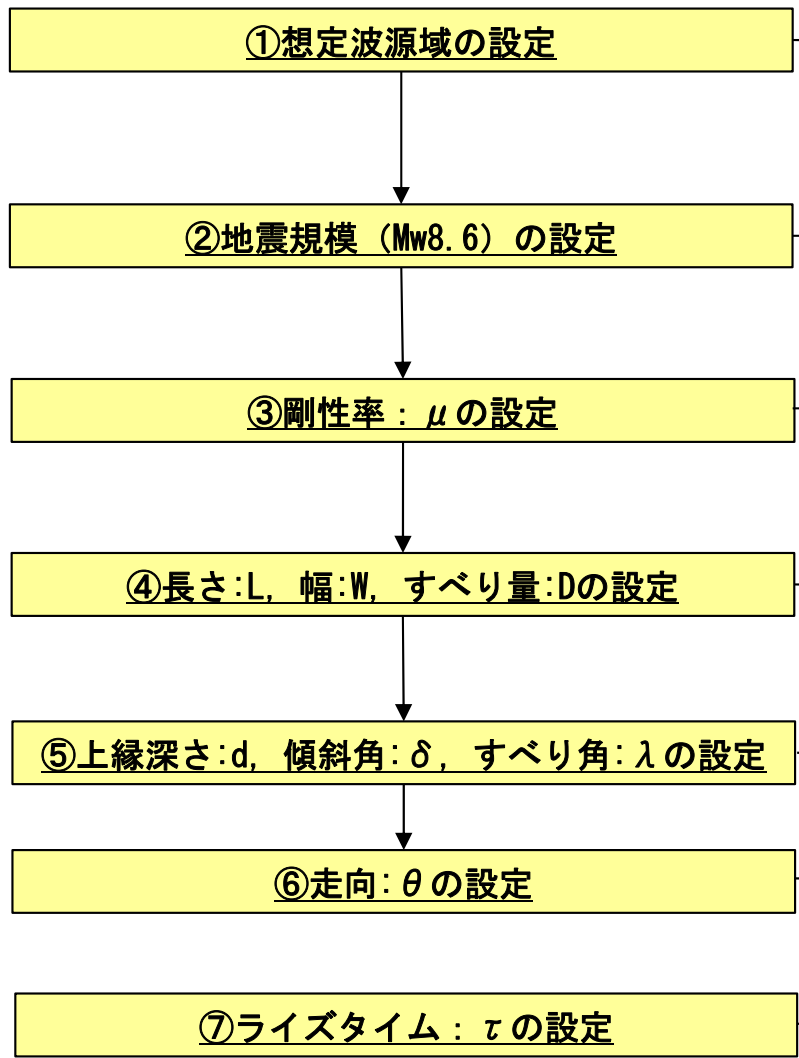
## 基準波源モデルの設定：まとめ (1/2)

以下のフロー及び設定根拠に基づき、基準波源モデルを設定した。



基準波源モデル

### 基準波源モデル設定フロー



### 設定根拠

- ①想定波源域の設定 → 1933年昭和三陸地震発生位置を参考に設定 (土木学会 (2016) の領域4), 波源域北端は発電所の位置を考慮し, 日本海溝北端に設定 →P. 298, P. 299
- ②地震規模 (Mw8.6) の設定 → 1611年慶長地震の津波が海洋プレート内地震である場合の地震規模Mw8.6を考慮 (相田 (1977), 土木学会 (2016)) →P. 300~P. 303
- ③剛性率：μの設定 → 剛性率は地震波速度や密度に関する既往研究に基づき $7.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ に設定 (土木学会 (2016) 等) →P. 304, P. 305
- ④長さ:L, 幅:W, すべり量:Dの設定 → 1933年昭和三陸地震津波の波源パラメータを基本に, 土木学会 (2016) のスケリング則に基づき設定 →P. 306
- ⑤上縁深さ:d, 傾斜角:δ, すべり角:λの設定 → 1933年昭和三陸地震津波の波源パラメータに基づき設定 (土木学会 (2016) ) →P. 306
- ⑥走向:θの設定 → 海溝軸の向きと一致するように設定 →P. 306
- ⑦ライズタイム:τの設定 → 1933年昭和三陸地震津波の再現性が高いモデル (相田 (1977) 等) に基づき60sに設定。 →P. 307, P. 308

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（17/33）

## 基準波源モデルの設定：まとめ（2/2）

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-18再掲

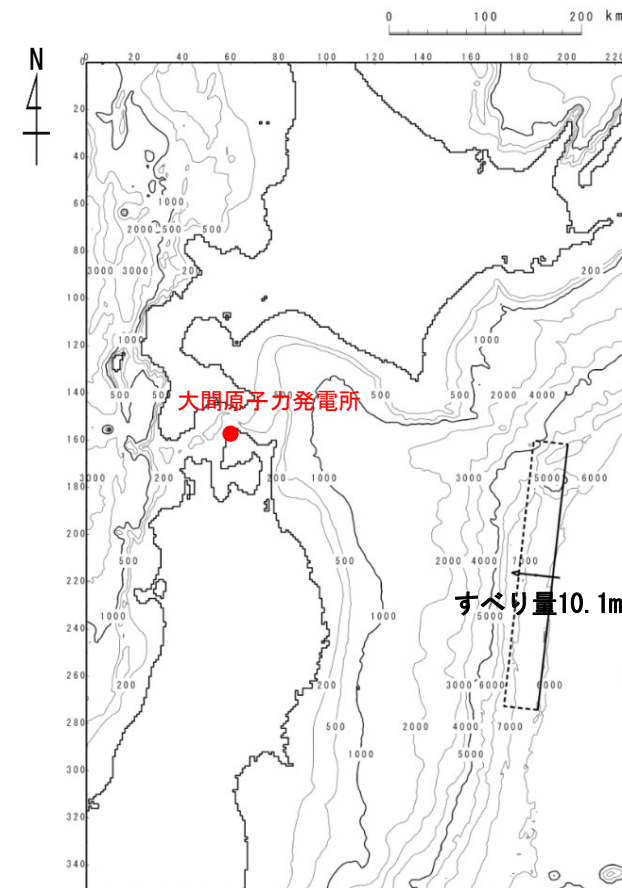
- 想定波源域は、大間原子力発電所への影響を考慮し、日本海溝・千島海溝の島弧会合部に接するように日本海溝北端部とした（P.299参照）。
- 地震規模は、1611年慶長地震の地震規模を参照し、Mw8.6とした。

基準波源モデルのパラメータ

項目	諸元	主な設定根拠
モーメントマグニチュード Mw	8.6	土木学会（2016）
長さ L※（km）	283（185）	1933年昭和三陸地震津波の痕跡高の再現性が高い波源パラメータを基本に、土木学会（2016）のスケーリング則に基づき設定
幅 W（km）	50	
すべり量 D※（m）	10.1（6.6）	
剛性率 $\mu$ （N/m <sup>2</sup> ）	$7.0 \times 10^{10}$	土木学会（2016）等
地震モーメント Mo（N・m）	$1.00 \times 10^{22}$	$M_0 = \mu LWD$
走向 $\theta$ （°）	190	海溝軸の向き
上縁深さ d（km）	1	1933年昭和三陸地震津波の痕跡高の再現性が高い波源モデル
傾斜角 $\delta$ （°）	45	
すべり角 $\lambda$ （°）	270	
ライズタイム $\tau$ （s）	60	

※：土木学会（2016）を参考に1933年昭和三陸地震モデルの長さ及びすべり量にスケーリング則を適用して設定。

（）：スケーリング則適用前の1933年昭和三陸地震モデルのパラメータ。



基準波源モデル



(余白)

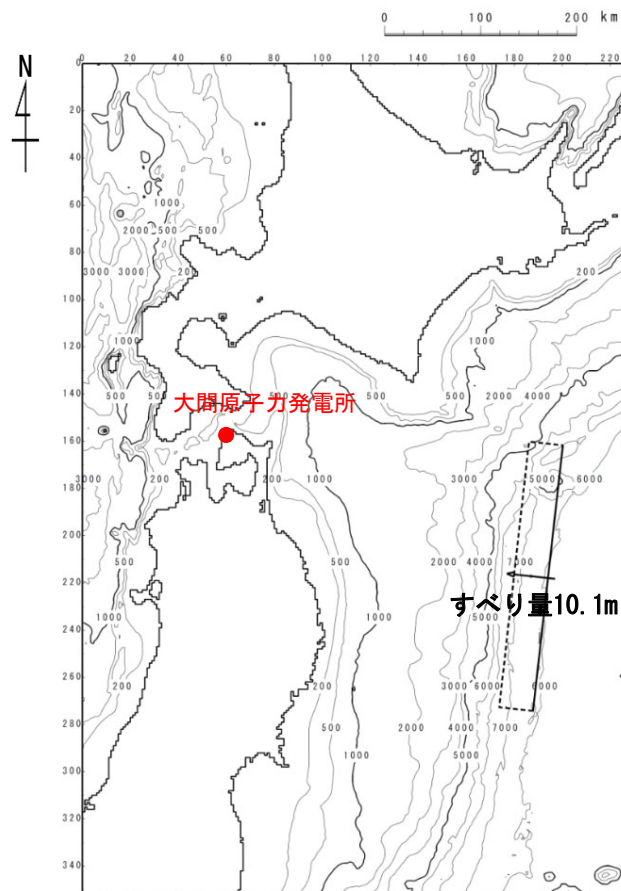
### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（18/33）

#### パラメータスタディ

第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-20再掲

○パラメータスタディは、概略と詳細の2段階で実施するものとし、概略パラスタは津波水位に対して支配的因子、詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである。パラスタ詳細は以下のとおり。

- 概略パラスタとして、断層の位置、走向及び傾斜方向を組合せた検討を実施した。
- 詳細パラスタとして、概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる2つの波源モデルを対象に、傾斜角及び上縁深さを組合せた検討を実施した。



基準波源モデル

#### 概略パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
断層の位置	【南北方向】 基準, 南方へ20km, 40km	3	計 72
	【東西方向】 基準, 東へ100kmまで50km単位で移動, 西へ50kmまで50km単位で移動	4	
走向	基準 (190°), ±10°	3	
傾斜方向	西傾斜 (基準), 東傾斜	2	

#### 詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
傾斜角	基準 (45° : 概略パラスタケース), 基準±5°	3	計 9
上縁深さ	0km, 1km (基準 : 概略パラスタケース), 2km	3	

### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（19/33）

#### 基準波源モデルの諸元及びパラメータスタディ整理表

- 基準波源モデルの各パラメータに対し、パラスタ実施の考え方について以下のとおり整理した。

項目	基準波源モデル		パラメータスタディ		
	諸元	主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変動幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
モーメントマグニチュード $M_w$	8.6	土木学会（2016）	—	—	既往津波に比べて保守的である安全評価上の設定
長さ $L$ (km)	283	1933年昭和三陸地震津波の痕跡高の再現性が高い波源パラメータを基本に、土木学会（2016）のスケーリング則に基づき設定	—	—	安全評価上設定した $M_w=8.6$ に基づき、スケーリング則で設定
幅 $W$ (km)	50		—	—	
すべり量 $D$ (m)	10.1		—	—	
剛性率 $\mu$ ( $N/m^2$ )	$7.0 \times 10^{10}$	土木学会（2016）等	—	—	既往の地下構造情報及び既往モデルを基に設定
地震モーメント $M_0$ ( $N \cdot m$ )	$1.00 \times 10^{22}$	$M_0 = \mu LWD$	—	—	他諸元からの算定値
走向 $\theta$ ( $^\circ$ )	190	海溝軸の向き	概略パラスタ	$\pm 10^\circ$	既存断層パラメータの走向の標準偏差相当、海底地形調査結果
上縁深さ $d$ (km)	1	1933年昭和三陸地震津波の痕跡高の再現性が高い波源モデル	詳細パラスタ	0km, 1km, 2km	土木学会（2002）の不確かさ検討例
傾斜角 $\delta$ ( $^\circ$ )	45		詳細パラスタ	$\pm 5^\circ$	土木学会（2002）の傾斜角の標準偏差相当
すべり角 $\lambda$ ( $^\circ$ )	270		—	—	鉛直変位量が最大となる設定
ライズタイム $\tau$ (s)	60		—	—	既往津波を再現する設定
断層の位置	日本海溝・千島海溝の島弧会合部に接するように設定	概略パラスタ	南方へ20km, 40km	断層長の1/10程度	
			東方へ100kmまで50km単位 西方へ50kmまで50km単位	地震の発生メカニズムと海底地形	
傾斜方向	西傾斜を基準とし東傾斜を設定	概略パラスタ	東傾斜	共役断層の考慮	

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（20/33）



第1023回審査会合  
資料1-1 P.3.2.3-22再掲

## パラスタ因子の妥当性について

- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波に関するパラメータスタディ検討因子は、土木学会（2016）におけるパラメータスタディを原則実施する因子ともおおむね整合する。

表3.1-1 パラメータスタディの因子（○：パラメータスタディを原則実施する因子）

海域または地震のタイプ	静的パラメータ							動的パラメータ		
	位置	大すべり 領域位置	走向	傾斜角	傾斜方向	すべり角	上縁深さ	破壊開始点	破壊伝播 速度	ライズ タイム
プレート間逆断層地震と 津波地震の連動 プレート間逆断層地震 (不均質モデルの場合)	○ <sup>※1</sup>	○	-	-	-	○ <sup>※2</sup>	-	○	○	○
プレート間逆断層地震 (均質モデルの場合)	○ <sup>※1</sup>	-	○	○	-	○ <sup>※2</sup>	○	-	-	-
日本海溝沿い (プレート内正断層)	○	-	○	○	-	- (270度固定)	○	-	-	-
日本海溝沿い（津波地震） (均質モデルの場合)	○	-	○	○	-	○ <sup>※2</sup>	○	-	-	-
日本海東縁部 (地殻内地震)	○	○	○	○	○ <sup>※4</sup>	- (90度固定)	○	-	-	-
海域活断層 (上部地殻内地震)	-	○ <sup>※5</sup>	-	○ <sup>※5</sup>	○ <sup>※6</sup>	○ <sup>※3</sup>	○	-	-	-

※1 基本断層モデルを地震活動域全体に設定する場合を除く

※2 すべり方向のばらつきを考慮して走向に連動

※3 応力場のばらつきを考慮して傾斜角に連動

※4 西傾斜，東傾斜

※5 調査により明確な場合は固定

※6 不明な断層は両方向

土木学会（2016）に一部加筆

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (21/33)

## 概略パラメータスタディ (1/8) : 断層の位置 (南北方向) ・ 走向変化ケース

・ 断層の南北方向位置と走向を変化させる検討を実施した。

### 概略パラメータスタディ (断層の位置 : 南北方向・走向)

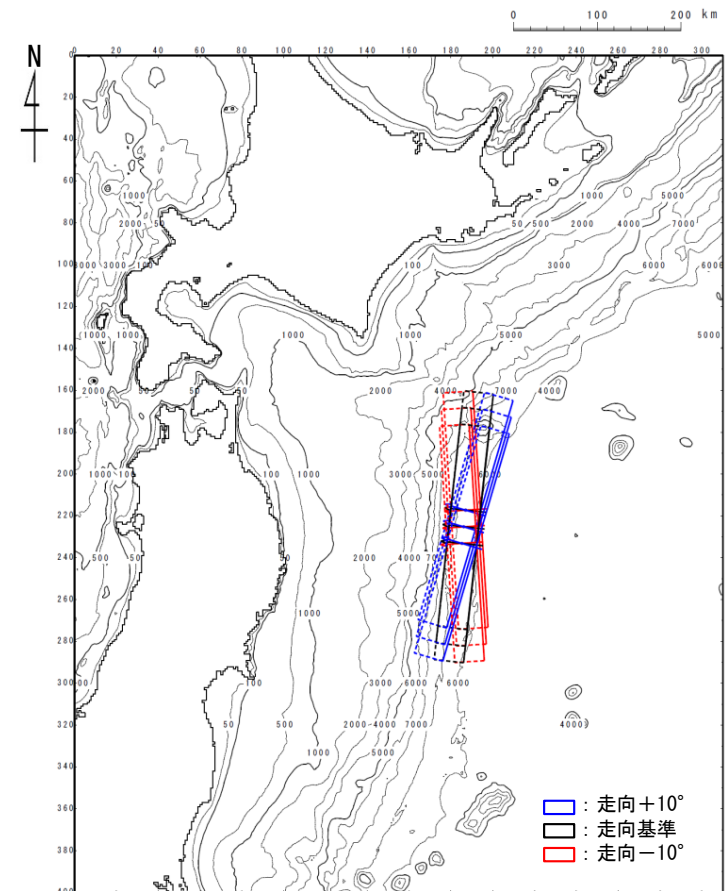
項目	変動範囲	備考
位置	基準, 南方へ20km, 40km	南北方向の位置については断層長さの1/10程度を目安とした
走向	基準 (190°), 基準±10°	・ 土木学会 (2002) の走向の 標準偏差相当 ・ 次ページ参照

### 既存断層パラメータのばらつきの評価結果

海域大区分	海域小区分	萩原マップで対応する海域区分	解析対象データ	データ数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)		
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
日本海溝 千島海溝 (南部)	千島海溝南部	41°N以北	G1	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4	
	日本海溝北部	38~41°N	G2	29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7	
	日本海溝南部	35.3~38°N	G3	14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1	
日本海東縁部	北部	40°N以北	F	断層モデル	6(3)	-2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N以南 138°E以东			5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

- (注)・日本海溝および千島海溝(南部)沿い海域では、ハーバードCMTによる発震機構解(1976年1月~2000年1月に発生した $M_w$ 6.0以上、深さ60km以下の地震)を解析対象とした。  
 ・日本海東縁部では、発震機構解の節面の特定が困難であるため、津波の痕跡高を説明できる断層モデルのパラメータを用いてばらつきを評価した。  
 ・「すべり方向」は、スリップベクトルの水平投影が真北から時計回りになす角度である。  
 ・日本海東縁部のデータ数のうち括弧内の値は、走向に対して適用した1枚断層換算のモデル数である。  
 ・日本海東縁部(南部)の新潟地震モデルにはNoguera and Abe (1992)を採用している。天保山形沖地震(1833)は沖合・沿岸近くの両モデルを採用している。  
 ・萩原マップは萩原尊禮編(1991)による。

土木学会 (2002) に一部加筆

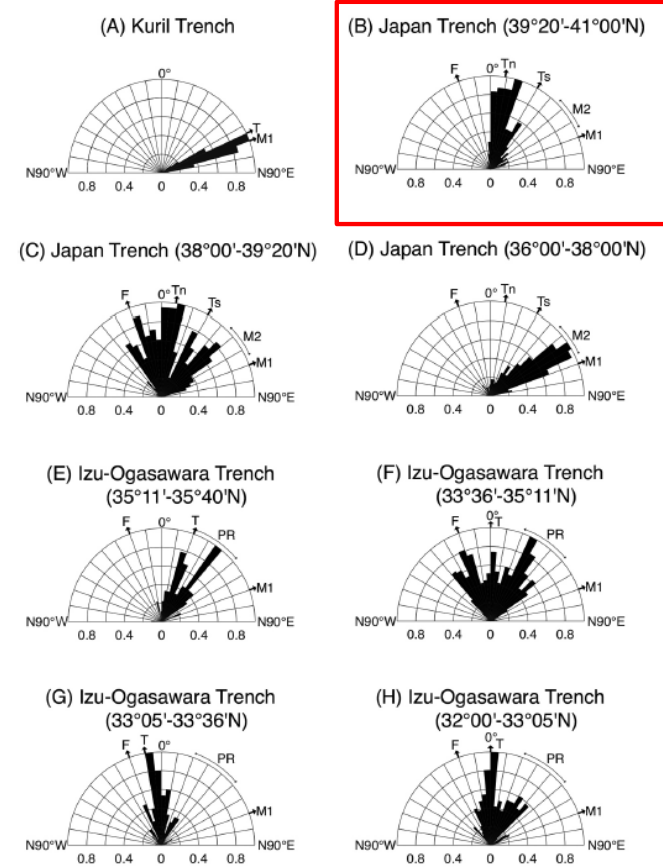
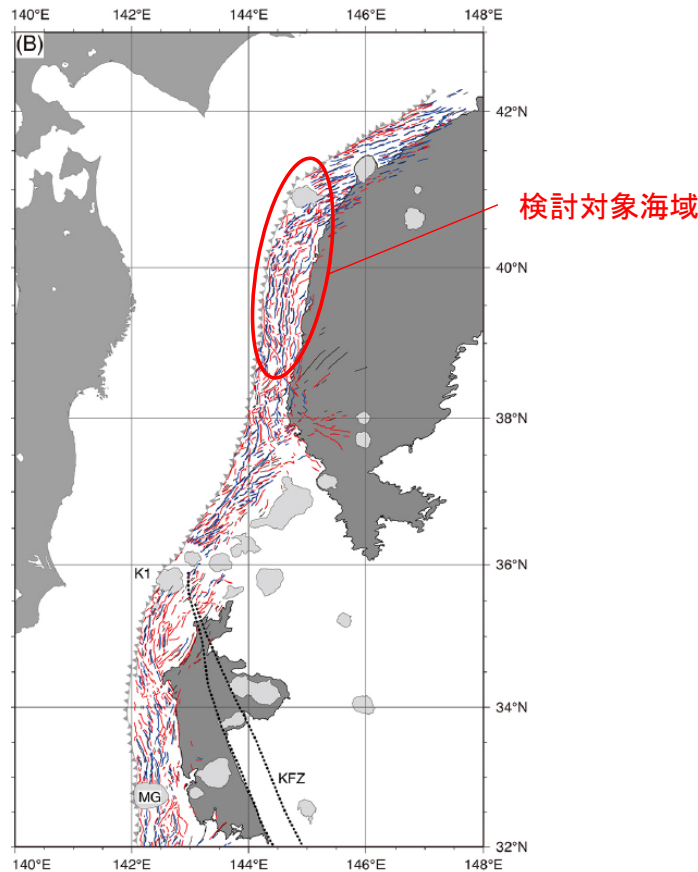


概略パラメータスタディ  
(南北方向位置・走向)

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (22/33)

## 概略パラメータスタディ (2/8) : 走向変化ケース

- 中西 (2017) では, 「1933年昭和三陸地震の震源域を含む海域を対象とした海底地形調査結果が示されており, 北緯38度より北側ではNS (N0°) からN20° Eの断層地形が多く存在しており, これらの断層地形は海溝軸と平行あるいはほぼ平行である。」とされている。
- この範囲は, パラメータスタディにおける走向の変動範囲 (190° ±10°) と一致する (P.315参照)。



検討対象海域

Nakanishi (2011) の研究対象海域の海底地形図 (A) と断層地形の記載結果 (B)。等深線の間隔は 100 m である。赤色の実線, 青色の実線, 黒色の実線は, それぞれ陸側傾斜の断層地形, 海側傾斜の断層地形, 直線的に伸びる高まりを示す。薄い灰色の部分は海山などの高まりを示す。濃い灰色の部分は 5600 m より浅いところを示す。HR: 北海道海膨, ER: 襟裳海山, K1: 第一鹿島海山, MG: 茂木海山, JSM: 常磐海山列, NFZ: 納沙布断裂帯, KFZ: 鹿島断裂帯。

図 5 断層地形の走向に関するローズダイアグラム (Nakanishi, 2011)。F: 断層帯の走向, M1: 中生代磁気異常の走向, M2: 北緯 38 度付近の中生代磁気異常の走向, PR: 北緯 34 度 30 分付近に存在する中央海嶺伝播の痕跡の方向, T: 海溝軸の走向, Tn: 北緯 38 度より北側の日本海溝の走向, Ts: 北緯 38 度より南側の日本海溝の走向。ダイアグラムは数値が 1 になるように正規化されている。

### 断層地形の走向に関するローズダイアグラム

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (23 / 33)

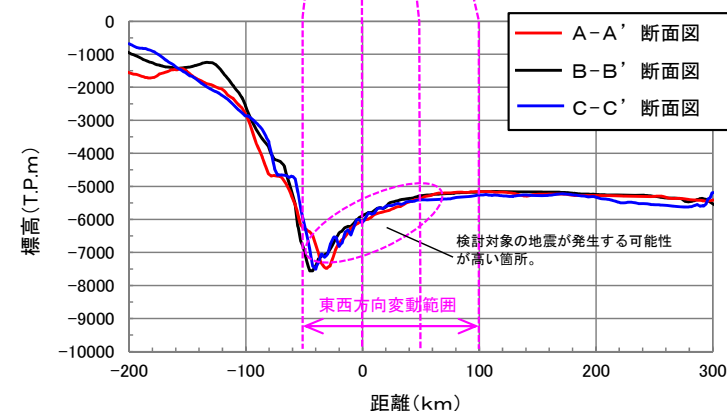
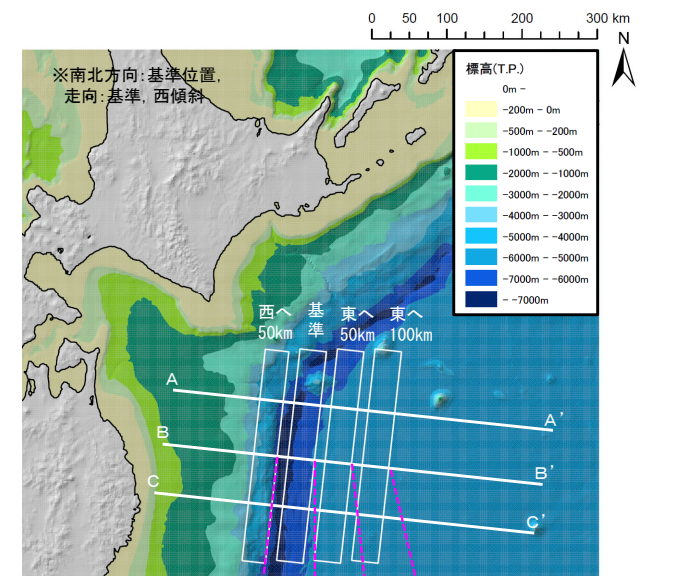
## 概略パラメータスタディ (3 / 8) : 断層の位置 (東西方向) 変化ケース

- 断層の東西方向位置を変化させる検討を実施した。

概略パラメータスタディ (断層の位置 : 東西方向)

項目	変動範囲	備考
位置 (東西方向)	基準, 東へ100kmまで50km 単位で移動, 西へ50kmまで 50km単位で移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>検討対象としている海洋プレート内地震の発生メカニズムと海底地形を考慮し設定した※。</li> <li>P. 319参照</li> </ul>

※検討対象としている海洋プレート内地震は、海側のプレートが陸側プレートに沈み込みを開始する海溝軸沖合でプレートが下向きに曲げられることにより、伸張応力が作用して発生する正断層型の地震である。よって、基準位置から西に50km, 東に100kmの変動範囲は、同様の地震の発生領域を十分に包絡していると考えられる。



海底地形と断層配置の関係

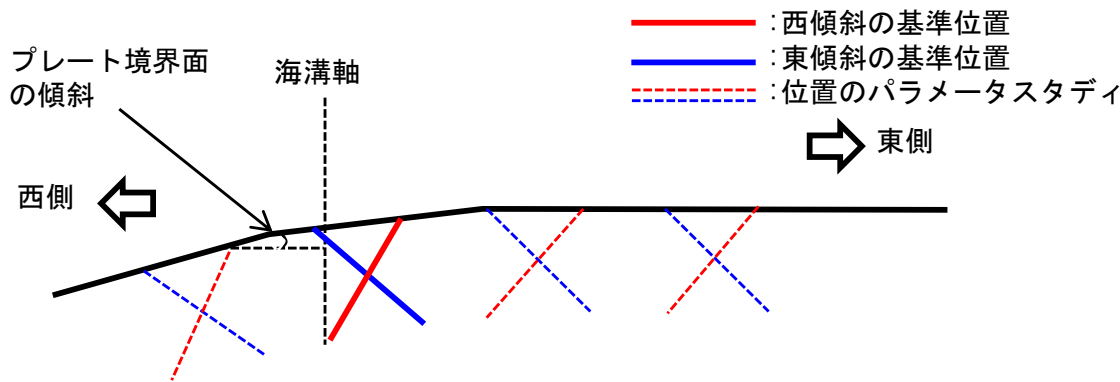
# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (24 / 33)

## 概略パラメータスタディ (4 / 8) : 傾斜角・傾斜方向変化ケース

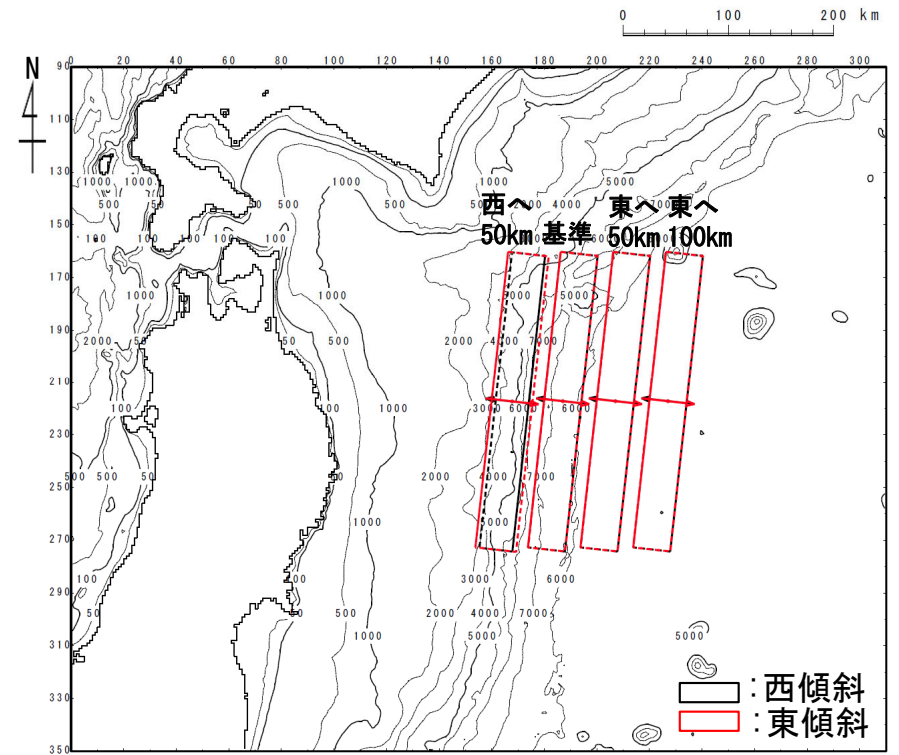
- ・沈み込んだ海洋プレート内地震の断層モデルの傾斜角は、プレート境界面の傾斜を考慮する。
- ・また、既に考慮済みである1933年昭和三陸地震の傾斜角の西傾斜ケースに加え、起震応力が共通で共役な断層となることを踏まえた東傾斜ケースについても考慮する。

概略パラメータスタディ (傾斜角・傾斜方向)

項目	変動範囲	備考
傾斜方向	西傾斜 (基準), 東傾斜	<ul style="list-style-type: none"> <li>・共役断層の考慮</li> <li>・次ページ参照</li> </ul>



東西方向の位置, 断層の傾斜に関する  
不確かさ考慮方法 (概念)



南北方向: 基準位置, 走向: 基準のケース

概略パラメータスタディ  
(東西方向・傾斜角・傾斜方向)



### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（25/33）

#### 概略パラメータスタディ（5/8）：断層の位置（東西方向）及び傾斜方向変化ケース

- Tsuru and Park (2000) では、「1933年昭和三陸地震の震源域を含む海域を対象としたマルチチャンネル音波探査に基づく海底地質調査によれば、以下のとおり、海洋プレート上面の正断層構造は、日本海溝から陸側に約30km、沖合側に約110kmの範囲に存在する」ことが示されている。
  - ✓（海底面に達していない断層を含めた正断層構造は）日本海溝から沖合側に約110kmの位置から確認できる。
  - ✓沈み込んだプレート内では、日本海溝から陸側に約30kmの範囲で正断層構造が確認できる。
- したがって、おおむね海溝軸付近の基準位置から西へ50km、東へ100kmとしたパラメータスタディの範囲（P. 317）は1933年昭和三陸地震の震源域を含む海域を対象としたプレート内正断層の分布範囲とほぼ整合的である。
- また、Tsuru and Park (2000) では、「1933年昭和三陸地震の震源域を含む海域に分布する断層の傾斜方向は、東傾斜及び西傾斜の両方向」が示されており、東傾斜を考慮することとも整合的である。

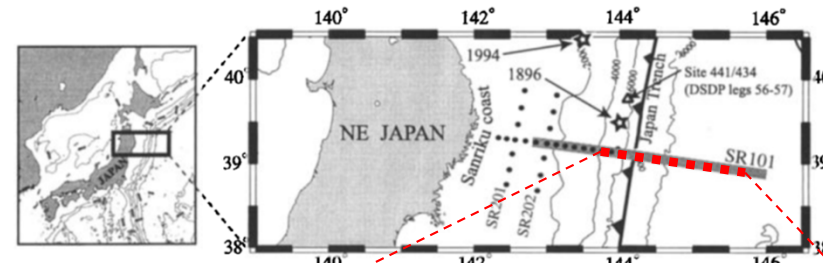


Figure 1. Study area. The thick shaded line shows the MCS survey line of KR97-07 cruise and dots represent OBS locations. Huge interplate earthquakes (e.g., 1994 far-off-Sanriku earthquake) often occur in the study area, and the 1896 Sanriku earthquake generated a large tsunami. Stars indicate epicenters of these earthquakes. A triangle shows locations of sites 441 and 434 by the DSDP legs 56-57.

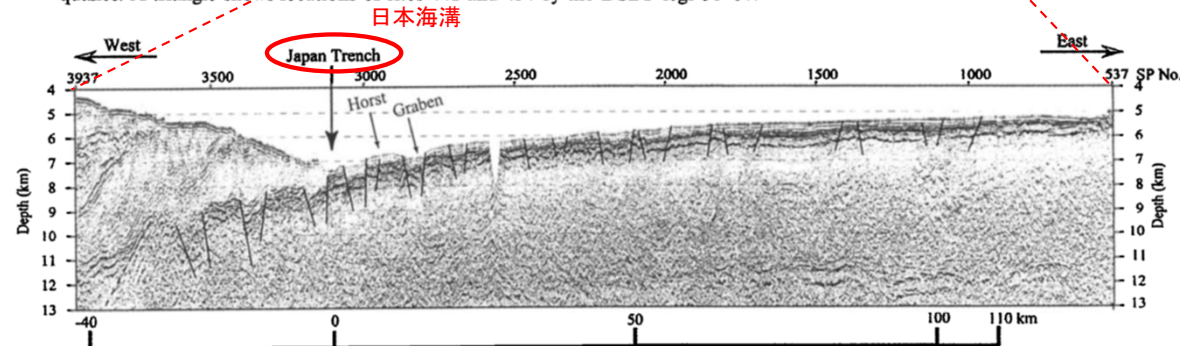


Figure 5. Horst and graben structures with normal faults. Subducting oceanic crust is cut by normal faults and horst-graben structures develop. Vertical exaggeration is 4 times. Data were muted around SP 2550 at data processing.

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (26/33)



## 概略パラメータスタディ (6/8) : 検討結果

・概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

### 概略パラメータスタディ結果一覧

傾斜方向：西傾斜

傾斜方向：東傾斜

南北位置	東西位置	走向	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	南北位置	東西位置	走向	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
基準	東へ 100km	-10°	1.30m	-1.09m	南方 へ 40km	東へ 100km	-10°	1.12m	-1.02m
		基準	1.85m	-1.47m			基準	1.23m	-1.15m
		+10°	2.71m	-1.61m			+10°	2.04m	-1.48m
	東へ 50km	-10°	1.41m	-1.23m		東へ 50km	-10°	1.17m	-1.04m
		基準	2.01m	-1.49m			基準	1.24m	-1.18m
		+10°	2.63m	-1.70m			+10°	1.83m	-1.52m
	基準	-10°	1.63m	-1.27m		基準	-10°	1.25m	-1.05m
		基準	2.24m	-1.53m			基準	1.24m	-1.31m
		+10°	2.57m	-1.74m			+10°	1.59m	-1.47m
	西へ 50km	-10°	1.40m	-1.53m		西へ 50km	-10°	1.57m	-0.91m
		基準	1.71m	-1.85m			基準	1.35m	-1.35m
		+10°	1.99m	-1.65m			+10°	1.21m	-1.33m

南北位置	東西位置	走向	最大水位 上昇量	最大水位 下降量	南北位置	東西位置	走向	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
基準	東へ 100km	-10°	1.36m	-1.55m	南方 へ 40km	東へ 100km	-10°	1.27m	-1.20m
		基準	1.50m	-2.05m			基準	1.22m	-1.62m
		+10°	2.28m	-2.48m			+10°	1.96m	-2.16m
	東へ 50km	-10°	1.54m	-1.76m		東へ 50km	-10°	1.28m	-1.27m
		基準	1.65m	-2.15m			基準	1.29m	-1.64m
		+10°	2.02m	-2.47m			+10°	1.90m	-2.05m
	基準	-10°	1.46m	-1.79m		基準	-10°	1.38m	-1.17m
		基準	1.79m	-2.17m			基準	1.32m	-1.54m
		+10°	1.95m	-2.41m			+10°	1.76m	-1.88m
	西へ 50km	-10°	1.51m	-1.45m		西へ 50km	-10°	1.68m	-1.24m
		基準	1.64m	-1.92m			基準	1.66m	-1.62m
		+10°	1.97m	-2.25m			+10°	1.41m	-1.54m

: 概略パラスタ 最大水位上昇ケース  
 : 概略パラスタ 最大水位下降ケース

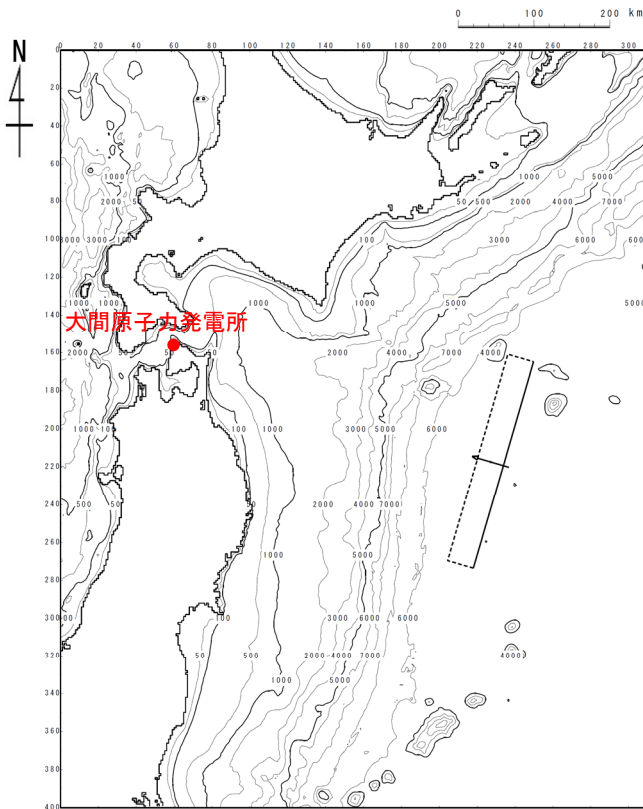
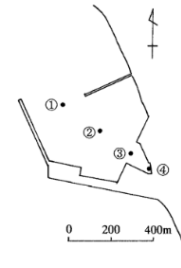
# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (27/33)

## 概略パラメータスタディ結果 (7/8) : 最大水位上昇ケース検討結果

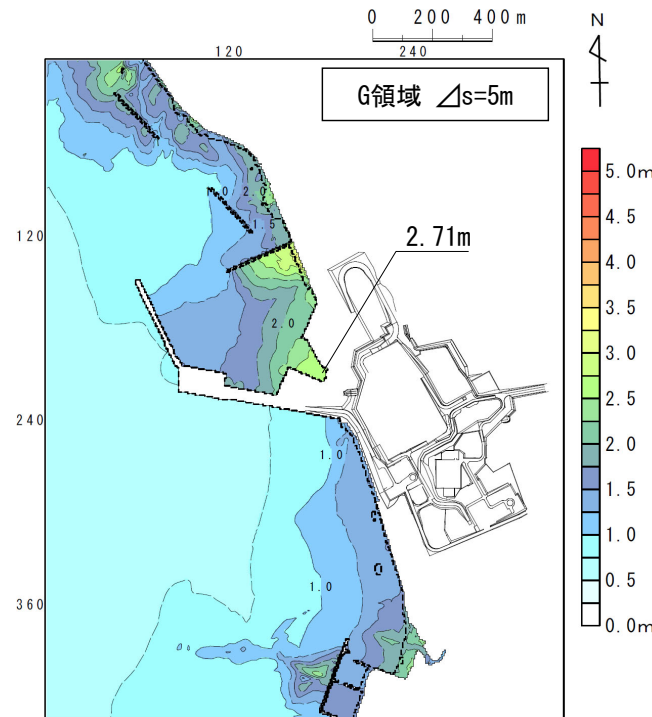
- 敷地における概略パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

### 最大水位上昇ケース

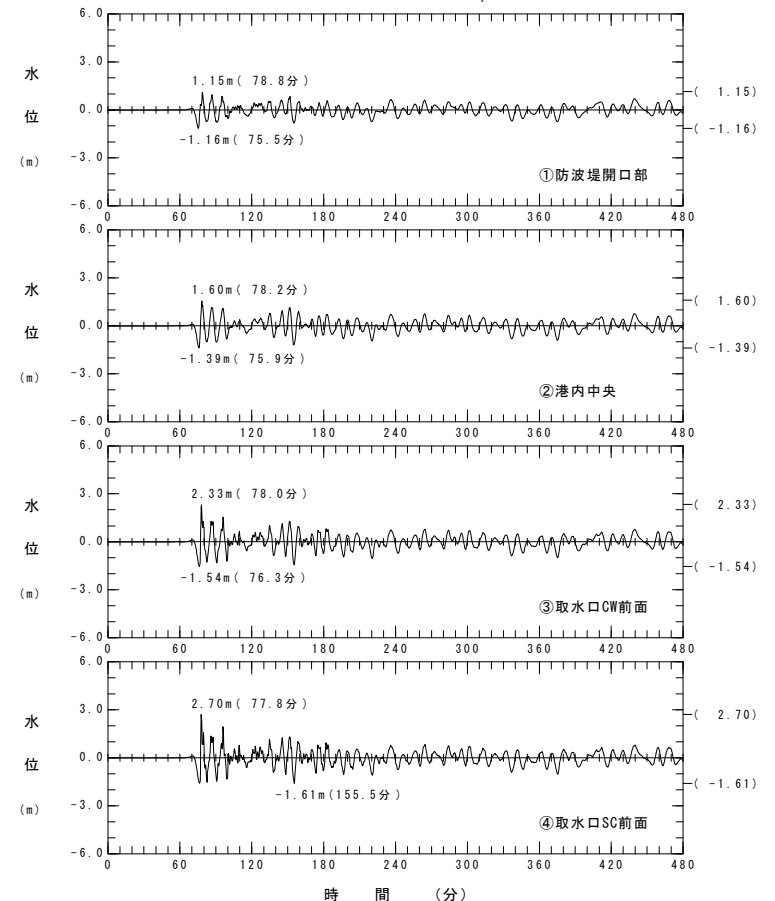
- 波源の南北位置：基準
- 波源の東西位置：東へ100km
- 傾斜方向：西傾斜
- 走向：基準+10°



波源モデル



最大水位上昇量分布



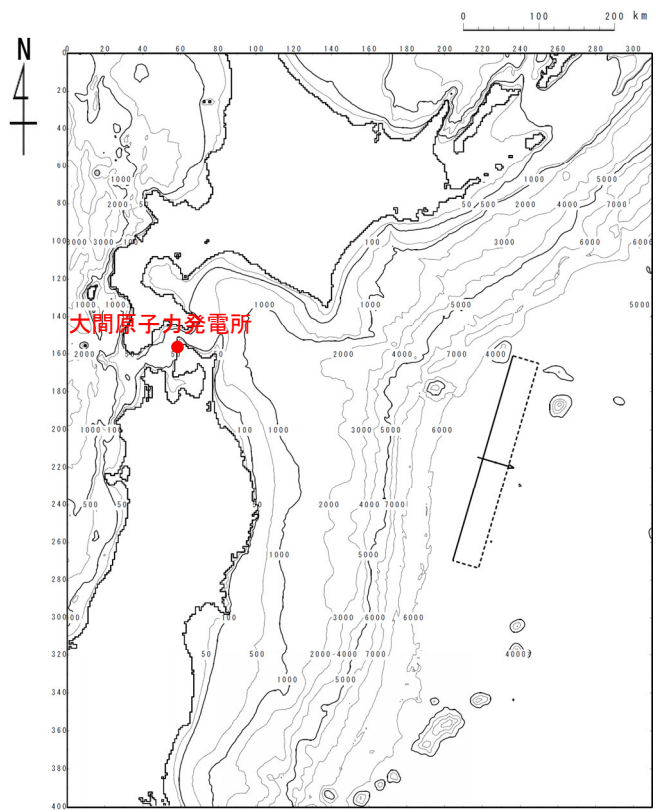
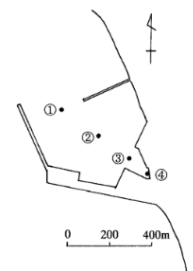
水位時刻歴波形

## 概略パラメータスタディ結果 (8/8) : 最大水位下降ケース検討結果

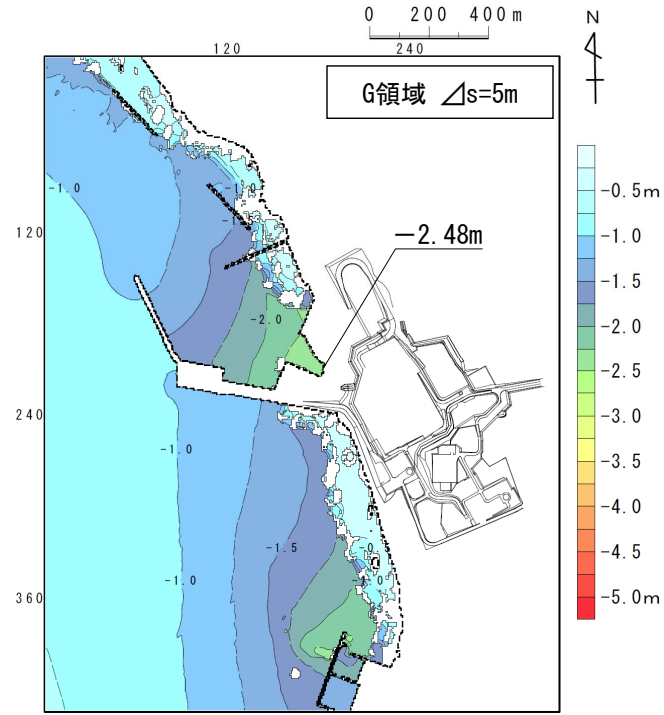
- 取水口スクリーン室前面における概略パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

**最大水位下降ケース**

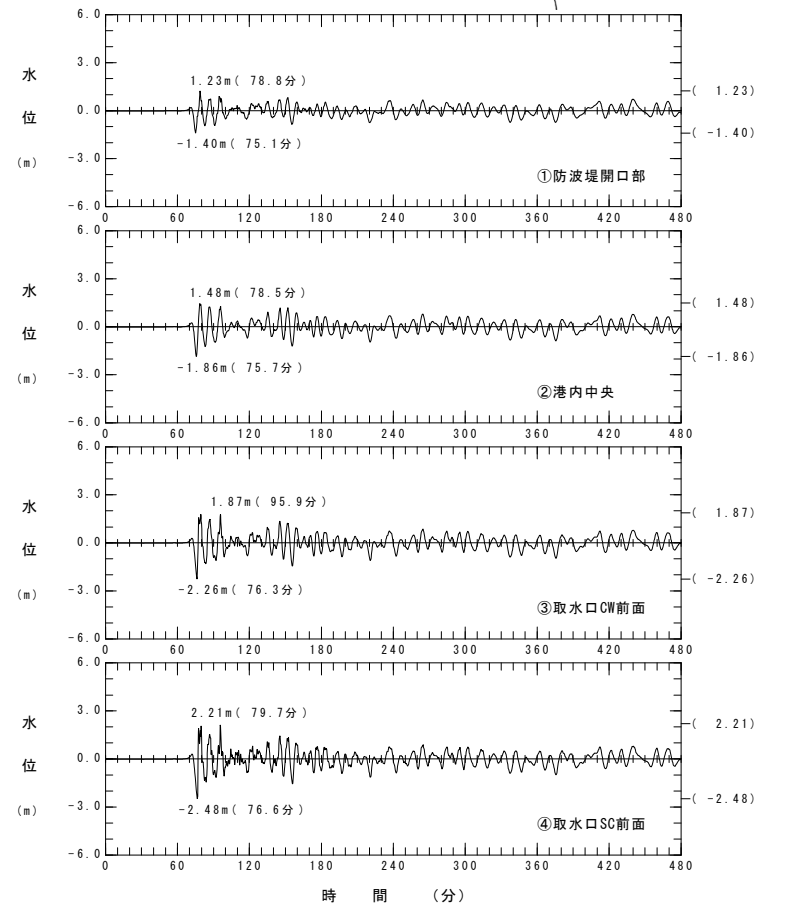
- 波源の南北位置：基準
- 波源の東西位置：東へ100km
- 傾斜方向：東傾斜
- 走向：基準+10°



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (29/33)

## 詳細パラメータスタディ (1/4) : 傾斜角・上縁深さ変化ケース

- ・ 傾斜角及び上縁深さを変化させる検討を実施した。
- ・ 各パラメータの変動は、土木学会 (2002) の既存断層パラメータの傾斜角のばらつき評価結果 (約 5°) 及び断層上縁深さの不確かさ検討状況 (0, 1, 2 km) を参考に設定した。

詳細パラメータスタディ

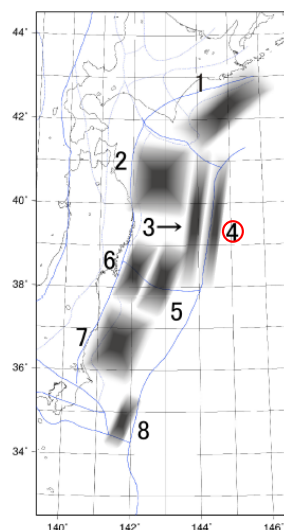
項目		変動範囲	ケース数
傾斜角		基準 (45°), 基準±5°	土木学会 (2002) の傾斜角の標準偏差相当
上縁深さ	海溝より東側の場合	0 km, 1 km (基準), 2 km	土木学会 (2002) の不確かさ検討例を参考に設定
	海溝より西側の場合	各波源位置のプレート境界面からの深さ 0 km, 1 km (基準), 2 km	

### 既存断層パラメータのばらつきの評価結果

海域大区分	海域小区分	萩原マップで対応する海域区分	解析対象データ	データ数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)	
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
日本海溝・千島海溝 (南部)	千島海溝南部	41°N 以北	G1	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4
	日本海溝北部	38~41°N	G2	29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7
	日本海溝南部	35.3~38°N	G3	14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1
日本海東縁部	北部	40°N 以北	F	6(3)	-2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N 以南 138°E 以东		5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

(注)・日本海溝および千島海溝 (南部) 沿い海域では、ハーバード CMT による発震機構解 (1976 年 1 月 ~2000 年 1 月に発生した  $M_w$ 6.0 以上、深さ 60km 以下の地震) を解析対象とした。  
 ・日本海東縁部では、発震機構解の節面の特定が困難であるため、津波の痕跡高を説明できる断層モデルのパラメータを用いてばらつきを評価した。  
 ・「すべり方向」は、スリップベクトルの水平投影が真北から時計回りになす角度である。  
 ・日本海東縁部のデータ数のうち括弧内の値は、走向に対して適用した 1 枚断層換算のモデル数である。  
 ・日本海東縁部 (南部) の新潟地震モデルには Noguera and Abe (1992) を採用している。天保山形沖地震 (1833) は沖合・沿岸近くの両モデルを採用している。  
 ・萩原マップは萩原尊禮編(1991)による。

土木学会 (2002) に一部加筆



海域の領域区分

### 3.2.3 詳細パラメータスタディの結果

3 領域で基準断層モデルを位置移動した概略パラメータスタディでの計算ケースのうち、以下の 3 波源を詳細パラメータスタディの基準断層モデルとした (図 3.2.1-4 参照)。

- (i) 領域 4 の断層を最も南に配置したケース (岩手県南部 ~ 宮城県北部で最大水位上昇量)
- (ii) 領域 3 の断層を最も北に配置したケース (北海道南部 ~ 岩手県北部で最大水位上昇量)
- (iii) 領域 3 の断層を南から 2 番目に配置したケース (宮城県北部で最大水位上昇量)

上記基準断層モデルについて、同位置で以下のように断層パラメータを変化させた計算を実施した。

#### (1) 領域 4 (プレート内正断層)

- ・ 断層上縁面深さ : 0, 1, 2km
- ・ 傾斜角  $\delta$  : 基準, 基準±5°
- ・ 走向  $\theta$  : 基準, 基準±10°

#### (2) 領域 3 (逆断層)

- ・ 傾斜角  $\delta$  : 基準, 基準±5°
- ・ 走向  $\theta$  : 基準, 基準±10°
- ・ すべり方向 : 基準, 基準±10°

(すべり角はすべり方向を満足するよう変動する。)

### 断層上縁深さの不確かさ考慮方法

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (30 / 33)

## 詳細パラメータスタディ (2 / 4) : 検討結果

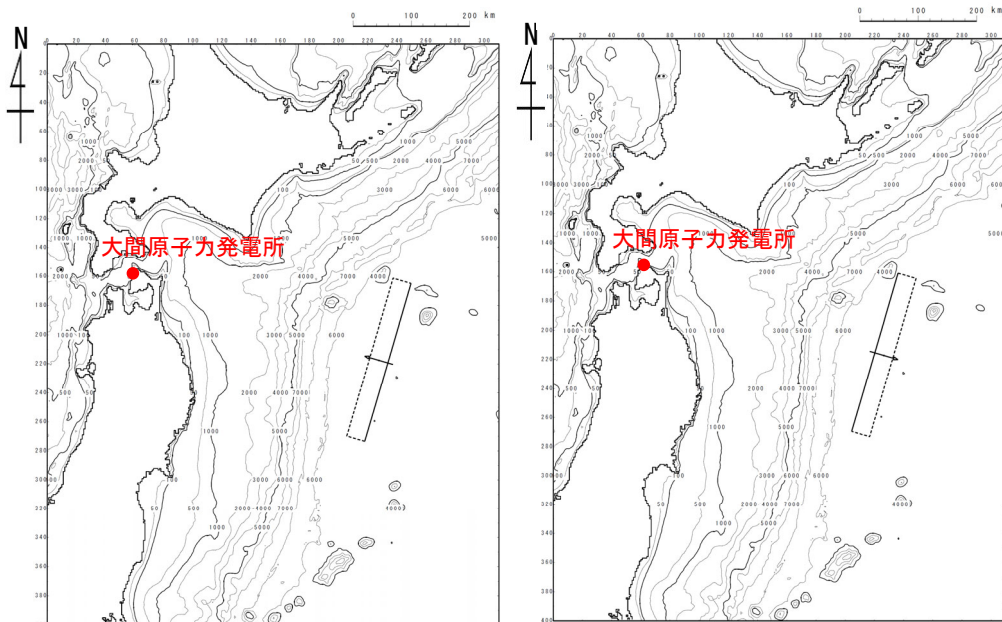
・ 詳細パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

### 最大水位上昇ケース

- ・ 波源の南北位置：基準
- ・ 波源の東西位置：東へ100km
- ・ 傾斜方向：西傾斜
- ・ 走向：基準+10°
- ・ 傾斜角：基準+5°
- ・ 上縁深さ：基準

### 最大水位下降ケース

- ・ 波源の南北位置：基準
- ・ 波源の東西位置：東へ100km
- ・ 傾斜方向：東傾斜
- ・ 走向：基準+10°
- ・ 傾斜角：基準+5°
- ・ 上縁深さ：基準



最大ケースの波源モデル

## 詳細パラメータスタディ結果

概略パラスタ	傾斜方向	南北位置	東西位置	走向	傾斜角	上縁深さ	最大水位上昇量	最大水位下降量
上昇側	西傾斜	基準	東へ100km	+10°	-5°	0 km	2.55m	-1.68m
						基準	2.54m	-1.65m
						2 km	2.52m	-1.63m
					基準	0 km	2.71m	-1.61m
						基準	2.71m	-1.61m
						2 km	2.70m	-1.63m
+5°	0 km	2.89m	-1.61m					
	基準	2.90m	-1.62m					
	2 km	2.88m	-1.63m					
下降側	東傾斜	基準	東へ100km	+10°	-5°	0 km	2.22m	-2.35m
						基準	2.25m	-2.37m
						2 km	2.27m	-2.37m
					基準	0 km	2.26m	-2.47m
						基準	2.28m	-2.48m
						2 km	2.29m	-2.48m
					+5°	0 km	2.28m	-2.56m
						基準	2.29m	-2.57m <sup>※</sup>
						2 km	2.30m	-2.57m

※: 小数第3位まで考慮すると、上縁深さ基準 (1 km) で最大。

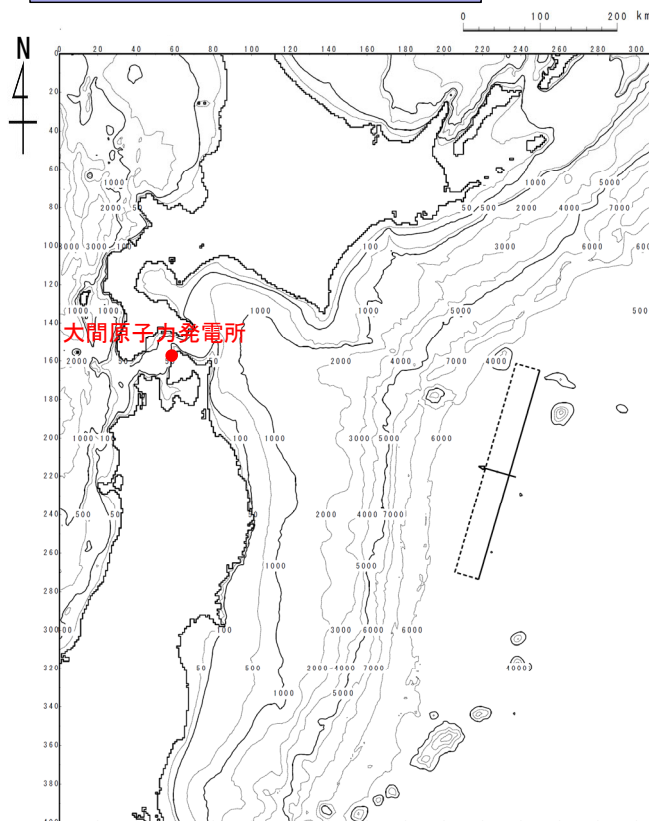
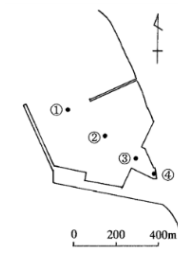
- : 詳細パラスタ 最大水位上昇ケース
- : 詳細パラスタ 最大水位下降ケース

# 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (31 / 33)

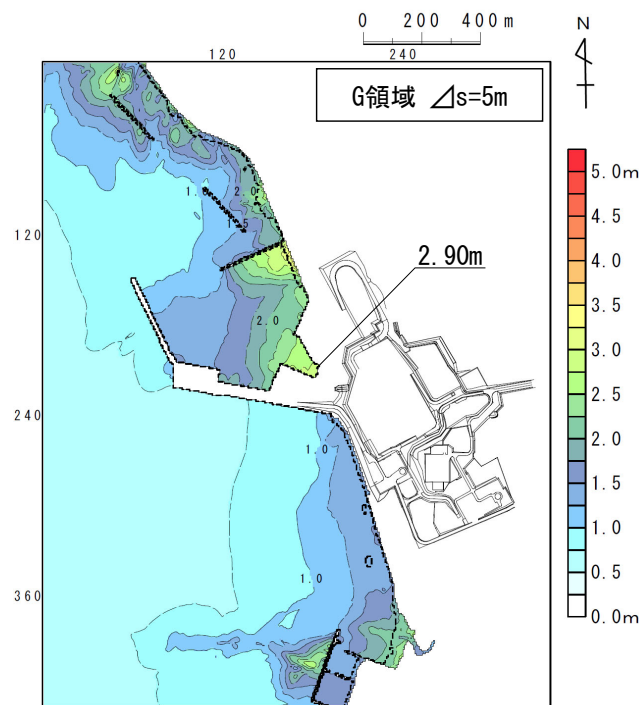
## 詳細パラメータスタディ結果 (3 / 4) : 最大水位上昇ケース検討結果

敷地における詳細パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

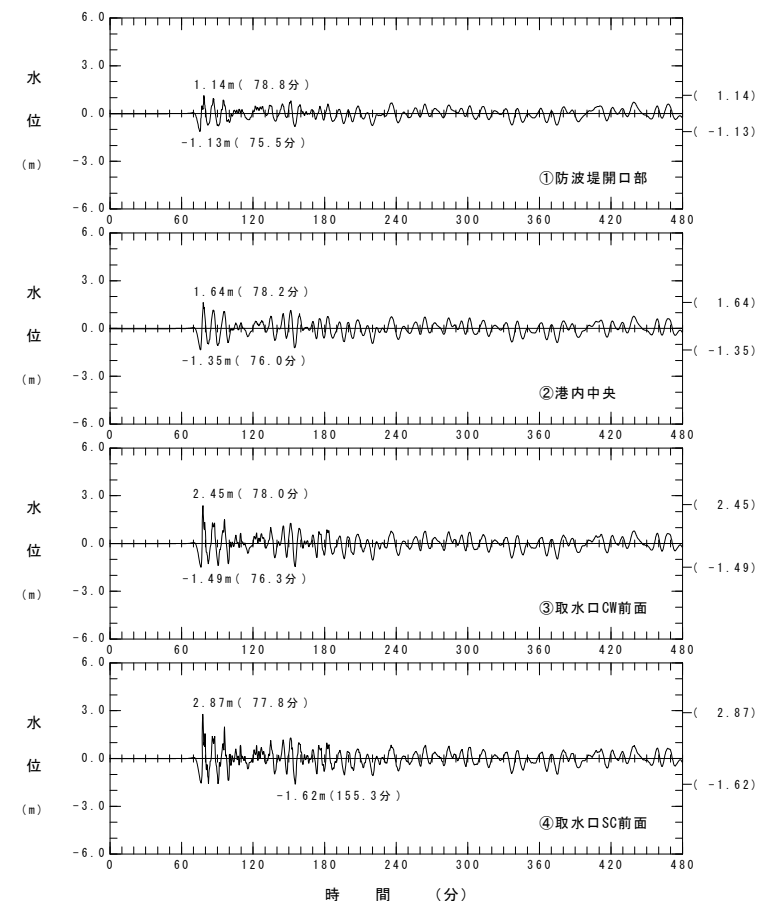
- 最大水位上昇ケース**
- ・ 波源の南北位置：基準
  - ・ 波源の東西位置：東へ100km
  - ・ 傾斜方向：西傾斜
  - ・ 走向：基準+10°
  - ・ 傾斜角：基準+5°
  - ・ 上縁深さ：基準



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

## 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (32/33)



第1023回審査会合

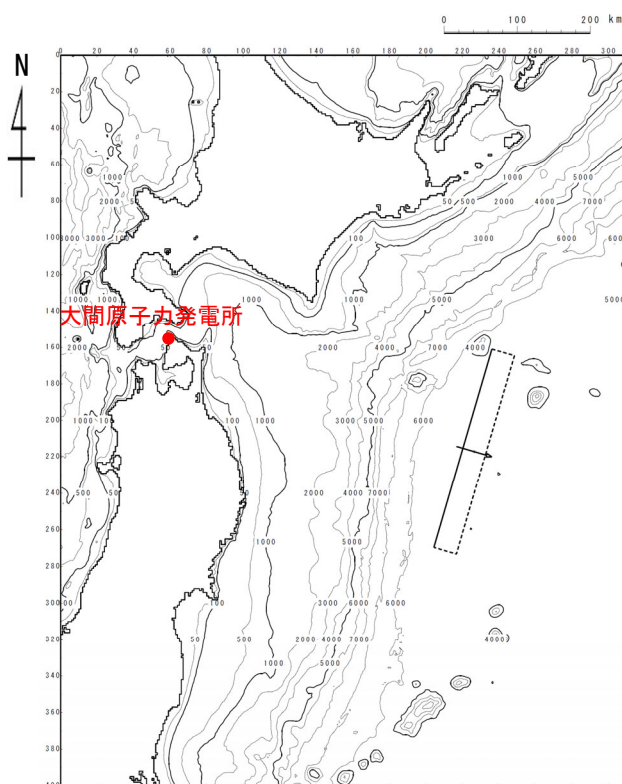
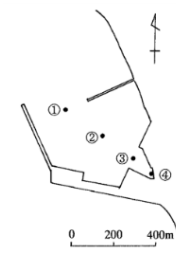
資料1-1 P.3.2.3-34再掲

## 詳細パラメータスタディ結果 (4/4) : 最大水位下降ケース検討結果

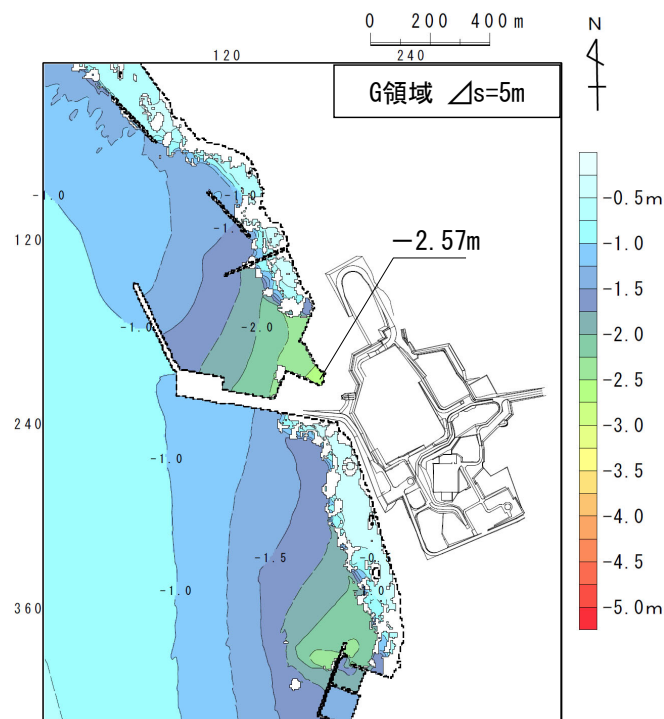
- 取水口スクリーン室前面における詳細パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

## 最大水位下降ケース

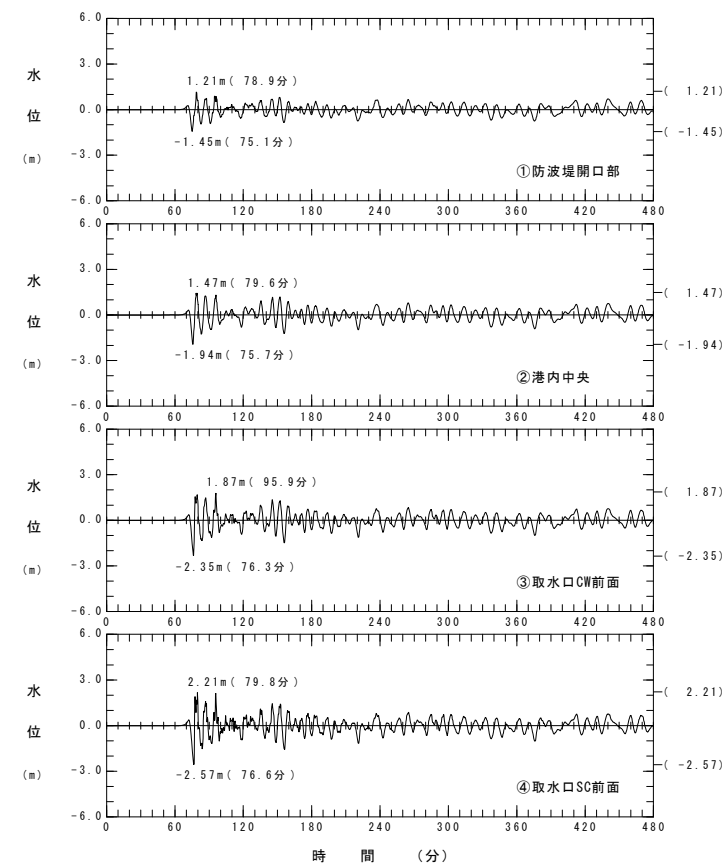
- 波源の南北位置：基準
- 波源の東西位置：東へ100km
- 傾斜方向：東傾斜
- 走向：基準+10°
- 傾斜角：基準+5°
- 上縁深さ：基準



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



### 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波（33／33）

#### 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波検討結果

- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の検討結果は下表のとおりである。


#### 各パラメータスタディの最大ケース一覧表


	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
概略パラメータスタディ	2.71m	-2.48m
詳細パラメータスタディ	2.90m	-2.57m

(余白)

# 目次

1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. **地震による津波**
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 3-3. **チリ沖に想定される地震に伴う津波**
  - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
  - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（1 / 28）

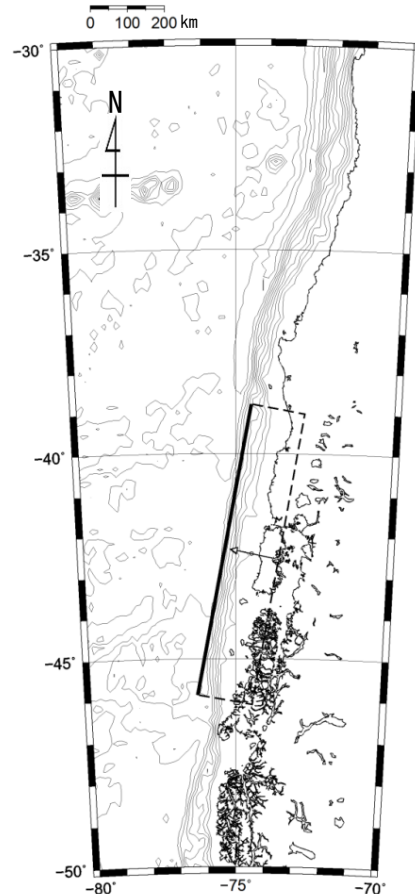
## チリ沖に想定される地震に伴う津波の検討フロー

- チリ沖に想定される地震に伴う津波については、1960年チリ地震津波が当該海域における最大規模の津波であることを踏まえ、既往津波高を再現する波源モデルを基本として、以下のフローで検討を実施した。

基準波源モデルの設定

概略パラメータスタディ

詳細パラメータスタディ



変動パラメータ※
・断層の位置
・走向



概略パラメータスタディにおいて最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる2つの波源モデルを詳細パラメータスタディの検討対象とする。

変動パラメータ※
・傾斜角
・上縁深さ

※：変動幅は敷地への影響及び科学的知見を考慮し設定。

### 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（2 / 28）

#### チリ沖について

- ペルー・チリ海溝は、南アメリカプレートの下方に、西方からナスカプレートが沈み込んでいるプレート境界である。
- プレート境界が固着していることにより、沈み込みに伴って、両プレートの境界にはひずみが蓄積されており、過去にはM9クラスの1960年チリ地震等、このひずみを解放する巨大地震及び津波が発生している。

### 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（3 / 28）

#### 基準波源モデルの設定（基本方針）

- チリ沖に想定される地震に伴う津波の検討に当たっては、1960年チリ地震津波が当該海域における最大規模の津波であること、及び当該海域で発生する津波の敷地への影響が大きいと考えられること※を踏まえ、1960年チリ地震津波の波源モデルを基準波源モデルとして設定する。
- 想定波源域については、既往の知見を基に太平洋を取り巻くプレート間のうち大間原子力発電所への影響が最も大きくなる位置及びチリ沖の破壊伝播の検討を考慮して設定する。
- 基準波源モデルのパラメータに関しては、歴史上最大規模の1960年チリ地震津波の波源モデルを基本とし設定する。なお、遠地からの津波は日本に到達するまでに短周期成分が逸散するため、長周期成分が卓越するように均質モデルとして検討する。

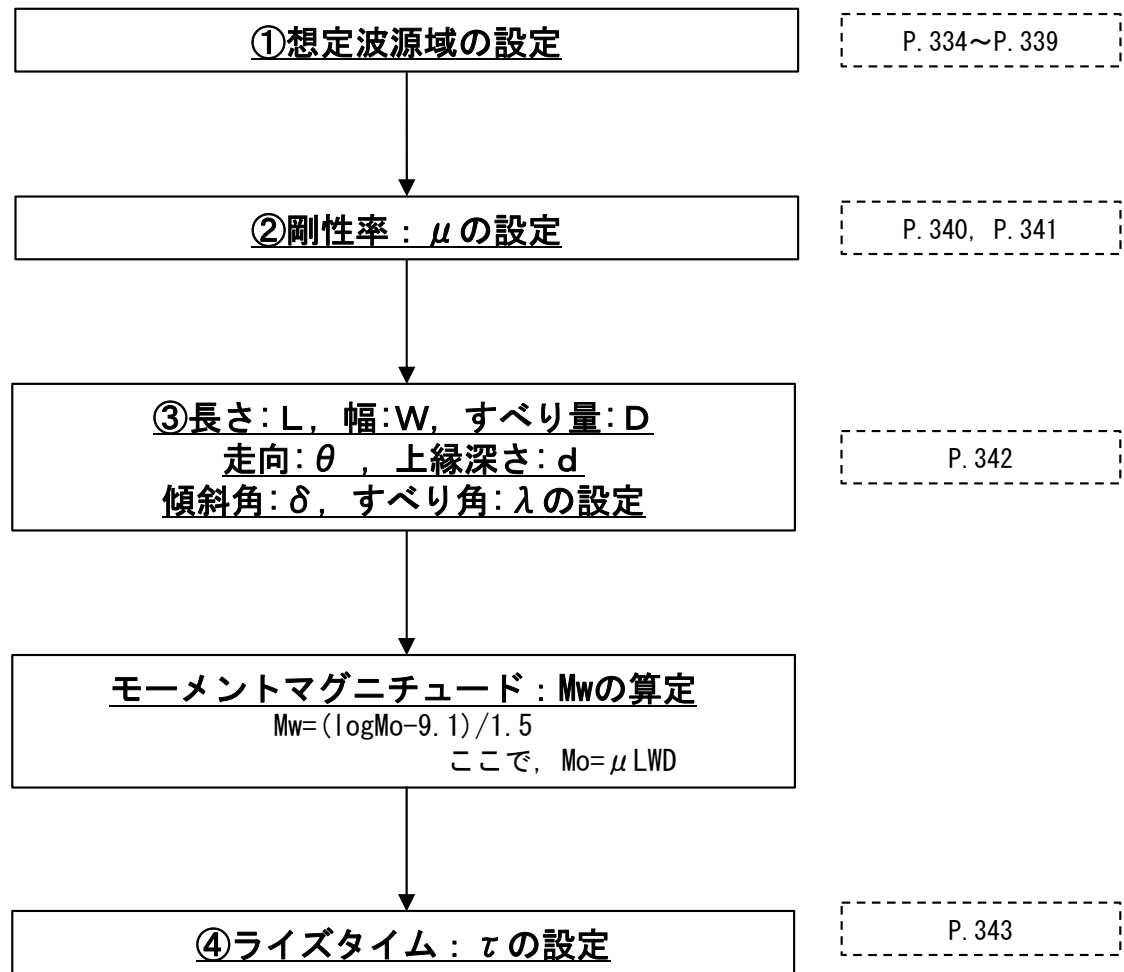
※：第1023回審査会合 資料1-2 「6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討」参照。



## 基準波源モデルの設定 (設定手順)

以下の手順に基づき、基準波源モデルを設定する。

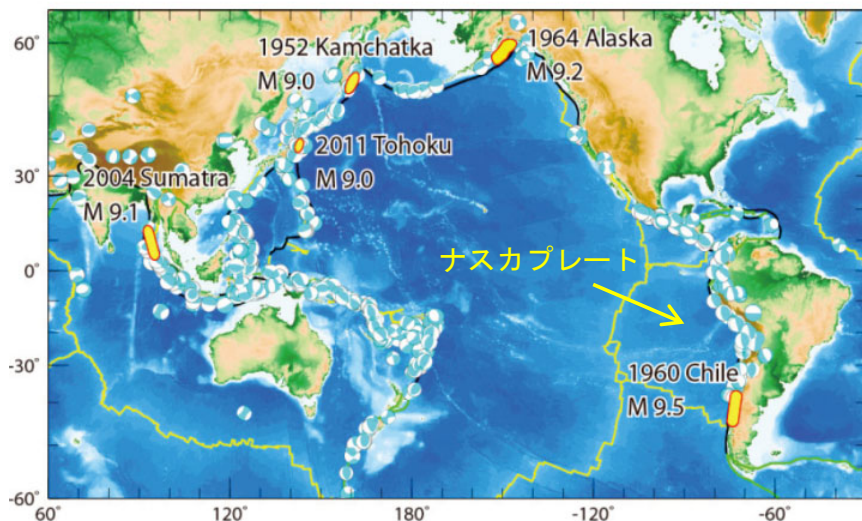
基準波源モデル 設定手順





### 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波 (5 / 28)

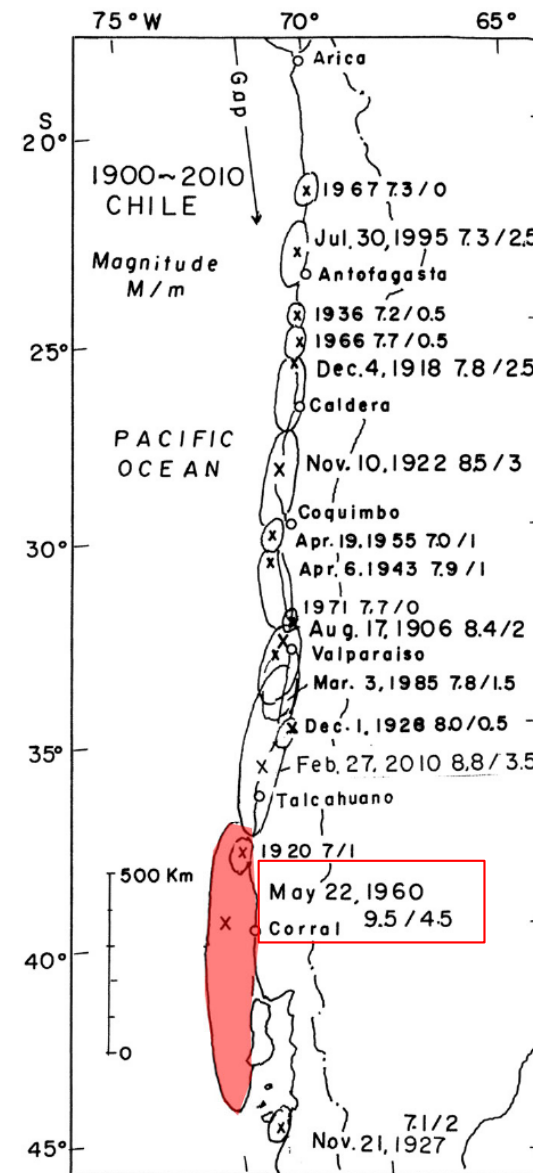
#### ① 想定波源域の設定 (1 / 6) : 既往地震の発生履歴



佐竹 (2013) に一部加筆

環太平洋の大地震の分布

- 1960年チリ地震は、チリ沖合の海溝沿いにおけるナスカプレートの沈み込みによって発生したプレート間地震であり、歴史上最大の地震 (M 9.5) である。
- 文献調査から、チリ沖の波源域で発生した津波のうち、津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波としても、1960年チリ地震津波を抽出している。



チリ沿岸の津波波源域分布 (1900-2010)

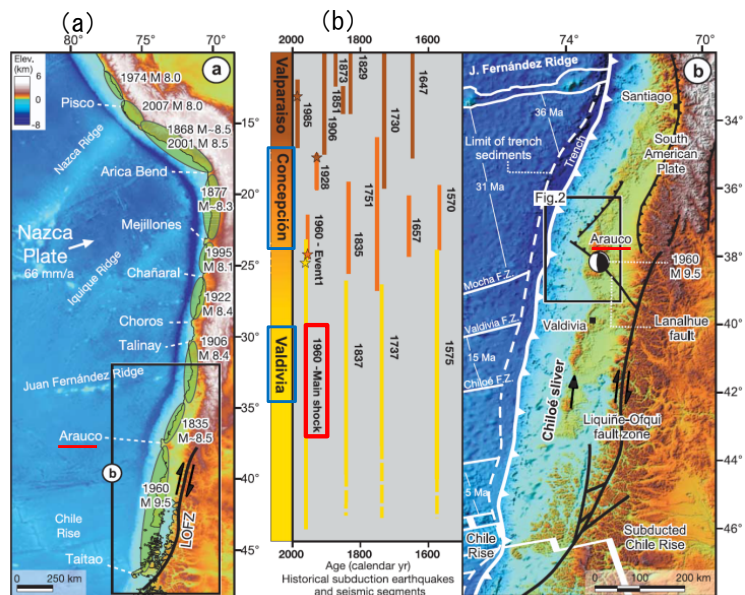
羽鳥 (2011) に一部加筆



# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波 (6 / 28)

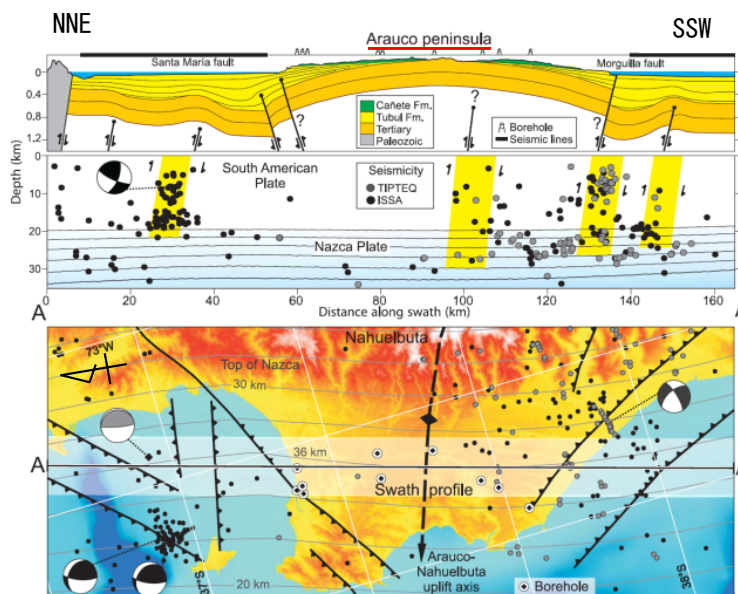
## ① 想定波源域の設定 (2 / 6) : 破壊伝播の検討 (1 / 4)

### チリ沖 (北端)



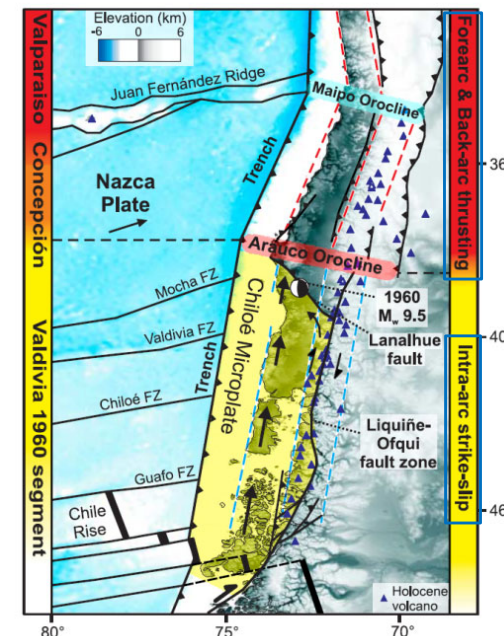
(a) 主要なM8以上の沈み込み地震のセグメント  
(b) Arauco半島の位置と主要な歴史地震の領域の関係

Valdivia沖に位置する1960年チリ地震の発生領域とConcepcion沖の既往地震発生領域とは別領域であり、これら領域の境界は、Arauco半島の沖合とほぼ一致する。



Arauco半島沿いの地殻構造の縦断面図

Arauco半島には東西方向に背斜軸が存在する。



地震構造モデル

Arauco半島以南の地震構造モデルを Intra-arc strike-slip, 以北の地震構造モデルをForearc & Back-arc thrustingに区分しており、Arauco半島を挟んで運動形態が異なる。

Melnick et al. (2009)に一部加筆

・ チリ沖の地震発生範囲に係る破壊の境界に関する知見について確認した。(P. 335~P. 338)

・ チリ沖で約300年間隔で繰り返し発生させるM9クラスの巨大地震領域の北端は、Arauco半島の地下構造が不連続な位置と一致していることが示されている。  
Melnick et al. (2009)による

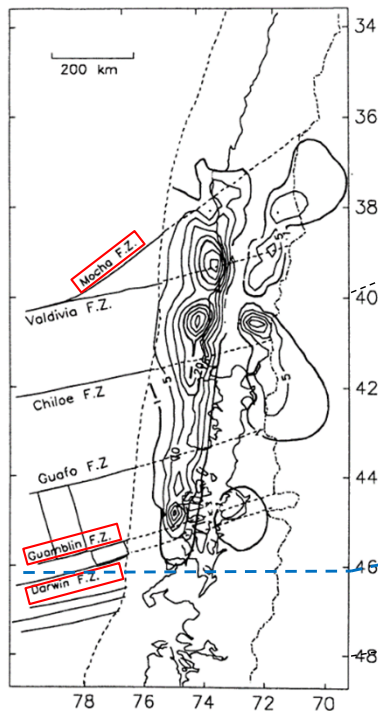


# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波 (7 / 28)

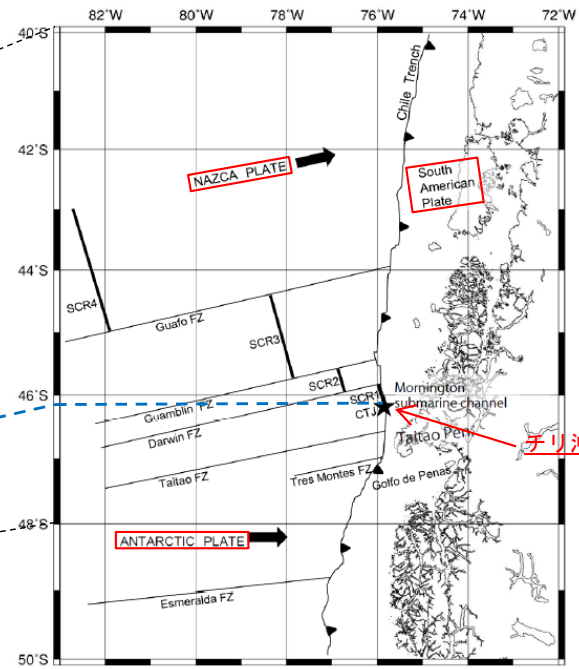
## ① 想定波源域の設定 (3 / 6) : 破壊伝播の検討 (2 / 4)

チリ沖(南端)

1960年チリ地震の地殻変動データをもとに、インバージョン法によりすべり量分布を推定した結果、1960年チリ地震の北端はMocha断裂帯、南端はGuambin断裂帯とDarwin断裂帯の位置と一致している。



Barrientos and Ward (1990) による1960年チリ地震のすべり量分布の南端の位置と「チリ沖三重会合点」はほぼ一致している。



南米チリ沖の46° 30' S付近はナスカプレート、南極プレート、南米プレートの境界である「チリ沖三重会合点」が存在する。

チリ沖三重会合点 (CTJ)

1960年チリ地震の地殻変動データを基にしたインバージョン解析により得られたすべり分布と主要な断裂帯の位置関係

Barrientos and Ward (1990) に一部加筆

チリ沖三重会合点 (CTJ)

松本ほか (2010) に一部加筆

- 1960年チリ地震の南端は、主要な断裂帯及びプレート境界が破壊伝播のバリアとなっている可能性があると考えられる。

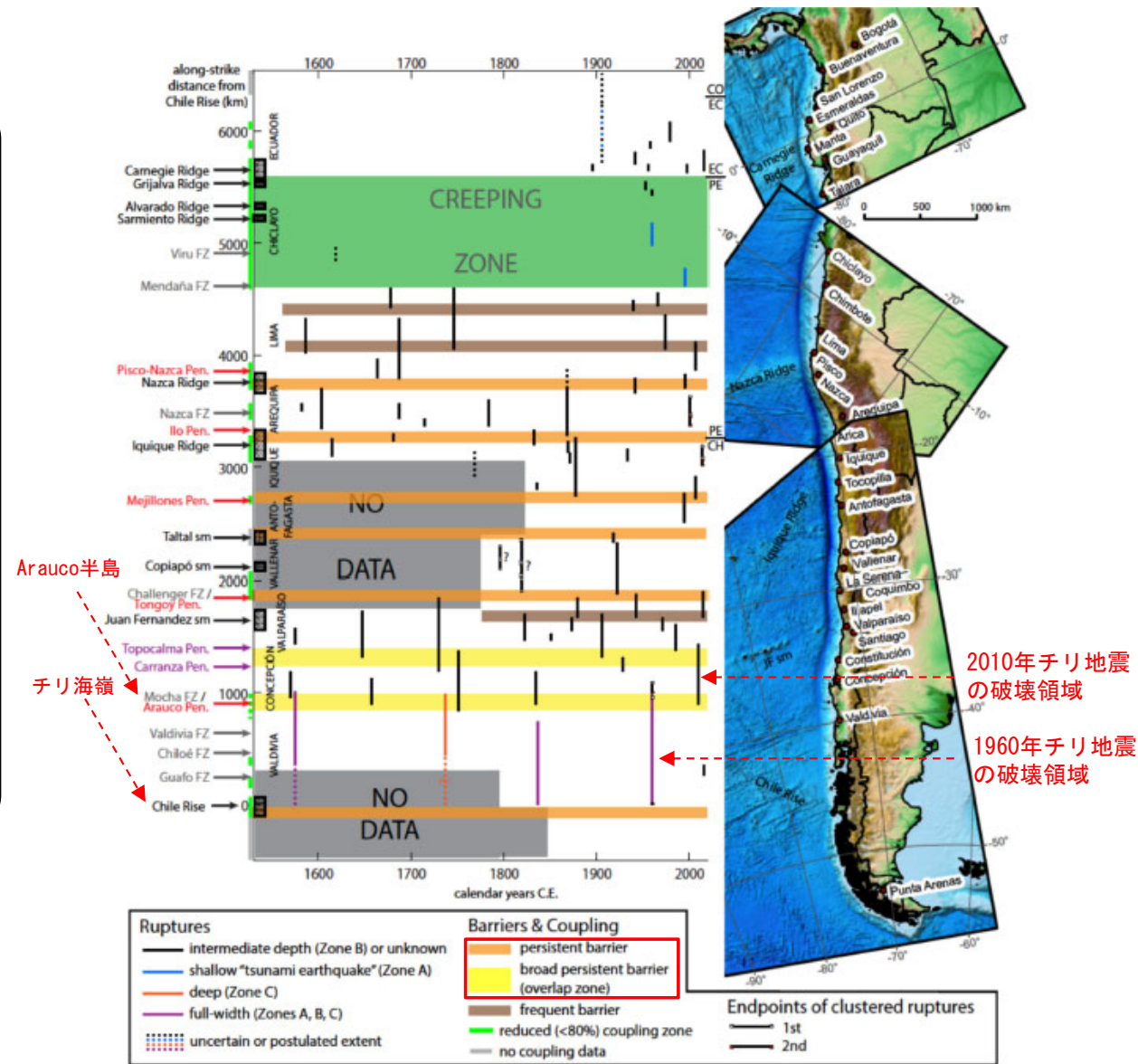


## ① 想定波源域の設定 (4/6) : 破壊伝播の検討 (3/4)

### チリ沖(北端及び南端)

- 1960年チリ地震の破壊領域北端に関する知見
  - Philibosian and Meltzner (2020) では、「Arauco半島沖は、地震の履歴からみて南北両方向からの破壊が及ぶ(2010年チリ地震(Mw8.8)等は北方から破壊が到達している)が、それより先に破壊が進行しない「恒常的なバリア」※である」と示されている。
  - Dura et al. (2017) では、「地質及び生物化石調査によれば、過去600年間で7回の巨大地震がArauco半島沖で破壊を停止している」とされている。
- 1960年チリ地震の破壊領域南端に関する知見
  - Philibosian and Meltzner (2020) では、「チリ海嶺が沈み込む南側(三重会合点付近)は、プレートの収束速度が小さく、M7.5以上の地震も発生していないことから、「恒常的なバリア」※であろう」とされている。

※: 恒常的なバリア (persistent barrier)  
Philibosian and Meltzner (2020) では、「その場所を通過した破壊がひとつも知られていないもの」を指す。



巨大地震の破壊記録 (空間的&時間的)



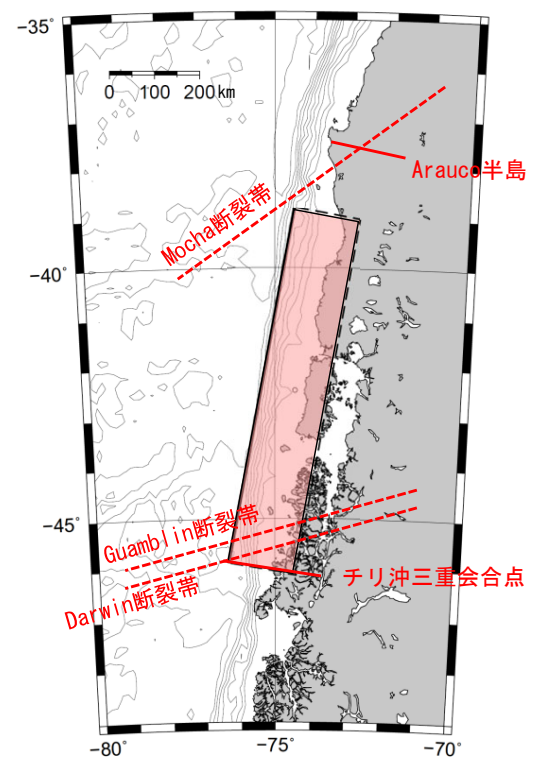
#### ① 想定波源域の設定（5 / 6）：破壊伝播の検討（4 / 4）

##### 破壊伝播の検討のまとめ

- ・ 1960年チリ地震の北端及び南端にはそれぞれ構造境界が存在すると考えられる。
- ・ 1960年チリ地震では、この構造境界のほぼ全域が破壊したと考えられる。



## ① 想定波源域の設定 (6/6) : 安全評価上の想定波源域の考え方



修正K&CモデルMw=9.4

1960年チリ地震では構造境界のほぼ全域が破壊したと考えられることから、安全評価上の想定波源域として、1960年チリ地震津波を再現するモデルの範囲とした。



### 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（11 / 28）

#### ② 剛性率の設定（1 / 2）

• 土木学会（2016）では、「地震波速度や密度に関する既往研究に基づき、海域毎に標準値が設定されており、断層全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合の剛性率は $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 」とされている。

震源付近の媒質の剛性率の標準値

海 域	根 拠	剛性率
<ul style="list-style-type: none"> <li>・西南日本陸側プレート内</li> <li>・日本海東縁部</li> <li>・プレート境界浅部（断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合）</li> </ul>	$V_p=6.0\text{km/s}$ $V_p/V_s=1.6\sim 1.7$ $\rho=2.7\sim 2.8\text{g/cm}^3$ とすれば、 $\mu=3.36 \times 10^{10} \sim 3.94 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ( $3.5 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2$ )
<ul style="list-style-type: none"> <li>・海洋プレート内</li> <li>・プレート境界深部（断層面全体が深さ20km以深に存在する場合）</li> </ul>	$V_p=8.0\sim 8.1\text{km/s}$ $V_p/V_s=1.75\sim 1.80$ $\rho=3.2\sim 3.5\text{g/cm}^3$ とすれば、 $\mu=6.31 \times 10^{10} \sim 7.50 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$7.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ( $7.0 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2$ )
<ul style="list-style-type: none"> <li>・プレート境界中央部（断層面が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合）</li> </ul>	浅部と深部の中間的値とする。	$5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ( $5.0 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2$ )

土木学会（2016）に一部加筆

## ② 剛性率の設定 (2/2)

- 1960年チリ地震の断層モデルを検討した文献において採用された剛性率を調査した\*。
- その結果、いずれのモデルにおいても剛性率 $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ が採用されており、この値は当該海域で発生するプレート間巨大地震の剛性率として妥当であると考えられる。

前ページ及び以上から、剛性率は $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ とした。

※ : Fujii and Satake (2013)に記載された津波または地殻変動を再現する1960年チリ地震のモデルのうち、剛性率が記載されているものを対象とした。

The total seismic moments from the tsunami and joint inversion results are 7.3 and  $7.2 \times 10^{22} \text{Nm}$  ( $M_w = 9.2$ ), respectively, assuming rigidity of  $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$  for all subfaults. The fault length

Fujii and Satake (2013)

The best USP fault (Fig. 4) dips  $20^\circ \text{E}$  and extends 850 km south from the Arauco Peninsula. The best southern endpoint is near the Taito Peninsula. This point is not well constrained due to the lack of information south of  $45.3^\circ \text{S}$ ; however, reports of uplift in the northern edge of the Peninsula (CERESIS 1986) suggest that faulting reached at least that far south. Seventeen metres of displacement on the 130 km wide fault contributed to a USP moment of  $9.4 \times 10^{22} \text{Nm}$  ( $\lambda = \mu = \underline{5 \times 10^{10} \text{Pa}}$ ). Our best USP fault does not differ notably from Plafker's (1972) model. Fig. 5

Barrientos and Ward (1990)



## ③ 長さ・幅・すべり量・走向・上縁深さ・傾斜角・すべり角の設定

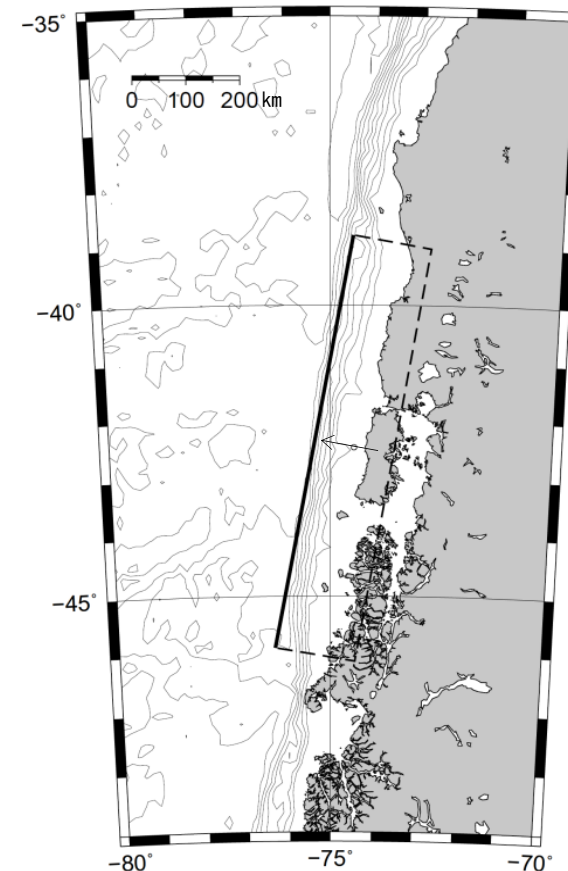
- 波源のパラメータの長さL, 幅W, すべり量D, 走向 $\theta$ , 上縁深さd, 傾斜角 $\delta$ 及びすべり角 $\lambda$ は, 歴史記録上最大の地震である1960年チリ地震津波の既往津波高の再現性が高いモデル\*のパラメータを採用した。

設定パラメータ

項目	諸元	設定根拠
長さ L (km)	800	1960年チリ地震津波の既往津波高の再現性が高いモデルのパラメータを採用
幅 W ※ (km)	150 (200)	
すべり量 D ※ (m)	28.8 (24.0)	
走向 $\theta$ (°)	10	
上縁深さ d (km)	1	
傾斜角 $\delta$ (°)	10	
すべり角 $\lambda$ (°)	90	

\*Kanamor i and Cipar (1974) の幅及びすべり量を修正して設定。

諸元の( ): 修正前の値。



修正K&Cモデル (Mw=9.4)





### 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（14 / 28）

#### ④ ライズタイムの設定

・ 後藤・佐藤（1993）の1960年チリ地震津波の津波痕跡高さ再現モデルでは、「海底の変位を海面上に与える際には、変動全体が瞬時に完了するもの」とされている。

以上より、ライズタイムは0秒（瞬時に変位完了）とした。

	明治29年	昭和8年	昭和43年	チリ津波	備考
モデル	相田(1977) MJ-6	相田(1977) SY-3	相田(1978) D2	Kanamori	
長さ (km)	210	185	150	800	
幅 (km)	50	50	100	200	
上端の深さ (km)	1	1	1	53	
傾斜角 (°)	20	45	20	10	
傾斜方向	S66° W	N90° W	S66° W	S80° E	
すべり量					
縦ずれ (m)	-10.6	6.6	-2.5	-24.0	+: 正断層
横ずれ (m)	-6.7	0.0	-3.2	0.0	+: 左ずれ
断層の 左上	緯度 40° 57' 経度 143° 18'	緯度 40° 10' 経度 144° 30'	緯度 41° 35' 経度 143° 35'	—	
断層の 左下	緯度 39° 14' 経度 144° 15'	緯度 38° 30' 経度 144° 30'	緯度 40° 19' 経度 144° 13'	—	

上記の断層パラメータが与えられると、断層近傍の海底面（地表面）での鉛直変位分布は弾性論を基礎とした Mansinha and Smylie<sup>10)</sup> の方法により計算で求めることができる。この鉛直変位を海面の水位として与えて、津波数値計算の初期条件とする。

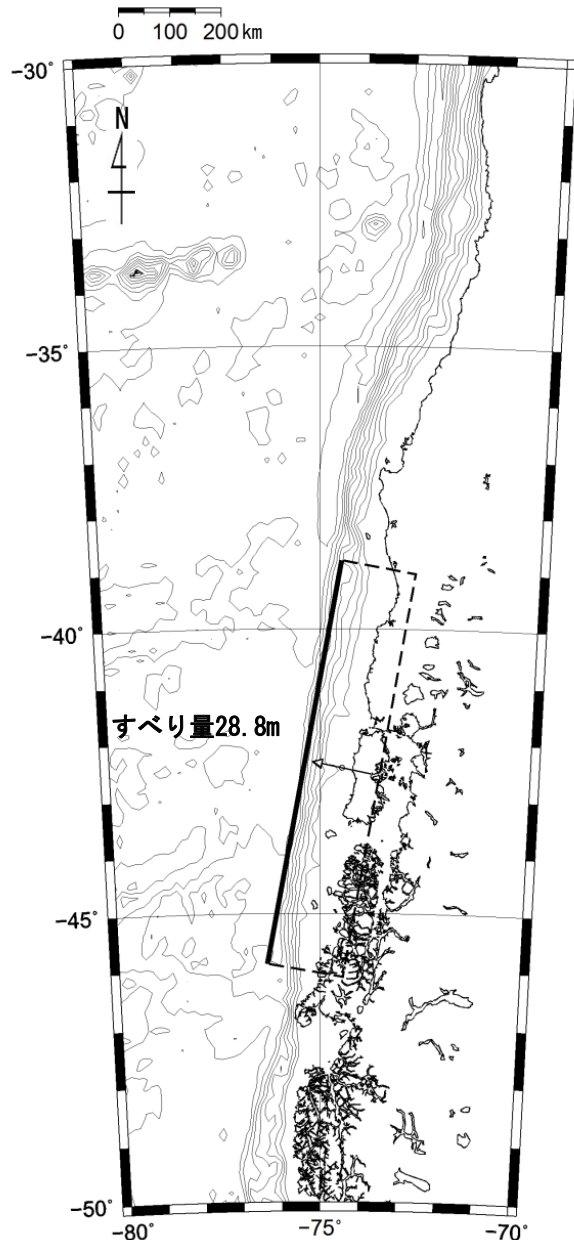
海底の変位を海面上に与える際には、変動全体が瞬時に完了するものとしている。実際の地震断層運動においては、変動は瞬間的に生じるのではなく、数秒から100秒程度の継続時間を持つことが知られているが、津波の発生時の水位変動としては、瞬間的に海面上に変化が生じた場合と、1から2分の立ち上がり時間で完了させた場合とでは、ほとんど差がないことが確認されている<sup>11)</sup>。

後藤・佐藤(1993)に一部加筆



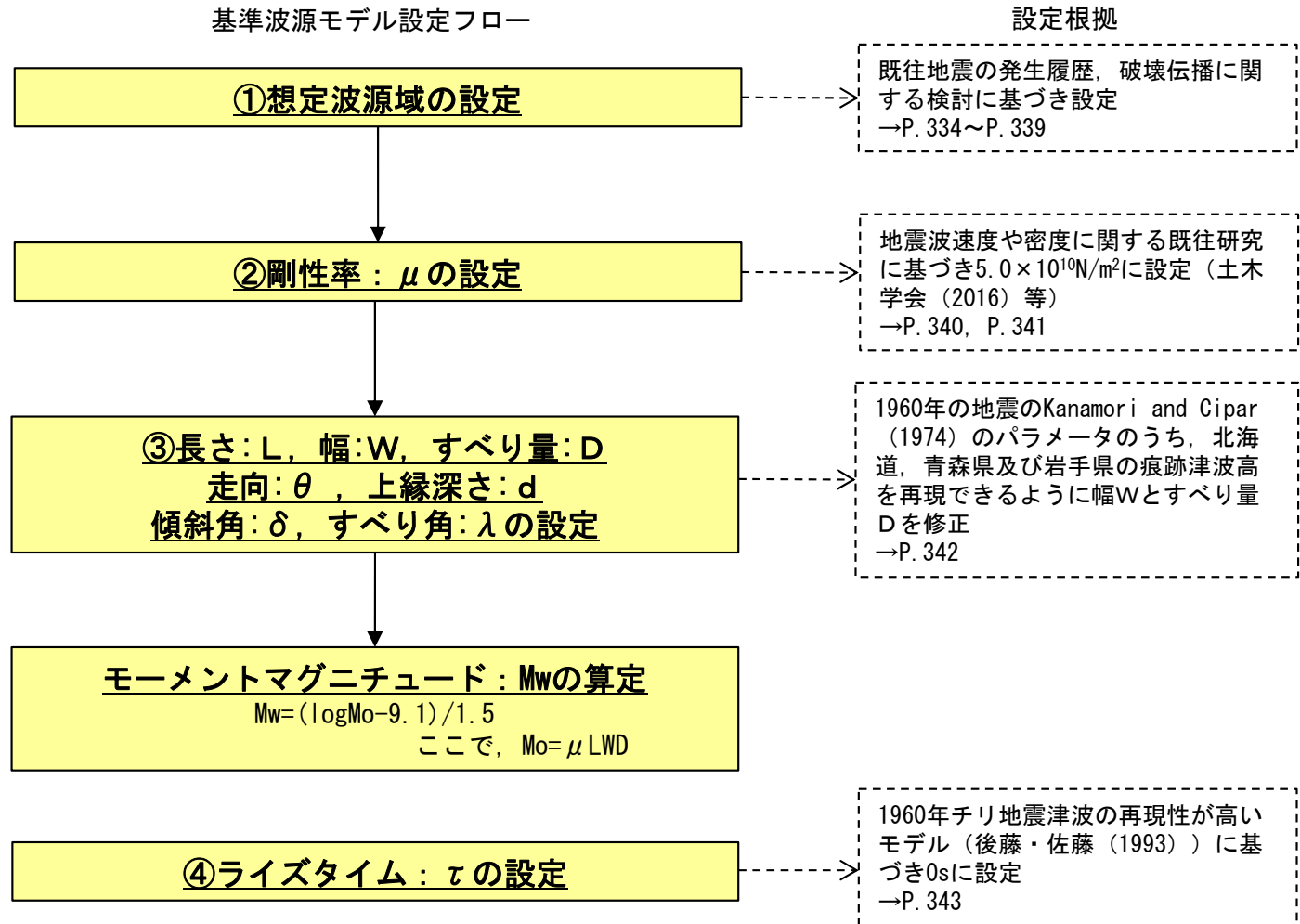
# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波 (15 / 28)

## 基準波源モデルの設定 : まとめ (1 / 2)



基準波源モデル (修正K&CモデルMw=9.4)

以下のフロー及び設定根拠に基づき、基準波源モデルを設定した。





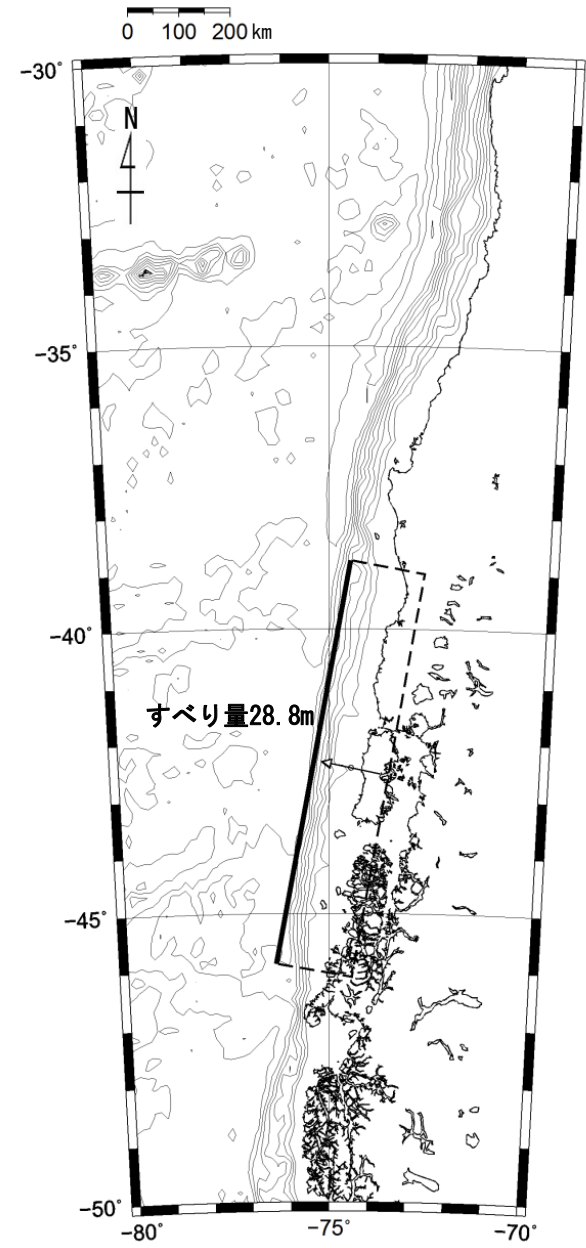
## 基準波源モデルの設定：まとめ (2/2)

・ 想定波源域及び地震規模は、1960年チリ地震津波の既往津波高を再現するモデル※を参照し設定した。

基準波源モデルのパラメータ

項目	諸元	主な設定根拠
モーメントマグニチュード $M_w$	9.43 (9.46)	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$
長さ $L$ (km)	800	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル
幅 $W$ ※ (km)	150 (200)	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデルを基本とし、再現性が確認できる量に修正
すべり量 $D$ ※ (m)	28.8 (24.0)	
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) 等
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$1.73 \times 10^{23}$ ( $1.92 \times 10^{23}$ )	$M_0 = \mu LWD$
走向 $\theta$ (°)	10	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル
上縁深さ $d$ (km)	1	
傾斜角 $\delta$ (°)	10	
すべり角 $\lambda$ (°)	90	
ライズタイム $\tau$ (s)	0	

※：Kanamori and Cipar (1974) の幅及びすべり量を修正して設定。  
( )：修正前の値。



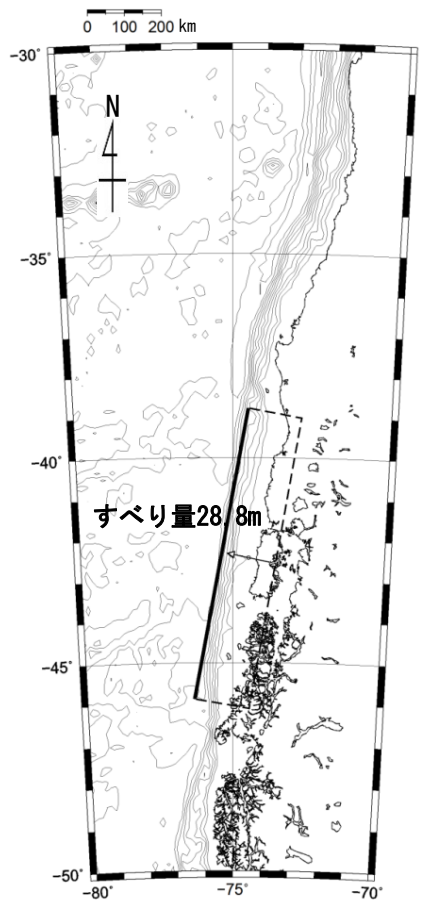
基準波源モデル



## パラメータスタディ

○パラメータスタディは、概略と詳細の2段階で実施するものとし、概略パラスタは津波水位に対して支配的因子、詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである。パラスタ詳細は以下のとおり。

- 概略パラスタとして、断層の位置、及び走向を組合せた検討を実施した。
- 詳細パラスタとして、概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる2つの波源モデルを対象に、傾斜角及び上縁深さを組合せた検討を実施した。



基準波源モデル

### 概略パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
断層の位置	基準, 北方へ100km, 200km	3	計 9
走向	基準 (10°), 基準±5°	3	

### 詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
傾斜角	基準 (10° : 概略パラスタケース), 基準±5°	3	計 9
上縁深さ	0 km, 1 km (基準 : 概略パラスタケース), 2 km	3	



# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波（18／28）

## 基準波源モデルの諸元及びパラメータスタディ整理表

・ 基準波源モデルの各パラメータに対し、パラスタ実施の考え方について以下のとおり整理した。

項目	基準波源モデル		パラメータスタディ		
	諸元	主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変動幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
モーメントマグニチュード Mw	9.4	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	—	—	他諸元からの算定値
長さ L (km)	800	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル	—	—	既往最大規模の地震津波の再現モデルを適用
幅 W (km)	150 (200)	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデルを基本とし、再現性が確認できる量に修正	—	—	
すべり量 D (m)	28.8 (24.0)		—	—	
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016)	—	—	既往の地下構造情報及び既往モデルを基に設定
地震モーメント Mo (N・m)	$1.73 \times 10^{23}$	$Mo = \mu LWD$	—	—	他諸元からの算定値
走向 $\theta$ (°)	10	1960年チリ地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル	概略パラスタ	±5°	海溝軸から大きくはみ出さない範囲
上縁深さ d (km)	1		詳細パラスタ	±1 km	再現モデルを参照し前後1 kmとした
傾斜角 $\delta$ (°)	10		詳細パラスタ	±5°	土木学会 (2002) の日本海溝・千島海溝の標準偏差を参照
すべり角 $\lambda$ (°)	90		—	—	鉛直変位量が最大となる設定
ライズタイム $\tau$ (s)	0		—	—	既往津波を再現する設定かつ津波高さが大きくなる設定
断層の位置	1960年チリ地震津波を再現するモデルの範囲		概略パラスタ	北方へ100km, 200km	プレート境界や構造境界を考慮して波源長さの1/10程度

諸元の( ) : 修正前の値。



## パラスタ因子の妥当性について

チリ沖に想定される地震に伴う津波に関するパラメータスタディ検討因子は、土木学会（2016）におけるパラメータスタディを原則実施する因子ともおおむね整合する。

表 3.1-1 パラメータスタディの因子（○：パラメータスタディを原則実施する因子）

海域または地震のタイプ	静的パラメータ							動的パラメータ		
	位置	大すべり領域位置	走向	傾斜角	傾斜方向	すべり角	上縁深さ	破壊開始点	破壊伝播速度	ライズタイム
プレート間逆断層地震と津波地震の連動	○※1	○	-	-	-	○※2	-	○	○	○
プレート間逆断層地震 (不均質モデルの場合)										
プレート間逆断層地震 (均質モデルの場合)	○※1	-	○	○	-	○※2	○	-	-	-
日本海溝沿い (プレート内正断層)	○	-	○	○	-	- (270度固定)	○	-	-	-
日本海溝沿い (津波地震) (均質モデルの場合)	○	-	○	○	-	○※2	○	-	-	-
日本海東縁部 (地殻内地震)	○	○	○	○	○※4	- (90度固定)	○	-	-	-
海域活断層 (上部地殻内地震)	-	○※5	-	○※5	○※6	○※3	○	-	-	-

※1 基本断層モデルを地震活動域全体に設定する場合を除く  
 ※2 すべり方向のばらつきを考慮して走向に連動  
 ※3 応力場のばらつきを考慮して傾斜角に連動  
 ※4 西傾斜, 東傾斜  
 ※5 調査により明確な場合は固定  
 ※6 不明な断層は両方向

土木学会（2016）に一部加筆

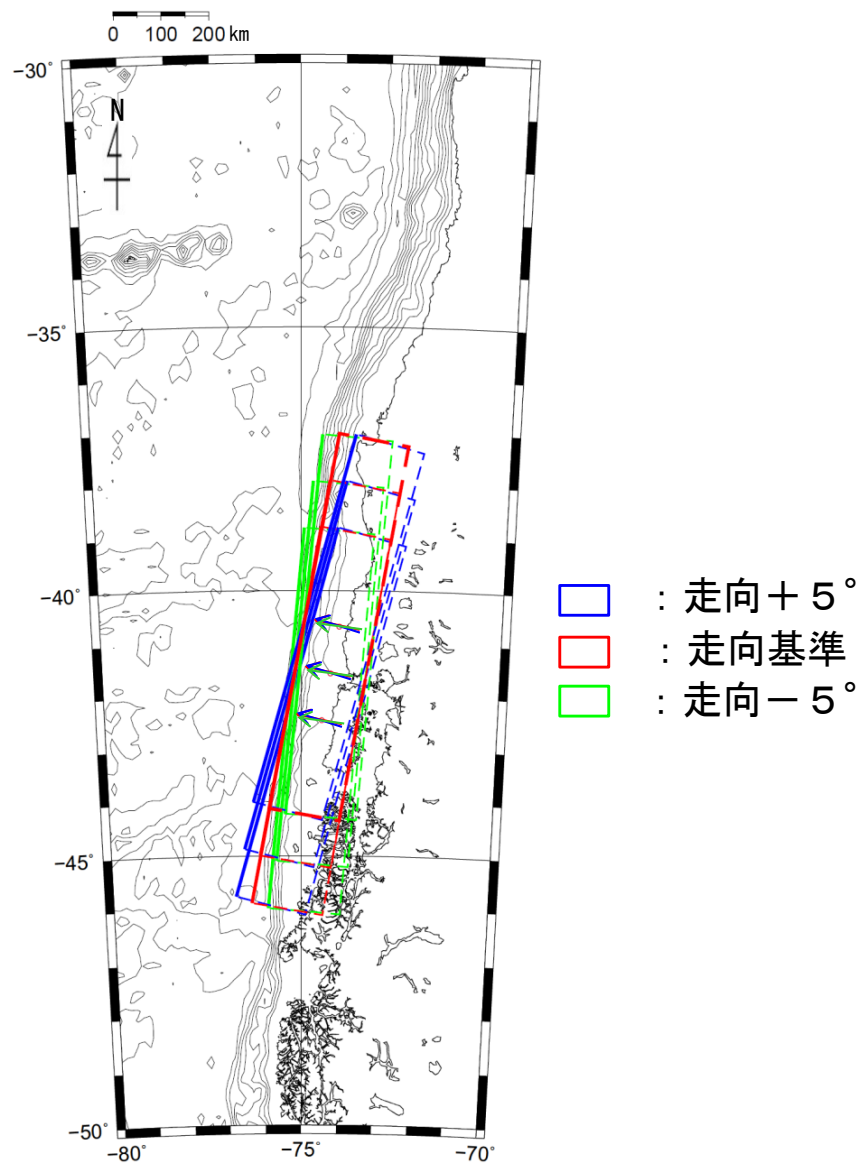


## 概略パラメータスタディ (1/4) : 断層の位置・走向変化ケース

断層の位置と走向を変化させる検討を実施した。

概略パラメータスタディ

項目	値の範囲	備考
断層の位置	基準 北方へ100km 北方へ200km	プレート境界 (S46° 付近) や構造境界 (S37° 付近) を考慮して波源長さ (800km) の1/10程度を移動。
走向	基準 (10° ) 基準 ± 5°	海溝軸から大きくはみ出さない範囲で設定。



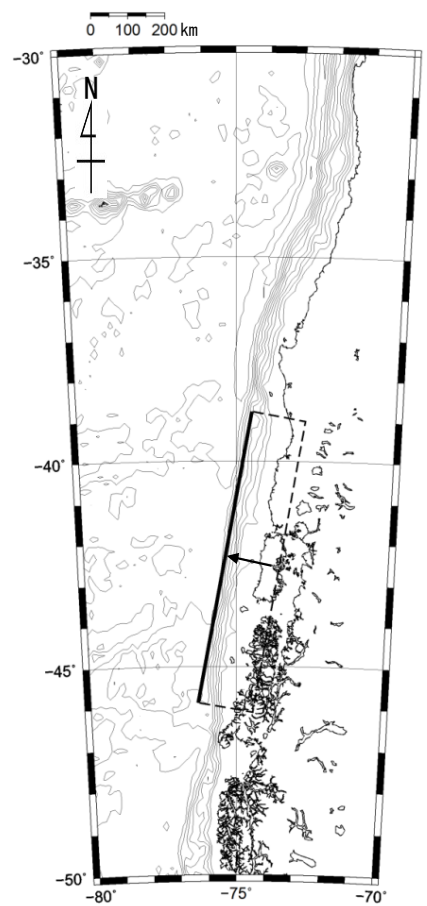
概略パラメータスタディ



## 概略パラメータスタディ (2 / 4) : 検討結果

概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

**最大水位上昇及び最大水位下降ケース**  
 ・位置：基準  
 ・走向：基準



最大ケースの波源モデル

概略パラメータスタディ結果一覧

南北位置	走向	最大水位上昇量	最大水位下降量
北方へ+200km	-5°	2.07m	-2.48m
	基準	1.99m	-2.39m
	+5°	1.87m	-2.00m
北方へ+100km	-5°	2.18m	-2.71m
	基準	2.14m	-2.69m
	+5°	2.00m	-2.11m
基準	-5°	2.34m	-2.68m
	基準	2.34m*	-2.79m
	+5°	1.95m	-2.34m

※: 小数第3位まで考慮すると基準走向で最大。

- : 概略パラスタ 最大水位上昇ケース
- : 概略パラスタ 最大水位下降ケース

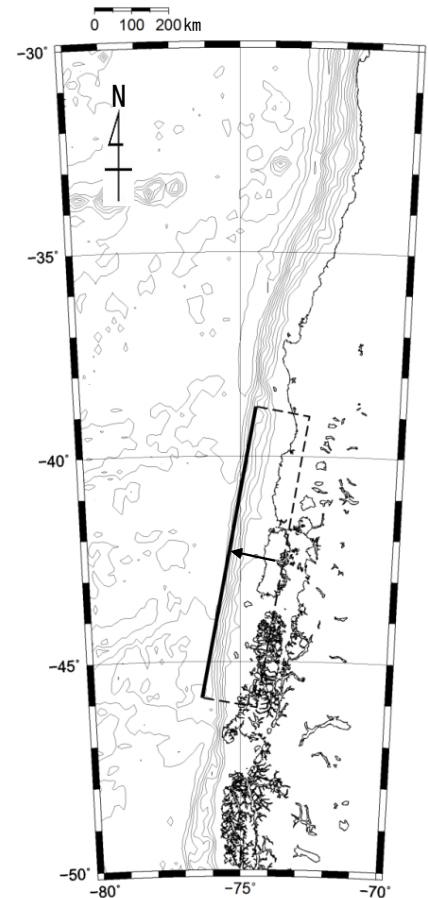
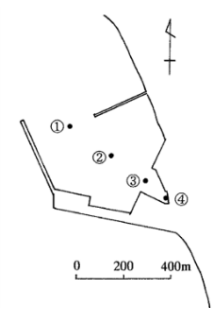




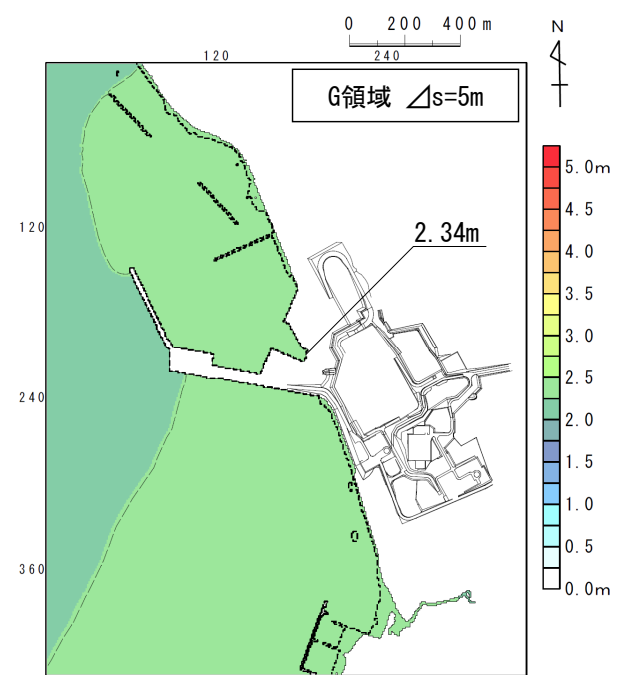
## 概略パラメータスタディ (3/4) : 最大水位上昇ケース検討結果

敷地における概略パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

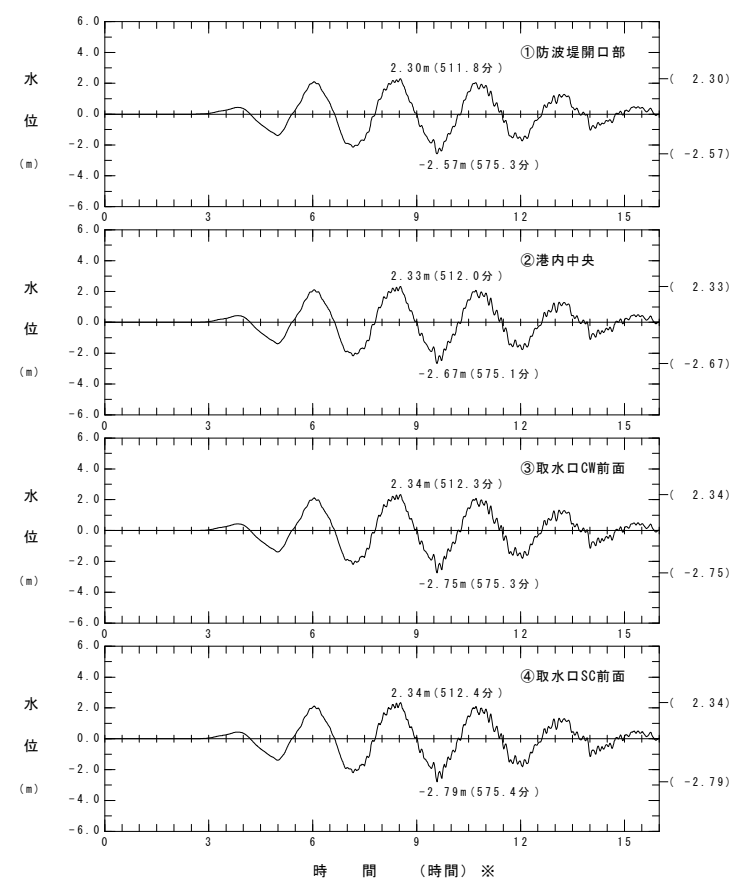
**最大水位上昇ケース**  
 ・位置：基準  
 ・走向：基準



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

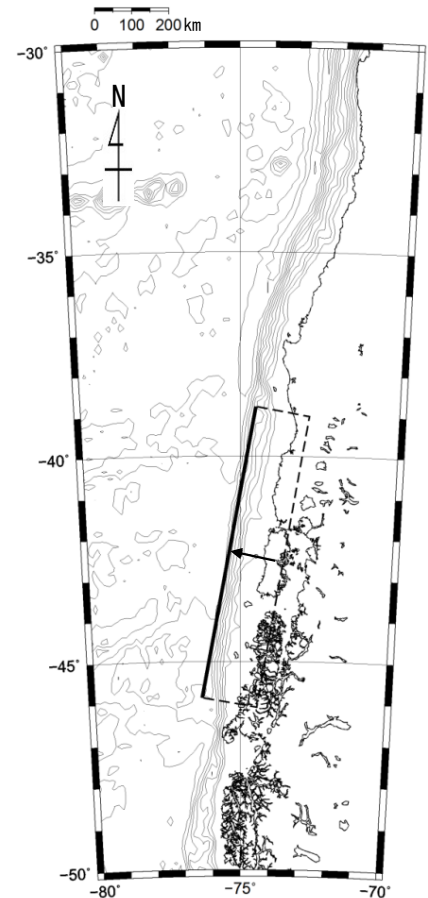
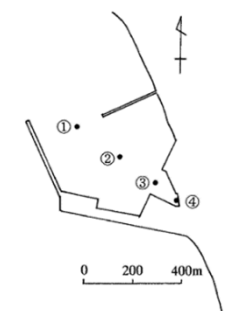
※：地震発生20時間後を0時間としている。



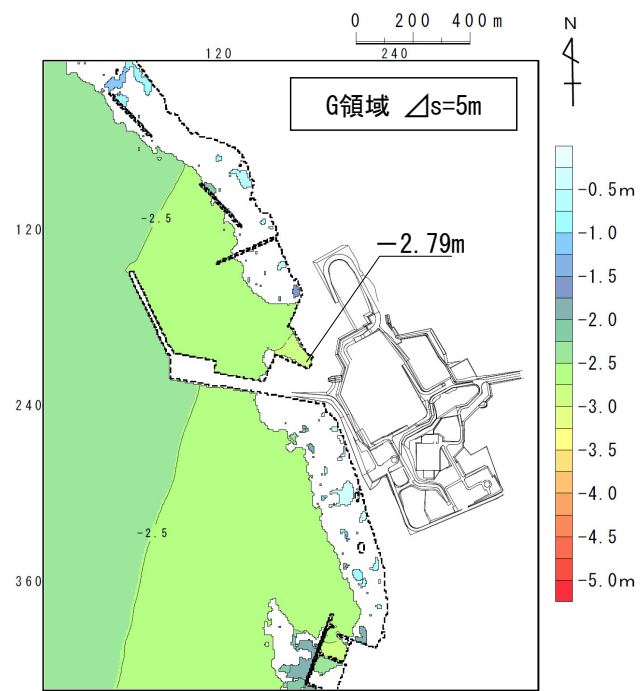
## 概略パラメータスタディ (4 / 4) : 最大水位下降ケース検討結果

取水口スクリーン室前面における概略パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

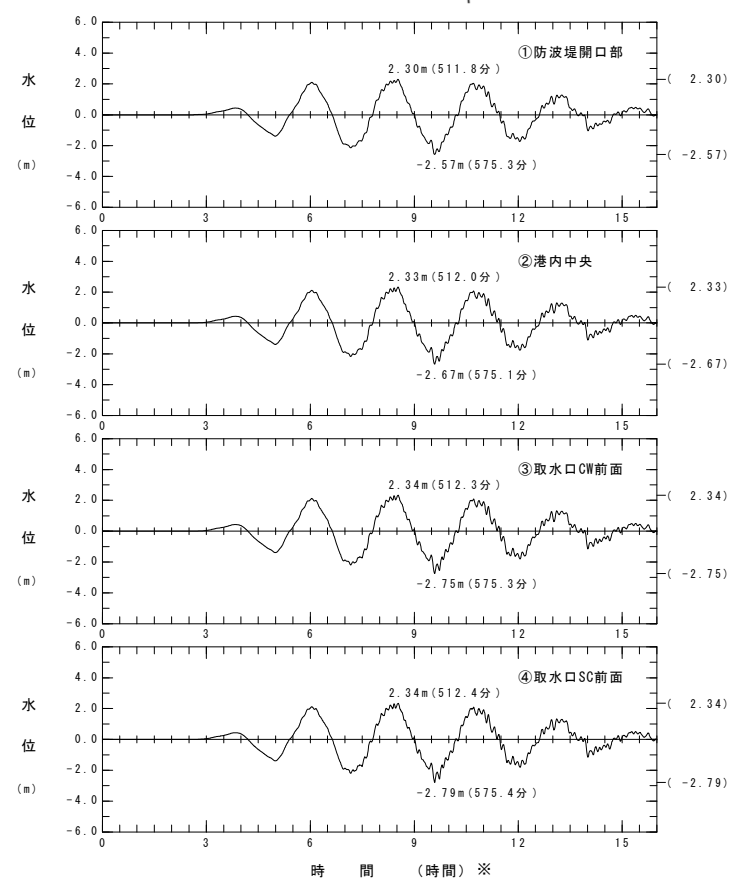
**最大水位下降ケース**  
 ・位置：基準  
 ・走向：基準



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

※地震発生20時間後を0時間としている。



# 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波 (24 / 28)

## 詳細パラメータスタディ (1 / 4) : 傾斜角・上縁深さ変化ケース

傾斜角と上縁深さを変化させる検討を実施した。

詳細パラメータスタディ

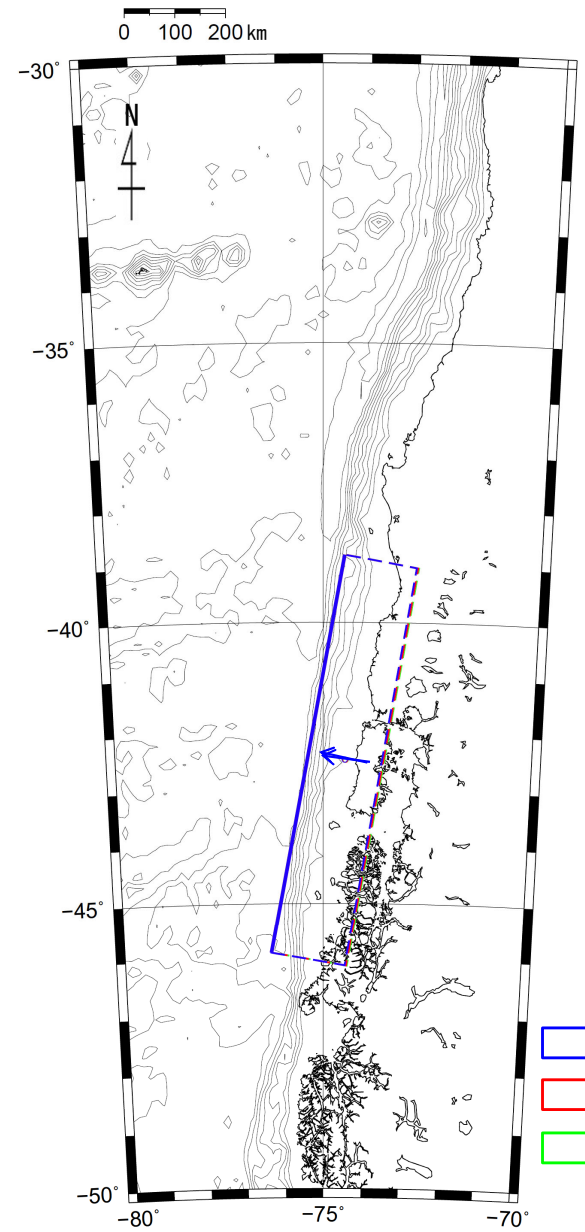
項目	値の範囲	備考
傾斜角	基準 (10°) 基準±5°	土木学会 (2002) の日本海溝・千島海溝の標準偏差を参照した。
上縁深さ	基準 (1 km) 基準±1 km	再現モデルが1 kmであることから、ごく浅いと想定し、±1 kmとした。

既存断層パラメータのばらつきの評価結果

海域大区分	海域小区分	萩原マップで対応する海域区分	解析対象データ	データ数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)		
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
日本海溝 千島海溝 (南部)	千島海溝南部	41°N以北	G1	プレート間逆断層地震のハーバード解	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4
	日本海溝北部	38~41°N	G2		29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7
	日本海溝南部	35.3~38°N	G3		14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1
日本海東縁部	北部	40°N以北	F	断層モデル	6(3)	-2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N以南 138°E以东			5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

(注)・日本海溝および千島海溝 (南部) 沿い海域では、ハーバード CMT による発震機構解 (1976年1月~2000年1月に発生した  $M_w$ 6.0以上、深さ60km以下の地震) を解析対象とした。  
 ・日本海東縁部では、発震機構解の節面の特定が困難であるため、津波の痕跡高を説明できる断層モデルのパラメータを用いてばらつきを評価した。  
 ・「すべり方向」は、スリップベクトルの水平投影が真北から時計回りになす角度である。  
 ・日本海東縁部のデータ数のうち括弧内の値は、走向に対して適用した1枚断層換算のモデル数である。  
 ・日本海東縁部 (南部) の新潟地震モデルには Noguera and Abe (1992) を採用している。天保山形沖地震 (1833) は沖合・沿岸近くの両モデルを採用している。  
 ・萩原マップは萩原尊禮編(1991)による。

土木学会 (2002) に一部加筆



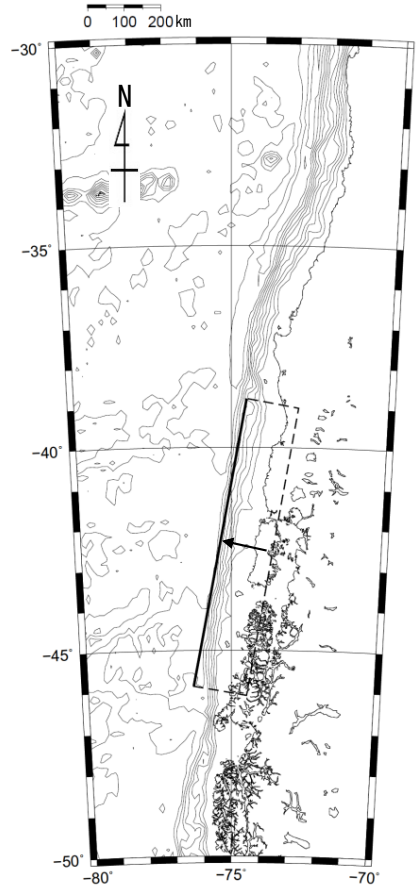
詳細パラメータスタディ



## 詳細パラメータスタディ (2 / 4) : 検討結果

詳細パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

- 最大水位上昇及び最大水位下降ケース**
- ・ 位置 : 基準
  - ・ 走向 : 基準
  - ・ 傾斜角 : +5°
  - ・ 上縁深さ : 2 km



最大ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧

南北位置	走向	傾斜角	上縁深さ	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準	基準	-5°	0 km	1.39m	-1.73m
			1 km	1.38m	-1.74m
			2 km	1.43m	-1.83m
		基準	0 km	2.35m	-2.79m
			1 km	2.34m	-2.79m
			2 km	2.37m	-2.86m
		+5°	0 km	3.04m	-3.43m
			1 km	3.02m	-3.43m
			2 km	3.06m	-3.48m

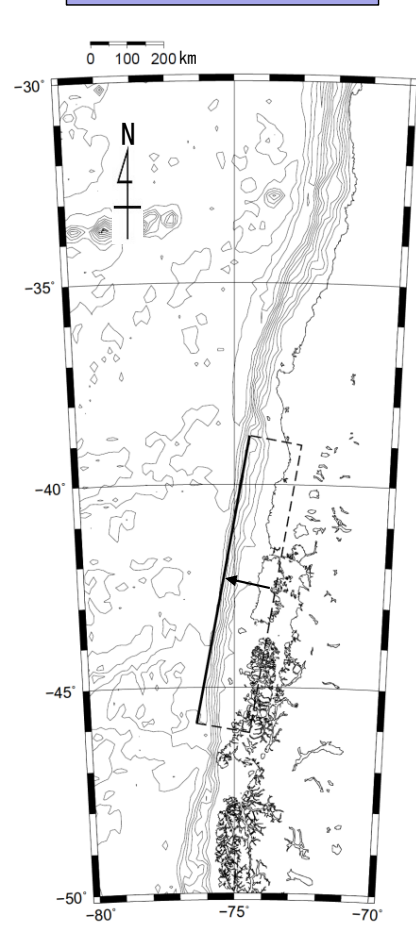
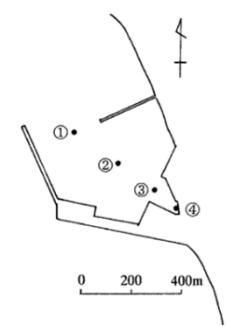
- : 詳細パラスタ 最大水位上昇ケース
- : 詳細パラスタ 最大水位下降ケース



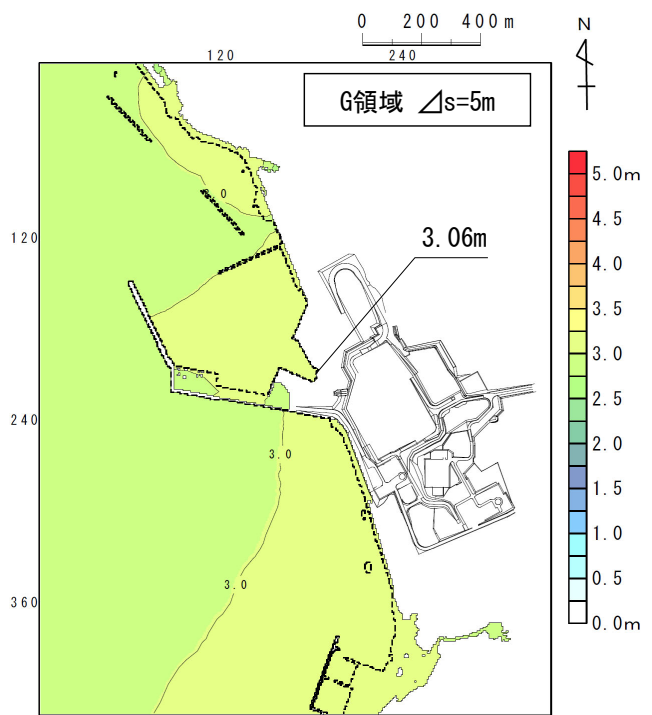
## 詳細パラメータスタディ (3 / 4) : 最大水位上昇ケース検討結果

敷地における詳細パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

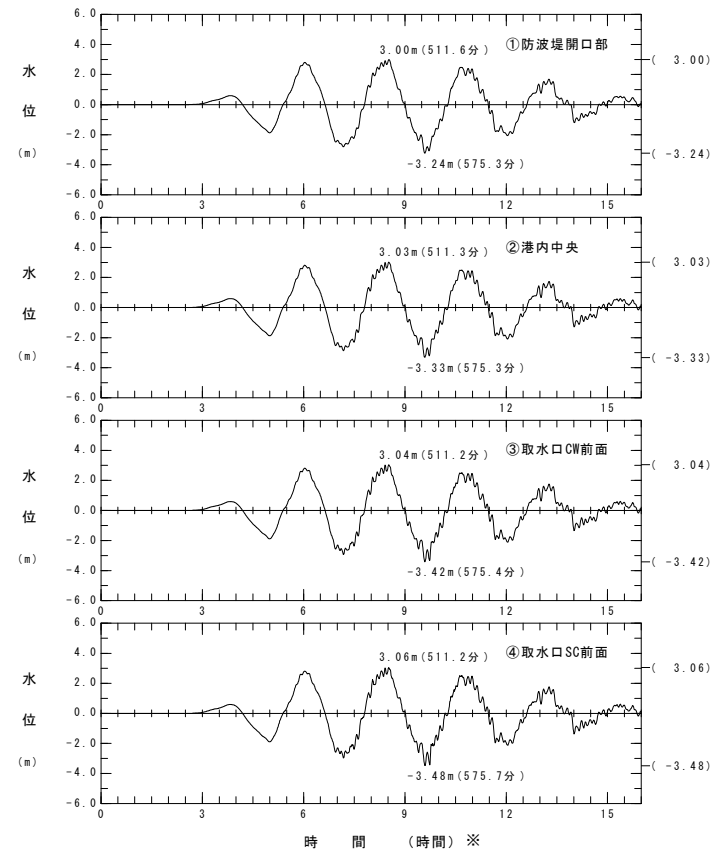
- 最大水位上昇ケース**
- ・位置：基準
  - ・走向：基準
  - ・傾斜角：+5°
  - ・上縁深さ：2 km



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

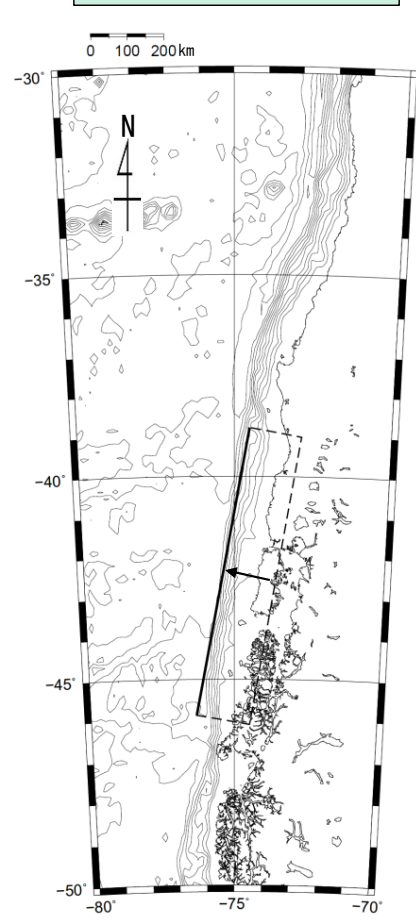
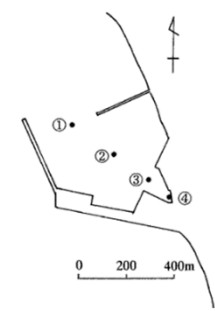
※：地震発生20時間後を0時間としている。



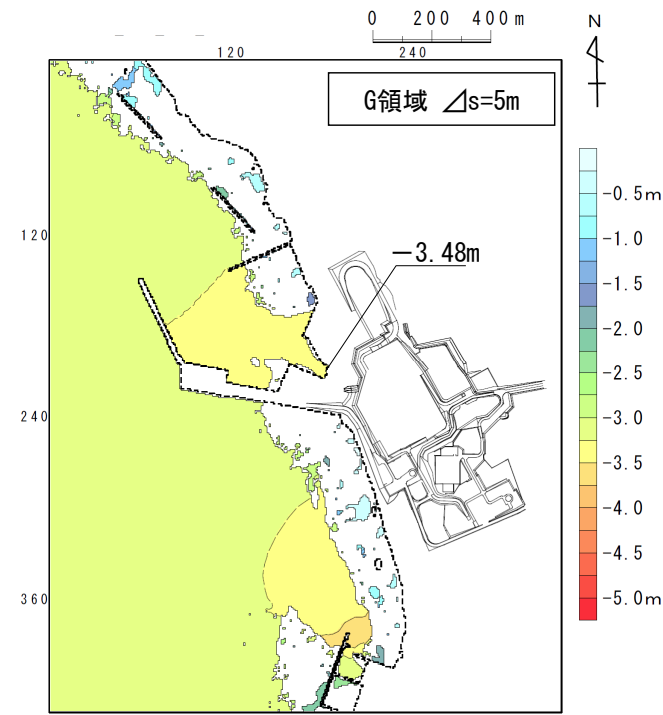
## 詳細パラメータスタディ (4 / 4) : 最大水位下降ケース検討結果

取水口スクリーン室前面における詳細パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

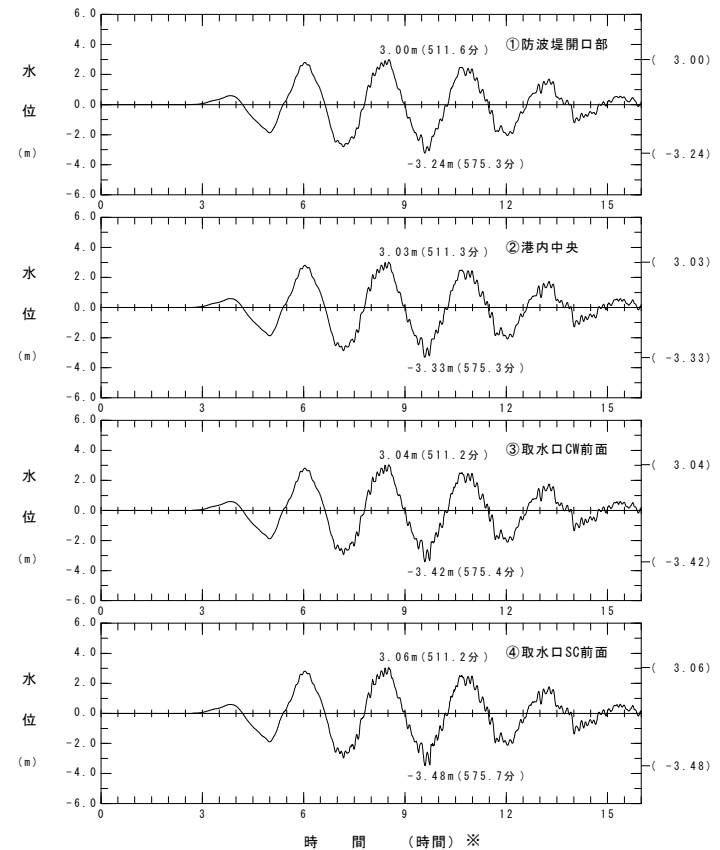
- 最大水位下降ケース**
- ・ 位置 : 基準
  - ・ 走向 : 基準
  - ・ 傾斜角 : +5°
  - ・ 上縁深さ : 2 km



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

※地震発生20時間後を0時間としている。

チリ沖に想定される地震に伴う津波検討結果

チリ沖に想定される地震に伴う津波の検討結果は下表のとおりである。

## チリ沖に想定される地震に伴う津波検討結果


	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
概略パラメータスタディ	2.34m	-2.79m
詳細パラメータスタディ	3.06m	-3.48m


(余白)



# 目次

1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. **地震による津波**
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 3-4. **海域活断層に想定される地震に伴う津波**
  - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
  - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

# 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (1 / 5)



## 対象活断層及び評価方針

- 地震規模及び敷地との距離・位置関係を考慮し、津軽海峡周辺において活動が後期更新世以降に及んでいることを否定できない断層のうち主要なものを対象とした。
- さらに、大間付近の仮想的な隆起域を説明する仮想的な活断層（隆起再現断層）についてもその影響を確認する。（P. 361参照）
- 阿部（1989）の簡易予測式を用いた推定津波高を基に以下のとおりスクリーニングを実施する。
  - ✓推定津波高さが $2.90\text{m}^{\times 1}$ 未満の場合は推定津波高さを採用する。
  - ✓推定津波高さが $2.90\text{m}^{\times 1}$ 以上の場合は、数値シミュレーションにより敷地への影響を確認する。

※1：各検討対象海域の津波による敷地における最大水位上昇量のうち最低値（三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の敷地における最大水位上昇量）。また、下表のとおり津波波高2m～4m程度では鉄筋コンクリートビルに被害は生じないという知見も参照した。

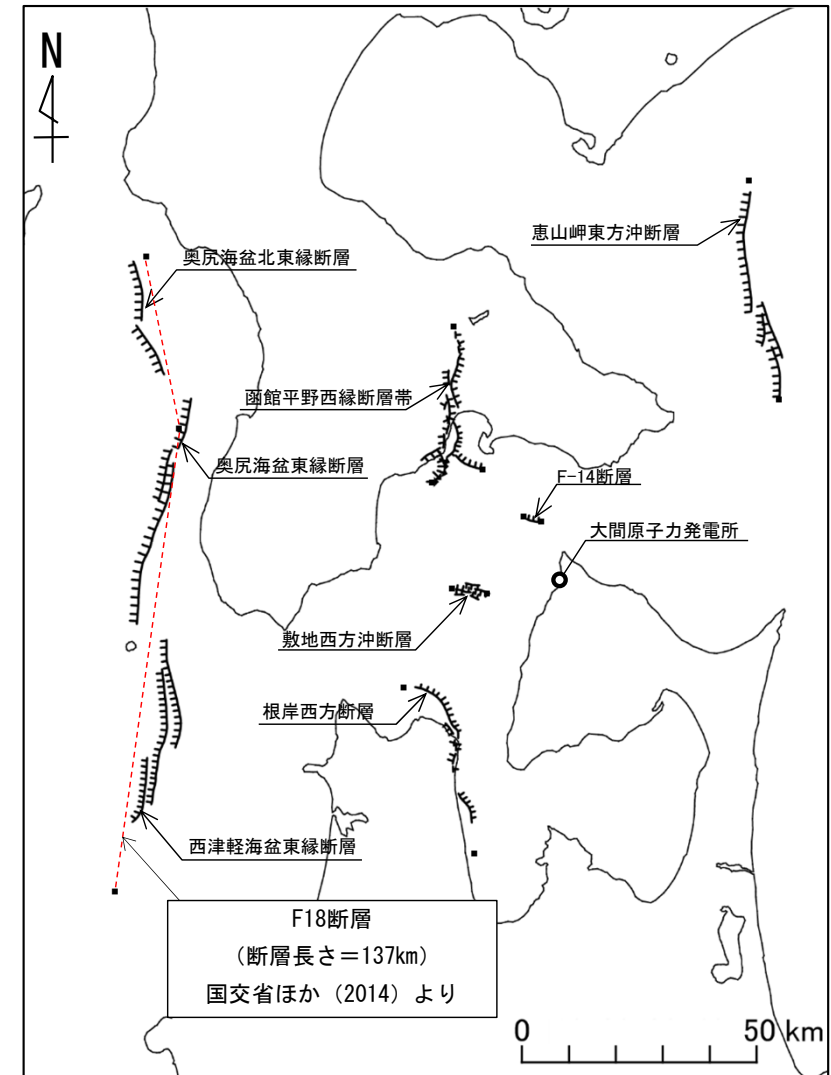
津波波高(m)	1	2	4	8	16	32
木造家屋	部分的破壊	全面破壊				
石造家屋		持ちこたえる		全面破壊		
鉄筋コンクリートビル		持ちこたえる				全面破壊

【気象庁HPより：津波の高さによってどのような被害が発生するのですか？】

## 対象断層

場所	名称	断層長さ L (km)	津波の伝播距離 Δ (km)	
津軽海峡内	F-14断層	3.4	12	
	敷地西方冲断層	7.2	20	
	函館平野西縁断層帯	海域南西延長部を含む	33	36
		海域南東延長部を含む	31	33
	根岸西方断層	38	49	
太平洋側	恵山岬東方冲断層	47	74	
日本海側	奥尻海盆北東縁断層～ 奥尻海盆東縁断層～ 西津軽海盆東縁断層の連動※2	137	90	

※2：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価



## 凡例

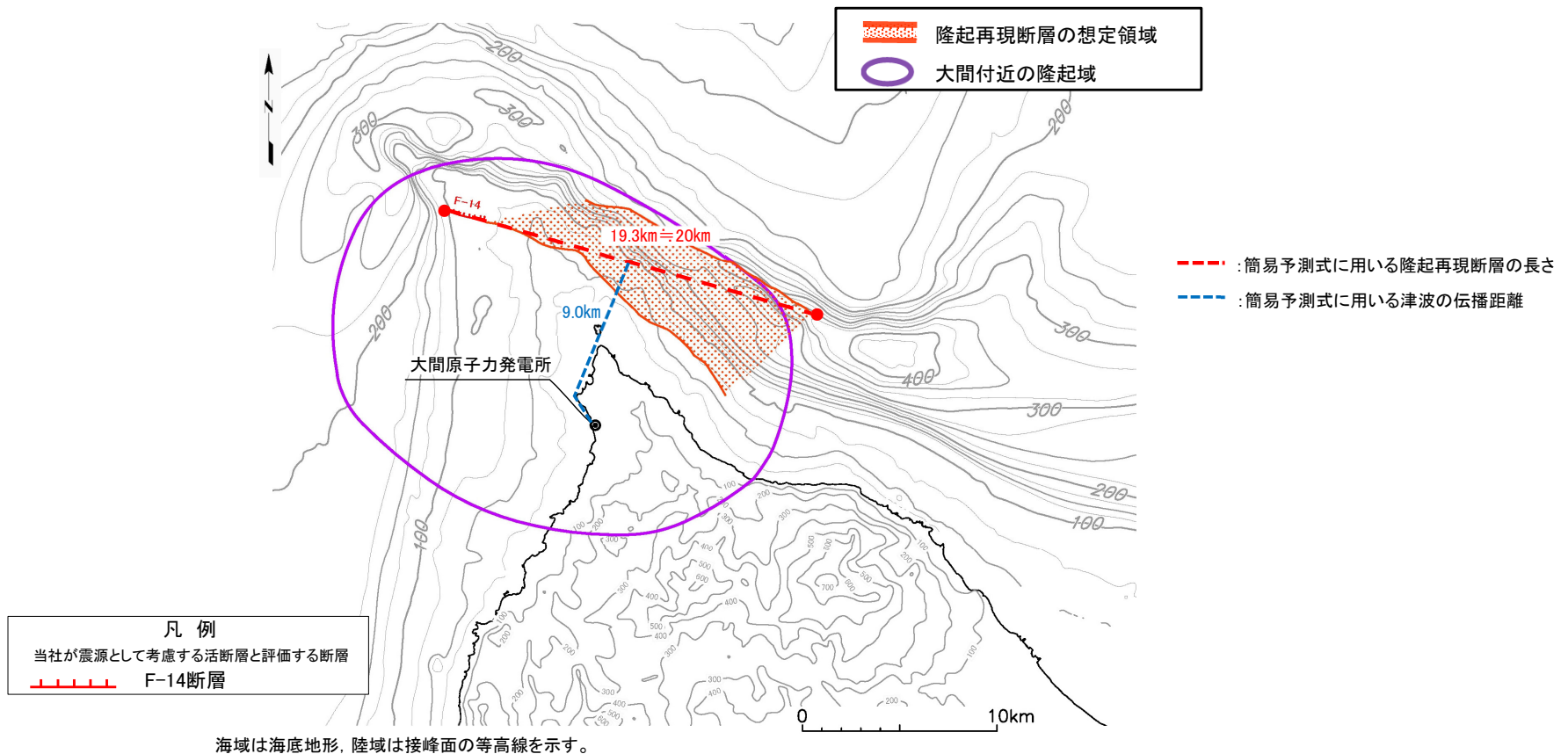
- (---) : 主な活断層（撓曲）
- : 断層の端点
- (短線または矢印は落ちの方向を示す)

## 活断層分布



## 隆起再現断層の設定※

- 第922回審査会合において、以下に示すF-14断層を起点とする仮想的な活断層を想定する領域を示した。
- ここでは、隆起再現断層を対象に阿部（1989）の簡易予測式を用いた推定津波高を保守的に評価できるように隆起再現断層の長さ及び津波の伝播距離を以下のとおり設定する。
  - ✓ 隆起再現断層の長さ：F-14断層及び隆起再現断層の想定領域を考慮し最も長くなるようにF-14断層西端から隆起再現断層の想定領域の北東端を結ぶ直線の長さとする（19.3km≒20km）
  - ✓ 津波の伝播距離：大間原子力発電所から隆起再現断層中心までの最短距離とする（9.0km）



※敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造に関する審議内容を反映して作成。今後、内陸地殻内地震の地震動評価に係る審議において、上記の検討条件が変更となった場合には、本資料に反映する。

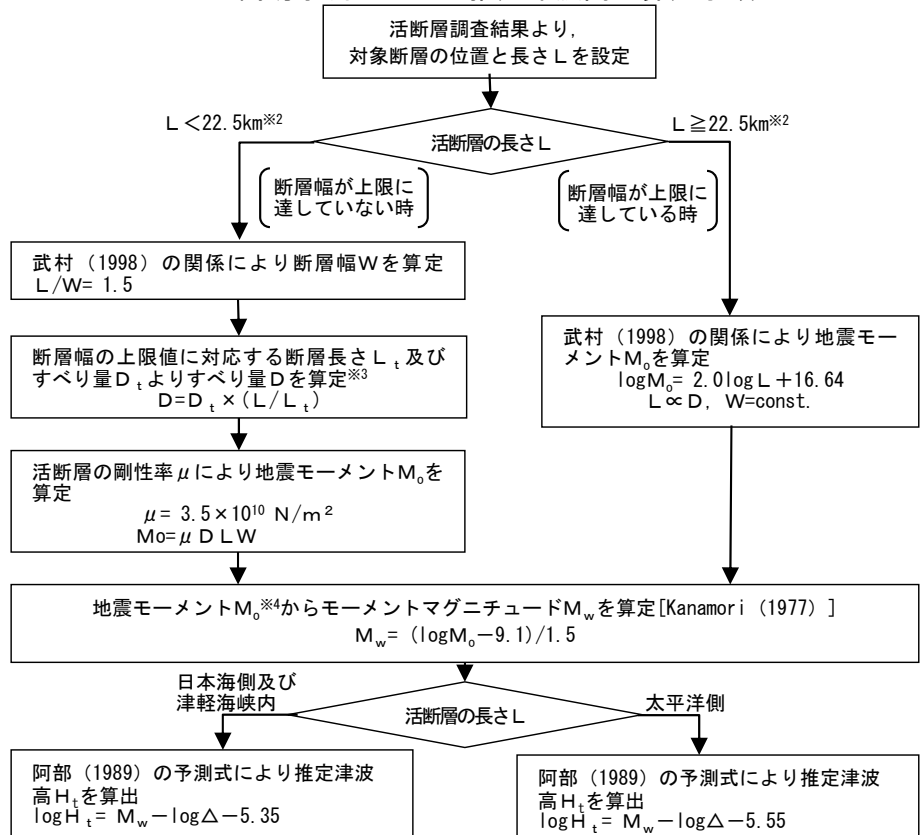


# 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (3 / 5)

## 検討結果

- 海域活断層に想定される地震に伴う津波の推定津波高は、最大で奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動※1（以下「奥尻海盆東縁断層等の連動」という。）の3.9mである。
- 奥尻海盆東縁断層等の連動による推定津波高さが2.90mを上回ったため、奥尻海盆東縁断層等の連動による影響評価について数値シミュレーションによる詳細検討を実施する。（P.363, P.364参照）

簡易予測式による推定津波高の算定手順



簡易予測式による推定津波高の算定結果

場所	名称	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	すべり量 D (m)	地震モーメント Mo (N·m)	海域部の断層長さ L' (km)	海域部の地震モーメント Mo' (N·m)	津波の伝播距離 Δ (km)	海域部のモーメントマグニチュード Mw	推定津波高 Ht (m)	
津軽海峡内	F-14断層	3.4	2.3	0.28	7.66 × 10 <sup>16</sup>	3.4	7.66 × 10 <sup>16</sup>	12	5.2	0.1	
	敷地西方冲断層	7.2	4.8	0.60	7.26 × 10 <sup>17</sup>	7.2	7.26 × 10 <sup>17</sup>	20	5.8	0.1	
	函館平野帯 西縁断層帯	海域南西延長部を含む	33	15	2.74	4.75 × 10 <sup>19</sup>	15	2.16 × 10 <sup>19</sup>	36	6.8	0.8
		海域南東延長部を含む	31	15	2.58	4.19 × 10 <sup>19</sup>	14	1.89 × 10 <sup>19</sup>	33	6.8	0.9
		根岸西方断層	38	15	3.16	6.30 × 10 <sup>19</sup>	32	5.31 × 10 <sup>19</sup>	49	7.1	1.1
太平洋側	恵山岬東方冲断層	47	15	3.91	9.65 × 10 <sup>19</sup>	47	9.65 × 10 <sup>19</sup>	74	7.3	0.8	
日本海側	奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動※1	137	15	11.4	8.19 × 10 <sup>20</sup>	137	8.19 × 10 <sup>20</sup>	90	7.9	3.9	
津軽海峡内	隆起再現断層※5	20	13.3	1.66	1.55 × 10 <sup>19</sup>	20	1.55 × 10 <sup>19</sup>	9	6.7	2.5	

※1：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価

※5：敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造に関する審議内容を反映して作成。今後、内陸地殻内地震の地震動評価に係る審議において、上記の検討条件が変更となった場合には、本資料に反映する。

※2：断層幅の上限Wtは、地震発生層の厚さHeを15kmとし、傾斜角δを90°（45°～90°のうちMwが最大となる値）とした際には、Wt = He / sinδ = 15kmとなる。また、断層幅の上限に対応する断層長さLtは、Lt = 1.5Wt = 22.5kmとなる。  
 ※3：断層幅の上限に対応するすべり量Dtは、モーメントマグニチュードをMwt = (logLt + 3.77) / 0.75 = 6.83、地震モーメントをMot = 10<sup>(1.5Mwt + 9.1)</sup> = 2.21 × 10<sup>19</sup> N·m、剛性率をμ = 3.50 × 10<sup>10</sup> N/m<sup>2</sup>とした際には、Dt = Mot / (μ Lt Wt) = 1.87mとなる。  
 ※4：対象となる活断層が海域と陸地に連続して分布する場合には、Moを海域部の断層長さLtと全体の断層長さLとの比で按分した値を用いている。

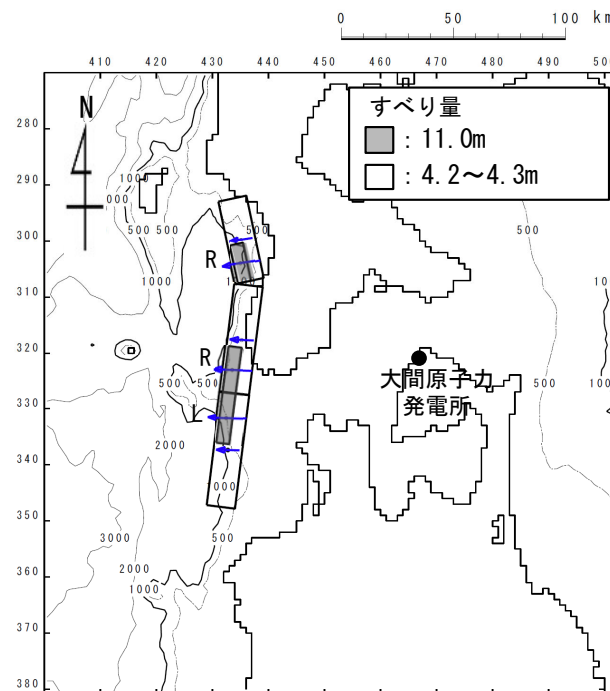


## 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動による津波の敷地への影響について (1 / 2)

- ・奥尻海盆東縁断層等の連動は、国交省ほか（2014）（日本海における大規模地震に関する調査検討会）において検討されたF18断層の位置で評価した。
- ・したがって、F18断層の断層パラメータを用いて奥尻海盆東縁断層等の連動による津波の敷地への影響について検討する。

検討会公表パラメータ

津波断層モデル	Mw	上縁深さ (T.P.-km)	下縁深さ (T.P.-km)	走向 (°)	傾斜 (°)	すべり角 (°)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	平均すべり量 (m)
F18	7.71	2.2	15.0	348	45	87	37.4	18.1	5.52
				7	45	95	100.0	18.1	



波源モデル



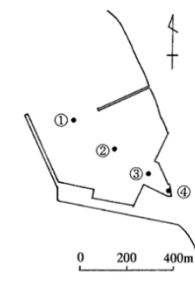
## 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動による津波の敷地への影響について (2 / 2)

・奥尻海盆東縁断層等の連動による津波の検討結果は以下のとおりである。

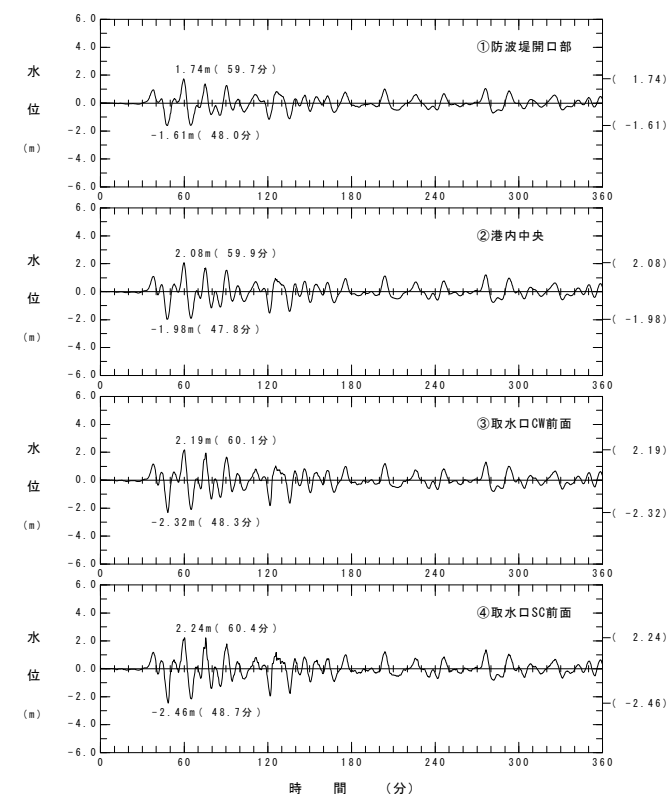
奥尻海盆東縁断層等の連動による津波検討結果

	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
奥尻海盆東縁断層等の 連動※による津波	2.25m	-2.46m

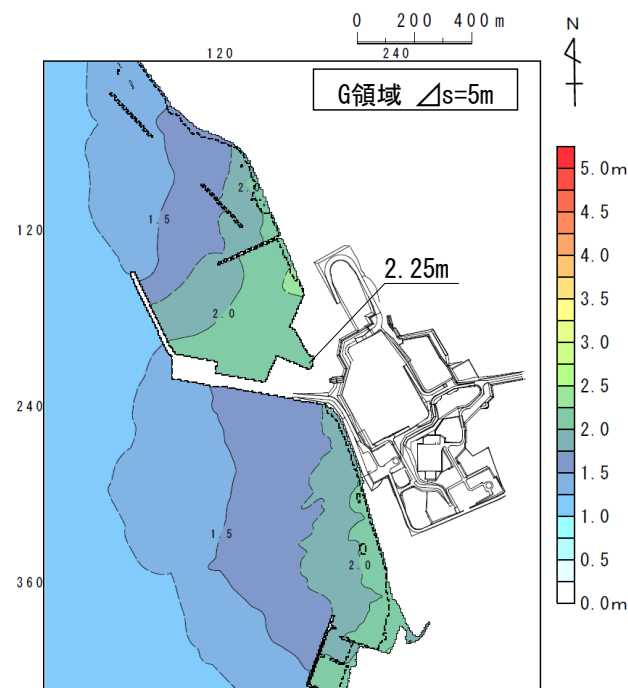
※：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価



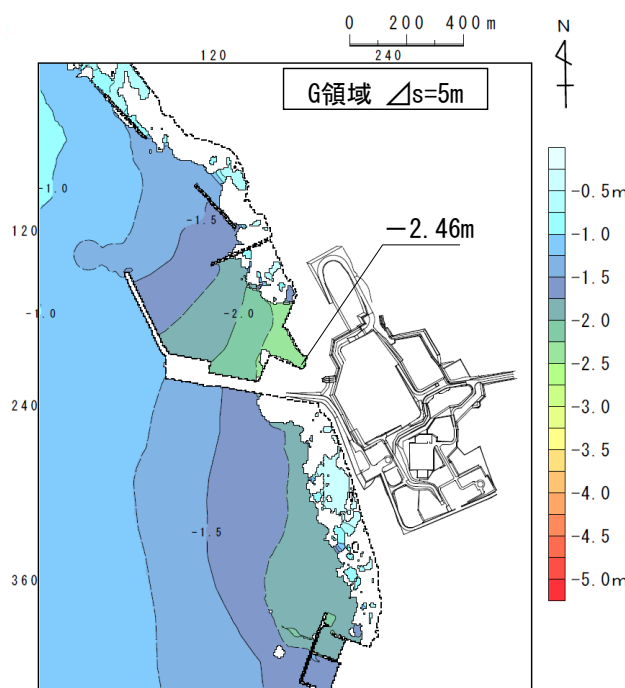
水位時刻歴波形出力点



水位時刻歴波形




最大水位上昇量分布




最大水位下降量分布

# 目次

1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. **地震による津波**
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 3-5. **地震による津波のまとめ**
4. 地震以外の要因による津波
  - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲



### 3-5. 地震による津波のまとめ

地震による津波の検討結果によると、敷地において上昇側は日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の影響が最も大きく、下降側は内閣府（2020）の波源モデルによる津波の影響が最も大きい。

#### 地震による津波の検討結果一覧


	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m	-3.78m
三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波	3.69m	-3.53m
内閣府（2020）モデルによる津波	4.01m	-4.89m
三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波	2.90m	-2.57m
チリ沖に想定される地震に伴う津波	3.06m	-3.48m
海域活断層に想定される地震に伴う津波 (奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～ 西津軽海盆東縁断層の連動※による地震)	2.25m	-2.46m


※：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価



# 目次

1. 既往津波等の検討
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
  - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
  - 2-1. 津波の計算条件
  - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
  - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
  - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
    - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. **地震以外の要因による津波**
  - 4-1. **陸上の斜面崩壊に起因する津波**
  - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
  - 4-3. 火山現象に起因する津波
  - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
  - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
  - 6-1. 防波堤等の影響検討
    - 6-1-1. 地震による津波
    - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
    - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
  - 6-2. 基準津波の選定
  - 6-3. 基準津波選定結果の検証
    - 6-3-1. 既往津波との比較
    - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

## 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波（1 / 2 3）

### 陸上の斜面崩壊に起因する津波の検討フロー

陸上の斜面崩壊に起因する津波は、地震による津波に比べて短波長成分が卓越するため減衰傾向が大きくなること、及び津軽海峡の外で発生する陸上の斜面崩壊の崩壊方向を考慮すると津軽海峡内に入りにくいことより、陸上の斜面崩壊に起因する津波については、津軽海峡内を検討対象とし、以下のフローで検討を実施した。

#### 検討フロー

##### 【ステップ1】：津軽海峡内地すべり地形の抽出

防災科学技術研究所（以下「防災科研」という。）による地すべり地形分布図データベースに示されている地すべり地形のうち、津軽海峡内の地すべり地形を対象として抽出

##### 【ステップ2】：発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定

- ・ステップ1で抽出した地すべり地形のうち発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形を以下を基本方針として抽出し、エリア毎に検討対象地すべり地形を選定
  - 海沿いにあり、滑落した場合に海に突入する可能性がある。（小規模なものは除く。）
  - 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、保守側の設定として、一塊の地すべりとして考慮※1

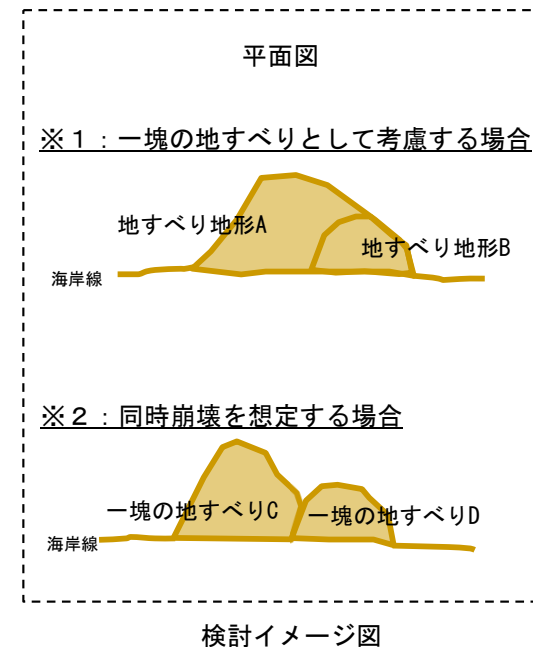
➢なお、上記の一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、安全評価上、これらの同時崩壊（連動）を想定※2

##### 【ステップ3】：検討対象地すべり地形の選定

ステップ2でエリア毎に抽出した地すべり地形から、崩壊規模、敷地との距離・位置関係等を考慮して敷地への影響が最も大きくなる地すべり地形を選定

##### 【ステップ4】：数値シミュレーションの実施

数値シミュレーションにより敷地への影響を評価  
（二層流モデル及びkinematic landslideモデルを用いて総合的に評価）



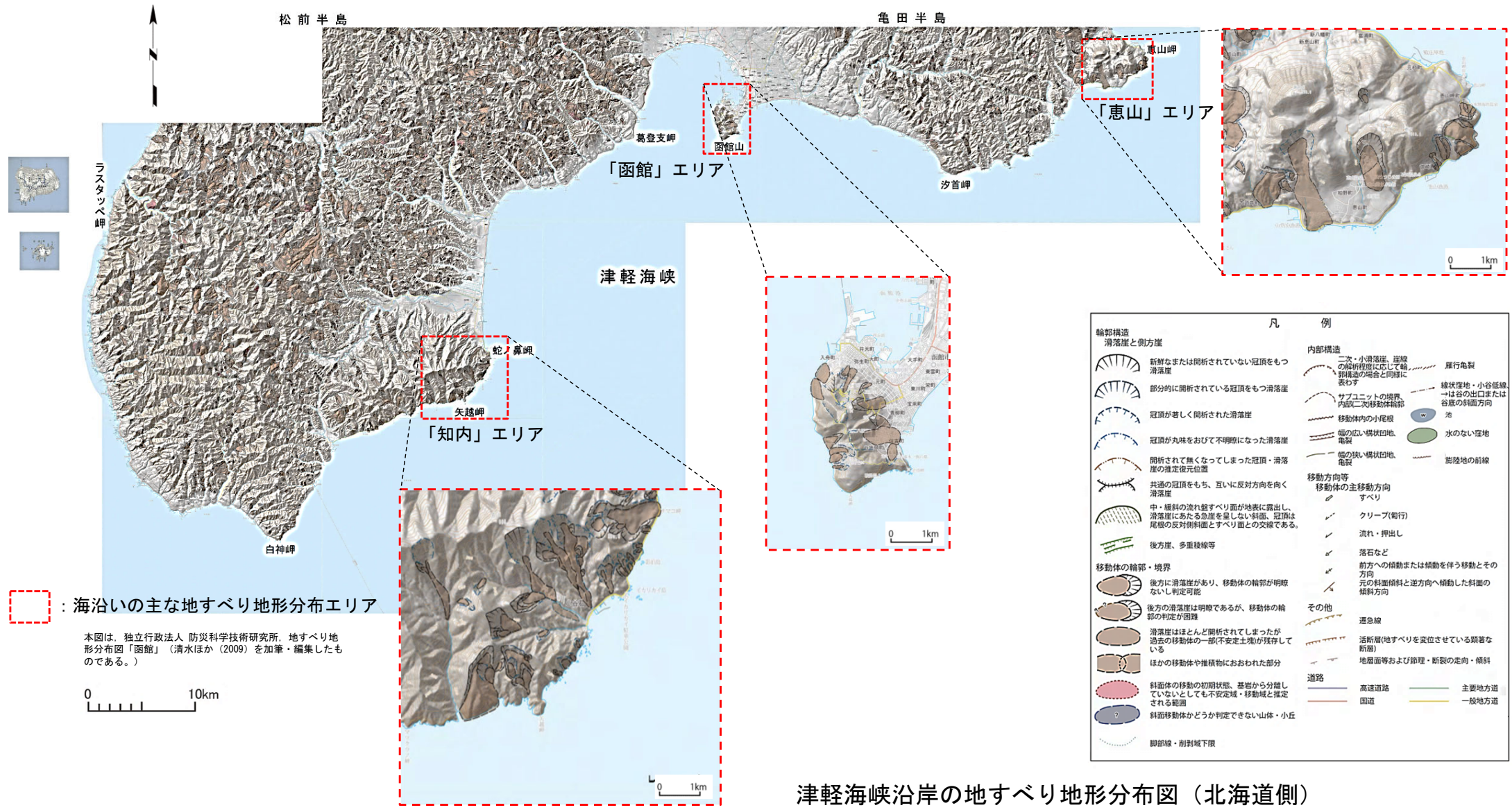


# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (2 / 23)

## 津軽海峡内地すべり地形の抽出【ステップ1】 (1 / 2) : 地すべり地形分布図 (北海道側)

防災科研による地すべり地形分布図データベースに示されている地すべり地形を確認した結果※, 「恵山」, 「函館」及び「知内」エリアの海沿いに比較的規模の大きな地すべり地形が認められた。

※詳細情報は第1023回審査会合 資料1-2 P. 7. 1-3~P. 7. 1-9参照



津軽海峡沿岸の地すべり地形分布図 (北海道側)

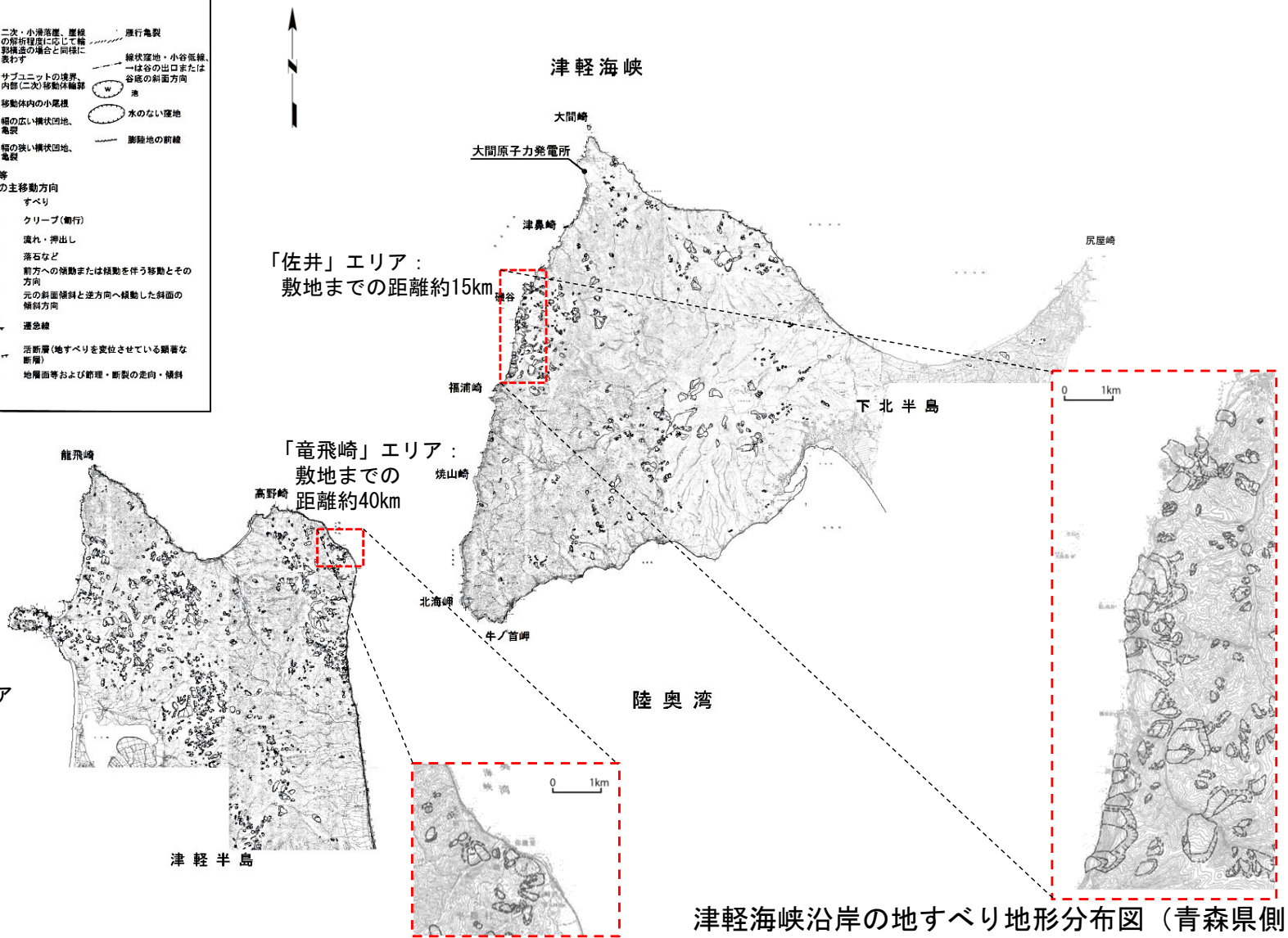
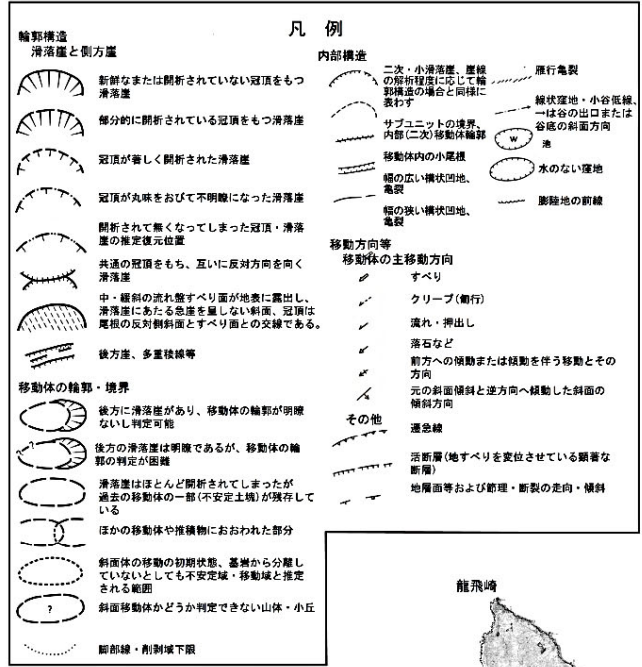


# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (3 / 23)

## 津軽海峡内地すべり地形の抽出【ステップ1】 (2 / 2) : 地すべり地形分布図 (青森県側)

防災科研による地すべり地形分布図データベースに示されている地すべり地形を確認した結果※, 「佐井」及び「竜飛崎」エリアの海沿いに比較的規模の大きな地すべり地形が認められた。

※詳細情報は第1023回審査会合資料1-2 P. 7. 1. 10~P. 7. 1. 16参照



海沿いの主な地すべり地形分布エリア

津軽海峡沿岸の地すべり地形分布図 (青森県側)

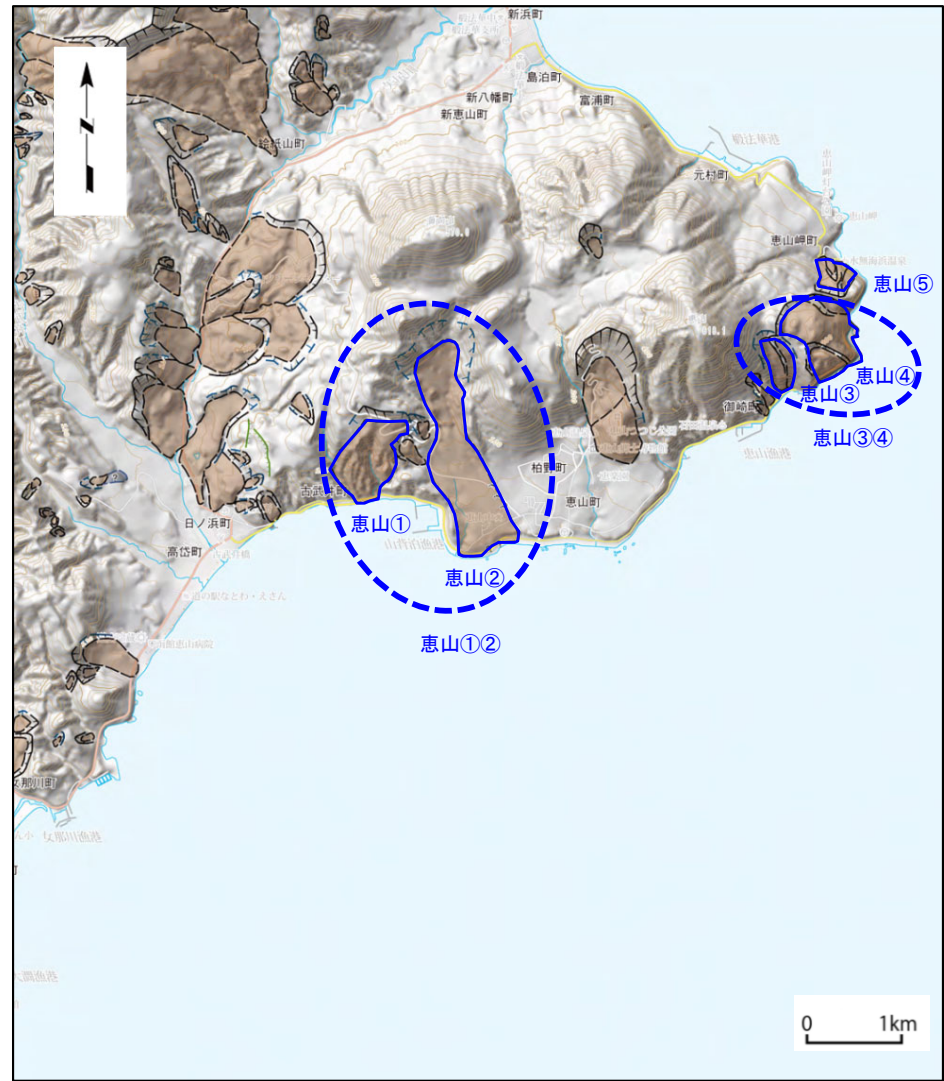
本図は、独立行政法人 防災科学技術研究所、地すべり地形分布図「野辺地・八戸」(清水ほか (2009)) 及び「青森・仙台」(清水・大八木 (1987)) を加筆・編集したものである。

(余白)



# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波（4 / 23）

## 発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】（1 / 7）：（北海道側・恵山）



- ・ 恵山エリアの検討対象地すべり地形の抽出に係り、防災科研地すべり地形分布図に記載されている地すべり地形より、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として左記に示す3つのブロックを抽出した。
- ・ 恵山エリアの地すべりブロックを比較した結果、地すべりブロック「恵山①②」の概算体積が最も大きいことより、「恵山①②」を恵山エリアの検討対象地すべり地形に選定する。

地すべりブロックの概算体積の比較

ブロック	一塊の地すべりとして考慮※1						同時崩壊（連動）を想定※2	
	A 面積 (m <sup>2</sup> )	L 長さ (m)	W 平均幅 (m)	n※3 係数	D 厚さ (D=W×n) (m)	V (A×D) 概算体積 (一塊) (m <sup>3</sup> )	ブロック	V (A×D) 概算体積 (同時崩壊) (m <sup>3</sup> )
恵山①	423,892	852	674	1/10	67	2.84 × 10 <sup>7</sup>	恵山①②	8.41 × 10 <sup>7</sup>
恵山②	1,031,468	2,103	542	1/10	54	5.57 × 10 <sup>7</sup>		
恵山③	132,247	566	278	1/7	40	5.29 × 10 <sup>6</sup>	恵山③④	3.63 × 10 <sup>7</sup>
恵山④	449,789	902	691	1/10	69	3.10 × 10 <sup>7</sup>		
恵山⑤	96,771	310	364	1/10	36	3.48 × 10 <sup>6</sup>	—	—

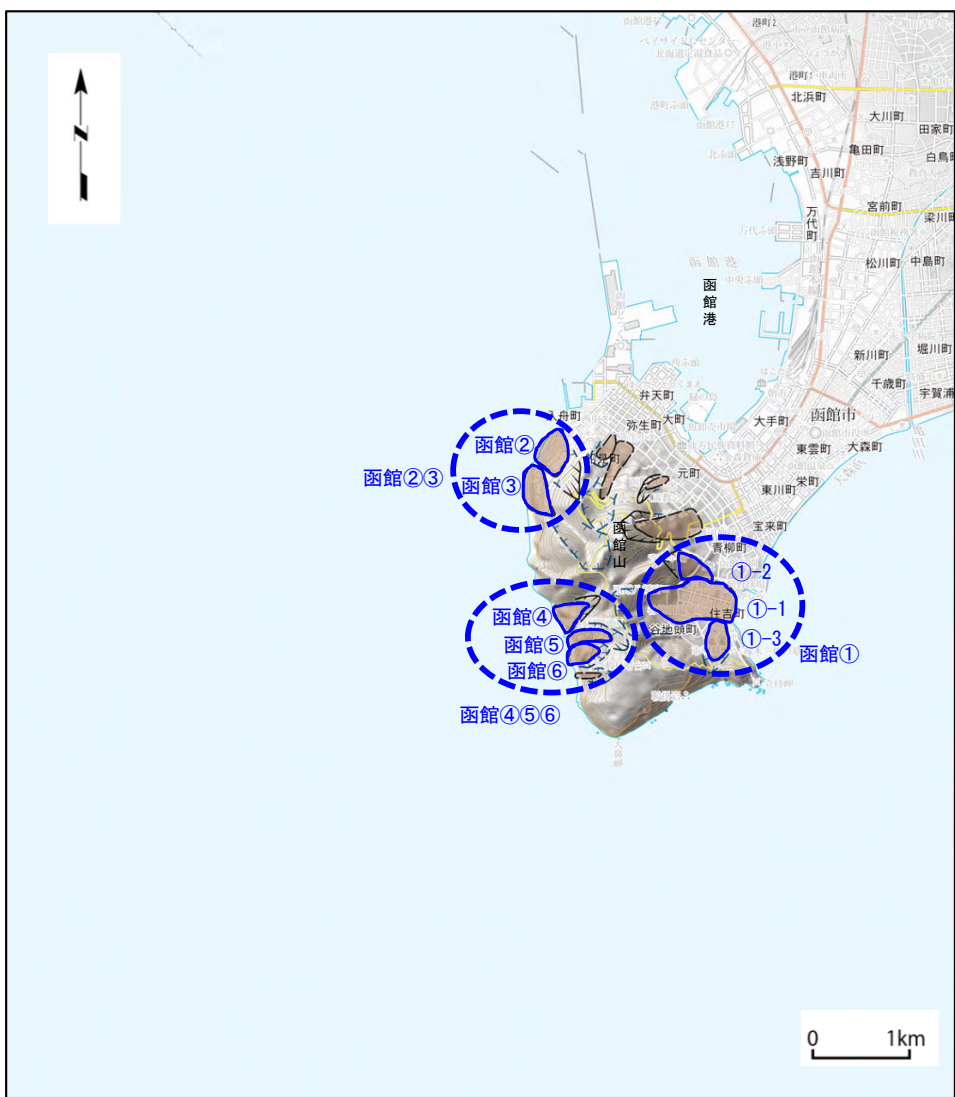
※1 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、一塊の地すべりとして考慮  
 ※2 一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、これらの同時崩壊（連動）を想定  
 ※3 地すべりの厚さの係数nは、高速道路調査会(1985)に従い下記のとおりとした。

幅：W	係数：n
50~100m	幅の1/5~1/7
200m前後	幅の1/7~1/10
300m以上	幅の1/10~1/15



# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (5 / 23)

## 発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (2 / 7) : (北海道側・函館)



- ・函館エリアの検討対象地すべり地形の抽出に係り、防災科研地すべり地形分布図に記載されている地すべり地形より、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として左記に示す3つのブロックを抽出した。
- ・函館エリアの地すべりブロックを比較した結果、地すべりブロック「函館①」の概算体積が最も大きいことより、「函館①」を函館エリアの検討対象地すべり地形に選定する。

地すべりブロックの概算体積の比較

一塊の地すべりとして考慮※1

同時崩壊（連動）を想定※2

ブロック	A 面積 (m <sup>2</sup> )	L 長さ (m)	W 平均幅 (m)	n <sup>※3</sup> 係数	D 厚さ (D=W×n) (m)	V (A×D) 概算体積 (一塊) (m <sup>3</sup> )	ブロック	V (A×D) 概算体積 (同時崩壊) (m <sup>3</sup> )
函館①-1	315,591	911	380	1/10	38	1.20×10 <sup>7</sup>	函館①	1.74×10 <sup>7</sup>
函館①-2	71,384	344	263	1/7	38	2.71×10 <sup>6</sup>		
函館①-3	77,824	427	240	1/7	34	2.65×10 <sup>6</sup>		
函館②	118,669	343	406	1/10	41	4.87×10 <sup>6</sup>	函館②③	1.11×10 <sup>7</sup>
函館③	115,803	268	536	1/10	54	6.25×10 <sup>6</sup>		
函館④	70,433	363	285	1/7	41	2.89×10 <sup>6</sup>	函館④⑤⑥	5.59×10 <sup>6</sup>
函館⑤	55,520	449	146	1/7	21	1.17×10 <sup>6</sup>		
函館⑥	51,369	336	207	1/7	30	1.54×10 <sup>6</sup>		

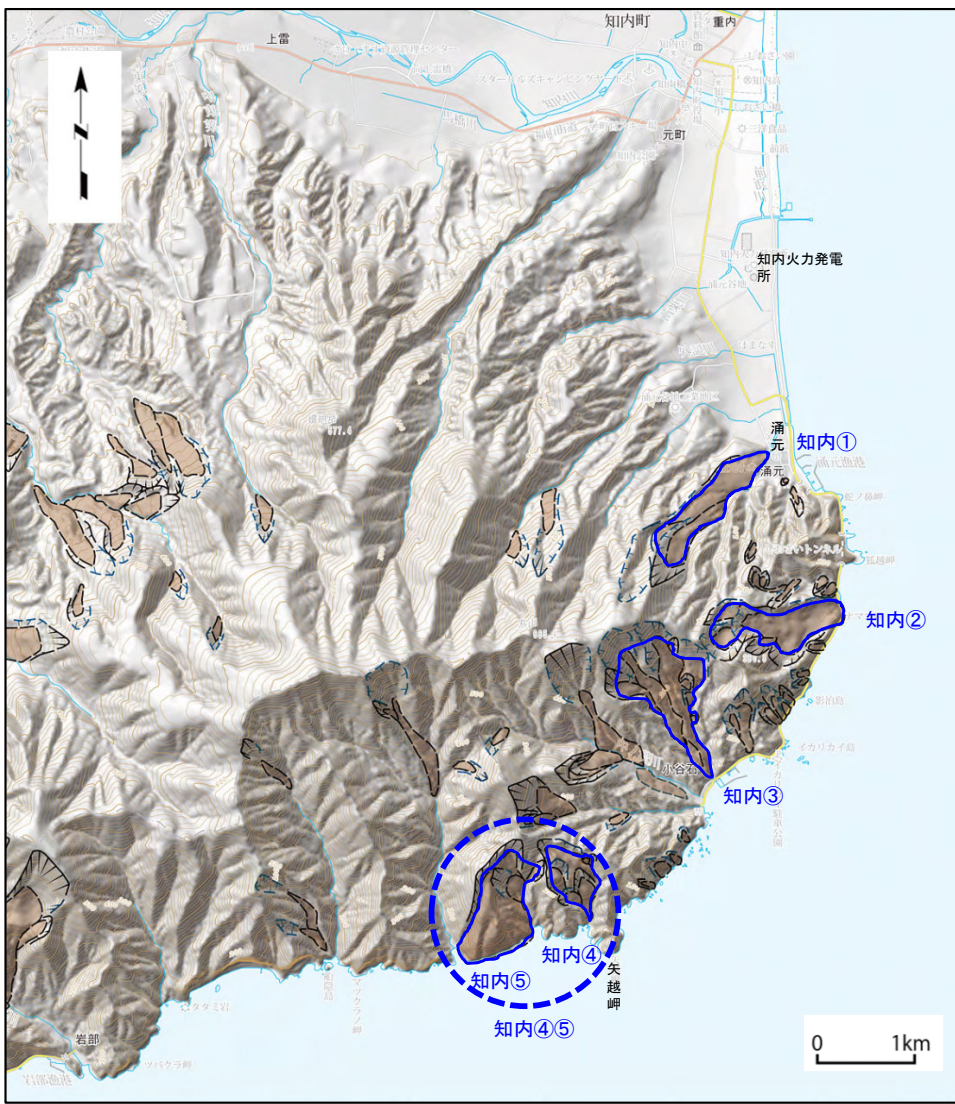
※1 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、一塊の地すべりとして考慮  
 ※2 一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、これらの同時崩壊（連動）を想定  
 ※3 地すべりの厚さの係数nは、高速道路調査会(1985)に従い下記のとおりとした。

幅：W	係数：n
50~100m	幅の1/5~1/7
200m前後	幅の1/7~1/10
300m以上	幅の1/10~1/15



# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (6 / 23)

## 発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (3 / 7) : (北海道側・知内)



- ・ 知内エリアの検討対象地すべり地形の抽出に係り、防災科研地すべり地形分布図に記載されている地すべり地形より、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として左記に示す4つのブロックを抽出した。
- ・ 知内エリアの地すべりブロックを比較した結果、地すべりブロック「知内④⑤」の概算体積が最も大きいことより、「知内④⑤」を知内エリアの検討対象地すべり地形に選定する。

地すべりブロックの概算体積の比較

一塊の地すべりとして考慮※1

同時崩壊（連動）を想定※2

ブロック	A 面積 (m <sup>2</sup> )	L 長さ (m)	W 平均幅 (m)	n <sup>※3</sup> 係数	D 厚さ (D=W×n) (m)	V (A×D) 概算体積 (一塊) (m <sup>3</sup> )	ブロック	V (A×D) 概算体積 (同時崩壊) (m <sup>3</sup> )
知内①	430,006	1,533	341	1/10	34	1.46 × 10 <sup>7</sup>	—	—
知内②	451,699	1,350	465	1/10	47	2.12 × 10 <sup>7</sup>	—	—
知内③	647,199	1,557	445	1/10	45	2.91 × 10 <sup>7</sup>	—	—
知内④	244,337	792	447	1/10	45	1.10 × 10 <sup>7</sup>	知内④⑤	4.26 × 10 <sup>7</sup>
知内⑤	564,304	919	561	1/10	56	3.16 × 10 <sup>7</sup>		

※1 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、一塊の地すべりとして考慮  
 ※2 一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、これらの同時崩壊（連動）を想定  
 ※3 地すべりの厚さの係数nは、高速道路調査会(1985)に従い下記のとおりとした。

幅：W	係数：n
50～100m	幅の1/5～1/7
200m前後	幅の1/7～1/10
300m以上	幅の1/10～1/15

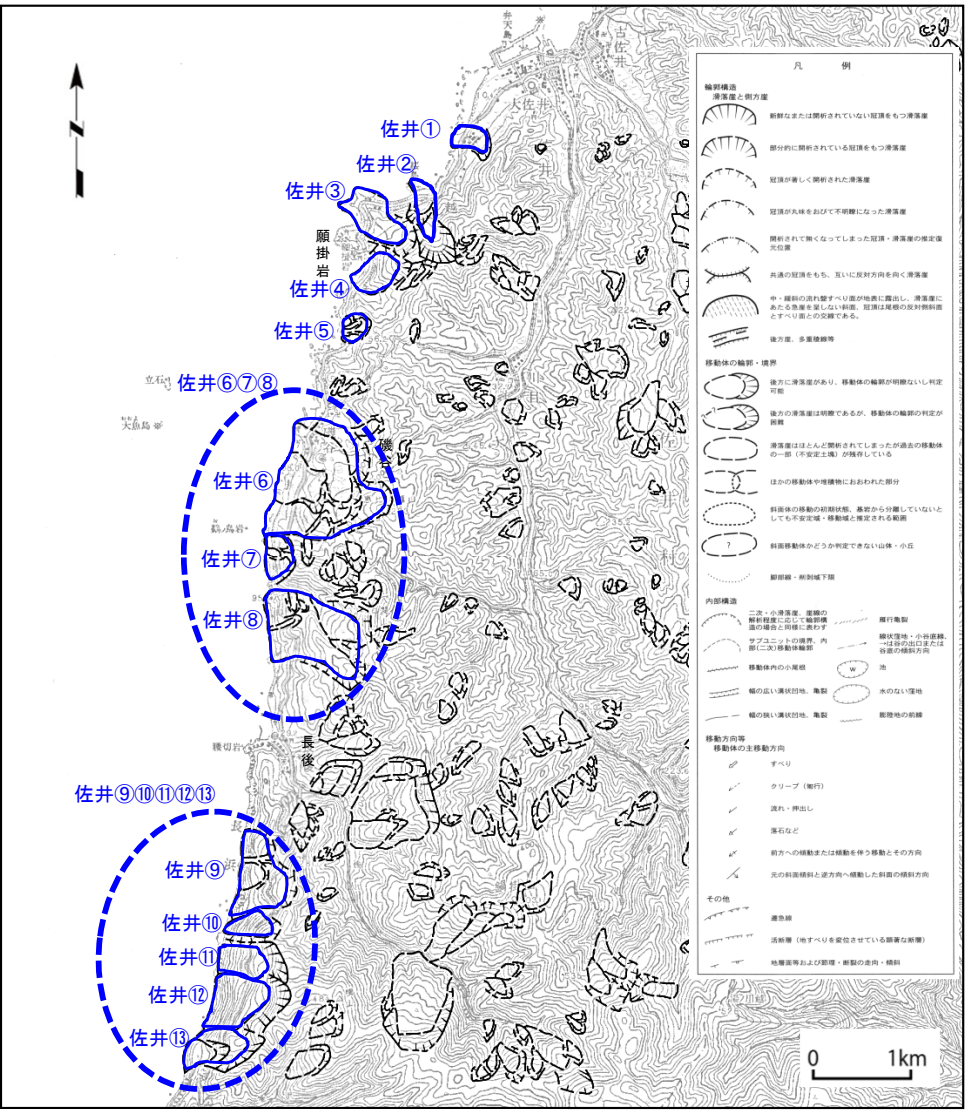




# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (7 / 23)

## 発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (4 / 7) : (青森県側・佐井)

- 佐井エリアの検討対象地すべり地形の抽出に係り、防災科研地すべり地形分布図に記載されている地すべり地形より、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として左記に示す7つのブロックを抽出した。
- 佐井エリアの地すべりブロックを比較した結果、地すべりブロック「佐井⑥⑦⑧」は概算体積が最も大きいこと及び、その量はより大間側に位置する地すべりブロック「佐井①～⑤」に比べ1オーダー以上大きいことより、「佐井⑥⑦⑧」を佐井エリアの検討対象地すべり地形に選定する。



地すべりブロックの概算体積の比較  
一塊の地すべりとして考慮※1

ブロック	A 面積 (m <sup>2</sup> )	L 長さ (m)	W 平均幅 (m)	n※3 係数	D 厚さ (D=W×n) (m)	V (A×D) 概算体積 (一塊) (m <sup>3</sup> )
佐井①	73,479	370	220	1/7	31	2.28 × 10 <sup>6</sup>
佐井②	105,395	640	200	1/7	29	3.06 × 10 <sup>6</sup>
佐井③	212,478	720	370	1/10	37	7.86 × 10 <sup>6</sup>
佐井④	134,744	500	360	1/10	36	4.85 × 10 <sup>6</sup>
佐井⑤	55,539	270	240	1/7	34	1.89 × 10 <sup>6</sup>
佐井⑥	1,045,718	1,220	1,150	1/10	115	1.20 × 10 <sup>8</sup>
佐井⑦	94,847	250	430	1/10	43	4.08 × 10 <sup>6</sup>
佐井⑧	602,174	960	710	1/10	71	4.28 × 10 <sup>7</sup>
佐井⑨	324,323	500	920	1/10	92	2.98 × 10 <sup>7</sup>
佐井⑩	91,810	450	240	1/7	34	3.12 × 10 <sup>6</sup>
佐井⑪	140,255	500	300	1/10	30	4.21 × 10 <sup>6</sup>
佐井⑫	263,699	540	550	1/10	55	1.45 × 10 <sup>7</sup>
佐井⑬	189,042	630	330	1/10	33	6.24 × 10 <sup>6</sup>

同時崩壊 (連動) を想定※2

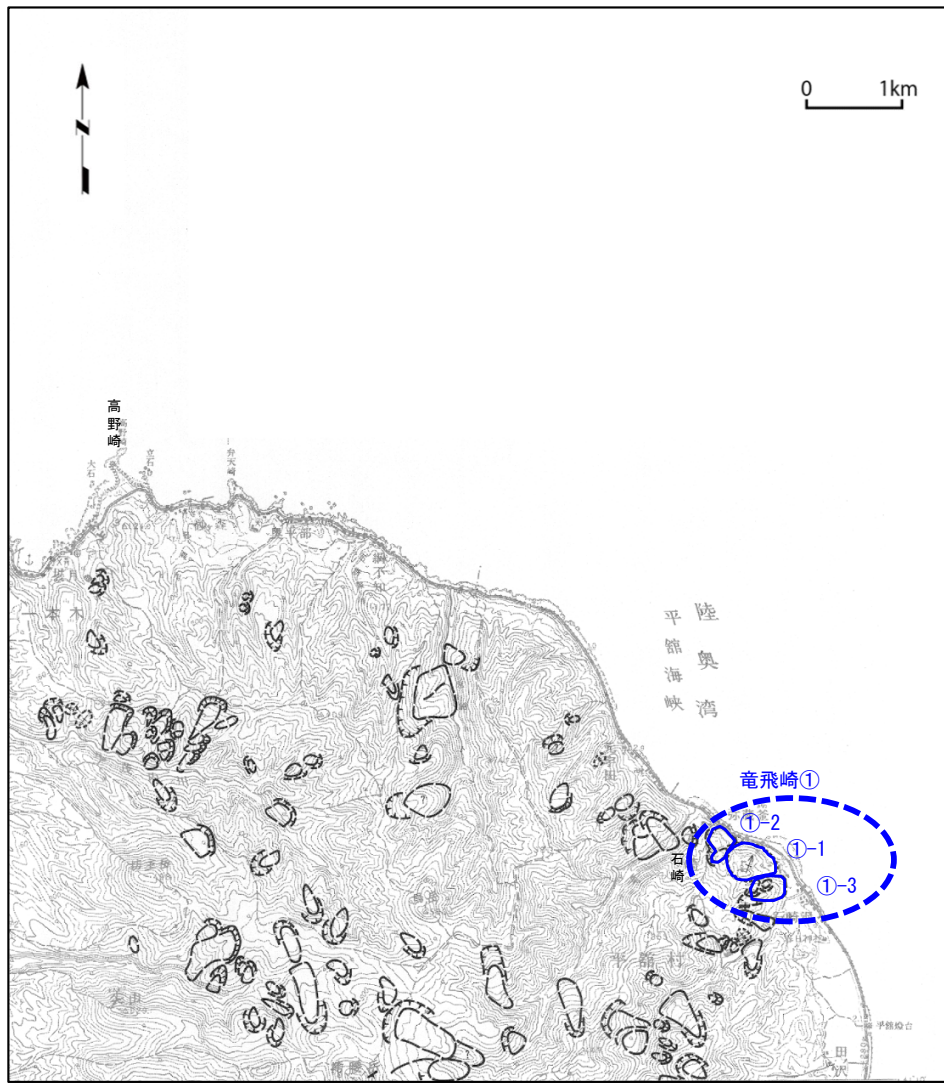
ブロック	V (A×D) 概算体積 (同時崩壊) (m <sup>3</sup> )
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
佐井⑥⑦⑧	1.67 × 10 <sup>8</sup>
佐井⑨⑩⑪⑫⑬	5.79 × 10 <sup>7</sup>

※1 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、一塊の地すべりとして考慮  
 ※2 一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、これらの同時崩壊 (連動) を想定  
 ※3 地すべりの厚さの係数nは、高速道路調査会 (1985) に従い下記のとおりとした。

幅 : W	係数 : n
50~100m	幅の1/5~1/7
200m前後	幅の1/7~1/10
300m以上	幅の1/10~1/15



## 発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出 及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (5 / 7) : (青森県側・竜飛崎)



- ・ 竜飛崎エリアの検討対象地すべり地形の抽出に係り、防災科研地すべり地形分布図に記載されている地すべり地形より、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として左記に示す1つのブロックを抽出した。
- ・ 「竜飛崎①」を竜飛崎エリアの検討対象地すべり地形に選定する。

地すべりブロックの概算体積の比較

一塊の地すべりとして考慮※1

同時崩壊 (連動) を想定※2

ブロック	A 面積 (m <sup>2</sup> )	L 長さ (m)	W 平均幅 (m)	n <sup>※3</sup> 係数	D 厚さ (D=W×n) (m)	V (A×D) 概算体積 (一塊) (m <sup>3</sup> )	ブロック	V (A×D) 概算体積 (同時崩壊) (m <sup>3</sup> )
竜飛崎①-1	162,650	400	513	1/10	51	8.30×10 <sup>6</sup>	竜飛崎①	1.37×10 <sup>7</sup>
竜飛崎①-2	63,701	363	273	1/7	39	2.48×10 <sup>6</sup>		
竜飛崎①-3	83,911	384	245	1/7	35	2.94×10 <sup>6</sup>		

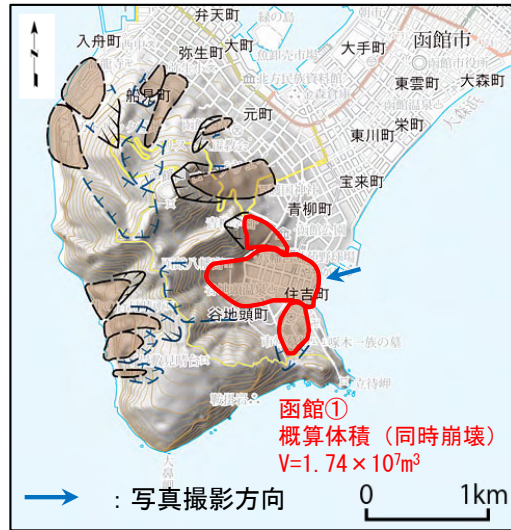
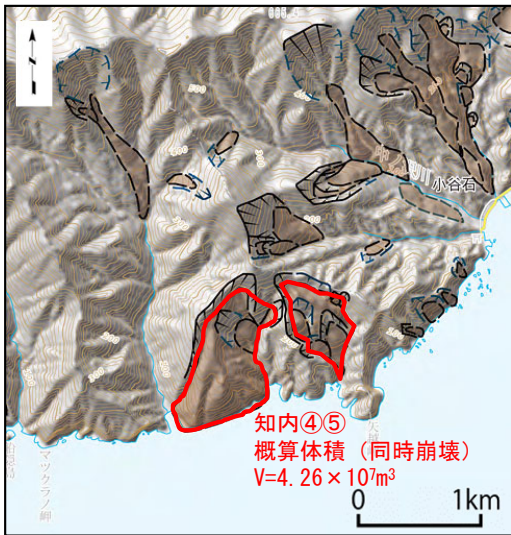
※1 隣接する地すべり群のうち、地すべり土塊頂部が接する、或いは頂部が重複するものは、一塊の地すべりとして考慮  
 ※2 一塊の地すべりが近接し、崩壊方向が同方向の場合、これらの同時崩壊 (連動) を想定  
 ※3 地すべりの厚さの係数nは、高速道路調査会(1985)に従い下記のとおりとした。

幅: W	係数: n
50~100m	幅の1/5~1/7
200m前後	幅の1/7~1/10
300m以上	幅の1/10~1/15

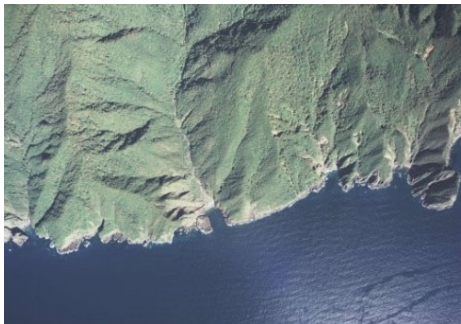


発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出  
及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (6 / 7) : 各エリアの検討対象地すべり地形の比較 (1 / 2)

各エリア毎に選定した検討対象地すべり地形は以下のとおりである。



防災科学技術研究所 (2009) に一部加筆



「国土地理院の空中写真」

「知内」エリア

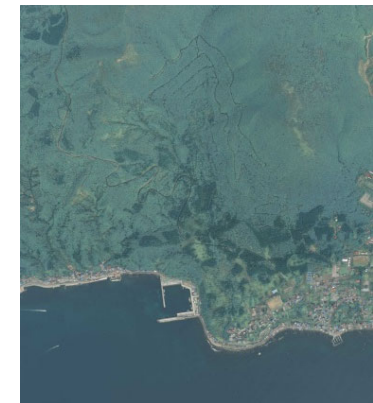


既に地すべり後の凹地形を呈している

「函館」エリア



「国土地理院の空中写真」



「国土地理院の空中写真」

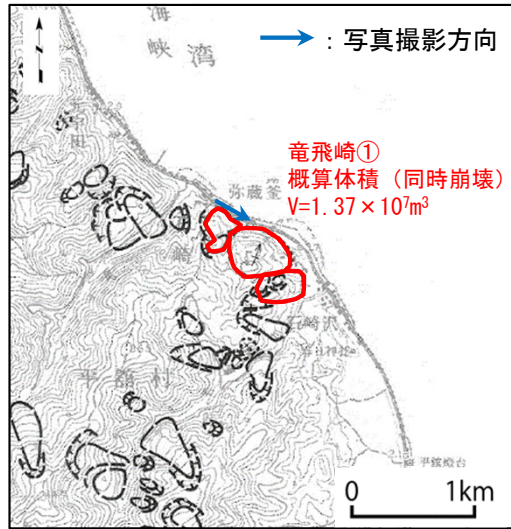
「恵山」エリア

# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (10/23)

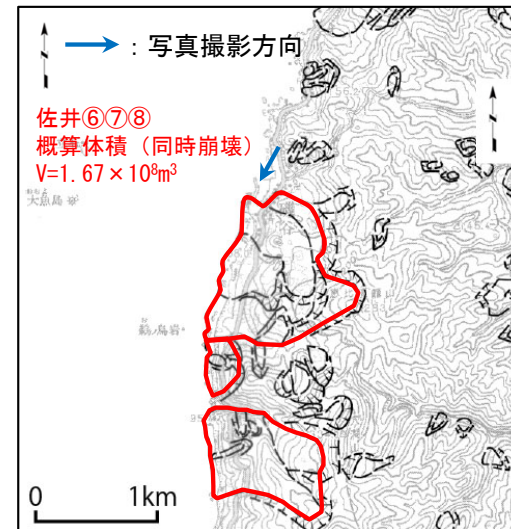


発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出  
及びエリア毎の検討対象地すべり地形の選定【ステップ2】 (7/7) : 各エリアの検討対象地すべり地形の比較 (2/2)

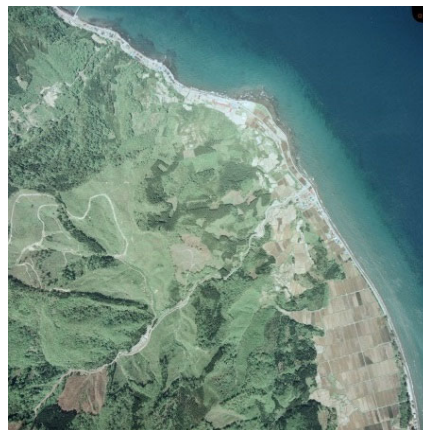
各エリア毎に選定した検討対象地すべり地形は以下のとおりである。



防災科学技術研究所 (1987) に一部加筆

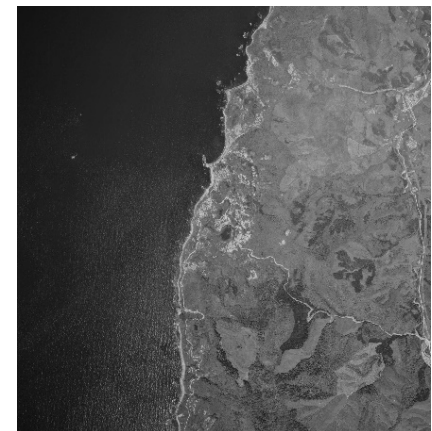


防災科学技術研究所 (2009) に一部加筆



「国土地理院の空中写真」

「竜飛崎」エリア

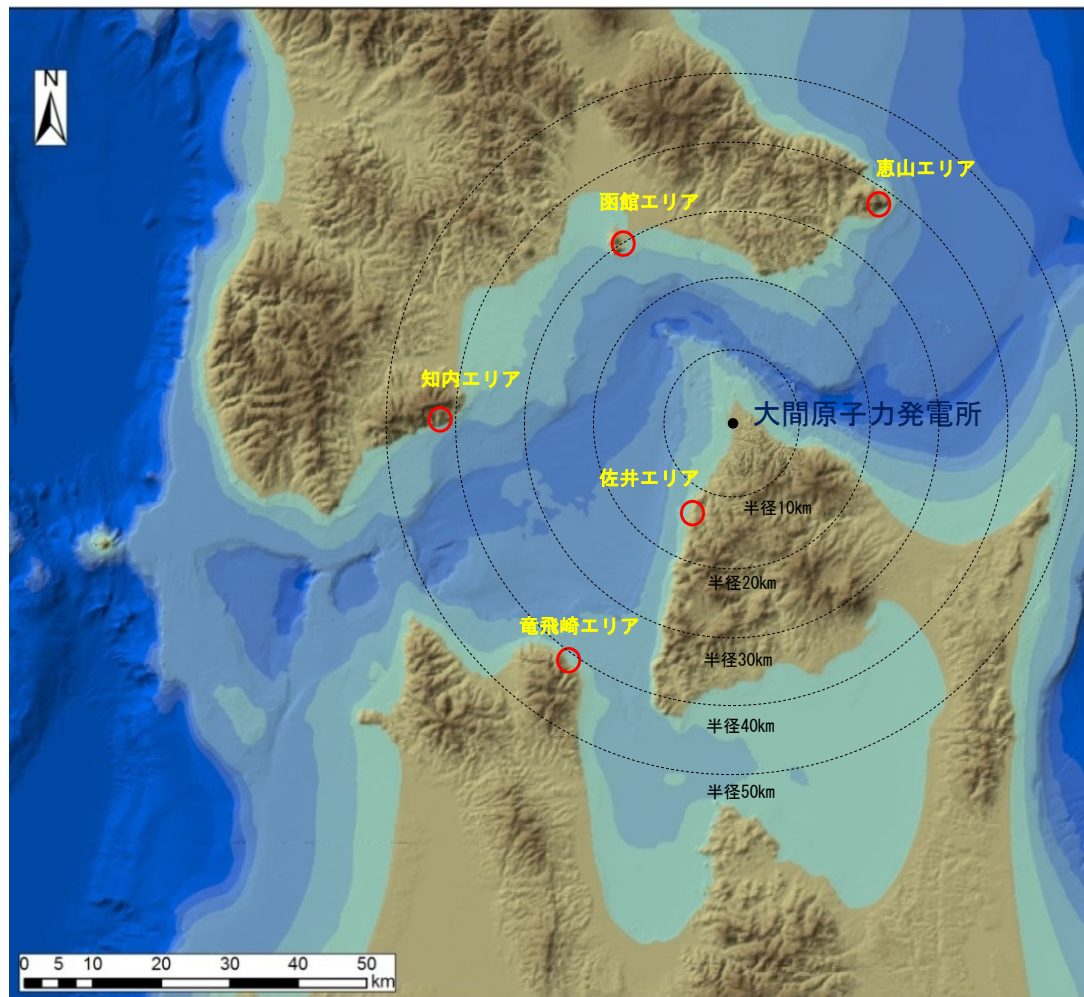


「国土地理院の空中写真」

「佐井」エリア



## 検討対象地すべり地形の選定【ステップ3】



各エリア検討対象地すべり地形 地すべり規模

エリア	概算体積	敷地までの距離
恵山	$8.41 \times 10^7 \text{m}^3$	約40km
函館	$1.74 \times 10^7 \text{m}^3$	約30km
知内	$4.26 \times 10^7 \text{m}^3$	約40km
佐井	$1.67 \times 10^8 \text{m}^3$	約15km
竜飛崎	$1.37 \times 10^7 \text{m}^3$	約40km

各エリア検討対象地すべり地形位置

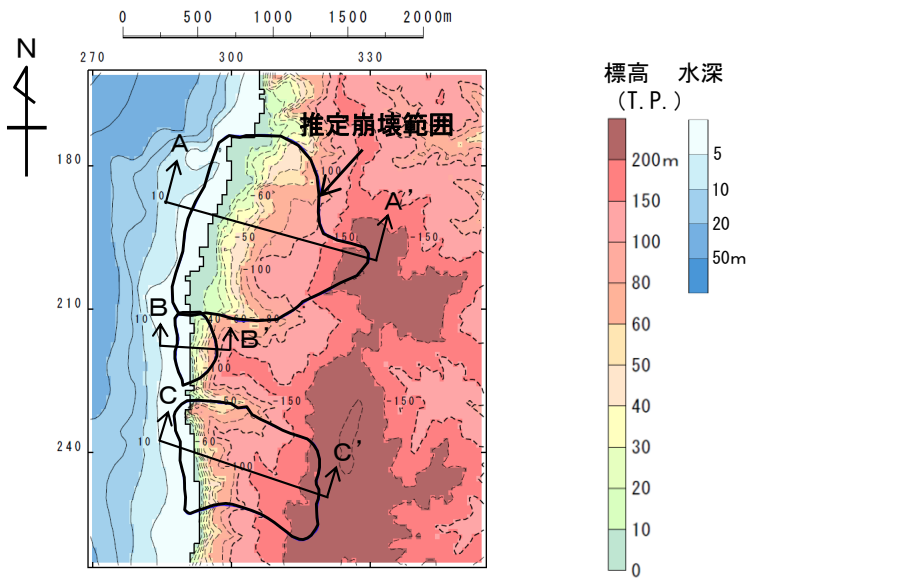
各エリアの検討対象地すべり地形のうち、佐井エリアの検討対象地すべり地形が、概算体積が最も大きいこと、敷地までの距離が最も近いこと、及び概略影響比較（補足説明資料（補足3）参照）を踏まえ、佐井エリアの検討対象地すべり地形を全体の検討対象地すべり地形として選定した。



# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (12/23)

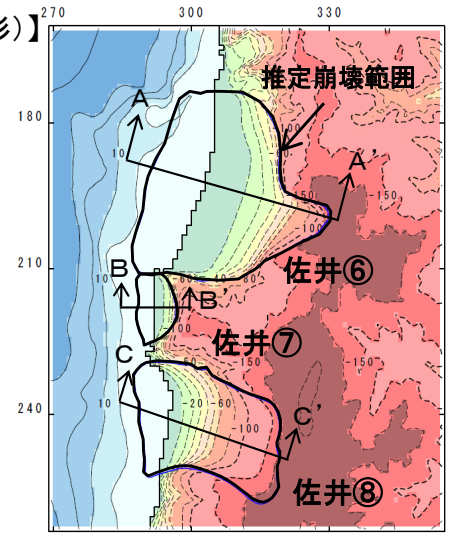
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (1/11) : 解析モデル①<二層流モデル> (1/7)

### すべり面及び崩壊量の設定【佐井エリアの地すべり地形】



地形モデル

【現地形(モデル上の崩壊前地形)】



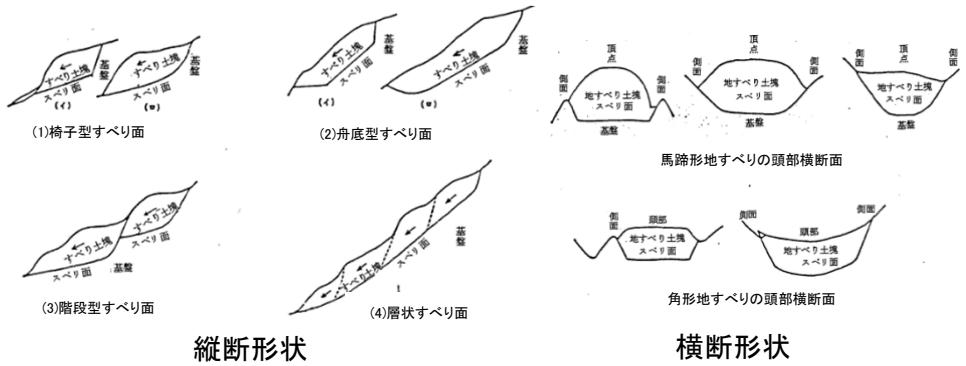
地形モデル(すべり面)

波源モデル

数値シミュレーションは、詳細な崩壊地形を対象として実施するため、ここでは、すべり面及び崩壊量を設定する。

- 解析モデル①として二層流モデルを採用した※。
- 検討対象地すべり地形の推定すべり面は、高速道路調査会(1985)等を参照し、以下の考えに基づき設定した(P. 381~P. 383参照)。

- ・推定された地すべり厚さDが地すべりブロック中央部付近の代表的な厚さとする。
- ・地すべりブロック縦断方向に対しては、ブロック中央部付近でおおむね一定勾配を呈し、ブロック頭部に向かって漸増的に急勾配化させる。ブロック端部では、頭部とは逆に中央部から末端部に向かって徐々に緩勾配化させる。
- ・横断方向に対しては、ブロック中央部付近では一定勾配を呈し、ブロック側方境界部に向かって漸増的に急勾配化させる。
- ・すべり面形状が地表面地形形状に滑らかな接続となるようにする。



縦断形状

横断形状

すべり面形状例 高速道路調査会(1985)に一部加筆

- 現地形を解析モデル上の崩壊前地形と設定した。
- 作成した現地形モデルとすべり面モデルより算出した佐井エリアの検討対象地すべり地形(佐井⑥⑦⑧)の崩壊量は $7.74 \times 10^7 \text{m}^3$ である。

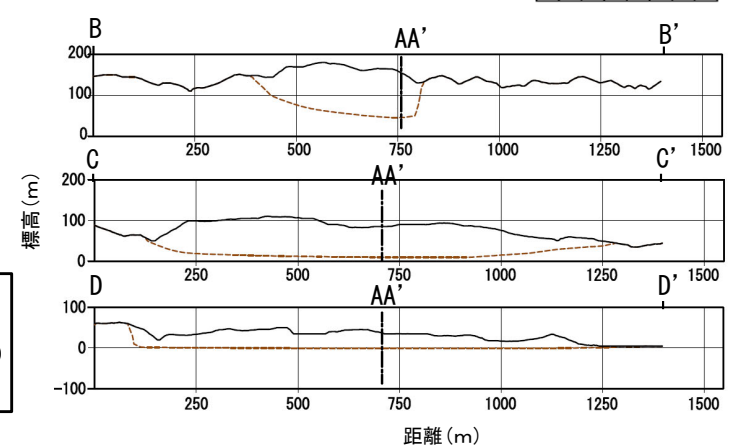
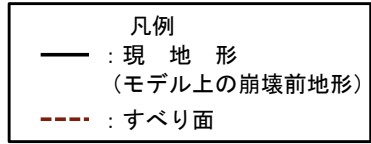
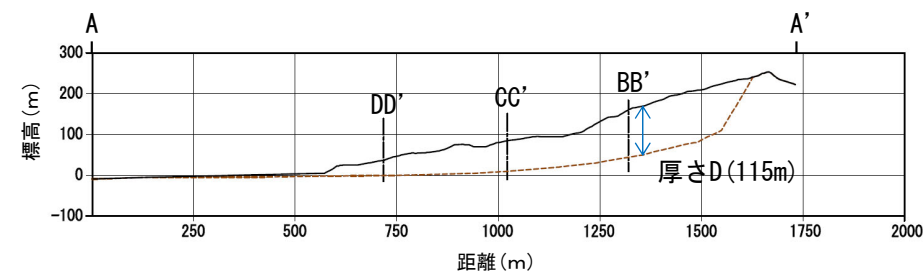
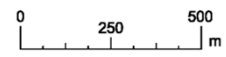
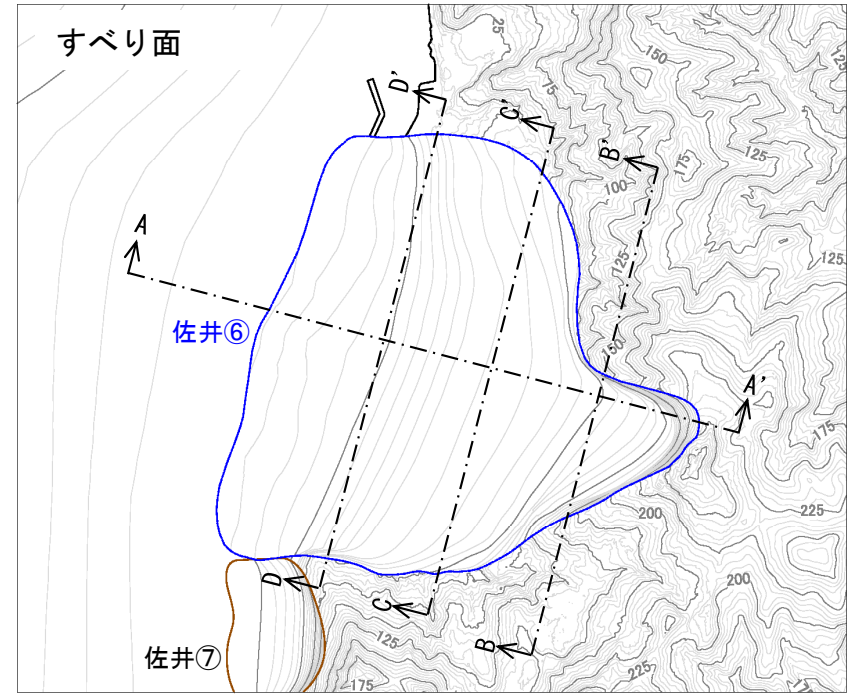
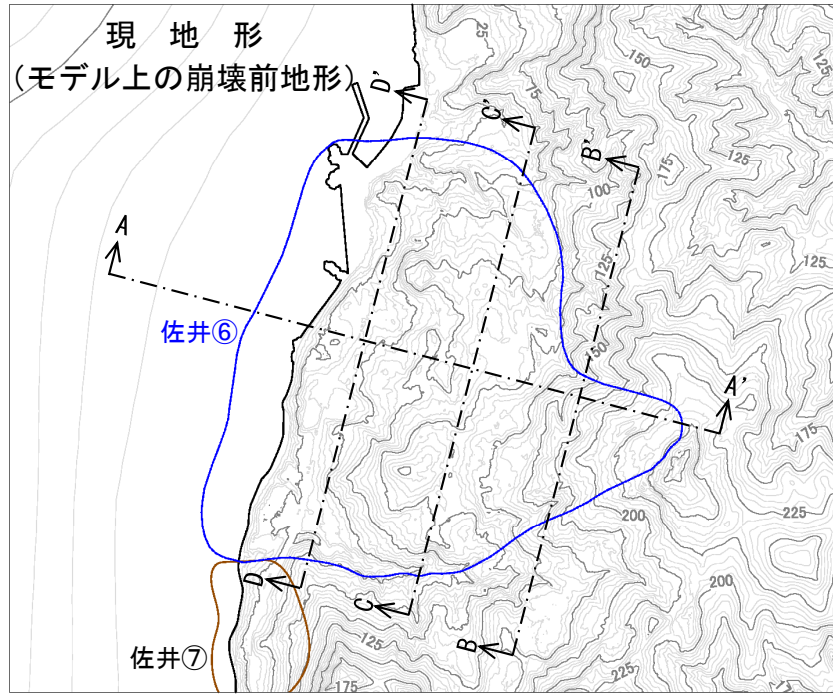
※：第1023回審査会合資料1-2 「7-2. 二層流モデルの適用性について」参照。

# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (13/23)



## 数値シミュレーション【ステップ4】 (2/11) : 解析モデル①<二層流モデル> (2/7)

検討対象地すべり地形 縦断面図 (1/3) 【ブロック佐井⑥】

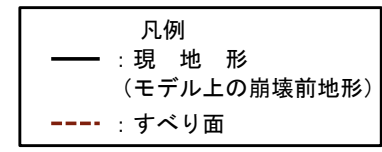
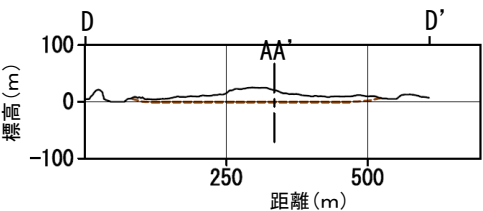
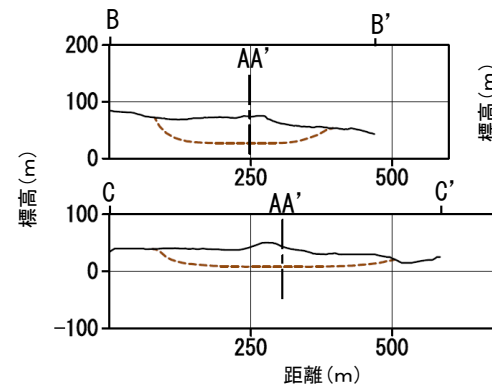
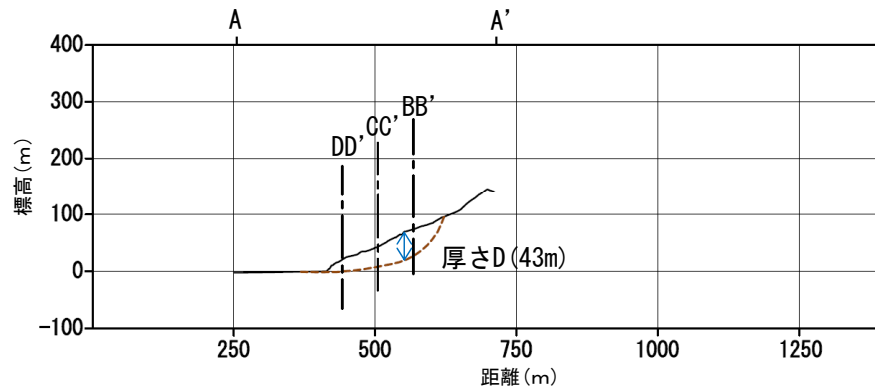
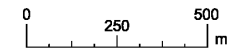
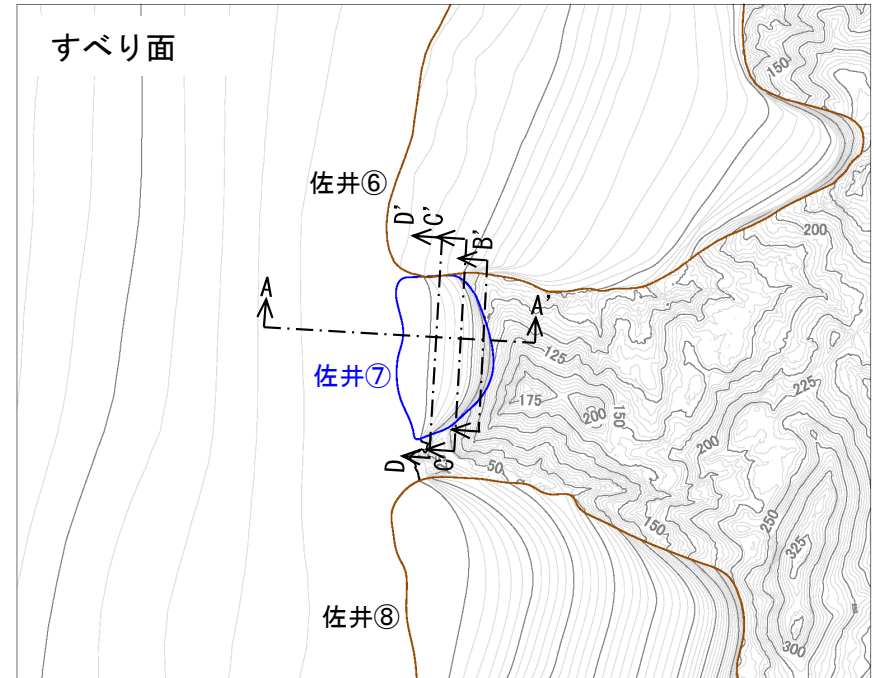
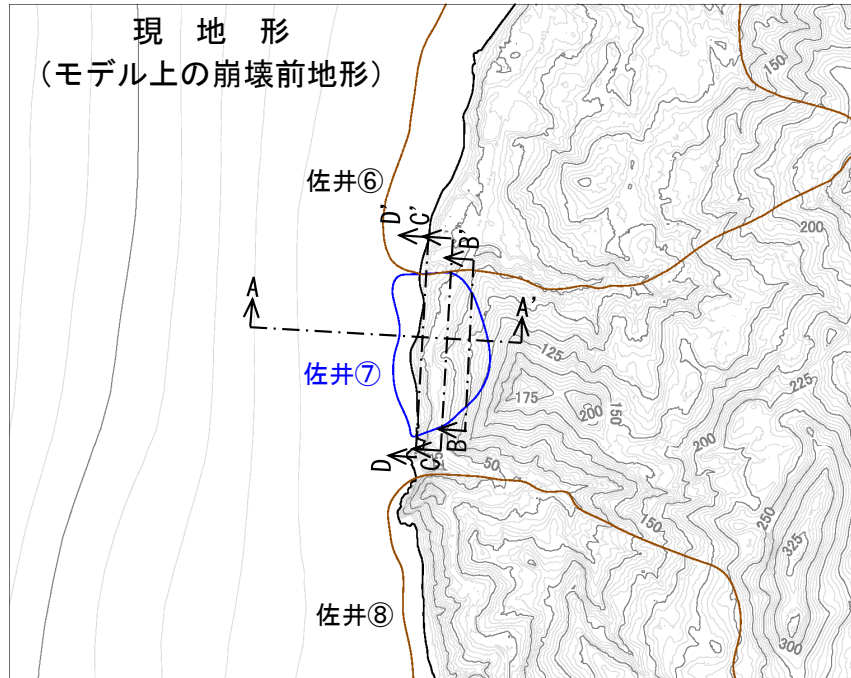


# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (14/23)



## 数値シミュレーション【ステップ4】 (3/11) : 解析モデル①<二層流モデル> (3/7)

検討対象地すべり地形 縦断面図 (2/3) 【ブロック佐井⑦】



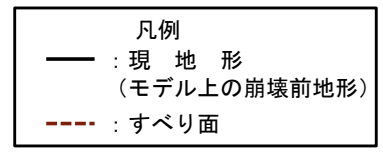
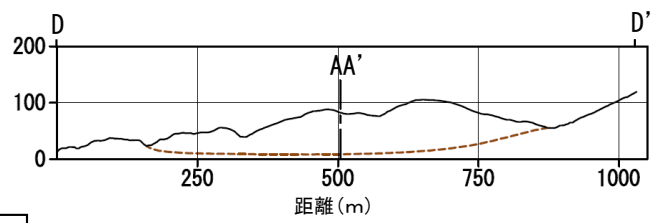
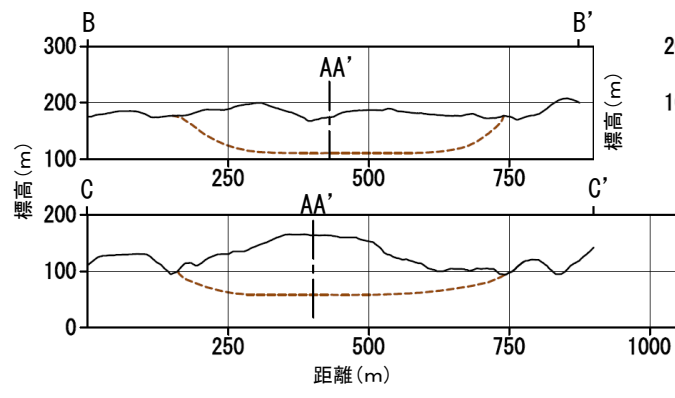
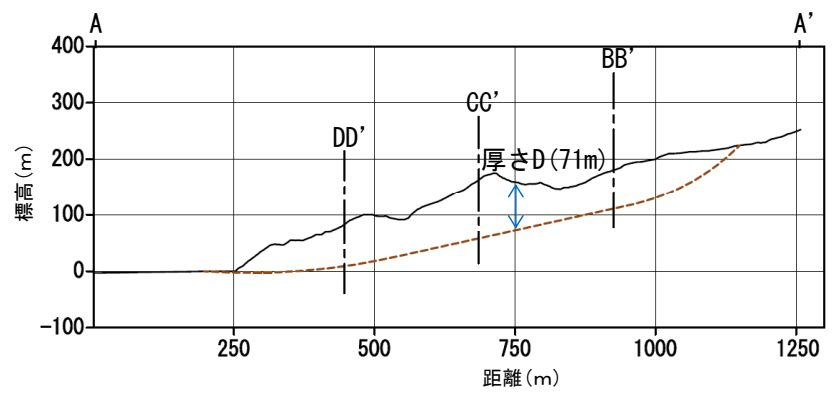
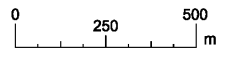
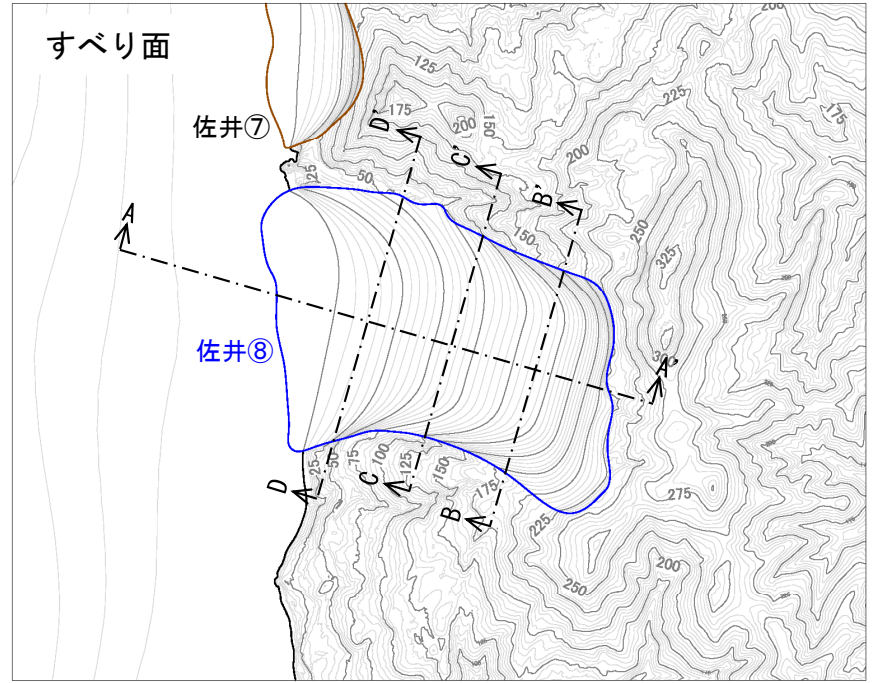
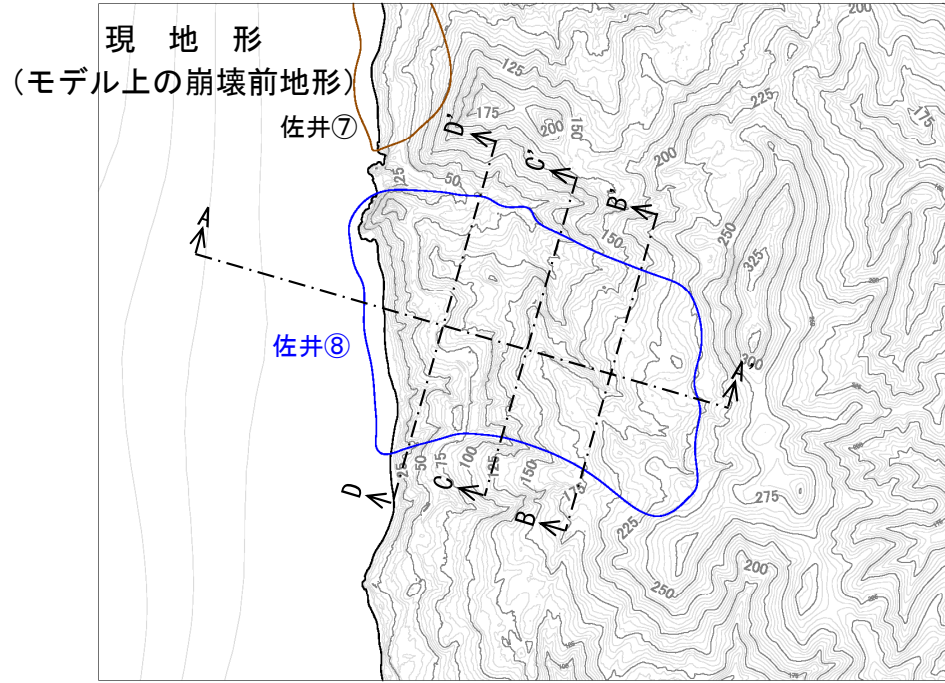


# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (15 / 23)



## 数値シミュレーション【ステップ4】 (4 / 11) : 解析モデル①<二層流モデル> (4 / 7)

検討対象地すべり地形 縦断面図 (3 / 3) 【ブロック佐井⑧】





# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (16 / 23)

## 数値シミュレーション【ステップ4】 (5 / 11) : 解析モデル①<二層流モデル> (5 / 7)

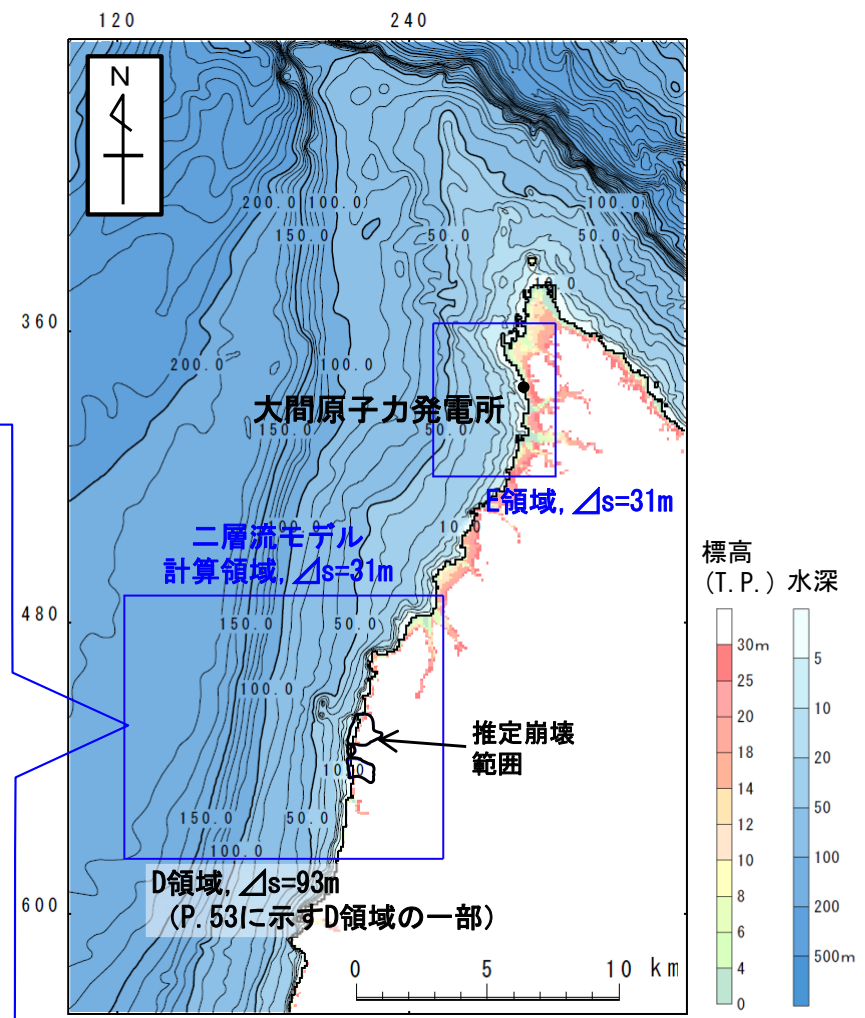
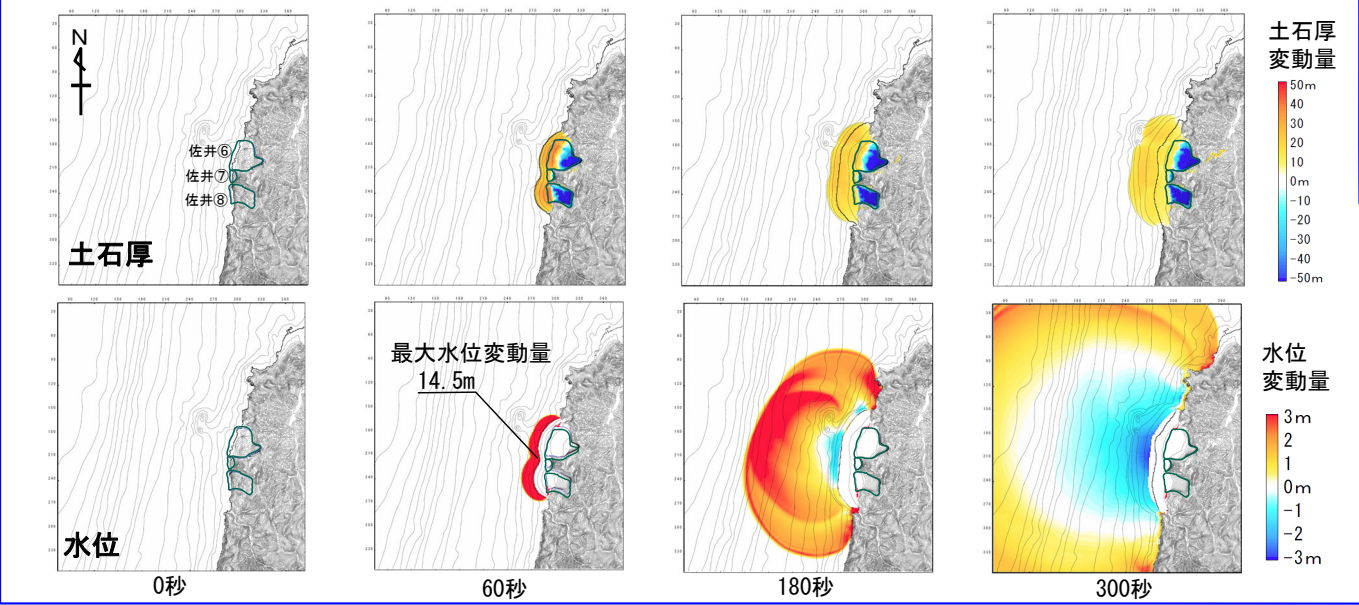
### 計算条件【佐井エリアの地すべり地形】

- 二層流モデルの計算条件は下表のとおりである。なお、佐井⑥⑦⑧が同時に崩壊開始（同時に海域に突入）するものとした。
- 敷地への津波の伝播シミュレーションは、二層流モデル計算領域の境界部で得られた時刻歴波形を津波伝播計算領域に接続して実施した。

主な計算条件

項目	内容	設定根拠
海水密度	$\rho_1 = 1.03 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	一般値
崩壊物の密度	$\rho_2 = 2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	
上層(水)の粗度係数	$n = 0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波を再現された値
下層(土砂)の粗度係数	$n = 0.4 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
抗力係数	$C_D = 2.0$	
水平拡散係数	$\nu = 0.1 \text{ (m}^2\text{/s)}$	
計算時間間隔	$\Delta t = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (s)}$	計算の安定性を考慮して設定

二層流モデル計算結果 (土石厚分布 (上段), 水位分布 (下段))



# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (17/23)



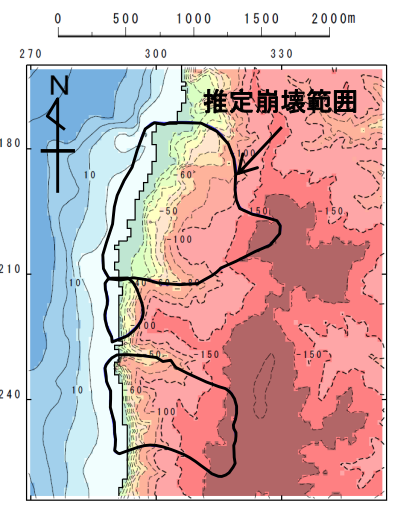
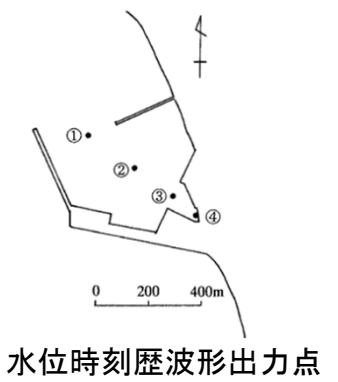
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (6/11) : 解析モデル①<二層流モデル> (6/7)

計算結果【佐井エリアの地すべり地形】

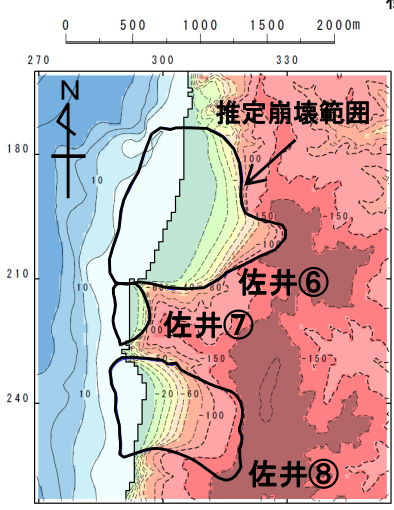
陸上の斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果 (上昇側)

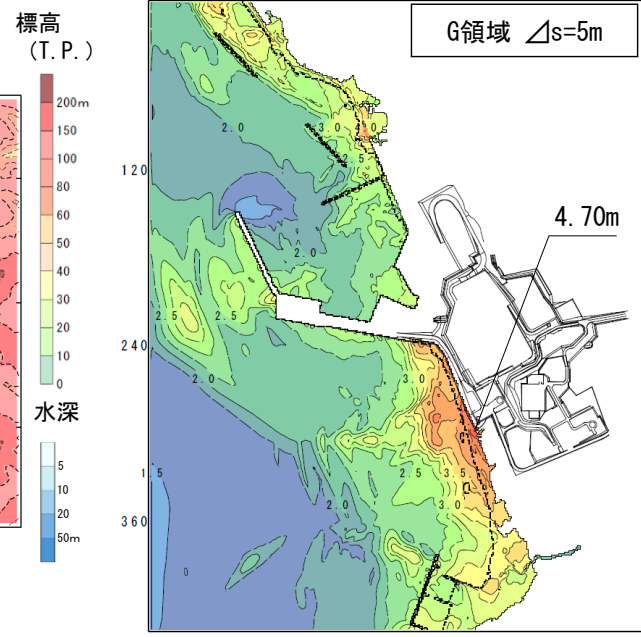
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
佐井エリアの地すべり地形	二層流モデル	4.70m



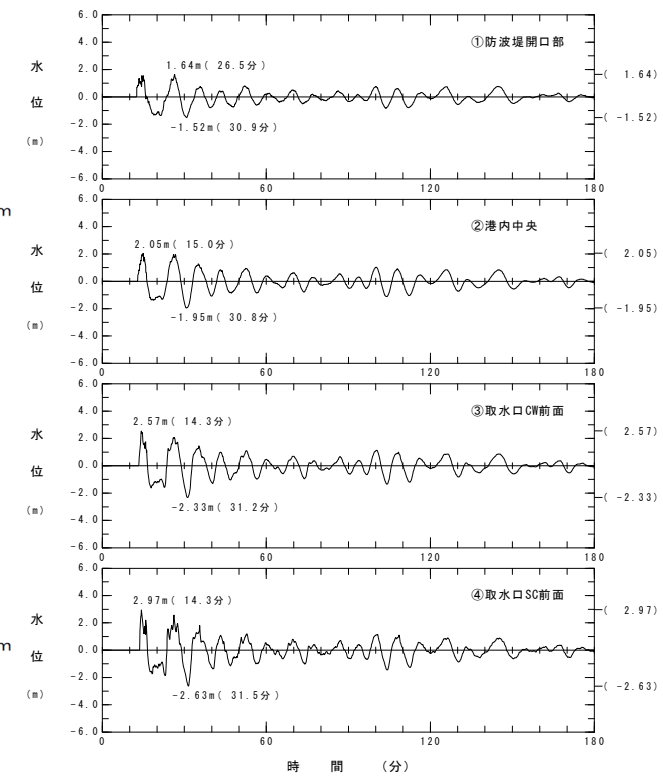
地形モデル  
【現地形(モデル上の崩壊前地形)】



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波（18/23）



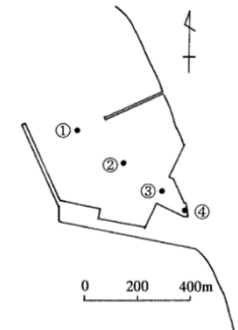
## 数値シミュレーション【ステップ4】（7/11）：解析モデル①<二層流モデル>（7/7）

計算結果【佐井エリアの地すべり地形】

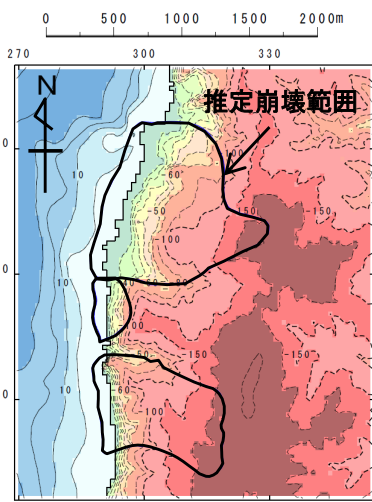
陸上の斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果（下降側）は下表のとおりである。

陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果（下降側）

検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
佐井エリアの地すべり地形	二層流モデル	-2.64m

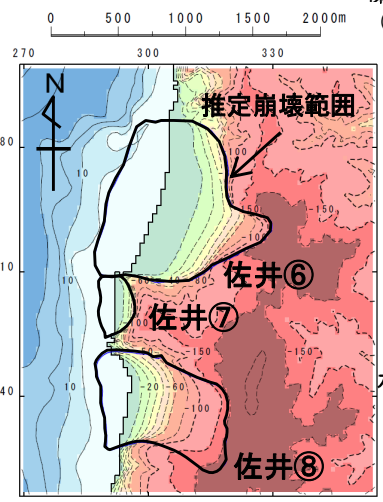


水位時刻歴波形出力点

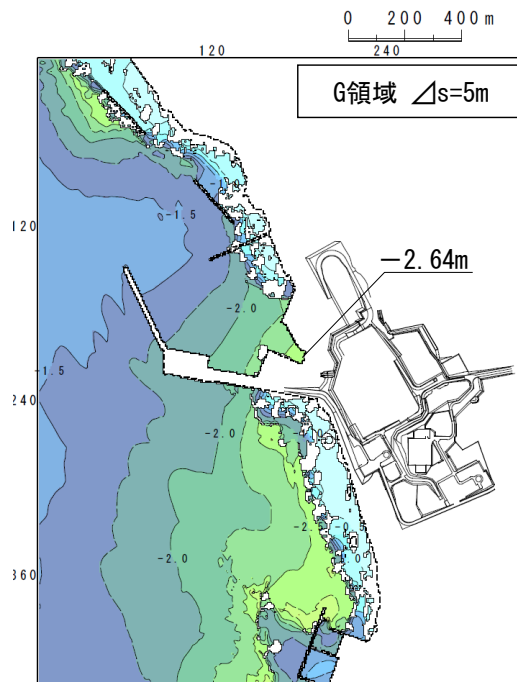


地形モデル  
【現地形(モデル上の崩壊前地形)】

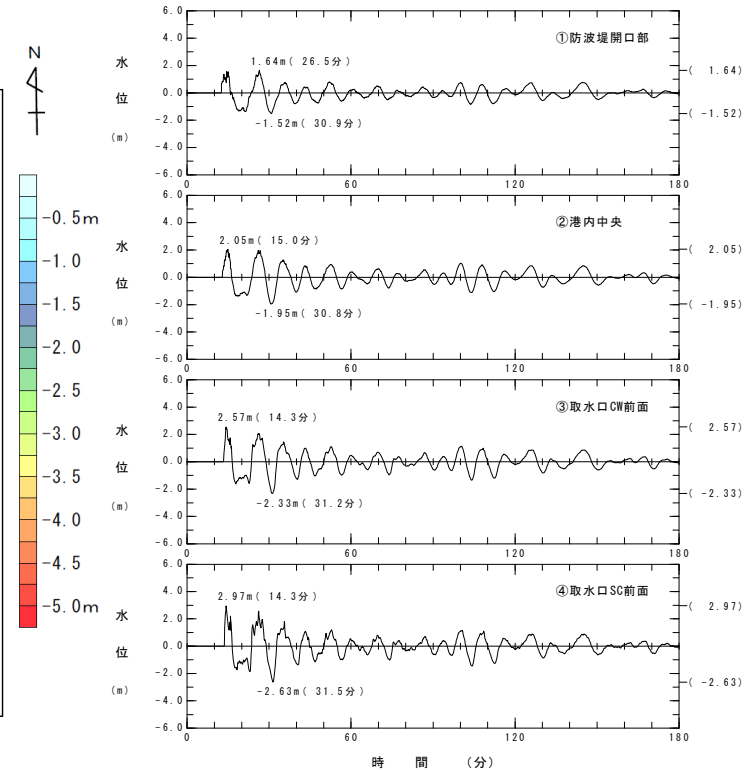
波源モデル



地形モデル(すべり面)



最大水位下降量分布



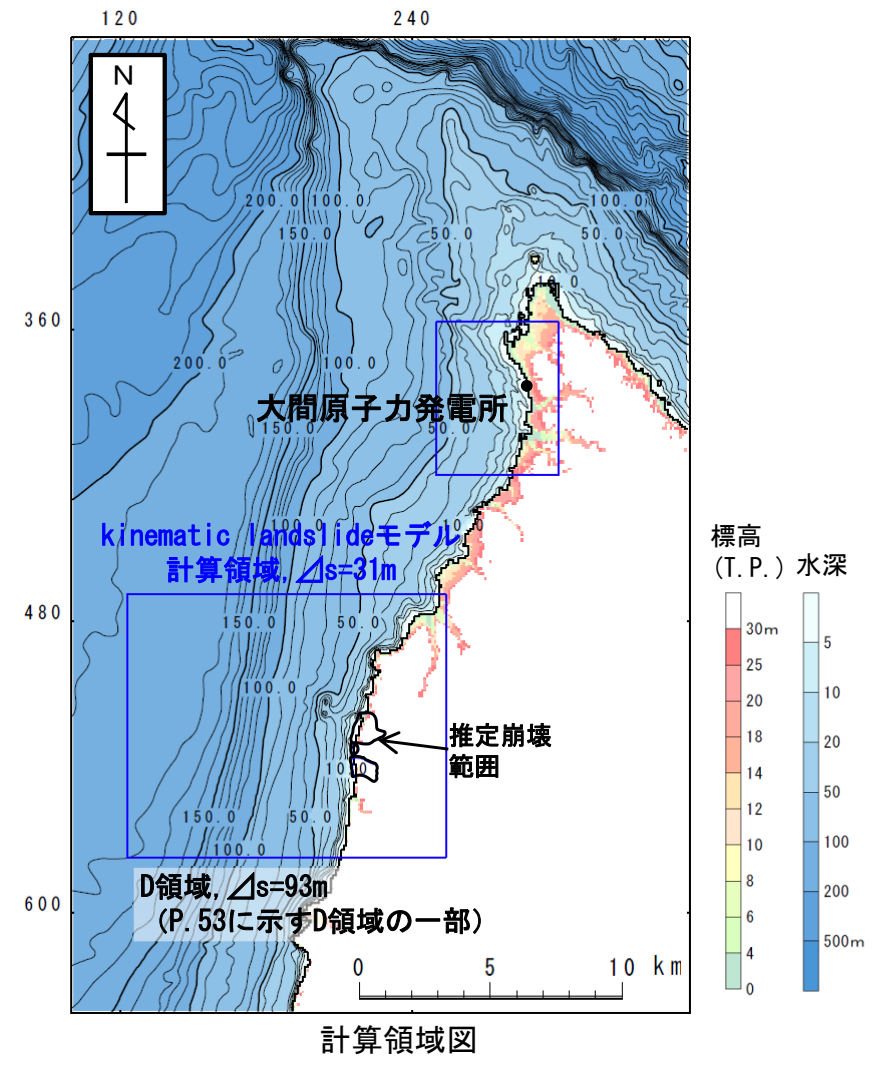
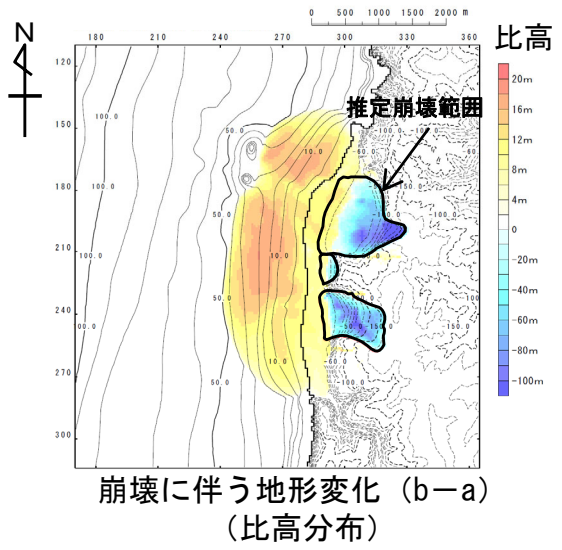
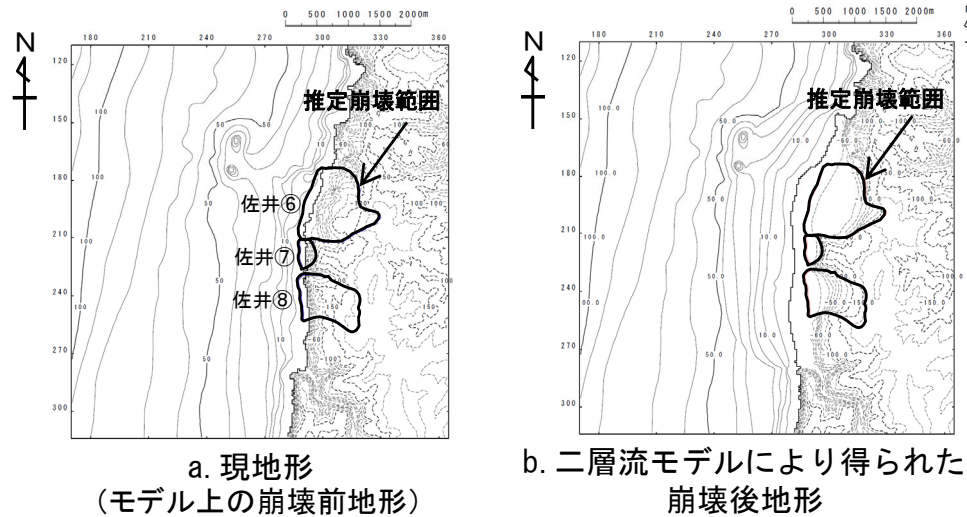
水位時刻歴波形



## 数値シミュレーション【ステップ4】 (8/11) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (1/4)

### 崩壊地形データの作成【佐井エリアの地すべり地形】

- ・ 解析モデル②としてkinematic landslideモデルを採用した。
- ・ kinematic landslideモデルの崩壊地形データ (比高分布) は、現地形 (モデル上の崩壊前地形) と二層流モデルにより得られた崩壊後地形から作成した。なお、佐井⑥⑦⑧の崩壊物が同時に海域に突入するものとした。





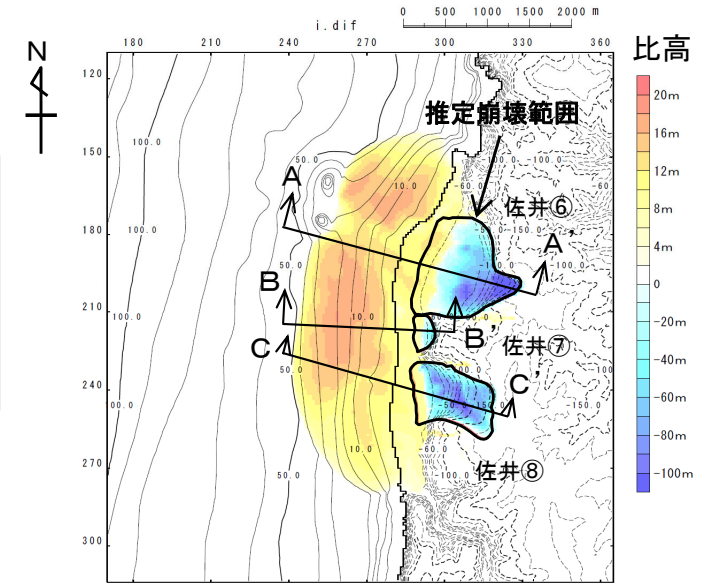
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (9/11) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2/4)

パラメータの設定【水平移動速度・比高変化継続時間】

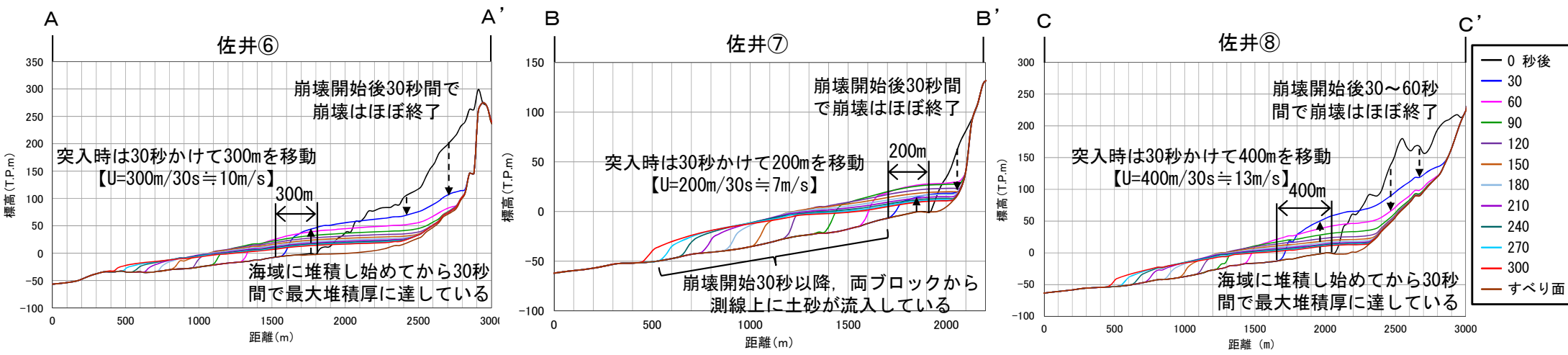
- kinematic landslideモデルで考慮する水平移動速度 $U$ および比高変化継続時間 $T$ は、二層流モデル解析で得られた崩壊測線上の崩壊物の移動状況より下記のとおり設定した。

水平移動速度  $U_1$  : 10m/s (佐井⑥)  
 $U_2$  : 7m/s (佐井⑦)  
 $U_3$  : 13m/s (佐井⑧)

比高変化継続時間  $T$  : 30秒



kinematic landslideモデルに用いる比高分布



kinematic landslideモデルに用いる $U$ 及び $T$

(二層流モデル解析による崩壊測線上の崩壊物の移動状況より設定)



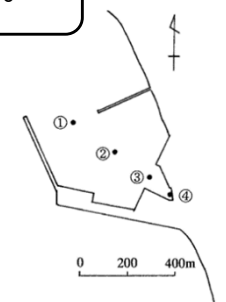
# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (21 / 23)

## 数値シミュレーション【ステップ4】 (10 / 11) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 4)

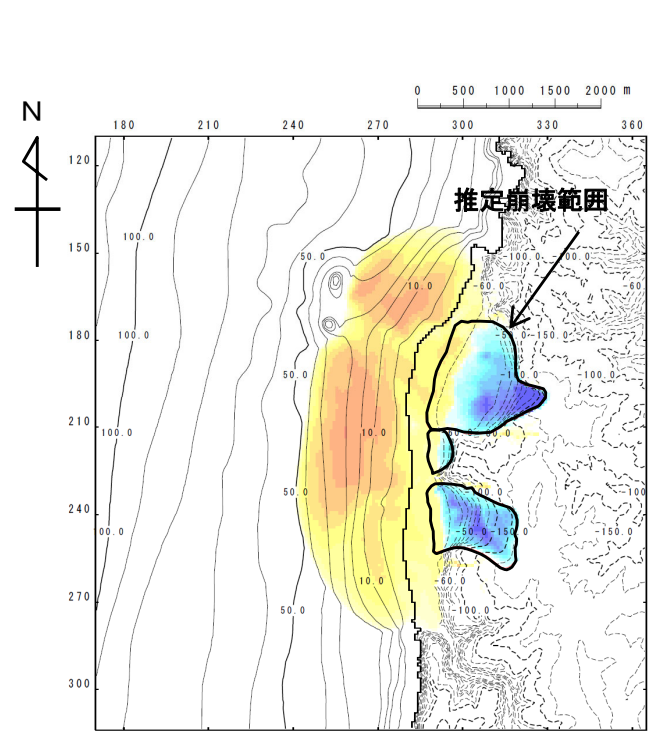
計算結果【佐井エリアの地すべり地形】

陸上の斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

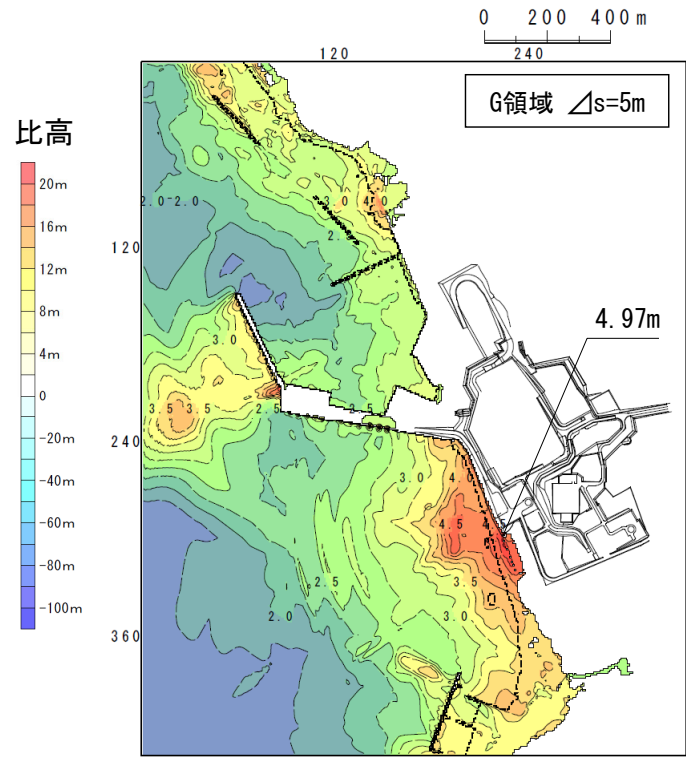
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
佐井エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	4.97m



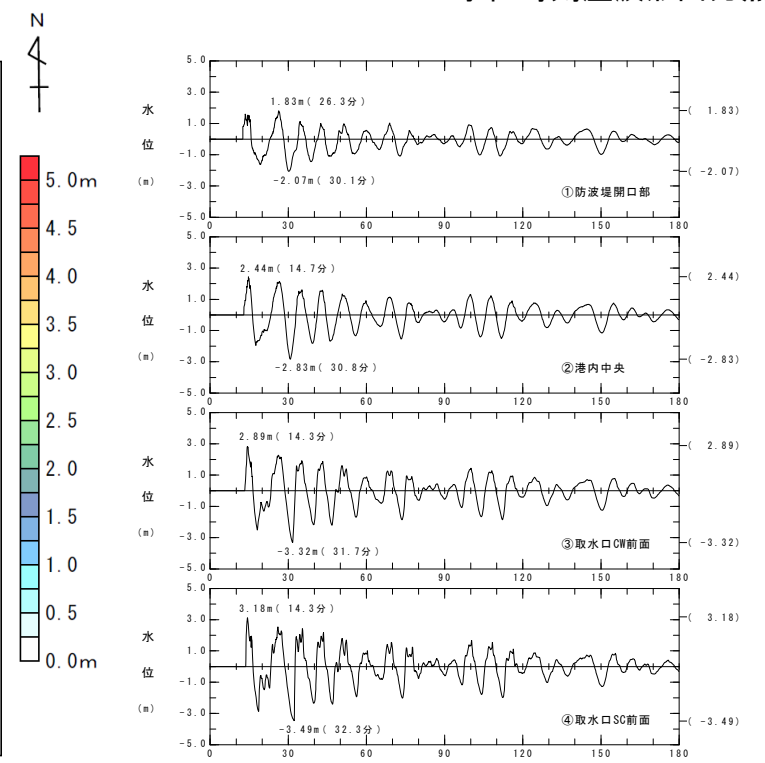
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

# 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (22/23)



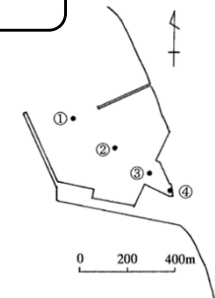
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (11/11) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (4/4)

計算結果【佐井エリアの地すべり地形】

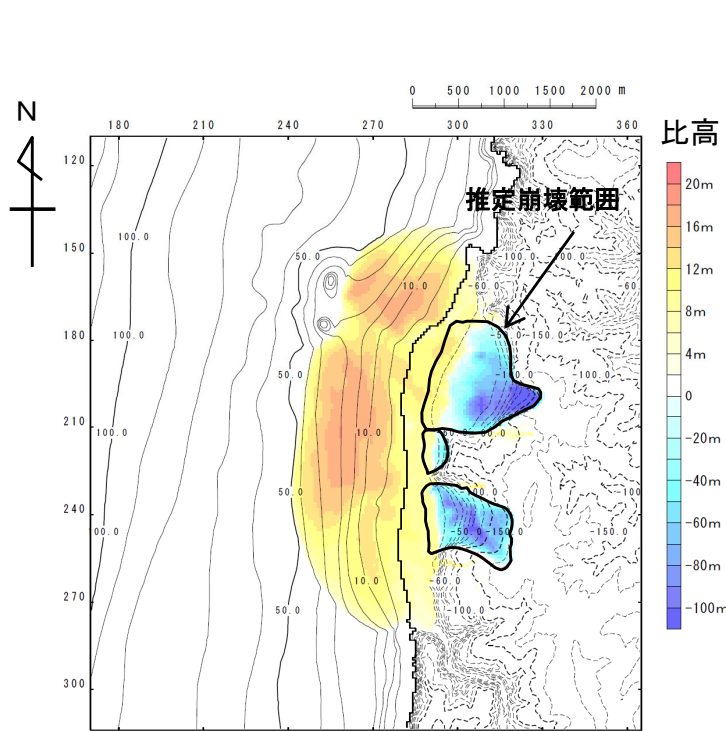
陸上の斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果 (下降側)

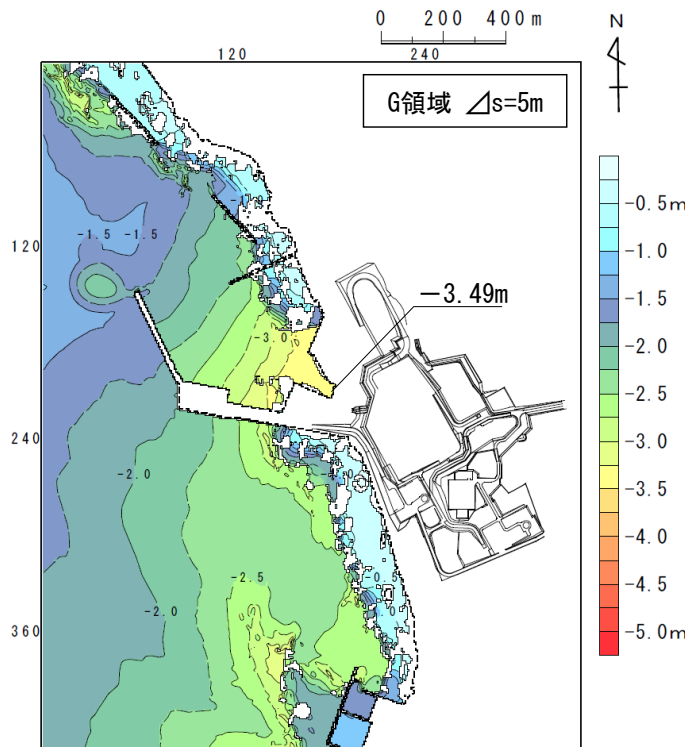
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
佐井エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	-3.49m



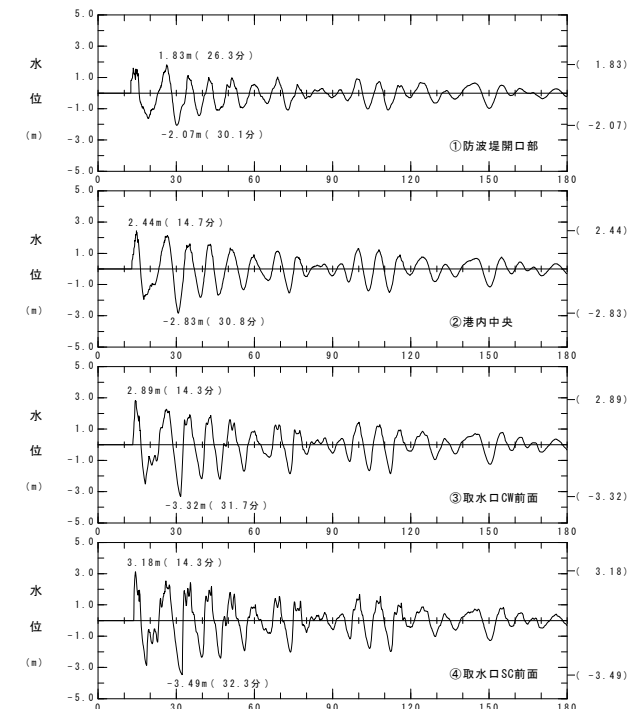
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形





## 陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果

- 陸上の斜面崩壊に起因する津波の検討結果は以下のとおりである。

陸上の斜面崩壊に起因する津波

区分	解析モデル	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面 における 最大水位下降量
陸上の斜面崩壊に起因する津波	kinematic landslideモデル	4.97m	-3.49m

(余白)