

---

茨城県原子力安全対策委員会  
東海第二発電所  
安全性検討ワーキングチーム（第3回）  
ご説明資料  
（津波の評価及び耐津波設計）

平成28年2月29日  
日本原子力発電株式会社

# 目 次

---

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| A 津波の評価                        | 3  |
| A-1 評価の変遷                      | 3  |
| A-2 新規制基準等を踏まえた基準津波の設定         | 5  |
| 1. 新規制基準およびその適合状況(耐津波)         | 5  |
| 2. 基準津波の策定要件                   | 6  |
| 3. 津波評価の概要                     | 7  |
| 4. 地震に起因する津波の評価                | 8  |
| 4.1 プレート間地震に起因する津波             | 8  |
| 4.2 海洋プレート内地震に起因する津波           | 27 |
| 4.3 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波      | 31 |
| 4.4 評価結果のまとめ                   | 33 |
| 5. 地震以外に起因する津波の評価              | 34 |
| 5.1 陸上及び海底での地すべり並びに斜面崩壊に起因する津波 | 34 |
| 5.2 火山現象に起因する津波                | 42 |
| 6. 行政機関の津波評価                   | 43 |
| 7. 基準津波の選定                     | 45 |
| B 耐津波設計(概要)                    | 47 |

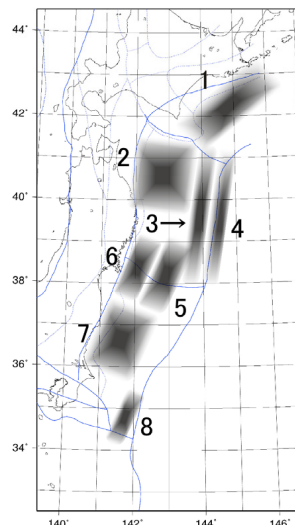
## A-1 評価の変遷

|                    |                                                                 | 津波評価                                                                                                  | 津波高さ<br>T.P.(m)  | 津波対策              |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| 昭和46(1971)年<br>12月 | 原子炉設置許可申請                                                       | 昭和31年7月以降の日立港の潮位記録(最高潮位:T.P.+1.46m)を基に敷地レベルを設定(取水口機器設置レベル:T.P.+3.31m)。                                | +1.46<br>(最高潮位)  | +3.31m<br>(敷地レベル) |
| 平成5年7月             | 北海道南西沖地震発生                                                      |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成8年12月            | 4省庁(農水省, 水産庁, 運輸省, 建設省)が「太平洋沿岸部地震津波防災計画主要調査委員会」を設置。             |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成9(1997)年         |                                                                 | 4省庁の検討状況を踏まえ, 津波解析を実施。<br>1677年房総沖地震を波源とした解析結果(最高水位T.P.+4.41m)からポンプ室の壁がT.P.+4.91mまで必要と判断し, 自主的に対策を実施。 | +4.41            | +4.91<br>(H9年対策)  |
| 平成10年3月            | 7省庁(4省庁+国土庁, 気象庁, 消防庁)が「津波防災計画における津波対策強化の手引き」を公表。               |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成14(2002)年<br>2月  | 土木学会が「原子力発電所の津波技術」を公表。                                          | 左記評価技術に基づき津波評価を実施した結果, 最高水位がT.P.+4.86mであり, ポンプ室の安全性を確認。<br>(次頁に示す)                                    | +4.86            |                   |
| 平成18年9月            | 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」改訂。                                       |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成19年10月           | 茨城県が「県沿岸における津波浸水想定区域図等」を公表。                                     |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成20(2008)年<br>12月 |                                                                 | 茨城県の津波評価を踏まえた評価を実施した結果, 最高水位がT.P.+5.72mであったことから, ポンプ室の対策計画を決定。<br>(次頁に示す)                             | +5.72            | +6.11             |
| 平成23年3月11日         | 2011年東北地方太平洋沖地震                                                 | ポンプ室対策のうち側板設置完了(H22.9)。ポンプ室対策のうち貫通部の封止完了(H23)。ケーブルトレイ(北側)対策中。                                         |                  |                   |
| 平成25年6月            | 「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び各種審査ガイドの制定(原子力規制委員会) |                                                                                                       |                  |                   |
| 平成26年5月            | 原子炉設置変更許可申請                                                     | 「基準津波及び対津波設計方針に係る審査ガイド」, 2011年東北地方太平洋沖地震の知見等を踏まえ基準津波を設定(防潮堤位置:T.P.+17.2m)                             | +17.2<br>(防潮堤位置) | +18~20<br>(防潮堤高さ) |

## A-1 評価の変遷 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を踏まえた評価(2011年東北地方太平洋沖地震前)

### ●「原子力発電所の津波技術」(土木学会)に基づく評価

日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿いで考慮する波源モデル



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

1677年延宝房総沖地震に対応する波源が最も影響が大きく、最高水位がT.P.+4.86mとなった。

### ●茨城県の津波評価(H19年10月)に基づく評価



|             | ハード対策           | ソフト対策            |
|-------------|-----------------|------------------|
| 想定地震        | 1897年<br>明治三陸地震 | 1677年<br>延宝房総沖地震 |
| マグニチュード(M)  | 8.6             | 8.3              |
| 茨城県沿岸での津波高さ | 1~2m            | 2~7m             |

1677年延宝房総沖地震を波源として評価を行った結果、最高水位がT.P.+5.72mとなった。



# 1. 新規規制基準およびその適合状況(耐津波)

東海第二発電所発電用原子炉設置変更許可申請書(平成26年5月)

添付書類八「変更後における発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書」

1.10.8「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年7月8日施行)」に対する適合(抜粋、一部追記)

| 【第5条】 新規規制基準の項目※1                                                                                 | 適合状況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> | <p>(1)基準津波の策定</p> <p>基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造、地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定する。</p> <p>また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊、その他の地震以外の要因、及びこれらの組み合わせによるものを複数選定し、不確かさを考慮し策定する。</p> <p>なお、基準津波は、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるように施設から離れた沿岸域における津波を用いる。</p> <p>(2)基準津波に対する設計基準対象施設の設計</p> <p>基準津波に対して、耐津波設計上重要な施設※2の安全機能が損なわれることがないように設計する。</p> <p>耐津波設計上重要な施設を設置する敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない。また、海と接続する取水口、放水路等の経路から、同敷地及び耐津波設計上重要な施設を内包する建屋に流入させない。【外郭防護1】</p> <p>取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。【外郭防護2】</p> <p>上記の他、耐津波設計上重要な施設は、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離する。【内郭防護】</p> <p>水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p> |

※1:「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第五条(津波による損傷の防止)

※2:耐震Sクラスに属する施設及び安全機能を有する設備(クラス1・2設備及びクラス3設備のうち緊急時対策所)

## 2. 基準津波の策定要件

### 【新規制基準の要求事項】

#### (基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド抜粋)

##### ○津波発生要因の検討

(1) 津波を発生させる要因として、以下の事象を検討していることを確認する。

- ・プレート間地震
- ・海洋プレート内地震
- ・海域の活断層による地殻内地震
- ・陸上及び海底での地すべり(以下「地すべり」という。)、斜面崩壊
- ・火山現象(噴火、山体崩壊、カルデラ陥没等)

(2) プレート間地震では、津波を発生させる要因として、以下の事象を考慮していることを確認する。

- ・プレート境界での大きなすべりにより強い揺れと大きな津波を生成する地震及び海溝直近の分岐断層まで同時に活動する地震
- ・プレート境界(海溝近傍)でのゆっくりとした大きなすべりにより強い揺れは伴わないが大きな津波を生成する津波地震
- ・上記の同時発生

(3) 海洋プレート内地震では、津波を発生させる要因として、海溝軸の外側で発生する地震を考慮していることを確認する。

(4) 海域の活断層による地殻内地震では、津波を発生させる要因として、海岸のやや沖合の陸側のプレート(大陸プレート)内部で発生する地震を考慮していることを確認する。

(5) 地すべり、斜面崩壊の要因となる事象(地震、火山現象、豪雨等)を適切に考慮していることを確認する。また、活断層が少ない地域においても、過去に地すべりや斜面崩壊が発生したことを示す地形や地質構造が見られる場合には、地すべりや斜面崩壊による津波の発生を適切に考慮していることを確認する。

##### ○津波発生要因の組合せ

(1) 津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、次に示す組合せについて考慮していることを確認する。

- ・プレート間地震とその他の地震
- ・地震と地すべり
- ・地震と斜面崩壊
- ・地震と山体崩壊

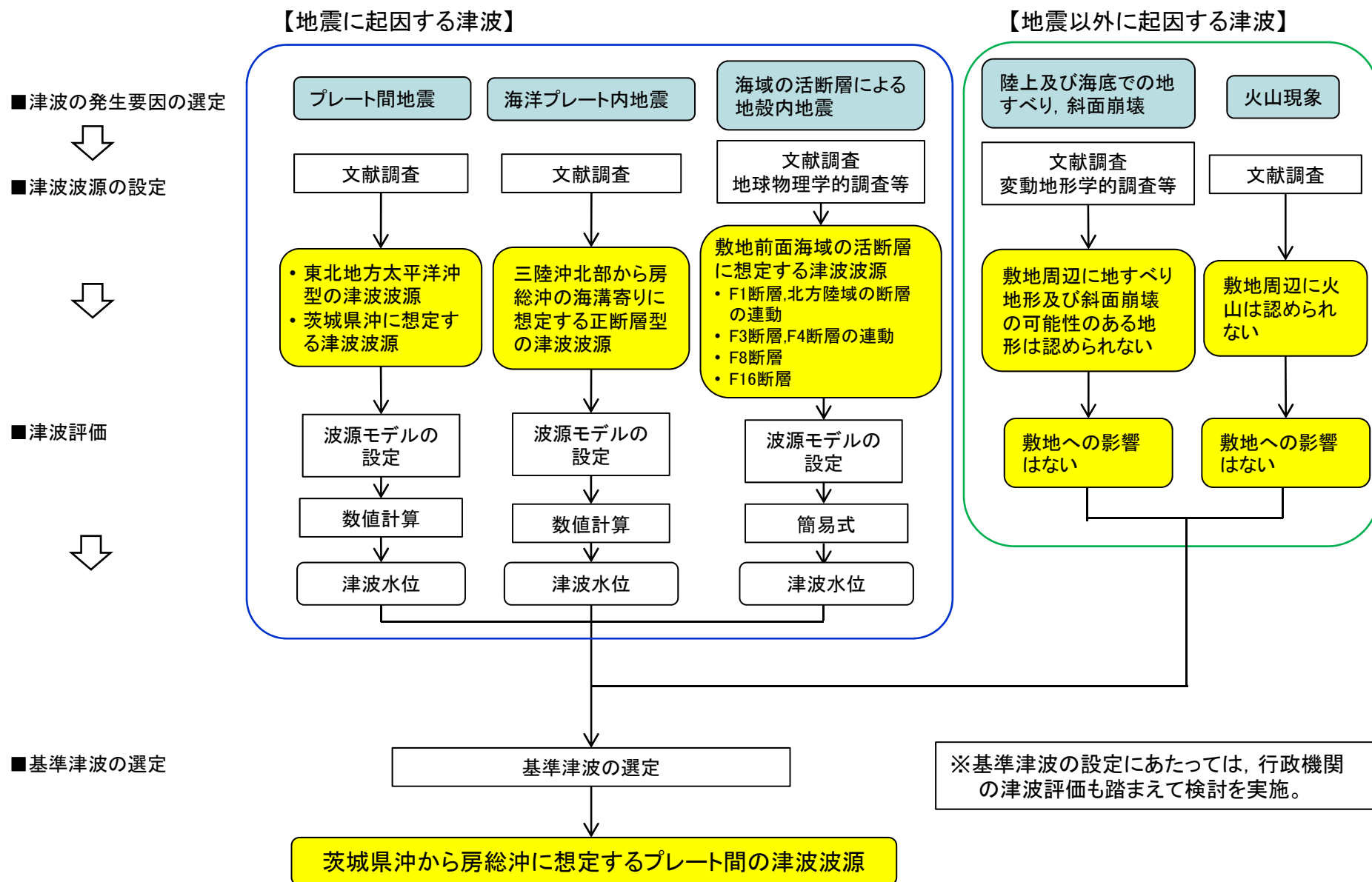
##### ○基準津波の策定方針

(1) 基準津波は、上記の発生要因を考慮した波源モデルに基づき、津波の伝播の影響等を踏まえて複数策定していることを確認する。

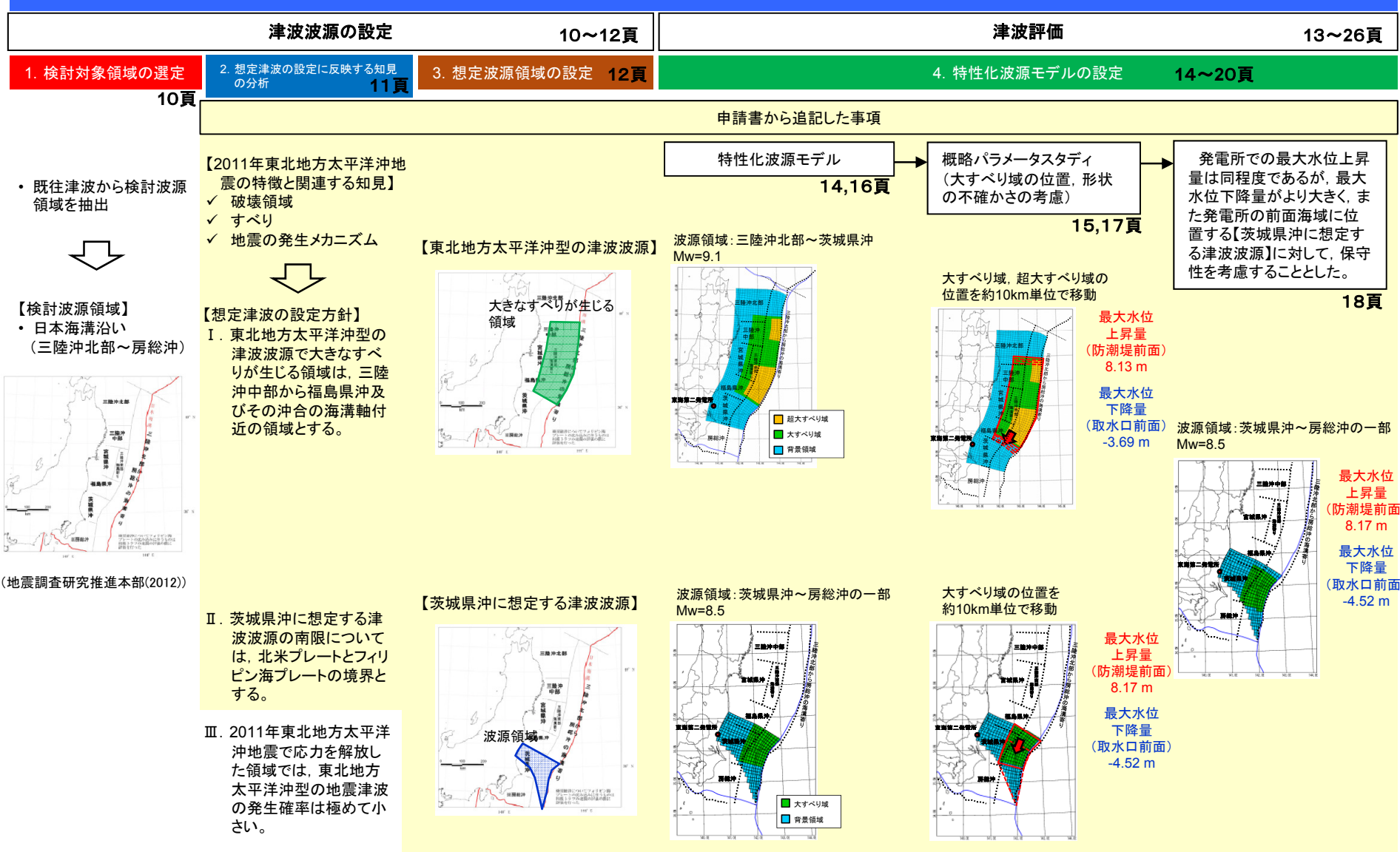
(2) 基準津波の策定に当たっては、最新の知見に基づき、科学的想像力を発揮し、十分な不確かさを考慮していることを確認する。

上記内容に基づき基準津波を策定

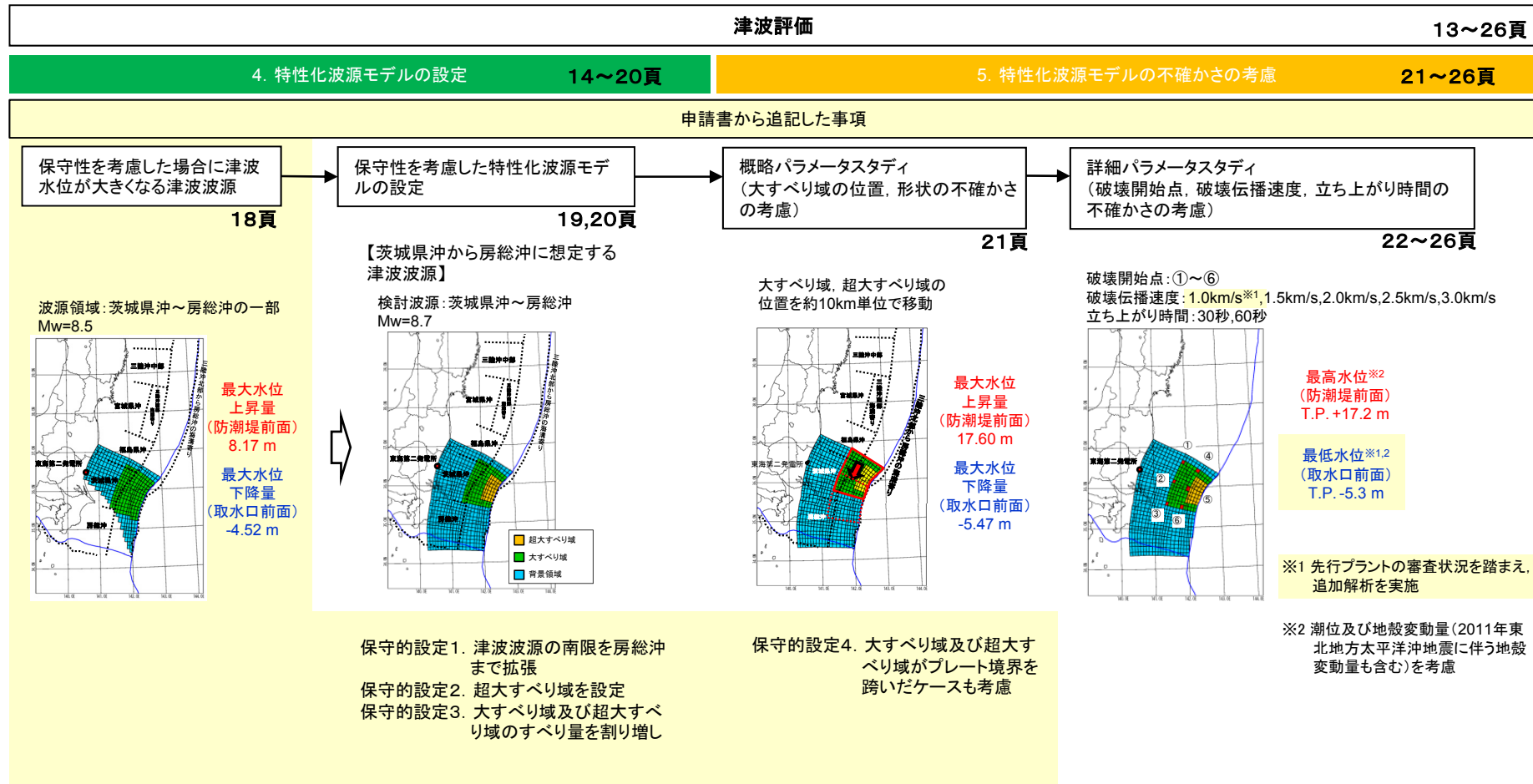
### 3. 津波評価の概要 新規規制基準を踏まえた評価(2011年東北地方太平洋沖地震後)



# 4.1 プレート間地震に起因する津波(概要)



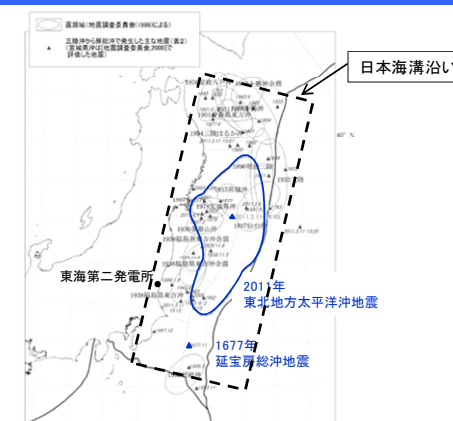
## 4.1 プレート間地震に起因する津波(概要)





## (1) 検討対象領域の選定(既往津波の記録)

- 地震規模M8以上(国外においてはM9クラス)のプレート間地震について、文献調査を行った結果、敷地に比較的大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波は、日本海溝沿いで発生した津波である。
  - ✓ 1677年延宝房総沖地震津波: 大洗町で約5~6m
  - ✓ 2011年東北地方太平洋沖地震津波: 発電所で約5~6m(最大6.5m)



三陸沖から房総沖にかけての主な地震と主な震源域  
(地震調査研究推進本部(2012)に加筆)

| 領域   |            | 名称                  | 波源域         | 地震規模    |                    | 文献調査結果              |
|------|------------|---------------------|-------------|---------|--------------------|---------------------|
|      |            |                     |             | Mj      | Mw                 |                     |
| 近地津波 | 日本海溝沿い     | 869年の津波             | 三陸沖         | 8.3±1/4 | —                  | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      |            | 1611年の津波            | 三陸沖         | ≒8.1    | 8.3                | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      |            | 1677年延宝房総沖地震津波      | 房総沖         | ≒8.0    | 8.2                | 大洗町で約5～6m           |
|      |            | 1793年宮城県沖地震         | 三陸沖         | 8.0～8.4 | —                  | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      |            | 1896年明治三陸沖地震津波      | 三陸沖         | 8・1/4   | 8.3                | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      |            | 2011年東北地方太平洋沖地震津波   | 三陸沖         | 8.4     | 9.0                | 発電所で約5～6m(最大6.5 m)  |
|      | 千島海溝沿い     | 1968年十勝沖地震          | 十勝沖         | 7.9     | 8.2                | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      |            | 17世紀初頭の地震(500年間隔地震) | 十勝・根室沖      | —       | 8.8※1              | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
|      | 伊豆・小笠原海溝沿い | 1972年八丈島東方沖地震津波     | 八丈島東方沖      | 7.2     | M <sub>0</sub> 7.5 | 敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない |
| 遠地津波 |            | 1700年カスケード地震津波      | 北米北西部沖      | 9クラス    | 8.9                | 茨城県那珂湊で約2m          |
|      |            | 1952年カムチャッカ地震津波     | カムチャッカ半島南東沖 | —       | 9.0                | 福島県沿岸で約2m以下         |
|      |            | 1960年チリ地震津波         | チリ南部沖       | —       | 9.5                | 茨城県久慈港で約3m          |
|      |            | 1964年アラスカ地震津波       | アラスカ湾       | —       | 9.2                | 小名浜、銚子で1m以下         |

※1 Ioki and Tanioka (2016, in press)による

- 文献調査結果より、過去に敷地へ比較的大きな影響を及ぼした日本海溝沿いの領域を対象に、津波波源について検討した。

## (2) 想定津波の設定に反映する知見の分析(まとめ)

日本海溝沿いの領域に対して、検討波源モデルの設定及び波源特性の不確かさの考慮の検討の基礎とするため、文献調査を実施した。その結果、以下の結論が得られた。

### 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴

(破壊領域)

- 複数の領域が連動して破壊した。
- 余震を含む破壊領域の南限は、北米プレートとフィリピン海プレートの境界に位置している。

(すべり)

- すべりには不均質性が認められ、大きなすべりが生じた領域は三陸沖中部の南部、宮城県沖、三陸沖南部海溝寄り、福島県沖の4領域及びその沖合の海溝軸付近の領域である。

(地震の発生メカニズム)

- 地震の前後でプレート境界上盤側で発生する地震のメカニズムは大きく変化した。

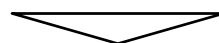
### 2011年東北地方太平洋沖地震に関連する知見

- 固着の程度が小さい領域が破壊伝播のバリアとなっている。
- 北米プレートとフィリピン海プレートの境界が余震を含む破壊伝播のバリアとして作用している。

- 大きなすべりが生じた領域は、固着の程度が大きい領域に対応している。

- 地震前後で、応力状態が圧縮状態から引張状態へ変化したことから、三陸沖中部～福島県沖に蓄積されていた巨大地震を引き起こす歪みはほぼ完全に解消された。

- 津波堆積物調査結果等から、過去に同規模の巨大地震が数百年間隔で発生している。



### 想定津波の設定方針

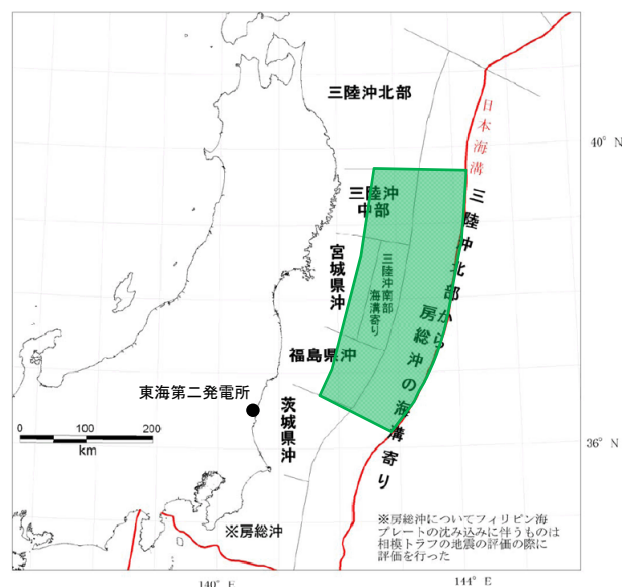
- I. 東北地方太平洋沖型の津波波源で大きなすべりが生じる領域は、三陸沖中部から福島県沖及びその沖合の海溝軸付近の領域とする。
- II. 茨城県沖に想定する津波波源の南限については、北米プレートとフィリピン海プレートの境界とする。
- III. 2011年東北地方太平洋沖地震で応力を解放した領域では、東北地方太平洋沖型の地震津波の発生確率は極めて小さい。

### (3) 想定波源領域の設定

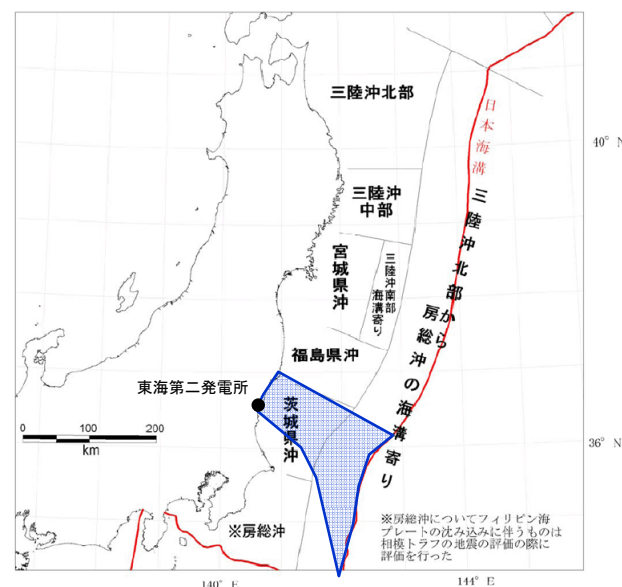
#### 想定津波の設定方針

- I. 東北地方太平洋沖型の津波波源で大きなすべりが生じる領域は、三陸沖中部から福島県沖及びその沖合の海溝軸付近の領域とする。
- II. 茨城県沖に想定する津波波源の南限については、北米プレートとフィリピン海プレートの境界とする。
- III. 2011年東北地方太平洋沖地震で応力を解放した領域では、東北地方太平洋沖型の地震津波の発生確率は極めて小さい。

【東北地方太平洋沖型の津波波源】



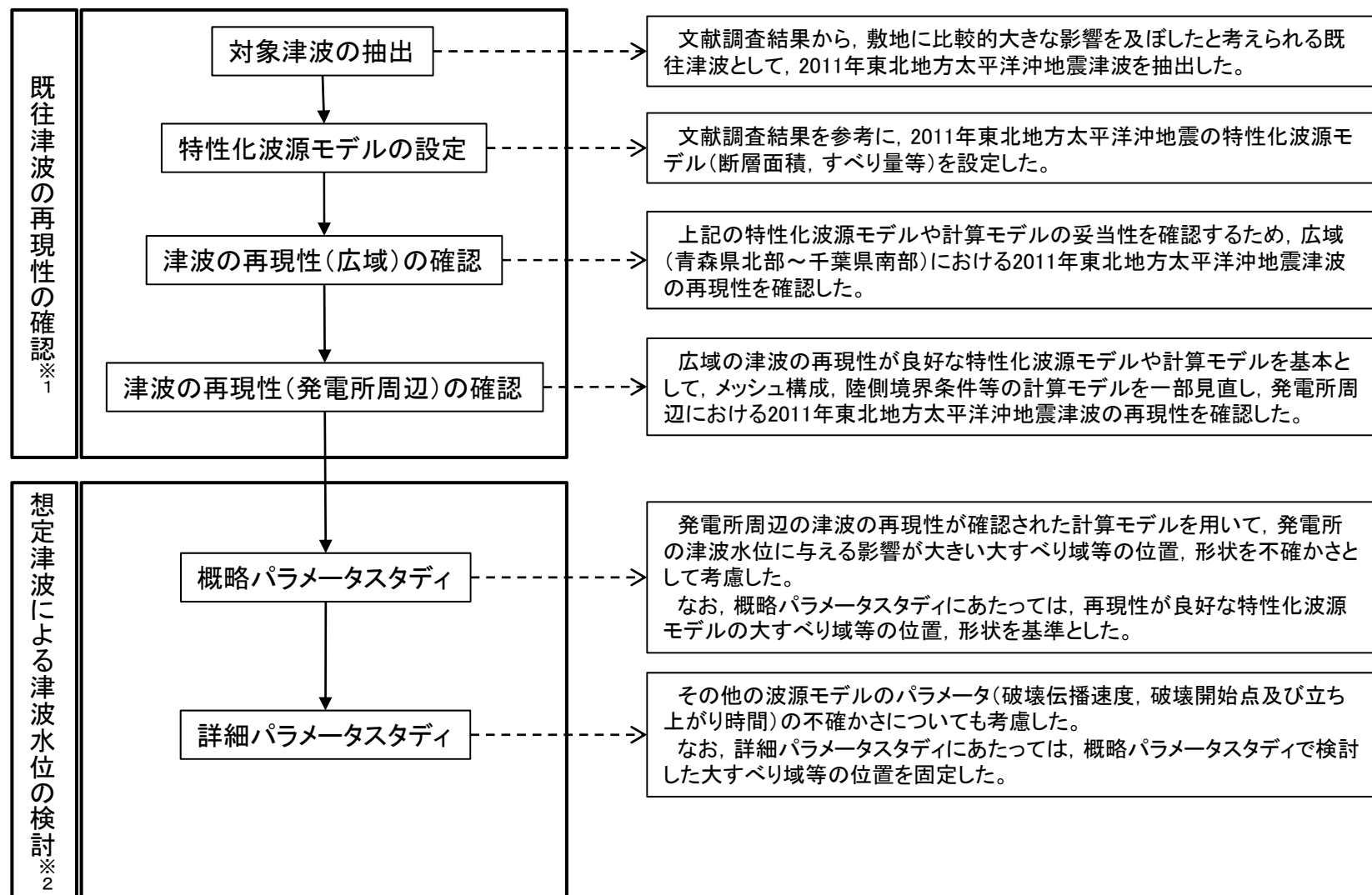
【茨城県沖に想定する津波波源】



(地震調査研究推進本部(2012)に加筆)



## 4.1.2 津波評価(検討フロー)



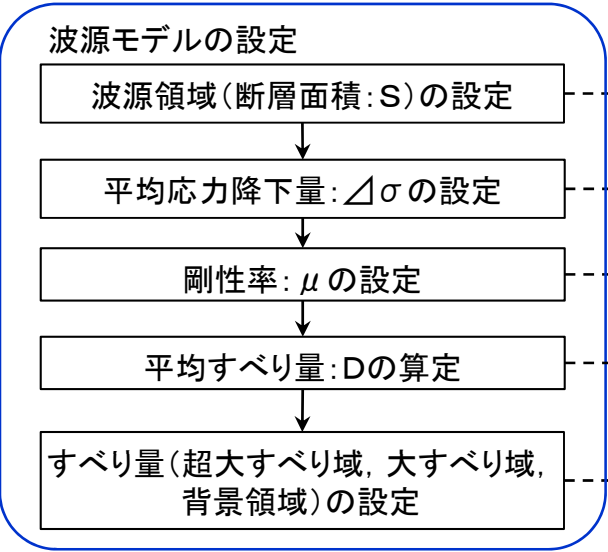
※1:再現解析の津波水位＝潮位＋水位変動量＋2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量(当該地震前の陸上地形で計算(発電所の防潮堤なし))

※2:津波予測解析の津波水位＝潮位＋水位変動量＋2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量＋津波予測解析による地殻変動量  
(当該地震後の陸上地形で計算(発電所で防潮堤考慮))

# 東北地方太平洋沖型の津波波源(広域の再現解析:特性化波源モデル)

- 文献調査の結果から敷地に比較的大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波として、2011年東北地方太平洋沖地震津波を抽出した。
- 2011年東北地方太平洋沖地震の波源モデルについては、特性化波源モデルとした。

## 【設定フロー】



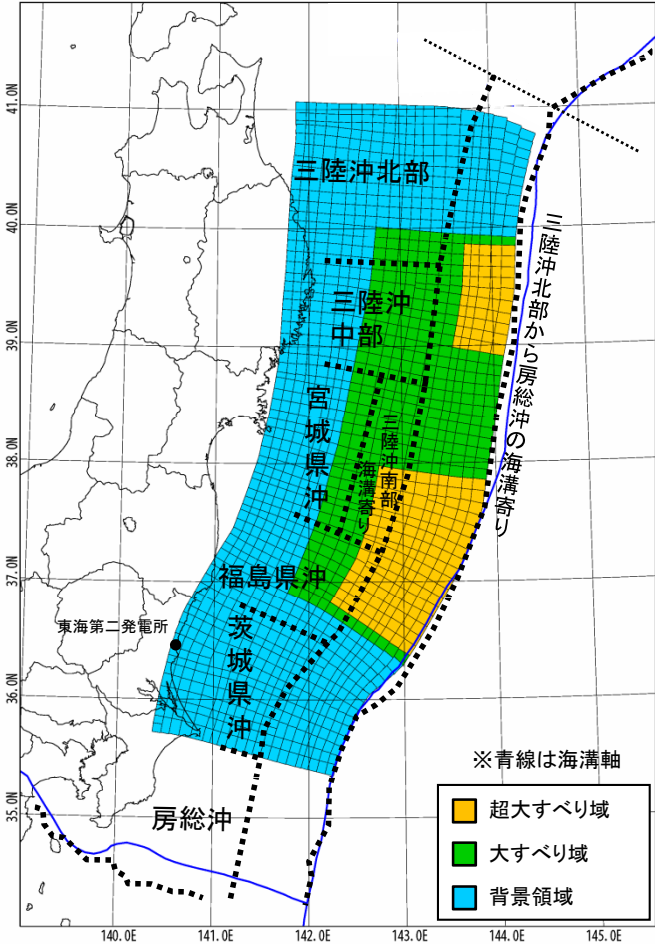
## 【設定根拠】

- 杉野他(2014)を参考に設定
- M7~M9クラスの地震の応力降下量のばらつきを考慮(内閣府(2012), Murotani et al.(2013))
- 2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルの剛性率を設定
- 地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの定義式から算定
- 杉野他(2014)に基づき設定

| パラメータ                   | 設定値                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 断層面積:S                  | 134,733 km <sup>2</sup>               |
| 平均応力降下量: $\Delta\sigma$ | 3.0 MPa                               |
| 剛性率: $\mu$              | $4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード:Mw         | 9.1                                   |
| 平均すべり量:D                | 9.6 m                                 |
| 地震モーメント:M <sub>0</sub>  | $6.1 \times 10^{22}$ Nm               |

※ 断層面積は右図の特性化波源モデル値  
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する

| パラメータ  |            | 設定値                                 |
|--------|------------|-------------------------------------|
| 超大すべり域 | すべり量       | 28.9 m                              |
|        | 面積比率(断層面積) | 全体面積の15% (20,010 km <sup>2</sup> )※ |
| 大すべり域  | すべり量       | 13.5 m                              |
|        | 面積比率(断層面積) | 全体面積の25% (33,825 km <sup>2</sup> )※ |
| 背景領域   | すべり量       | 3.2 m                               |
|        | 面積比率(断層面積) | 全体面積の60% (80,898 km <sup>2</sup> )※ |

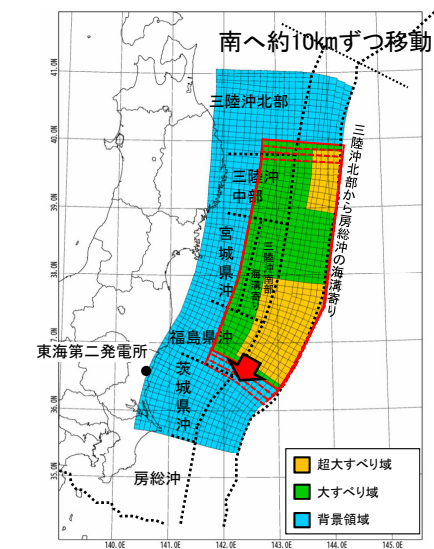


特性化波源モデル(一例)

# 東北地方太平洋沖型の津波波源(概略パラメータスタディの設定及び評価結果)

- 再現性の最も良好なモデルを基準として、大すべり域、超大すべり域を三陸沖中部から福島県沖の範囲で10kmずつ移動させて発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は8.13m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-3.69mとなることを確認した。

【M9クラスの特性化波源モデル】



破壊開始点 : 無し  
破壊伝播速度 : ∞

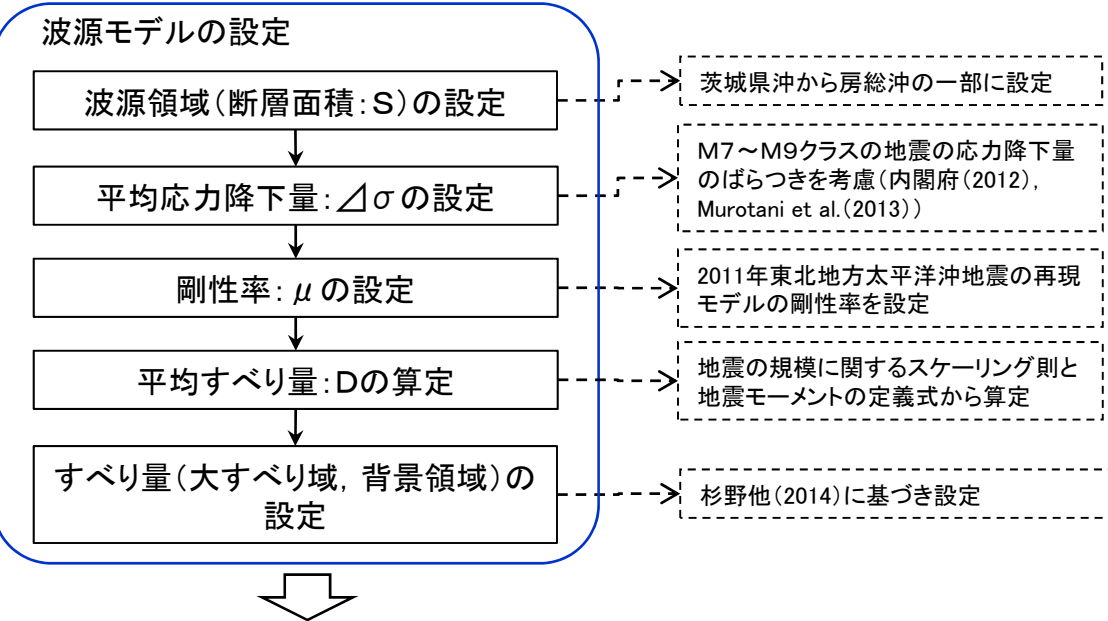
| 位置       | 防潮堤前面      | 取水口前面      |
|----------|------------|------------|
|          | 最大水位上昇量(m) | 最大水位下降量(m) |
| 基準       | 7.36       | -3.52      |
| 南へ10km移動 | 8.13       | -3.19      |
| 南へ20km移動 | 8.09       | -3.04      |
| 南へ30km移動 | 7.75       | -3.69      |

※行政機関による既往評価で比較できるパラメータ(地震規模Mw, すべり量等)も参考にして特性化波源モデルを設定

# 茨城県沖に想定する津波波源(特性化波源モデル)

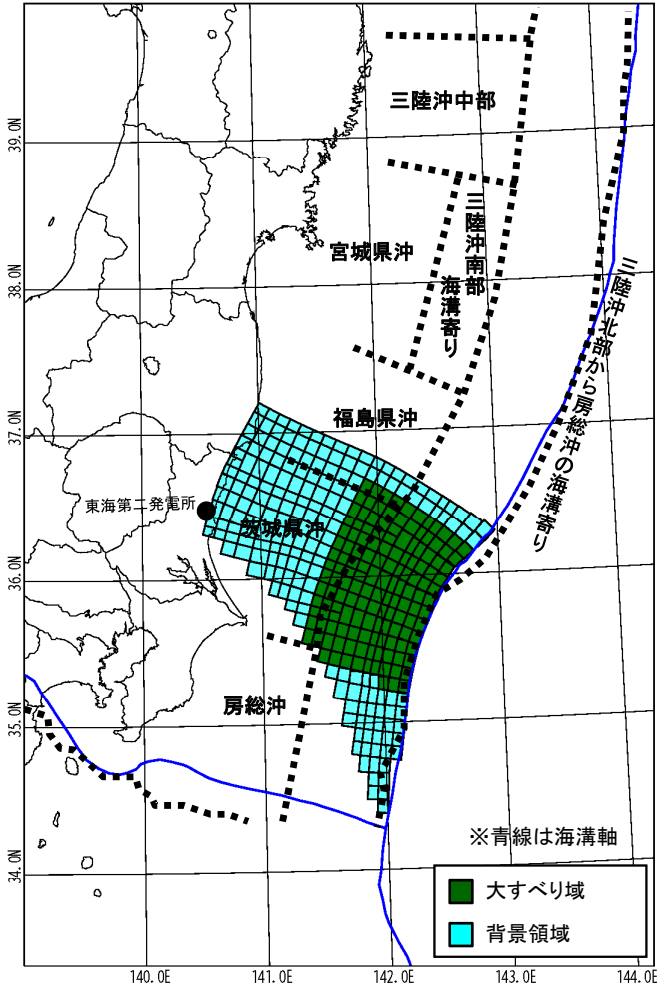
【設定フロー】

【設定根拠】



| パラメータ※1                 | 設定値                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 断層面積:S                  | 29,630 km <sup>2</sup>                |
| 平均応力降下量: $\Delta\sigma$ | 3.0 MPa                               |
| 剛性率: $\mu$              | $4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード:Mw         | 8.5                                   |
| 平均すべり量:D                | 4.5 m                                 |
| 地震モーメント:M <sub>0</sub>  | $6.3 \times 10^{21}$ Nm               |

| パラメータ  |            | 設定値                                  |
|--------|------------|--------------------------------------|
| 超大すべり域 | すべり量       | —                                    |
|        | 面積比率(断層面積) | —                                    |
| 大すべり域  | すべり量       | 9.0 m                                |
|        | 面積比率(断層面積) | 全体面積の40% (11,862 km <sup>2</sup> )※2 |
| 背景領域   | すべり量       | 1.5 m                                |
|        | 面積比率(断層面積) | 全体面積の60% (17,768 km <sup>2</sup> )※2 |



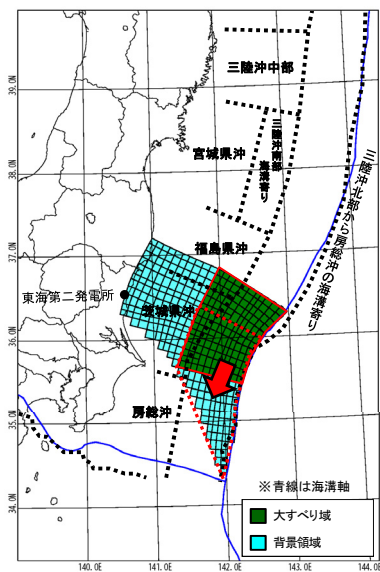
特性化波源モデル(一例)

※1 行政機関による既往評価で比較できるパラメータ(地震規模Mw, すべり量等)も参考にして特性化波源モデルを設定  
※2 断層面積は右図の特性化波源モデル値。ただし、大すべり域の位置により若干変動する

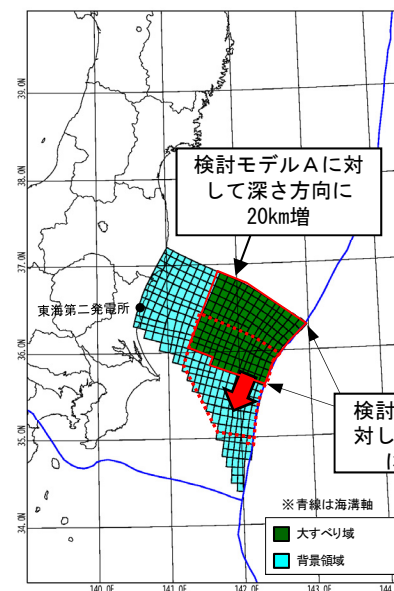
計算条件は東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析)と同様

## 茨城県沖に想定する津波波源(概略パラメータスタディの設定及び評価結果)

- 大すべり域の形状の違いが津波水位変動量に与える影響を把握するため、大すべり域の形状を変えた2パターンのモデルについて検討した。
- 大すべり域を波源モデルの北限に配置したモデルを基準として、南へ10kmずつ移動させて、発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は8.17m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-4.52mとなることを確認した。



検討モデルA



検討モデルB

破壊開始点 : 無し  
破壊伝播速度 :  $\infty$

| 位置       |     | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量(m) |
|----------|-----|---------------------|---------------------|
| 基準       | A-1 | 7.71                | -4.18               |
| 南へ10km移動 | A-2 | 7.99                | -4.35               |
| 南へ20km移動 | A-3 | 8.17                | -4.49               |
| 南へ30km移動 | A-4 | 7.53                | -4.52               |
| 南へ40km移動 | A-5 | 6.69                | -4.35               |
| 南へ50km移動 | A-6 | 6.18                | -4.08               |

| 位置       |     | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量(m) |
|----------|-----|---------------------|---------------------|
| 基準       | B-1 | 5.70                | -3.57               |
| 南へ10km移動 | B-2 | 6.17                | -3.88               |
| 南へ20km移動 | B-3 | 6.27                | -4.14               |
| 南へ30km移動 | B-4 | 6.82                | -4.27               |
| 南へ40km移動 | B-5 | 6.32                | -4.35               |
| 南へ50km移動 | B-6 | 5.41                | -3.90               |

## 保守性を考慮した場合に津波水位が大きくなる津波波源の選定

- 概略パラメータスタディの結果より、東北地方太平洋沖型の津波波源と茨城県沖に想定する津波波源では、発電所での最大水位上昇量は同程度であるが、最大水位下降量がより大きく、また発電所の前面海域に位置する茨城県沖に想定する津波波源に対して、保守性を考慮することとした。
- 保守性の考え方については次頁に示す通り。

| 津波波源           | 防潮堤前面          | 取水口前面          |
|----------------|----------------|----------------|
|                | 最大水位上昇量<br>(m) | 最大水位下降量<br>(m) |
| 東北地方太平洋沖型の津波波源 | 8.13           | -3.69          |
| 茨城県沖に想定する津波波源  | 8.17           | -4.52          |



# 保守性を考慮した特性化波源モデルの設定

- 茨城県沖に想定する津波波源について、保守性を考慮した津波波源とした。

茨城県沖に想定する津波波源の諸元

| パラメータ           |                    | 設定値                    |
|-----------------|--------------------|------------------------|
| 断層面積:S          |                    | 29,630 km <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード:Mw |                    | 8.5                    |
| 平均すべり量:D        |                    | 4.5 m                  |
| すべり量            | 超大すべり域<br>(面積比率)   | —                      |
|                 | 大すべり域:2D<br>(面積比率) | 9.0 m<br>(全体面積の40%)    |
|                 | 背景領域:0.33D         | 1.5 m                  |

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の諸元

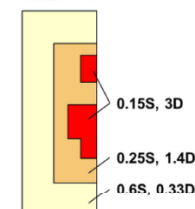
| パラメータ           |                     | 設定値                    |
|-----------------|---------------------|------------------------|
| 断層面積:S          |                     | 53,684 km <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード:Mw |                     | 8.7                    |
| 平均すべり量:D        |                     | 6.1 m                  |
| すべり量            | 超大すべり域:4D<br>(面積比率) | 24.3 m<br>(全体面積の5%)    |
|                 | 大すべり域:2D<br>(面積比率)  | 12.1 m<br>(全体面積の15%)   |
|                 | 背景領域:0.62D          | 3.8 m                  |

## 保守的設定2. 超大すべり域を設定

大規模  
(~Mw8.8)  
2段階すべり



超大規模  
(Mw8.9~)  
3段階すべり



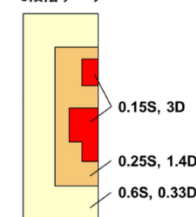
杉野他(2014)では,  
Mw8.7の場合, 超大すべり  
を設定していない

超大すべりを設定

+

## 保守的設定3. 大すべり域及び超大すべり域のすべり量を割り増し

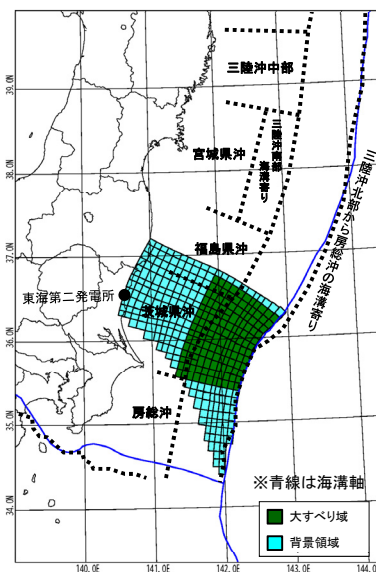
超大規模  
(Mw8.9~)  
3段階すべり



(杉野他(2014))

0.05S, 4D

0.15S, 2D



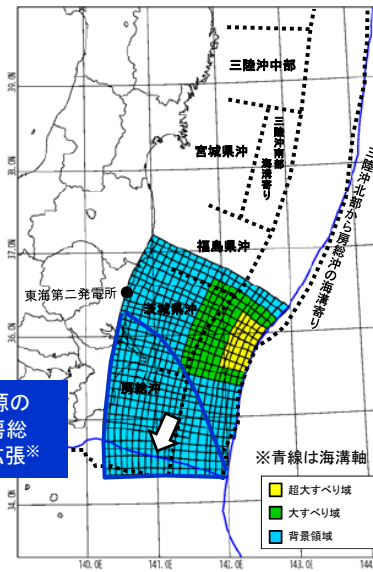
茨城県沖に想定する津波波源

## 保守的設定1, 2, 3を考慮



保守的設定1. 津波波源の  
南限を房総  
沖まで拡張※

※北米プレートとフィリ  
ピンプレートの境界を  
越えて矩形となるよう  
に設定

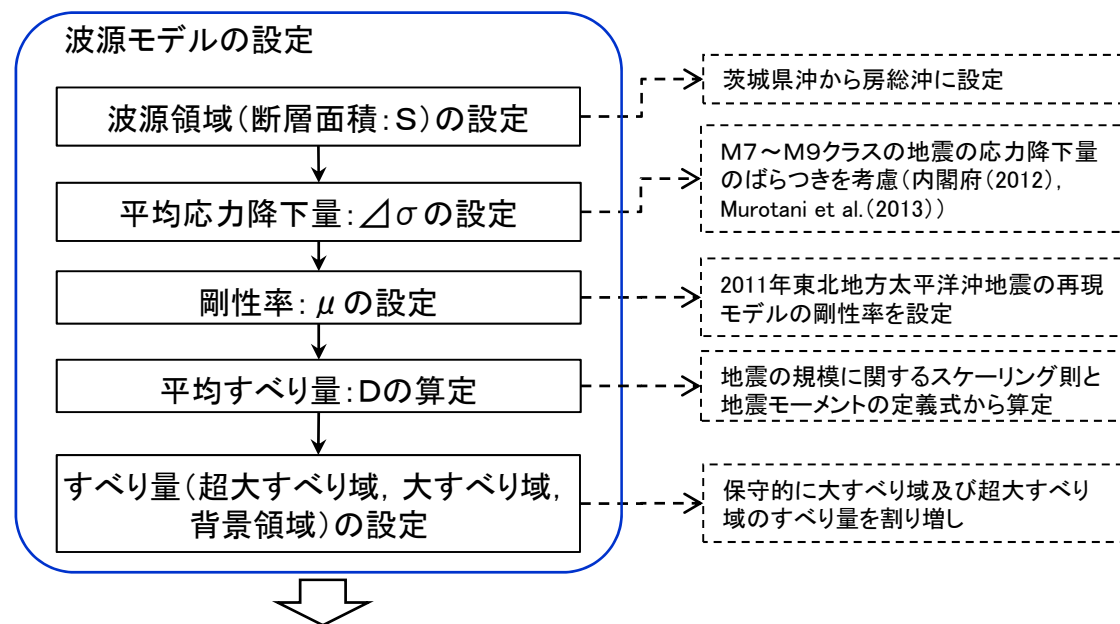


茨城県沖から房総沖に想定する津波波源

## 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(特性化波源モデル)

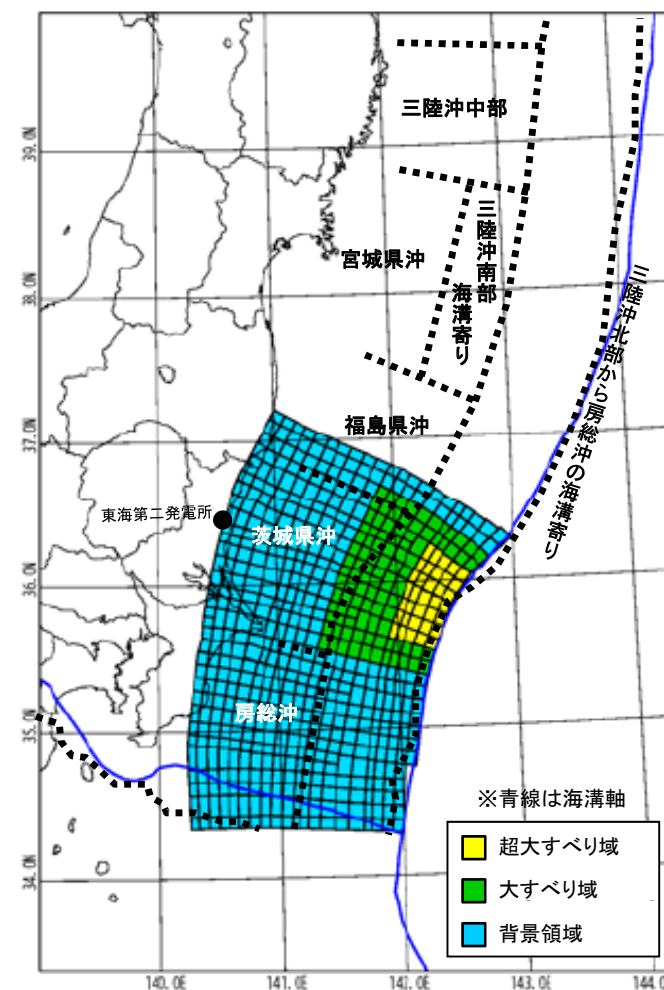
## 【設定フロー】

## 【設定根拠】



| パラメータ                   | 設定値                                   |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 断層面積: S                 | 53,684 km <sup>2</sup>                |
| 平均応力降下量: $\Delta\sigma$ | 3.0 MPa                               |
| 剛性率: $\mu$              | $4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup> |
| モーメントマグニチュード: Mw        | 8.7                                   |
| 平均すべり量: D               | 6.1 m                                 |
| 地震モーメント: $M_0$          | $1.5 \times 10^{22}$ Nm               |

| パラメータ  | 設定値                                 |
|--------|-------------------------------------|
| 超大すべり域 | すべり量                                |
|        | 24.3 m                              |
| 大すべり域  | 面積比率(断層面積)                          |
|        | 全体面積の5% (2,659 km <sup>2</sup> )※   |
| 大すべり域  | すべり量                                |
|        | 12.1 m                              |
| 大すべり域  | 面積比率(断層面積)                          |
|        | 全体面積の15% (8,231 km <sup>2</sup> )※  |
| 背景領域   | すべり量                                |
|        | 3.8 m                               |
| 背景領域   | 面積比率(断層面積)                          |
|        | 全体面積の80% (42,794 km <sup>2</sup> )※ |



特性化波源モデル(一例)

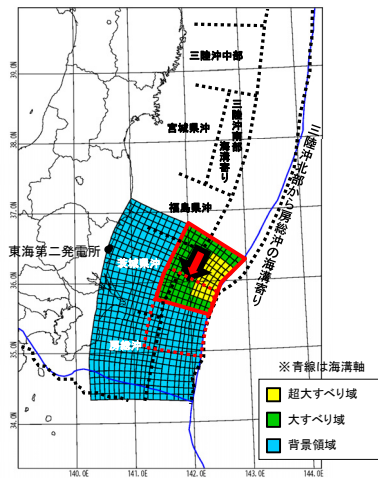
※ 断層面積は右図の特性化波源モデル値  
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する

計算条件は東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析)と同様

## 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源（概略パラメータスタディの設定及び評価結果）

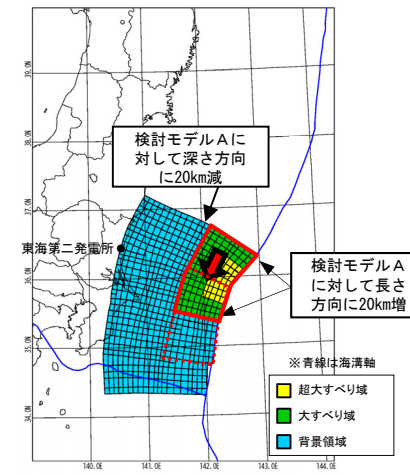
- ・ 大すべり域の形状の違いが津波水位変動量に与える影響を把握するため、大すべり域の形状を変えた2パターンのモデルについて検討した。
- ・ 波源モデルの北限を基準に、大すべり域、超大すべり域を茨城県沖から房総沖の範囲で南へ10kmずつ移動させて、発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- ・ その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は17.60m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-5.47mとなることを確認した。

保守的設定4. 大すべり域及び超大すべり域がプレート境界を跨いだケースも考慮

破壊開始点 : 無し  
破壊伝播速度 :  $\infty$ 

検討モデルA

| 位置       |     | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量<br>(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量<br>(m) |
|----------|-----|-------------------------|-------------------------|
| 基準       | A-1 | 16.78                   | -5.16                   |
| 南へ10km移動 | A-2 | 17.34                   | -5.17                   |
| 南へ20km移動 | A-3 | 17.60                   | -5.24                   |
| 南へ30km移動 | A-4 | 17.22                   | -5.44                   |
| 南へ40km移動 | A-5 | 16.22                   | -5.47                   |
| 南へ50km移動 | A-6 | 14.68                   | -5.42                   |
| 南へ60km移動 | A-7 | 12.20                   | -5.20                   |
| 南へ70km移動 | A-8 | 10.38                   | -5.03                   |



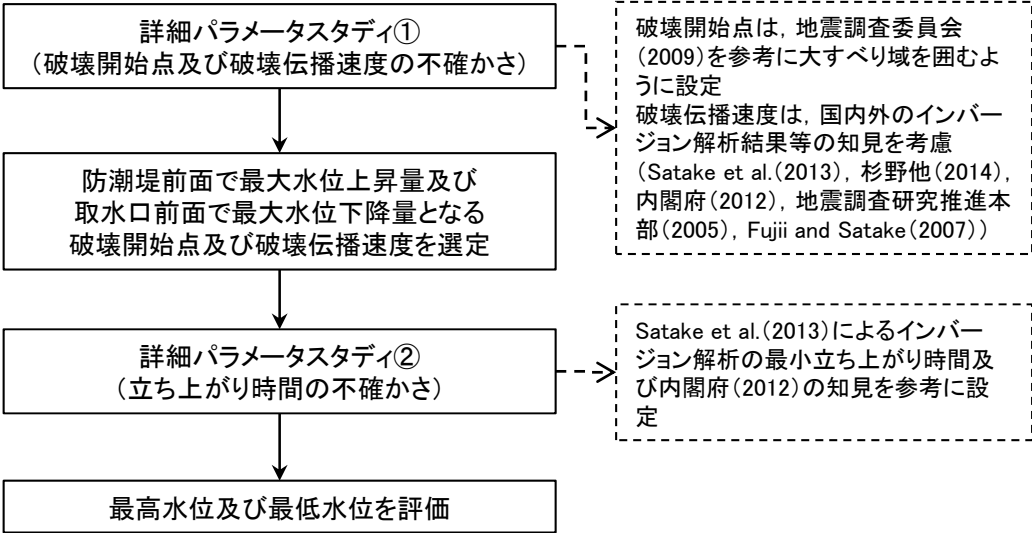
検討モデルB

| 位置       |     | 防潮堤前面<br>最大水位上昇量<br>(m) | 取水口前面<br>最大水位下降量<br>(m) |
|----------|-----|-------------------------|-------------------------|
| 基準       | B-1 | 16.30                   | -4.93                   |
| 南へ10km移動 | B-2 | 16.75                   | -4.94                   |
| 南へ20km移動 | B-3 | 15.73                   | -5.08                   |
| 南へ30km移動 | B-4 | 15.93                   | -5.15                   |
| 南へ40km移動 | B-5 | 16.21                   | -5.04                   |
| 南へ50km移動 | B-6 | 13.74                   | -4.83                   |
| 南へ60km移動 | B-7 | 11.08                   | -4.73                   |
| 南へ70km移動 | B-8 | 9.36                    | -4.47                   |

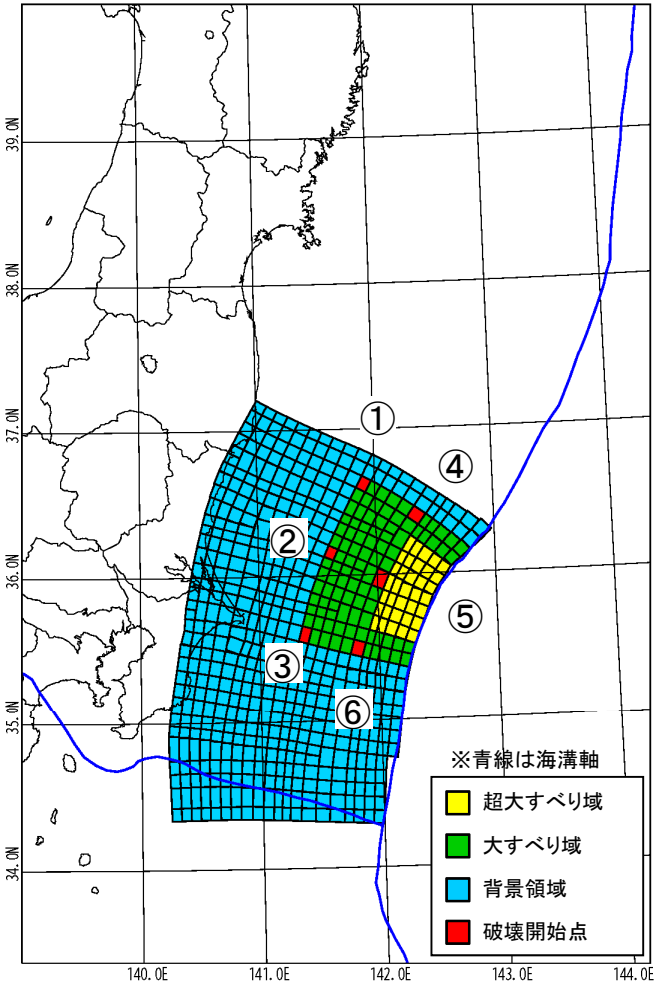
茨城県沖から房総沖に想定する津波波源（詳細パラメータスタディの設定）

【設定フロー】

【設定根拠】



| 項目      | 設定値                                         |
|---------|---------------------------------------------|
| 破壊開始点   | ①～⑥(右図参照)                                   |
| 破壊伝播速度  | 1.0km/s, 1.5km/s, 2.0km/s, 2.5km/s, 3.0km/s |
| 立ち上がり時間 | 30秒, 60秒                                    |



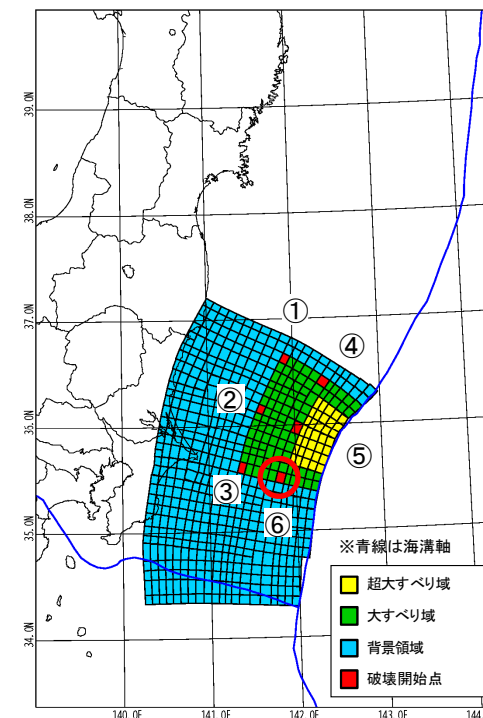
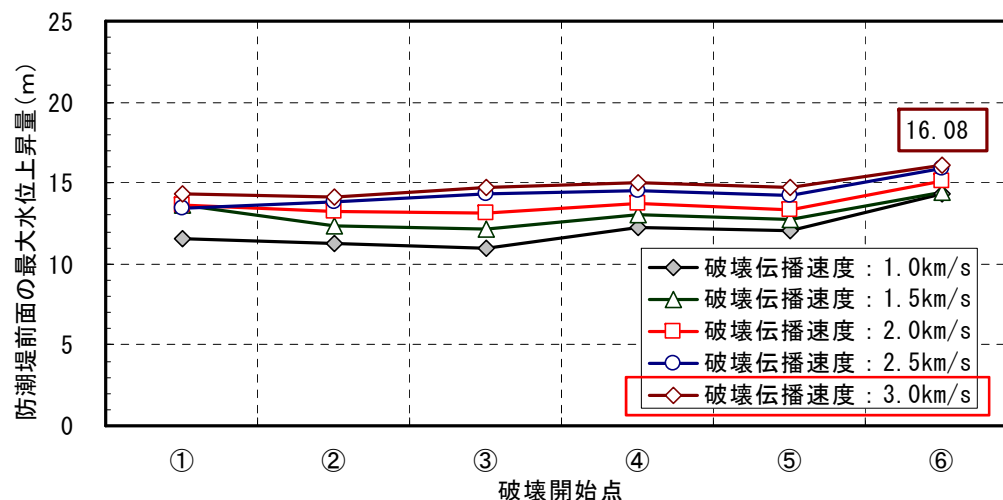
破壊開始点位置図

計算条件は東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析)と同様

## 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(詳細パラメータスタディの評価結果)

## ■破壊開始点及び破壊伝播速度

- 防潮堤前面の最大水位上昇量が最大(+16.08m)となる, 破壊開始点⑥の破壊伝播速度3.0km/sのケースを選定した。



防潮堤前面の最高水位: A-3, 破壊開始点及び破壊伝播速度のパラメータスタディ

| A-3   | 防潮堤前面の最大水位上昇量※1(m) |         |         |         |         |
|-------|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|       | 破壊伝播速度             |         |         |         |         |
| 破壊開始点 | 1.0km/s            | 1.5km/s | 2.0km/s | 2.5km/s | 3.0km/s |
| ①     | 11.52              | 13.66   | 13.62   | 13.46   | 14.36   |
| ②     | 11.24              | 12.33   | 13.27   | 13.83   | 14.09   |
| ③     | 11.01              | 12.20   | 13.14   | 14.28   | 14.76   |
| ④     | 12.29              | 13.08   | 13.72   | 14.53   | 15.00   |
| ⑤     | 12.01              | 12.74   | 13.36   | 14.22   | 14.68   |
| ⑥     | 14.28              | 14.41   | 15.13   | 15.89   | 16.08※2 |

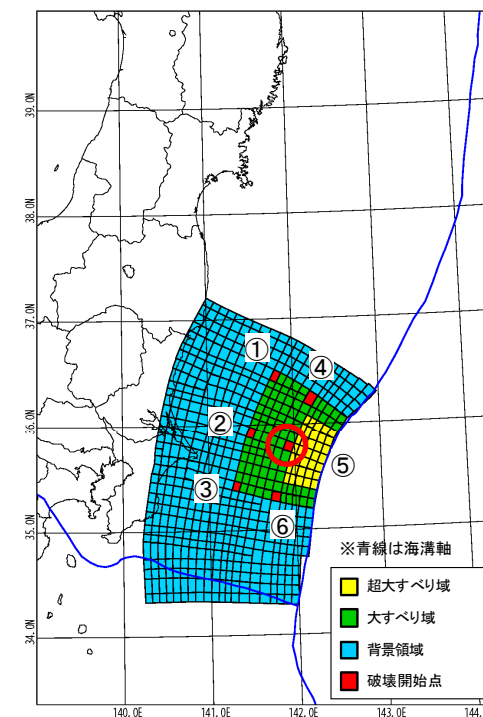
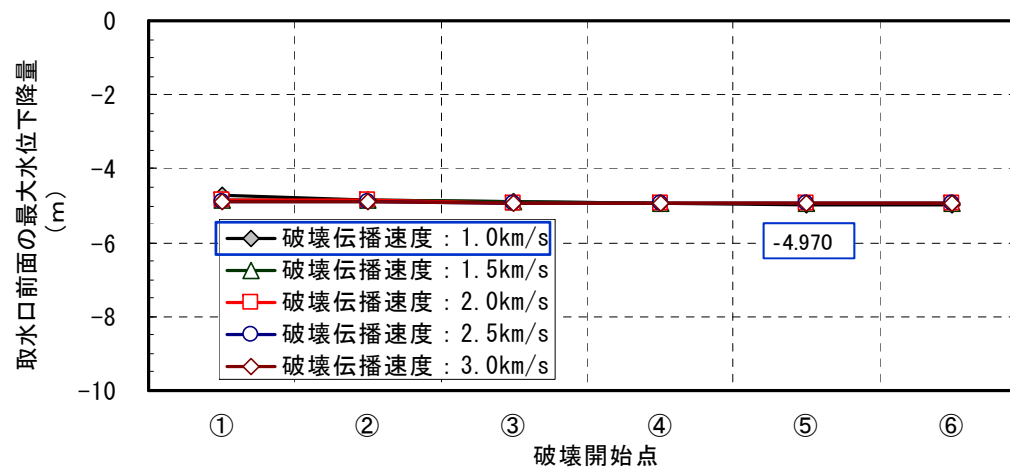
※1 立ち上がり時間: 30秒

※2 取水口前面の  
最大水位上昇量  
13.09 m

## 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(詳細パラメータスタディの評価結果)

## ■破壊開始点及び破壊伝播速度

- 取水口前面の最大水位下降量が最大(-4.970m)となる, 破壊開始点⑤の破壊伝播速度1.0km/sのケースを選定した。



取水口前面の最低水位：A-5, 破壊開始点及び破壊伝播速度のパラメータスタディ

| A-5   | 取水口前面の最大水位下降量※(m) |         |         |         |         |
|-------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|       | 破壊伝播速度            |         |         |         |         |
| 破壊開始点 | 1.0km/s           | 1.5km/s | 2.0km/s | 2.5km/s | 3.0km/s |
| ①     | -4.71             | -4.83   | -4.84   | -4.88   | -4.90   |
| ②     | -4.84             | -4.85   | -4.85   | -4.88   | -4.90   |
| ③     | -4.91             | -4.91   | -4.92   | -4.92   | -4.93   |
| ④     | -4.93             | -4.92   | -4.92   | -4.92   | -4.92   |
| ⑤     | -4.970            | -4.95   | -4.94   | -4.94   | -4.93   |
| ⑥     | -4.969            | -4.96   | -4.95   | -4.94   | -4.94   |

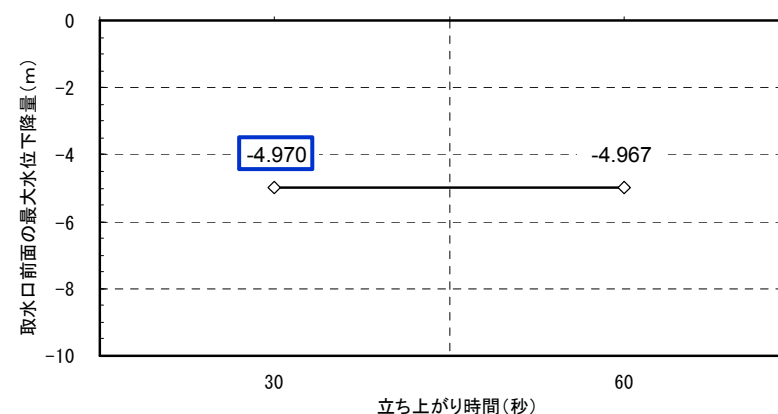
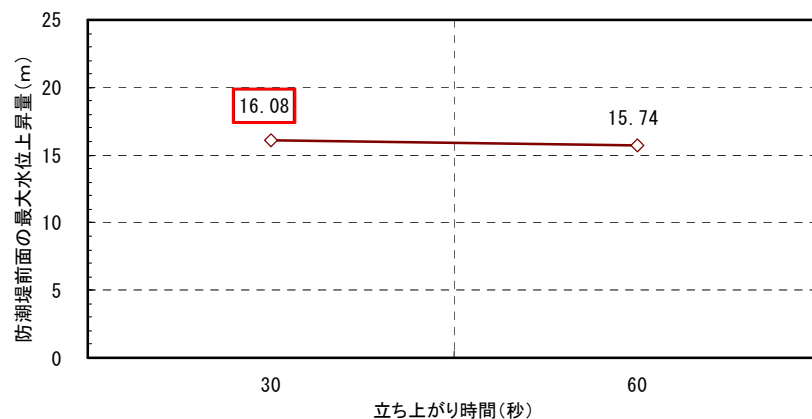
※立ち上がり時間: 30秒



## 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(詳細パラメータスタディの評価結果)

### ■ 立ち上がり時間

- 立ち上がり時間30秒のとき、防潮堤前面の最大水位上昇量が最大(+16.08m)となった。
- 立ち上がり時間30秒のとき、取水口前面の最大水位下降量が最大(-4.970m)となった。

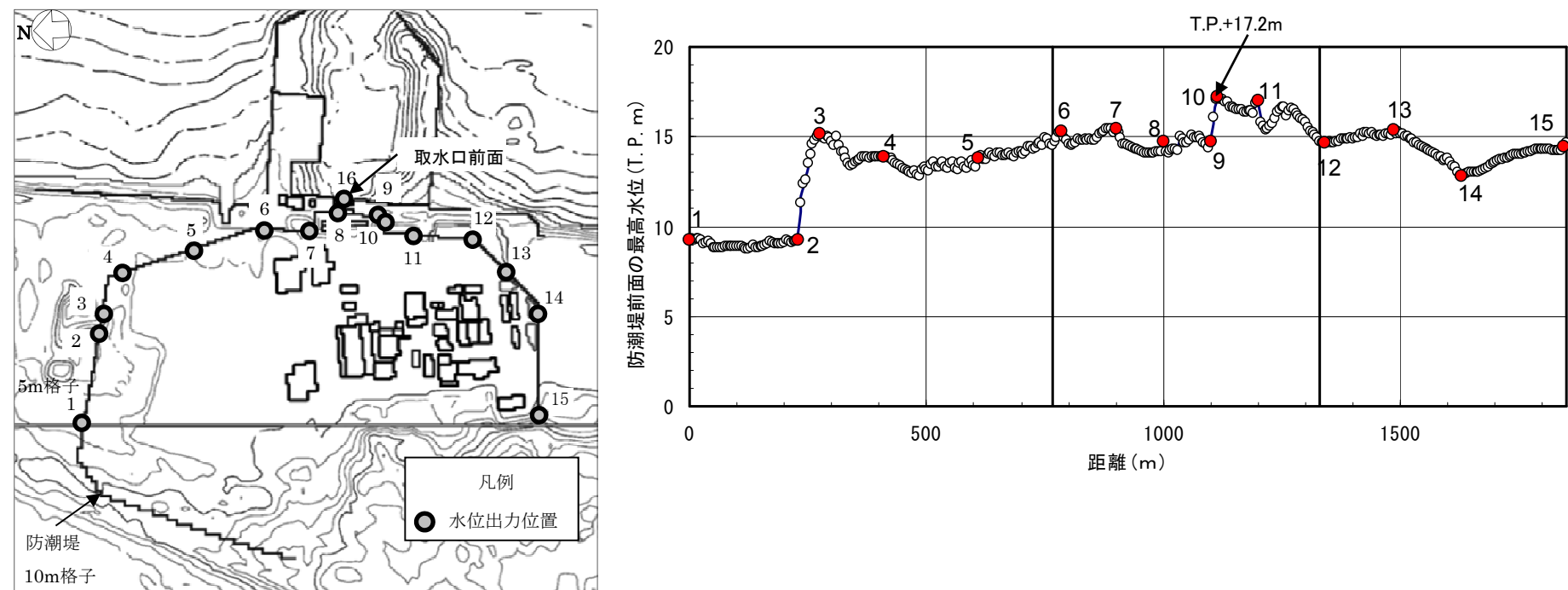


| A-3            | 防潮堤前面の最大水位上昇量<br>(m) |
|----------------|----------------------|
|                | 破壊開始点⑥               |
| 立ち上がり時間<br>(秒) | 破壊伝播速度 : 3.0km/s     |
| 30             | 16.08                |
| 60             | 15.74                |

| A-5            | 取水口前面の最大水位下降量<br>(m) |
|----------------|----------------------|
|                | 破壊開始点⑤               |
| 立ち上がり時間<br>(秒) | 破壊伝播速度 : 1.0km/s     |
| 30             | -4.970               |
| 60             | -4.967               |

# 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源（詳細パラメータスタディの評価結果）

- プレート間地震の評価結果は以下の通りである。



| 項目                         | 水位                       | パラメータ                                  |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| 最高水位※ <sup>1</sup> （防潮堤前面） | T.P.+17.2m※ <sup>2</sup> | A－3, 破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s及び立ち上がり時間30秒 |
| 最低水位※ <sup>1</sup> （取水口前面） | T.P.-5.3m                | A－5, 破壊開始点⑤, 破壊伝播速度1.0km/s及び立ち上がり時間30秒 |

※1 潮位及び地殻変動量（2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む）を考慮

※2 同パラメータによる取水口前面の最高水位はT.P.+14.3mである

## (1) 文献調査(過去の津波)

- Alvarez-Gomez et al.(2012)に基づけば、1933年昭和三陸沖地震津波は、海溝外縁隆起帯(outer rise)で発生した地震では最大規模の地震である。

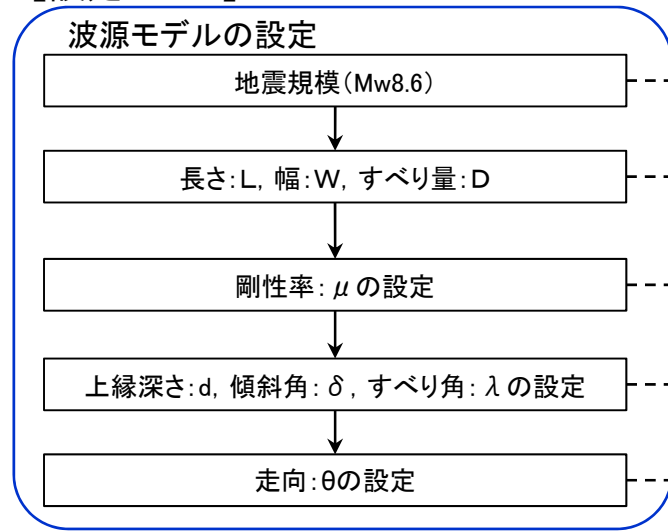
海溝外縁隆起帯で発生した主な海洋プレート内地震の断層パラメータ

| Id. | Date<br>dd/mm/yyyy | Place                | $M_w$ | Length<br>km | Width<br>km | Bottom<br>km | Dip<br>° | Slip<br>m | Rigidity<br>$\text{Nm}^{-2}$ | 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)                |

(Alvarez-Gomez et al.(2012)に加筆)

## 三陸沖北部から房総沖の海溝寄りに想定する正断層型の津波波源(波源モデルの設定)

## 【設定フロー】

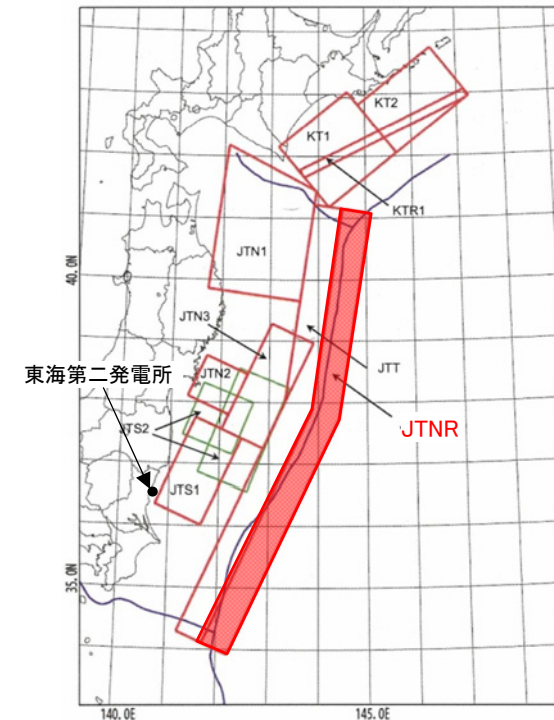


## 【設定根拠】

- 土木学会(2002)による1611年の津波が海洋プレート内地震であった場合の地震規模 Mw8.6に基づき設定
- 1933年昭和三陸沖地震の断層パラメータを基本に, 土木学会(2002)のスケーリング則に基づき設定
- 土木学会(2002)に基づき設定
- 土木学会(2002)の1933年昭和三陸沖地震の断層パラメータに基づき設定
- 土木学会(2011)による1933年昭和三陸沖地震及び1677年房総沖地震の走向を参考に設定



| パラメータ                         | 設定値                   |
|-------------------------------|-----------------------|
| Mw                            | 8.6                   |
| 長さ: L (km)                    | 283.0                 |
| 幅: W (km)                     | 50.0                  |
| すべり量: D (m)                   | 10.1                  |
| 剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> ) | $7.0 \times 10^{10}$  |
| 地震モーメント $M_0$ (Nm)            | $1.00 \times 10^{22}$ |
| 上縁深さ: d (m)                   | 1.0                   |
| 傾斜角: $\delta$ (°)             | 45                    |
| すべり角: $\lambda$ (°)           | 270                   |
| 走向: $\theta$ (°)              | 180, 205              |



海洋プレート内地震の検討領域

計算条件は東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析)と同様

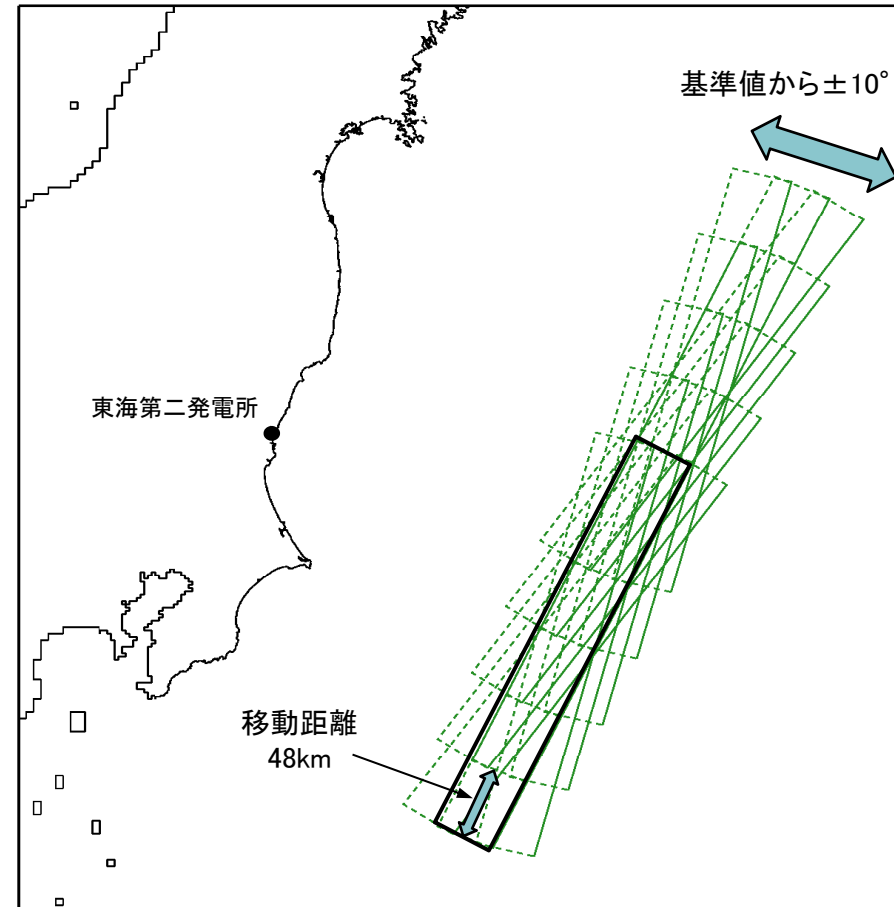
## 三陸沖北部から房総沖の海溝寄りに想定する正断層型の津波波源(概略パラメータスタディの設定)

### ■震源位置及び走向

- 土木学会(2002)を参考として、位置及び走向を変動させた概略パラメータスタディを実施した。
- 房総沖の南限を基準に、検討領域の範囲で北へ48kmずつ移動させて発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。

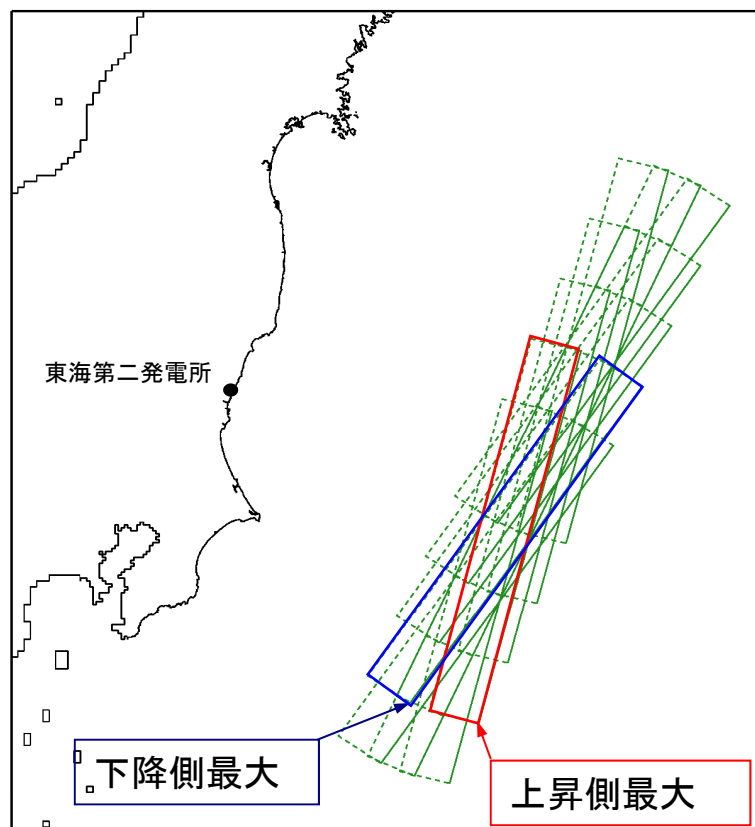
概略パラメータスタディ一覧

| 地震モデル | パラメータ項目 | パラメータ変動範囲                 | ケース数 |    |
|-------|---------|---------------------------|------|----|
| 正断層型  | 震源位置    | 検討領域内に南から北へ走向方向へ48kmごとに移動 | 5    | 15 |
|       | 走向      | 基準 $\pm 10^{\circ}$       | 3    |    |



## 三陸沖北部から房総沖の海溝寄りに想定する正断層型の津波波源(概略パラメータスタディの評価結果)

- 防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は6.44m, 取水口前面での最大水位下降量の最大値は-4.19mとなった。
- なお, 北へ48km以上移動させた結果, 最大水位上昇量及び最大水位下降量ともに減少する傾向が確認できたことから, 三陸沖の領域の検討は省略した。



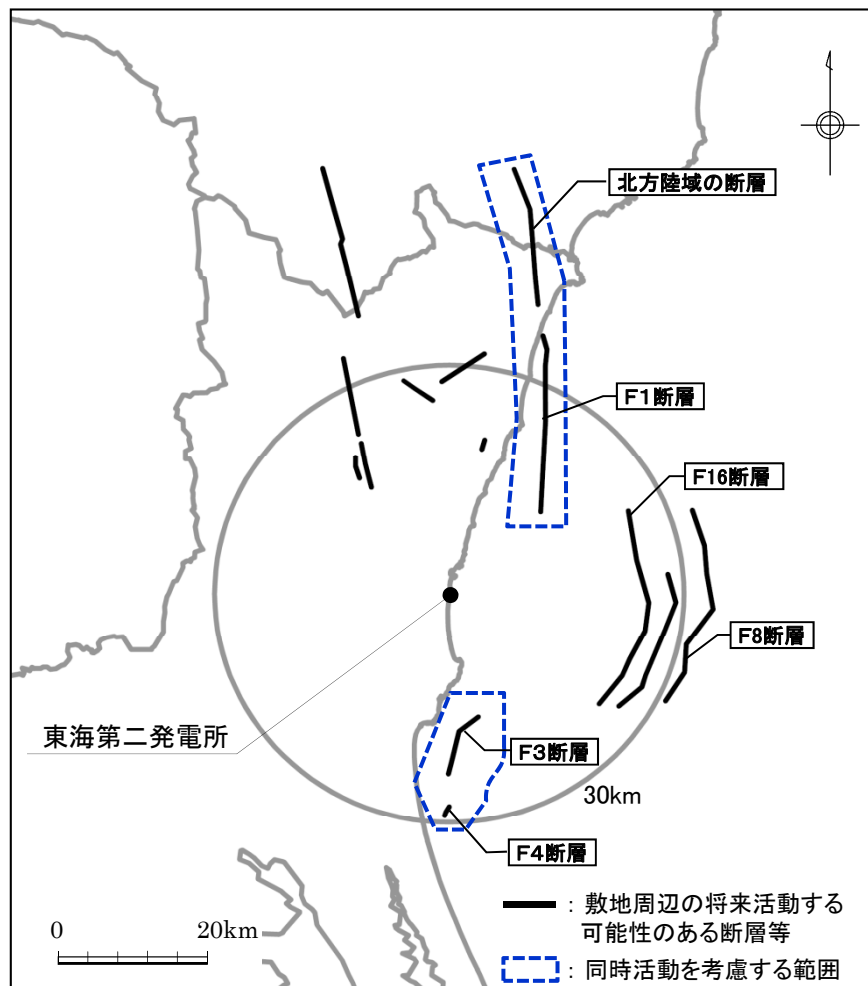
| ケース       |      | 防潮堤前面      | 取水口前面      |
|-----------|------|------------|------------|
| 位置        | 走向   | 最大水位上昇量(m) | 最大水位下降量(m) |
| 北へ192km移動 | -10° | —          | -3.50      |
|           | ±0°  | —          | -3.31      |
|           | +10° | —          | -3.17      |
| 北へ144km移動 | -10° | 2.90       | -3.72      |
|           | ±0°  | 2.90       | -4.18      |
|           | +10° | 3.00       | -4.01      |
| 北へ96km移動  | -10° | 4.92       | -4.06      |
|           | ±0°  | 4.99       | -4.05      |
|           | +10° | 4.90       | -3.98      |
| 北へ48km移動  | -10° | 6.44       | -3.95      |
|           | ±0°  | 4.84       | -4.11      |
|           | +10° | 5.42       | -4.19      |
| 基準        | -10° | 4.63       | -3.66      |
|           | ±0°  | 4.10       | -4.12      |
|           | +10° | 4.56       | -3.86      |

- 海洋プレート内地震の正断層モデルについては, プレート間地震の概略パラメータスタディ結果(最大水位上昇量17.60m, 最大水位下降量-5.47m)と比較して, 最大水位上昇量及び最大水位下降量の最大値がともに小さいため, 詳細パラメータスタディは省略した。



### 4.3.1 津波波源の設定

- ・ 敷地周辺の地質・地質構造において、将来活動する可能性のある断層等と評価した断層について津波水位の検討を行った。
- ・ 津波水位の検討は、阿部(1989)の簡易予測式により推定津波高を検討する。



敷地周辺の活断層分布

敷地周辺の海域活断層

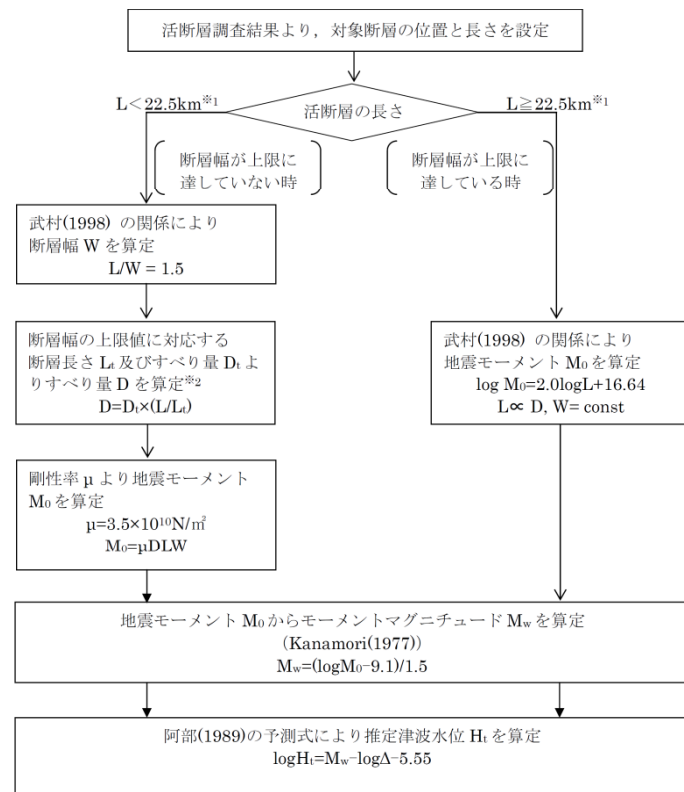
| 断層名              | 断層長さ | 敷地からの距離※△ |
|------------------|------|-----------|
| F1断層, 北方陸域の断層の連動 | 44km | 33km      |
| F3断層, F4断層の連動    | 16km | 21km      |
| F8断層             | 26km | 28km      |
| F16断層            | 26km | 20km      |

※断層中心から敷地までの平面距離

## 4.3.2 津波評価

- 海域活断層で波高が最も高くなるのはF1断層、北方陸域の断層の連動と推定され、その推定津波高は1.4mである。

## 【検討フロー】



| 地震モデル            | $M_w$ | 長さ: $L$<br>(km) | 幅: $W$<br>(km) | すべり量:<br>$D$<br>(m) | 地震モーメント: $M_0$<br>( $\text{N} \cdot \text{m}$ ) | 敷地からの距離: $\Delta$<br>(km) | 推定津波高: $H_t$<br>(m) |
|------------------|-------|-----------------|----------------|---------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| F1断層, 北方陸域の断層の連動 | 7.2   | 44              | —              | —                   | $8.45 \times 10^{19}$                           | 33                        | 1.4                 |
| F3断層, F4断層の連動    | 6.5   | 16              | 10.7           | 1.33                | $7.97 \times 10^{18}$                           | 21                        | 0.5                 |
| F8断層             | 6.9   | 26              | —              | —                   | $2.95 \times 10^{19}$                           | 28                        | 0.8                 |
| F16断層            | 6.9   | 26              | —              | —                   | $2.95 \times 10^{19}$                           | 20                        | 1.2                 |

※1 断層幅の上限  $W_u$  は、地震発生層の厚さ  $H_e$  を  $15\text{km}$  とし、傾斜角  $\delta$  を  $90^\circ(45 \sim 90^\circ \text{のうち } M_w \text{ が最大となる値})$  とした際には、 $W_u = H_e / \sin \delta = 15\text{km}$  となる。断層幅の上限に対応する断層長さ  $L_u$  は、 $L_u = 1.5 W_u = 22.5\text{km}$  となる。

※2 断層幅の上限に対応するすべり量  $D_u$  は、モーメントマグニチュードを  $M_{w1} = (\log L_u + 3.77) / 0.75 = 6.83$ 、地震モーメントを  $M_{01} = 10^{(1.5 M_{w1} + 9.1)} = 2.21 \times 10^{19} \text{Nm}$ 、剛性率を  $H = 3.50 \times 10^{10} \text{N/m}^2$  とした際には、 $D_u = M_{01} / (\mu L_u W_u) = 1.87\text{m}$  となる。

- 海域の活断層については、プレート間地震の概略パラメータスタディ結果(最大水位上昇量17.60m)と比較して、最大水位上昇量が小さいことが推定されるため、概略・詳細パラメータスタディは省略した。

## 4.4 評価結果のまとめ

- 地震に起因する津波のうち、発電所に最も影響を与える地震津波は、プレート間地震による津波である。
- 最高水位は防潮堤前面でT.P.+17.2mである。
- 最低水位は取水口前面でT.P.-5.3mである。

【概略パラメータスタディ結果】

| 地震種別               | プレート間地震                | 海洋プレート内地震                         | 海域の活断層による<br>地殻内地震                        |
|--------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| 波源モデル              | 茨城県沖から房総沖<br>に想定する津波波源 | 三陸沖北部から房総沖の海溝寄りに<br>想定する正断層型の津波波源 | 敷地前面海域の活断層に想定する津波波源<br>(F1断層, 北方陸域の断層の連動) |
| 最大水位上昇量<br>(防潮堤前面) | 17.60m                 | 6.44m                             | 2.0m<br>(阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高)          |
| 最大水位下降量<br>(取水口前面) | -5.47m                 | -4.19m                            | —                                         |



【詳細パラメータスタディ結果】

| 地震種別               | プレート間地震 |
|--------------------|---------|
| 最大水位上昇量<br>(防潮堤前面) | 16.08m  |
| 最大水位下降量<br>(取水口前面) | -4.97m  |

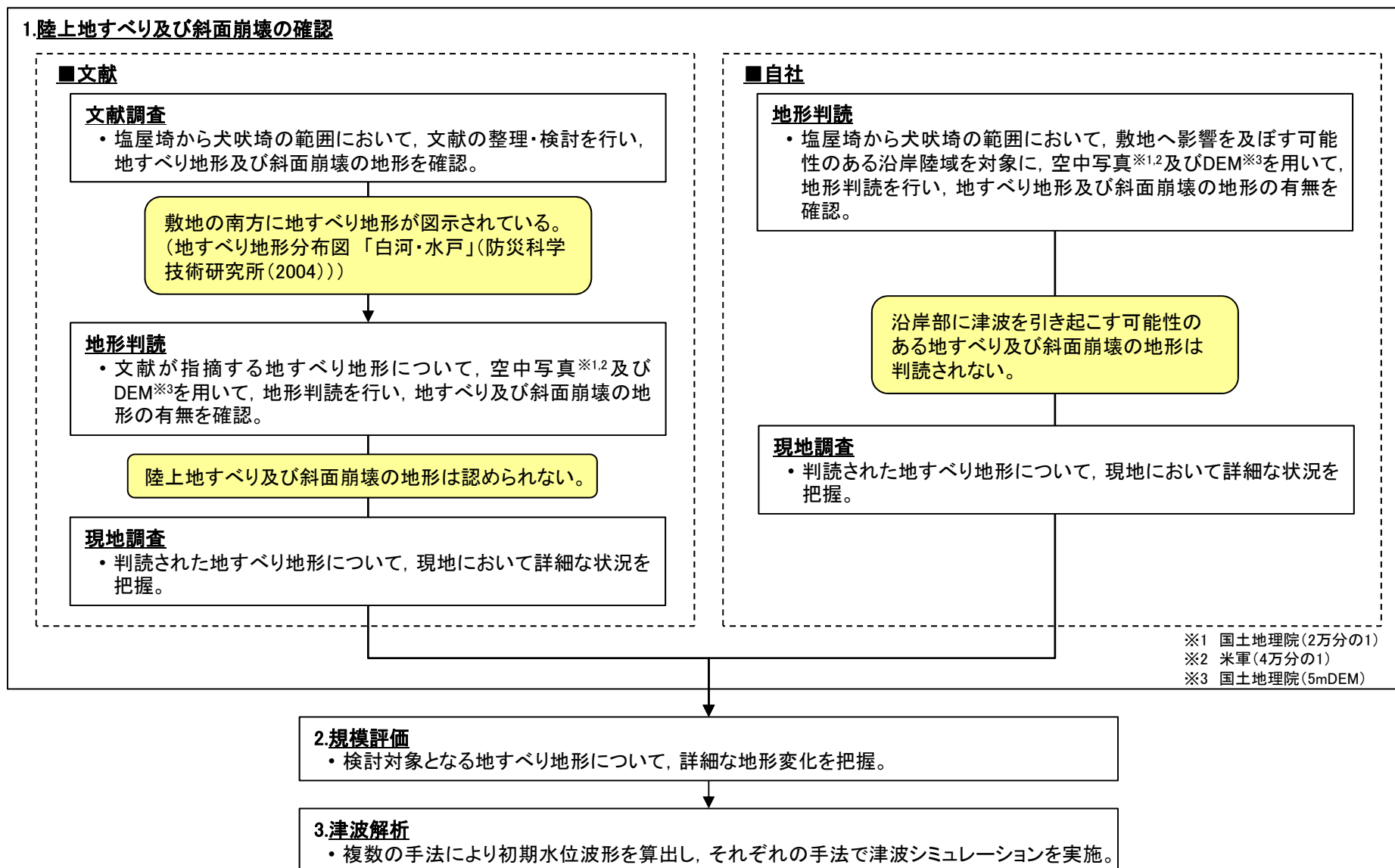


| 地震種別             | プレート間地震    |
|------------------|------------|
| 最高水位※<br>(防潮堤前面) | T.P.+17.2m |
| 最低水位※<br>(取水口前面) | T.P.-5.3m  |

※潮位及び地殻変動量(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む)を考慮

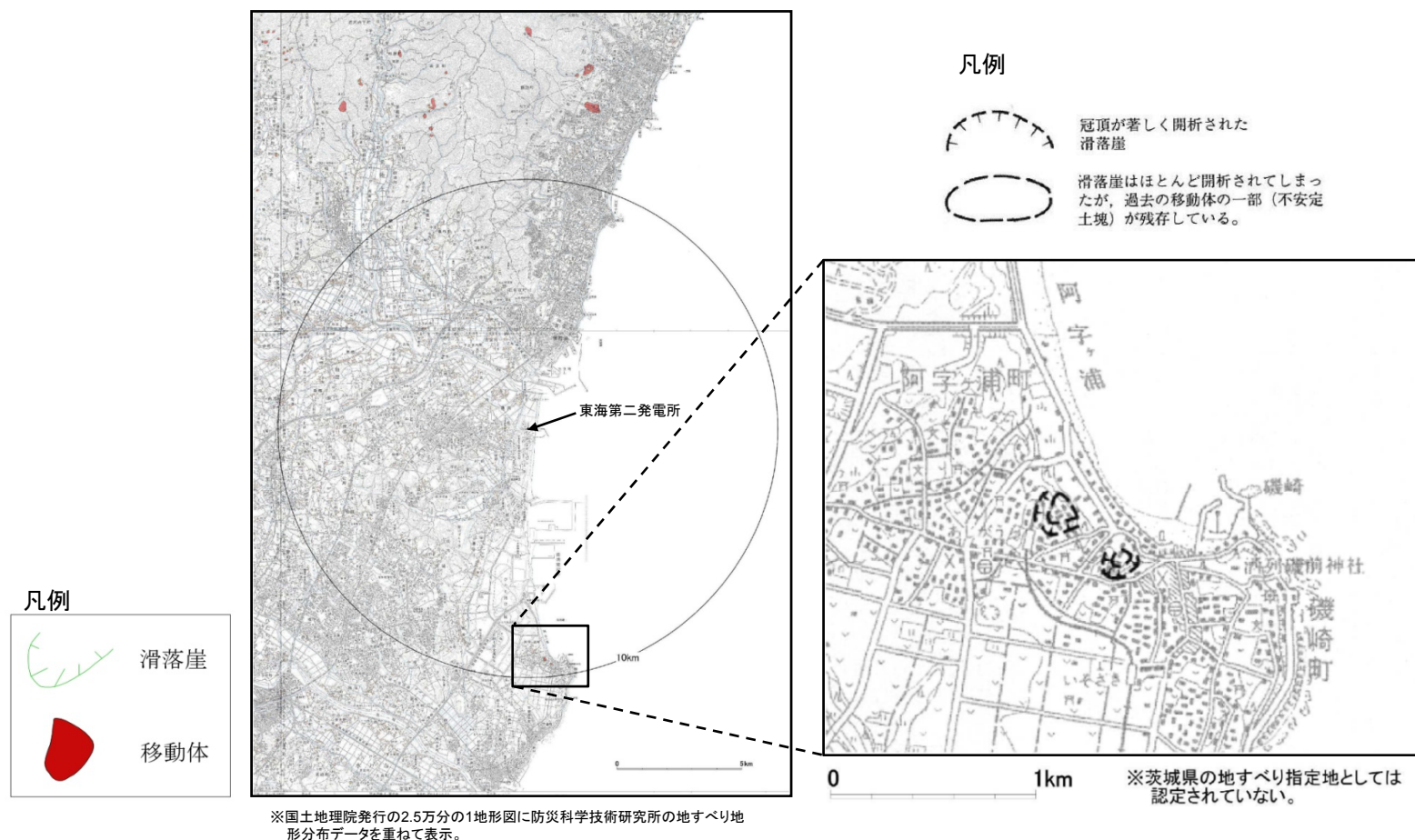
## (1) 陸上地すべり及び斜面崩壊の評価(概要)

- 以下のフローに従い、敷地へ影響を及ぼす可能性のある陸上地すべり及び斜面崩壊について調査を実施し、津波水位の検討を行った。



## (1) 陸上地すべり及び斜面崩壊の評価(陸上地すべり及び斜面崩壊の確認:文献調査(文献))

- 塩屋崎から犬吠埼の範囲において、文献調査及び空中写真判読により、発電所に影響を及ぼす津波を引き起こす可能性のある地すべり及び斜面崩壊の地形を調査した。
- 防災科学技術研究所(2004)は、敷地の南方に地すべり地形を示している。



出典: 地すべり地形分布図「白河・水戸」(防災科学技術研究所(2004)に加筆)



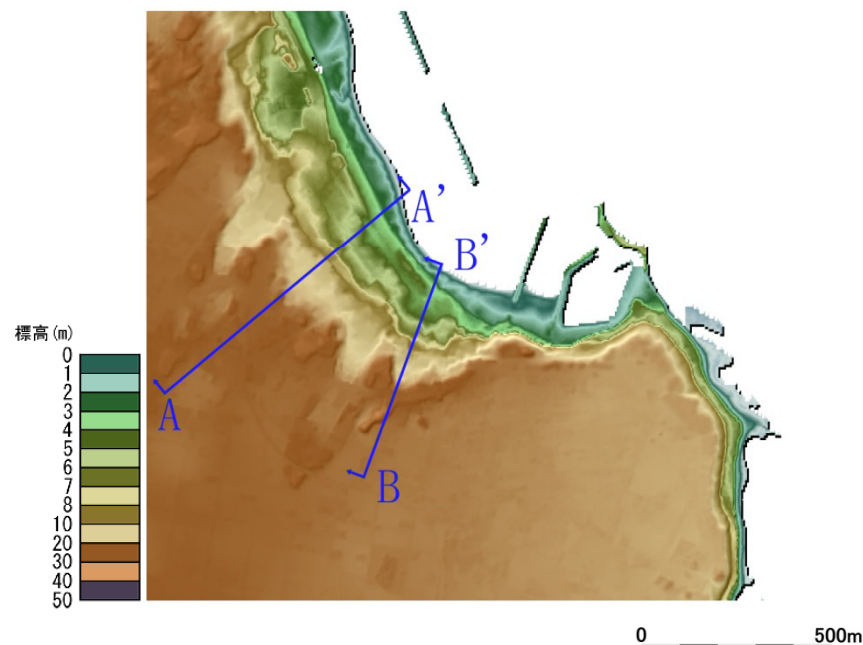
## (1) 陸上地すべり及び斜面崩壊の評価(陸上地すべり及び斜面崩壊の確認:地形判読(文献))

- 防災科学技術研究所(2004)で指摘する地すべり地形は、標高約30mの台地の縁に位置する。斜面の北東側は砂浜が分布している。
- 空中写真判読の結果、敷地付近の沿岸部に、地すべり及び斜面崩壊の地形は判読されない。
- 国土地理院5mDEMによる地形解析の結果、防災科学技術研究所(2004)が指摘する範囲に地すべり地形は認められない(A-A', B-B' 断面)



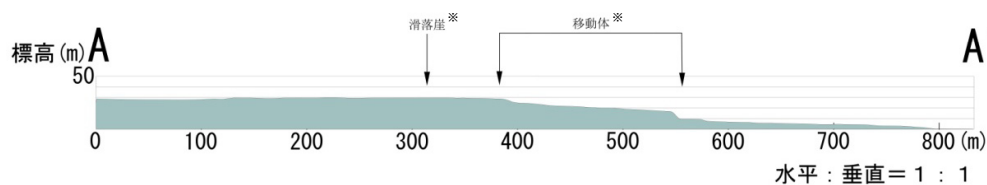
0 500m

地すべり地形分布図「白河・水戸」(防災科学技術研究所(2004)に加筆)



0 500m

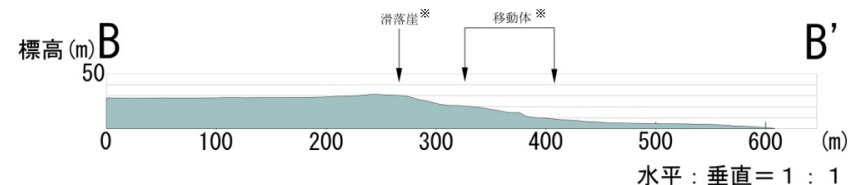
国土地理院5mDEMから作成



水平：垂直＝1：1

※防災科学技術研究所(2004)による

A-A' 断面図



水平：垂直＝1：1

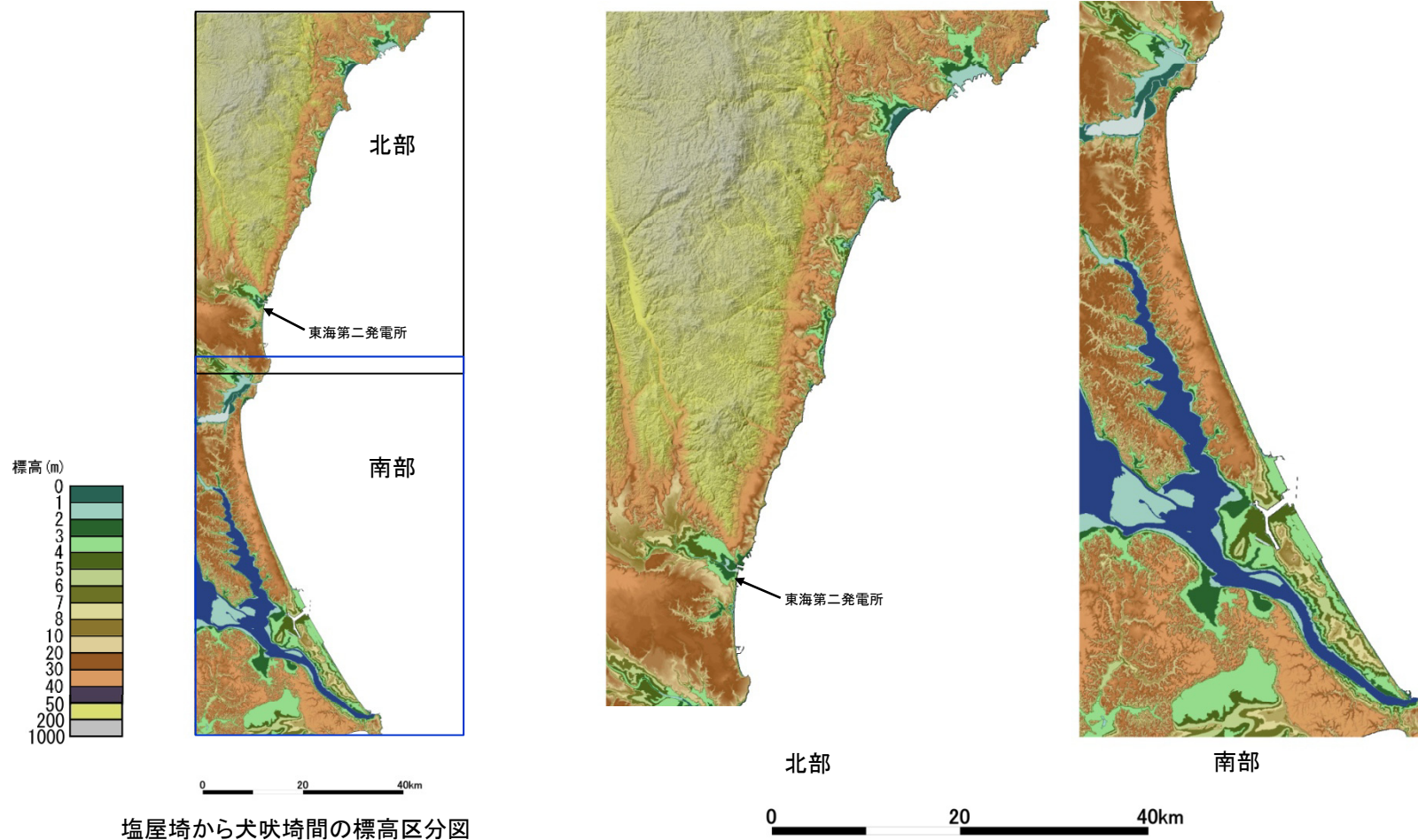
※防災科学技術研究所(2004)による

B-B' 断面図



## (1) 陸上地すべり及び斜面崩壊の評価(陸上地すべり及び斜面崩壊の確認:地形判読(自社))

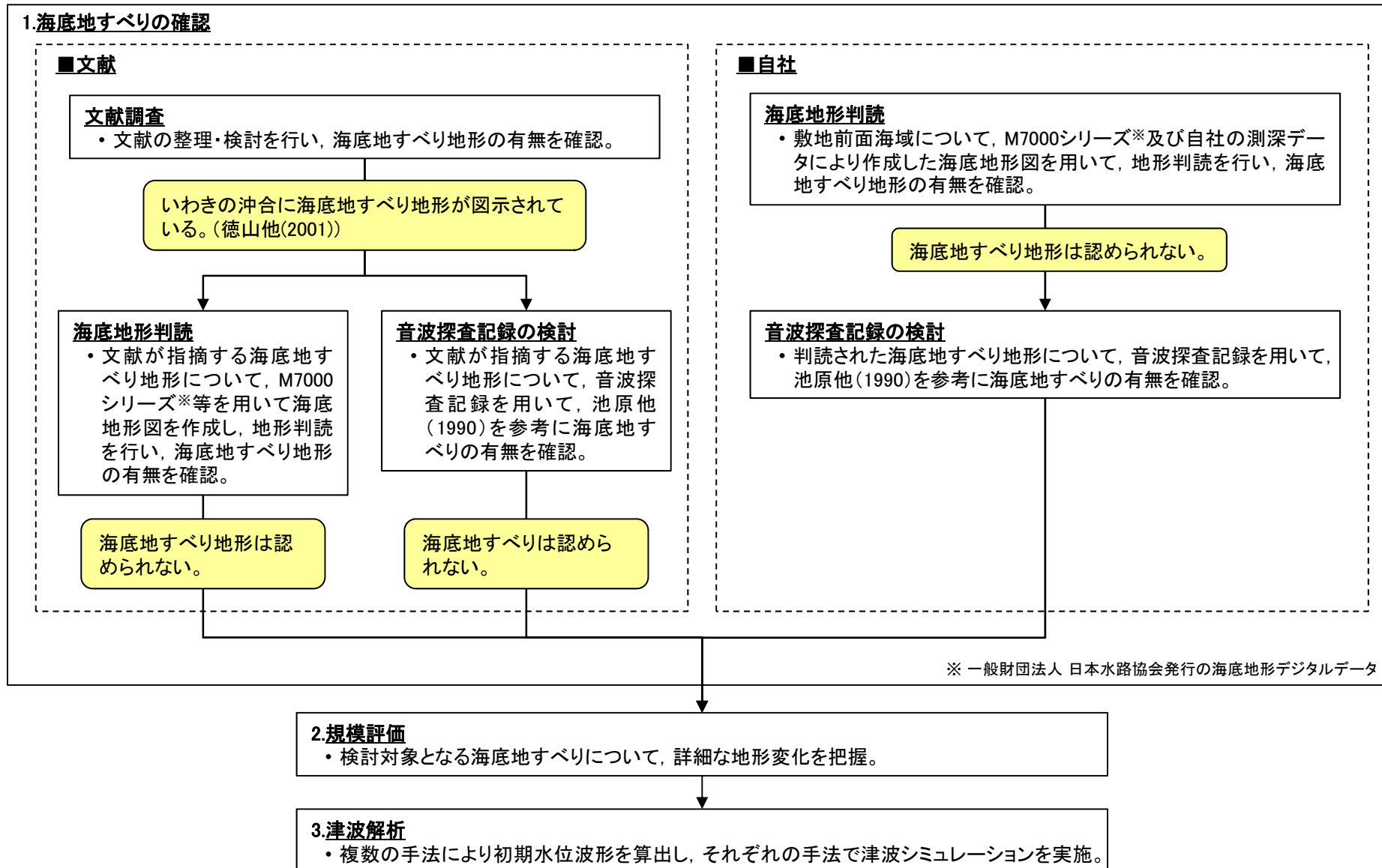
- 塩屋崎から犬吠埼の範囲において、地形判読により発電所に影響を及ぼす津波を引き起こす可能性のある地すべり及び斜面崩壊の地形を調査した。
- 地形判読の結果、沿岸部に津波を引き起こす可能性のある地すべり及び斜面崩壊の地形は判読されない。



- 以上より、津波を引き起こす可能性のある陸上の地すべり及び斜面崩壊の地形は認められない。

## (2) 海底地すべりの評価(概要)

- 以下のフローに従い、敷地へ影響を及ぼす可能性のある海底地すべりについて調査を実施し、津波水位の検討を行った。



## (2) 海底地すべりの評価(海底地すべりの確認:文献調査(文献))

- ・ 文献調査により, 発電所に影響を及ぼす津波を引き起こす可能性のある海底地すべり地形を調査した。
- ・ 徳山他(2001)は, いわきの沖合に海底地すべり地形を示している。

### 【調査した文献】

以下の地図類文献を確認

徳山他(2001): 日本周辺海域の中新世最末期以降の構造発達史

- ・ 「日本周辺海域の第四紀地質構造図」

地質調査所 海洋地質図

- ・ 棚橋他(2001)「塩屋埼沖海底地質図」
- ・ 奥田(1986)「鹿島灘海底地質図」
- ・ 本座他(1978)「日本海溝・千島海溝南部およびその周辺広域海底地質図」

地質調査所 日本地質アトラス(第2版)

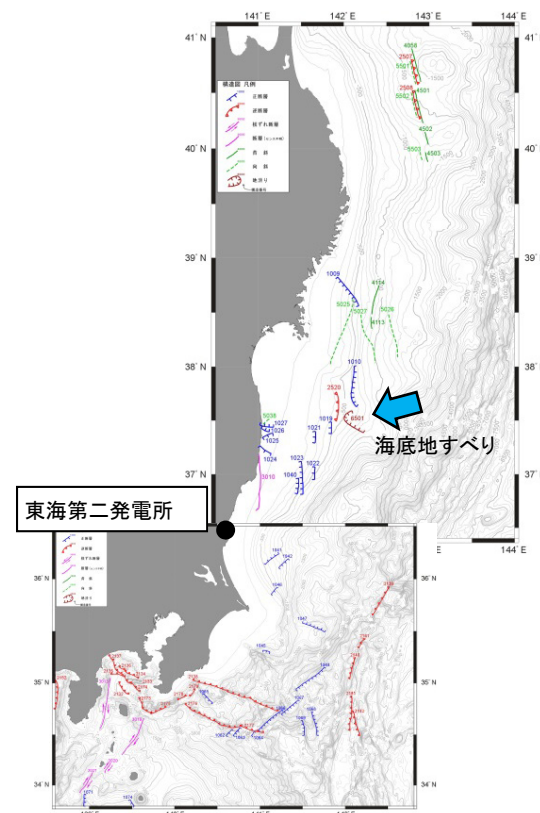
- ・ 脇田他(1992)「日本地質構造図」

海上保安庁 沿岸の海の基本図(海底地質構造図)

- ・ 海上保安庁(1984)「犬吠埼」
- ・ 海上保安庁(2000)「九十九里浜」

海上保安庁 大陸棚の海の基本図(海底地質構造図)

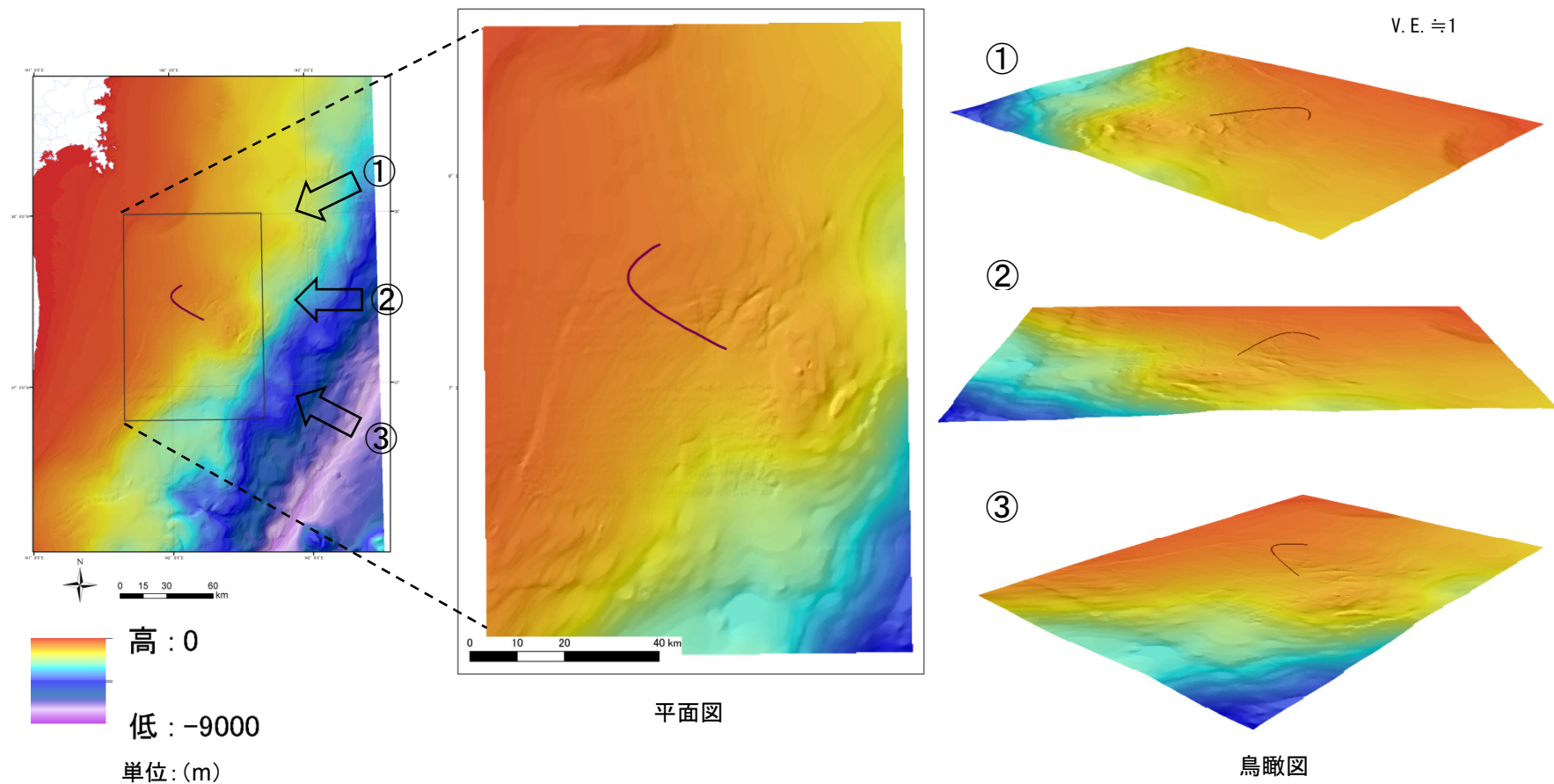
- ・ 海上保安庁(1981)「塩屋埼沖」
- ・ 海上保安庁(1980)「鹿島灘」
- ・ 海上保安庁(1995)「房総・伊豆沖」



日本周辺海域の第四紀地質構造図  
「三陸沖から常磐沖海域」及び「房総半島沖海域」  
(徳山他(2001)に加筆)

## (2) 海底地すべりの評価(海底地すべりの確認:海底地形判読(文献))

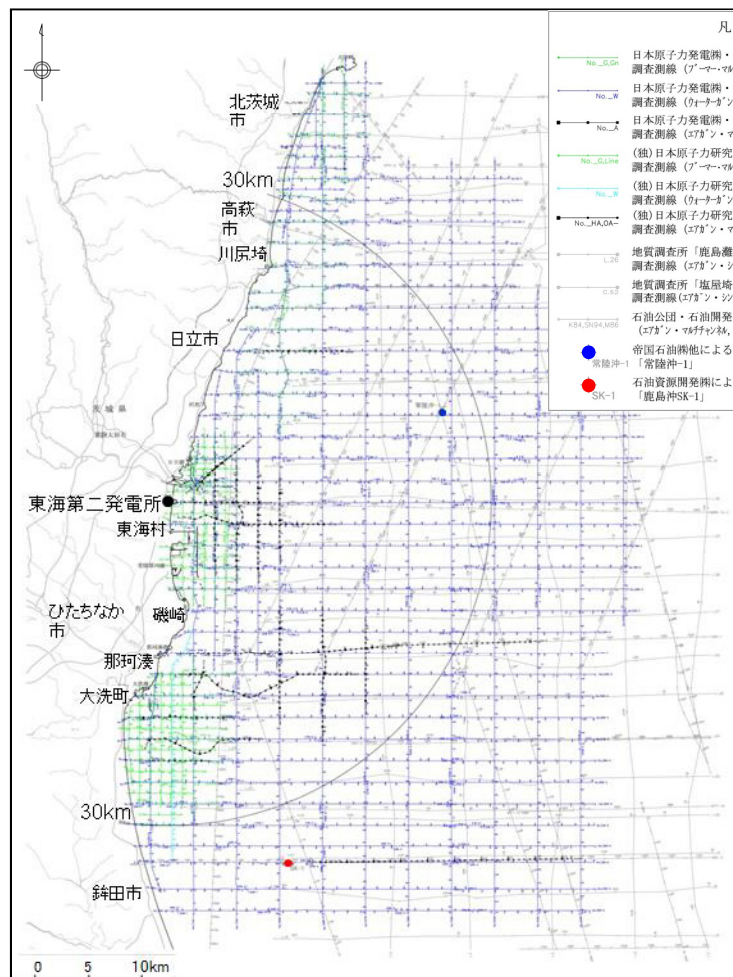
- 徳山他(2001)が示す地すべりを含む範囲について、一般財団法人日本水路協会発行の海底地形デジタルデータM7000シリーズを用いた150m DEMデータにより海底地すべり地形判読調査を実施した結果、海底地すべり地形は判読されない。



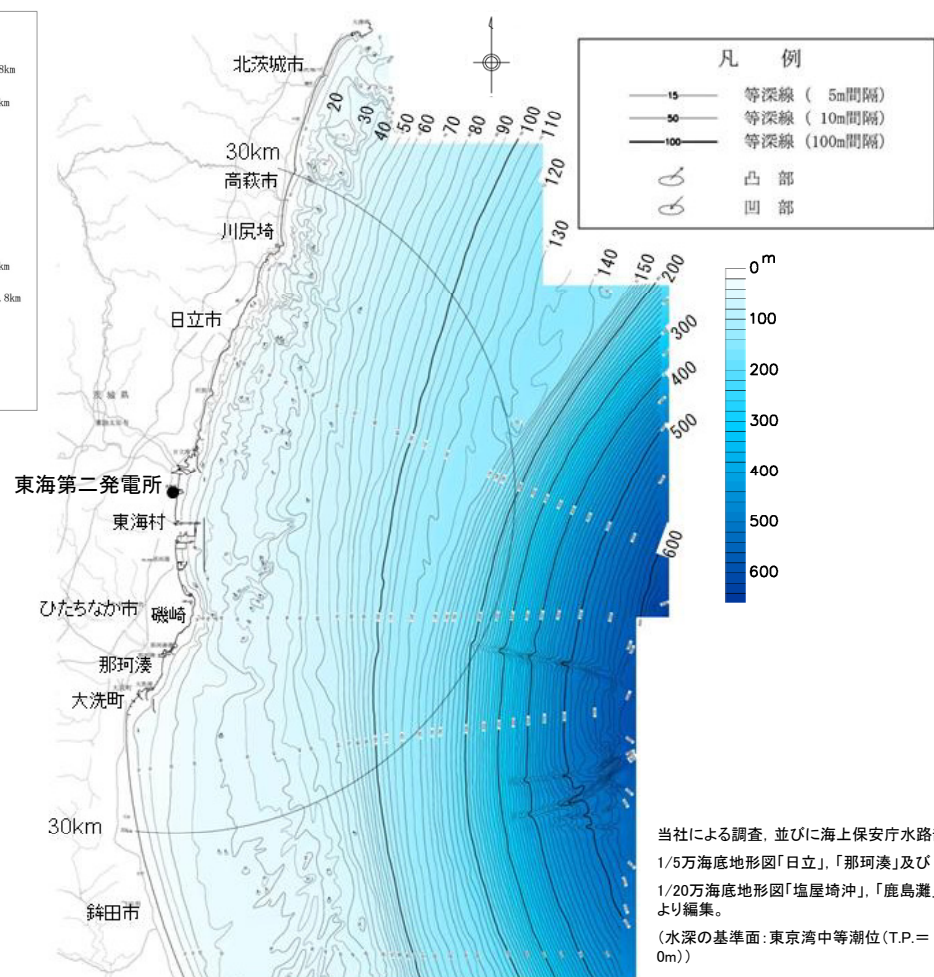


## (2) 海底地すべりの評価(海底地すべりの確認:海底地形判読(自社))

- 敷地前面海域について、海底地形判読により発電所に影響を及ぼす津波を引き起こす可能性のある海底地すべりを調査した。
- なお、敷地前面海域については、自社の測深データも追加して作成した海底地形図により、海底地すべりを調査した。
- 海底地すべり地形判読調査の結果、敷地前面海域に地すべり地形は認められない。



測線図



海底地形図

- 以上より、敷地前面海域に海底地すべりの可能性のある地形は認められない。

## 文献調査及び評価

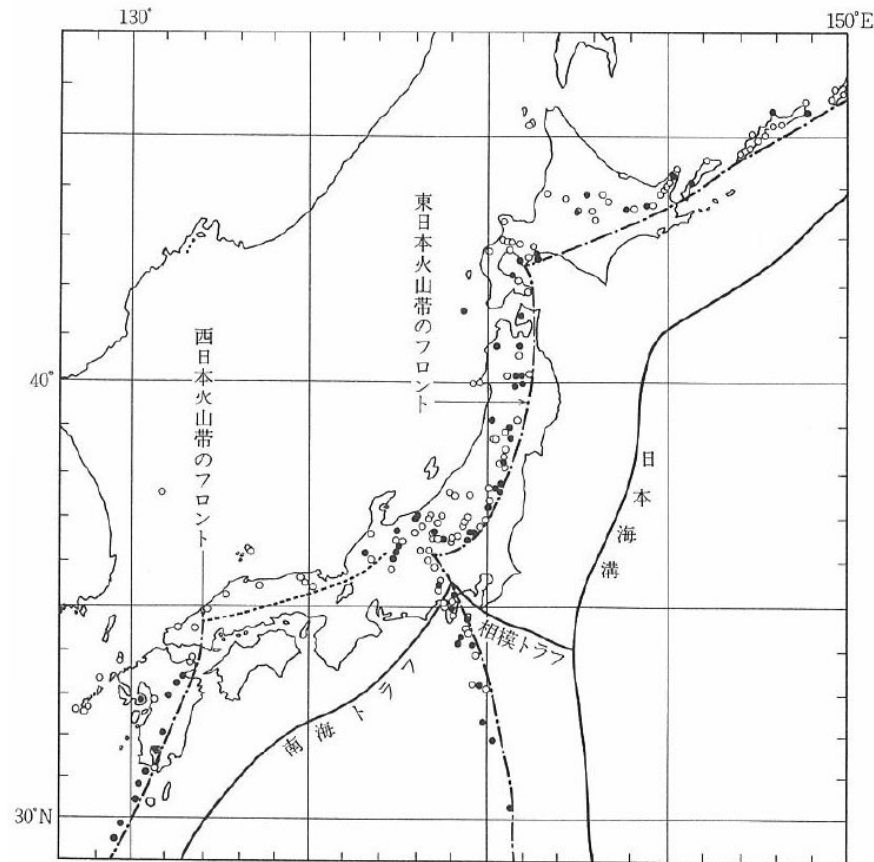
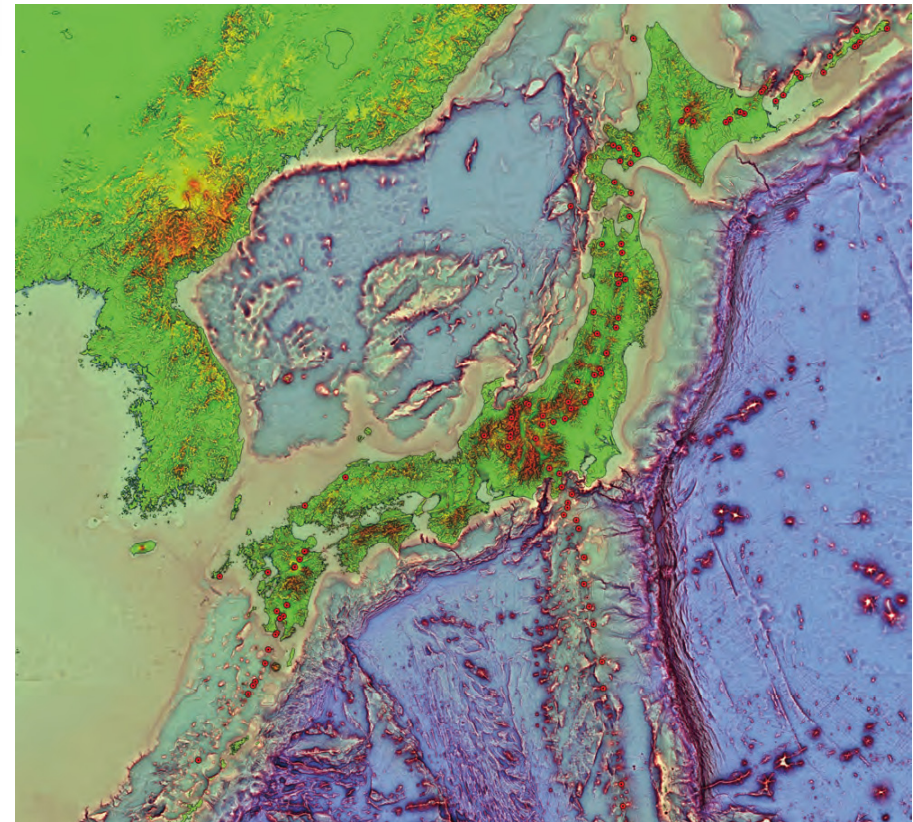


図 1.1.2 日本列島の火山帯と火山フロント [杉村, 1978] ●: 活火山, ○: その他の第四紀火山。2つの火山帯のフロントは、海溝またはトラフの軸にほぼ平行に走っている。海溝などの軸は、プレートの境界に相当する。

杉村(1978)



日本付近の活火山の分布

●: 活火山

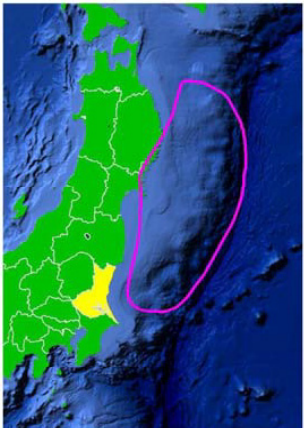
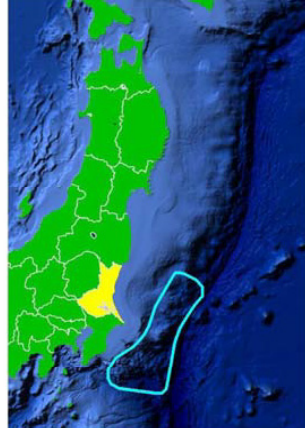
気象庁編(2013)

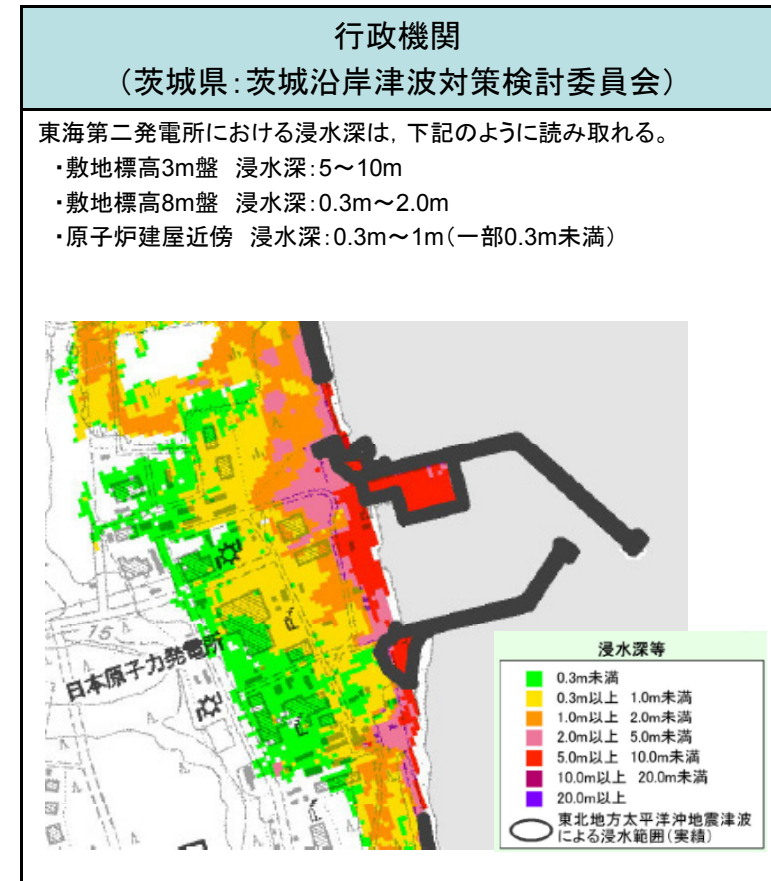
- 海底火山に関する文献調査を行った結果、敷地周辺において、火山現象による歴史津波の記録はなく、海底活火山の存在も認められないことから、火山現象に起因する津波による敷地への影響はない。



## 6. 行政機関の津波評価

- 行政機関による津波評価として、茨城県(2012)は下記の津波に対する評価を実施している。
  - ✓ 東北地方太平洋沖地震津波
  - ✓ H23想定津波

| 対象津波    |     | 東北地方太平洋沖地震津波                                                                       | H23 想定津波                                                                                                               |
|---------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| マグニチュード |     | Mw = 9.0<br>Mt = 9.1~9.4                                                           | Mw = 8.4<br>Mt = 8.6~9.0                                                                                               |
| 使用モデル   |     | 中央防災会議モデル                                                                          | 茨城県モデル                                                                                                                 |
| 概要      | 説明  | 平成 23 年 3 月 11 日、三陸沖を震源とした地震により発生した津波。東日本大震災を引き起こし、東北から関東を中心に甚大な被害をもたらした津波の再来を想定。  | 地震調査研究推進本部から平成 23 年 11 月に公表された「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について」を基に想定した地震。(平成 19 年に茨城県で想定した津波「延宝房総沖地震津波」の震源域等を参考にした地震。) |
|         | 震源域 |  |                                     |



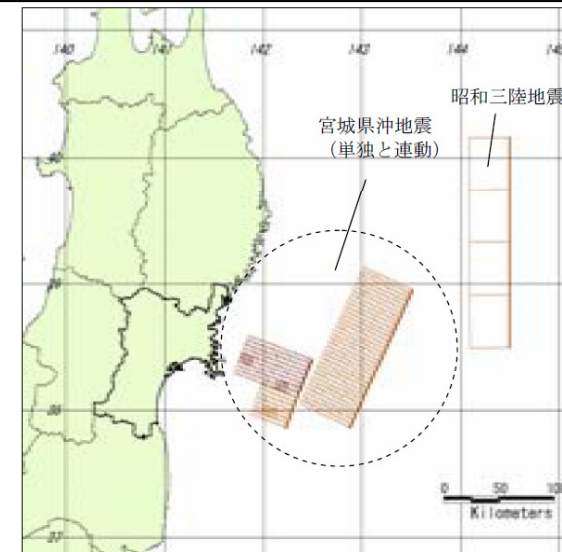
(茨城県(2012))

## 6. 行政機関の津波評価

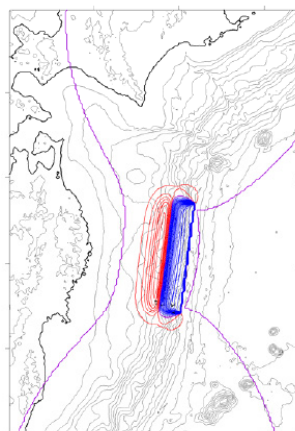
- 行政機関による津波評価として、岩手県(2004)、宮城県(2004)、福島県(2013)、千葉県(2012)は下記の津波に対する評価を実施している。

| 行政機関 | 想定地震                               | 規模                            |
|------|------------------------------------|-------------------------------|
| 岩手県  | 明治三陸地震<br>昭和三陸地震<br>宮城県沖地震(連動)     | Mt=8.3<br>Mt=8.2<br>Mw=8.0    |
| 宮城県  | 宮城県沖地震(単独)<br>宮城県沖地震(連動)<br>昭和三陸地震 | Mw=7.7※<br>Mw=8.0※<br>Mw=8.4※ |
| 福島県  | 福島県沖地震                             | M=7.7                         |
| 千葉県  | 延宝地震<br>元禄地震                       | Mw=8.5<br>Mw=8.1              |

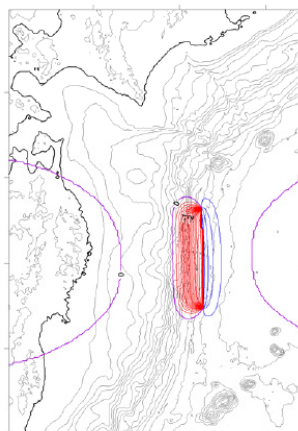
※公表された断層パラメータより土木学会(2002)の剛性率を用いて算出



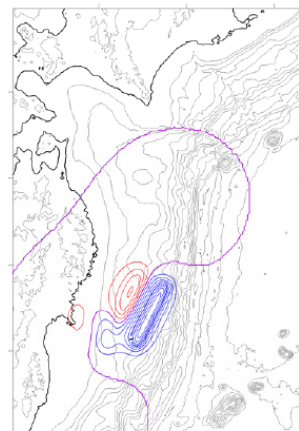
(宮城県(2004))



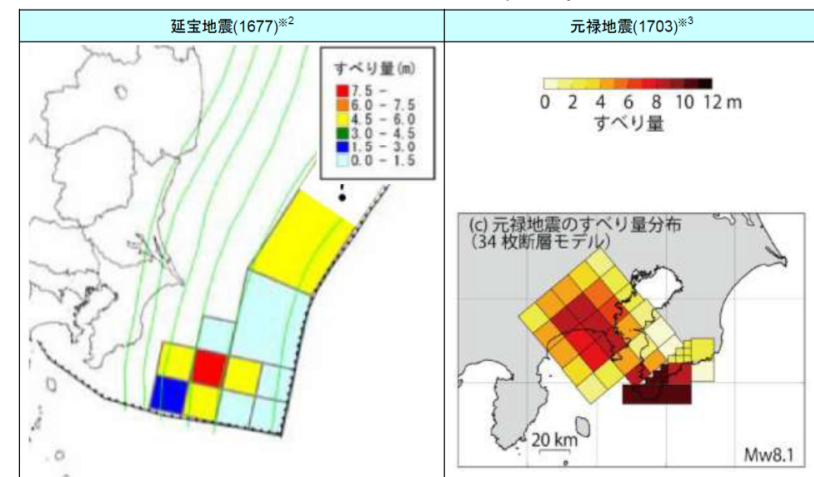
(明治三陸津波)



(昭和三陸津波)



(想定宮城県沖連動地震津波)  
(岩手県(2004))



(千葉県(2012))

基準津波の設定にあたっては、行政機関の津波評価も考慮した。

## 7. 基準津波の選定

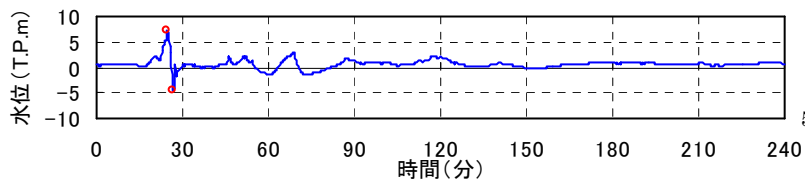
- 「地震に起因する津波」と「地震以外に起因する津波」の評価結果を踏まえ、発電所に与える影響が最も大きい津波は茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震である。
- 以上より、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震を基準津波とする。
- なお、地質学的証拠及び歴史記録等による確認及び行政機関による既往評価との比較の結果、当社の基準津波の水位が上回っていることを確認している。

| 項目           | 地震に起因する津波             | 地震以外に起因する津波 |
|--------------|-----------------------|-------------|
| 地震種別         | 茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震 | —           |
| 最高水位※(防潮堤前面) | T.P.+17.2m            | (該当なし)      |
| 最低水位※(取水口前面) | T.P.-5.3m             | (該当なし)      |

※ 潮位及び地殻変動量(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動量も含む)を考慮

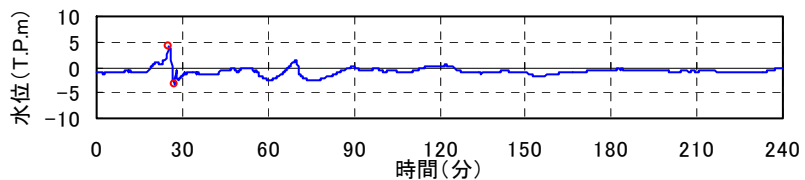
## 7. 基準津波の選定(基準津波策定位置)

- 基準津波は、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう、敷地前面の沖合い約19km(水深100m地点)の位置で策定した。



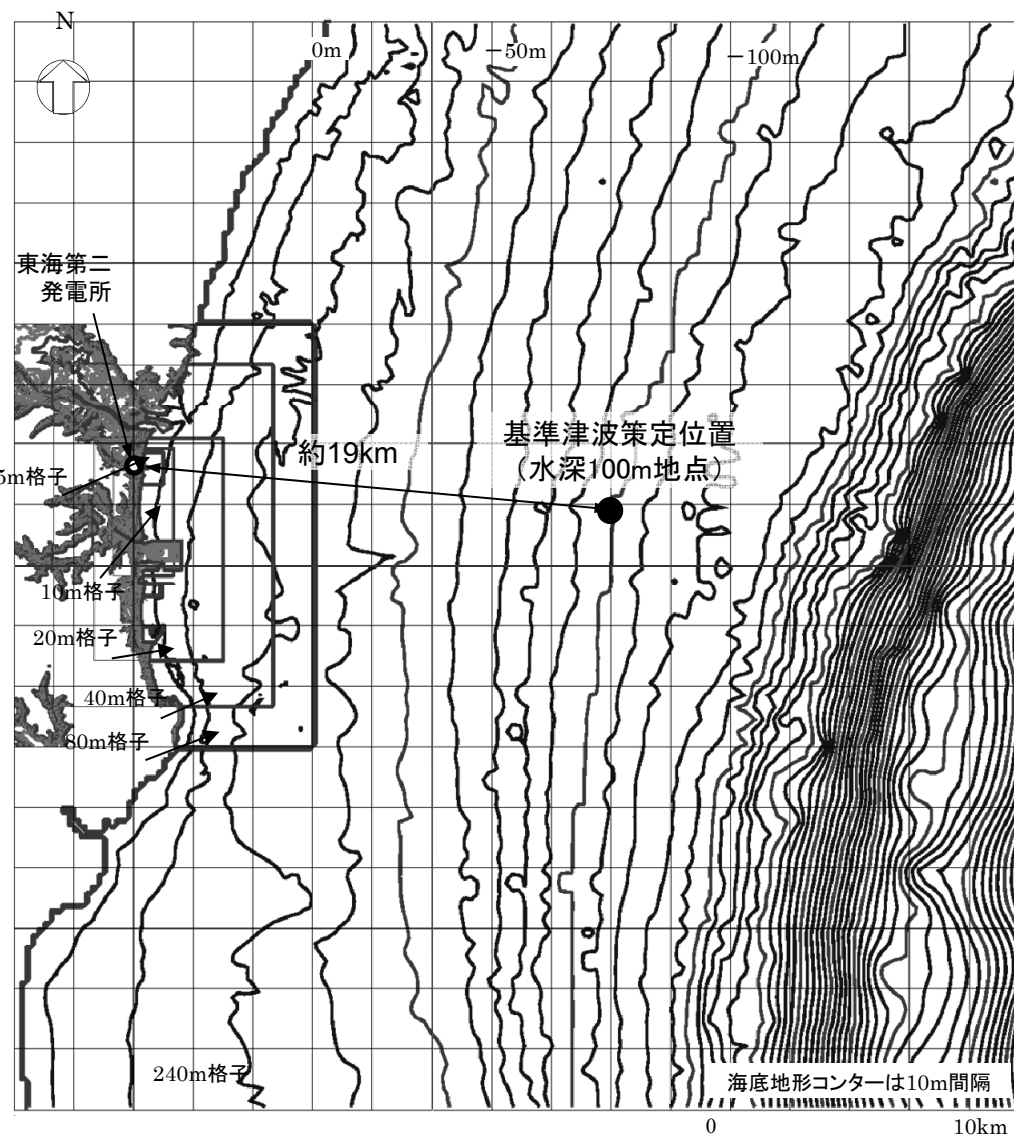
基準津波策定位置における時刻歴波形  
(上昇側最大※1)

※1 大すべりの位置: 波源モデルの北限から南へ20km移動(A-3),  
破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s, 立ち上がり時間30秒



基準津波策定位置における時刻歴波形  
(下降側最大※2)

※2 大すべりの位置: 波源モデルの北限から南へ40km移動(A-5),  
破壊開始点⑤, 破壊伝播速度1.0km/s, 立ち上がり時間30秒



基準津波策定位置図



## B 耐津波設計(概要)

### 2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

基準津波に対して、耐津波設計上重要な施設※の安全機能が損なわれることがないように設計する。

○耐津波設計上重要な施設を設置する敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない。また、海と接続する取水口、放水路等の経路から、同敷地及び耐津波設計上重要な施設を内包する建屋に流入させない。

○取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。

○上記の他、耐津波設計上重要な施設は、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離する。

※耐震Sクラスに属する施設及び安全機能を有する設備(クラス1・2設備及びクラス3設備のうち緊急時対策所)



## B 耐津波設計(概要)

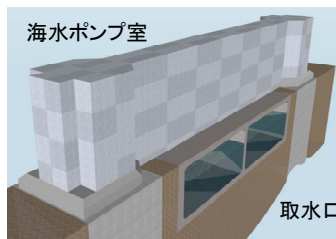
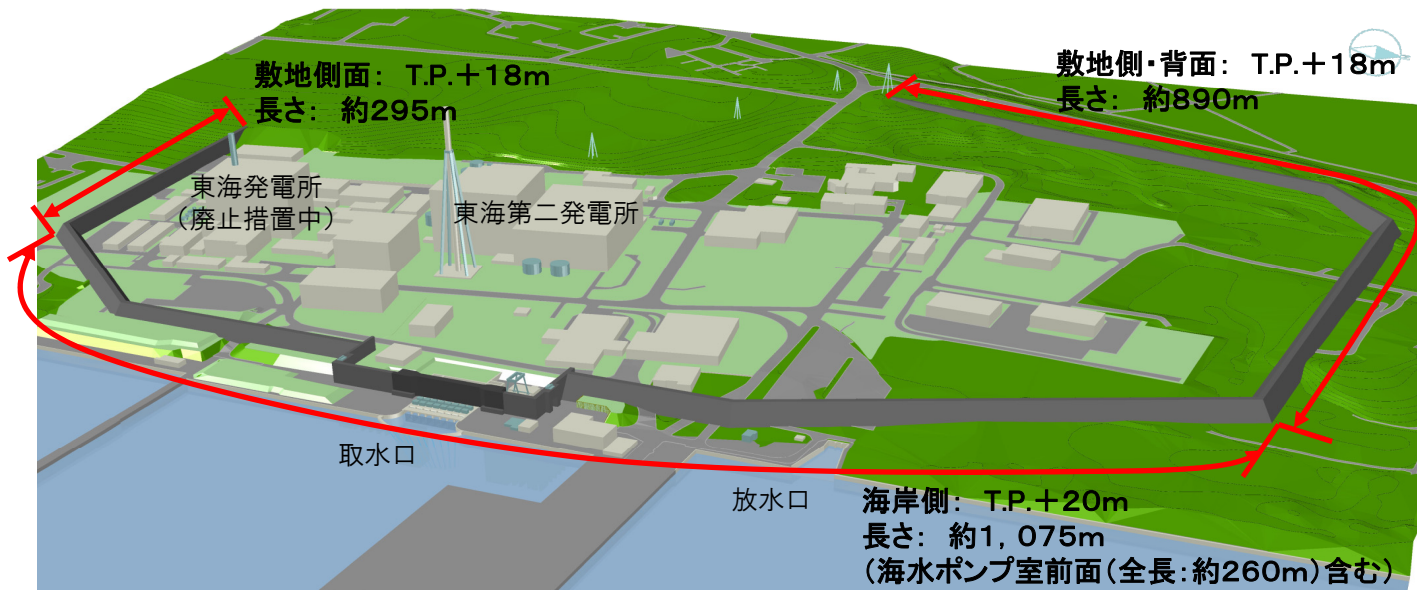
○耐津波設計上重要な施設(耐震Sクラス)は、基準津波に対して、

【外郭防護1】津波の敷地への流入防止、【外郭防護2】漏水による安全機能への影響防止、

【内郭防護】津波防護の多重化により、その安全機能が損なわれないように設計する。

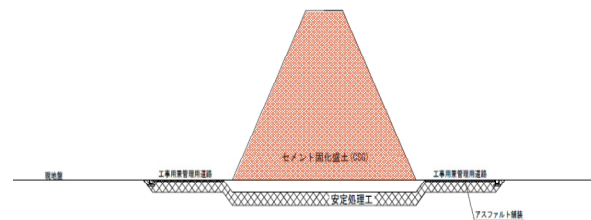
《 主な対策概要 》 ⇒ 対策の詳細については、次回以降ご説明

- 【外郭防護1】防潮堤の設置、取水口、放水路等からの流入防止対策
- 【外郭防護2】海水ポンプグランド冷却水ドレン配管等からの逆流防止対策
- 【内郭防護】原子炉建屋境界壁貫通部の止水処置



海水ポンプ室 前面イメージ図

### ＜防潮堤の概要(イメージ図)＞



敷地全体 断面イメージ図

### ＜貫通部止水処理例＞

## B 耐津波設計(概要)

○敷地前面(海岸側)の防潮堤の設計に用いる入力津波の設定については、防潮堤位置での基準津波の遡上高さT.P.+17.20mに対して、以下の不確かさを考慮して設定する。

- ・ 朔望平均満潮位のばらつきによる潮位上昇
- ・ 入力津波の計算上のばらつき

○さらに、防潮堤高さの設定に当たっては、以下を考慮しても遡上波が敷地内に到達、流入しないよう考慮する。

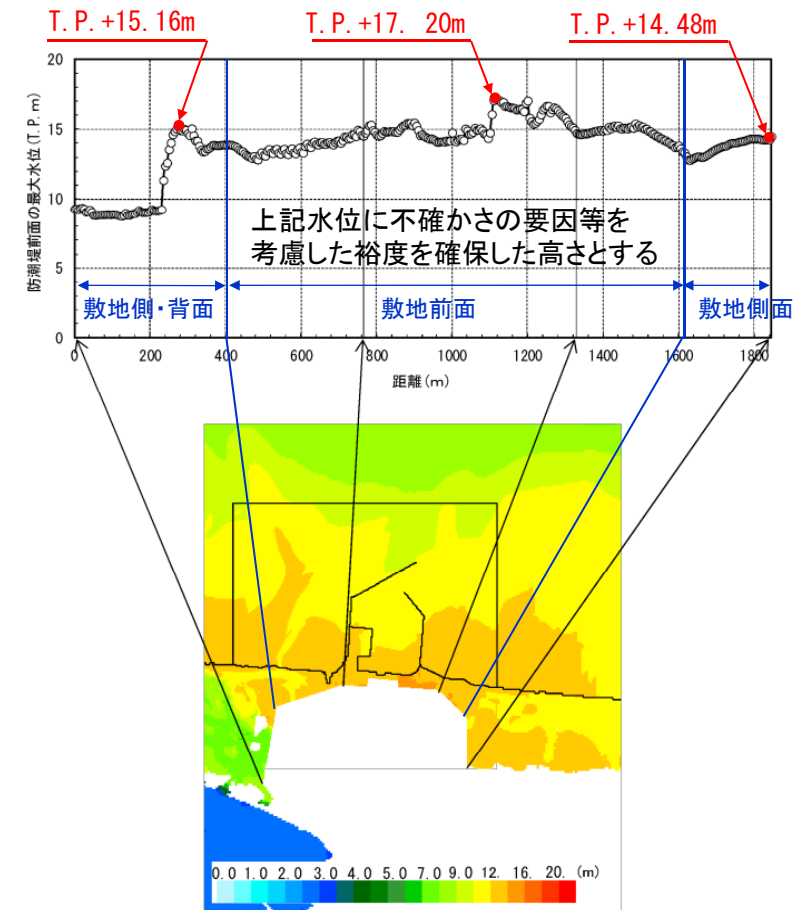
- ・ 高潮の重畳

### 防潮堤位置での津波遡上高さの検討結果

| 防潮堤高さへの考慮事項                           | 考慮値        |
|---------------------------------------|------------|
| ◆ 基準津波評価値                             | T.P.+17.2m |
| ・ 朔望平均満潮位                             | (+0.61m)   |
| ・ 2011年東北地方太平洋沖地震による地盤沈下量             | (+0.2m)    |
| ・ 基準津波を生起する地震による地盤沈下量                 | (+0.3m)    |
| ◆ 設計に用いる入力津波                          | T.P.+17.5m |
| ・ 朔望平均満潮位のばらつき(+0.17m)及び入力津波の計算上のばらつき | (+0.3m)    |
| ◆ その他設計上の考慮                           | T.P.+18.8m |
| ・ 高潮の重畳※                              | (+1.29m)   |

※高潮ハザードとして、再現期間100年に対する期待値T.P.+2.07mと既考慮済の朔望平均満潮位(+0.61m)及び潮位のばらつき(+0.17m)の合計である+0.78mとの差分1.29m(=2.07m-(0.61m+0.17m))を考慮

○上記の考え方に基づき、敷地前面(海岸側)の防潮堤については1m程度の裕度を考慮してT.P.+20.0mに設定した。また、敷地側面及び背面の防潮堤についても、同様の不確かさを考慮してT.P.+18.0mに設定した。



防潮堤位置における津波高さ