

### 基準波源モデル①

#### 基本方針

- 基準波源モデル①は、広域の津波特性を考慮した特性化モデルに対し保守性を考慮して設定することを基本とする。
- 広域の津波特性を考慮した特性化モデルは、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」（P. 2.3.1-65参照）及び「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」（P. 2.3.1-66参照）の2つの海域を対象として設定しているため、基準波源モデル①についても以下のとおり2ケース検討する。
  - ✓ 基準波源モデル①-1：岩手県沖北部から十勝沖・根室沖に設定する基準波源モデル（P. 2.3.1-69～P. 2.3.1-82）
  - ✓ 基準波源モデル①-2：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に設定する基準波源モデル  
(P. 2.3.1-83, P. 2.3.1-84)

### 基準波源モデル①-1：（1/13）

#### 設定方針

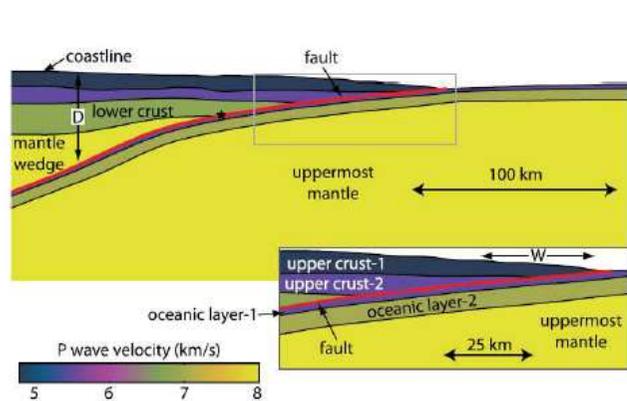
- 3.11地震時に大きなすべりが生じた宮城県沖のテクトニクス的背景及び地震学的知見等から、大きなすべりが生じる構造的特徴を整理し(P.2.3.1-70~P.2.3.1-74)，日本海溝・千島海溝島弧会合部のテクトニクス的背景等の類似性及び地震学的見地から、同領域で3.11地震時で見られた大きなすべりが発生する可能性を検討する(P.2.3.1-75~P.2.3.1-80)。
- 上記検討から得られた知見を踏まえ、岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルに保守性を考慮した基準波源モデル①-1を設定する。

## 基準波源モデル①-1 (2/13) : 大きなすべりが生じる構造的特徴 (1/5)

### 付加体の幅

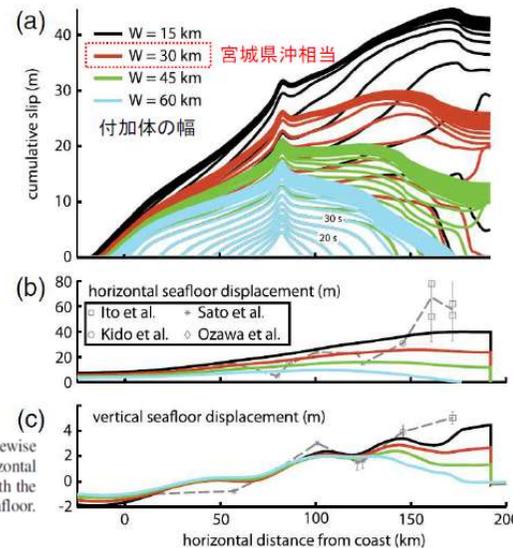
- 3.11地震ではプレート境界浅部でもすべりが発生したことに着目し、地震探査で得られた宮城県沖の地震波速度構造を模した沈み込みプレート境界モデルを用いた2次元動的破壊シミュレーションを実施して、付加体の幅の違いがプレート境界浅部のすべり量に与える影響を検討し、付加体の幅が小さいほどプレート境界浅部のすべり量が増大する傾向があるとされている。 Kozdon and Dunham(2013) <sup>(51)</sup>による
- 日本海溝の沈み込み帯におけるマルチチャンネル反射法地震探査結果から、3.11地震で大きなすべりが発生した宮城県沖における付加体 (P波速度: 3~4km/s以下の領域) の幅は、他領域と比べて狭いとされている。 Tsuru et al. (2002) <sup>(52)</sup>による

以上から、付加体の幅が狭いほど大きなすべりが発生すると考えられる。



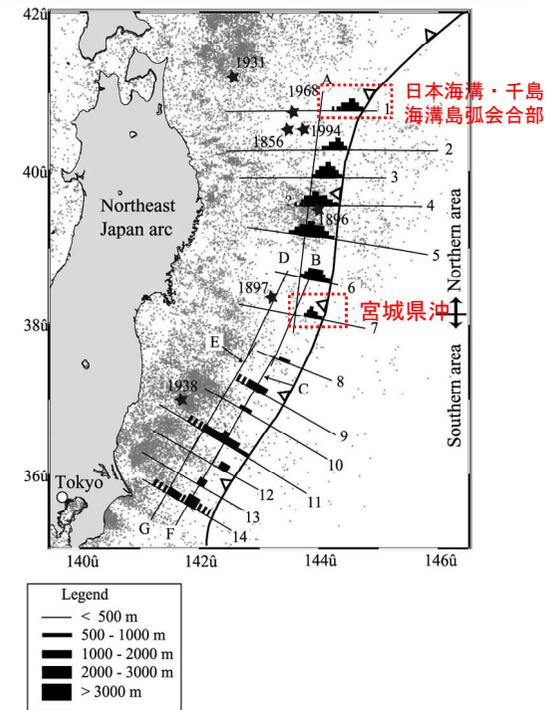
**Figure 2.** (a) P-wave velocity structure for the dynamic rupture simulations (no vertical exaggeration). The geometry and piecewise constant material properties are derived from Miura et al. (2001, 2005). The velocity-weakening region ( $b - a > 0$ ) starts up dip at horizontal distance  $W$  from the trench and ends down dip at depth  $D$  below sea level. The nucleation location for all simulations is indicated with the black star. The inset shows the velocity structure near the trench axis, where the dip angle is  $6^\circ$  from horizontal and  $7^\circ$  from the seafloor.

宮城県沖のプレート境界モデル  
(2次元動的破壊シミュレーションモデル)  
Kozdon and Dunham (2013) <sup>(51)</sup>



**Figure 11.** (a) Influence of horizontal extent  $W$  of shallow velocity-strengthening region on cumulative slip (plotted every 5 s). Shown for maximum effective normal stress  $\bar{\sigma}_{max} = 40$  MPa and seismogenic depth  $D = 45$  km. (b) Horizontal and (c) vertical seafloor displacement compared with various observations (dashed line). The color version of this figure is available only in the electronic edition.

動的破壊シミュレーションによる付加体の幅と断層すべり量、水平・上下変位の関係  
Kozdon and Dunham (2013) <sup>(51)</sup>に一部加筆



**Figure 17.** Map view of the low velocity sedimentary units observed on MCS sections in the Japan Trench margin. Small dots represent background seismicity taken from JMA (Japan Meteorological Agency) HypoCatalog.

日本海溝沿いにおける付加体 (低速度堆積物) の分布  
Tsuru et al. (2002) <sup>(52)</sup>に一部加筆

基準波源モデル①-1 (3/13) : 大きなすべりが生じる構造的特徴 (2/5)

海溝軸付近における島弧地殻の地震波速度

- 地震波トモグラフィの結果から、3.11地震で大きなすべりが発生した宮城県沖に顕著な高速度域があることを確認し、海溝軸付近に比較的高速度域の島弧地殻が分布することと3.11地震の大きなすべりには関連があるとされている。

Liu and Zhao (2018) (78) による

以上から、海溝軸付近に比較的高速度域の島弧地殻が分布する箇所で大きなすべりが発生すると考えられる。

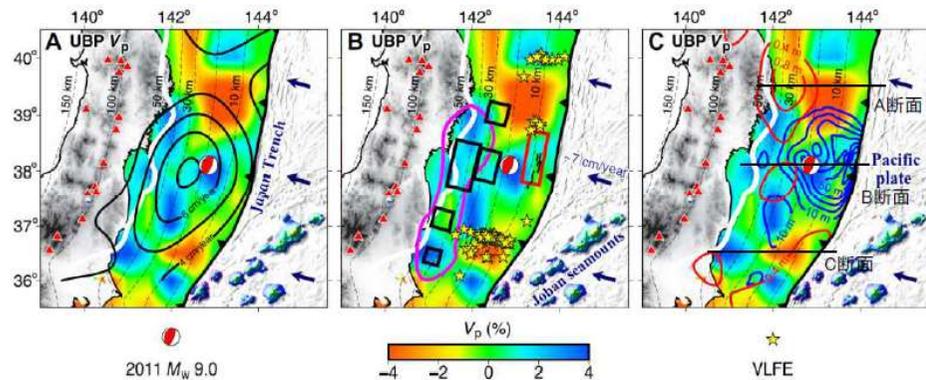


Fig. 4.  $V_p$  tomography and characteristics of the 2011 Tohoku-oki earthquake. The colors in (A) to (C) show  $V_p$  tomography along the UBP obtained by this study. Black bold contour lines in (A) denote the back-slip rate (5). In (B), the yellow stars mark epicenters of very low frequency earthquakes (VLFs) (24); the red rectangle denotes a slow slip event (22) preceding the 2011 Tohoku-oki earthquake; the black rectangles show locations of coseismic strong ground motions (39); the magenta contour line marks the site of coseismic high-frequency P-wave radiation with a relatively low seismic moment during the 2011 Tohoku-oki earthquake (40); and the black short lines near the trench indicate seafloor traces of normal faults (34). The blue and red contour lines in (C) denote the coseismic slip (7) and the afterslip (43), respectively. The other labeling is the same as that in Fig. 2.

P波速度分布と3.11地震のすべり量分布等との関係  
Liu and Zhao (2018) (78) に一部加筆

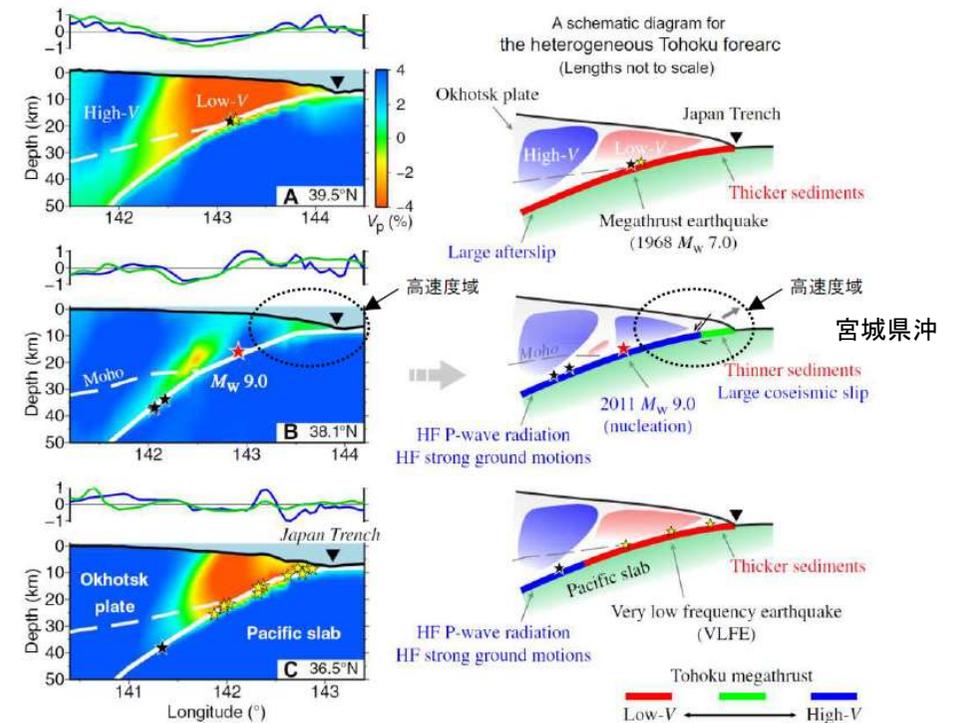


Fig. 5. Vertical cross sections of  $V_p$  tomography (left) and corresponding cartoons (right). The east-west vertical cross sections are along the three profiles shown in Fig. 1C. The normalized residual topography (blue line) and gravity (green line) along each profile are shown atop each cross section. The red and blue colors in (A) to (C) denote low and high  $V_p$  perturbations, respectively, whose scale is shown beside (A). The white bold and dashed lines in (A) to (C) denote the UBP and the forearc Moho, respectively. The red star denotes the mainshock hypocenter of the 2011 Tohoku-oki earthquake ( $M_w$  9.0). The black and yellow stars indicate other megathrust earthquakes ( $M_w$  7.0 to 8.0) during 1917 to 2017 and the VLFs (24) within a 40-km width of each profile, respectively. Note that the hypocenters of the VLFs and the megathrust earthquakes are set on the UBP, because their accurate focal depths are unclear for most of them. The reverse triangle denotes the Japan Trench axis. HF, high frequency. In the right panels, the red, green, and blue lines denote low-, normal-, and high- $V_p$  anomalies atop the subducting Pacific plate, respectively, according to the tomographic results of this study. The gray dashed line denotes the forearc Moho.

プレート境界におけるP波速度分布とそのイメージ  
Liu and Zhao (2018) (78) に一部加筆

## 基準波源モデル①-1 (4/13) : 大きなすべりが生じる構造的特徴 (3/5)

### プレート境界の構造的特徴

- 機器観測された全ての巨大地震は、滑らかな地形が沈み込む海域で発生し、起伏の激しい地形を伴うプレート境界ではクリープしており、超巨大地震は発生していないとされている。
- また、沈み込む海山は、起伏の激しい地形の典型例であり、海山が沈み込む領域では中小規模の地震を伴うが、大地震を発生する証拠は得られておらず、3.11地震の破壊の南側の停止は、フィリピン海プレートが下盤となる位置ではなく、海山が沈み込む領域で生じたとされている。  
Wang and Bilek (2014) <sup>(79)</sup> による

以上から、プレート境界が滑らかな形状を呈する沈み込む海域で大きなすべりが発生すると考えられる。

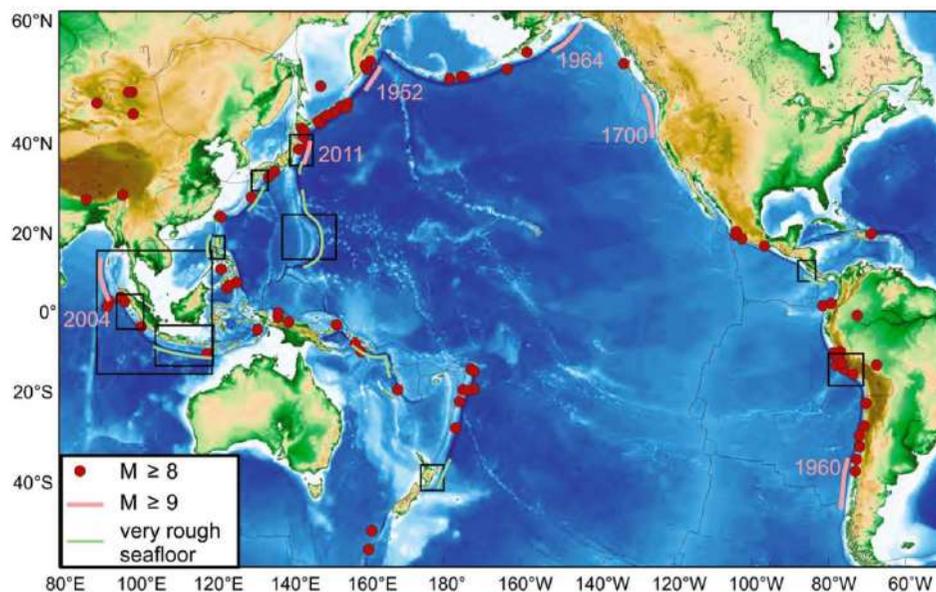


Fig. 1. World map showing general lack of correlation between rugged subducting seafloor and great megathrust earthquakes and showing locations of map areas of Fig. 2 through 10 at 14. Rupture extents of giant ( $M_w \geq 9$ ) events are indicated with pink lines. Epicentre locations of other great ( $M_w \geq 8$ ) events are from the USGS/NOAA catalogue for the time period 1903–2012.

起伏の激しい海底と巨大地震の発生位置の分布  
Wang and Bilek (2014) <sup>(79)</sup>

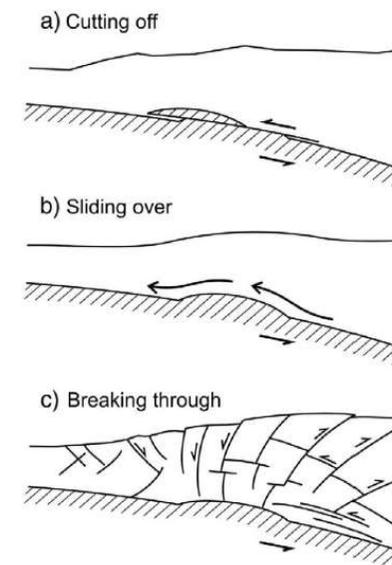


Fig. 11. Scenarios of seamount subduction seen in the literature. (a) "Cutting off": The top part of or the entire seamount is sheared off. (b) "Sliding over": The upper plate frictionally slides over the seamount without severe internal damage. (c) "Breaking through": The seamount forces its way through by severely damaging its surrounding and itself (modified from Wang and Bilek (2011)). We consider (a) unlikely and (b) mechanically impossible. Scenario (c) is supported by field observations and sandbox experiments.

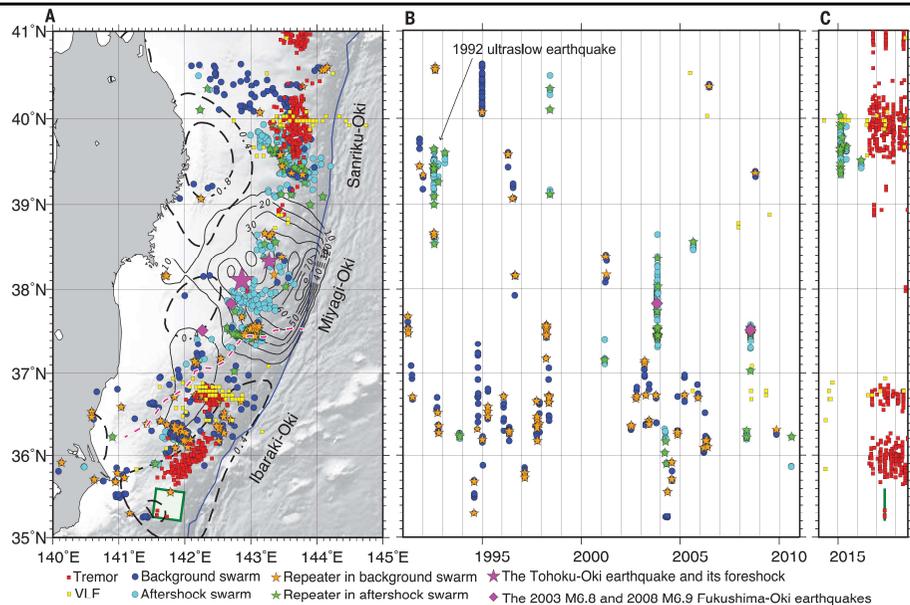
沈み込む海山とプレート境界上盤のシナリオ  
Wang and Bilek (2014) <sup>(79)</sup>

## 基準波源モデル①-1 (5/13) : 大きなすべりが生じる構造的特徴 (4/5)

### スロー地震活動域

- 防災科学技術研究所のS-netによる地震記録や、その他の地震学的及び測地学的な観測記録を使用して、日本海溝沿いで発生している地震現象（テクトニック微動、超低周波地震、スロースリップ、群発地震、小繰り返し地震）の空間分布から、スロー地震多発域（三陸沖北部、茨城県沖）と3.11地震の破壊が停止した領域が一致する一方で、3.11地震で大きなすべりが生じた宮城県沖のスロー地震活動は低調であったとされている。
  - また、スロー地震が多発している茨城県沖は、沈み込む海山等の不均質な地質構造に対応していることから、同領域は周囲との摩擦特性が異なり、2012年にコスタリカで発生した地震（Mw7.6）や2016年にエクアドルで発生した地震（Mw7.8）のように、地震の破壊を妨げる領域の可能性があると考えられている。
- Nishikawa et al. (2019) <sup>(80)</sup> による

以上から、スロー地震が低調である箇所で大きなすべりが発生すると考えられる。

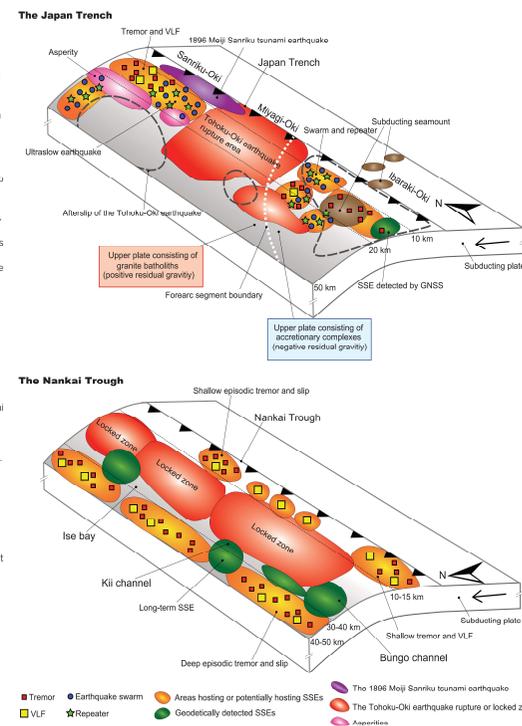


**Fig. 3. Slow earthquake activity in the Japan Trench.** (A) Epicenters of the tectonic tremors, VLFs, and earthquake swarms containing repeaters. Red squares indicate tremors with a duration of 80 s or longer. Yellow squares denote VLFs. Blue circles represent events of background swarms containing repeaters (orange stars). Cyan circles are events of aftershock swarms containing repeaters (green stars). The green square denotes the June 2017 SSE. Magenta diamonds indicate the 2003 M 6.8 and 2008 M 6.9 Fukushima-Oki earthquakes. Magenta large stars

denote the epicenters of the Tohoku-Oki earthquake and its largest foreshock ( $M_w$  7.3). The solid and dashed black contours indicate the coseismic slip (17) and afterslip (20) distributions of the Tohoku-Oki earthquake at 10-m and 0.4-m intervals, respectively. The magenta dashed line indicates the forearc segment boundary (24). (B and C) Space-time distributions of the tectonic tremors, VLFs, and earthquake swarms containing repeaters during the 1991–2010 and 2014–2018 time periods, respectively.

日本海溝におけるスロー地震活動  
Nishikawa et al. (2019) <sup>(80)</sup>

**Fig. 4. Schematic views of the slow earthquake activity and structural heterogeneity in the Japan Trench and Nankai Trough.** red and yellow squares denote tectonic tremors and VLFs, respectively. Green stars and blue circles indicate repeaters, and earthquake swarms, respectively. The orange regions are interpreted to host or potentially host SSEs accompanied by tremors, VLFs, repeaters, and/or earthquake swarms. The green regions denote geodetically detected SSEs. The purple region is the rupture area of the 1896 Meiji Sanriku tsunami earthquake (22) in the Japan Trench. The red regions indicate the coseismic rupture area of the 2011  $M_w$  9.0 Tohoku-Oki earthquake in the Japan Trench and locked zones in the Nankai Trough. The pink regions indicate the asperities (33). The brown regions are subducting seamounts. The dashed dark gray lines denote the afterslip areas of the Tohoku-Oki earthquake in the Japan Trench. The white dashed line indicates the forearc segment boundary (24) in the Japan Trench. Note that the slab geometries are simplified. The schematic view of the Nankai Trough is adapted from (11).

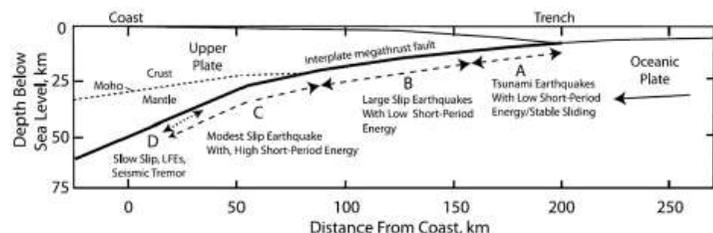


日本海溝および南海トラフにおけるスロー地震活動と  
構造的不均質性の関係 (概略図)  
Nishikawa et al. (2019) <sup>(80)</sup>

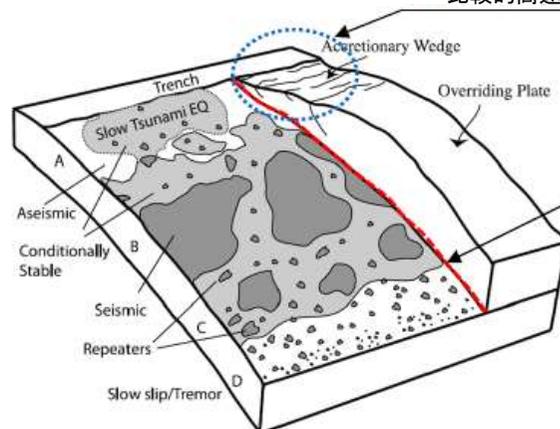
## 基準波源モデル①-1 (6/13) : 大きなすべりが生じる構造的特徴 (5/5)

### まとめ

- 3.11地震時に大きなすべりが生じた宮城県沖のテクトニクスの背景及び地震学的見地等から、大きなすべりが生じるプレート境界は以下の構造的特徴を有するものと考えられる。
  - ✓ 付加体の幅が狭い。(P. 2.3.1-70)
  - ✓ 海溝軸付近には比較的高速度域の島弧地殻が分布する。(P. 2.3.1-71)
  - ✓ プレート境界が滑らかな形状を呈する。(P. 2.3.1-72)
  - ✓ スロー地震活動が低調である。(P. 2.3.1-73)



- ・付加体の幅が狭い
- ・比較的高速度域の島弧地殻が分布



- ・プレート境界が滑らかな形状を呈する
- ・スロー地震活動が低調である

大きなすべりを発生させるプレート境界の構造的特徴※

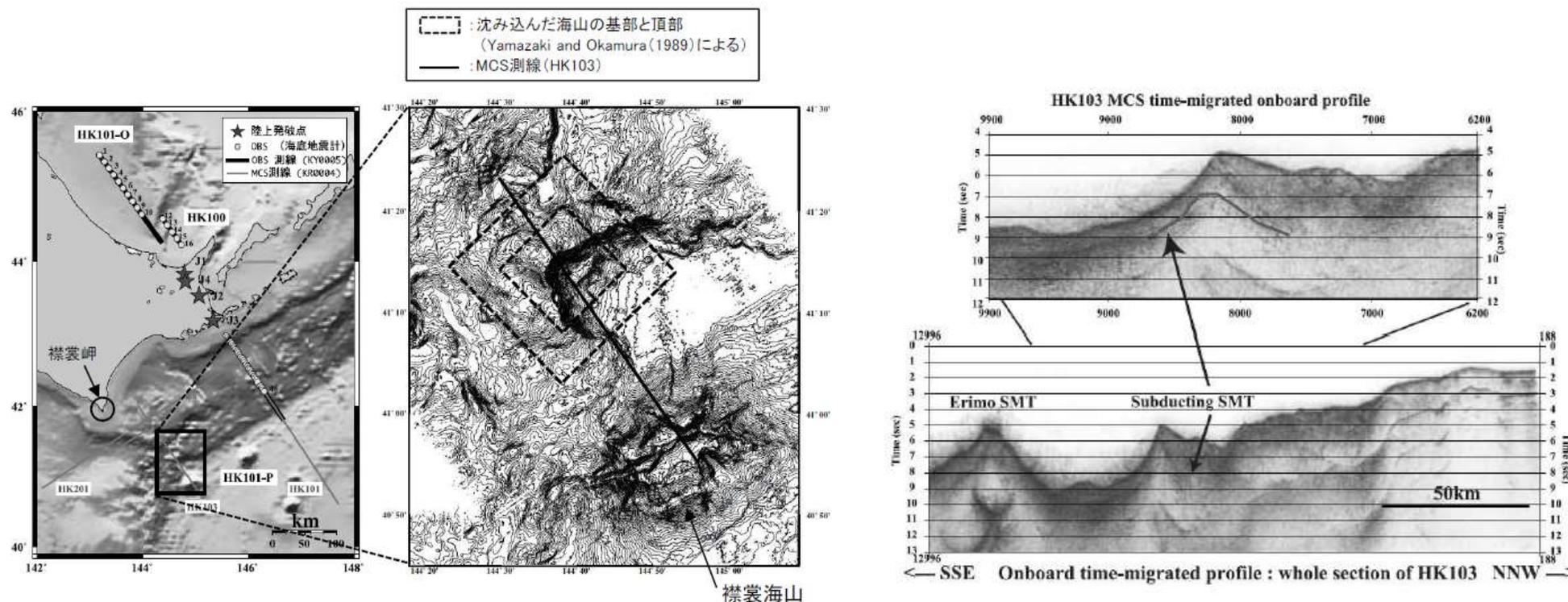
※ : Lay et al. (2012) (81) によるプレート境界の領域区分図を引用

## 基準波源モデル①-1 (7/13) : 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性 (1/6)

### 襟裳岬沖の沈み込む海山

コメントNo.S5-43

- 襟裳岬沖の海溝軸海側には襟裳海山が存在し、その陸側斜面下には、地磁気異常から沈み込んだ海山が存在するとされている。  
Yamazaki and Okamura (1989) <sup>(82)</sup> による
- 襟裳海山周辺を対象としたマルチチャンネル反射法探査、海底地形精査・地磁気・重力異常探査を実施し、海底地形図（下：中央図）、襟裳海山及び沈み込む海山直上を北西-南東に横切るMCS処理記録（下：右図）から、沈み込む海山を明瞭にイメージングされている。  
木戸ほか (2002) <sup>(83)</sup> による



沈み込んだ海山付近の海底地形  
木戸ほか (2002) <sup>(83)</sup> に一部加筆

襟裳海山及び沈み込む海山直上のプロファイル  
(MCS処理記録 (測線: HK103))  
木戸ほか (2002) <sup>(83)</sup>

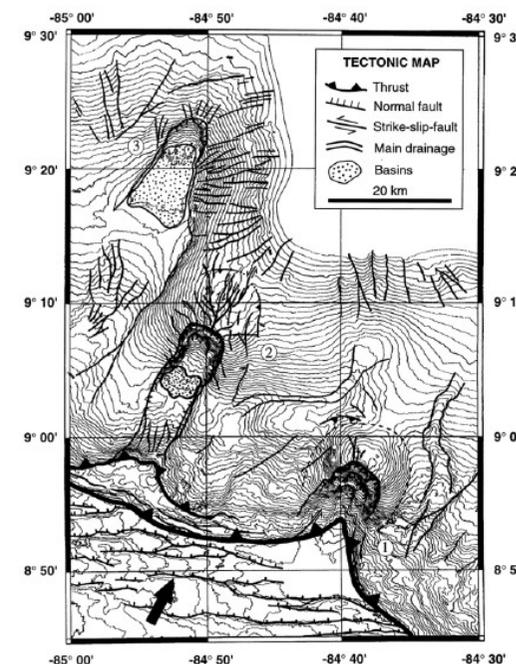
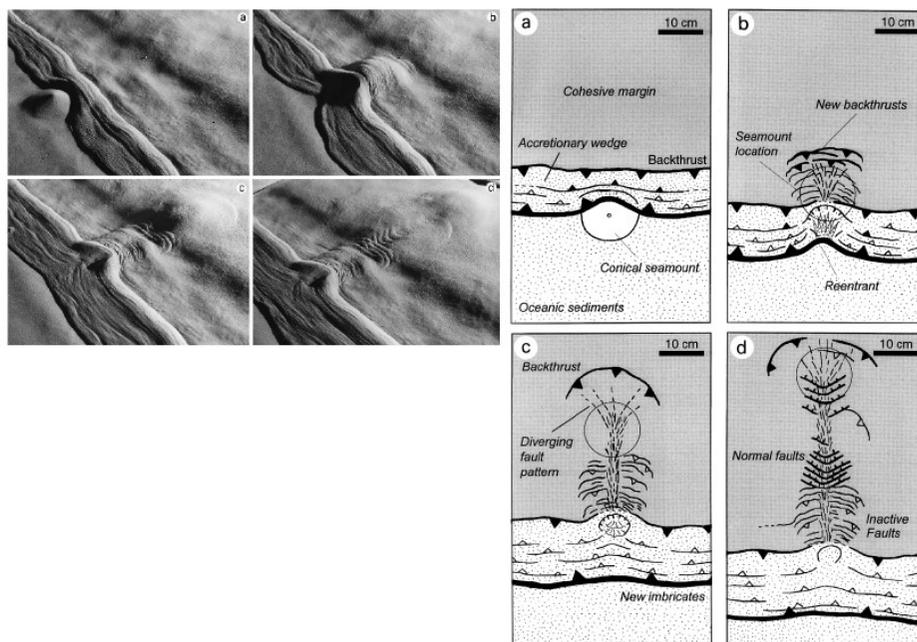
## 基準波源モデル①-1 (8/13) : 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性 (2/6)

### 沈み込む海山と上盤プレートの相互作用

コメントNo.S5-43

- Dominguez et al. (1998) <sup>(84)</sup> は、海山の沈み込みによる陸側斜面の構造的特徴について、海山の沈み込みを模した砂箱実験とコスタリカ沖中米海溝陸側斜面の実地形との比較から、次のとおり整理している。
  - ✓ 沈み込んでいく海山の前面には、海側に傾斜するバックスラストが形成され、海山の進行とともに新たに陸側に形成されるとともに、沈み込んでいる海山の頂上付近から陸側のバックスラストへ発散していく横ずれ断層のネットワークが形成される。
  - ✓ 海山が完全に沈み込み、海山の海側で再び付加体が形成され始め、沈み込む堆積物の底付けが行われるようになると、海山の海側には陸側に傾斜する正断層群が形成される。

前頁及び以上から、日本海溝・千島海溝島弧会合部付近には襟裳岬沖に沈み込む海山が存在し、この海側で付加帯が形成されると考えられる。



砂箱を用いた実験に基づく沈み込む海山による陸側斜面の変形構造 (左: 実験, 右: 模式図)  
Dominguez et al. (1998) <sup>(84)</sup>

コスタリカ沖の海底地形図 (○数字: 沈み込む海山位置)  
Dominguez et al. (1998) <sup>(84)</sup>

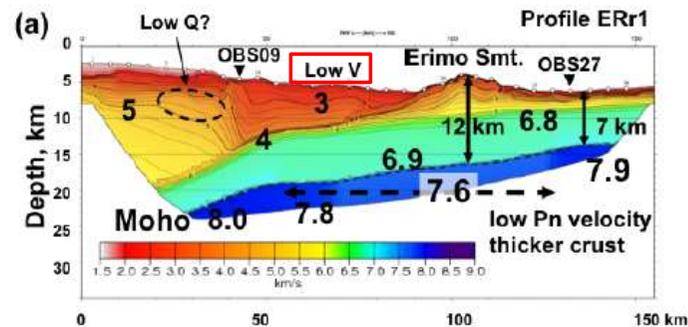
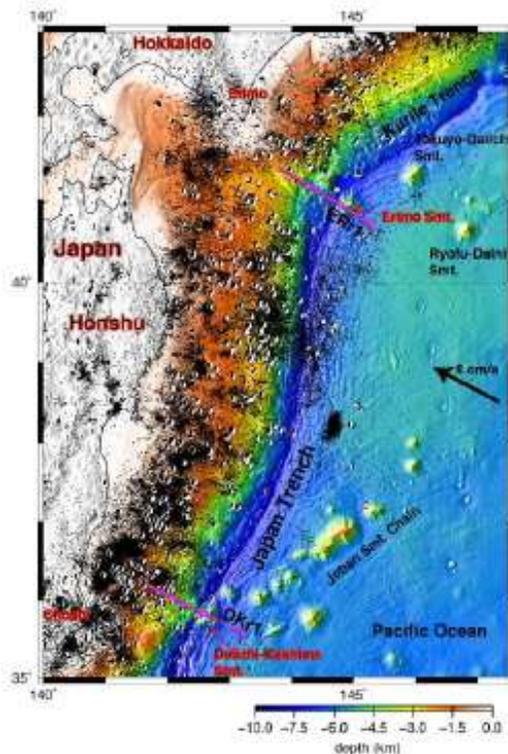
## 基準波源モデル①-1 (9/13) : 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性 (3/6)

### 襟裳岬沖の沈み込む海山付近の地殻構造

コメントNo.S5-43

- 襟裳海山とその陸側に沈み込む海山を横切る地震波トモグラフィーから、典型的なプレート境界の構造と比較して、襟裳海山は地殻が厚く、海溝軸付近の陸側のプレートについては、沈み込む海山の影響により低速度の島弧地殻が分布するとされている。  
Nishizawa et al. (2009) <sup>(85)</sup> による

以上から、日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の海溝軸付近の陸側のプレートには沈み込む海山の影響による低速度の島弧地殻が分布すると考えられる。



襟裳海山 (a) とその陸側に沈み込む海山を横切る地震波トモグラフィー (Vp)  
Nishizawa et al. (2009) <sup>(85)</sup>

基準波源モデル①-1 (10/13) : 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性 (4/6)

コメントNo.S5-43

島弧会合部のテクトニクス背景

- 千島海溝南西端は、日本海溝との島弧会合部に位置し、その会合部（衝突帯）では、日高山脈が形成されている（日高造山運動）。
- 千島弧はその下部地殻内で上下に裂けて分離（デラミネーション）するとともに、上部地殻を含めて上半分は日高主衝上断層によって西側に衝上し、上部マントルを含めて下半分は下降する。一方、東北日本弧側はデラミネーションした千島弧のなかに楔（ウェッジ）状に突入する。

以上から、日本海溝・千島海溝島弧会合部付近のプレート境界は複雑な形状を呈すると考えられる。

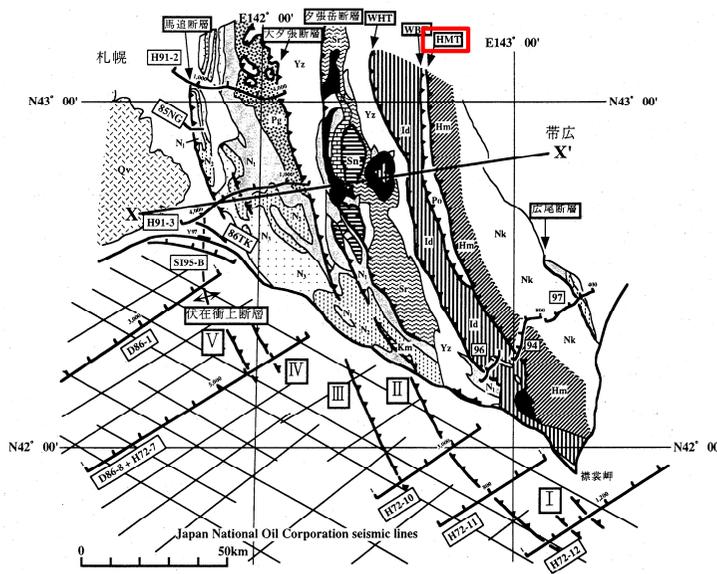


図1 日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地質概略と主な反射法地震探査測線図。X-X'は図2の断面位置を示す。伊藤ら(1999)を改変。  
 【地質】主として、地質調査所(1982, 1996)による。Nk: 中の川層群, Hm: 日高変成岩類(主帯), Po: ボロシリ・オフィオライト(西帯), Id: イドンナップ帯, Yz: 蝦夷層群, Sr: 空知層群, Km: 神威古潭変成岩類, Sn: 沙流川層一セウ層, Pg: 古第三系, N1~N3: 地質調査所(1982)と同じ。Qv: 第四紀火山岩類, HMT: 日高主衝上断層, WBT: 西縁衝上断層, WHT: 日高西部断層群  
 【測線】94・96・97: 日高深部構造反射法探査, 85NG・86TK: 浅野ら(1990), Y97: 佐藤ら(1998), その他の測線は石油公団(1973, 1987, 1993, 1996)。

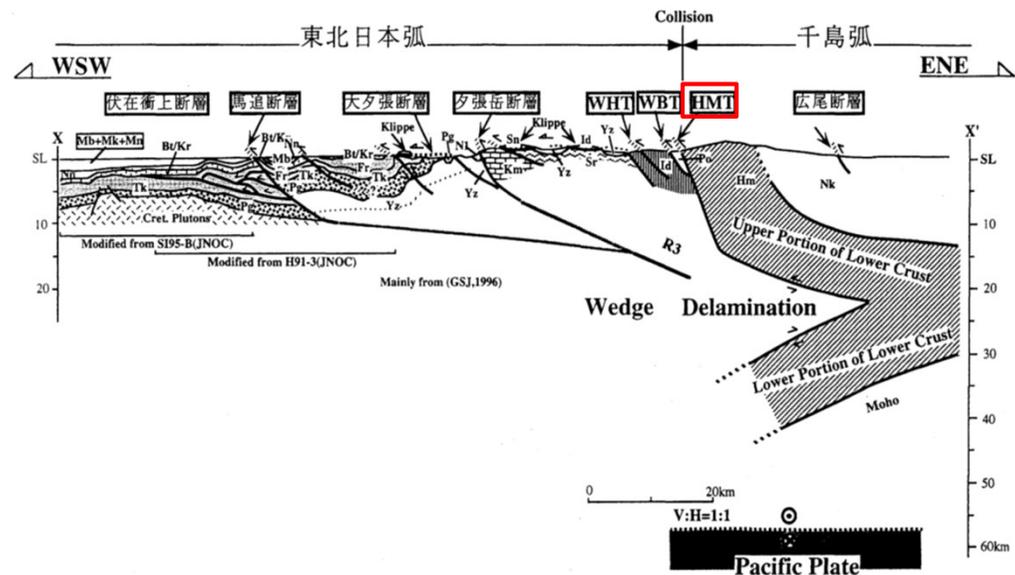


図2 日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地下構造断面図。断面線の位置は図1のX-X'。断面図下に主要な出典を示した。略称は図1と同じ。Ito et al. (1998) および伊藤ら(1999)を改変。  
 伊藤(2000)<sup>(59)</sup>に一部加筆

## 基準波源モデル①-1 (11/13) : 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性 (5/6)

### スロー地震活動域

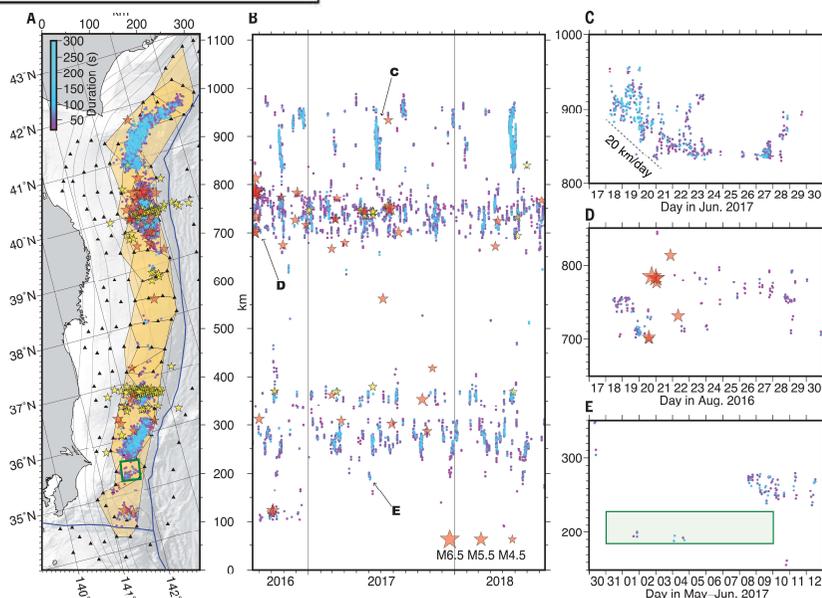
コメントNo.S5-43

- 防災科学技術研究所のS-netによる地震記録から日本海溝及び千島海溝（南部）沿いで発生している地震現象を整理し、島弧会合部付近における浅部領域（深さ約20km以浅）にスロー地震活動域が存在するとされている。

Nishikawa et al. (2019) <sup>(80)</sup>, Tanaka et al. (2019) <sup>(86)</sup> による

以上から、日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の浅部領域にスロー地震活動域が存在すると考えられる。

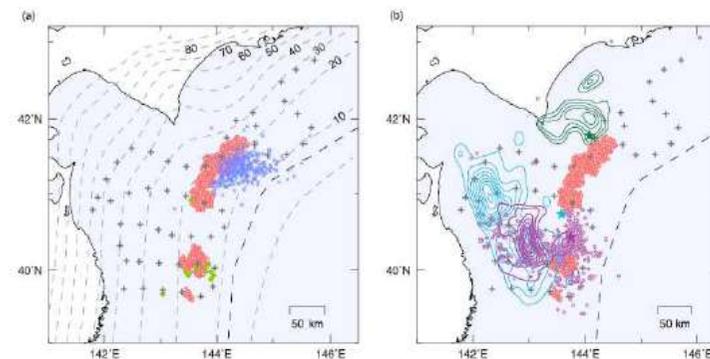
●～●: スロー地震発生位置  
☆: 超低周波地震, 地震 (M>4.5) 発生位置



**Fig. 1. Tremor activity in the Japan Trench.** (A) Epicenters of the tectonic tremors. Dots indicate the epicenters of the tremors, which are colored according to their duration (see the color scale). Yellow and red stars are VLFs and  $M > 4.5$  ordinary earthquakes, respectively, with the ordinary earthquake epicenters taken from the Japan Meteorological Agency (JMA) catalog. Black triangles are S-net observatories. The green square denotes the June 2017 SSE that was detected by our GNSS analysis.

The orange shaded polygons indicate the 18 overlapping subregions used for our tremor detection. The top of the Pacific Plate is indicated by the black contours at 10-km depth intervals. (B) Space-time distribution of the tectonic tremors. We used Japanese Standard Time (JST, UTC + 9 hours). The vertical lines indicate 1 January 2017 and 1 January 2018. (C to E) Enlarged views of (B). The green shaded region in (E) denotes the spatiotemporal extent of the June 2017 SSE.

○: テクニック微動活動発生位置  
◆, ×: 超低周波地震発生位置  
+: 観測機器設置位置  
—: 1968年十勝沖地震のアスぺリティ  
—: 1994年三陸沖地震のアスぺリティ  
○: 余震  
—: 2003年十勝沖地震のアスぺリティ  
☆: 各地震の震央



**Figure 3.** Locations of tremor sources determined in this study (red circles). (a) Comparison with locations of very low frequency earthquakes determined by an array signal processing method (blue crosses; Asano et al., 2008) and a cross-correlation analysis (light green diamonds; Matsuzawa et al., 2015) using land-based stations. Broken lines indicate contours of the depths to the plate interface at 10-km intervals defined by Kita et al. (2010) and Nakajima and Hasegawa (2006). (b) Comparison with the epicenters (stars) and slip distributions (contours) of the 1968 Tokachi-Oki (light blue; Yamanaka & Kikuchi, 2004), 1994 Sanriku-Oki (purple; Nagai et al., 2001), and 2003 Tokachi-Oki earthquakes (green; Yamanaka & Kikuchi, 2003). Purple circles denote 7-day aftershocks ( $M \geq 3.0$ ) of the 1994 Sanriku-Oki earthquake listed in the Japan Meteorological Agency earthquake catalog. Plus signs indicate the stations used in the analysis.

島弧会合部付近におけるスロー地震活動域と  
既往地震のアスぺリティ分布の比較  
Tanaka et al. (2019) <sup>(86)</sup>

日本海溝及び千島海溝（南部）のスロー地震活動  
Nishikawa et al. (2019) <sup>(80)</sup>

まとめ

コメントNo.S5-43

- 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性について検討した結果、日本海溝・千島海溝島弧会合部付近は、そのテクトニクス背景及び地震学的見地から、大すべりが発生するプレート境界の構造的特徴を有していないことから、3.11地震時に見られたような大すべりが発生する可能性は極めて低いと考えられる。

大きなすべりが生じる 3.11地震等のプレート境界の構造的特徴 (P. 2. 3. 1-74)	比較 	日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の テクトニクス背景及び地震学的見地
<ul style="list-style-type: none"> <li>付加体の幅が狭い。</li> </ul>	整合しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>付加体の幅が広い。(P. 2. 3. 1-70)</li> <li>襟裳岬沖に沈み込む海山が存在し、この海側で付加帯が形成される。(P. 2. 3. 1-75, P. 2. 3. 1-76)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>海溝軸付近には比較的高速度域の島弧地殻が分布する。</li> </ul>	整合しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>海溝軸付近の陸側のプレートには沈み込む海山の影響による低速度の島弧地殻が分布する。(P. 2. 3. 1-77)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>プレート境界が滑らかな形状を呈する。</li> </ul>	整合しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>プレート境界は複雑な形状を呈する。(P. 2. 3. 1-78)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>スロー地震活動が低調である。</li> </ul>	整合しない	<ul style="list-style-type: none"> <li>浅部領域にスロー地震活動域が存在する。(P. 2. 3. 1-79)</li> </ul>

基準波源モデル①-1 (13/13) : まとめ

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-58一部修正

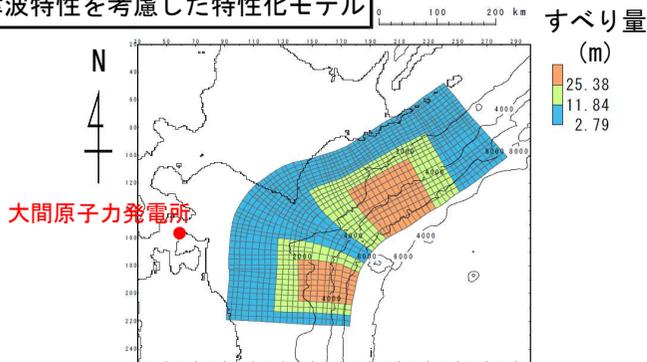
コメントNo.S5-43

- 基準波源モデル①-1は、岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル (P. 2. 3. 1-65参照) に対し、以下の保守性を考慮して設定する。
  - ✓ 日本海溝・千島海溝島弧会合部は、そのテクトニクスの背景及び地震学的見地から、3.11地震で見られた大きなすべりが発生する可能性は極めて低いと考えられるため超大すべり域は配置しないが、保守的観点から同領域に大すべり域を設定する。なお、この際、杉野ほか (2014) <sup>(43)</sup>の面積比率を保持する位置に超大すべり域及び大すべり域を移動させた。

基準波源モデル①-1のパラメータ

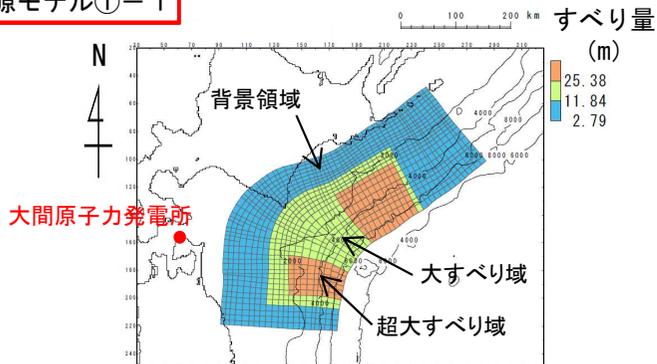
項目	基準波源モデル①-1 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考 【設計値】
モーメントマグニチュード Mw	9.06	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	9.05
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) <sup>(42), (41)</sup>	—
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.26	杉野ほか (2014) <sup>(43)</sup> (設計値3.1MPa)	3.1
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) <sup>(3)</sup>	—
地震モーメント Mo (N・m)	$4.92 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$4.67 \times 10^{22}$
平均すべり量 D (m)	8.90	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	8.46
すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (63,895km <sup>2</sup> , 57.8%)	2.79 (66,283km <sup>2</sup> , 60%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (27,829km <sup>2</sup> , 25.2%)	11.84 (27,618km <sup>2</sup> , 25%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (18,748km <sup>2</sup> , 17.0%)	25.38 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) <sup>(47)</sup>	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) <sup>(44)</sup>	—

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル



保守性を考慮

基準波源モデル①-1

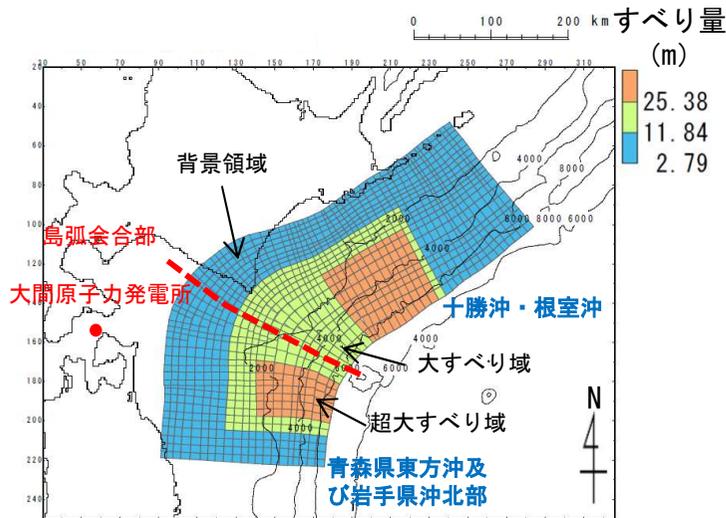




## 基準波源モデル①-1 : まとめ (補足)

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-59一部修正

基準波源モデル①-1の詳細パラメータ



基準波源モデル①-1

		基準波源モデル①-1 【モデル化後の値】	備考 【設計値】	
モーメントマグニチュード Mw		9.06	9.05	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.26	3.1	
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )		$5.0 \times 10^{10}$	—	
地震モーメント $M_0$ (N・m)		$4.92 \times 10^{22}$	$4.67 \times 10^{22}$	
平均すべり量 D (m)		8.90	8.46	
波源全体	面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	—	
	すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (63,895km <sup>2</sup> , 57.8%)	2.79 (66,283km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (27,829km <sup>2</sup> , 25.2%)	11.84 (27,618km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (18,748km <sup>2</sup> , 17.0%)	25.38 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)
青森県東方沖及び岩手県沖北部	面積 S (km <sup>2</sup> )	40,959	—	
	すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (23,789km <sup>2</sup> , 58.1%)	2.79 (24,575km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (10,531km <sup>2</sup> , 25.7%)	11.84 (10,240km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (6,639km <sup>2</sup> , 16.2%)	25.38 (6,144km <sup>2</sup> , 15%)
十勝沖・根室沖	面積 S (km <sup>2</sup> )	69,513	—	
	すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (40,106km <sup>2</sup> , 57.7%)	2.79 (41,708km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (17,298km <sup>2</sup> , 24.9%)	11.84 (17,378km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (12,109km <sup>2</sup> , 17.4%)	25.38 (10,427km <sup>2</sup> , 15%)

注：各領域における面積比率はその領域面積に対する比率を記載

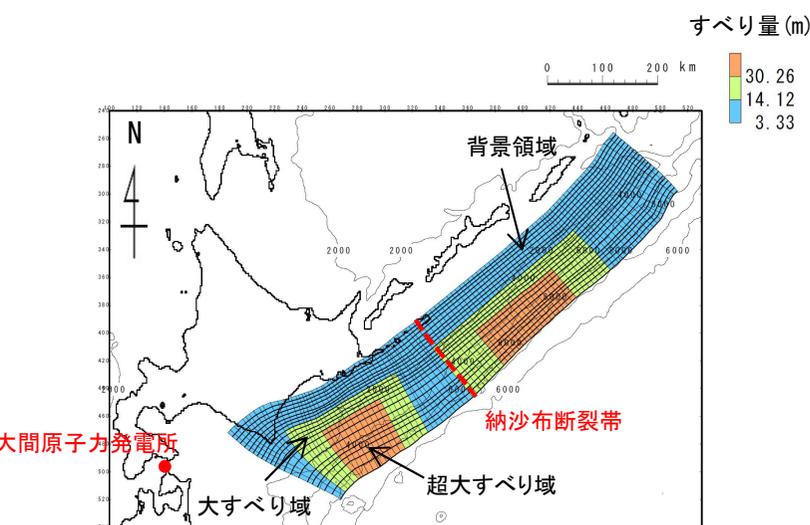
## 基準波源モデル①-2

### 設定方針

- 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した基準波源モデルとして基準波源モデル①-2を設定する。
- 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは、既に色丹島沖及び択捉島沖の西端に大すべり域を配置し保守性を考慮済みであるため、十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルを基準波源モデル①-2とする。

基準波源モデル①-2のパラメータ

項目	基準波源モデル①-2 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考 【設計値】
モーメントマグニチュード $M_w$	9.21	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	9.20
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) (42), (41)	—
断層面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	157,100	十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.19	杉野ほか (2014) (43) (設計値3.1MPa)	3.1
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) (3)	—
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$8.15 \times 10^{22}$	$M_0 = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$7.92 \times 10^{22}$
平均すべり量 $D$ (m)	10.38	$D = M_0 / (\mu \cdot S)$	10.09
すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (92,651km <sup>2</sup> , 59.0%)	3.33 (94,260km <sup>2</sup> , 60%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (38,911km <sup>2</sup> , 24.8%)	14.12 (39,275km <sup>2</sup> , 25%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (25,538km <sup>2</sup> , 16.2%)	30.26 (23,565km <sup>2</sup> , 15%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) (47)	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) (44)	—

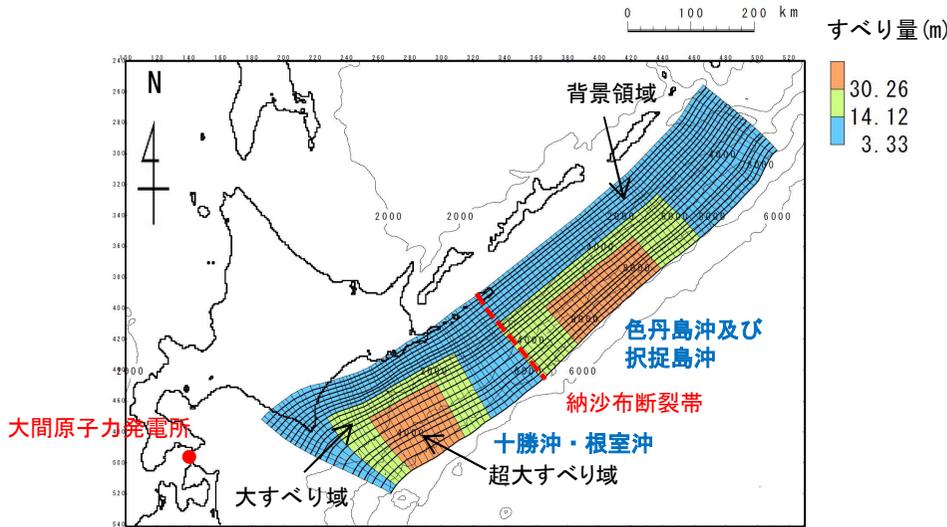


基準波源モデル①-2  
(十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル)



## 基準波源モデル①-2 (補足)

基準波源モデル①-2の詳細パラメータ



基準波源モデル①-2

		基準波源モデル①-2 【モデル化後の値】	備考 【設計値】	
モーメントマグニチュード $M_w$		9.21	9.20	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.19	3.1	
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )		$5.0 \times 10^{10}$	—	
地震モーメント $M_0$ (N·m)		$8.15 \times 10^{22}$	$7.92 \times 10^{22}$	
平均すべり量 $D$ (m)		10.38	10.09	
波源全体	面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	157,100	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (92,651km <sup>2</sup> , 59.0%)	3.33 (94,260km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (38,911km <sup>2</sup> , 24.8%)	14.12 (39,275km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (25,538km <sup>2</sup> , 16.2%)	30.26 (23,565km <sup>2</sup> , 15%)
十勝沖・根室沖	面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	69,513	69,513	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (40,592km <sup>2</sup> , 58.4%)	3.33 (41,708km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (16,812km <sup>2</sup> , 24.2%)	14.12 (17,378km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (12,109km <sup>2</sup> , 17.4%)	30.26 (10,427km <sup>2</sup> , 15%)
色丹島沖及び 択捉島沖	面積 $S$ (km <sup>2</sup> )	87,587	87,587	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (52,059km <sup>2</sup> , 59.5%)	3.33 (52,552km <sup>2</sup> , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (22,099km <sup>2</sup> , 25.2%)	14.12 (21,897km <sup>2</sup> , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (13,429km <sup>2</sup> , 15.3%)	30.26 (13,138km <sup>2</sup> , 15%)

注：各領域における面積比率はその領域面積に対する比率を記載

## 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルの設定 (1/4)

コメントNo.S5-43

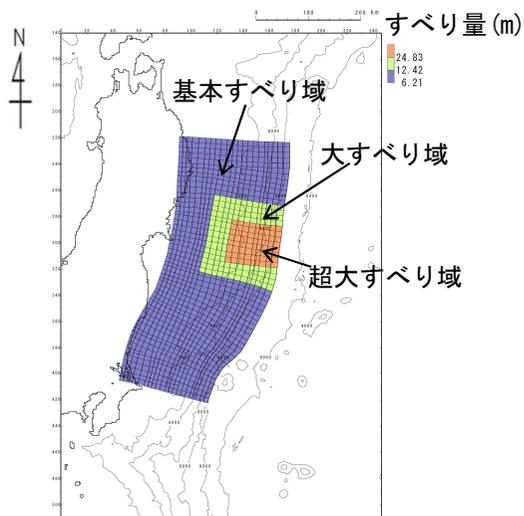
### 設定方針

- 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※から得られた知見, 及び3.11地震における大すべりの発生形態から得られた知見 (=広域の津波特性を考慮した特性化モデルと共通) (P.2.3.1-59参照) を踏まえ, 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルを設定する。
- なお, 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ, 保守性を確保する観点から, 最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりを考慮して特性化モデルを設定する。

### 【3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルから得られた知見】

- 大すべり域・超大すべり域のすべり量等: 内閣府 (2012) (44) に示されるすべり量, 面積比率を踏まえて設定する。
  - ✓ 大すべり域: 津波断層の基本すべり量の2倍, 全体面積の20%程度 (超大すべり域を含む)
  - ✓ 超大すべり域: 津波断層の基本すべり量の4倍, 全体面積の5%程度
- 大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整方法: 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現するためには, 波源領域全体でMwを調整する必要がある。

### 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのパラメータ



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル

		宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化波源モデル【モデル化後の値】	備考【設計値】
モーメントマグニチュード <sup>*</sup> Mw		9.04	9.02
面積 S (km <sup>2</sup> )		107,357	—
平均応力降下量 Δσ (MPa)		3.13	3
剛性率 μ (N/m <sup>2</sup> )		5.0 × 10 <sup>10</sup>	—
地震モーメント Mo (N・m)		4.52 × 10 <sup>22</sup>	4.33 × 10 <sup>22</sup>
平均すべり量 D (m)		8.43	8.07
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	6.21 (85,165km <sup>2</sup> , 79.3%)	6.21 (85,885km <sup>2</sup> , 80%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	12.42 (14,114km <sup>2</sup> , 13.2%)	12.42 (16,104km <sup>2</sup> , 15%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	24.83 (8,078km <sup>2</sup> , 7.5%)	24.83 (5,368km <sup>2</sup> , 5%)
ライズタイム τ (s)		60	—

※補足説明資料「4-1. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認」参照

### 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルの設定（2/4）

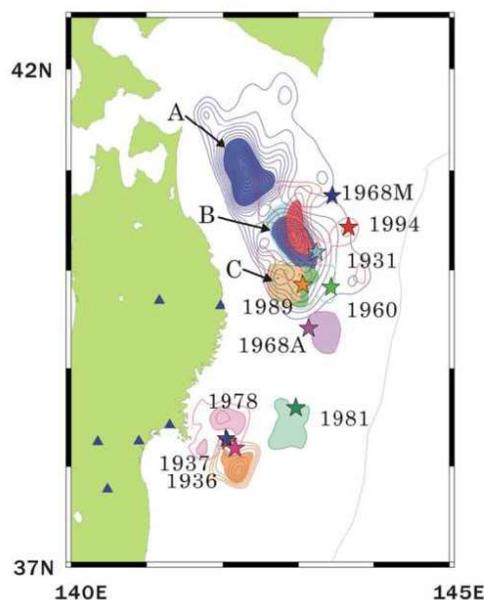
コメントNo.S5-43

#### 大すべり域・超大すべり域の位置

（基準波源モデル①-1のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通）

- アスペリティ分布の解析から、青森県東方沖及び岩手県沖北部のアスペリティ（下図：AとB）のうち、1968年の地震と1994年の地震の共通アスペリティ（下図：B）のカップリング率はほぼ100%であるとされている。また、個々のアスペリティが単独で動けばM7クラスの地震（=1994年）を、連動するとM8クラスの地震（=1968年）を引き起こすとされている。  
Yamanaka and Kikuchi (2004)<sup>(48)</sup>, 永井ほか (2001)<sup>(49)</sup>による

以上の地震学的見地を踏まえ、大すべり域・超大すべり域を配置する。



青森県東方沖及び岩手県沖北部における  
アスペリティの活動パターンと地震規模の関係  
Yamanaka and Kikuchi (2004)<sup>(48)</sup>, 永井ほか (2001)<sup>(49)</sup>

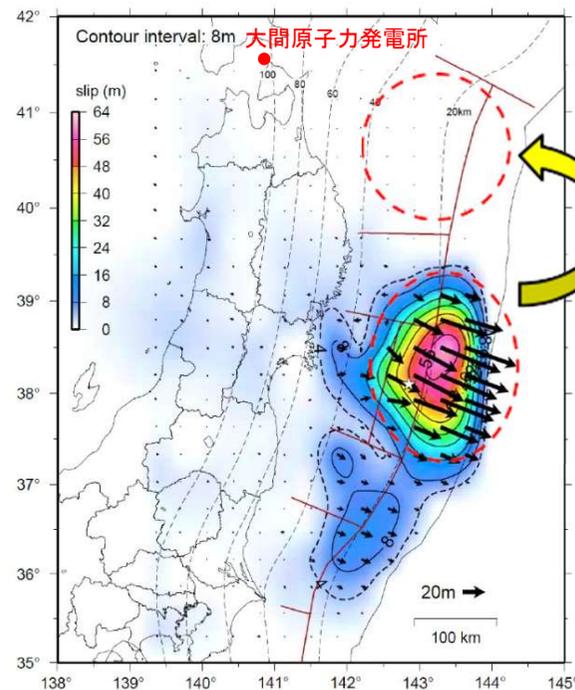
## 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルの設定 (3/4)

コメントNo.S5-43

## 大すべり域・超大すべり域のすべり量

(基準波源モデル①-1のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通) (P. 2. 3. 1-63再掲)

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部については、1968年十勝沖地震に伴うすべり量 (7 m~9 m程度) が最大規模と評価される (P. 2. 3. 1-15, P. 2. 3. 1-16参照)。
- しかし、津軽海峡開口部前面とほぼ正対する青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は、発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ、保守性確保の観点から最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりとして、3.11地震時における宮城県沖のすべり量と同規模のすべり量を考慮する。



3.11地震における宮城県沖のすべりと同規模のすべり量考慮

星印は本震の震央、点線はプレート境界面の深さ、ベクトル(→)は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

3.11地震時のすべり分布  
地震調査研究推進本部 (2012) <sup>(46)</sup> に一部加筆

大すべり域・超大すべり域の設定 (概念)

## 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルの設定 (4/4)

コメントNo.S5-43

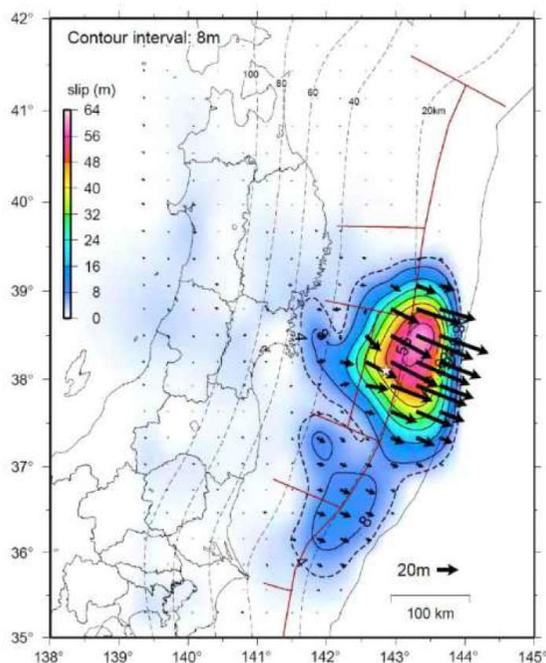
### 大すべり域・超大すべり域のすべり量分布

(基準波源モデル①-1のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通)

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部で発生している既往地震の震源深さ(約20km)は、3.11地震時に宮城県沖の浅部領域をオーバーシュートさせた(破壊の起点となった)震源深さと同程度である。

地震調査研究推進本部(2012)<sup>(46)</sup>, Yamanaka and Kikuchi(2004)<sup>(48)</sup>による

以上から、3.11地震における宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量分布を設定する。



星印は本震の震央、点線はプレート境界面の深さ、ベクトル(→)は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

3.11地震時の震源位置とすべり分布  
地震調査研究推進本部(2012)<sup>(46)</sup>

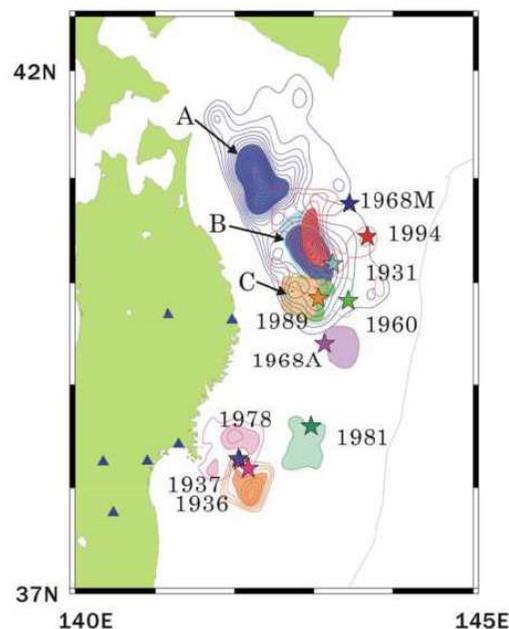


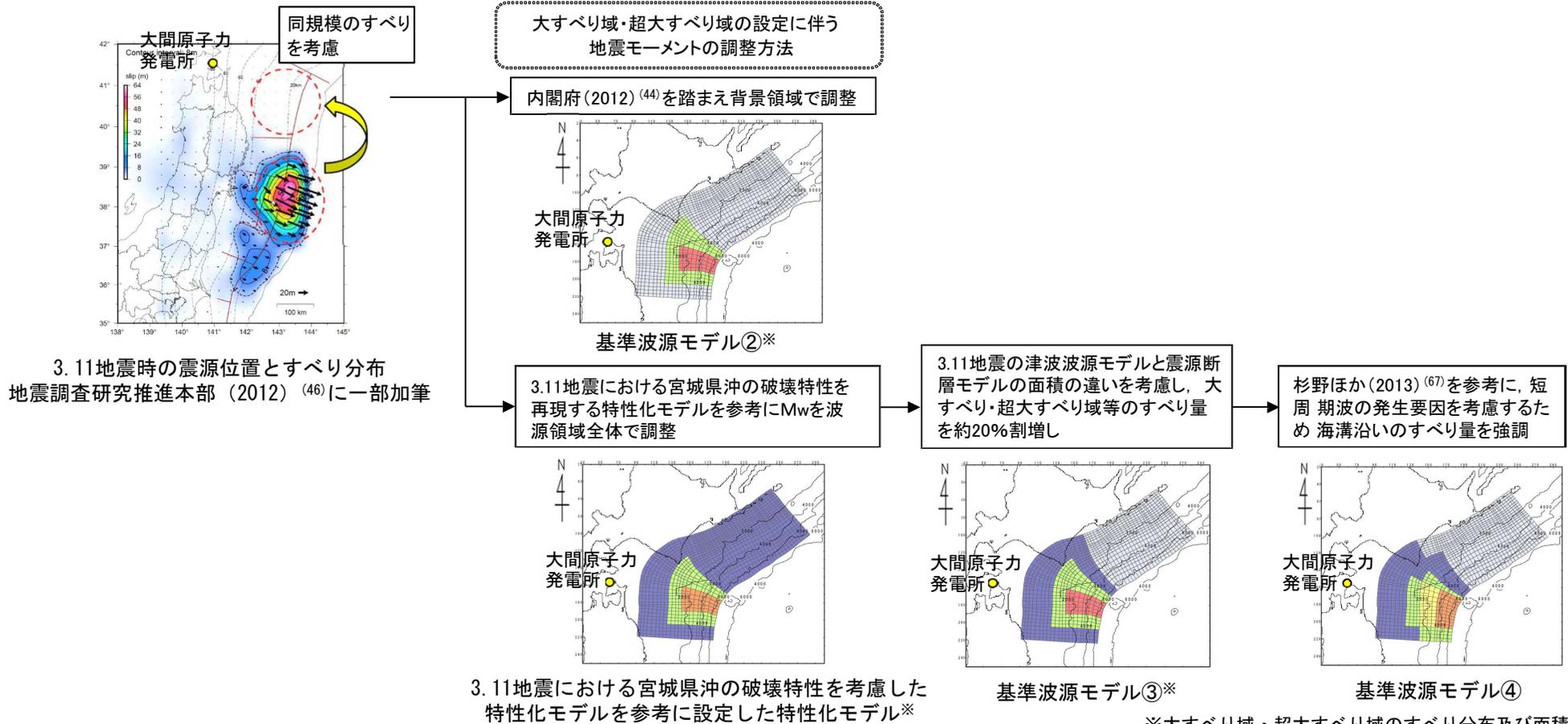
Figure 6. Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan. Stars show the main shock epicenters. Contour lines show the moment release distribution. The interval of the contour lines is 0.5 m. Each earthquake is distinguished by color. We painted the area within the value of half the maximum slip as an asperity.

青森県東方沖及び岩手県沖北部における  
アスペリティ分布, 既往地震の震源  
Yamanaka and Kikuchi(2004)<sup>(48)</sup>

## 基準波源モデル②, ③, ④ (1/3)

### 設定概要

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルとして、青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ、最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりを考慮する。基準波源モデルは、大すべり域・超大すべり域のすべり量、すべり分布が異なる複数の波源モデルを設定することとし、内閣府(2012)<sup>(44)</sup>の知見を踏まえた基準波源モデル②、3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現する特性化モデルを参考に設定した特性化モデルを基に、すべり量を約20%割増した基準波源モデル③及び杉野ほか(2013)<sup>(67)</sup>を参考に、短周期の波の発生要因を考慮した基準波源モデル④を設定した。
- なお、岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の各基準波源モデルの超大すべり域の位置は、アスペリティ分布及び1968年の地震の震源位置を踏まえて設定した(基準波源モデル①-1と同様)。



基準波源モデル②, ③, ④ (2/3)

平均応力降下量 (1/2)

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-32一部修正

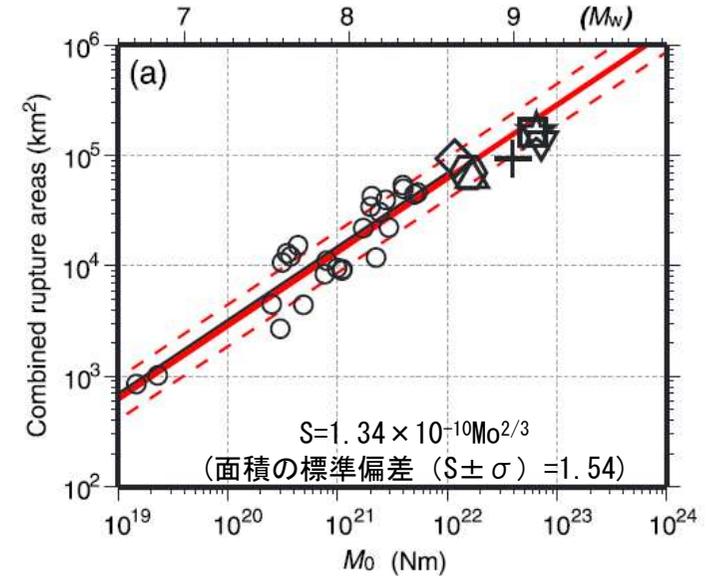
津波観測データを用いた解析による平均応力降下量の整理

Earthquake	Reference	data	Mo (N m)	Mw	S (km <sup>2</sup> )	σ (MPa)	log <sub>10</sub> (Δσ)	地震別中央値
2003 Tokachi-oki	Tanioka et al. (2004)	Tu	1.00E+21	8	9600	2.6	0.41	0.41
1946 Nankai	Satake (1993)	Tu, G	3.90E+21	8.3	59400	0.7	-0.15	-0.05
	Kato and Ando (1997)	Tu, G	4.00E+21	8.3	54000	0.8	-0.10	
	Tanioka and Satake (2001a)	Tu	5.30E+21	8.4	52650	1.1	0.04	
	Baba et al. (2002)	Tu	4.90E+21	8.4	52650	1	0.00	
1944 Tonankai	Satake (1993)	Tu, G	2.00E+21	8.1	48600	0.5	-0.30	-0.22
	Kato and Ando (1997)	Tu, G	2.80E+21	8.2	43200	0.8	-0.10	
	Tanioka and Satake (2001b)	Tu	2.00E+21	8.1	42525	0.6	-0.22	
東北地方太平洋沖地震	内閣府	Tsunami+GPS	4.21E+22	9.0	1.20E+05	2.5	0.39	0.39
2010年チリ地震	Lorito et al.(2011)	GPS+Tsunami+InSAR	1.55E+22	8.8	130000	0.8	-0.08	-0.08
2004年スマトラ地震	Lorito et al.(2010)	GPS+Tsunami+衛星	6.63E+22	9.15	315000	0.9	-0.03	0.07
	Fujii and Satake	Tsunami+衛星	6.00E+22	9.12	220000	1.5	0.16	

Mo: 地震モーメント, Mw: モーメントマグニチュード, S: 断層面積, σ: 応力降下量

中央値の平均値	0.09
log(Δσ)	1.2
Δσ	
+標準偏差	2.2

内閣府 (2012) (44) に一部加筆



破壊領域 (S) と Mo の関係  
Murotani et al. (2013) (87) に一部加筆

平均応力降下量 Δσ = 1.57 MPa  
S + σ 時の平均応力降下量 Δσ = 0.82 MPa  
S - σ 時の平均応力降下量 Δσ = 3.00 MPa

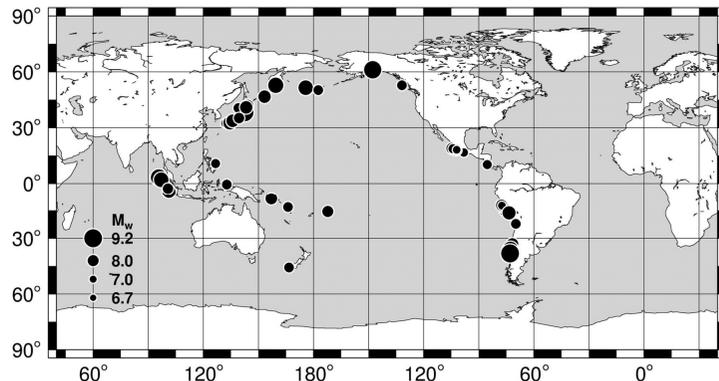
- 内閣府 (2012) (44) では、「巨大地震の津波断層モデルの平均応力降下量の平均値は1.2MPaであり、平均値に標準偏差を加えた値は2.2MPaであること等を踏まえ保守的に、南海トラフにおける巨大地震の津波断層モデルで用いる平均応力降下量として3.0MPa」を採用されている。
- Murotani et al. (2013) (87) による日本付近で発生したM7~8クラスの11個のプレート境界地震及び7つの巨大地震※1の津波断層モデルを説明するスケーリング則において、円形破壊面を仮定したスケーリング則※2から、S-Moの関係式の平均応力降下量 Δσ を算定すると1.57MPaであり、面積の標準偏差 (S ± σ) を考慮すると、平均応力降下量 Δσ は最大で3.0MPa程度となる。

※1: 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・アリューシャン地震, 1960年チリ地震, 1957年アリューシャン地震, 1952年カムチャツカ地震

※2:  $Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$

基準波源モデル②, ③, ④ (3/3)

平均応力降下量 (2/2)



分析に使用した地震の発生位置

導出した回帰係数及び既往文献との比較

Table 3

Self-Similar Scaling Relations, Regression Coefficients, and Standard Deviations

	$M_0$ -Rupture Area ( $S$ )		$M_0$ -Average Slip ( $D$ )		$M_0$ -Total Asperity Area ( $S_a$ )		$S - S_a$		$M_0 - D_{max}$	
	$c_2$	$\sigma$	$c_1$	$\sigma$	$c_2$	$\sigma$	$C_1$	$\sigma$	$c_2$	$\sigma$
Present study	$1.77 \times 10^{-10}$	1.498	$1.23 \times 10^{-07}$	1.527	$4.16 \times 10^{-11}$	1.613	0.24	1.40	$5.00 \times 10^{-07}$	1.508
Murotani et al. (2013)	$1.34 \times 10^{-10}$	1.540	$1.66 \times 10^{-07}$	1.640	$2.81 \times 10^{-11}$	1.720	0.20	1.41	—	—
Murotani et al. (2008)	$1.48 \times 10^{-10}$	1.610	$1.48 \times 10^{-07}$	1.720	$2.89 \times 10^{-11}$	1.780	0.20	1.41	—	—
Somerville et al. (2002)	$2.41 \times 10^{-10}$	—	$1.14 \times 10^{-07}$	—	$5.62 \times 10^{-11}$	—	0.25	—	—	—

The equations used in the regressions are  $\log(D) = \log(c_1) + \frac{1}{3}\log(M_0)$ ,  $\log(S) = \log(c_2) + \frac{2}{3}\log(M_0)$ .

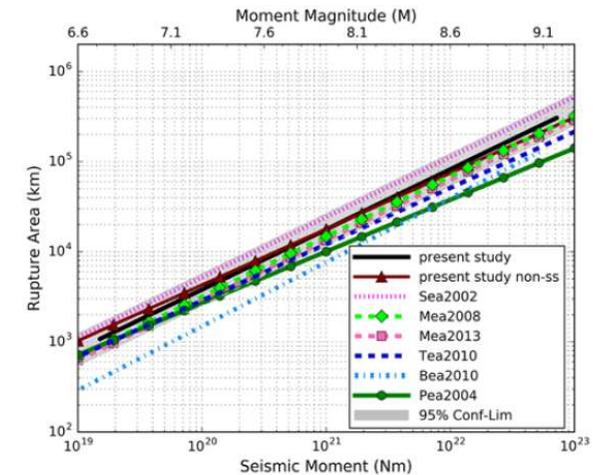


Figure 6. Scaling relations of the rupture area from various studies with respect to seismic moment (Sea2002, Somerville et al., 2002; Mea2013, Murotani et al., 2013; Mea2008, Murotani et al., 2008; Tea2010, Strasser et al., 2010; Bea2010, Blaser et al., 2010; and Pea2004, Papazachos et al., 2004). The shaded area indicates the  $\pm 1$  standard deviation limits of this study's self-similar model. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

破壊領域 ( $S$ ) と  $M_0$  の関係

Skarlatoudis et al. (2016) (88)

平均応力降下量  $\Delta\sigma = 1.03\text{MPa}$   
 $S + \sigma$  時の平均応力降下量  $\Delta\sigma = 0.56\text{MPa}$   
 $S - \sigma$  時の平均応力降下量  $\Delta\sigma = 1.90\text{MPa}$

- Skarlatoudis et al. (2016) (88) では、世界の沈み込み帯で発生したプレート間地震44個 (Mw6.75-9.1) の不均質断層モデルを分析し、地震動及び津波の予測に用いるためのスケーリング関係を導出されている。
- ここで得られた  $S - M_0$  関係に円形破壊面を仮定したスケーリング則\*を適用すると、面積の標準偏差 ( $\pm\sigma$ ) の範囲で、平均応力降下量  $\Delta\sigma$  は最大で1.9MPa程度となり、Murotani et al. (2013) (87) で求められた応力降下量より小さい (P. 2.3.1-90 参照)。

前ページ及び以上から、平均応力降下量は、保守的設定として3.0MPaに設定した。

\* $M_0 = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$



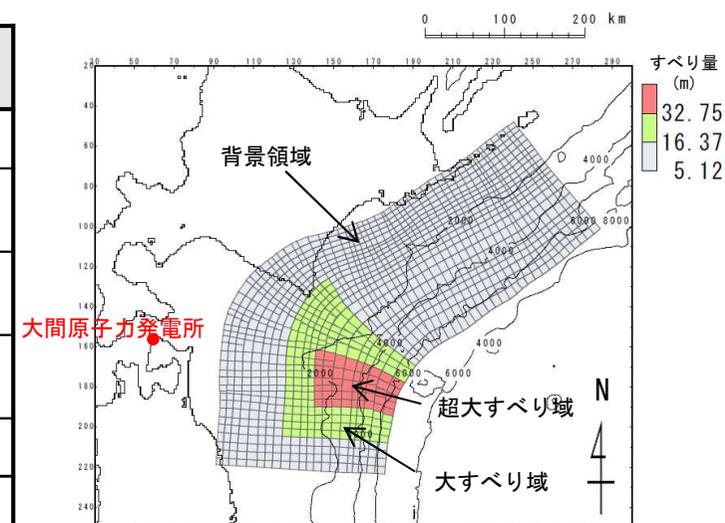
## 基準波源モデル②

第627回審査会合  
資料1-1 P.159一部修正

- 基準波源モデル②は、最新の科学的・技術的知見から想定されるすべり量を上回る規模のすべり量を考慮することとし、大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整は、内閣府(2012)<sup>(44)</sup>を踏まえ、背景領域で実施して設定する。

基準波源モデル②のパラメータ

項目	基準波源モデル② 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考 【設計値】
モーメントマグニチュード Mw	9.04	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	9.04
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部(2017, 2019) <sup>(42), (41)</sup>	—
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.07	内閣府(2012) <sup>(44)</sup> 等 (設計値3MPa)	3
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会(2016) <sup>(3)</sup> 等	—
地震モーメント Mo (N・m)	$4.62 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$4.52 \times 10^{22}$
平均すべり量 D (m)	8.37	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	8.19
すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	5.12 (87,732km <sup>2</sup> , 79.4%)	5.12 (88,377km <sup>2</sup> , 80%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	16.37 (16,438km <sup>2</sup> , 14.9%)	16.37 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	32.75 (6,302km <sup>2</sup> , 5.7%)	32.75 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議(2006) <sup>(47)</sup>	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府(2012) <sup>(44)</sup>	—



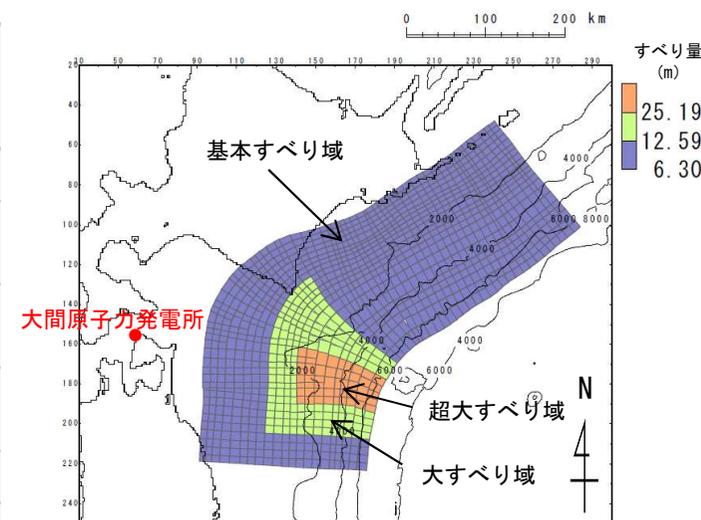
基準波源モデル②

## 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

- 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデルは、最新の科学的・技術的知見から想定されるすべり量を上回る規模のすべり量を考慮することとし、大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整は、3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に波源領域全体で実施して設定する。

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した  
特性化モデルを参考に設定した特性化モデルのパラメータ

項目	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現する特性化モデルを参考に設定した特性化モデル【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考【設計値】
モーメントマグニチュード Mw	9.04	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	9.04
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) (42), (41)	—
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.05	内閣府 (2012) (44)等 (設計値 3 MPa)	3
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) (3)等	—
地震モーメント Mo (N・m)	$4.59 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$4.52 \times 10^{22}$
平均すべり量 D (m)	8.31	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	6.30 (88,377km <sup>2</sup> , 80%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)		12.59 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)		25.19 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) (47)	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) (44)	—



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

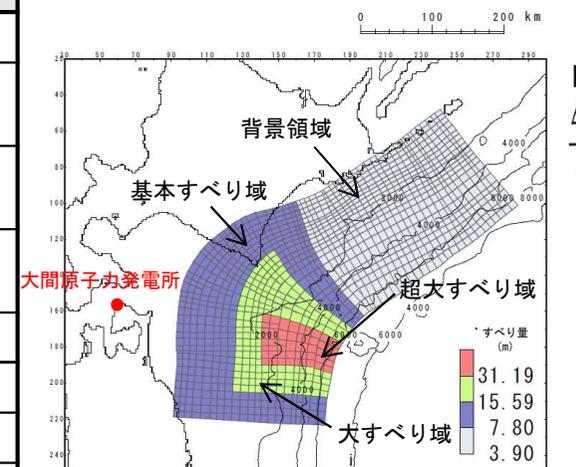
第627回審査会合  
資料1-1 P.158一部修正

## 基準波源モデル③ (1/2)

・ 基準波源モデル③は、3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル (P.2.3.1-93) に対し、すべりの不確かさを踏まえ、より保守側の設定として大すべり域・超大すべり域等のすべり量が約20%割増し (P.2.3.1-95参照) になるように、背景的領域にすべり量が小さな領域として、基本すべり域のすべり量の半分のすべり量を全体面積の50%に対して考慮し設定する。

基準波源モデル③のパラメータ

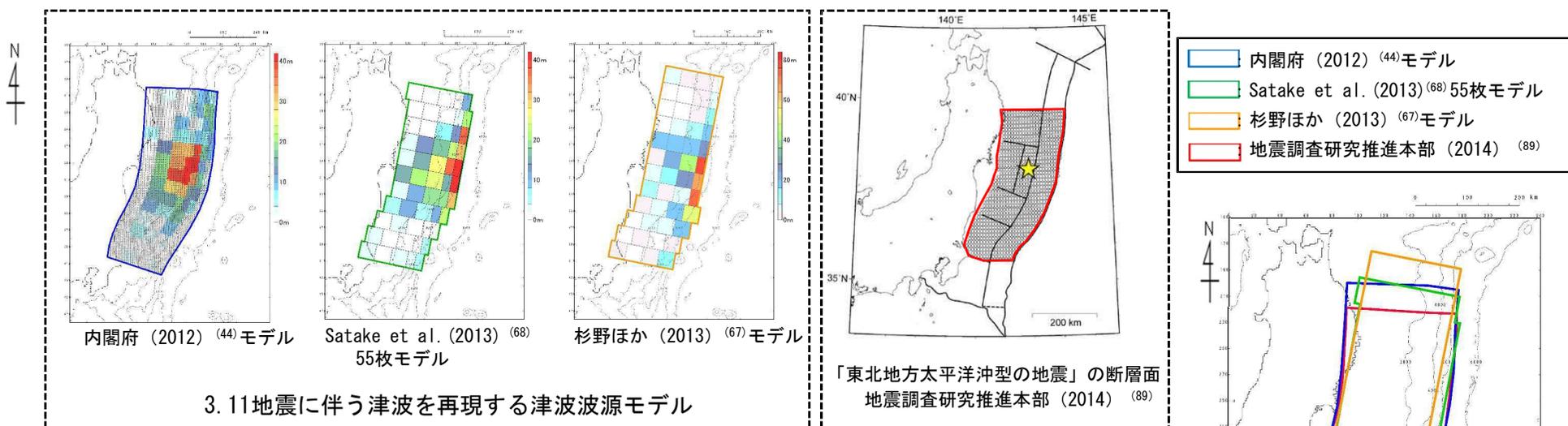
項目	基準波源モデル③ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考 【設計値】
モーメントマグニチュード Mw	9.05	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	9.04
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) (42), (41)	—
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.14	内閣府 (2012) (44)等 (設計値 3 MPa)	3
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) (3)等	—
地震モーメント Mo (N・m)	$4.73 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$4.52 \times 10^{22}$
平均すべり量 D (m)	8.57	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域 (m) (全体面積の30%)	7.80 (38,853km <sup>2</sup> , 35.2%)	7.80 (33,141km <sup>2</sup> , 30%)
	背景領域 (m) (基本すべり域のすべり量の0.5倍, 全体面積の50%程度)	3.90 (48,879km <sup>2</sup> , 44.2%)	3.90 (55,236km <sup>2</sup> , 50%)
	大すべり域 (m) (基本すべり域のすべり量の2倍, 全体面積の15%程度)	15.59 (16,438km <sup>2</sup> , 14.9%)	15.59 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)
	超大すべり域 (m) (基本すべり域のすべり量の4倍, 全体面積の5%程度)	31.19 (6,302km <sup>2</sup> , 5.7%)	31.19 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) (47)	—
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) (44)	—



基準波源モデル③

## 基準波源モデル③ (2/2) : すべり量の割増しに係る3.11地震・津波の知見

- 3.11地震に伴う津波を広域に再現するモデルの断層面積は、地震調査研究推進本部 (2014) (89) が評価した「東北地方太平洋沖型の地震」の断層面積と比較して約10%~20%大きい。
- 断層面積の違いは、発電所の津波高さに大きな影響を与える大すべり域・超大すべり域等のすべり量の算定に直接的に関係することを踏まえ、3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデルの大すべり域・超大すべり域等のすべり量を約20%割増しする。



3.11地震・津波特性を再現する断層モデルのモーメントマグニチュード及び面積

モデル	Mw	断層面積
内閣府(2012) <sup>(44)</sup> モデル	9.0	119,974(km <sup>2</sup> )
Satake et al.(2013) <sup>(68)</sup> 55枚モデル	9.0	110,000(km <sup>2</sup> )
杉野ほか(2013) <sup>(67)</sup> モデル	9.1	112,000(km <sup>2</sup> )
地震調査研究推進本部(2014) <sup>(89)</sup>	9.0	約10万(km <sup>2</sup> )



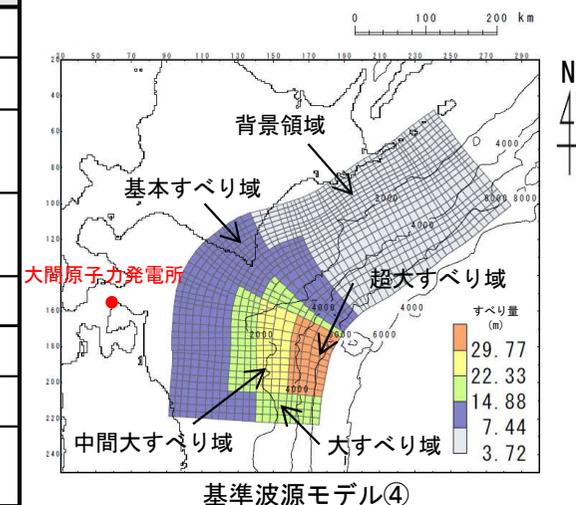
## 基準波源モデル④ (1/2)

第627回審査会合  
資料1-1 P.158一部修正

・ 基準波源モデル④は、基準波源モデル③ (P. 2. 3. 1-94) に対し、海底地すべりや分岐断層の影響 (P. 2. 3. 1-97参照) を考慮して設定した。

基準波源モデル④のパラメータ

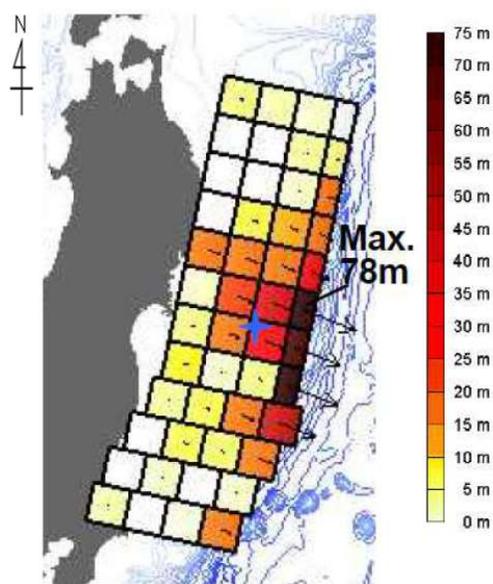
項目	基準波源モデル④ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備考 【設計値】	
モーメントマグニチュード Mw	9.04	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	9.04	
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) (42), (41)	—	
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.08	内閣府 (2012) (44) 等 (設計値 3 MPa)	3	
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) (3) 等	—	
地震モーメント Mo (N・m)	$4.65 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	$4.52 \times 10^{22}$	
平均すべり量 D (m)	8.42	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	8.19	
すべり量	基本すべり域 (m) (全体面積の30%)	7.44 (35,022km <sup>2</sup> , 31.7%)	基準波源モデル③に対し、海底地すべりや分岐断層の影響を考慮し、浅部海溝軸沿いに超大すべり域を配置。また、超大すべり域と大すべり域の間に中間大すべり域を配置。	7.44 (33,141km <sup>2</sup> , 30%)
	背景領域 (m) (基本すべり域のすべり量の0.5倍、全体面積の50%程度)	3.72 (52,259km <sup>2</sup> , 47.3%)		3.72 (55,236km <sup>2</sup> , 50%)
	大すべり域 (m) (基本すべり域のすべり量の2倍、全体面積の10%程度)	14.88 (11,477km <sup>2</sup> , 10.4%)		14.88 (11,047km <sup>2</sup> , 10%)
	中間大すべり域 (m) (基本すべり域のすべり量の3倍、全体面積の5%程度)	22.33 (6,018km <sup>2</sup> , 5.4%)		22.33 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)
	超大すべり域 (m) (基本すべり域のすべり量の4倍、全体面積の5%程度)	29.77 (5,696km <sup>2</sup> , 5.2%)		29.77 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) (47)	—	
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) (44)	—	



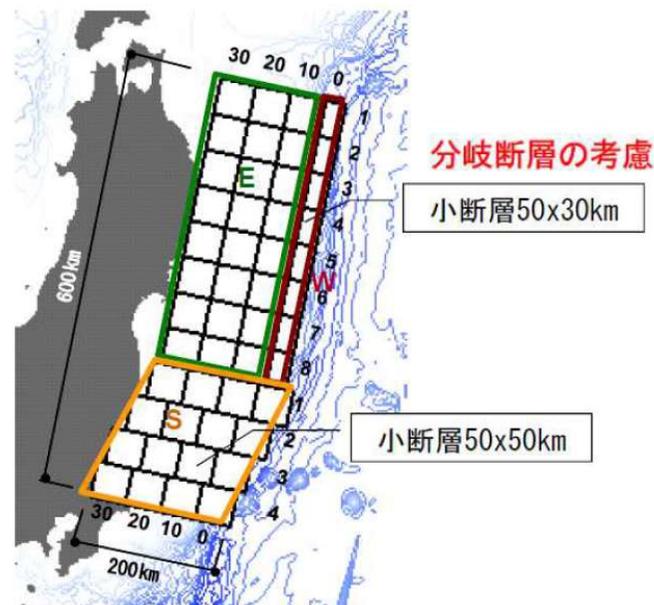
## 特性化モデル④ (2/2) : 3.11地震から得られた知見の反映

- 杉野ほか (2013) <sup>(67)</sup> では, 3.11地震に伴う津波の沖合い観測波形に見られた短周期と長周期の異なる性質の波の発生要因を分岐断層の活動によるものと仮定して, 浅部海溝軸沿いに分岐断層を考慮する大きなすべり領域を配置した津波波源モデルを設定している\*。

※「ただし, 最新の調査によるとこの部分ではプレート境界が滑ったとする報告があり, 分岐断層によるものではない可能性もあることを付け加えておく。」とも記載されている。



☆:震央  
すべり量分布 (合計)

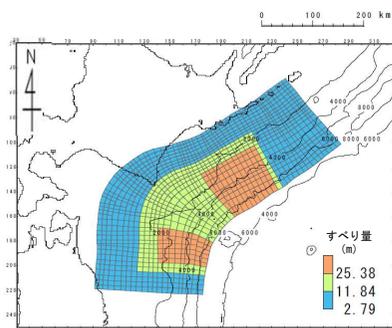


津波波源モデルの小断層の配置

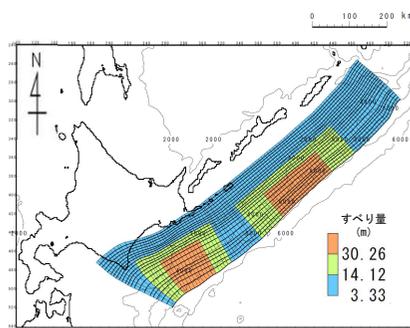
杉野ほか (2013) <sup>(67)</sup> モデル

## 3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル

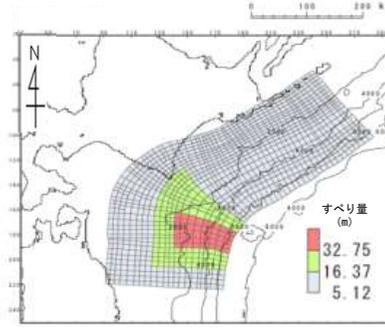
・ 設定した3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル（基準波源モデル①～④）は以下のとおり。



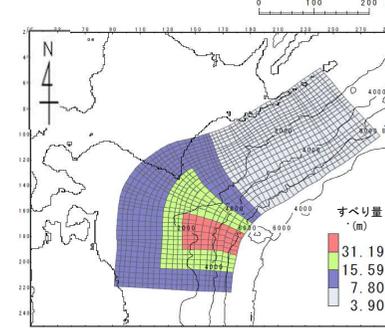
基準波源モデル①-1



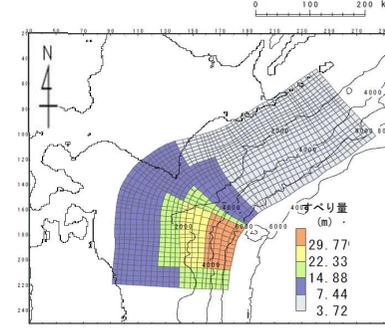
基準波源モデル①-2



基準波源モデル②



基準波源モデル③



基準波源モデル④

基準波源モデル①～④のパラメータ

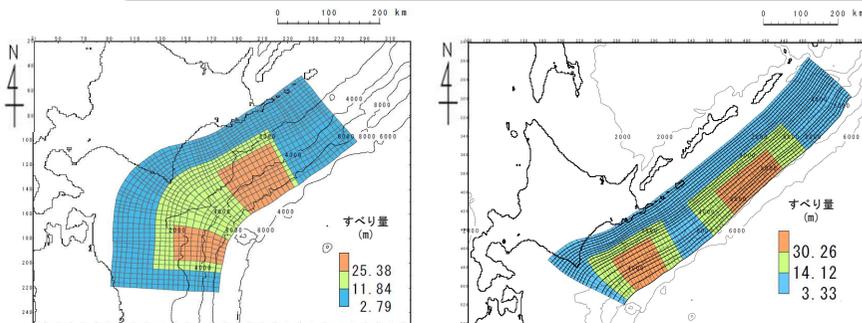
諸元	基準波源モデル①-1	基準波源モデル①-2	基準波源モデル②	基準波源モデル③	基準波源モデル④		
モーメントマグニチュード (Mw)	9.06	9.21	9.04	9.05	9.04		
断層面積 (S)	110,472 (km <sup>2</sup> )	157,100 (km <sup>2</sup> )	110,472 (km <sup>2</sup> )	110,472 (km <sup>2</sup> )	110,472 (km <sup>2</sup> )		
平均応力降下量 ( $\Delta\sigma$ )	3.26 (MPa)	3.19 (MPa)	3.07 (MPa)	3.14 (MPa)	3.08 (MPa)		
地震モーメント (Mo)	$4.92 \times 10^{22}$ (N・m)	$8.15 \times 10^{22}$ (N・m)	$4.62 \times 10^{22}$ (N・m)	$4.73 \times 10^{22}$ (N・m)	$4.65 \times 10^{22}$ (N・m)		
すべり量	背景領域 (背景の領域) (面積及び面積比率)	2.79 (m) (63,895 (km <sup>2</sup> ), 57.8%)	3.33 (m) (92,615 (km <sup>2</sup> ), 59.0%)	5.12 (m) (87,732 (km <sup>2</sup> ), 79.4%)	3.90 (m) (48,879 (km <sup>2</sup> ), 44.2%)	3.72 (m) (52,259 (km <sup>2</sup> ), 47.3%)	
	基本すべり域 (面積及び面積比率)	/		/		7.80 (m) (38,853 (km <sup>2</sup> ), 35.2%)	7.44 (m) (35,022 (km <sup>2</sup> ), 31.7%)
	大すべり域 (面積及び面積比率)	11.84 (m) (27,829 (km <sup>2</sup> ), 25.2%)	14.12 (m) (38,911 (km <sup>2</sup> ), 24.8%)	16.37 (m) (16,438 (km <sup>2</sup> ), 14.9%)	15.59 (m) (16,438 (km <sup>2</sup> ), 14.9%)	14.88 (m) (11,477 (km <sup>2</sup> ), 10.4%)	
	中間大すべり域 (面積及び面積比率)	/		/		22.33 (m) (6,018 (km <sup>2</sup> ), 5.4%)	
	超大すべり域 (面積及び面積比率)	25.38 (m) (18,748 (km <sup>2</sup> ), 17.0%)	30.26 (m) (25,538 (km <sup>2</sup> ), 16.2%)	32.75 (m) (6,302 (km <sup>2</sup> ), 5.7%)	31.19 (m) (6,302 (km <sup>2</sup> ), 5.7%)	29.77 (m) (5,696 (km <sup>2</sup> ), 5.2%)	
	平均すべり量	8.90 (m)	10.38 (m)	8.37 (m)	8.57 (m)	8.42 (m)	

注：表中の値はモデル化後の値

## パラメータスタディ：基準波源モデル①～④

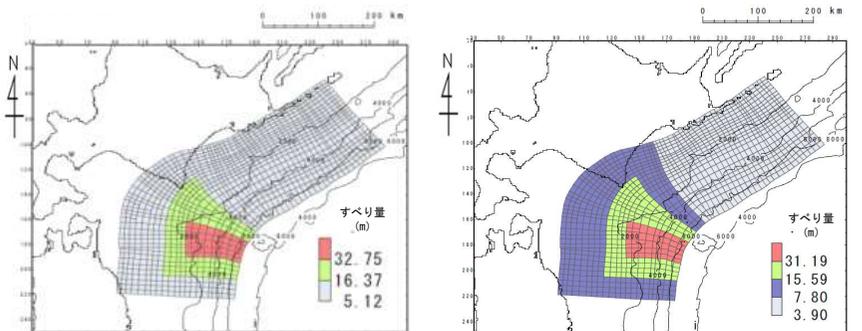
○パラメータスタディは、概略と詳細の2段階で実施するものとし、概略パラスタは津波水位に対して支配的因子、詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである。パラスタ詳細は以下のとおり。

- 概略パラスタのステップとして、各基準波源モデルに対しアスペリティの位置を変化させる検討を実施した。
- 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、破壊様式の不確かさの考慮として、破壊開始点、破壊伝播速度及びライズタイムを組合せた検討を実施した。



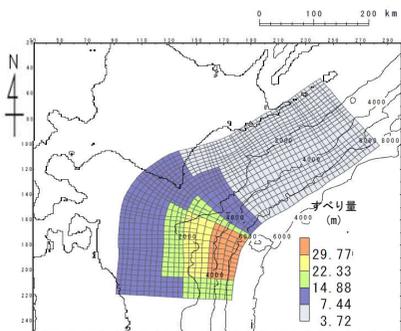
基準波源モデル①-1

基準波源モデル①-2



基準波源モデル②

基準波源モデル③



基準波源モデル④

## 概略パラメータスタディ

基準波源モデル	変動範囲	ケース数
基準波源モデル①-1	両方の超大すべり域に対し基準を10kmピッチで移動。移動範囲は、青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域：北方へ10km (N1), 20km (N2), 南方へ10km (S1)。十勝沖及び根室沖の超大すべり域：東方へ10km (E1), 西方へ10km (W1), 20km (W2)。	16
基準波源モデル①-2	十勝沖及び根室沖の超大すべり域に対し、基準を10kmピッチで移動。移動範囲は、東方へ10km (E1)～150km (E15), 西方へ10km (W1), 20km (W2)。	18
基準波源モデル②	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は、北方へ10km (N1)～50km (N5), 南方へ10km (S1)～50km (S5)。	11
基準波源モデル③	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は、北方へ10km (N1)～50km (N5), 南方へ10km (S1)～50km (S5)。	11
基準波源モデル④	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は、北方へ10km (N1)～50km (N5), 南方へ10km (S1)。	7

## 詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
破壊開始点	大すべり域の南端、北端、中央部（超大すべり域深部下端に相当）及び超大すべり域中央部	4	計 13
破壊伝播速度	1.0km/s, 2.0km/s, 2.5km/s, ∞※（基準：概略パラスタケース） ※∞は全域同時に破壊開始	4	
ライズタイム	60s（基準：概略パラスタケース）	1	



基準波源モデル①の諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデル①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①-1 (基準波源モデル①-1を代表とする)		パラメータスタディ		
	諸元 【設計値】	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	9.05	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	—	—	他諸元からの算定値
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) <sup>(42), (41)</sup>	—	—	各調査により地震発生域が明確
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	—	安全評価上、2つの領域の連動を考慮
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3.1	杉野ほか (2014) <sup>(43)</sup>	—	—	既往巨大地震の応力降下量に保守性を考慮。杉野ほか (2014) <sup>(43)</sup> を考慮。
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) <sup>(3)</sup>	—	—	既往の地下構造情報を基に設定
地震モーメント Mo (N・m)	$4.67 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	—	—	他諸元からの算定値
平均すべり量 D (m)	8.46	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	—	—	他諸元からの算定値
すべり量	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (66,283km <sup>2</sup> , 60%)	—	—	すべり量： 既往研究による知見を反映した他諸元からの設定値 面積： 安全評価上、2つの領域の連動を考慮した上で、既往研究による設定値を考慮
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (27,618km <sup>2</sup> , 25%)			
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (16,571km <sup>2</sup> , 15%)			
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) <sup>(47)</sup>	—	—	観測データを基に設定
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) <sup>(44)</sup> 等	—	—	感度解析により保守的設定であることを確認 (補足説明資料「4-3. ライズタイムの影響検討」参照)
アスペリティの位置	下北半島太平洋沖 北海道東部太平洋沖	両海域のアスペリティ分布等を踏まえて配置	概略パラスタ	10km <sup>2</sup> 以下	10km <sup>2</sup> 以下で位置の影響がほぼ無いことを確認。(P. 2.3.1-143参照)
破壊開始点	—	—	—	—	概略パラスタで、基準波源モデル②～④に比べて、影響が小さいことを確認
破壊伝播速度	$\infty$	—	—	—	



基準波源モデル②③④の諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデル②③④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②③④ (基準波源モデル③を代表とする)		パラメータスタディ		
	諸元 【設計値】	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	9.04	$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$	—	—	他諸元からの算定値
地震発生深さ	海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部 (2017, 2019) <sup>(42), (41)</sup>	—	—	各調査により地震発生域が明確
断層面積 S (km <sup>2</sup> )	110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	—	安全評価上、2つの領域の連動を考慮
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)	3	内閣府 (2012) <sup>(44)</sup> 等	—	—	既往巨大地震の応力降下量に保守性を考慮
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$5.0 \times 10^{10}$	土木学会 (2016) <sup>(3)</sup>	—	—	既往の地下構造情報を基に設定
地震モーメント Mo (N・m)	$4.52 \times 10^{22}$	$Mo = 16 / (7 \cdot \pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$	—	—	他諸元からの算定値
平均すべり量 D (m)	8.19	$D = Mo / (\mu \cdot S)$	—	—	他諸元からの算定値
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	7.80 (33,141km <sup>2</sup> , 30%)	—	—	すべり量： 既往研究による知見を反映した他諸元からの設定値 面積： 安全評価上、2つの領域の連動を考慮した上で、既往研究による設定値を考慮
	背景領域 (m) (面積及び面積比率)	3.90 (55,236km <sup>2</sup> , 50%)			
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	15.59 (16,517km <sup>2</sup> , 15%)			
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	31.19 (5,524km <sup>2</sup> , 5%)			
すべり角 $\lambda$ (°)	陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議 (2006) <sup>(47)</sup>	—	—	観測データを基に設定
ライズタイム $\tau$ (s)	60	内閣府 (2012) <sup>(44)</sup> 等	—	—	感度解析により保守的設定であることを確認 (補足説明資料「4-3. ライズタイムの影響検討」参照)
アスペリティの位置	下北半島太平洋沖	青森県東方沖及び岩手県沖北部のアスペリティ分布を踏まえて配置	概略パラスタ	10km <sup>±</sup> ヲチ	10km <sup>±</sup> ヲチで位置の影響がほぼ無いことを確認。(P. 2.3.1-143参照)
破壊開始点	—	—	詳細パラスタ	大すべり域周辺に配置	プレート境界面深度、大すべり域の配置を考慮
破壊伝播速度	$\infty$	—	詳細パラスタ	1.0, 2.0, 2.5km/s	既往巨大地震研究



基準波源モデル①～④ パラスタ因子の妥当性について

- 三陸沖から根室沖のプレート間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）<sup>(3)</sup>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。

注）P. 2. 3. 1-123に示す基準波源モデル⑤⑥のパラスタ因子についても同様。

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	○ <sup>※1</sup>	○	-	-	-	○ <sup>※2</sup>	-	○	○	○
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)	○	-	○	○	-	- (270度固定)	○	-	-	-
日本海溝沿い (プレート内正断層)	○	-	○	○	-	○ <sup>※2</sup>	○	-	-	-
日本海溝沿い（津波地震） (均質モデルの場合)	○	○	○	○	○ <sup>※4</sup>	- (90度固定)	○	-	-	-
日本海東縁部 (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

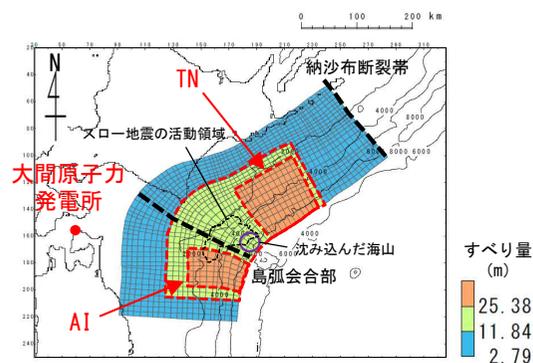
※4 西傾斜，東傾斜

※5 調査により明確な場合は固定

※6 不明な断層は両方向

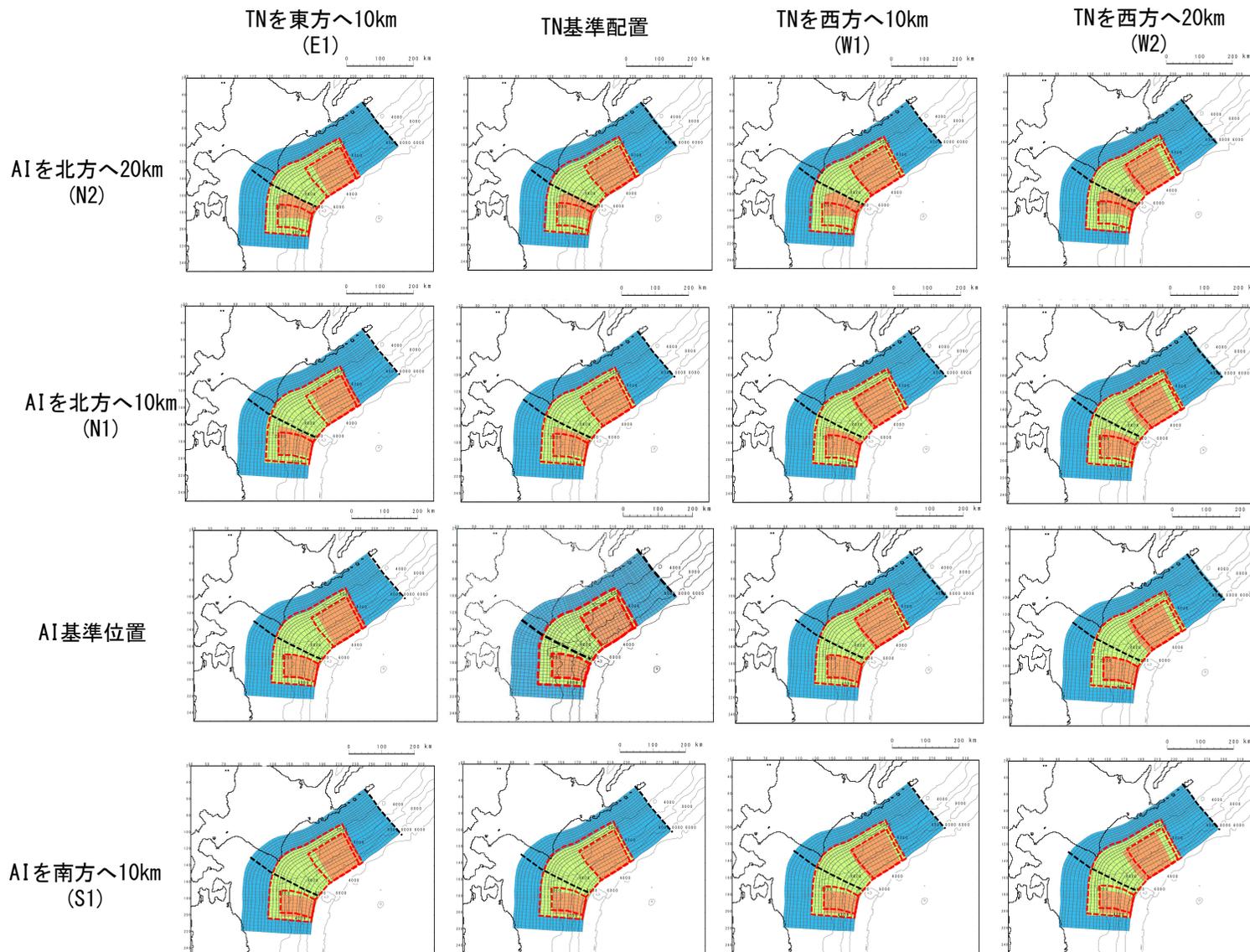
## 概略パラメータスタディ (1/9) : アスペリティ位置の不確かさく基準波源モデル①-1

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-64一部修正



基準波源モデル①-1  
基準配置

AI : 青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域  
TN : 十勝沖及び根室県沖の超大すべり域

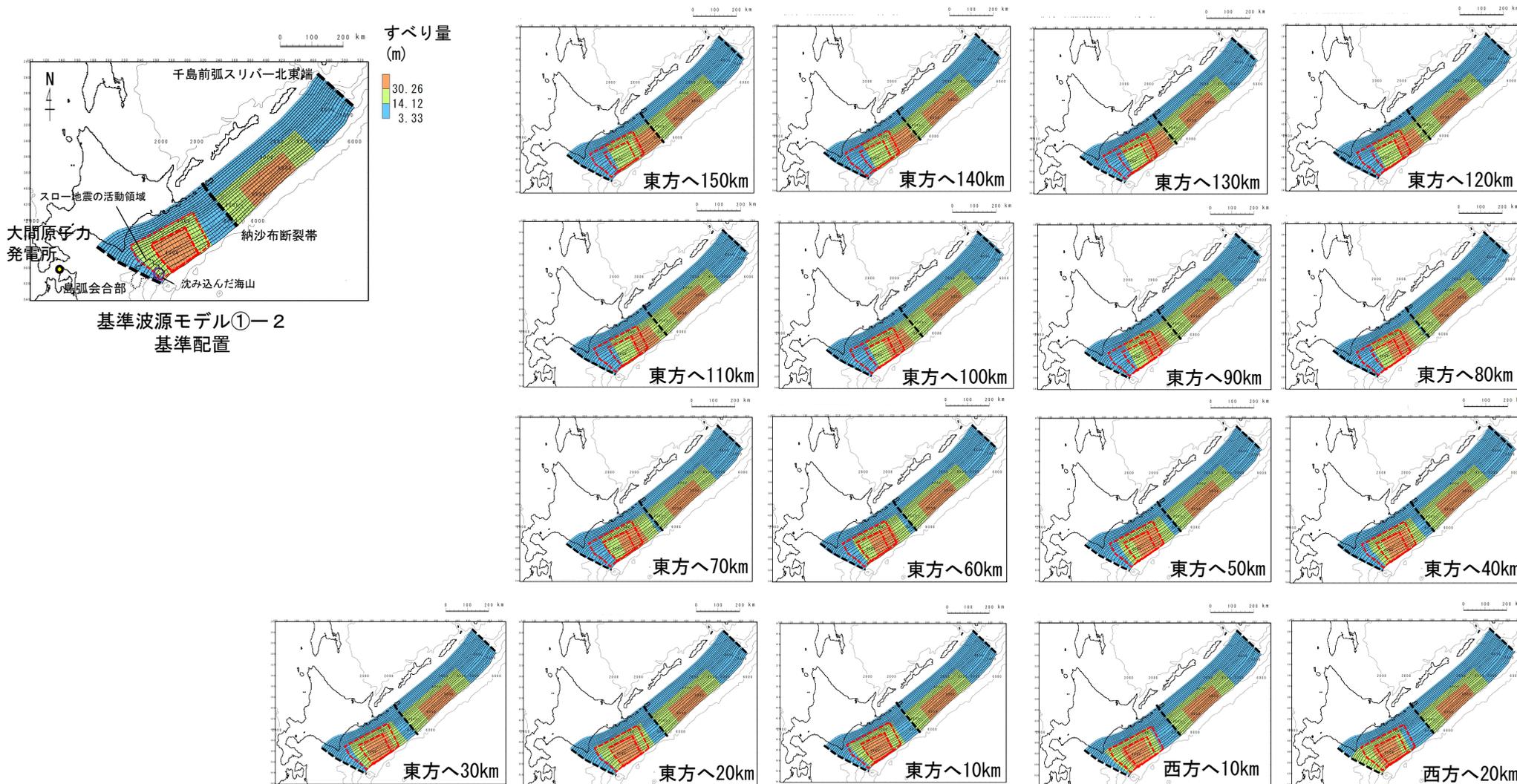


超大すべり域等の位置の不確かさの考慮      : 基準配置のアスペリティ位置

- 概略パラメータスタディとして、超大すべり域の位置の不確かさの考慮のため、基準波源モデル①-1に対して、位置のパラメータスタディ (16パターン) を実施した。



## 概略パラメータスタディ (2/9) : アスペリティ位置の不確かさく基準波源モデル①-2 >

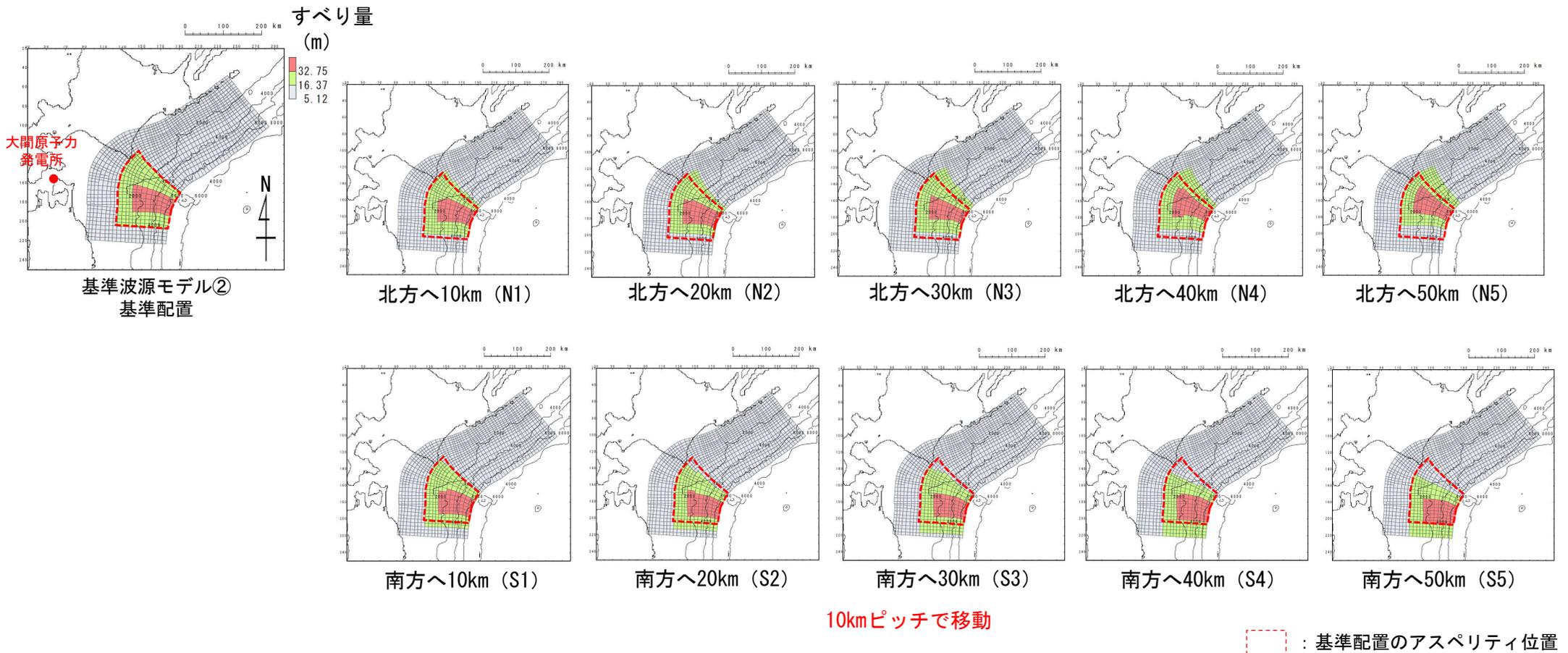


   : 基準配置のアスペリティ位置

- 概略パラメータスタディとして、超大すべり域の位置の不確かさの考慮のため、基準波源モデル①-2に対して、位置のパラメータスタディ (18パターン) を実施した。

概略パラメータスタディ (3/9) : アスペリティ位置の不確かさく基準波源モデル②>

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-63一部修正

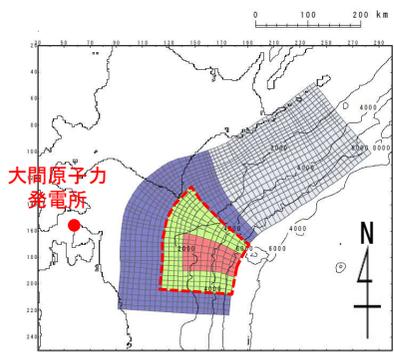


- 概略パラメータスタディとして、大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため、基準波源モデル②に対して、位置のパラメータスタディ (11パターン) を実施した。

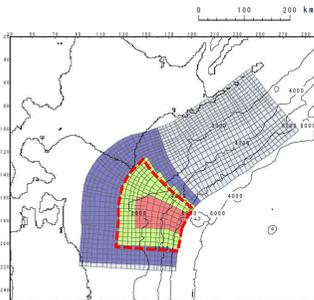
概略パラメータスタディ (4/9) : アスペリティ位置の不確かさく基準波源モデル③>

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2.3.1-61再掲

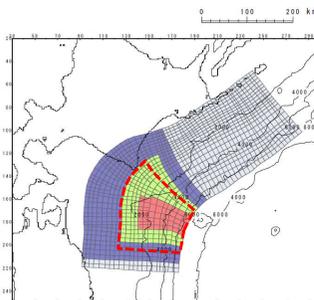
すべり量  
(m)



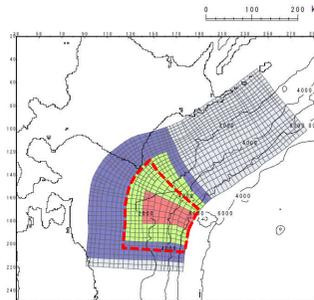
基準波源モデル③  
基準配置



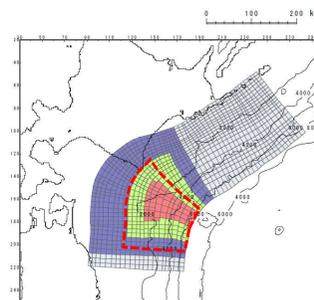
北方へ10km (N1)



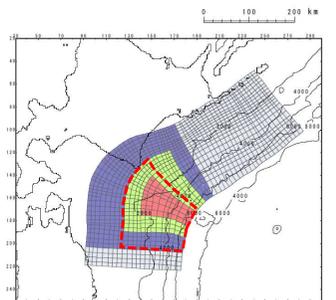
北方へ20km (N2)



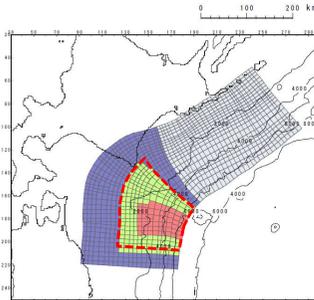
北方へ30km (N3)



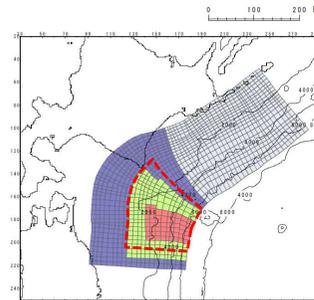
北方へ40km (N4)



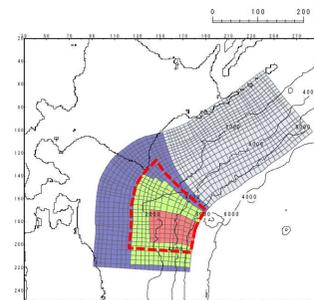
北方へ50km (N5)



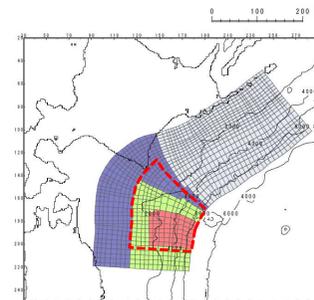
南方へ10km (S1)



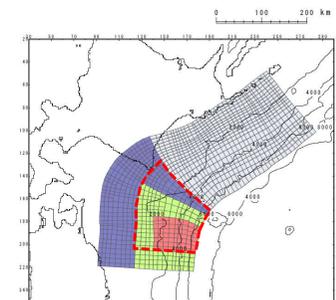
南方へ20km (S2)



南方へ30km (S3)



南方へ40km (S4)



南方へ50km (S5)

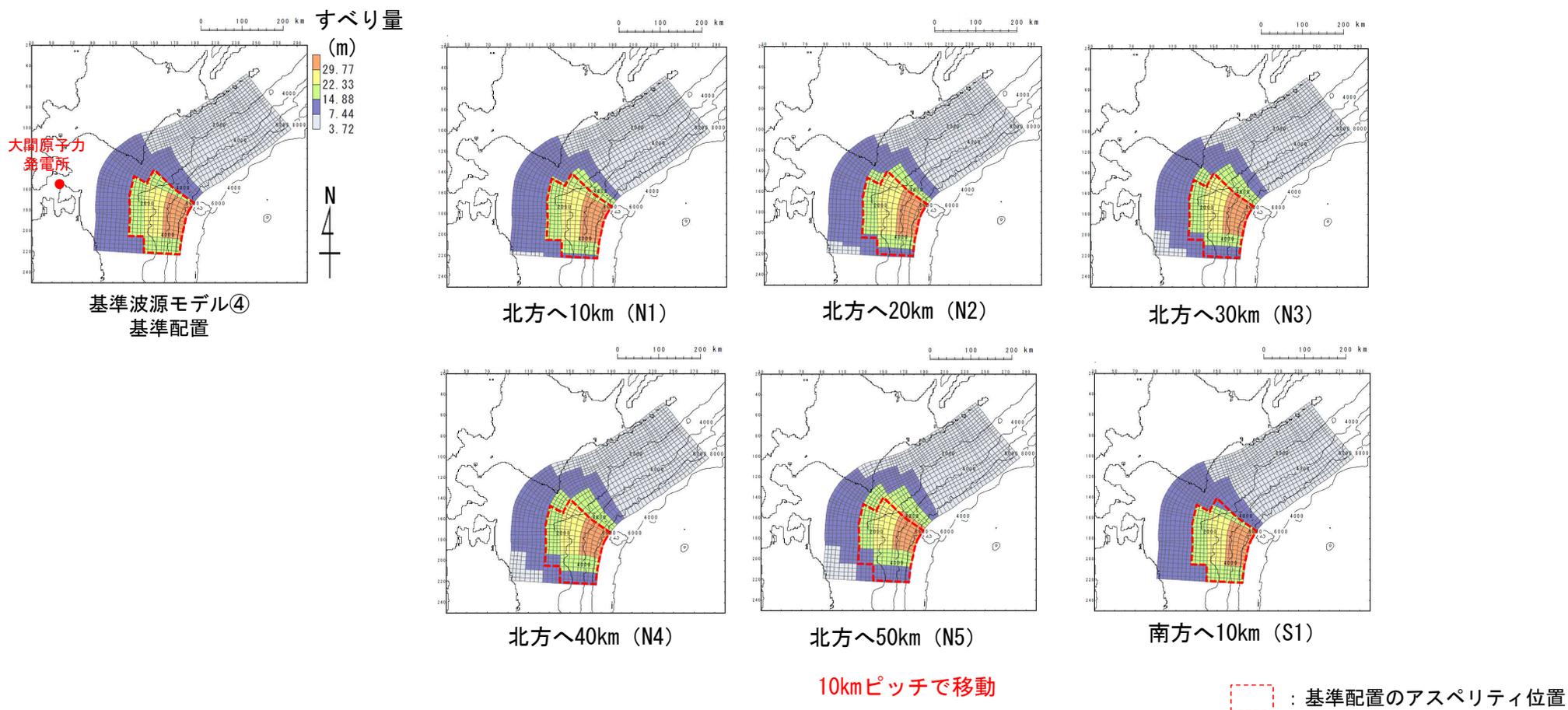
10kmピッチで移動

: 基準配置のアスペリティ位置

- 概略パラメータスタディとして、大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため、基準波源モデル③に対して、位置のパラメータスタディ (11パターン) を実施した。

## 概略パラメータスタディ (5/9) : アスペリティ位置の不確かさく基準波源モデル④>

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-62再掲



- 概略パラメータスタディとして、大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため、基準波源モデル④に対して、位置のパラメータスタディ (7パターン) を実施した。



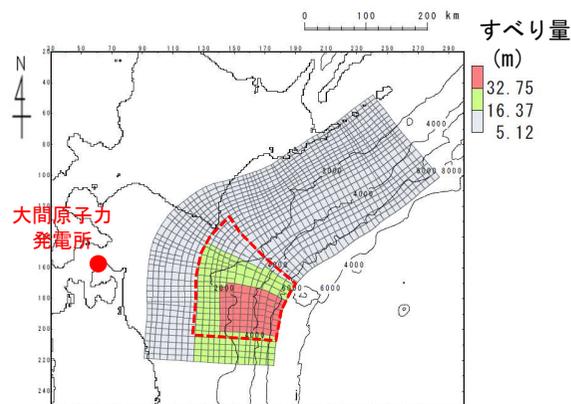
概略パラメータスタディ (6/9) : 検討結果<基準波源モデル①~④>

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-65一部修正

コメントNo.S5-43

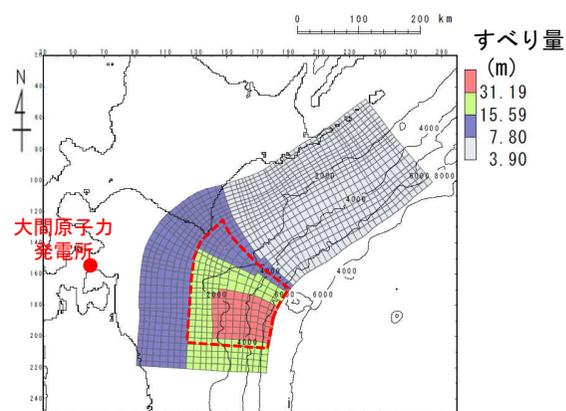
- 基準波源モデル①~④に対する概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

**最大水位上昇ケース**  
・基準波源モデル②  
・アスペリティ位置：南方へ40km移動



(基準波源モデル②)

**最大水位下降ケース**  
・基準波源モデル③  
・アスペリティ位置：南方へ40km移動



(基準波源モデル③)

最大ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置

概略パラメータスタディ結果一覧

基準波源モデル	アスペリティの位置※		最大水位上昇量	最大水位下降量
	AI	TN		
基準波源モデル①-1	北方へ約20km	東方へ10km	2.43m	-2.07m
		基準位置	2.49m	-1.88m
		西方へ10km	2.55m	-1.80m
		西方へ20km	2.53m	-1.92m
	北方へ約10km	東方へ10km	2.30m	-2.00m
		基準位置	2.39m	-1.97m
		西方へ10km	2.50m	-2.04m
		西方へ20km	2.51m	-2.15m
	基準位置	東方へ10km	2.15m	-1.96m
		基準位置	2.26m	-1.92m
		西方へ10km	2.30m	-1.95m
		西方へ20km	2.29m	-2.03m
南方へ約10km	東方へ10km	2.06m	-2.05m	
	基準位置	2.17m	-1.92m	
	西方へ10km	2.07m	-2.00m	
	西方へ20km	2.22m	-2.07m	
基準波源モデル①-2		東方へ150km	1.48m	-1.32m
		東方へ140km	1.44m	-1.33m
		東方へ130km	1.39m	-1.37m
		東方へ120km	1.33m	-1.40m
		東方へ110km	1.36m	-1.54m
		東方へ100km	1.46m	-1.58m
		東方へ90km	1.55m	-1.58m
		東方へ80km	1.44m	-1.64m
		東方へ70km	1.46m	-1.68m
		東方へ60km	1.52m	-1.64m
		東方へ50km	1.70m	-1.55m
		東方へ40km	1.92m	-1.41m
		東方へ30km	2.06m	-1.38m
		東方へ20km	2.02m	-1.33m
		東方へ10km	2.07m	-1.34m
		基準位置	2.19m	-1.39m
	西方へ10km	2.07m	-1.61m	
	西方へ20km	2.20m	-1.95m	

基準波源モデル	アスペリティの位置※	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル②	北方へ50km	2.98m	-2.22m
	北方へ40km	3.18m	-2.24m
	北方へ30km	3.43m	-2.70m
	北方へ20km	3.49m	-2.81m
	北方へ10km	3.50m	-2.90m
	基準位置	3.52m	-3.01m
	南方へ10km	3.48m	-2.95m
	南方へ20km	3.50m	-3.01m
	南方へ30km	3.55m	-3.01m
	南方へ40km	3.62m	-3.04m
基準波源モデル③	北方へ50km	3.08m	-2.33m
	北方へ40km	3.15m	-2.63m
	北方へ30km	3.22m	-2.92m
	北方へ20km	3.29m	-3.09m
	北方へ10km	3.29m	-3.24m
	基準位置	3.33m	-3.36m
	南方へ10km	3.50m	-3.43m
	南方へ20km	3.57m	-3.41m
	南方へ30km	3.56m	-3.44m
	南方へ40km	3.50m	-3.49m
基準波源モデル④	北方へ50km	3.17m	-3.36m
	北方へ40km	3.34m	-3.35m
	北方へ30km	3.48m	-3.37m
	北方へ20km	3.55m	-3.47m
	北方へ10km	3.57m	-3.38m
	基準位置	3.57m	-3.24m
	南方へ10km	3.57m	-3.26m

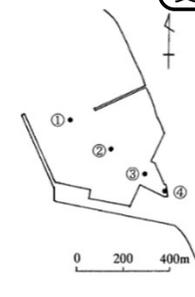
：概略パラスタ 最大水位上昇ケース  
：概略パラスタ 最大水位下降ケース

※アスペリティの位置についてはP. 2. 3. 1-103~P. 2. 3. 1-107に示す。

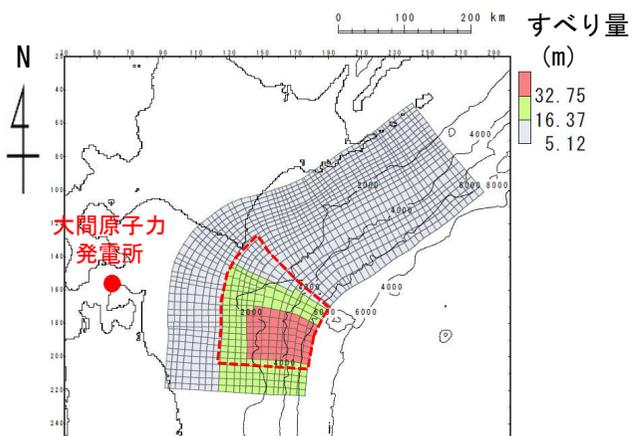
## 概略パラメータスタディ (7/9) : 最大水位上昇ケース検討結果<基準波源モデル①~④>

第949回審査会合  
資料2-1 P.2.3.1-66一部修正

- 基準波源モデル①~④に対する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。

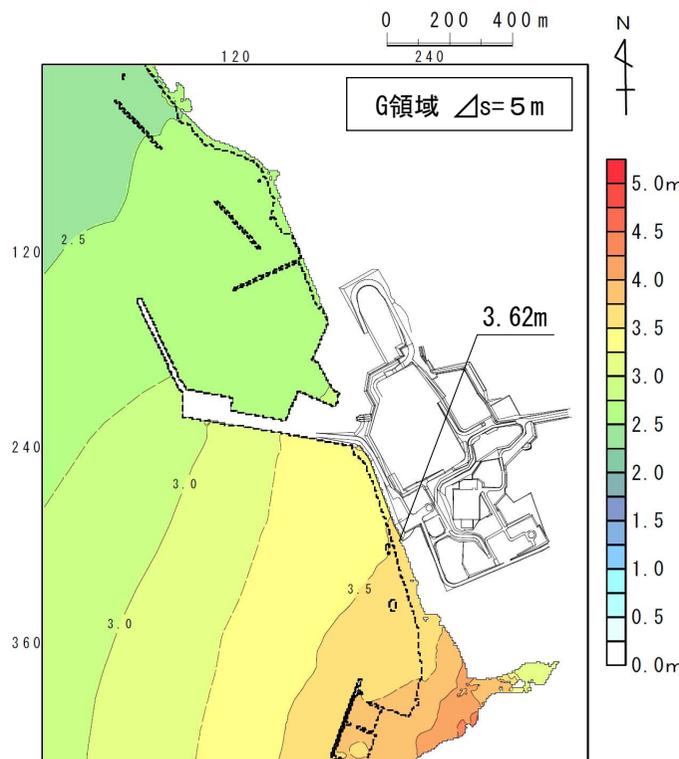


**最大水位上昇ケース**  
 ・基準波源モデル②  
 ・アスペリティ位置：南方へ40km移動



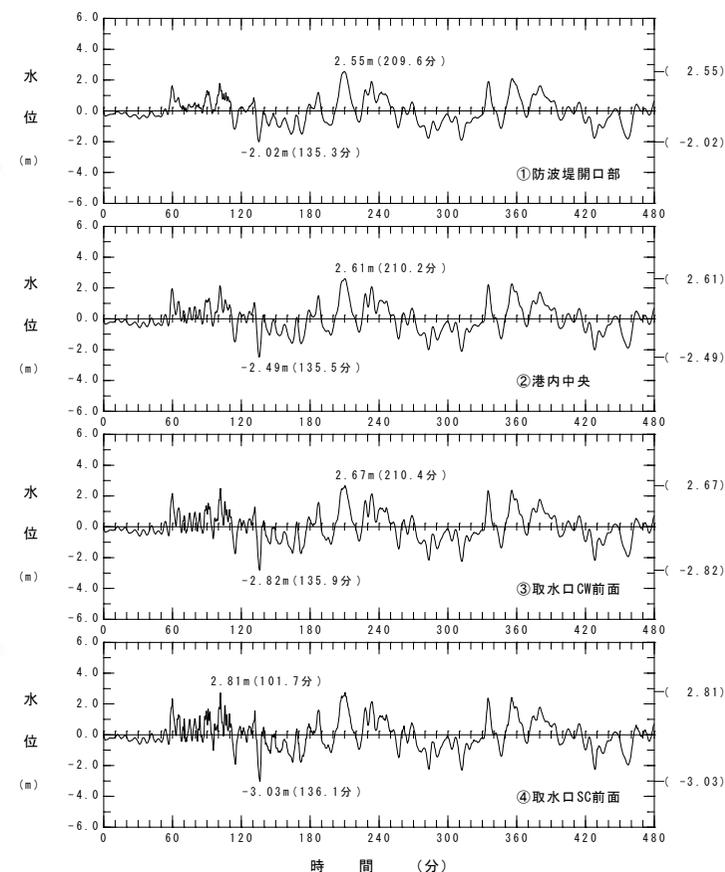
最大水位上昇ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置



最大水位上昇量分布

最大水位上昇ケース  
(基準波源モデル②)



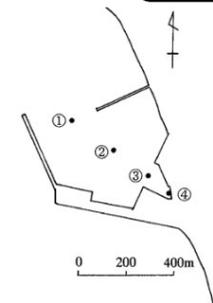
水位時刻歴波形



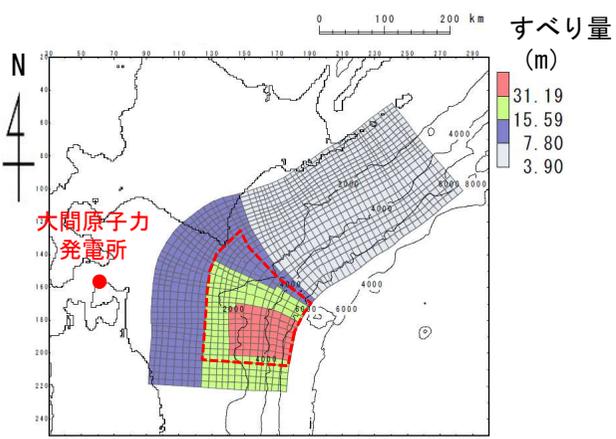
## 概略パラメータスタディ (8/9) : 最大水位下降ケース検討結果<基準波源モデル①~④>

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-67一部修正

- 基準波源モデル①~④に対する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。

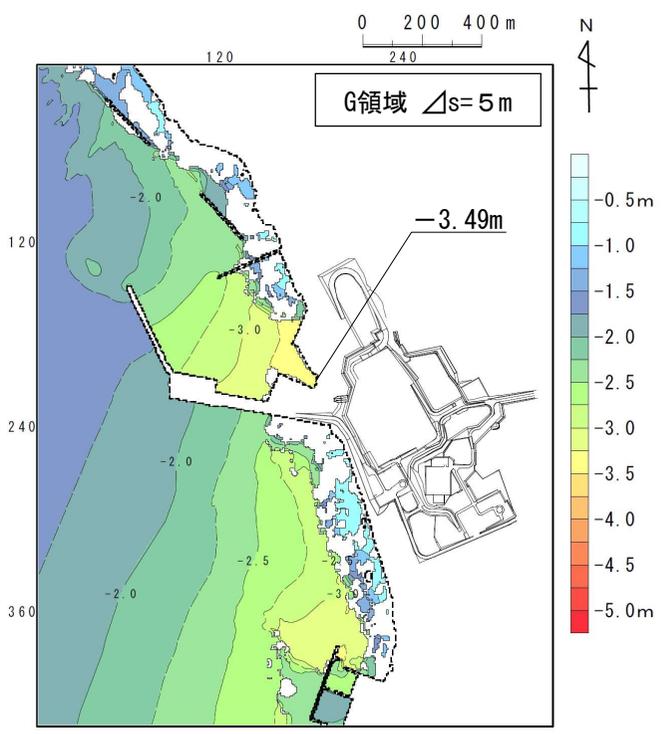


**最大水位下降ケース**  
 ・基準波源モデル③  
 ・アスペリティ位置：南方へ40km移動



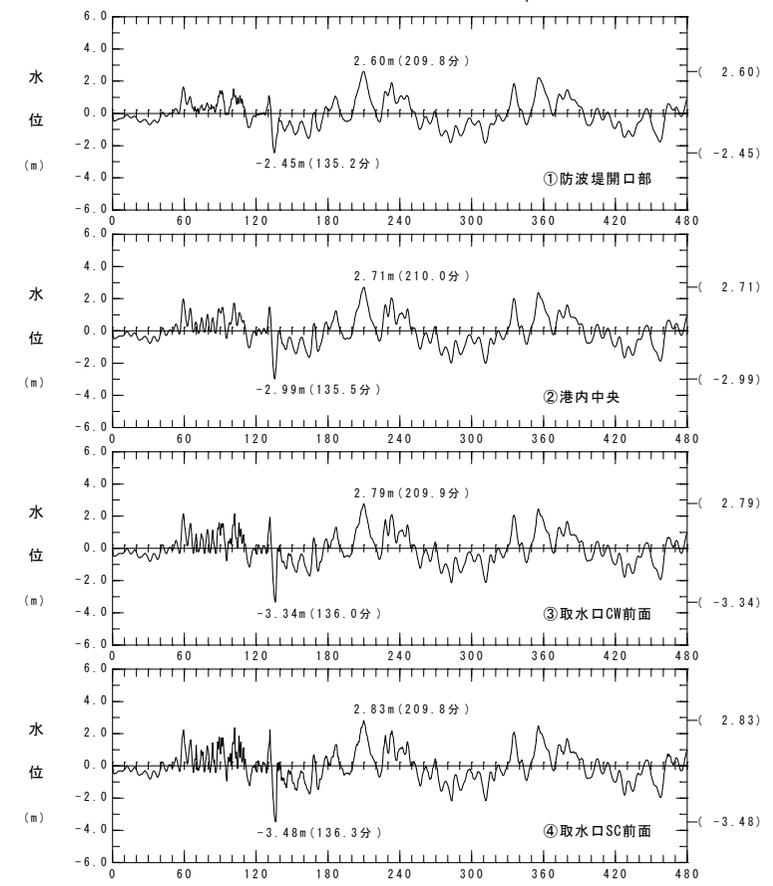
最大水位下降ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置



最大水位下降量分布

最大水位下降ケース  
(基準波源モデル③)

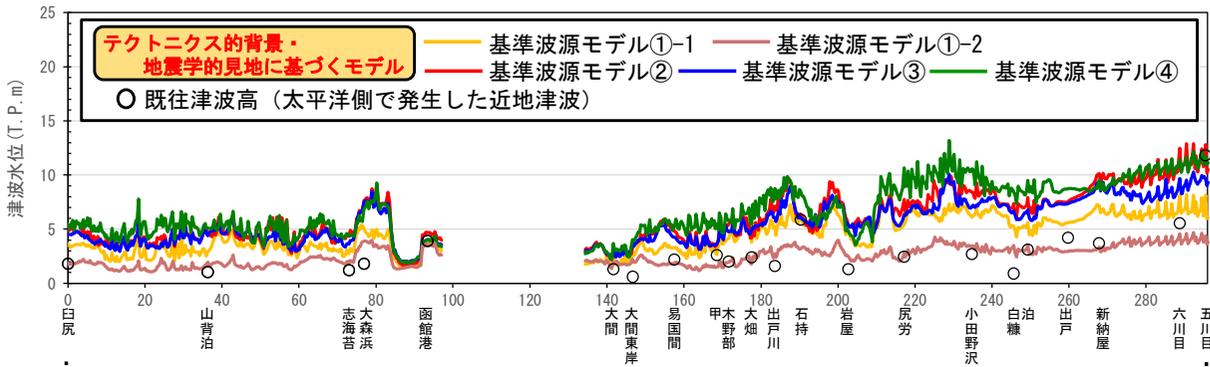


水位時刻歴波形



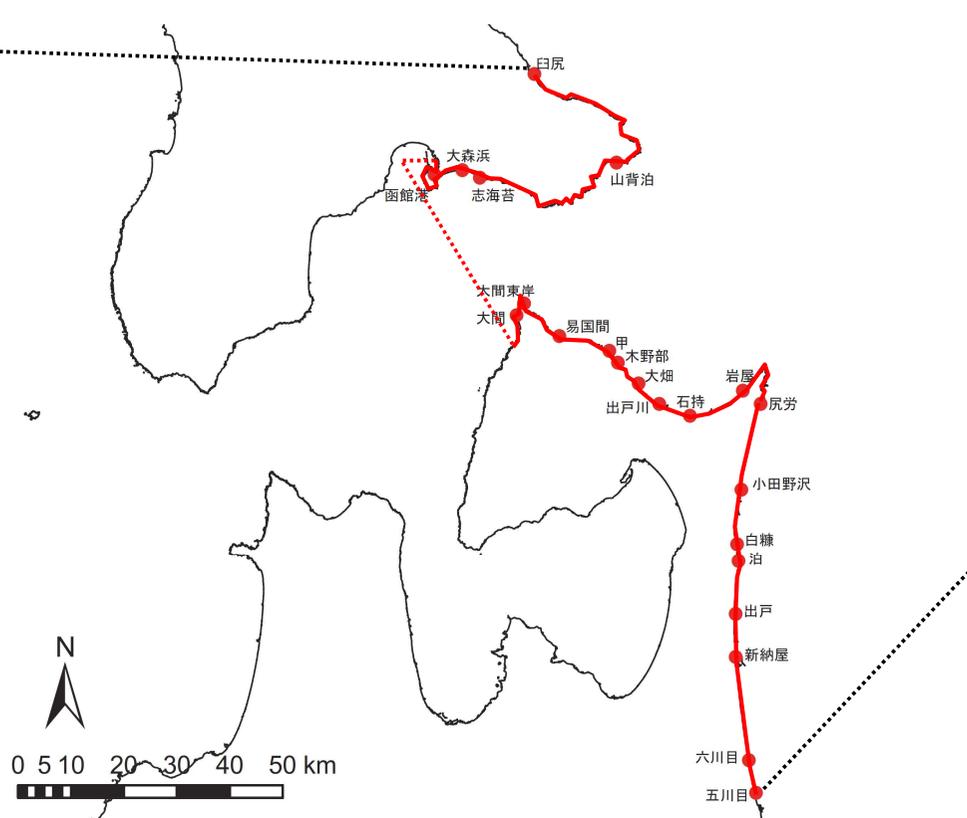
## 概略パラメータスタディ (8/8) : 基準波源モデル①~④の比較

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-68一部修正

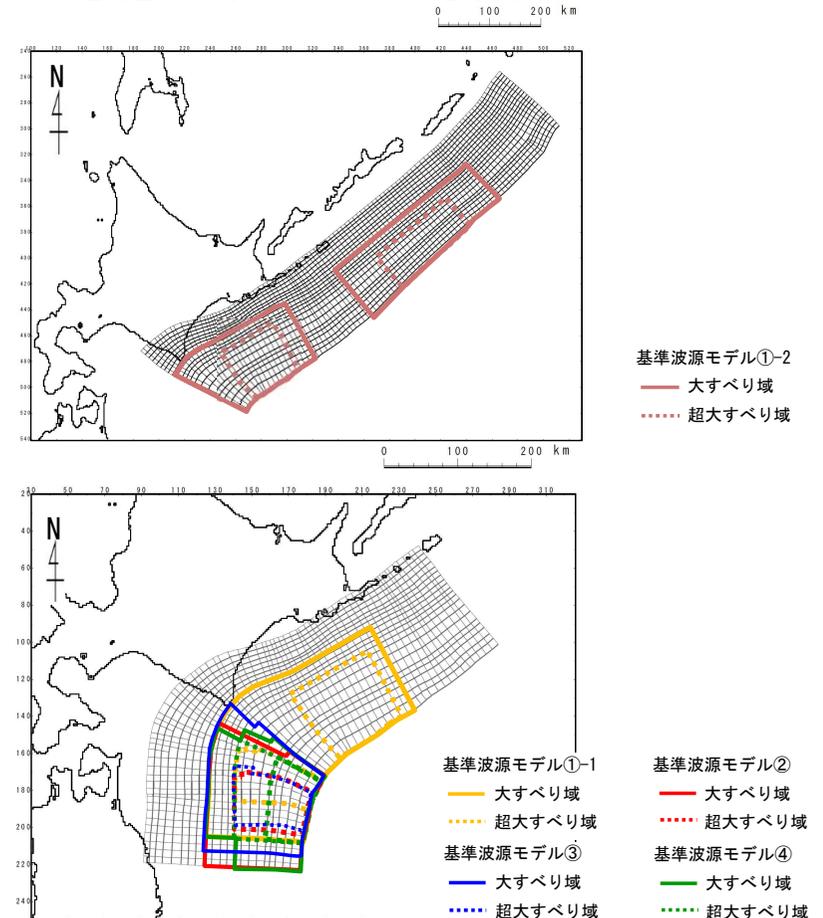


- 波源モデル選定の妥当性確認として、津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①~④の計算津波高※(概略パラメータスタディ上昇側最大ケース)と既往津波高※との比較を行った。
- 基準波源モデル①~④の計算津波高は、おおむね既往津波高を上回ることを確認した。

※計算津波高と既往津波高はP. 2. 3. 1-112に示すとおり。



基準波源モデル①~④の計算津波高と太平洋側既往津波高との比較



概略パラメータスタディで上昇側最大ケースとなった各基準波源モデルの大すべり域等の位置図

(参考) 基準波源モデル①～④の比較：既往津波高及び計算津波高

 第949回審査会合  
 資料2-1 P.2.3.1-69一部修正

沿岸区分	地点	既往最大 津波高 (m)	計算津波高(m)					
			テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル					
			基準波源モデル①-1 (上昇側最大ケース)	基準波源モデル①-2 (上昇側最大ケース)	基準波源モデル② (上昇側最大ケース)	基準波源モデル③ (上昇側最大ケース)	基準波源モデル④ (上昇側最大ケース)	
北海道	津軽海峡外	臼尻	1.80	3.69	1.91	5.10	4.54	5.46
	津軽海峡内	山背泊	1.05	2.95	1.98	4.67	4.40	5.06
		志海苔	1.20	2.75	1.93	4.36	3.64	4.38
		大森浜	1.80	5.09	3.91	7.67	7.47	6.89
		函館港	3.90	3.93	3.61	4.71	4.03	4.07
大間		1.30	2.37	2.00	3.33	3.11	3.67	
大間東岸		0.60	2.92	2.21	3.31	3.73	4.05	
易国間		2.20	3.29	1.84	4.84	4.27	5.19	
甲		2.60	2.98	1.60	3.73	3.55	5.96	
木野部		2.00	4.14	1.92	5.40	4.75	5.77	
大畑		2.40	3.80	1.79	4.20	4.87	5.48	
青森県	津軽海峡内	出戸川	1.60	5.27	2.93	6.81	6.35	8.13
		石持	5.88	5.98	3.22	6.38	6.00	8.45
		岩屋	1.30	4.87	2.48	5.40	5.37	4.83
		尻労	2.46	5.47	2.79	7.74	6.36	10.66
		小田野沢	2.70	6.11	3.43	8.43	7.08	10.59
		白糖	0.90	5.27	3.49	7.38	6.70	8.43
		泊	3.10	5.63	3.54	7.93	6.76	9.51
		出戸	4.20	5.60	2.96	7.56	7.37	8.72
		新納屋	3.70	7.14	3.35	10.12	9.24	9.54
		六川目	5.56	8.15	4.59	12.47	9.68	11.45
	五川目	11.83	8.13	4.39	12.80	9.63	11.70	



詳細パラメータスタディ (1/4) : 破壊開始点・破壊伝播速度・ライズタイム<基準波源モデル①~④>

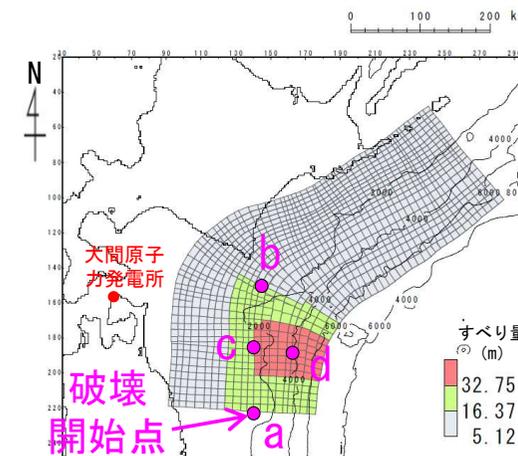
第949回審査会合

資料2-1 P. 2. 3. 1-70一部修正

- 基準波源モデル①~④に対し、以下に示す破壊開始点、破壊伝播速度及びライズタイムを組合せた検討を実施した。

詳細パラメータスタディ

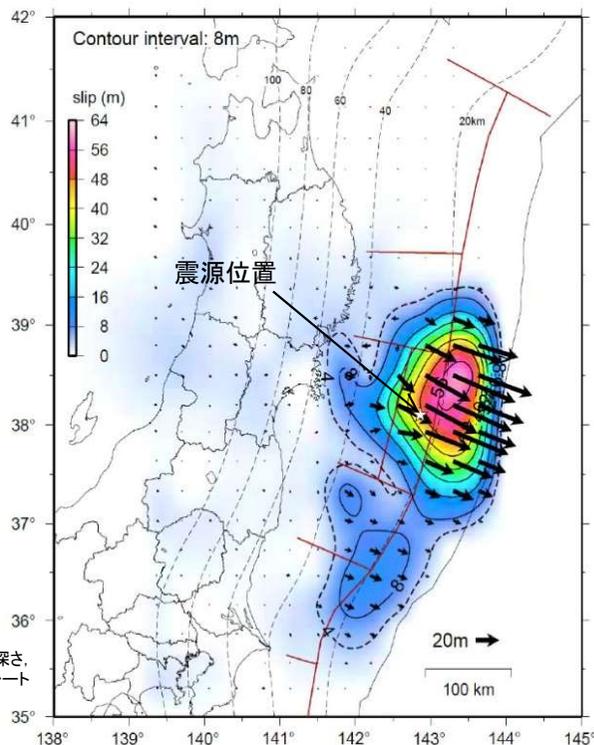
項目	変動範囲	備考
破壊開始点	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓プレート境界面深度20kmを基本として、大すべり域の「南端:a」, 「北端:b」, 「中央部:c」(超大すべり域深部下端に相当)の3箇所配置</li> <li>✓不確かさ考慮として、「超大すべり域中央部:d」に1箇所配置</li> </ul>	右図のとおり設定 (P. 2. 3. 1-114 参照)
破壊伝播速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1.0km/s</li> <li>・ 2.0km/s</li> <li>・ 2.5km/s</li> <li>・ ∞※ (基準: 概略パラスタケース)</li> <li>※∞は全域同時に破壊開始</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.0km/s : Fujii and Satake (2007) (90) による2004年インド洋津波を再現する最適値</li> <li>2.0km/s : Satake et al. (2013) (68) による2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル</li> <li>2.5km/s : 内閣府 (2012) (44) の南海トラフ大地震モデル</li> </ul>
ライズタイム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 60s (基準: 概略パラスタケース)</li> </ul>	<p>世界のM9クラスの超巨大地震から得られたライズタイムに関する知見及びそれらを踏まえた影響検討を考慮して60秒固定とした。 (補足説明資料「4-3. ライズタイムの影響検討」参照)</p>



基準波源モデル①~④  
概略パラスタ最大ケース  
(基準波源モデル②)  
※代表として上昇側を例示

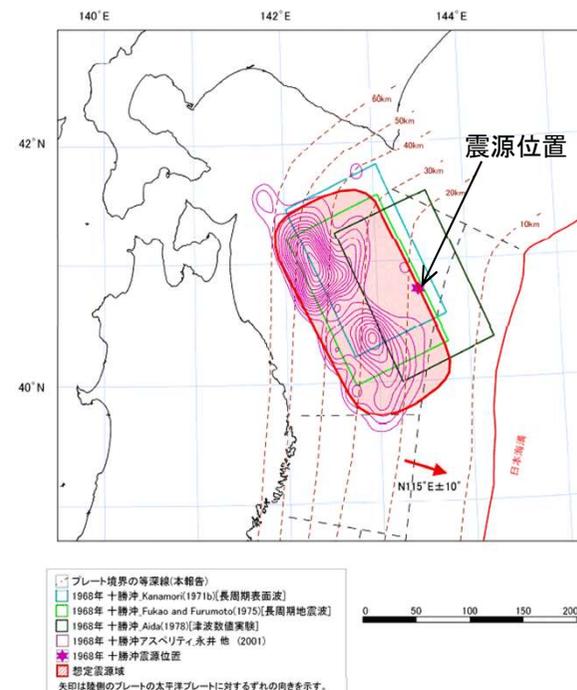
## 詳細パラメータスタディ (2/4) : 破壊開始点の不確かさ

第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-51再掲



東北地方太平洋沖地震の震源域

地震調査研究推進本部 (2012) <sup>(46)</sup> に一部加筆



青森県東方沖及び岩手県沖北部の想定震源域

地震調査研究推進本部 (2012) <sup>(46)</sup> に一部加筆

星印は本震の震央、点線はプレート境界面の深さ、ベクトル(→)は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

- 2011年東北地方太平洋沖地震の震源位置はプレート境界面等深線20km付近である。
  - 1968年十勝沖地震の震源位置はプレート境界面等深線20km付近である。
- 地震調査研究推進本部 (2012) <sup>(46)</sup> による
- プレート境界面等深線20kmに破壊開始点を設定することを基本として、不確かさの考慮として破壊開始点を複数ケース設定した。

### 詳細パラメータスタディ (3/4) : 破壊伝播速度の不確かさ

- 破壊伝播速度の設定は、以下に示すM9クラスの地震を対象に設定された津波モデルの破壊伝播速度を参照して、1.0km/s、2.0km/s及び2.5km/sを検討対象に設定した。

#### M9クラスの地震を対象として設定された破壊伝播速度

地震	文献	破壊伝播速度 (km/s)	設定根拠
2004年 スマトラ～アンダマン地震	Fujii and Satke. (2007) <sup>(90)</sup>	1.0	津波波形を用いたインバージョン
2011年 東北地方太平洋沖地震	Satake et al. (2013) <sup>(68)</sup>	2.0	津波波形等を用いたインバージョン
南海トラフ巨大地震	内閣府 (2012) <sup>(44)</sup>	2.5	平均的に利用されている値を参考に、東北地方太平洋沖地震の解析結果も踏まえて設定。

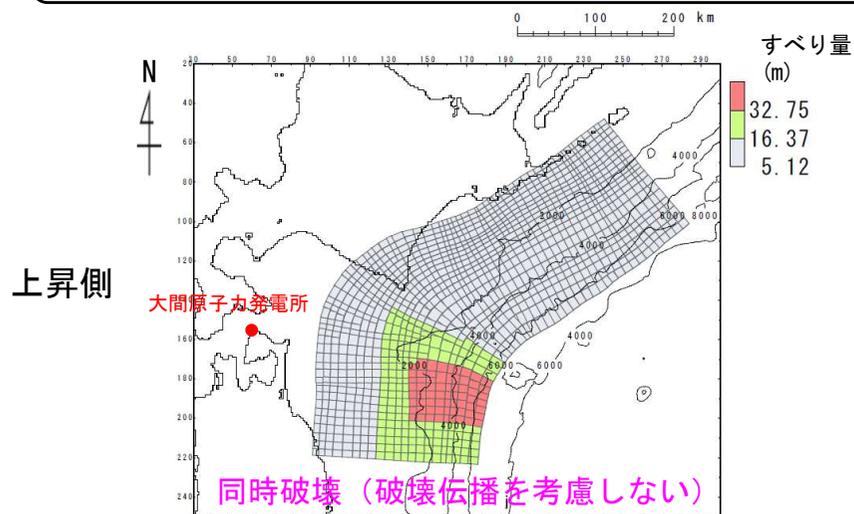


詳細パラメータスタディ (4/4) : 検討結果<基準波源モデル①~④>

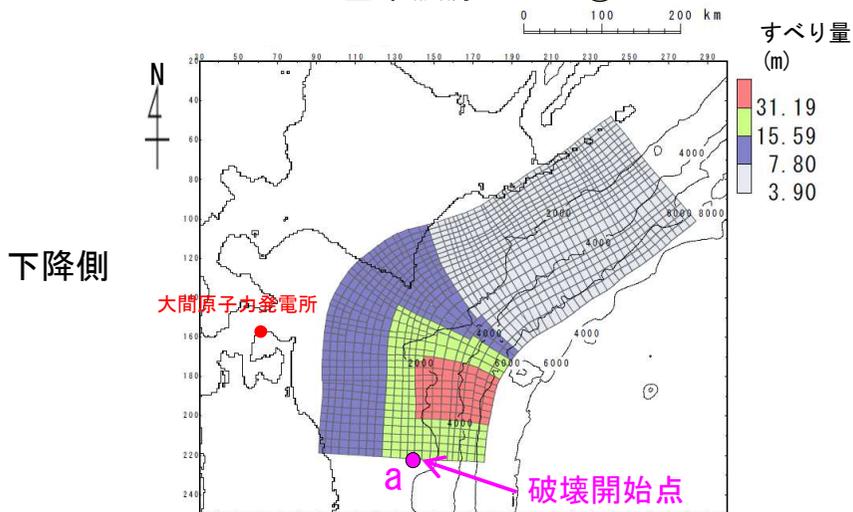
第949回審査会合  
資料2-1 P. 2. 3. 1-71一部修正

・ 基準波源モデル①~④に対する詳細パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

詳細パラメータスタディ結果一覧



基準波源モデル②



基準波源モデル③

最大ケースの波源モデル

上昇側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル②	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.22m	-2.89m
				b	3.10m	-2.48m
				c	3.12m	-2.83m
				d	3.36m	-2.38m
			2.0km/s	a	3.48m	-2.99m
				b	3.37m	-2.68m
				c	3.31m	-2.86m
				d	3.53m	-2.33m
			2.5km/s	a	3.50m	-3.00m
				b	3.39m	-2.74m
				c	3.39m	-2.86m
				d	3.56m	-2.48m
-	-	-	∞	-	3.62m	-3.04m

下降側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル③	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.25m	-3.42m
				b	3.00m	-2.74m
				c	3.04m	-3.06m
				d	3.31m	-2.36m
			2.0km/s	a	3.47m	-3.53m
				b	3.28m	-3.13m
				c	3.32m	-3.26m
				d	3.44m	-3.11m
			2.5km/s	a	3.49m	-3.52m
				b	3.34m	-3.21m
				c	3.35m	-3.29m
				d	3.47m	-3.21m
-	-	-	∞	-	3.50m	-3.49m

■ : 上昇側・下降側最大ケース

(余白)