

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（29/65）

② 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定（1/2）

第1204回審査会合
資料1 P.104再掲

- 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定に関わる既往の知見について整理する。
 - 断層面の傾斜は東傾斜と西傾斜が交互に現れるとされている。岡村（2019）による
 - 東北日本海沖の活断層の傾斜角は、形成時は正断層のため高角であったものが、日本海の拡大による地殻の伸展変形の進行に伴って回転（傾斜）した結果、45° 前後の傾斜を示すものが多く見られるとされている。国交省ほか（2014）による
 - 既往津波の断層モデルの傾斜角・傾斜方向の分析結果から、日本海東縁部では既往地震の断層傾斜方向が一定でなく、西傾斜・東傾斜の双方が発生しており、傾斜角はおおむね30°～60°の範囲で痕跡高を説明することができるとされており、鉛直断面内の断層形状として東西両方向傾斜、傾斜角30°及び60°の8パターン（次ページ参照）が提示されている。

土木学会（2016）による

既往津波の再現性が確認されている断層モデル

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ 数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	-	-	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	-	-	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ, W:断層幅, D:すべり量, d:上縁深さ, θ :走向, δ :傾斜角, λ :すべり角, K:幾何平均値, κ :幾何標準偏差

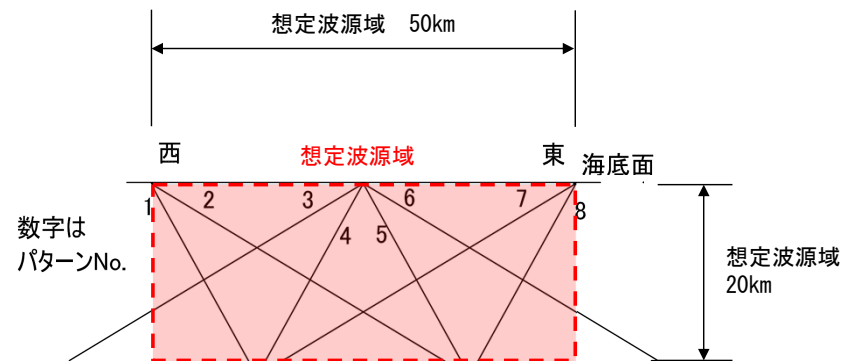
土木学会（2016）に一部加筆

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（30／65）

第1204回審査会合
資料1 P.105再掲

② 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定（2／2）

- 傾斜角に関する前ページの知見を踏まえると傾斜角は、 45° 前後であり、おおむね $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲と考えられるが、以下の考えに基づき津波評価上、保守側の設定を想定し 30° と 60° の2ケースについて検討することとする。
 - ✓ 初期水位（鉛直地盤変動量）が最も高くなるのは高角ケース（ 60° ）である。
 - ✓ 地殻変動により移動する水の量が最も多くなるのは低角ケース（ 30° ）である。
- 上記より、前ページの知見及び上記の考えとも整合し、傾斜方向・傾斜角の検討パターンを体系的に提示している土木学会（2016）の8パターンを想定波源域（東西方向50km、深さ方向20km）に当てはめたケースを傾斜方向・傾斜角の検討対象とする。ここで、断層幅は、傾斜角を考慮の上、深さ方向の想定波源域20kmを飽和するように設定する。
- 傾斜方向・傾斜角の検討対象と想定波源域（東西方向50km、深さ方向20km）との関係は下図のとおりである。ここで、検討8パターンの断層位置は断層上端を想定波源域の西端、中央、東端とし、傾斜角は 60° 東傾斜・西傾斜、及び 30° 東傾斜・西傾斜の断層を、位置の不確かさを考慮して、それぞれ2ケースずつ考慮することとし、検討8パターンの断層を想定波源域とおおむね合致する範囲に配置している*。



鉛直面内の断層形状

土木学会（2016）に一部加筆

※：すべての断層が想定波源域内に収まることを基本とするが、本配置においてパターン6及び3は下部で想定波源域からはみ出す。パターン6及び3を除外すると、 30° 東傾斜・西傾斜の断層位置の不確かさを考慮できなくなる。また、パターン6のケースは津波水位評価上、敷地に与える影響が保守側の設定になる（第1023回審査会合 資料1-2 「2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討」参照）ことから許容することとし、これ以上の想定波源域を大きくはみ出すパターンは検討対象としない。

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (31/65)

第1204回審査会合
資料1 P.106再掲

③ 走向・すべり角・上縁深さの設定

- 以下の知見を基に走向, すべり角及び上縁深さをそれぞれ設定した。
 - [走向] 海底地形の等水深線の走向に基づき 3.8° 及び 183.8° と設定
 - ✓ ハーバードCMT解による走向と等水深線の走向の関係の分析結果から, 走向は等水深線に沿って南北に分布しているとされている (左下図参照)。
土木学会 (2016) による
 - [すべり角] 90° に設定
 - ✓ ハーバードCMT解による日本海東縁部の断層のすべり角は, 90° 程度であるとされている (中央下図参照)。
土木学会 (2016) による
 - ✓ 東北地方から北海道地方の沿岸にかけては, 90° に近い断層すべり角となったとされている (右図参照)。
国交省ほか (2014) による
 - ✓ すべり角 90° で津波の初期水位が最大になると考えられる。
 - [上縁深さ] 1 kmに設定
 - ✓ 日本海東縁部の既往津波に対して, すべりの不均質性を考慮し, 既往津波の再現性がおおむね確認されている根本ほか (2009) のアスペリティモデルは, 日本海東縁部の地震発生層の上限深さを考慮して海底面より深さ 1 kmに上縁深さが設定されている。
根本ほか (2009) による

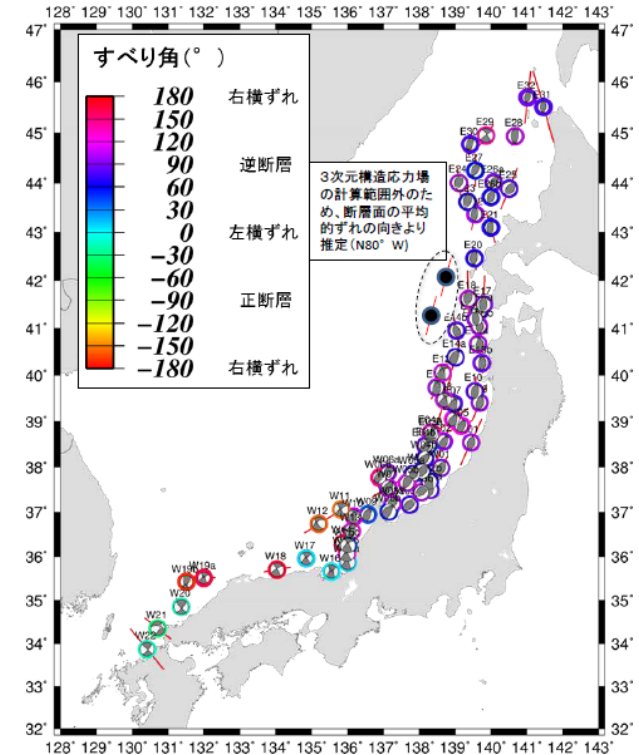
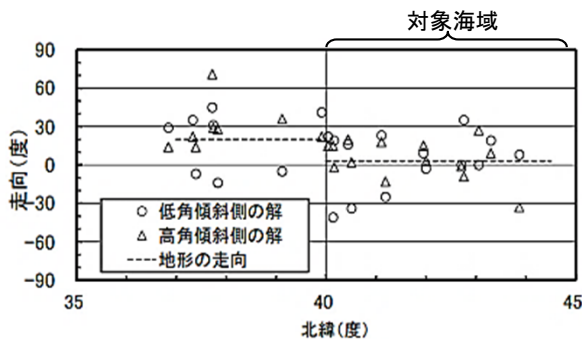
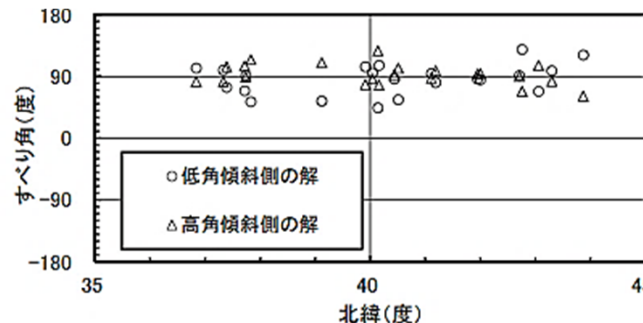


図32 3次元構造応力場により推定したすべり角の分布 (佐藤・他, 2014)

国交省ほか (2014)



ハーバードCMT解による断層走向と地形走向
土木学会 (2016) に一部加筆



ハーバードCMT解による断層のすべり角
土木学会 (2016)

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（32/65）

④ 最大すべり量の設定（1/9）

第1204回審査会合
資料1 P.107再掲

基本方針

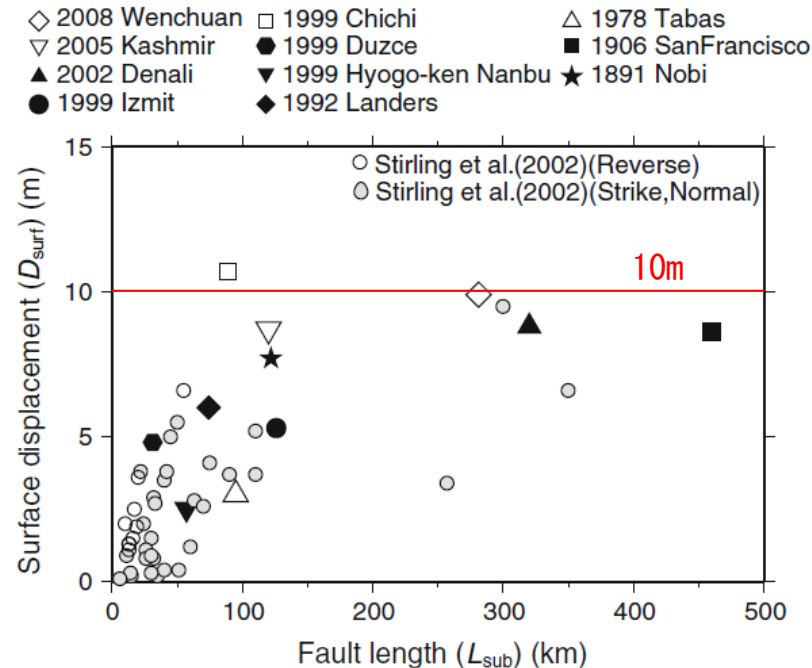
- 最大すべり量は、既往地震、スケーリング則及び既往津波の再現モデルの科学的知見を整理の上、安全評価上保守側の設定とする。具体的には以下のとおり。
 - ✓ 日本海東縁部の地震と同様のタイプ（活断層タイプ）である世界の内陸で発生した地震の最大すべり量の知見（P. 108参照）
 - ✓ 日本海東縁部及び活断層で発生する地震規模に係るスケーリング則から設定される最大すべり量の知見（P. 109～P. 112参照）
 - ✓ 日本海東縁部で発生した既往津波の断層モデルのすべり量（P. 113, P. 114参照）

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (33/65)

④ 最大すべり量の設定 (2/9)

第1204回審査会合
資料1 P.108再掲

既往地震に関する検討



断層長さと最大地表変位量との比較

Murotani et al. (2015) に一部加筆

- 日本海東縁部は、明瞭なプレート境界が形成されておらず、地震の発生様式は内陸地殻内地震と同様なものと考えられる。このため、世界の内陸地殻内地震のすべり量の知見を参照する。
- 世界の内陸で発生した地震を分析した結果、地表で観測された最大変位量は、震源断層での最大すべり量と1:1の比例関係にあり、震源断層長さが約100km以上の場合、地表最大変位量は10m程度で飽和するとされている。

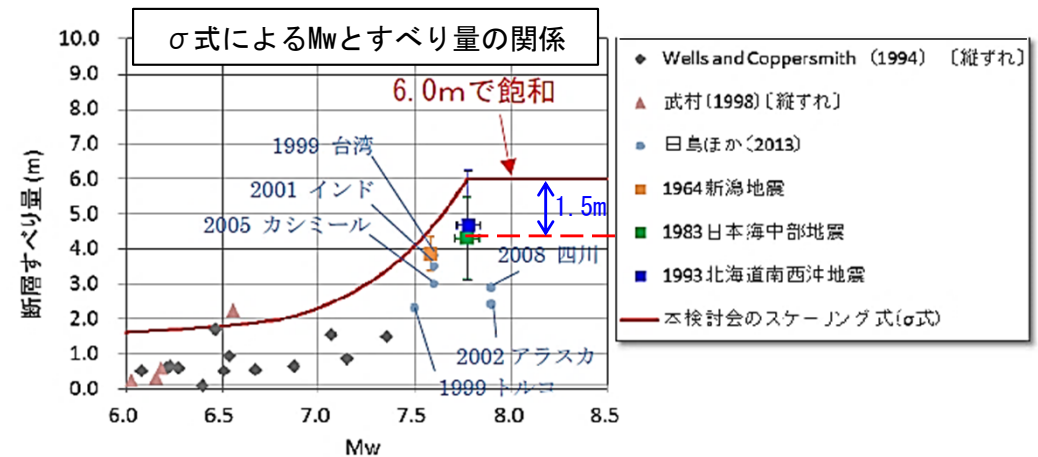
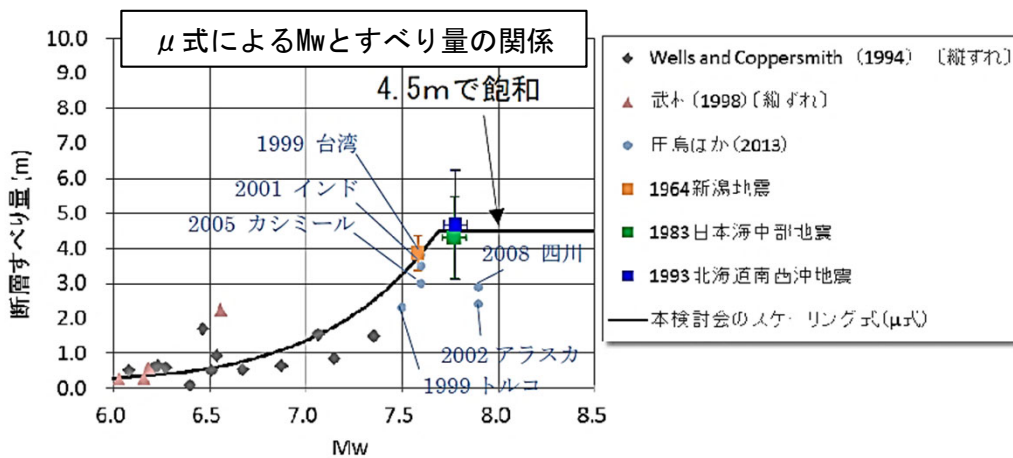
Murotani et al. (2015) による

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（34/65）

④ 最大すべり量の設定（3/9）

第1204回審査会合
資料1 P.109再掲

スケーリング則①：国交省ほか（2014）



地震規模とすべり量の関係（日本海における大規模地震に関する調査検討会）

国交省ほか（2014）に一部加筆

- 国交省ほか（2014）では、「スケーリング則として平均的なモデルであるμ式と、すべりのばらつきを考慮したσ式の2つを用いており、μ式の飽和平均すべり量（ D_μ ）4.5mに標準偏差（ σ ）1.5mを加算して、σ式の飽和平均すべり量（ D_σ ）を6.0m」と設定されている。
- また、大すべり域のすべり量は、平均すべり量の2倍とされており、σ式における大すべり域のすべり量は最大12mとなる。

国交省ほか（2014）による

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（35／65）

④ 最大すべり量の設定（4／9）

第1204回審査会合
資料1 P.110再掲

スケーリング則②：地震調査研究推進本部（2016）

- 地震調査研究推進本部（2016）『レシピ』の方法では、「活断層で発生する地震の地震規模（地震モーメント M_0 （ $N \cdot m$ ））を震源断層の面積 S （ km^2 ）との経験的關係より算出するとし、地震の規模に応じて3段階で S - M_0 關係式を使い分ける」とされている。
- 日本海東縁部に想定した基準波源モデルは $M_w=8.1$ 、 8.2 であり、地震規模（ $7.4 < M_w$ ）の關係式が適用される。
- この關係式から算出される平均すべり量は $2.86m$ となる。また、アスペリティのすべり量は、震源断層全体の平均すべり量の2倍とされており $5.72m$ となる。

【地震調査研究推進本部（2016）『レシピ』の S - M_0 關係式】

$$M_0 = \left(S / 2.23 \times 10^{15} \right)^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_w < 6.5) \quad \text{Somerville et al. (1999) の式}$$

$$M_0 = \left(S / 4.24 \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7} \quad (6.5 \leq M_w \leq 7.4) \quad \text{入倉・三宅 (2001) の式}$$

$$M_0 = S \times 10^{17} \quad (7.4 < M_w) \quad \text{Murotani et al. (2015) の式}$$

M_0 ：地震モーメント（ $N \cdot m$ ） S ：断層面積（ km^2 ）

M_w ：モーメントマグニチュード

→ 上記 S - M_0 關係式に以下を代入して算出した平均すべり量 D は、 $2.86m$ （面積によらず一定）となる。

- 平均すべり量： $D = M_0 / \mu S$
- 基準波源モデルの面積： $S = 7.9 \times 10^3 km^2$ 、 $13.6 \times 10^3 km^2$
- 剛性率： $\mu = 3.5 \times 10^{10} (N/m^2)$ （土木学会（2016））

【アスペリティのすべり量】

$$D_a = 5.72m \quad (\text{平均すべり量の2倍})$$

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (36/65)

④ 最大すべり量の設定 (5/9)

第1204回審査会合
資料1 P.111再掲

スケーリング則③：土木学会 (2016)

- 土木学会 (2016) では、「国交省ほか (2014) を参照して、日本海東縁部の地震規模 (地震モーメント M_0 (N・m)) を断層面積 S (m²) との経験的關係式より算出するとし、地震の規模に応じて3段階で S - M_0 關係式を使い分ける検討例」が示されている。
- 日本海東縁部に想定した基準波源モデルは $M_w=8.1$, 8.2 であり、地震規模 ($7.7 \leq M_w$) の關係式が適用される。
- この關係式から算出される平均すべり量は 4.5m となる。また、アスペリティのすべり量は、平均すべり量の2倍とされており 9.0m となる。

【土木学会 (2016) の S - M_0 關係式】

$$M_0 = (S/2.23 \times 10^9)^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_w < 6.5) \quad \text{Somerville et al. (1999) の式}$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^5)^2 \times 10^{-7} \quad (6.5 \leq M_w < 7.7) \quad \text{入倉・三宅 (2001) の式}$$

$$M_0 = 1.575 \times S \times 10^{11} \quad (7.7 \leq M_w^*) \quad \text{日本海東縁部の既往地震の平均すべり量 } 4.5\text{m} \text{ で頭打ちとなる關係式 (剛性率 } \mu : 3.5 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{))}$$

M_0 : 地震モーメント (N・m) S : 断層面積 (m²)

M_w : モーメントマグニチュード

※：世界の地殻内地震の地震規模と地殻厚さを検討した結果、地殻厚さが 40km 未満の領域では $M_w 8.0$ を超える地震が発生していないことを踏まえ、 M_w の上限は 8.0 とされている。

上記 S - M_0 關係式に以下を代入して算出した平均すべり量 D は、 4.5m (面積によらず一定) となる。

- 平均すべり量 : $D = M_0 / \mu S$
- 基準波源モデルの面積 : $S = 7.9 \times 10^3 \text{km}^2$, $13.6 \times 10^3 \text{km}^2$
- 剛性率 : $\mu = 3.5 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{)}$ (土木学会 (2016))

【アスペリティのすべり量】

$$D_a = 9.0\text{m} \quad (\text{平均すべり量の2倍})$$

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（37／65）

④ 最大すべり量の設定（6／9）

第1204回審査会合
資料1 P.112再掲

スケーリング則：まとめ

国交省ほか（2014）、地震調査研究推進本部（2016）及び土木学会（2016）のそれぞれのスケーリング則に基づき設定される最大すべり量は下表のとおりであり、その最大値は12mである。

スケーリング則に基づく最大すべり量

	国交省ほか（2014）	地震調査研究推進本部 （2016）	土木学会（2016）
最大すべり量	12.0m	5.72m	9.0m

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (38/65)

④ 最大すべり量の設定 (7/9)

第1204回審査会合
資料1 P.113再掲

既往津波の再現性が確認されている断層モデルの検討

- 日本海東縁部で発生した既往津波の波源モデルのうち、すべり量の最大値は、1993年北海道南西沖地震津波の再現モデルDCRC-26モデルの12mである。

土木学会 (2016) による

既往津波の再現性が確認されている断層モデル

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ 数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	-	-	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	-	-	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ, W:断層幅, D:すべり量, d:上縁深さ, θ :走向, δ :傾斜角, λ :すべり角, K:幾何平均値, κ :幾何標準偏差

土木学会 (2016) に一部加筆

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (39/65)

④ 最大すべり量の設定 (8/9)

第1204回審査会合

資料1 P.114再掲

DCRC-26モデルのすべり量

- 高橋ほか(1994)では、高橋ほか(1995) DCRC-26モデルの先行モデルであるDCRC-17aモデル(最大すべり量12m)の構築で重視した考え方として「奥尻島初松前での20mにも達する高い打ち上げ高を再現できなくてはならない。」とされている。
- 一方、高橋ほか(1995)によると、DCRC-26モデルによる北海道南西岸の津波打ち上げ高分布によると、江差以南では津波痕跡高に比べて計算津波高が大きい(右下図参照)。

以上から、DCRC-26モデルの最大すべり量12mは、奥尻島の特定地点で観測された津波の高い打ち上げ高さの再現を目的として設定された値であり、特に北海道南西岸では計算津波高が大きくなることから、大間の津波評価に対しては、保守的設定であると考えられる。

表1 DCRC-26モデルの断層パラメータ

Fault	North	Central	South
Width (km)	25.0	25.0	15.0
Length (km)	90.0	26.0	30.5
Strike (°)	188	175	150
Dip Angle (°)	35	60	60
Slip Angle (°)	80	105	105
Depth (km)	10	5	5
Dislocation (m)	5.71	4.00	12.00
M_0 ($\times 10^{27}$ dyne \cdot cm)	3.85	0.78	1.65

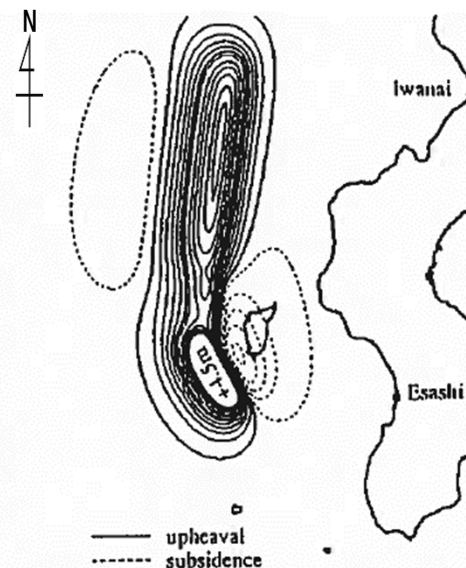


図1 DCRC-26モデルにおける地震変位

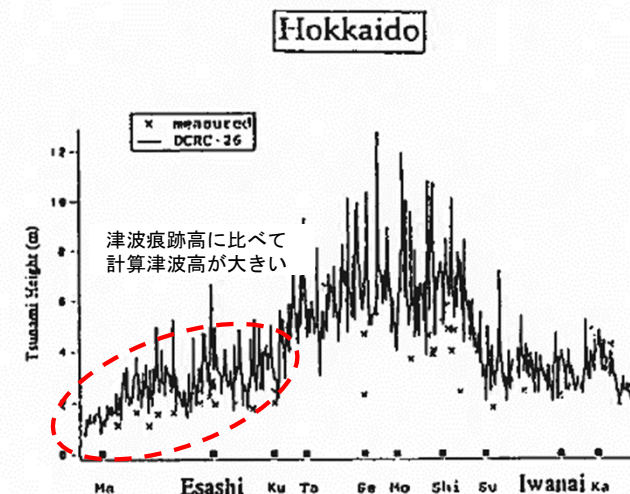


図3 DCRC-26モデルにおける津波打ち上げ高分布

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（40／65）

④ 最大すべり量の設定（9／9）

第1204回審査会合
資料1 P.115再掲

まとめ

- 波源モデルの最大すべり量として、Murotani et al. (2015) によると最大すべり量が約10mで飽和すること（P.108参照）、国交省ほか（2014）等のスケーリング則に基づく最大すべり量の最大値が12mであること（P.112参照）、また、北海道南西沖地震津波の局所的に大きな津波を再現する波源モデルの最大すべり量が12mであること（P.113, P.114参照）を考慮し、最大すべり量は、それらを包絡するように安全評価上12mと設定する。

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (41/65)

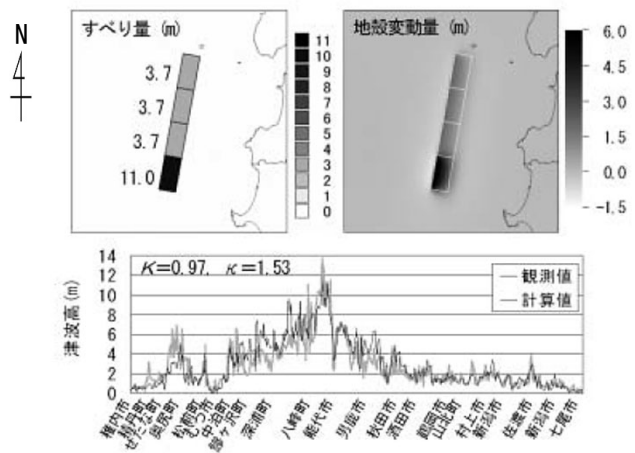
⑤ すべりの不均質性の設定 (1/3)

第1204回審査会合

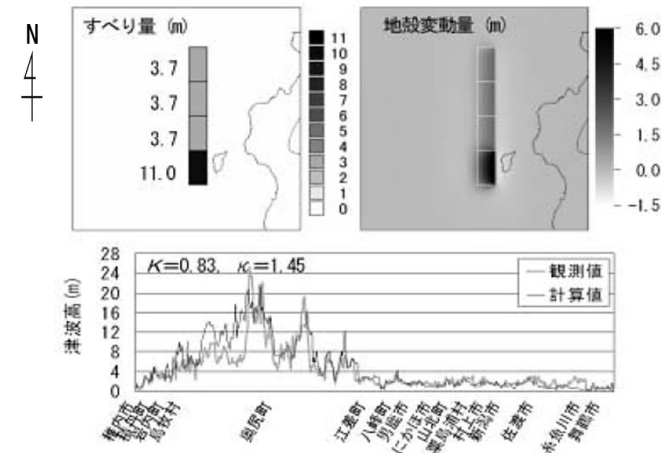
資料1 P.116再掲

根本ほか (2009)

- 2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえてすべりの不均質性を考慮し、敷地への津波の影響評価として津軽海峡入口に津波が集中するようなすべり分布を検討することを目的とし、アスペリティと背景領域との面積比及びすべり量比を設定する。
- 日本海東縁部の既往津波に対して、すべりの不均質性を考慮し、既往津波の再現性がおおむね確認されている根本ほか (2009) の知見の適用を念頭におき、その内容及び妥当性について整理する。(P.117, P.118参照)
- 根本ほか (2009) では、「アスペリティモデルは、アスペリティ位置の推定が困難な地震空白域等に適用する場合に、4つのセグメントのいずれかがアスペリティに相当するセグメントと考えて、アスペリティ (平均すべり量の2倍のすべり量) 位置を変化させた4ケースの計算を行えば、4ケースの計算による最大値が観測値 (既往津波高) をほぼ包含することができる。」とされている。
- 根本ほか (2009) による 不均質モデルの設定は以下のとおり。
 - ✓ 断層面を4セグメントに分割して、そのうち1セグメントをアスペリティ領域、残りの3セグメントを背景領域とする。
 - ✓ アスペリティ領域のすべり量は平均すべり量の2倍とする。
 - ✓ 背景領域のすべり量は平均すべり量の2/3倍とする。



アスペリティモデルの断層モデルと計算津波高
【1983年日本海中部地震】



アスペリティモデルの断層モデルと計算津波高
【1993年北海道南西沖地震】

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（42/65）

⑤ すべりの不均質性の設定（2/3）：根本ほか（2009）の妥当性確認

第1204回審査会合
資料1 P.117再掲

根本ほか（2009）の不均質すべりモデルのスケーリング則の妥当性

- 根本ほか（2009）の不均質モデルのスケーリング則の妥当性を確認するため、大すべり域の面積比及びすべり量比について、根本ほか（2009）と日本海における最大クラスの津波断層モデルの設定に関する検討である国交省ほか（2014）とを比較した。
- その結果、根本ほか（2009）と国交省ほか（2014）のスケーリング則はおおむね整合的であることが確認できた。

以上から、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の波源モデルの設定に根本ほか（2009）のスケーリング則を適用することは妥当と考えられる。

根本ほか（2009）及び国交省ほか（2014）のスケーリング則の比較

文献	大すべり域面積／全体面積	大すべり域すべり量／平均すべり量
根本ほか（2009）	0.25	2.0
国交省ほか（2014）	0.20	2.0

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（43/65）

⑤ すべりの不均質性の設定（3/3）

第1204回審査会合
資料1 P.118再掲

まとめ

- 2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえてすべりの不均質性を考慮し、敷地への津波の影響評価として津軽海峡入口に津波が集中するようなすべり分布を検討する。
- 日本海東縁部の地震に関するすべりの不均質性に係る知見として、既往津波（1983年日本海中部地震津波、1993年北海道南西沖地震津波）の再現性が確認され、すべりの不均質性に係るその他のスケーリング則（国交省ほか（2014））とも整合する根本ほか（2009）に基づく設定が妥当であると考え、アスペリティの配置及びすべり量を以下のとおり設定する。
 - ✓ 根本ほか（2009）のセグメント長さを考慮し、8つのセグメントに分割して、アスペリティ領域と背景領域の面積比を1：3とする。
 - ✓ アスペリティ領域のすべり量は平均すべり量の2倍とする。
 - ✓ 背景領域のすべり量は平均すべり量の2/3倍とする。

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（44/65）

⑥ 剛性率の設定（1/2）

第1204回審査会合
資料1 P.119再掲

土木学会（2016）

- 土木学会（2016）では、「地震波速度や密度に関する既往研究に基づき、海域毎に標準値が設定されており、日本海東縁部の剛性率は $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 」とされている。

震源付近の媒質の剛性率の標準値

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

土木学会（2016）に一部加筆

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (45/65)

⑥ 剛性率の設定 (2/2)

第1204回審査会合
資料1 P.120再掲

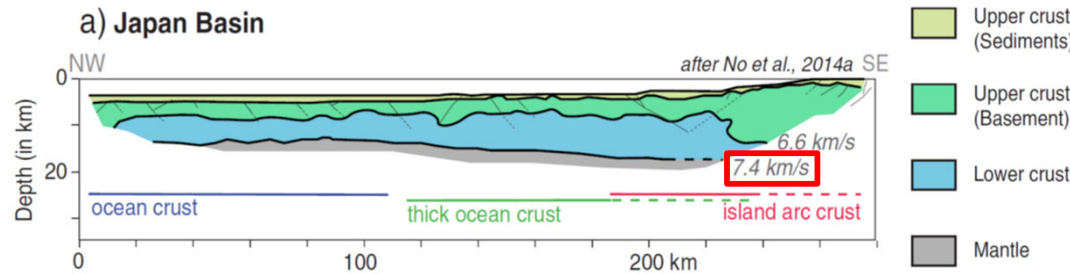
P波速度の範囲から推定される剛性率

- Van Horne et al. (2017) 及び Sato et al. (2006) によると、「反射法及び海底地震計を用いた地震探査によれば、日本海東縁部北部の上部地殻～下部地殻におけるP波速度はおおむね4.2～7.4km/sの範囲内にあると推定される」とされている。
- このP波速度の範囲をBrocher (2005) ※1による経験的關係に当てはめると、剛性率の中間的値は約 $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ となる。

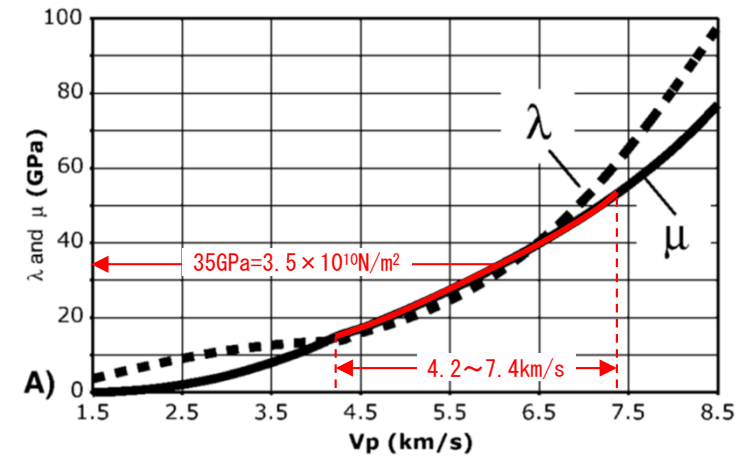
前ページ及び以上から、剛性率は $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ とした。

青森県～秋田県沖 (日本海盆～1983年日本海中部地震震源域)

※1: Brocher(2005)は、様々な環境におけるポアホールデータ、地震波トモグラフィデータ、実験データ等を集約し、堆積層～上部マントルにおけるP波速度と密度等の経験式關係を提示している。



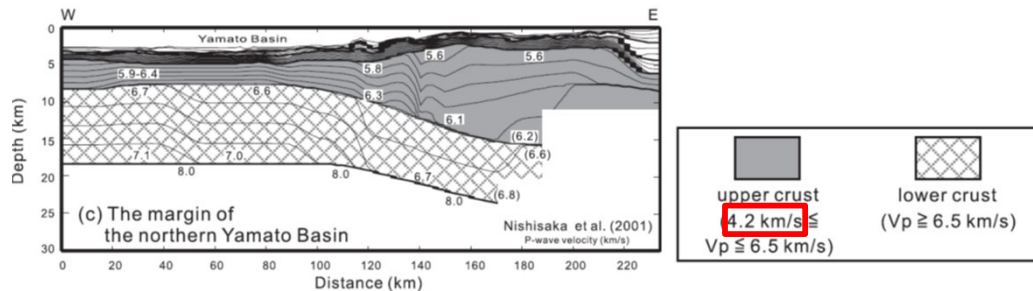
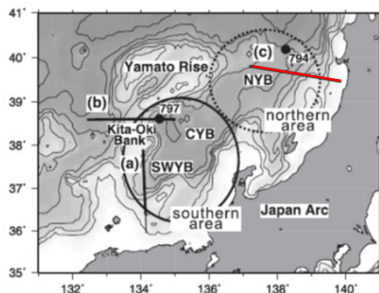
Van Horne et al. (2017) に一部加筆



Brocher (2005) に一部加筆

P波速度とラメ定数の経験的關係※2

秋田県沖 (大和海盆～最上トラフ)



Sato et al. (2006) に一部加筆

反射法及び海底地震計による日本海東縁部のP波速度構造

※2: 上図はP波速度とラメ定数(λ , μ)の關係を示しており、このうち μ は剛性率である。

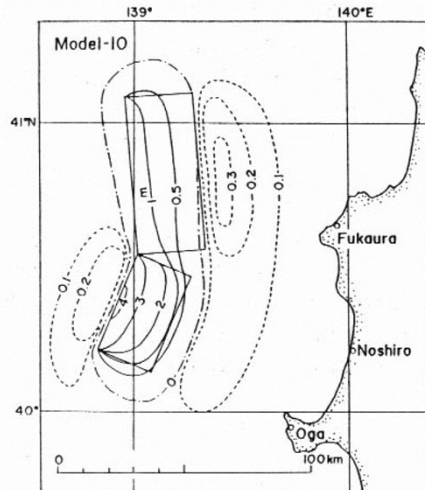
3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (46/65)

第1204回審査会合
資料1 P.121再掲

⑦ ライズタイムの設定 (1/2)

- 日本海東縁部で至近に発生し、観測データが充実している1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖津波を対象に、その再現モデルのライズタイムを参照する。
- 土木学会 (2016) には1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖津波の痕跡高を説明できる断層モデルとして、それぞれ、相田 (1984) のモデル、高橋ほか (1995) のモデルが示されている。
- これらのモデルでは、断層モデルから計算された地盤変位を初期条件としていることから、ライズタイムは考慮していない (0秒) と推定される。
- 首藤 (1996) は、1993年北海道南西沖地震津波に関し、検潮記録と解析波形の比較を行っており、波源域近傍の江差地点の解析波形は、計算開始 (0秒) から地殻変動を考慮し、海面に水位変動が与えられていることから、ライズタイムは考慮していない (0秒) と推定される。

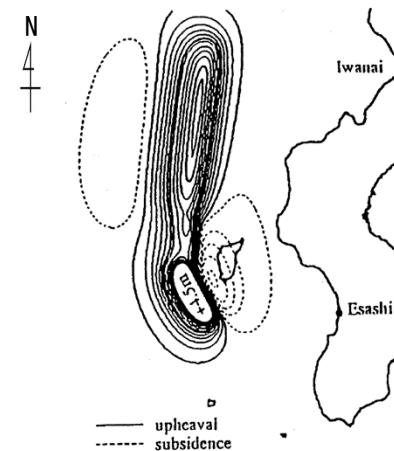
また波源としては断層モデルを仮定し、そのパラメータから MANSINHA and SMYLIE (1971) の方法によって海底の鉛直変位を計算し、それを水位の初期条件として与えた。



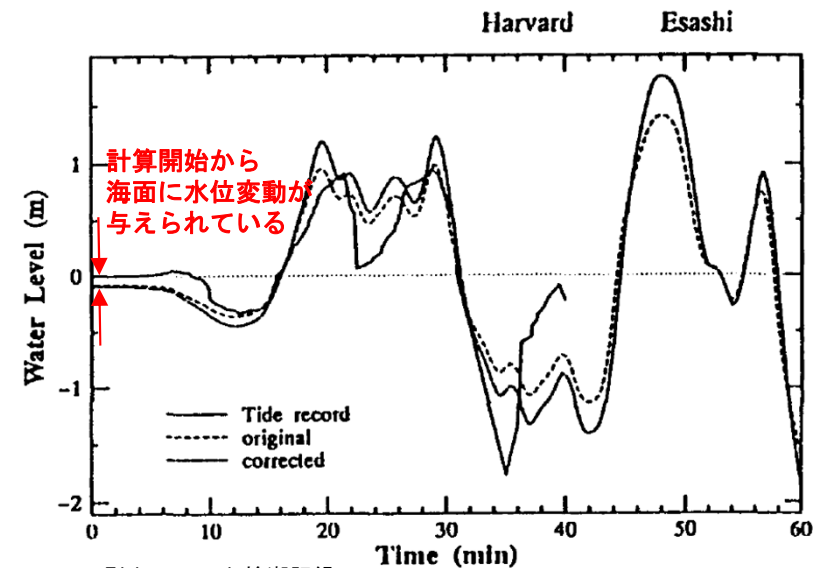
1983年日本海中部地震津波
断層モデル
相田 (1984) に一部加筆

図 1に DCRC-26 モデルによる地盤変位を示す。奥尻島は沈降領域に入っており、表 2に示した沈降量も GPS による実測結果³⁾を満足している。

この地盤変位を初期条件とし、線形長波理論により計算を行った。ただし、沖側境界としては自由透過、陸側境界としては最低水深 10m の完全反射条件を用いた。また、空間格子間隔は 450m、時間間隔は 1 秒とした。



1993年北海道南西沖地震津波
断層モデル
高橋ほか (1995) に一部加筆



Tide record: 検潮記録
original: 解析波形

1993年北海道南西沖地震津波
江差地点の検潮記録と解析波形の比較
首藤 (1996) に一部加筆

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（47/65）

⑦ ライズタイムの設定（2/2）

第1204回審査会合
資料1 P.122再掲

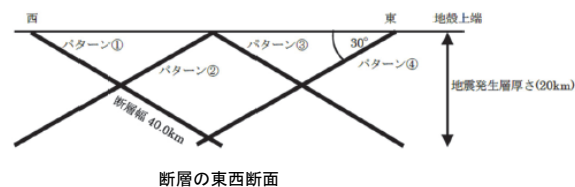
- 土木学会（2016）では、日本海東縁部を対象とした不均質モデルによる決定論的津波評価の適用事例を示しており、その中で、ライズタイム0秒、10秒、30秒及び60秒とした場合の津波水位（評価地点：青森県十三湖）の比較を行っている。
- その結果、「ライズタイム0秒のケースで津波水位が最大になる」とされている。

前ページ及び以上から、ライズタイムは、保守的設定として0秒とした。



ライズタイムに関するパラメータスタディの結果

ライズタイム (秒)	領域	南北位置 ※南から 1-6	東西位置・傾斜方向 傾斜パターン①～④	傾斜角 (度)	大すべり域位置 ※北から 1-4	位置詳細	上縁深さ (km)	水位 (m)
0	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.89
10	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.81
30	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.51
60	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.31



検討波源位置図

注：右表の検討ケースと傾斜角は異なる

土木学会（2016）に一部加筆

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (48/65)

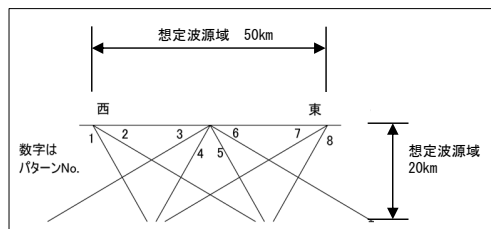
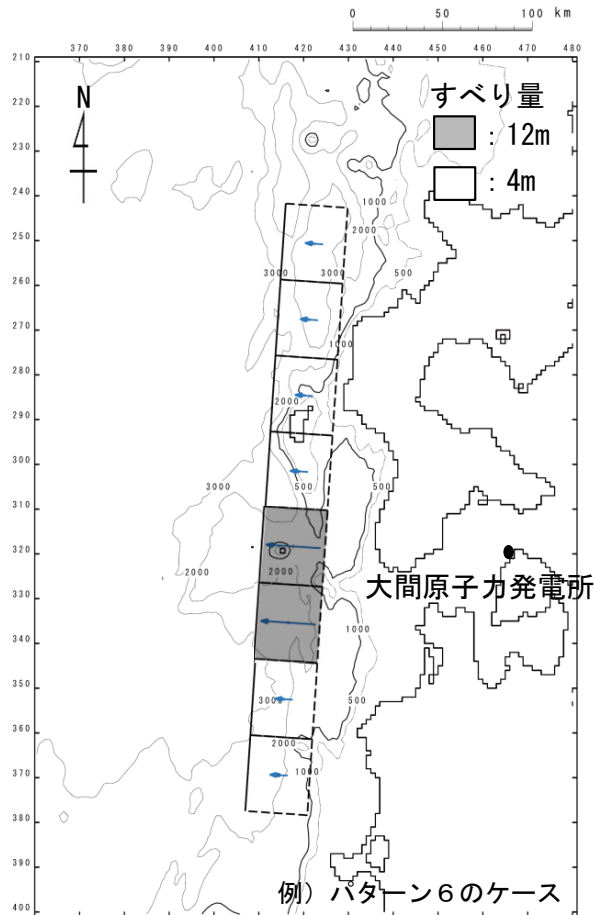


基準波源モデルの設定：まとめ (1/2)

以下のフロー及び設定根拠に基づき、基準波源モデルを設定した。

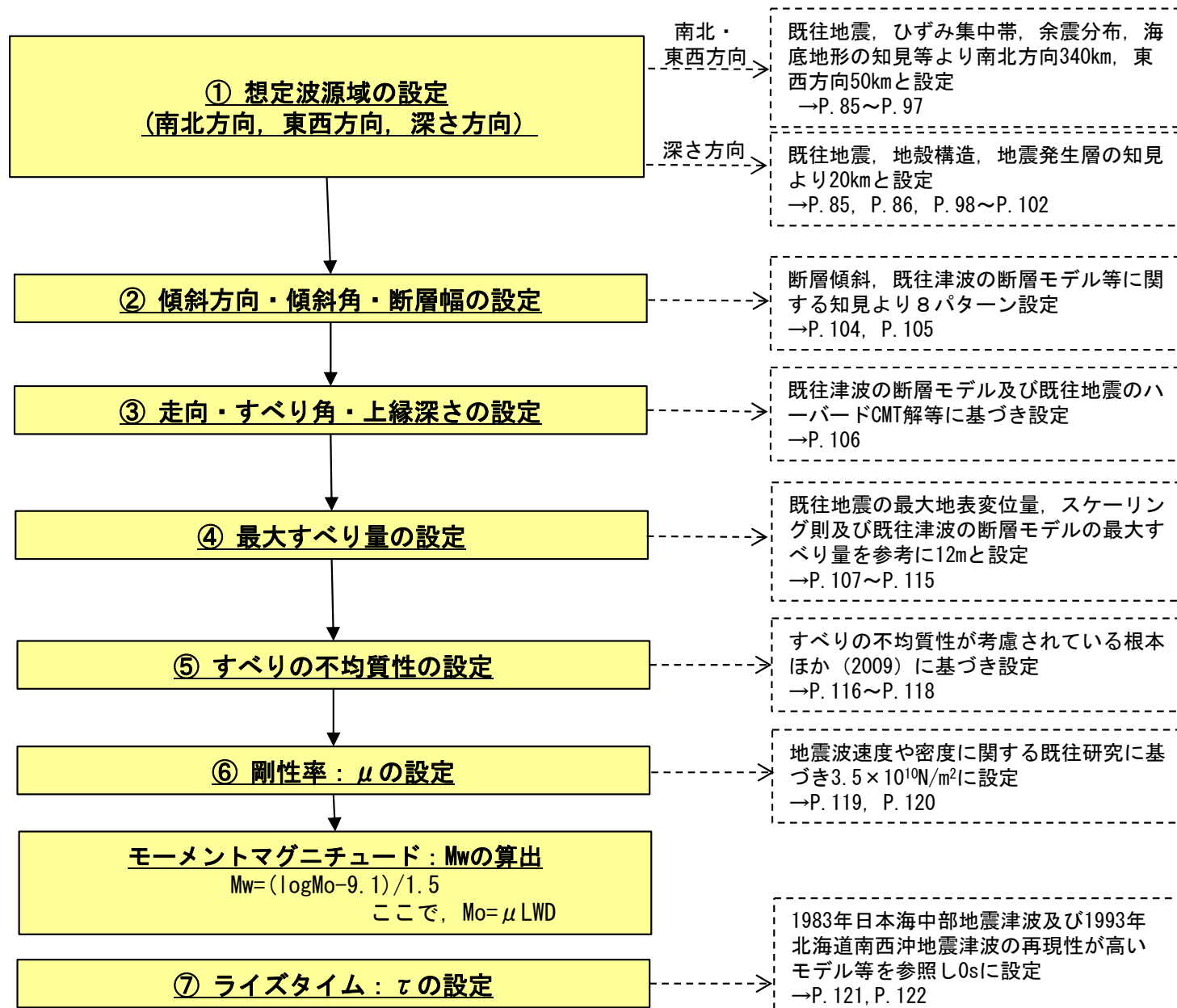
基準波源モデル設定フロー

設定根拠



東西位置、傾斜角パターン
土木学会 (2016) に一部加筆

基準波源モデル



3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (49/65)

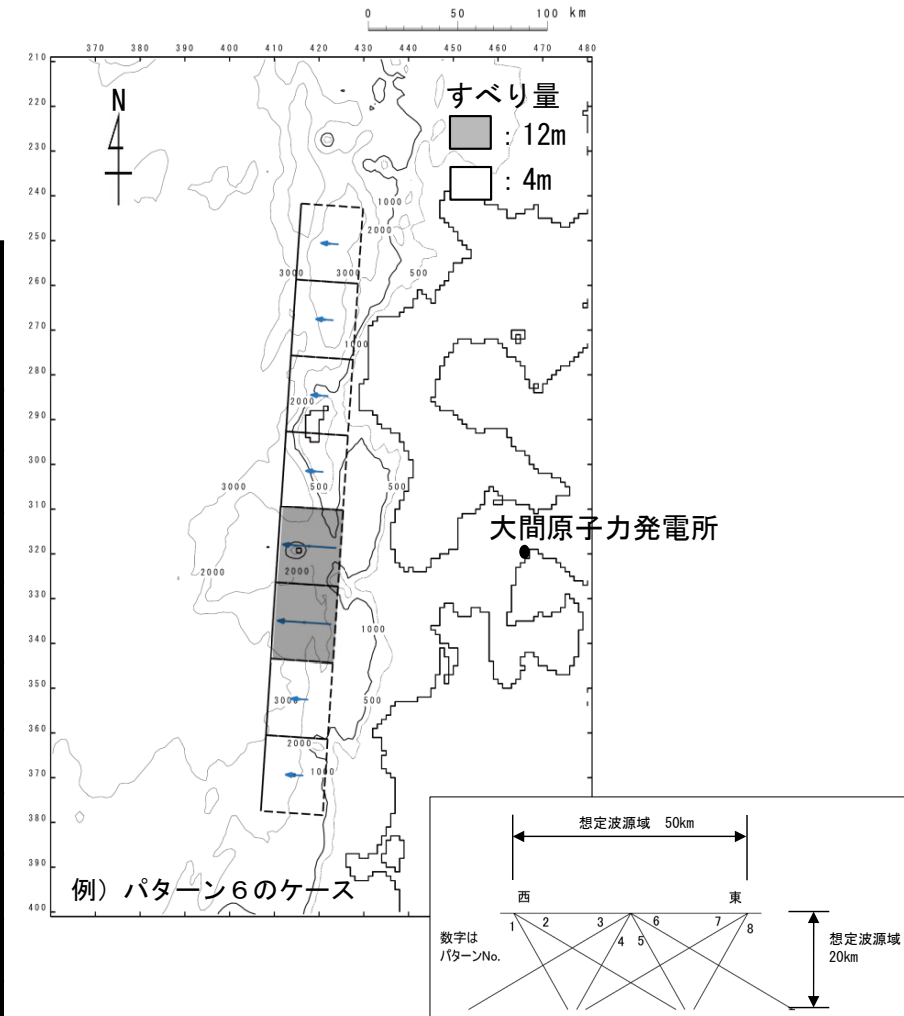
基準波源モデルの設定：まとめ (2/2)

第1204回審査会合
資料1 P.124再掲

- 想定波源域は、安全評価上、青森県西方沖から北海道南西沖が連動するものとして、 $L=340\text{km}$ の領域とした。
- すべりの不均質性を考慮し、アスペリティ領域と背景領域を設定した。

基準波源モデルのパラメータ

項目	諸元		主な設定根拠
	高角断層 (傾斜角 60°)	低角断層 (傾斜角 30°)	
モーメントマグニチュード M_w	8.1	8.2	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$
長さ L (km)	340		青森県西方沖から北海道南西沖
幅 W (km)	23.1	40.0	想定波源域厚さ (20km), 傾斜角
すべり量 D (m)	12.0 (アスペリティ領域：全面積の25%) 4.0 (背景領域：全面積の75%)		既往地震の知見, 根本ほか (2009) 等
剛性率 μ (N/m^2)	3.5×10^{10}		土木学会 (2016) 等
地震モーメント M_0 ($\text{N} \cdot \text{m}$)	1.65×10^{21}	2.86×10^{21}	$M_0 = \mu LWD$
走向 θ ($^\circ$)	東傾斜：3.8, 西傾斜：183.8		海底地形の等水深線の走向
上縁深さ d (km)	1		根本ほか (2009) 等
傾斜角 δ ($^\circ$)	60	30	土木学会 (2016) 等
すべり角 λ ($^\circ$)	90		土木学会 (2016) 等
ライズタイム τ (s)	0		1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル等



基準波源モデル

東西位置, 傾斜角パターン
土木学会 (2016) に一部加筆

(余白)

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (50/65)

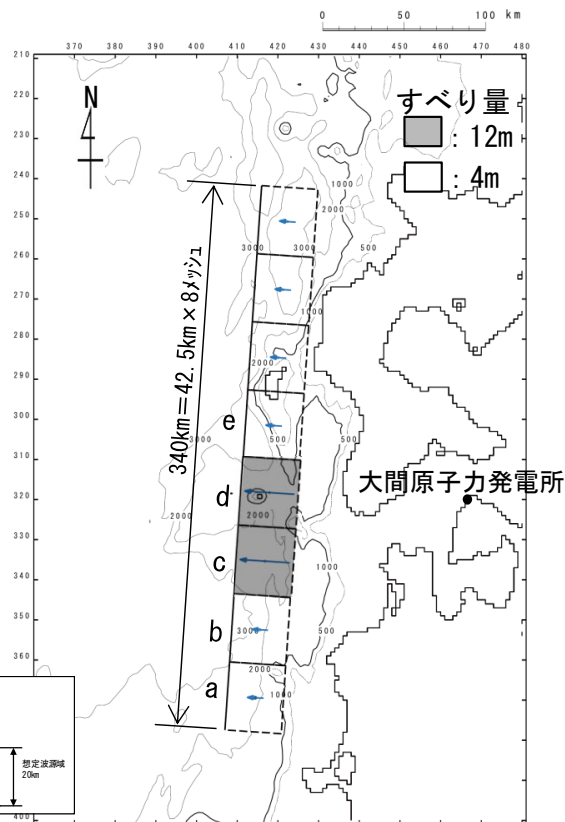
第1204回審査会合
資料1 P.126再掲



パラメータスタディ

○パラメータスタディは、概略と詳細の2段階で実施するものとし、概略パラスタは津波水位に対して支配的因子、詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである（第1023回審査会合 資料1-2 P.2.2-2~P.2.2-7参照）。パラスタ詳細は以下のとおり。

- ・概略パラスタのステップ1として、東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向並びにアスペリティ位置を組合せた検討を実施した。
- ・概略パラスタのステップ2として、ステップ1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、アスペリティをさらに細かく移動させた検討を実施した。
- ・詳細パラスタとして、概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる2つの波源モデルを対象に、走向、アスペリティ数及び位置、並びに上縁深さを変化させる検討をそれぞれ実施した。



東西位置、傾斜角パターン
土木学会 (2016) に一部加筆

基準波源モデル

概略パラメータスタディ (ステップ1)

項目	変動範囲	ケース数	
東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向	東西幅50kmの中で8ケース	8	計 32
アスペリティ位置	ab, bc, cd, deの4ケース (約40km ² ヲチで移動)	4	

概略パラメータスタディ (ステップ2)

項目	変動範囲	ケース数	
アスペリティ位置	cd(ステップ1), cdを北方及び南方へ約10km~30km (約10km ² ヲチ) 移動	7	計 14

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
走向	断層を南北に2分割し、分割した断層が独立し連動する 基準 (概略パラスタケース), 基準±10°	3	計 36
アスペリティ数及び位置	概略パラスタケース, アスペリティを南北に2分割し、片方を固定しもう片方を移動 (北方及び南方へ約10km~40km (約10km ² ヲチ))	9	
上縁深さ	0km, 1km (基準: 概略パラスタケース), 2km, 3km, 4km, 5km	6	

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (51/65)

基準波源モデルの諸元及びパラメータスタディ整理表

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

項 目	基準波源モデル			パラメータスタディ		
	諸 元		主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変 動 幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
	高角断層 (傾斜角60°)	低角断層 (傾斜角30°)				
モーメントマグニチュード Mw	8.1	8.2	Mw=(logMo-9.1)/1.5	—	—	保守的に設定した 他諸元からの算定値
長さ L (km)	340		青森県西方沖から 北海道南西沖	—	—	保守的に想定波源域の 南北方向全域を考慮
幅 W (km)	23.1	40.0	想定波源域厚さ(20km), 傾斜角	—	—	保守的に想定波源域の 深さ方向全域を考慮
すべり量 D (m)	12.0(アスペリティ領域:全面積の25%) 4.0(背景領域:全面積の75%)		既往地震の知見, 根本ほか(2009)等	—	—	既往の知見に照らして保守的に すべり量の上限を考慮
剛性率 μ (N/m ²)	3.5×10 ¹⁰		土木学会(2016)等	—	—	すべり量を最大で固定している ため、剛性率の値が津波評価に 影響しない
地震モーメント Mo (N・m)	1.65×10 ²¹	2.86×10 ²¹	Mo= μ LWD	—	—	保守的に設定した 他諸元からの算定値
走向 θ (°)	東傾斜:3.8, 西傾斜:183.8		海底地形の等水深線の走向	詳細パラスタ	±10°	既存断層パラメータの走向の標 準偏差相当
上縁深さ d (km)	1		根本ほか(2009)等	詳細パラスタ	0~5 km	想定波源域及び既往津波の波源 モデルの変動幅
断 層 面	傾斜角 δ (°)	60	30	概略パラスタ	60°, 30°	既往津波の波源モデルの変動幅
	傾斜方向	東傾斜, 西傾斜		概略パラスタ	東傾斜, 西傾斜	日本海東縁部の特性を考慮
	東西方向位置	東西方向25km ² ツチ		概略パラスタ	東西方向25km ² ツチ	想定波源域の範囲を考慮
すべり角 λ (°)	90		土木学会(2016)等	—	—	初期水位が最大となる設定
ライズタイム τ (s)	0		1993年北海道南西沖地震津 波の痕跡高の再現性が高い モデル等	—	—	既往津波を再現する設定かつ津 波高さが大きくなる設定
アスペリティ位置 (個数を含む)	断層長さ方向に8分割し、そのうち2セ グメントを津軽海峡前面に配置		根本ほか(2009)	概略パラスタ 詳細パラスタ	南北方向40km及び10km ² ツチ 一つ及び二つ	根本ほか(2009)の配置に対し てさらに細かい配置を考慮

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（52/65）

パラメータスタディ因子の妥当性について

第1204回審査会合
資料1 P.128再掲

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に関するパラメータスタディ検討因子は、土木学会（2016）におけるパラメータスタディを原則実施する因子とも整合する。

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

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

※1 基本断層モデルを地震活動域全体に設定する場合を除く

※2 すべり方向のばらつきを考慮して走向に連動

※3 応力場のばらつきを考慮して傾斜角に連動

※4 西傾斜，東傾斜

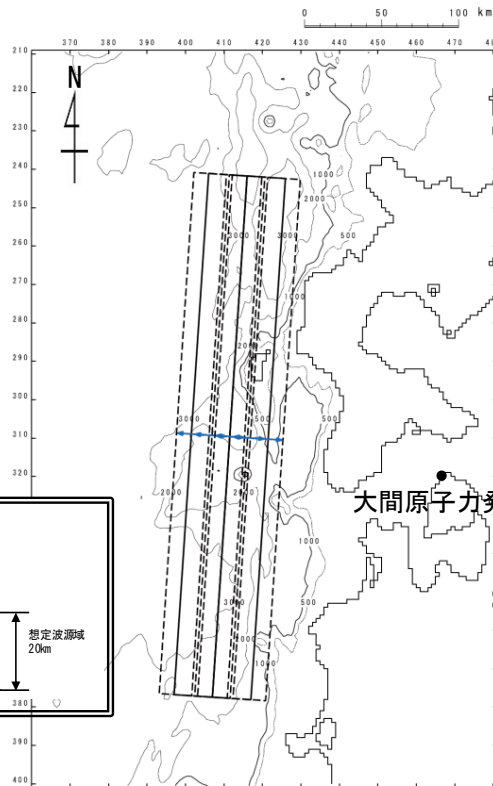
※5 調査により明確な場合は固定

※6 不明な断層は両方向

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (53/65)

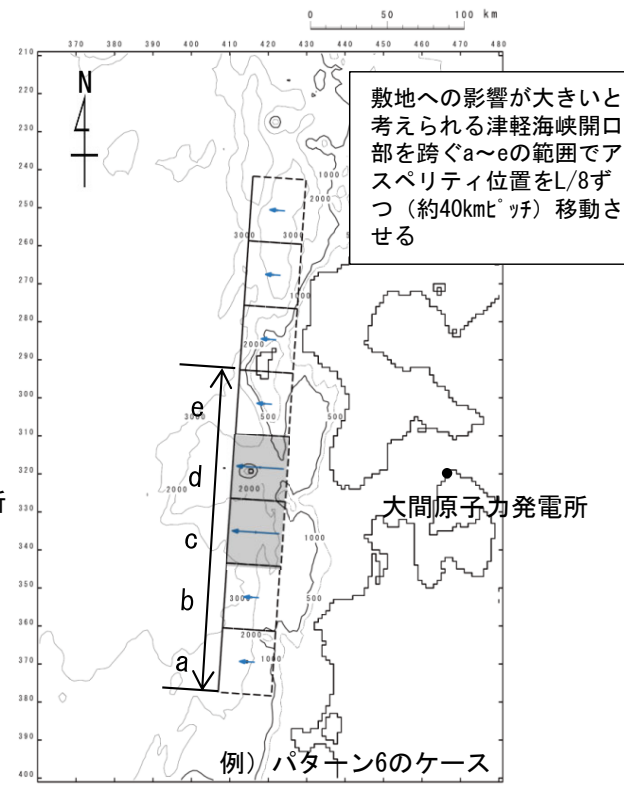
概略パラメータスタディ (1/4)

: 東西方向位置・傾斜角・傾斜方向, アスペリティ位置変化ケース

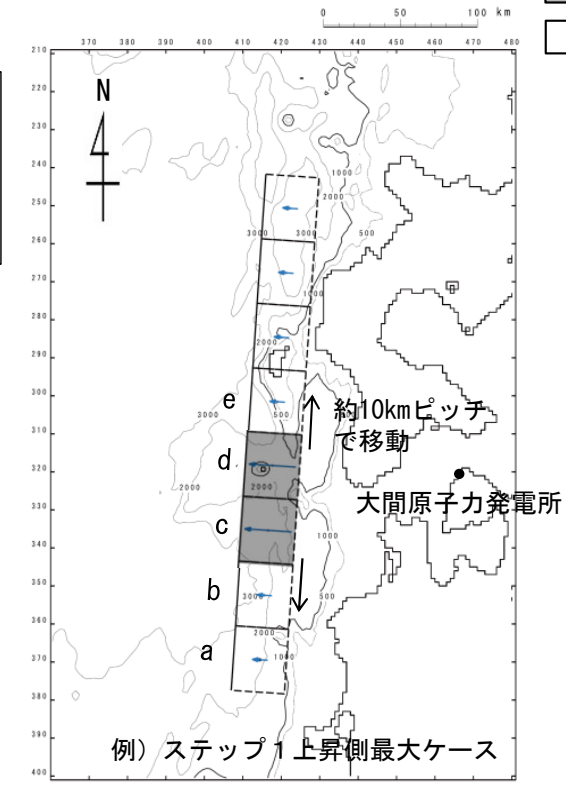
すべり量
■ : 12m
□ : 4m東西位置, 傾斜角パターン
土木学会 (2016) に一部加筆

東西方向位置・傾斜角・傾斜方向変化ケース

(ステップ1)



アスペリティ位置変化ケース (例)



アスペリティ位置変化ケース (例)

(ステップ2)

- 概略パラメータスタディ (ステップ1) として, 東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向並びにアスペリティ位置を組合せた検討を実施した。なお, アスペリティ位置は, 敷地への影響が大きいと考えられる津軽海峡開口部を跨ぐa~eの範囲で移動させた。
- 概略パラメータスタディ (ステップ2) として, 津波の津軽海峡への入射の影響をさらに細かく検討するために, ステップ1における最大水位変動ケースの波源モデルを対象に, 最大となったアスペリティ位置cdを北方及び南方へ約10km (隣接セグメントをさらに4分割した距離) ピッチで移動させた場合の検討を実施した。

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（54/65）

概略パラメータスタディ（2/4）：検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.130再掲


概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。


概略パラメータスタディ（ステップ1）結果一覧


アスペリティ位置	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	最大水位上昇量	最大水位下降量
de	1	60°	3.31m	-3.14m
	2	30°	4.07m	-3.62m
	3		4.02m	-3.66m
	4	60°	3.57m	-3.20m
	5		3.15m	-2.99m
	6	30°	3.78m	-3.52m
	7		3.98m	-3.60m
	8	60°	3.59m	-3.34m
cd	1	60°	3.71m	-3.36m
	2	30°	4.63m	-3.68m
	3		4.42m	-3.72m
	4	60°	3.54m	-3.46m
	5		4.00m	-3.53m
	6	30°	5.43m	-3.72m
	7		5.28m	-3.76m
	8	60°	4.32m	-3.59m
bc	1	60°	3.18m	-2.52m
	2	30°	3.93m	-3.33m
	3		3.84m	-3.50m
	4	60°	2.78m	-2.56m
	5		3.21m	-2.77m
	6	30°	3.88m	-3.44m
	7		3.86m	-3.62m
	8	60°	2.89m	-2.85m
ab	1	60°	1.99m	-1.85m
	2	30°	2.46m	-2.30m
	3		2.65m	-2.71m
	4	60°	1.80m	-1.79m
	5		1.78m	-1.69m
	6	30°	2.17m	-1.92m
	7		2.18m	-2.37m
	8	60°	1.76m	-1.86m

概略パラメータスタディ（ステップ2）結果一覧

概略パラスタ (ステップ1)	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ位置	最大水位上昇量	最大水位下降量
上昇側	6	30°	北方へ30km	4.58m	-3.61m
			北方へ20km	5.21m	-3.70m
			北方へ10km	5.59m	-3.72m
			cd	5.43m	-3.72m
			南方へ10km	5.19m	-3.71m
			南方へ20km	4.73m	-3.68m
			南方へ30km	4.08m	-3.64m
			北方へ30km	4.67m	-3.69m
下降側	7	30°	北方へ20km	5.32m	-3.72m
			北方へ10km	5.37m	-3.74m
			cd	5.28m	-3.76m
			南方へ10km	5.16m	-3.73m
			南方へ20km	4.73m	-3.71m
			南方へ30km	4.13m	-3.69m

 : 概略パラスタ（ステップ1） 最大水位上昇/下降ケース

 : 概略パラスタ（ステップ2） 最大水位上昇ケース

 : 概略パラスタ（ステップ2） 最大水位下降ケース

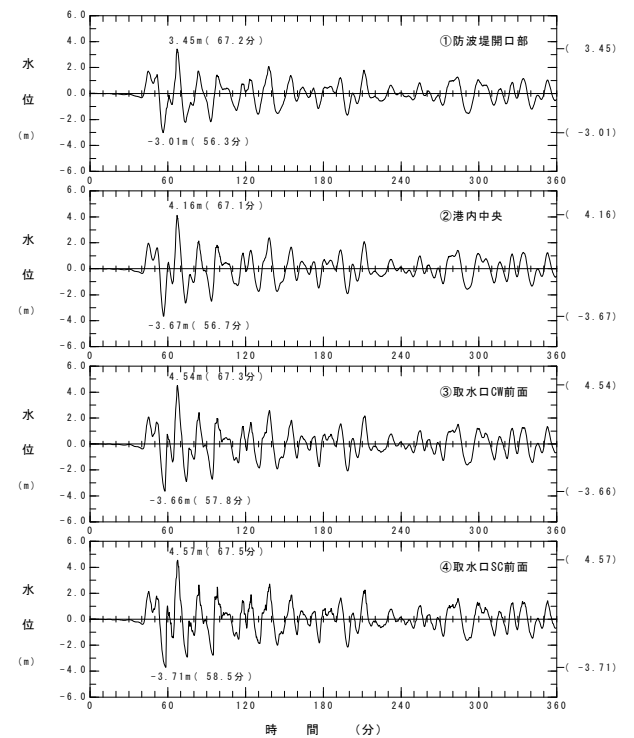
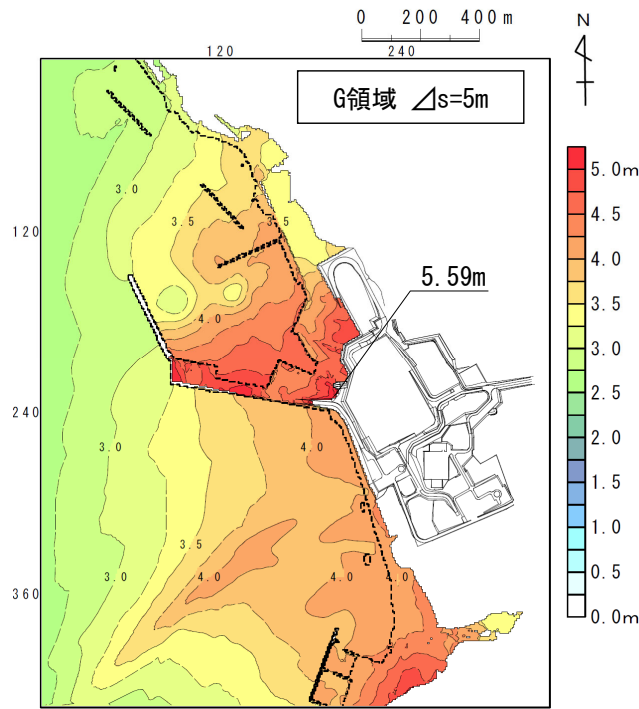
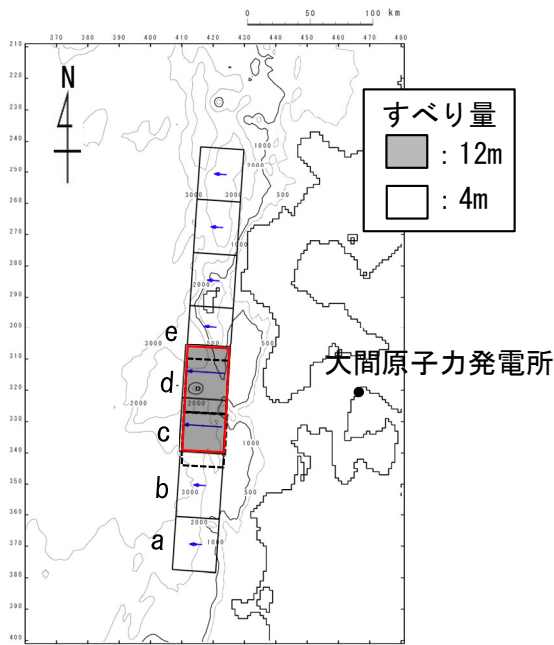
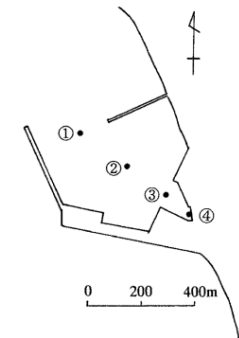
3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (55/65)

概略パラメータスタディ (3/4) : 最大水位上昇ケース検討結果

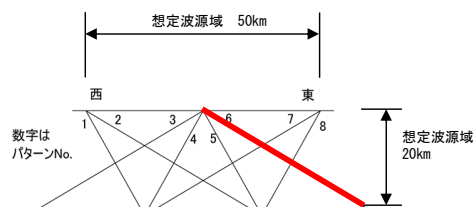
第1204回審査会合
資料1 P.131再掲

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
東西方向中央, 東傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+dを
北方へ10km移動



水位時刻歴波形



波源モデル

最大水位上昇量分布

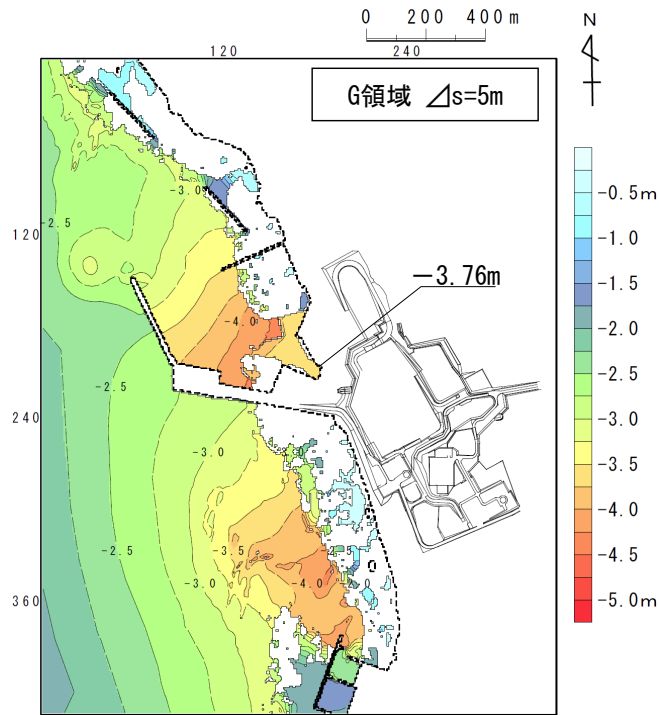
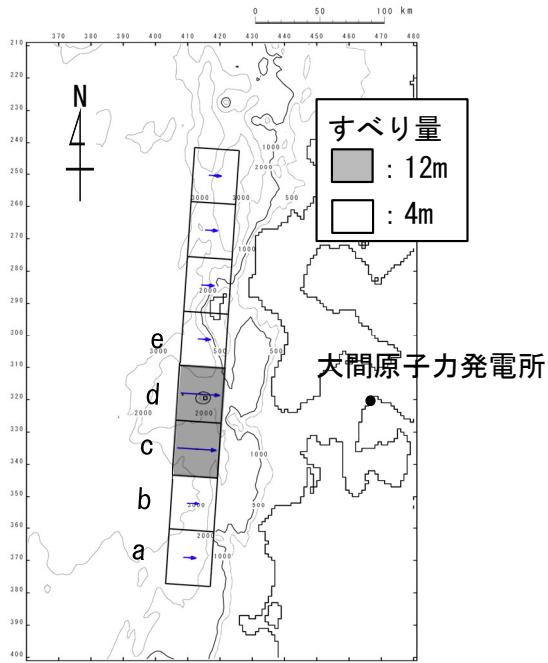
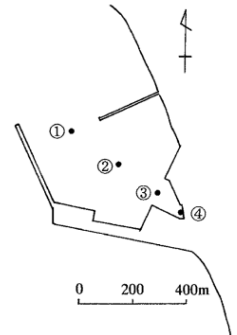
3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (56/65)

概略パラメータスタディ (4/4) : 最大水位下降ケース検討結果

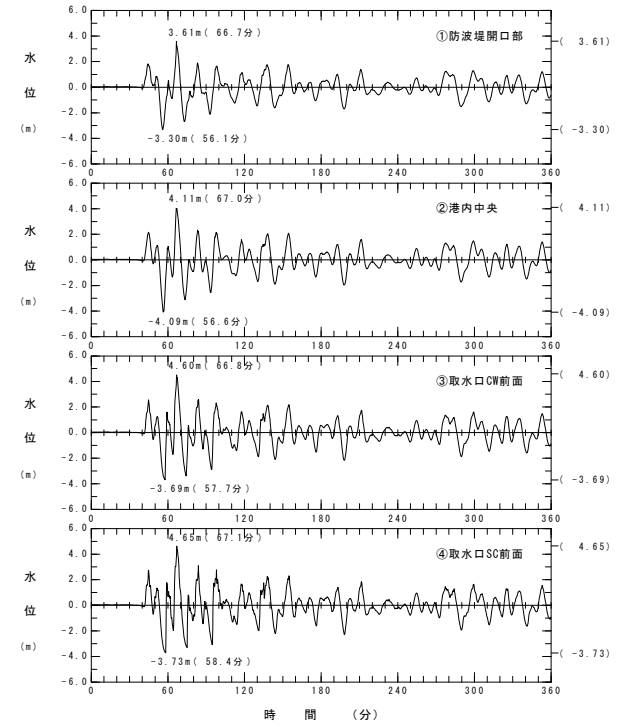
第1204回審査会合
資料1 P.132再掲

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。

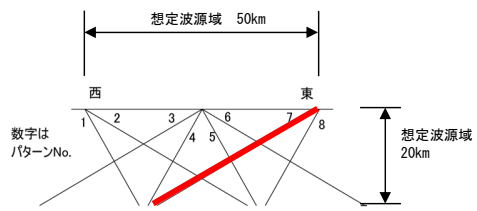
最大水位下降ケース
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスぺリティ位置c+d



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



波源モデル

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (57/65)

詳細パラメータスタディ (1/8) : (i) 走向変化ケース

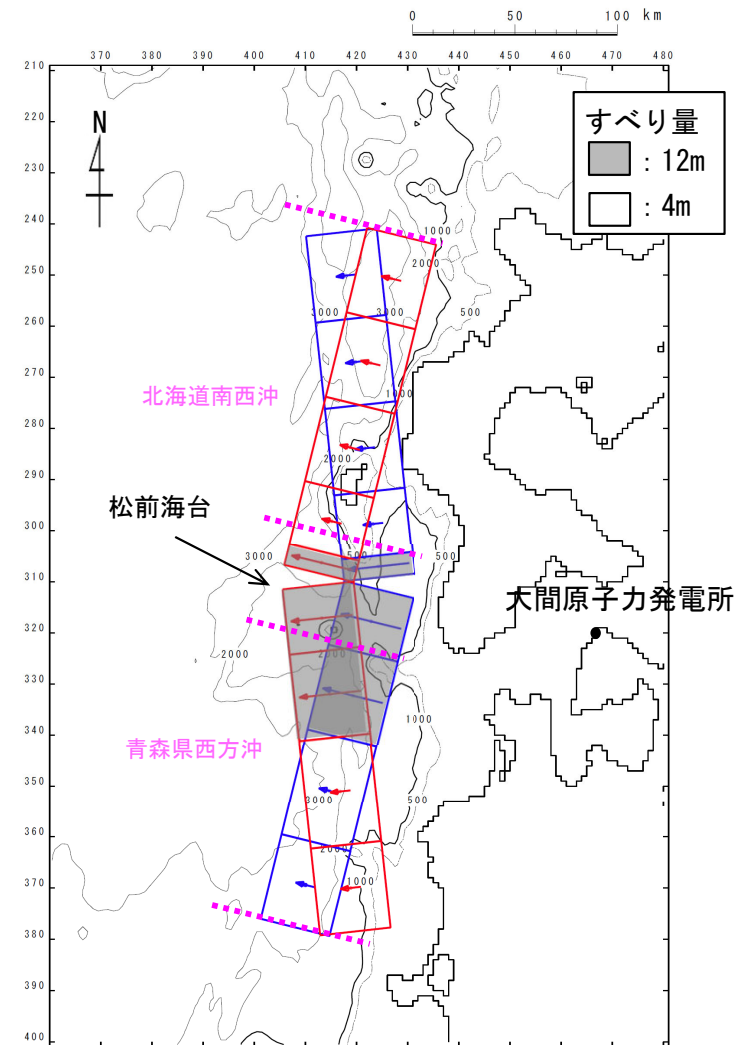
第1204回審査会合
資料1 P.133再掲

- 走向を変化させる検討を実施した。
- 走向の変動は、土木学会（2002）の既往の断層モデルにおける走向のばらつきに関する標準偏差に基づき±10° とした。
- 断層長が340kmと超大であり、既往地震においても走向は必ずしも一定でないことを考慮して、既往地震の空白域である松前海台付近で南北に2分割 (L=170km×2) し、分割した断層がそれぞれ異なる走向を有しながら連動することを想定した。

海域大区分	海域小区分	萩原マップで対応する海域区分	解析対象データ	データ数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)		
					平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
日本海溝千島海溝(南部)	千島海溝南部	41°N以北	G1	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4	
	日本海溝北部	38~41°N	G2	29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7	
	日本海溝南部	35.3~38°N	G3	14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1	
日本海東縁部	北部	40°N以北	F	断層モデル	6(3)	-2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N以南 138°E以东			5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

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

土木学会 (2002) に一部加筆



詳細パラメータスタディ
走向変化ケース (例示)

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (58/65)

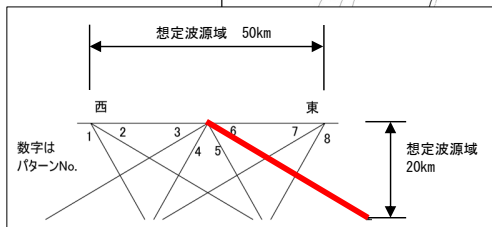
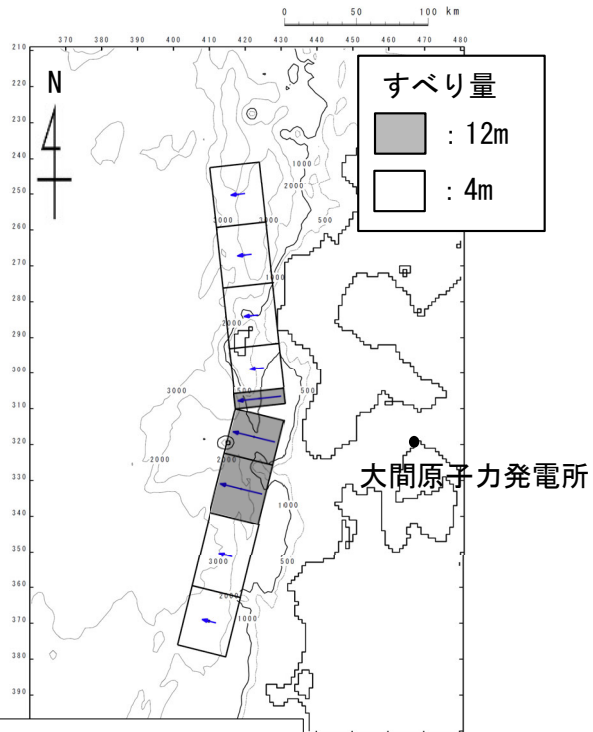
詳細パラメータスタディ (2/8) : (i) 走向変化ケースの検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.134再掲

詳細パラメータスタディの検討結果 (走向変化ケース) は以下のとおりである。

例示ケース

東西方向中央, 東傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+dを北方
へ10km移動, 北 -10° , 南 $+10^\circ$



例示ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧 (走向変化ケース)

概略パラスタ	アスペリティ位置	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	走向	最大水位上昇量	最大水位下降量	備考
上昇側	cdを北方へ10km移動	6	30°	北+10° 南-10°	4.53m	-3.62m	
				北±0° 南±0°	5.59m	-3.72m	P.131参照
				北-10° 南+10°	5.50m	-3.71m	例示ケース
下降側	cd	7	30°	北+10° 南-10°	4.52m	-3.70m	
				北±0° 南±0°	5.28m	-3.76m	P.132参照
				北-10° 南+10°	5.29m	-3.72m	

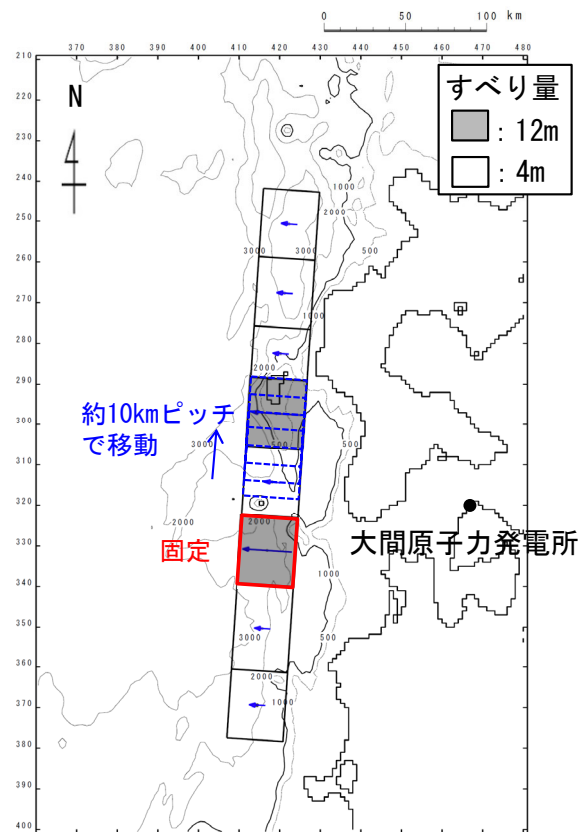
: 詳細パラスタ (走向変化ケース) 最大水位上昇ケース
 : 詳細パラスタ (走向変化ケース) 最大水位下降ケース

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（59／65）

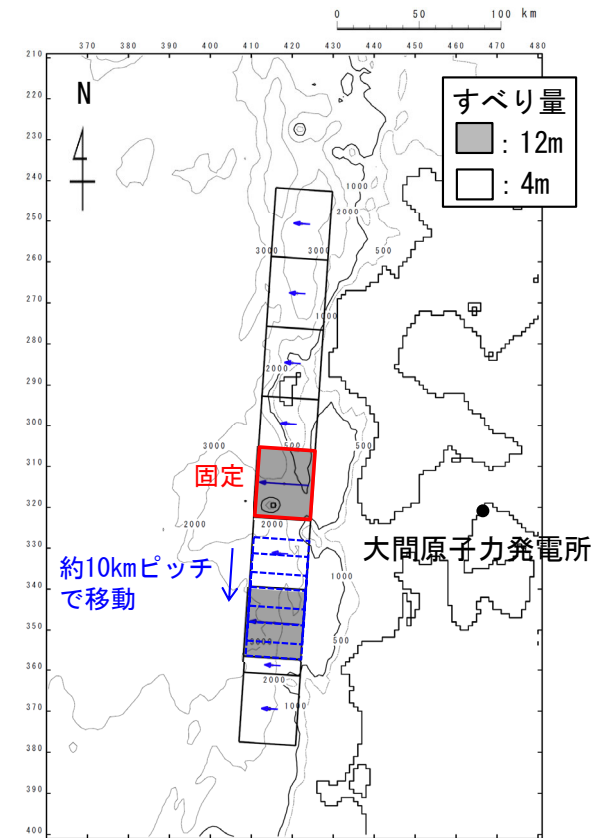
詳細パラメータスタディ（3／8）：(ii)アスペリティ数及び位置の変化ケース

第1204回審査会合
資料1 P.135再掲

- ・ アスペリティ数及び位置に関する不確かさとして、アスペリティが2つのケースについて検討を実施した。
- ・ アスペリティを南北に2分割し、片方のアスペリティ位置を固定して、もう片方を北方及び南方へ約10km～40km（約10kmピッチ）移動させた場合の検討を実施した。



詳細パラメータスタディ
アスペリティ数及び位置の変化ケース
(例:北側を北方へ移動)



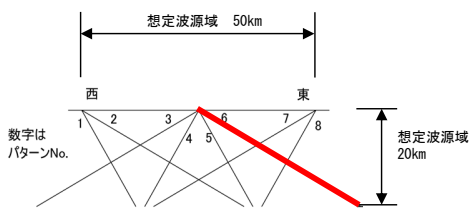
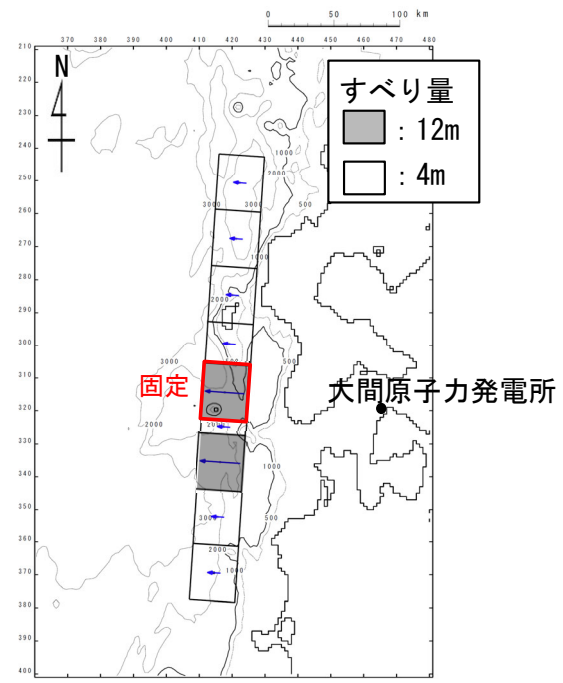
詳細パラメータスタディ
アスペリティ数及び位置の変化ケース
(例:南側を南方へ移動)

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（60/65）

詳細パラメータスタディ（4/8）：(ii)アスペリティ数及び位置の変化ケース検討結果

詳細パラメータスタディの検討結果（アスペリティ数及び位置の変化ケース）は以下のとおりである。

例示ケース
東西方向中央，東傾斜（ $\delta=30^\circ$ ）の
W=40.0km，アスペリティ位置は基準（c+dを
北方へ10km移動）の南側を南方へ10km移動



詳細パラメータスタディ結果一覧
（アスペリティ数及び位置の変化ケース）

概略パラスタ	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ位置		最大水位上昇量	最大水位下降量	備考			
			北側	南側						
上昇側	6	30°	北方へ40km	基準	3.83m	-3.00m				
			北方へ30km		3.94m	-3.03m				
			北方へ20km		4.46m	-3.30m				
			北方へ10km		5.12m	-3.66m				
						基準	5.59m	-3.72m	P.131参照	
						基準	南方へ10km	5.28m	-3.70m	例示ケース
						基準	南方へ20km	5.03m	-3.69m	
						基準	南方へ30km	4.73m	-3.67m	
下降側	7	30°	北方へ40km	基準	3.95m	-2.99m				
			北方へ30km		4.15m	-3.48m				
			北方へ20km		4.64m	-3.68m				
			北方へ10km		5.18m	-3.73m				
						基準	5.28m	-3.76m	P.132参照	
						基準	南方へ10km	5.26m	-3.73m	
						基準	南方へ20km	5.01m	-3.72m	
						基準	南方へ30km	4.43m	-3.71m	
			基準	南方へ40km	3.74m	-3.69m				

: 詳細パラスタ（アスペリティ数及び位置の変化ケース） 最大水位上昇ケース
 : 詳細パラスタ（アスペリティ数及び位置の変化ケース） 最大水位下降ケース

例示ケースの波源モデル

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (61/65)



詳細パラメータスタディ (5/8) : (iii) 上縁深さ変化ケース

第1204回審査会合
資料1 P.137再掲

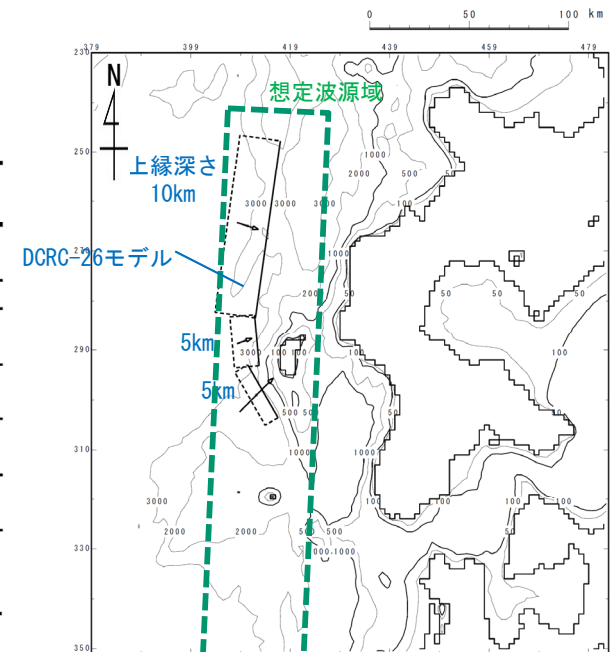
- 想定波源域の設定において、深さ方向の想定波源域（地震発生層）は海底下20kmの範囲と設定した。（P.103参照）
- 断層幅は、傾斜角を考慮の上で、この想定波源域を飽和するように設定しており、断層下端を海底下20km以深に設定する必要はないと考えられるが、上縁深さの違いが津波水位に与える影響を考慮することを目的とし、上縁深さを変化させる検討を実施した。
- 上縁深さの変動幅は、土木学会（2016）の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さ及び断層下端深さを参照し、0 km～5 km（1 kmピッチ）を考慮した。下記の2点により、これ以上のパラスタ検討は不要と判断する。
 - ✓ 既往津波の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さは、おおむね0 km～5 kmである。
 - ✓ 既往津波の再現性が確認されている断層モデルのうち、上縁深さが10kmとされている1993年北海道南西沖地震津波に関するDCRC-26モデルの北側断層の断層下端深さは海底下24.34kmであり、パラスタで上縁深さ5 kmを考慮することでこの断層下端深さよりも深部の海底下25kmまで検討することになる（第1023回審査会合 資料1-2 P.2.1.2-2参照）。

既往津波の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さ

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ 数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	-	-	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	-	-	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ, W:断層幅, D:すべり量, d:上縁深さ, θ :走向, δ :傾斜角, λ :すべり角, K:幾何平均値, κ :幾何標準偏差

土木学会 (2016) に一部加筆



1993年北海道南西沖地震波源モデル (DCRC-26モデル) と想定波源域

3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（62/65）

詳細パラメータスタディ（6/8）：（iii）上縁深さ変化ケース検討結果

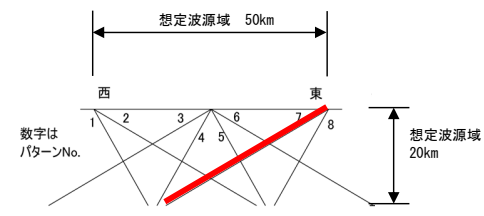
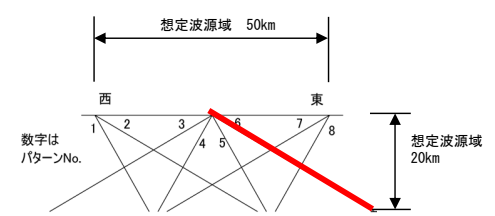
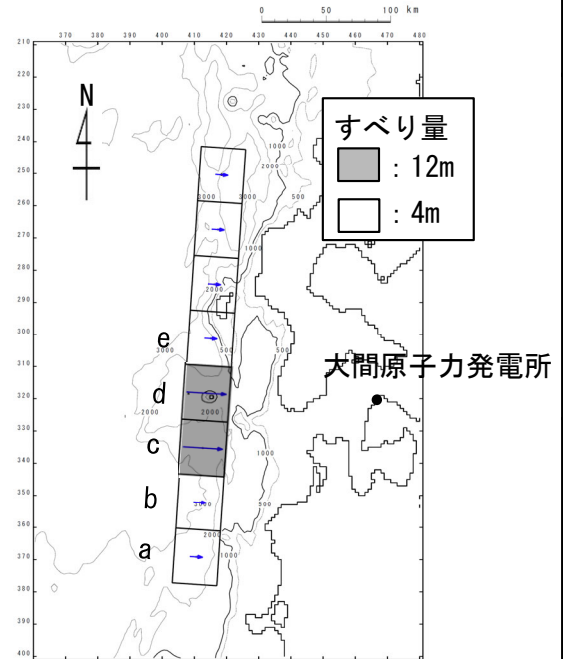
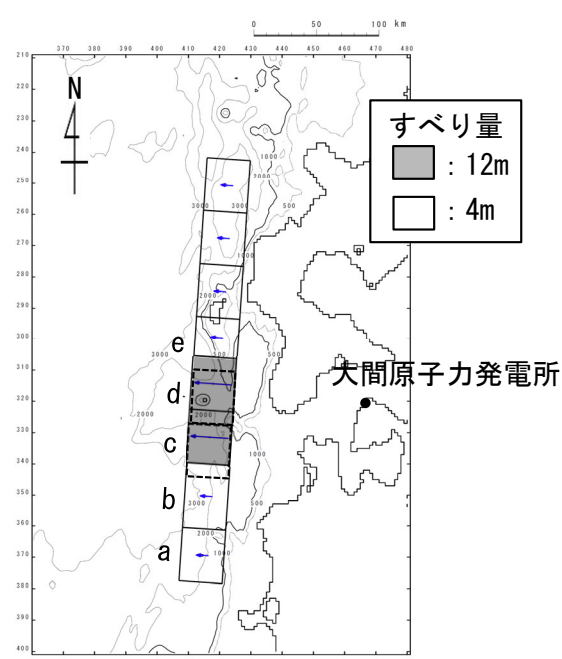
第1204回審査会合
資料1 P.138再掲

詳細パラメータスタディ結果（上縁深さ変化ケース）は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
東西方向中央，東傾斜（ $\delta=30^\circ$ ）の
W=40.0km，アスペリティ位置c+d
を北方へ10km移動，上縁深さ5km

最大水位下降ケース
東西方向東端，西傾斜（ $\delta=30^\circ$ ）の
W=40.0km，アスペリティ位置c+d
を上縁深さ4km

詳細パラメータスタディ結果一覧
（上縁深さ変化ケース）



最大ケースの波源モデル

概略パラスタ	傾斜パターン	傾斜角	上縁深さ	最大水位上昇量	最大水位下降量	備考
上昇側	6	30°	0 km	5.32m	-3.71m	
			1 km	5.59m	-3.72m	P.131参照
			2 km	5.59m	-3.72m	
			3 km	5.69m	-3.73m	
			4 km	5.77m	-3.73m	
下降側	7	30°	0 km	5.14m	-3.75m	
			1 km	5.28m	-3.76m	P.132参照
			2 km	5.48m	-3.78m	
			3 km	5.63m	-3.78m	
			4 km	5.74m	-3.78m [※]	
			5 km	5.82m	-3.77m	

※：小数第3位まで考慮すると，上縁深さ4kmで最大。

■：詳細パラスタ（上縁深さ変化ケース） 最大水位上昇ケース
■：詳細パラスタ（上縁深さ変化ケース） 最大水位下降ケース

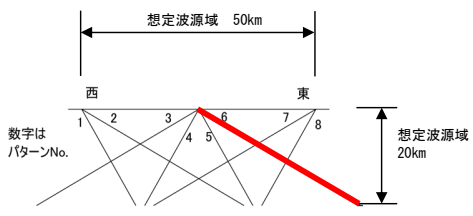
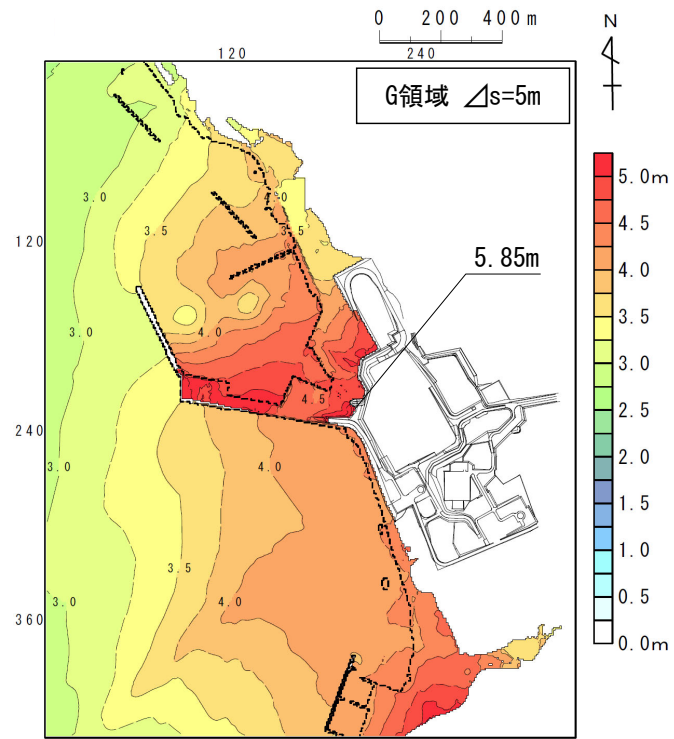
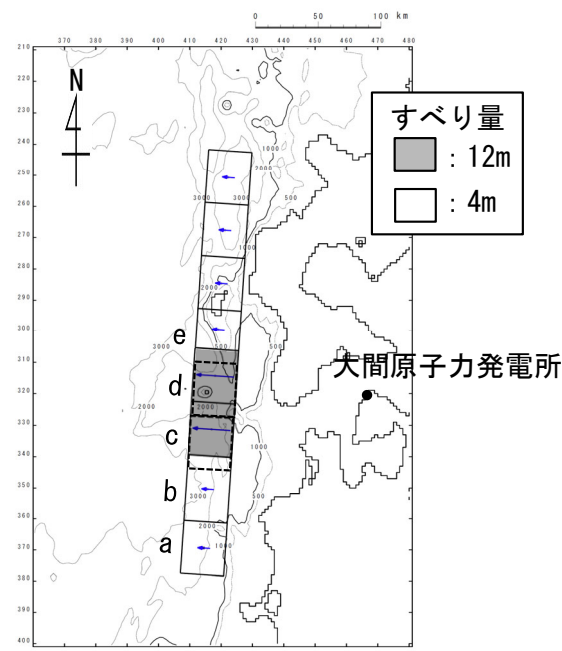
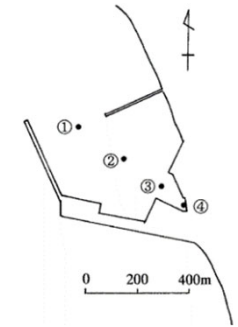
3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (63/65)

詳細パラメータスタディ (7/8) : 最大水位上昇ケース検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.139再掲

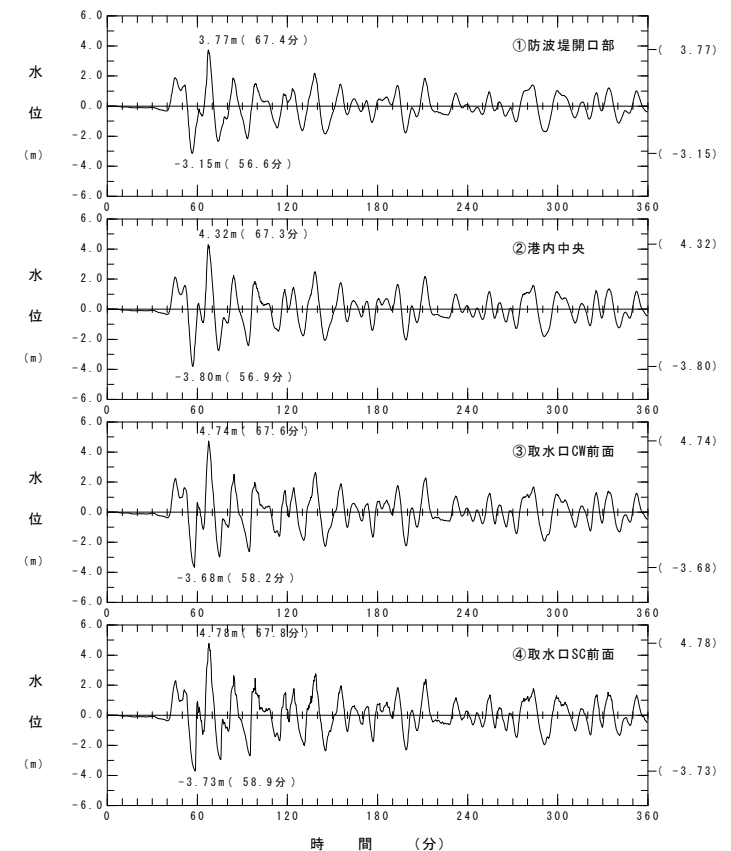
敷地における詳細パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
東西方向中央, 東傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+dを北
方へ10km移動, 上縁深さ5km



波源モデル

最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



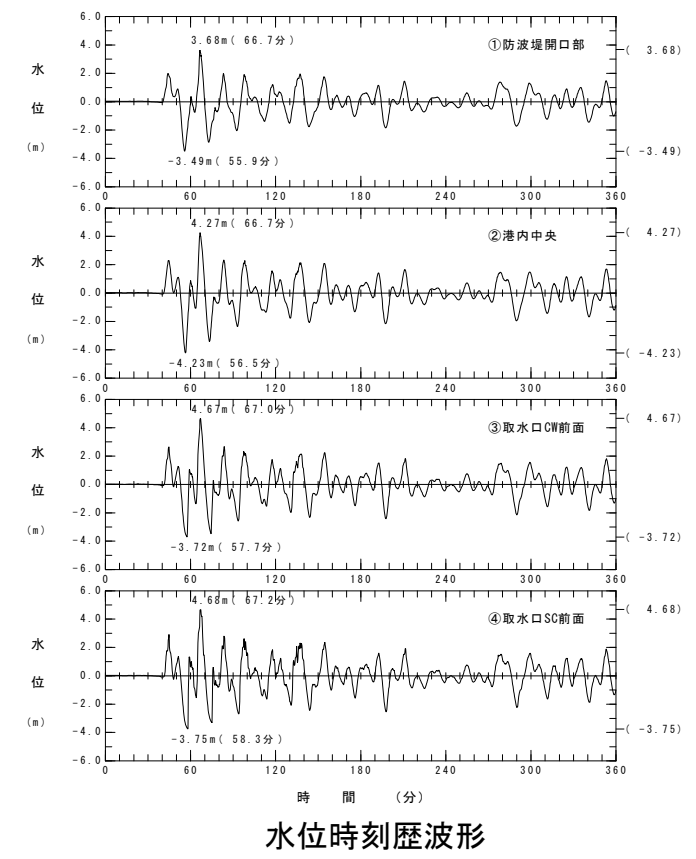
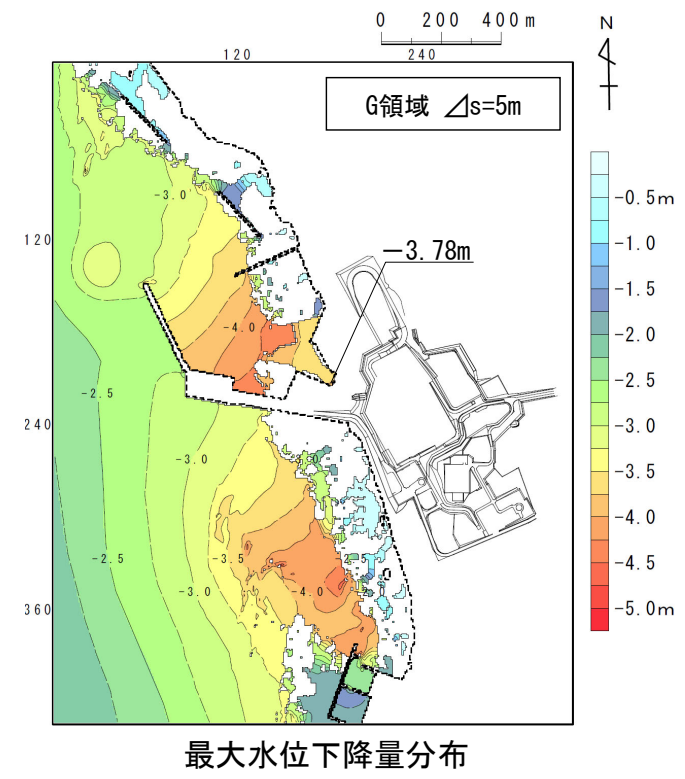
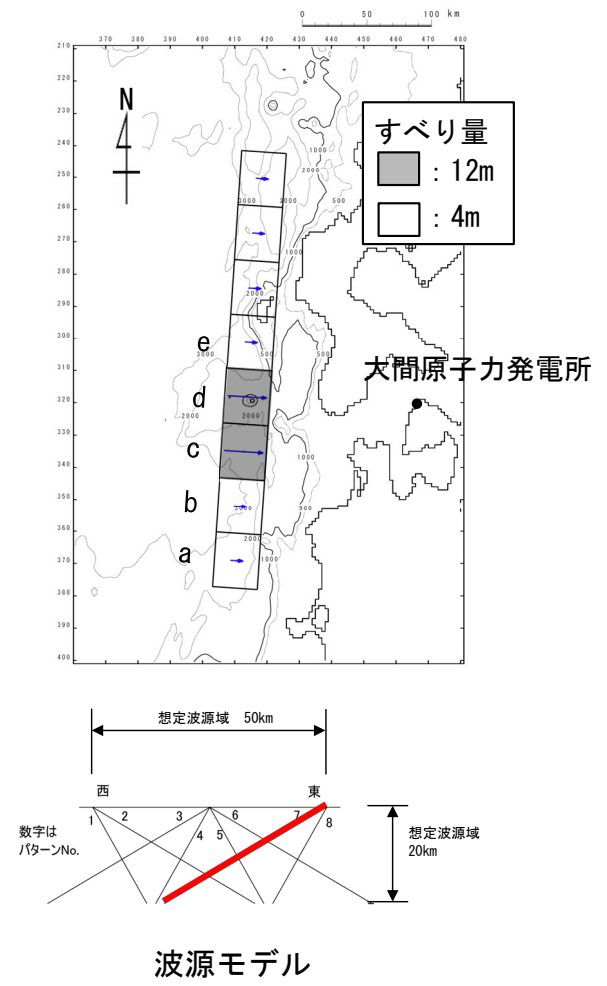
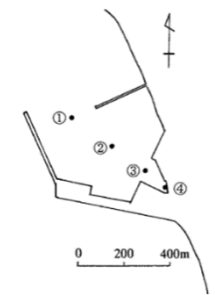
3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (64/65)

詳細パラメータスタディ (8/8) : 最大水位下降ケース検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.140再掲

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

最大水位下降ケース
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+d
上縁深さ 4 km



3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（65／65）

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.141再掲

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討結果は下表のとおりである。


各パラメータスタディの最大ケース一覧表


	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
概略パラメータスタディ	5.59m	-3.76m
詳細パラメータスタディ (上縁深さ変化ケース)	5.85m	-3.78m

(余白)

目次

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

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (1/128)

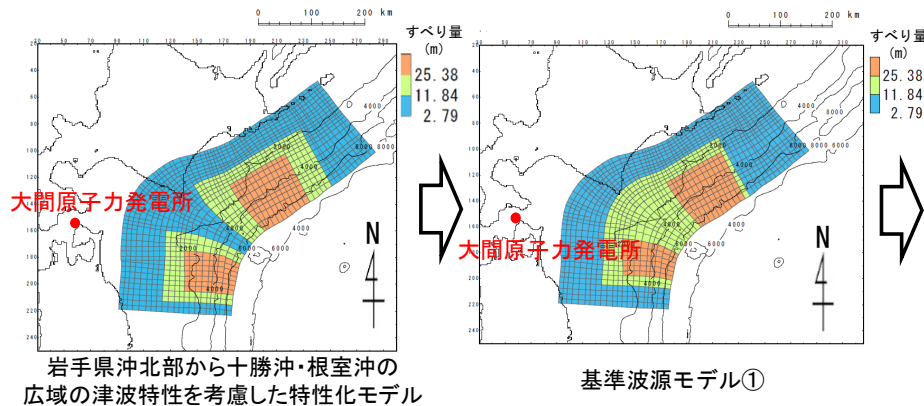
第1204回審査会合
資料1 P.144再掲

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の検討フロー

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波については、2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえて、破壊領域の連動やすべりの不均質性を考慮の上、以下のフローを基本として検討を実施した。

基準波源モデルの設定

広域津波痕跡高の再現性を考慮 (P.148参照)



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

基準波源モデル①

概略パラメータスタディ

詳細パラメータスタディ

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

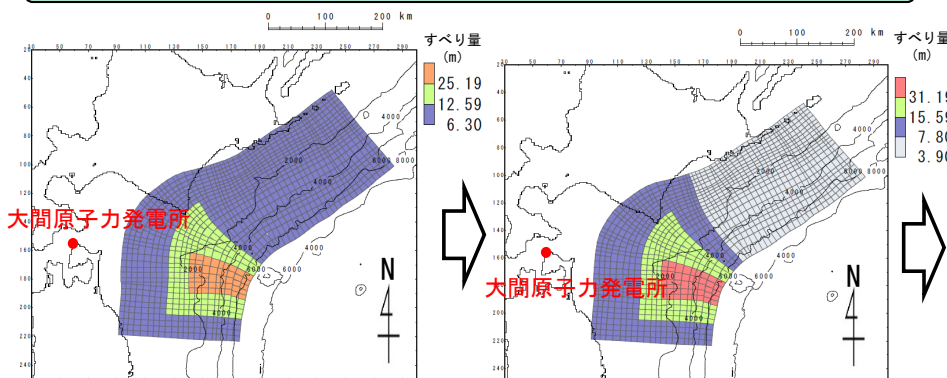
変動パラメータ※

- アスペリティの位置 (青森県東方沖及び岩手県北部の超大すべり域、十勝沖及び根室沖のそれぞれ、基準配置を10km² ヲツで移動)

変動パラメータ※

- 破壊開始点
- 破壊伝播速度
- ライズタイム

沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮 (P.148参照)



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

基準波源モデル②, ③, ④のうち基準波源モデル③を代表例として記載

変動パラメータ※

- アスペリティの位置 (日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように基準配置を10km² ヲツで移動)

変動パラメータ※

- 破壊開始点
- 破壊伝播速度
- ライズタイム

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

※: 変動幅は敷地への影響及び科学的知見を考慮し設定。

三陸沖から根室沖のプレート間地震

・東北地方太平洋沖地震津波の知見を参照し、プレート間地震と津波地震との連動型地震を考慮する。

・津波地震の波源は本波源に包含される。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (2/128)

三陸沖から根室沖のプレート間について

第1204回審査会合
資料1 P.145再掲

- 日本海溝は、日本列島が位置する北米プレートの下方に、東方から太平洋プレートが沈み込んでいるプレート境界であるとされている。千島海溝は、日本列島が位置する北米プレートの下方に、南東方から太平洋プレートが沈み込んでいるプレート境界であるとされている。
- プレート境界が固着していることにより、沈み込みに伴って、両プレートの境界にはひずみが蓄積されており、過去にはM9クラスの2011年東北地方太平洋沖地震やM8クラスの1896年明治三陸地震、1968年十勝沖地震等このひずみを解放する巨大地震及び津波が発生しているとされている。

地震調査研究推進本部 (2019, 2017a) 等による

(余白)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（3/128）

基準波源モデルの設定（基本方針）

第1204回審査会合
資料1 P.147再掲

- 2011年東北地方太平洋沖地震（以下「3.11地震」という。）や世界のM9クラスの超巨大地震に関する科学的知見を検討※1の上、すべりの不均質性を考慮した「**特性化波源モデル**」※2を基準波源モデルとして設定する。
- 想定波源域については、地震調査研究推進本部（2019, 2017a）の評価対象領域を基本とし、固着と蓄積されるひずみに関する分析、及び破壊伝播の検討を踏まえ、3.11地震を踏まえた破壊領域の連動を考慮して設定する。
- 基準波源モデルのパラメータに関しては、世界のM9クラスの超巨大地震を対象としたスケールリング則等の科学的知見を検討の上設定する。主な考え方は以下のとおり。
 - ✓ プレート境界が明瞭であるため、波源断層面はプレート境界面とする。
 - ✓ すべり量の設定については、3.11地震を含む世界のM9クラスの超巨大地震を参照して平均応力降下量を保守的に設定した上で、地震モーメントと波源断層面積の経験的關係を用いて地震モーメントを推定することで算定する。
 - ✓ すべりの不均質性の設定については、3.11地震を含む世界のM9クラスの超巨大地震のすべり量分布を参照して設定する。
- また、基準波源モデルは、「テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル」に加え、大間原子力発電所の立地特性を踏まえた保守的観点を考慮して「大間の立地特性を考慮したモデル」についても設定する。

※1：第1023回審査会合 資料1-2「3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見」参照。

※2：波源の特性を主要なパラメータで表したモデル

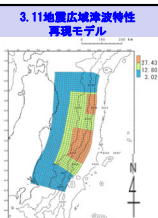


基準波源モデル策定の手順及び考え方

世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見 (3.11地震含む)

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

- ・ 杉野ほか (2014) の知見 (P.200参照)
- ・ 背景領域：平均すべり量の0.33倍、全体面積の60%程度
- ・ 大すべり域：平均すべり量の1.4倍、全体面積の25%程度
- ・ 超大すべり域：平均すべり量の3倍、全体面積の15%程度

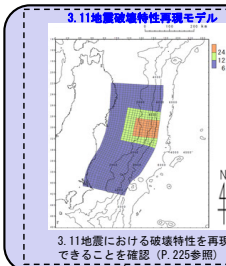


知見を反映

3.11地震の広域の津波特性を再現できることを確認 (P.200参照)

内閣府 (2012) の知見

- ・ 大すべり域：平均すべり量の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：平均すべり量の4倍、全体面積の5%程度



知見を反映

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現できることを確認 (P.225参照)

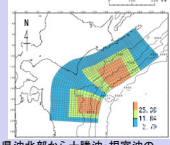
3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

- M9クラス地震の知見を分析・検討し、背景領域、大すべり域及び超大すべり域のすべり量を1:2:4となるような特性化を検討 (P.225参照)
- ・ 背景領域：基本すべり量、全体面積の80%程度
 - ・ 大すべり域：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：基本すべり量の4倍、全体面積の5%程度

テクニクスの背景・地震学的見地に基づくモデル

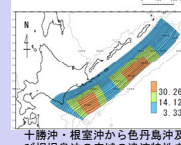
3.11津波の知見を反映 (広域津波痕跡高の再現性を考慮)

- ・ 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように、大すべり域、超大すべり域を配置
- ・ 三陸沖から根室沖にはM9クラスの地震・津波の痕跡がないため、3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル (P.200参照) のすべり領域の配置を参照



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

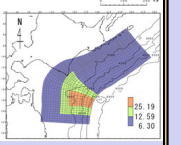
- ・ 十勝沖から択捉島沖に、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル」の設定の考え方を反映して配置
- ・ 色丹島沖及び択捉島沖の超大すべり域及び大すべり域は敷地に近い西端に設定



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※3

3.11地震・津波の知見を反映

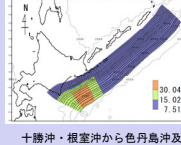
- ・ 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域・超大すべり域を配置
- ・ 三陸沖から根室沖にはM9クラスの地震・津波の痕跡がないため、3.11地震における破壊特性を再現したモデル (P.225参照) のすべり領域の配置を参照



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・津波の知見を反映 (沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮)

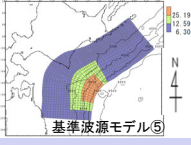
- ・ 十勝沖から択捉島沖に、「3.11地震における宮城県沖の破壊特性を参考に設定した特性化モデル」の設定の考え方を反映して配置
- ・ 十勝沖・根室沖の超大すべり域は、十勝沖・根室沖の地質学的、測地学的知見を踏まえて設定



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※4

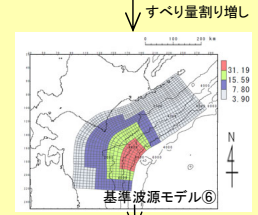
3.11地震・津波の知見を反映 (津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮)

- ・ 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- ・ 3.11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し、津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
→ 比較的短周期の波が卓越するため、津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や、専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。 (P.260, 「第1023回審査会合資料1-2-4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①~④の関連性」参照)

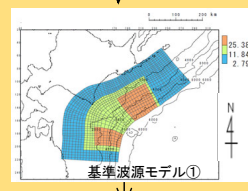


分岐断層・海底地すべりの考慮

大間の立地特性を考慮したモデル



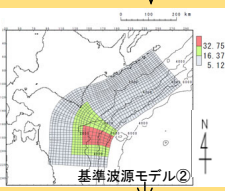
すべり量割り増し



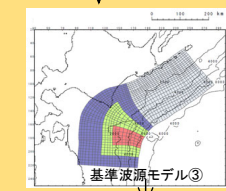
島弧会合部に大すべり域を配置

※3: 左記モデルとの比較の結果、敷地の汀線沿いにおいては最大水位上昇量が小さいものの、取水ロスクリン室前面においては最大水位上昇量が大きいため、影響検討用の波源域として扱う

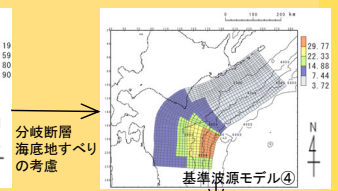
※4: 敷地への影響が小さいので、左記モデルで代表させる



配置は同様に設定



すべり量割り増し



分岐断層・海底地すべりの考慮

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル (再定義)

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において、各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル (再定義)

詳細パラスタ※2

詳細パラスタ※2

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※1: 大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動
※2: 波源特性 (破壊開始点、破壊伝播速度、ライズタイム) の不確かさの考慮

特性化モデル

すべり量・面積比設定

基準波源モデル

特性化モデルを基にしたすべり領域の配置

3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

パラスタ 概略

パラスタ 詳細

不確かさの考慮

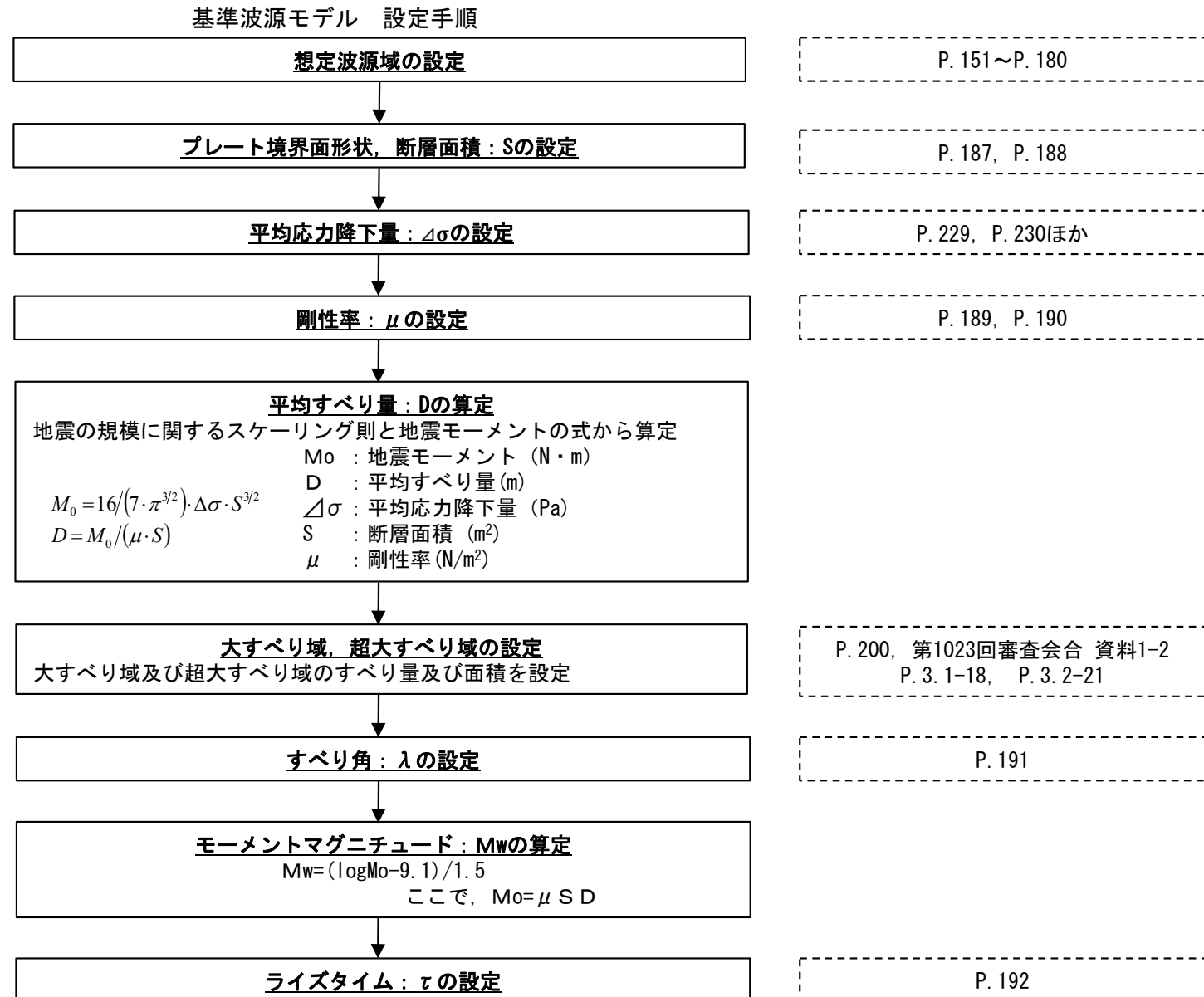
注: 津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル (基準波源モデル⑤⑥) と3.11地震・津波の知見を反映したモデル (基準波源モデル①~④) との関連性については、「第1023回審査会合資料1-2-4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①~④の関連性」参照。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (5/128)

基準波源モデルの設定 (設定手順)

第1204回審査会合
資料1 P.149再掲

以下の手順に基づき、特性化モデルを検討の上、基準波源モデルを設定する。



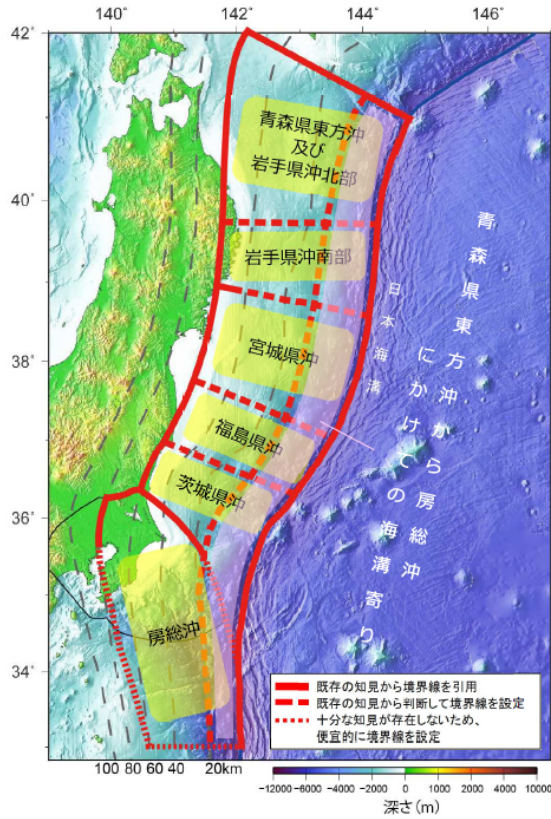
(余白)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（6/128）

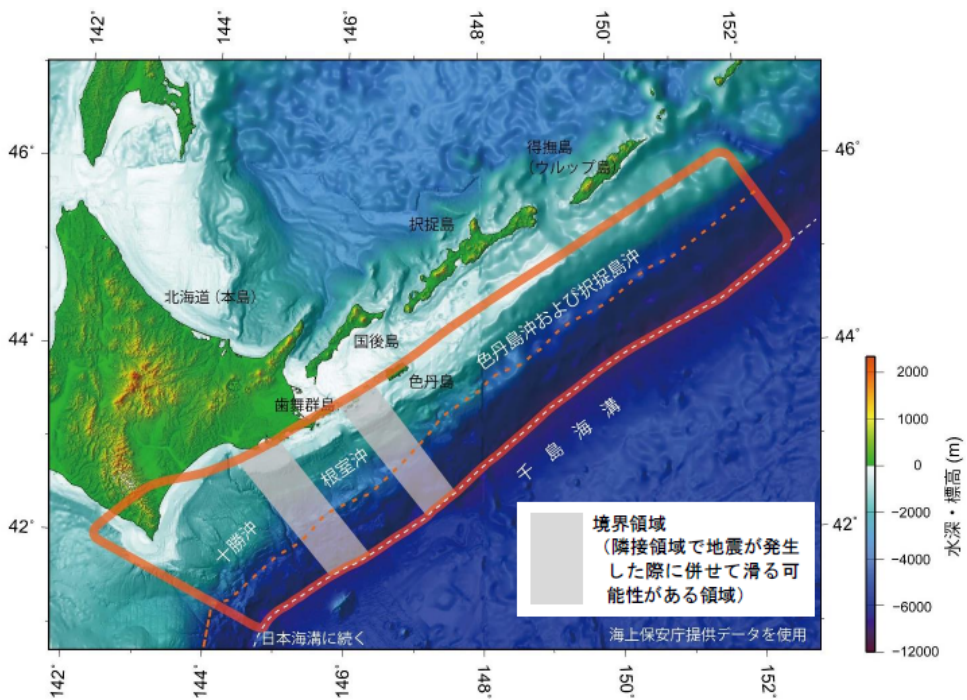
想定波源域の設定（1/30）：基本方針

第1204回審査会合
資料1 P.151再掲

想定波源域は、地震・津波に対する防災の観点から、地震に関する調査や研究を政府として一元的に推進するために設置された政府の特別機関である地震調査研究推進本部が整理した、地震調査研究推進本部（2019, 2017a）の評価対象領域を基本とし、この評価対象領域に係る既往研究を参照（次ページ参照）して設定する。



三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の分け
地震調査研究推進本部（2019）



千島海溝沿いの評価対象領域
地震調査研究推進本部（2017a）

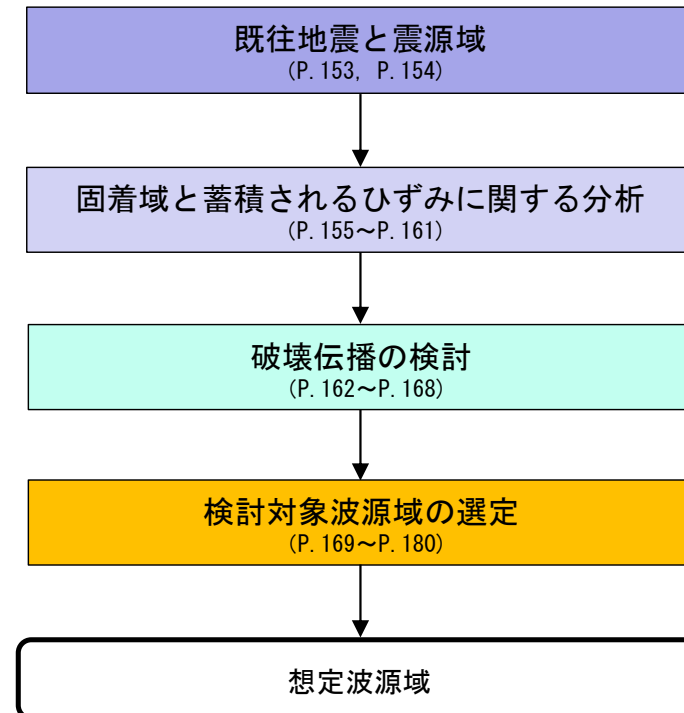
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（7/128）

想定波源域の設定（2/30）：既往研究

第1204回審査会合
資料1 P.152再掲

想定波源域の設定に関わり参照する既往研究に関する内容、考え方及び検討イメージは以下のとおり。

- ✓ 既往地震と震源域（P. 153, P. 154）：既往地震発生範囲，地震調査研究推進本部の評価対象領域等の確認
- ✓ 固着域と蓄積されるひずみに関する分析（P. 155～P. 161）：地震発生箇所及び地震規模に係るひずみの蓄積状況の確認
- ✓ 破壊伝播の検討（P. 162～P. 168）：地震発生範囲に係る破壊の境界に関する情報の確認
- ✓ 検討対象波源域の選定（P. 169～P. 180）：敷地への影響を考慮した破壊領域の連動を考慮



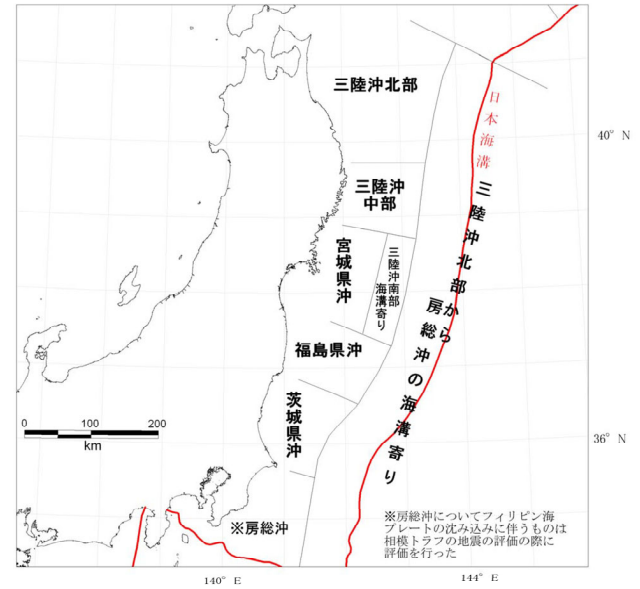
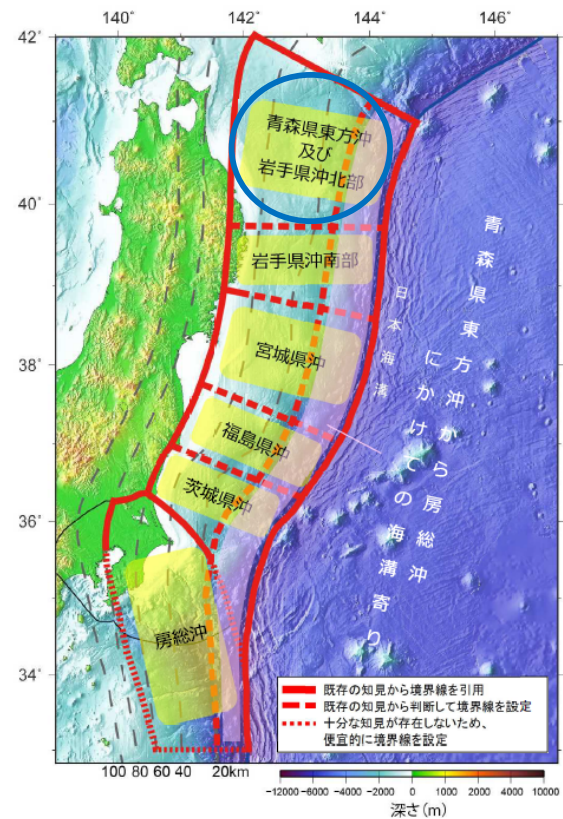
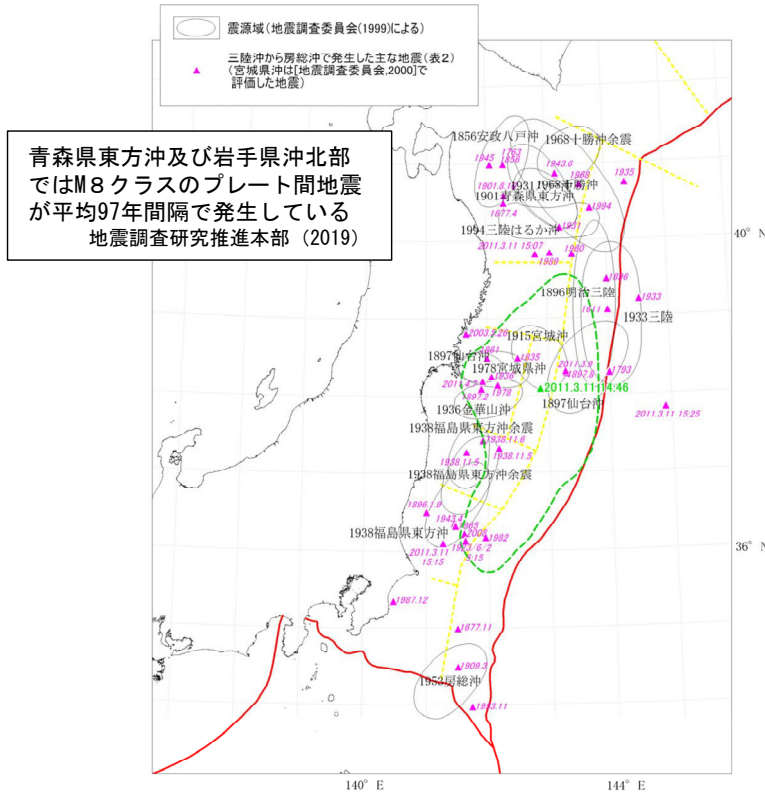
想定波源域設定の検討イメージ

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (8/128)

想定波源域の設定 (3/30) : 既往地震と震源域 (1/2)

第1204回審査会合
資料1 P.153再掲

三陸沖から房総沖



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)

三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の区分け
地震調査研究推進本部 (2019) に一部加筆

(参考) 三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の区分け
地震調査研究推進本部 (2012)

- ・地震調査研究推進本部 (2019) では、既往地震の震源域等を根拠とし、三陸沖から房総沖の震源域を上図 (中央) のような領域に分けて設定されており、青森県東方沖及び岩手県沖北部では、M8クラスの地震が平均97年間隔で発生しているとされている。
- ・2011年東北地方太平洋沖地震は、岩手県沖南部～茨城県沖にかけての領域が連動したM9クラスの地震であり、おおむねその震源域は青森県東方沖及び岩手県沖北部には達していない。

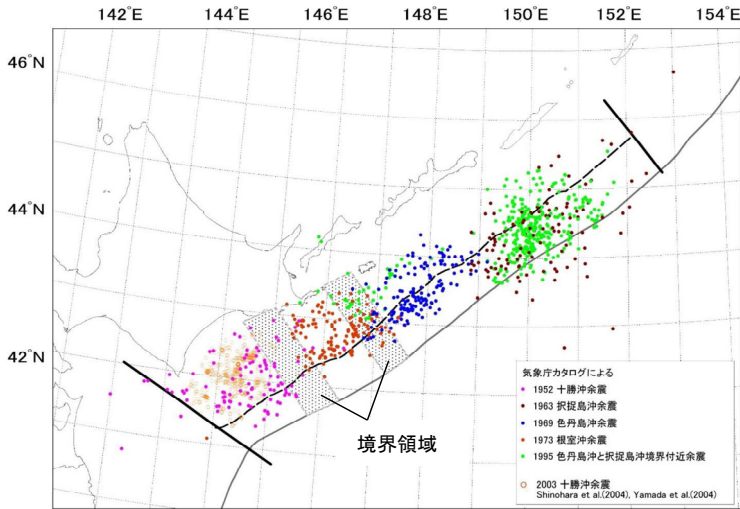
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (9/128)

想定波源域の設定 (4/30) : 既往地震と震源域 (2/2)

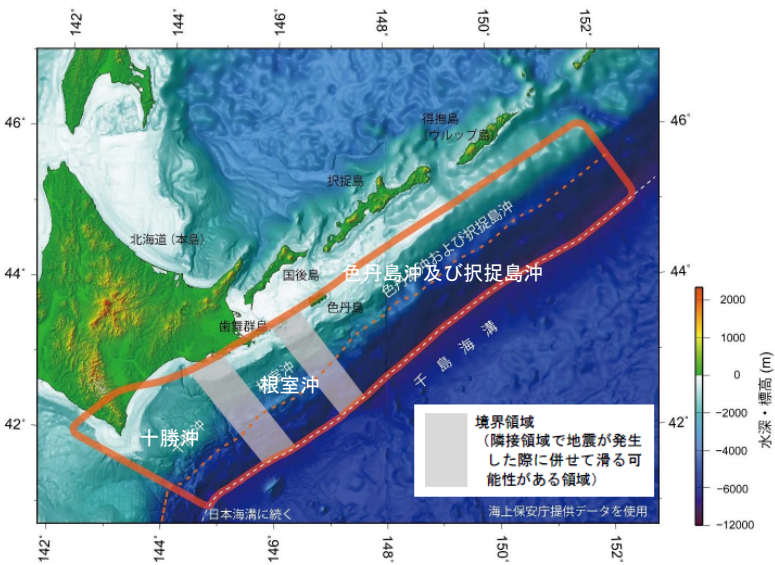
第1204回審査会合
資料1 P.154再掲

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖

プレート間巨大地震の発生間隔
 十勝沖 : 80.3年
 根室沖 : 65.1年
 色丹島沖及び択捉島沖 : 35.5年
 地震調査研究推進本部 (2017a)

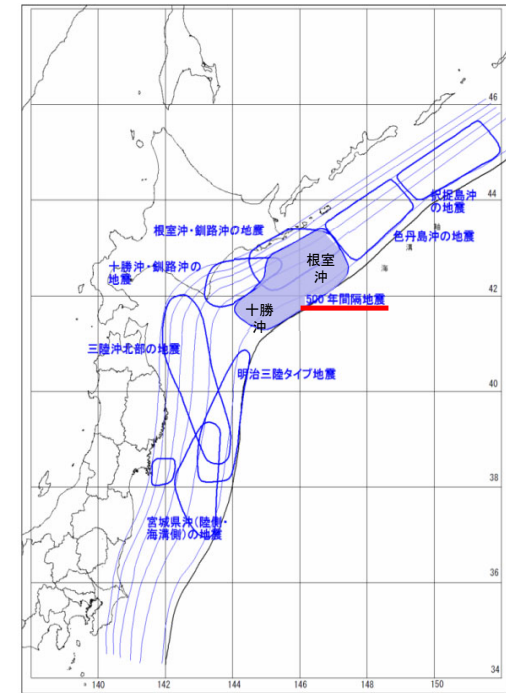


近年のプレート間巨大地震の余震分布
地震調査研究推進本部 (2017a) に一部加筆



千島海溝沿いの評価対象領域※
地震調査研究推進本部 (2017a) に一部加筆

※地震調査研究推進本部 (2017a) では、過去の地震の震源域の多様性を考慮し、十勝沖・根室沖・色丹島沖及び択捉島沖が連動する「超巨大地震 (17世紀型)」を評価している。



津波を発生させる断層領域の模式図
中央防災会議 (2006) に一部加筆

・地震調査研究推進本部 (2017a) では、既往地震の巨大地震の震源域等を根拠とし、十勝沖、根室沖、及び色丹島沖及び択捉島沖の震源域を上図 (中央) のような領域に分けて設定されており、M8程度の地震が十勝沖・根室沖では約65年～80年間隔で発生しており、色丹島沖及び択捉島沖では約35年間隔で発生しているとされている。

以上から、十勝沖・根室沖では、連動型地震である“500年間隔地震”の間で、M8程度の地震が約65年～80年間隔で発生しており、中央防災会議 (2006) に示されるような“500年間隔地震”規模の地震を引き起こす連動型地震が存在すると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (10/128)

想定波源域の設定 (5/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (1/7)

第1204回審査会合
資料1 P.155再掲

青森県東方沖及び岩手県沖北部 (固着度)

- 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 (右図: 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 (右図: 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), 永井ほか (2001) による
- 上記知見を引用し、3.11地震が青森県東方沖及び岩手県沖北部の手前で破壊が止まったのは、この領域では過去の大地震でひずみをほとんど解放してしまったためと考えれば説明可能とされている。地震調査研究推進本部 (2012) による

以上から、M9クラスの巨大地震を発生させる宮城県沖の固着度と比較して、青森県東方沖及び岩手県沖北部の固着度は大きくないと考えられる。

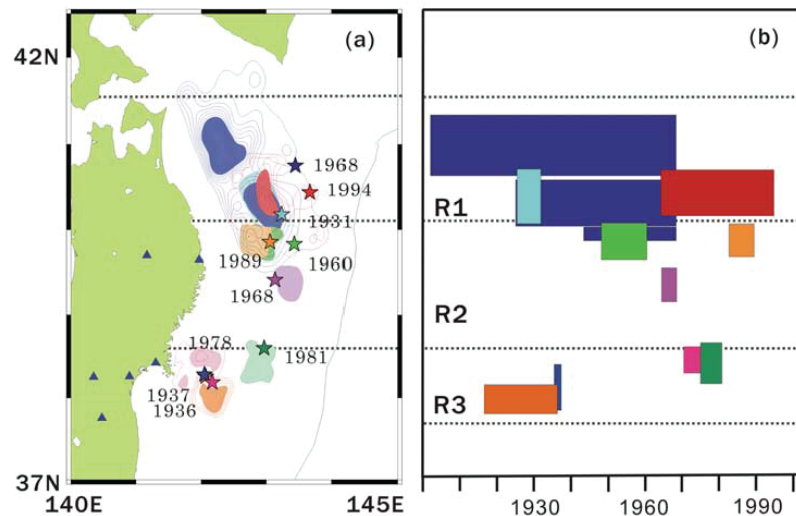


Figure 10. (a) Asperity map. (b) Space-time distribution of the seismic moment release based on the slip-predictable model. The width of the rectangle indicates the moment accumulation given by time D_a/V_{plate} , where D_a is the average seismic slip in asperities and $V_{plate} = 0.1 \text{ m yr}^{-1}$.

(a) アスペリティ位置

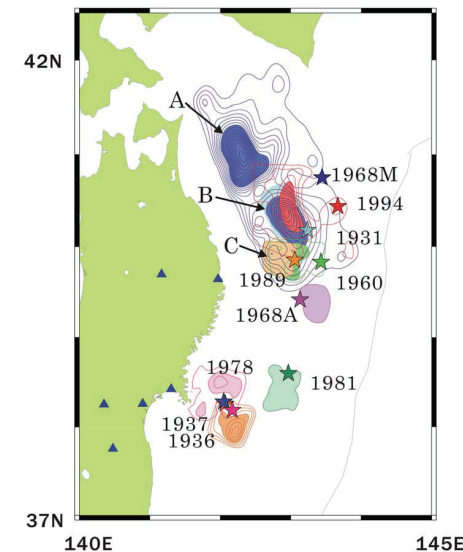
(b) プレートの沈み込み速度から
推定される地震モーメント解放量
Yamanaka and Kikuchi (2004)

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.

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), 永井ほか (2001)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (11/128)

想定波源域の設定 (6/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (2/7)

青森県東方沖及び岩手県沖北部 (蓄積されるひずみの量・すべり量)

【平均発生間隔】

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部の M8クラスのプレート間地震

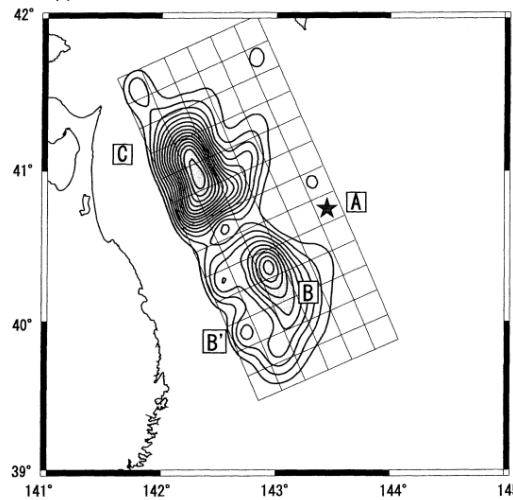
対象地震及び発生領域	地震発生日時	地震の平均発生間隔等	地震規模 ^{注1}		
			M	Mt	Mw
青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震	1677/ 4/13	平均発生間隔は97.0年	7.9	7.7	
	1763/ 1/29		(7.3/4~8.0) ^{注9}	7.9	
	1856/ 8/23		(7.9) ^{注9}		
	1968/ 5/16 09:48		7.5	7.6	
			7.9	8.2	8.2

注9:宇佐美・他(2013)によれば、津波の記録等から、1677年、1763年、1856年のいずれの地震も1968年十勝沖地震に似ており、○内のMとなる可能性があることを指摘している。

※注1の解説については省略 地震調査研究推進本部 (2019) に一部加筆

【1968年地震のすべり量】

- 最大すべり量6.5~9.3m

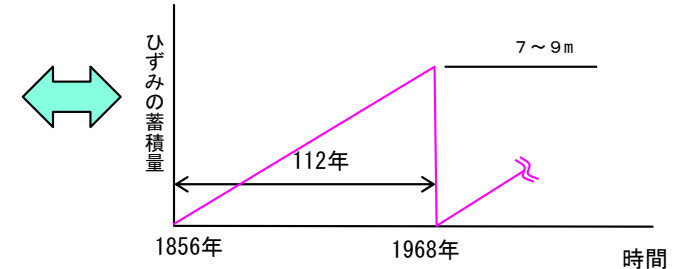


Contour of the moment release. The contour increment is 3×10^{16} Nm/km². The source mainly consists of two asperities, the southwestern region B, and the northwestern region C.

1968年地震の応力解放量分布
永井ほか (2001)

【ひずみの蓄積量】

- ①プレートの沈み込み速度: 6.2-8.1cm/年 (McGaffrey, 2008)
- ②カップリング係数: 1.0 (地震学的) (Yamanaka and Kikuchi (2004))
- ③ひずみの蓄積量: ① (6.2-8.1cm/年) × 112年 (1968-1856) × ② (1.0) = **7~9m**



P.162で当該領域で蓄積されるひずみの量を中程度としているのは、カップリング係数が大きくても、プレートの沈み込み速度と地震の発生間隔との関係で、蓄積されるひずみの量が中程度になると考えられるため。

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部の領域におけるプレート間巨大地震のうち最大規模の地震は、1968年の地震Mw8.2であるため、当該地震を検討対象とするとされている。
地震調査研究推進本部 (2019) による
- 1968年地震のインバージョン解析結果から、1968年地震の北側のアスペリティの最大すべり量は9.3m、南側のアスペリティの最大すべり量は6.5mであるとされている。
永井ほか (2001) による

以上から、平均発生間隔・既往地震の最大すべり量の関係と、地震のプレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の発生間隔から算定されるひずみの蓄積量 (7~9m) には調和的な関係があると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (12/128)

想定波源域の設定 (7/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (3/7)

青森県東方沖及び岩手県沖北部 (付加体の幅とすべり量)

- 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) による
- 日本海溝の沈み込み帯におけるマルチチャネル反射法地震探査結果から、青森県東方沖及び岩手県沖北部の付加体 (P波速度: 3~4km/s以下の領域) の幅は宮城県沖よりも広いとされている。
Tsuru et al. (2002) による

以上から、青森県東方沖及び岩手県沖北部においてダイナミックオーバーシュート (第1023回審査会合 資料1-2 P.3.1-6, P.3.1-7参照) が発生したとしても、そのすべり量は3.11地震のすべり量よりも小さいと考えられる。

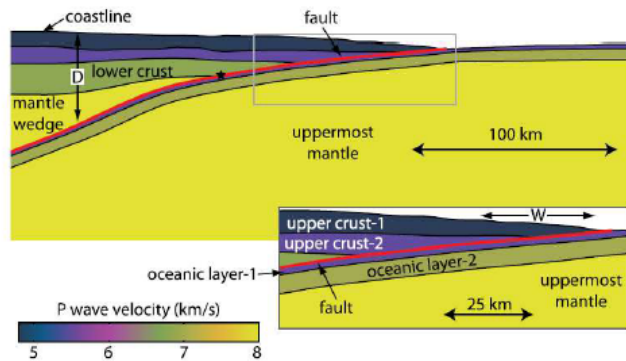


Figure 2. (a) P-wave velocity structure for the dynamic rupture simulations (no vertical exaggeration). The geometry and piecewise constant material properties are derived from *Miura et al. (2001, 2005)*. The velocity-weakening region ($b - a > 0$) starts updip at horizontal distance W from the trench and ends downdip 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° from horizontal and 7° 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)

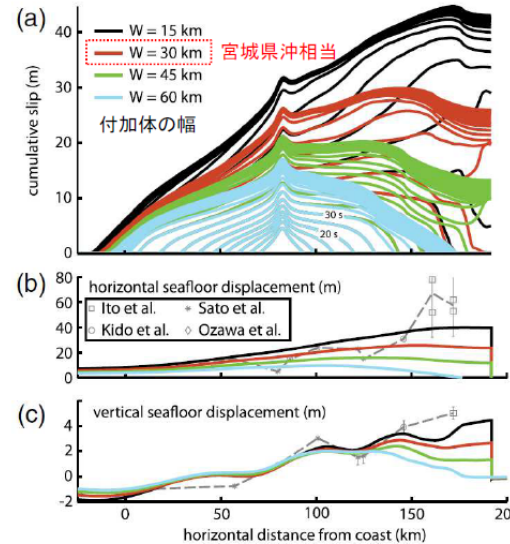


Figure 11. (a) Influence of horizontal extent W of shallow velocity-strengthening region on cumulative slip (plotted every 5 s). Shown for maximum effective normal stress $\bar{\sigma}_{max} = 40$ MPa and seismogenic depth $D = 45$ km. (b) Horizontal and (c) vertical seafloor displacement compared with 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) に一部加筆

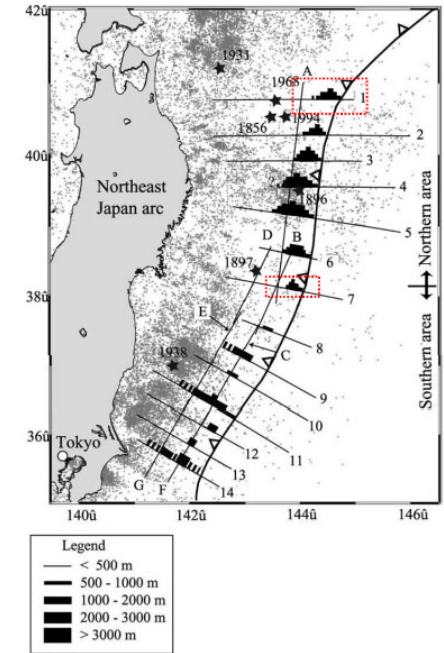


Figure 17. Map view of the low velocity sedimentary units observed on MCS sections in the Japan Trench margin. Small dots represent background seismicity taken from *JMA (Japan Meteorological Agency) HypoCatalog*.

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) に一部加筆

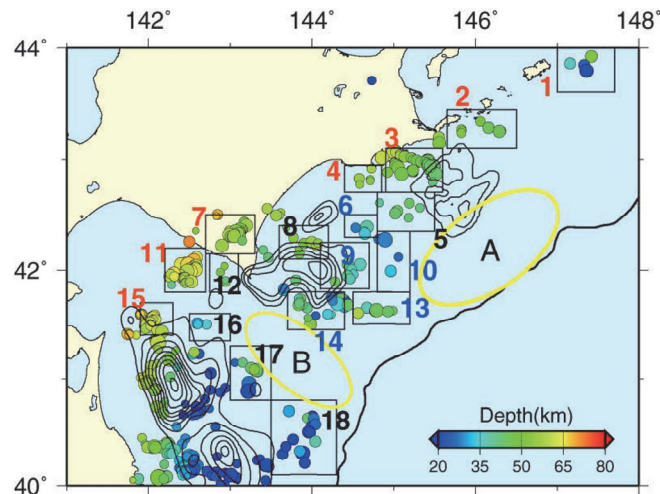
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (13/128)

想定波源域の設定 (8/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (4/7)

十勝沖・根室沖 (固着度)

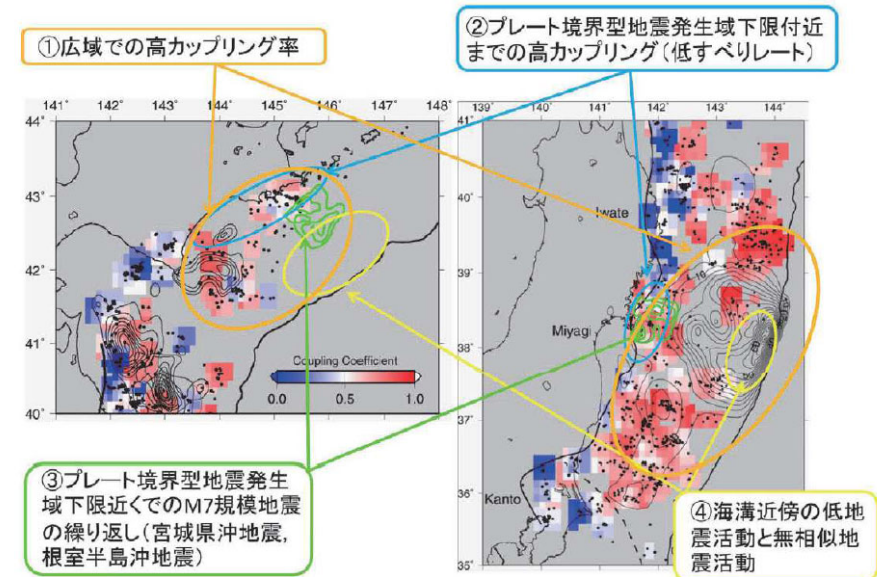
- 小繰り返し地震 (相似地震) の活動及びそれから推定されるプレート間地震すべりについて, 3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴との類似性から, 十勝沖・根室沖で巨大地震が発生する可能性があると考えられている。
- また, 日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の低地震活動 (左図: 空白域B) は, プレートの折れ曲がり影響している可能性も考えられるとされている。

東北大学 (2012) による



第1図. 北海道南東沖の小繰り返し地震グループの分布 (丸印). 丸の色はグループの地震の平均の深さを示す. コンターは Yamanaka and Kikuchi (2004) による M7 以上の地震のすべり量分布. 矩形は第3図で平均の積算すべりを推定した領域を示す. 黄色楕円は繰り返し地震活動が低い場所.

東北大学 (2012)



第2図. 北海道南東沖 (左) および東北地方東方沖 (右) の繰り返し地震分布 (黒丸) およびそれにより推定したプレート間カップリング率 (カラー) の比較. カップリング率は $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ のグリッドごとに, 3つ以上の小繰り返し地震グループが存在する場所について推定した. 緑および黒のコンターは M7 以上の地震すべり量分布. 関東地方の沖の破線は, フィリピン海プレートの北東限.

東北大学 (2012)

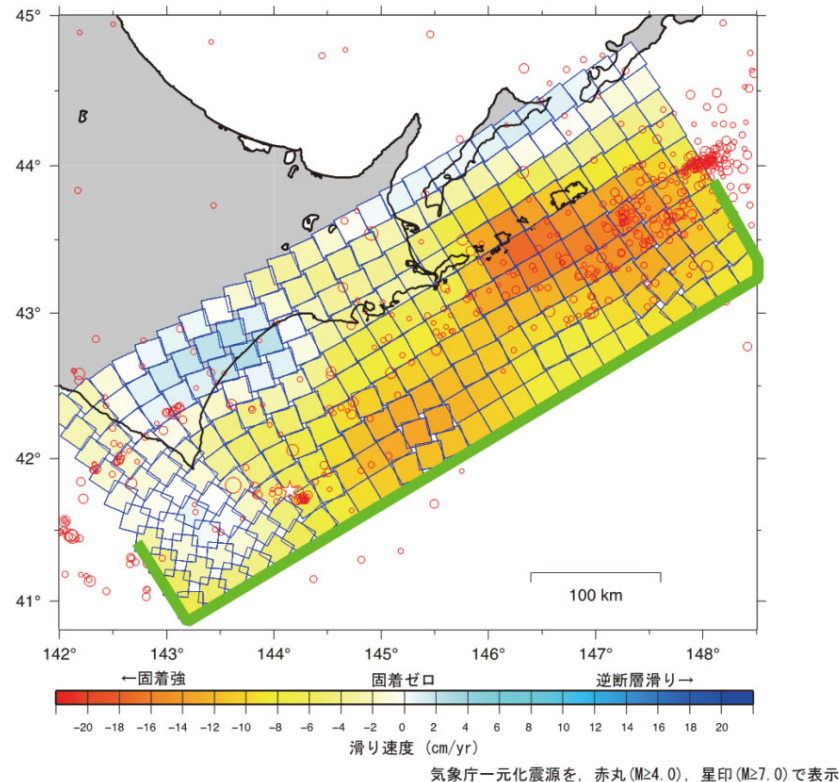
【宮城県沖における特徴】

- 特徴①: 大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
- 特徴②: プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
- 特徴③: プレート境界型地震の発生域下限付近での M7 クラスの地震 (の繰り返し) が存在。
- 特徴④: 海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (14/128)

想定波源域の設定 (9/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (5/7)

十勝沖・根室沖 (蓄積されるひずみの量)



すべり欠損分布 (2007年3月~2011年2月)

国土地理院 (2012)

- GNSS連続観測結果による北海道地方の地殻変動から推定される北海道南東沖 (十勝沖・根室沖) のすべり欠損速度 (固着) の分析結果から、特に十勝沖~釧路沖の海溝寄りと根室沖の陸寄りにすべり欠損の大きな領域が存在しているとされている。これより、当該領域の固着は相対的に強く、大きなひずみが蓄積されていると推定されるとされている。

国土地理院 (2012) による

以上から、十勝沖・根室沖の領域は、500年間隔地震の震源域に相当すると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (15/128)

想定波源域の設定 (10/30) : 固着域と蓄積されるひずみに関する分析 (6/7)

十勝沖・根室沖 (蓄積されるひずみの量・すべり量)

【平均発生間隔】

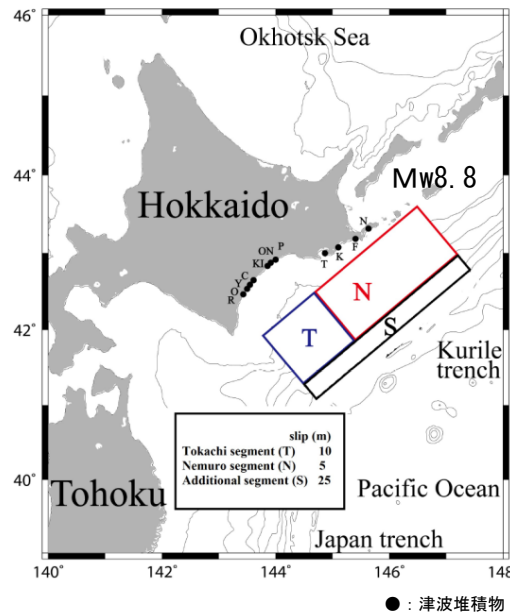
- ・ 十勝沖～根室沖の連動型地震
- ・ 約500年

十勝地域の津波		根室地域の津波	
発生時期 (cal.B.P.)	再来間隔 (年)	発生時期 (cal.B.P.)	
津波1	17世紀初頭	津波1	
津波2	12～13世紀	津波2	
津波3	9世紀	津波3	
津波4	1630-(4世紀?)	津波4	1430+
津波5	AD/BC?	津波5	?
津波6	2590-	津波6	1930+
津波7	2870～2920	津波7, 8	?
津波8	3220～3460	津波9	2440+
津波9	3690～3720	津波10	300+
津波10	4200+	津波11	300+
津波11	4560	津波12	300～350
津波12	4860+	津波13	300
津波13	5000-	津波14	4930+
津波14	5640+	津波15	100
津波15	6370-	津波16	>600
		津波17	600
		津波18	?

中央防災会議 (2005)

【17世紀の地震のすべり量分布】

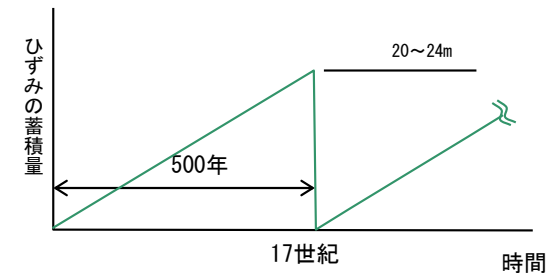
- ・ 最大すべり量25m



文部科学省 (2013)

【ひずみの蓄積量】

- ① プレートの沈み込み速度 : 6.9-8.2cm/年 (McGaffrey, 2008)
- ② カップリング係数 : 0.59 (地震学的) (Scholz and Campos, 2012)
- ③ ひずみの蓄積量 : ① (6.9-8.2cm) × 500年 × ② (=0.59) = **20~24m**



P. 162で当該領域で蓄積されるひずみの量を大としているのは、カップリング係数が0.6程度でも、プレートの沈み込み速度と地震の発生間隔との関係で、蓄積されるひずみの量が大きくなると考えられるため。

- ・ 前ページの検討を踏まえ、十勝沖・根室沖連動型地震である“500年間隔地震”のひずみに関する検討を行った。

以上から、文部科学省 (2013) による500年間隔地震の最大すべり量 (25m) と、プレートの沈み込み速度・カップリング係数・地震の発生間隔から算定されるひずみの蓄積量 (20~24m) には調和的な関係があると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（16/128）

想定波源域の設定（11/30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（7/7）

まとめ

◎青森県東方沖及び岩手県沖北部

- ・ M8クラスのプレート間地震が平均97年間隔で発生する。
- ・ プレートの沈み込み速度・カップリング係数・平均発生間隔から推定されるひずみの蓄積量は7～9m程度である。なお、津波地震との連動の有無やスーパーサイクルの存在に関する知見は得られていない。

◎十勝沖・根室沖

- ・ 500年間隔の連動地震（Mw8.8）の間に、M8クラスの地震が平均65～80年間隔で発生していると考えられる。
- ・ プレートの沈み込み速度・カップリング係数・平均発生間隔から推定されるひずみの蓄積量は20～24m程度である。

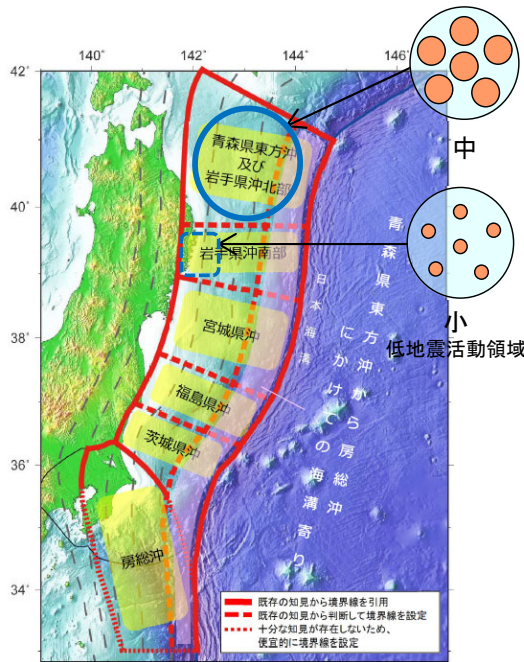
◎色丹島沖及び択捉島沖

- ・ M8クラスの地震が平均35年間隔で発生する。

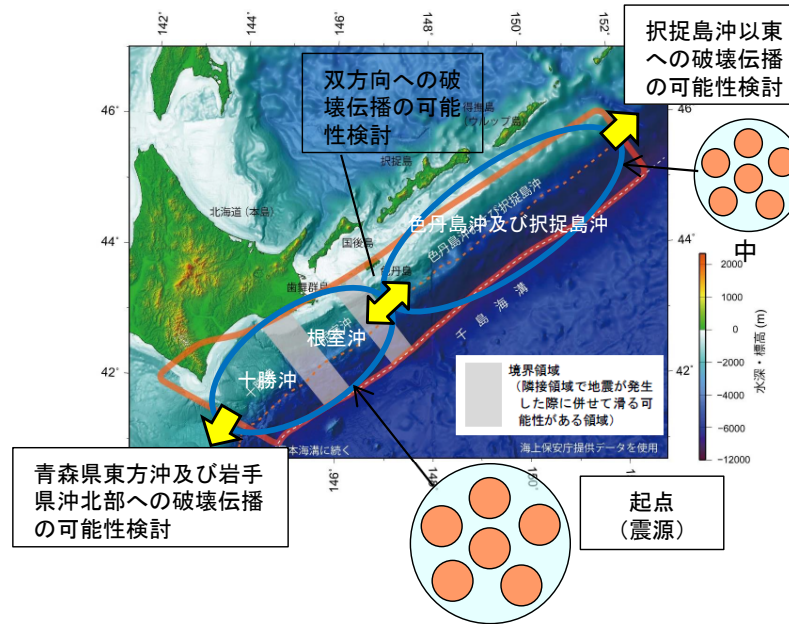
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (17/128)

想定波源域の設定 (12/30) : 破壊伝播の検討 (1/7)

青森県東方沖及び岩手県沖北部・十勝沖・根室沖・色丹島沖及び択捉島沖



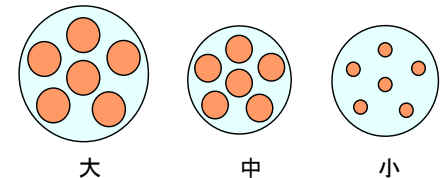
地震調査研究推進本部 (2019) に一部加筆



地震調査研究推進本部 (2017a) に一部加筆

M8クラスの地震が平均35年間隔で発生しており、蓄積されるひずみ量は十勝沖・根室沖に比べ小さいため「中」とした。

凡例



● 固着域, ○ 非固着域

蓄積されるひずみ量のイメージ
Seno (2014) を参考に作成

青森県東方沖及び岩手県沖北部, 十勝沖・根室沖, 色丹島沖及び択捉島沖に蓄積されるひずみの分析結果

- 3.11地震及び世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見より、固着と破壊伝播が関連していると考えられることより (第1023回審査会合 資料1-2 P.3.3-2参照), 青森県東方沖及び岩手県沖北部, 十勝沖・根室沖及び色丹島沖・択捉島沖の固着 (蓄積されるひずみの量) について検討する。
- 前述 (P.155~P.161) の青森県東方沖及び岩手県沖北部, 十勝沖・根室沖及び色丹島沖・択捉島沖に対する固着域と蓄積されるひずみに関する分析結果から、青森県東方沖及び岩手県沖北部, 色丹島沖・択捉島沖は、十勝沖・根室沖に比べ蓄積されるひずみ量が相対的に小さいと評価する。
- 岩手県沖南部には低地震活動領域が存在するためひずみは蓄積されにくく (第1023回審査会合 資料1-2 P.3.1-10, P.3.1-11参照), また、2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の北端がおおむね岩手県沖南部であることを踏まえると、青森県東方沖及び岩手県沖北部からの破壊が南方の岩手県沖南部に伝播することはないと考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (18/128)

想定波源域の設定 (13/30) : 破壊伝播の検討 (2/7)

青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部 (1/2)

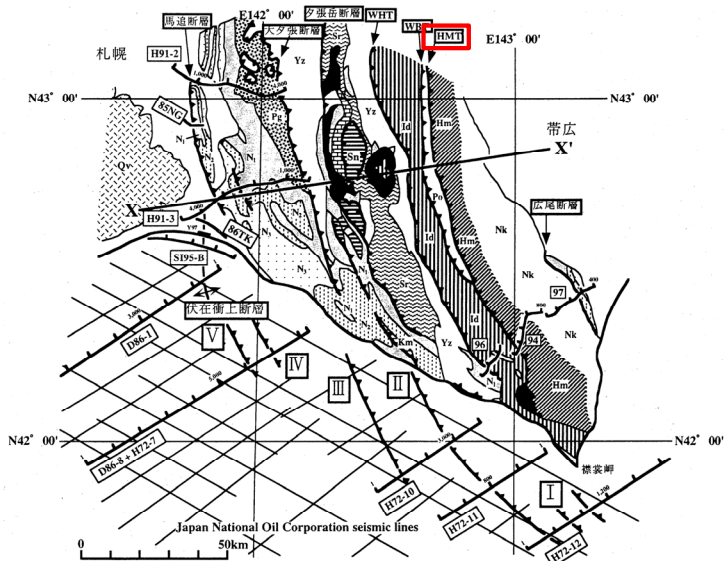


図1 日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地質概略と主な反射法地震探査測線図。X-X'は図2の断面位置を示す。伊藤ら(1999)を改変。
 【地質】主として、地質調査所(1982, 1996)による。Nk: 中の川層群, Hm: 日高変成岩類(主帯), Po: ポロシリ・オフィオライト(西帯), Id: イドナップ帯, Yz: 銀夷層群, Sr: 空知層群, Km: 神威占潭変成岩類, Sn: 沙流川層ニセウ層, Pg: 古第三系, N1~N3: 地質調査所(1982)に同じ。Qv: 第四紀火山岩類。
 【測線】94・96・97: 日高深部構造反射法探査, 85NG・86TK: 浅野ら(1990),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

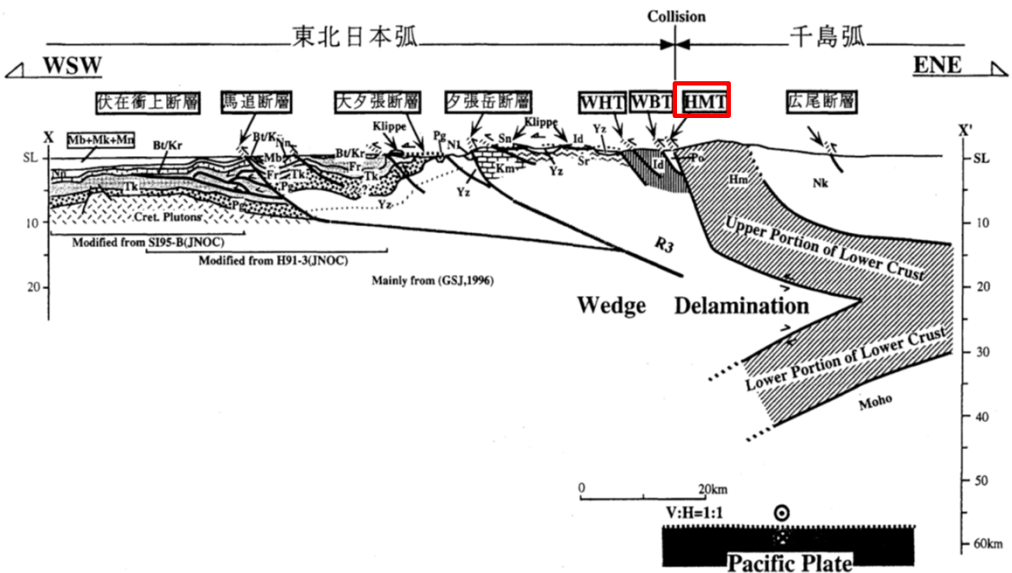


図2 日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地下構造断面図。
 断面線の位置は図1のX-X'。断面図下に主要な出典を示した。略称は図1に同じ。Ito et al. (1998) および伊藤ら(1999)を改変。
 伊藤(2000)に一部加筆

- 3.11地震及び世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見より、構造境界と破壊伝播が関連していると考えられることより(第1023回審査会合 資料1-2 P.3.3-2参照), 青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部について検討した。
- 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とされている。(日高造山運動)。木村(2002)による
- 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)状に突入するとされている。伊藤(2000)による

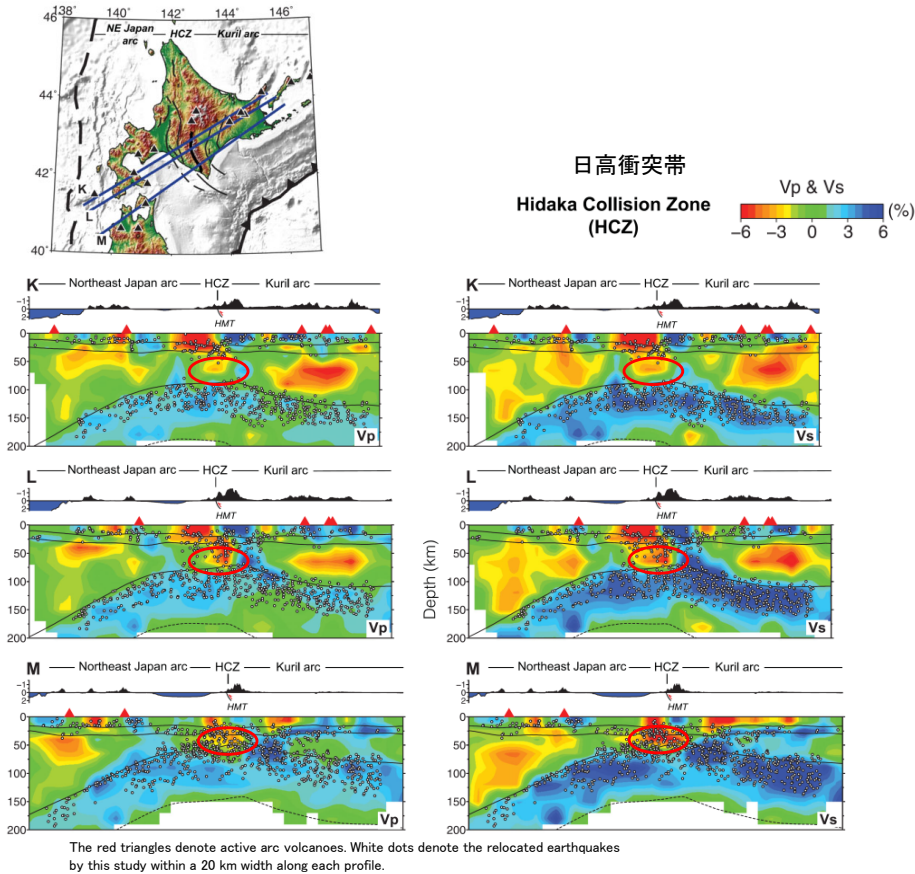
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (19/128)



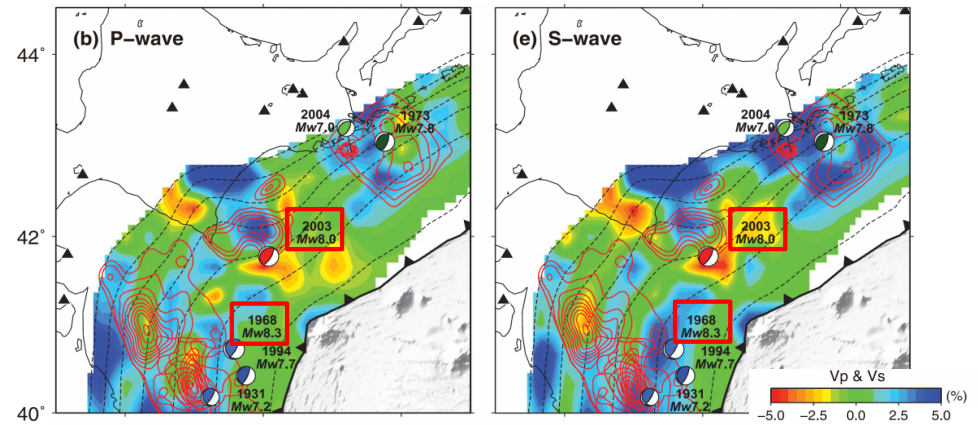
想定波源域の設定 (14/30) : 破壊伝播の検討 (3/7)

第1204回審査会合
資料1 P.164再掲

青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部 (2/2)

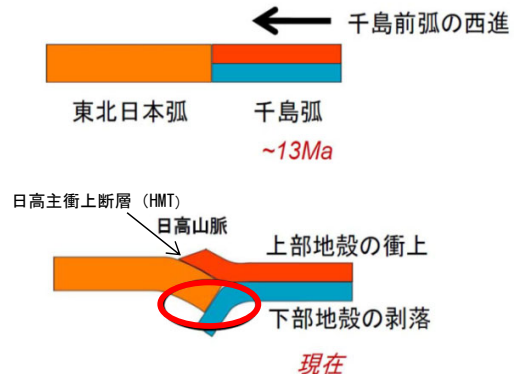


日高衝突帯における地震波トモグラフィ鉛直分布 (HMT: Hidaka main thrust) Liu et al. (2013)



日本海溝・千島海溝島弧改造部付近の地震波トモグラフィと既往地震発生域の関係 Liu et al. (2013) に一部加筆

The red contour lines in (b) and (e) denote the coseismic slip distributions of the megathrust earthquakes in 1931, 1968 and 1994 (Nagai et al. 2001; Yamanaka & Kikuchi 2004), in 2003 (Yamanaka & Kikuchi 2003), and in 1973 and 2004 (Katsumata & Yamanaka 2006; Yamanaka 2006). The inner contour lines denote larger slips.



千島弧の前弧スリパーの西進、東北日本弧との衝突による日高山脈形成過程の模式図 日野ほか (2008) に一部加筆

- 千島弧と東北日本弧が衝突する日高衝突帯では、地震波速度の高速度域が、低速度域に押し付けられている形状を呈する。
- 千島弧と東北日本弧の衝突により、剥落した千島弧の地殻下部物質の剥落に相当する低速度領域 (左図赤○部) がプレート境界面と接している。
- 1968年十勝沖地震と2003年十勝沖地震の震源は、この接触領域によって隔てられている。

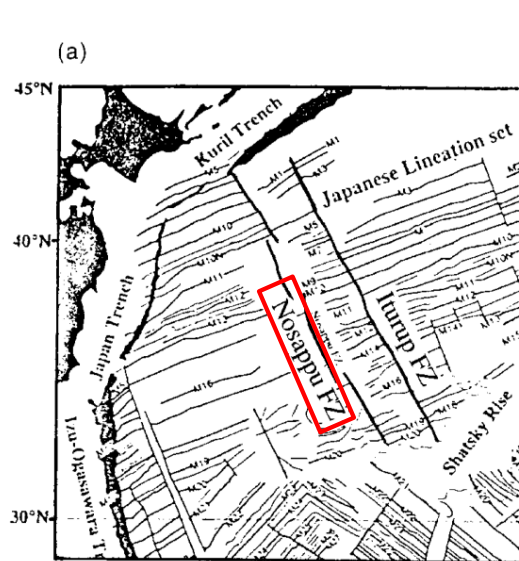
地震波トモグラフィによる青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部付近の3次元地殻不均質構造の分析と既往地震発生履歴の関係から、日高衝突帯における下部地殻の剥落に相当する低速度領域が、破壊 (地震) の構造境界になる可能性があると考えられている。 Liu et al. (2013), 日野ほか (2008) による

前ページ及び以上から、青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部は、破壊伝播の境界になる可能性があると考えられる。

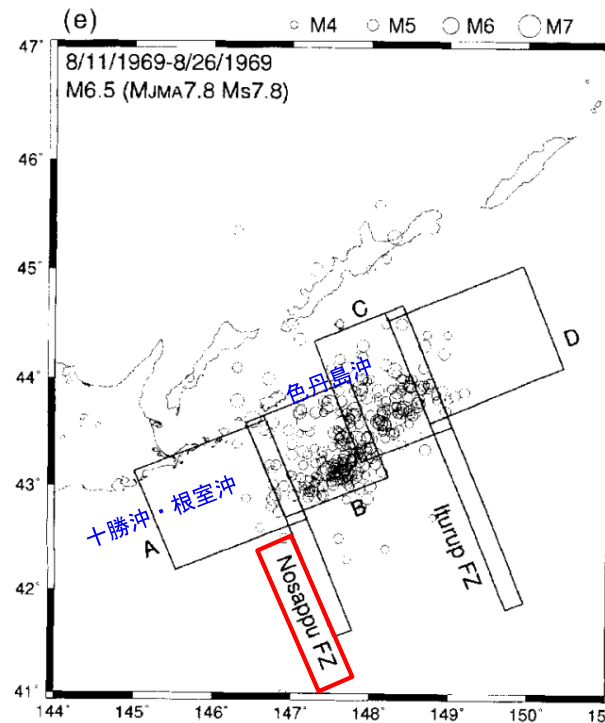
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (20/128)

想定波源域の設定 (15/30) : 破壊伝播の検討 (4/7)

南千島沖 (1/2)

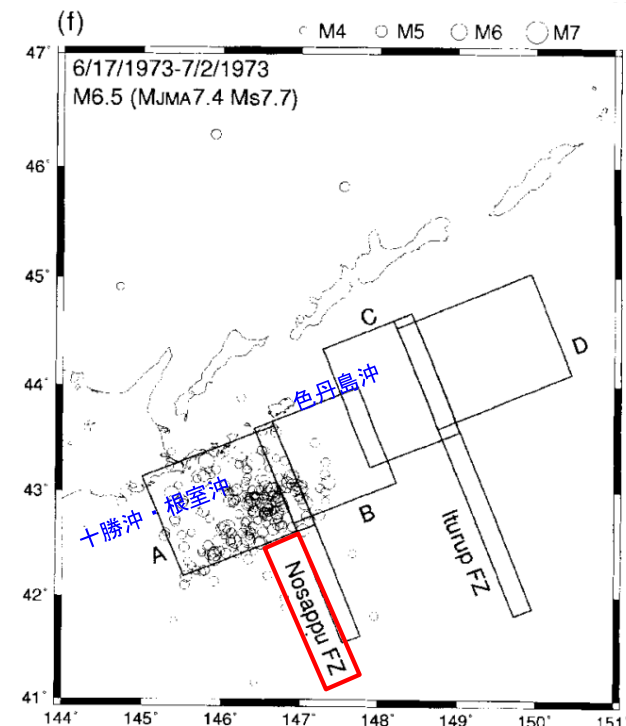


地磁気異常
Kasahara et al. (1997) に一部加筆



1969年南千島沖地震の余震域

Kasahara et al. (1997) に一部加筆



1973年根室沖地震の余震域

- 3.11地震及び世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見より、構造境界と破壊伝播が関連していると考えられることより (第1023回審査会合 資料1-2 P.3.3-2参照), 南千島沖の構造境界について検討した。
- 南千島沖の太平洋プレート上には地磁気異常の縞模様にも明瞭な食い違いがあり、その食い違い境界に存在する納沙布断裂帯と呼ばれる断裂帯を挟んで両側で重力・地殻構造・堆積物の厚さが明瞭に変化しているとされている。また、この構造線の海溝側への延長線は最近数十年間に色丹島沖～択捉島沖に起きた地震活動のブロック境界と一致しており、古い海洋プレートの構造が現在の地震活動ブロック構造を支配する原因の一つと考えられるとされている。

Kasahara et al. (1997) による

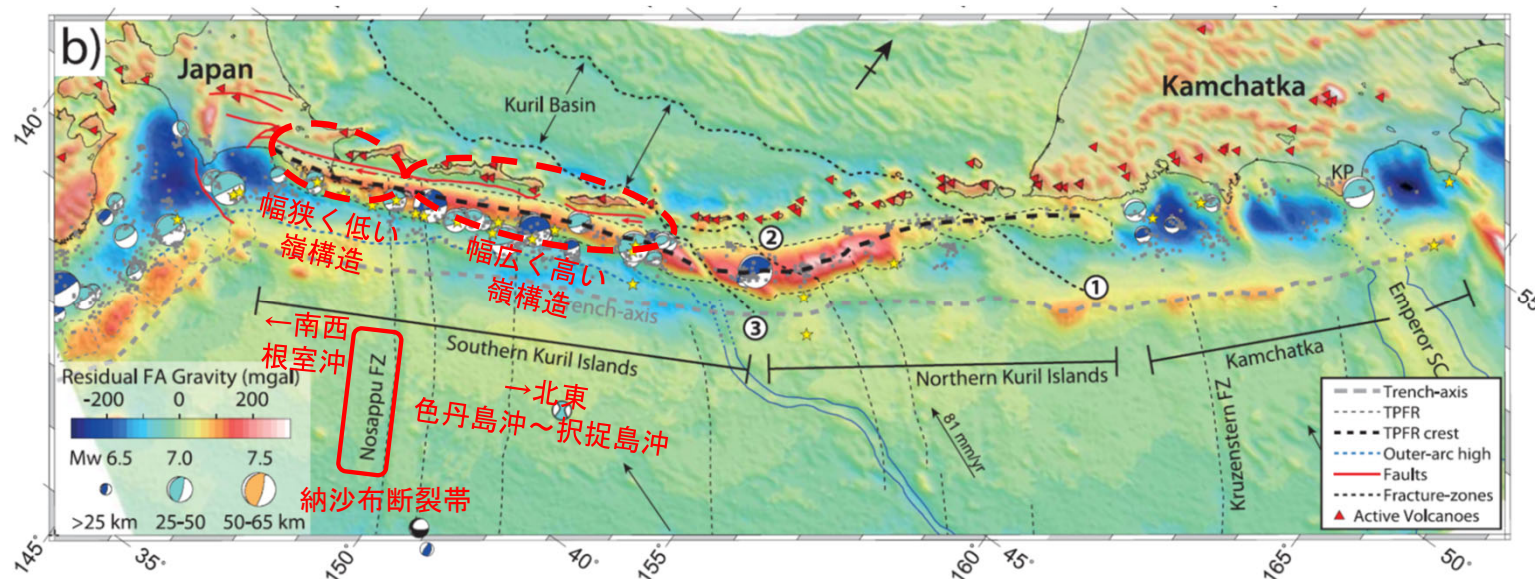
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (21/128)

想定波源域の設定 (16/30) : 破壊伝播の検討 (5/7)

南千島沖 (2/2)

- Bassett and Watts (2015) では, 「納沙布断裂帯が前弧地形の変化位置にあたり, 以下のとおり, 納沙布断裂帯の南西側で海溝軸に平行な嶺構造 (TPFR) の重力異常が狭く小さくなることや地震の分布を考慮すると, 納沙布断裂帯の位置にテクトニックなセグメンテーションが生じているとみられる」とされている。
 - ✓ 海溝軸に平行な嶺構造 (TPFR) はプレート間の摩擦特性を反映しているため, 長期的な地震活動に関する海溝軸方向の1次的なセグメンテーションに対応する。
 - ✓ そのうえで, 納沙布断裂帯が (1) 前弧地形の変化位置にあたり, (2) 南西側でTPFRの重力異常が狭く弱くなることや, (3) 地震の分布に差異があることを考慮すると, 2次的なセグメンテーション構造を形成している。

前ページ及び以上から, 納沙布断裂帯は, 十勝沖・根室沖で発生する地震の破壊領域の東の境界になると考えられる。



Bassett and Watts (2015) に一部加筆

千島~カムチャッカ沈み込み帯

(コンターは重力異常の短波長成分, 黒破線はTPFRの嶺, 灰色破線は海溝軸を表す。)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (22/128)

想定波源域の設定 (17/30) : 破壊伝播の検討 (6/7)

第1204回審査会合
資料1 P.167再掲

千島前弧スリバー

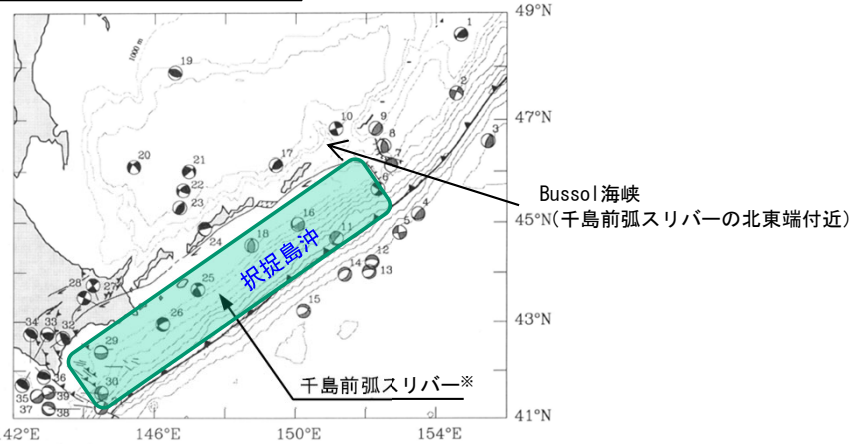
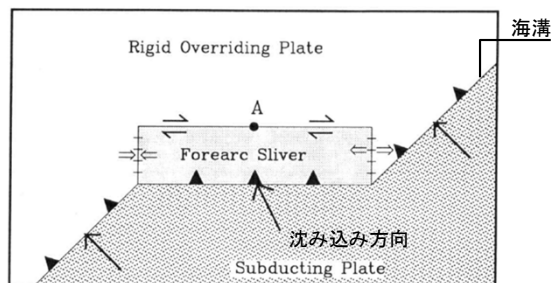
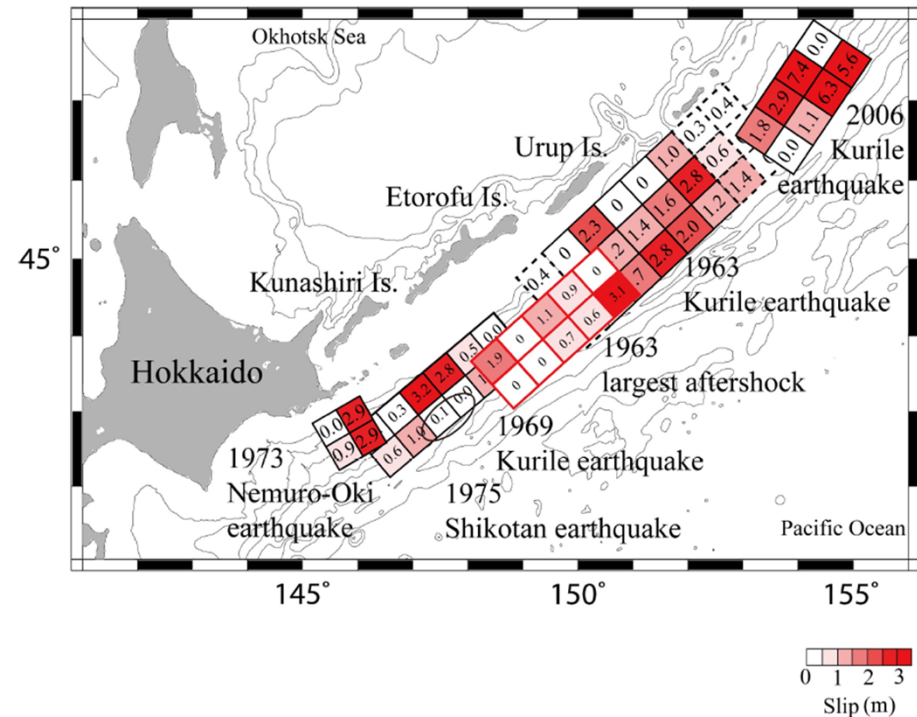


Fig. 6. Bathymetry and nonsubduction earthquakes in the vicinity of the southern Kuril forearc sliver. Epicentral parameters are given in Table 2. All published focal mechanisms for shallow nonthrust earthquakes are shown. Focal mechanisms with solid quadrants are believed to have occurred within the upper plate. Focal mechanisms with graytone quadrants record deformation with a less certain origin. Bathymetric contour intervals are 1000 m. All fault locations are taken from *Le Pichon et al. [1984] and Kimura [1986]*.

千島前弧スリバー (Demets (1992) に一部加筆)



斜め沈み込み帯におけるプレート運動 (概要図)
(Demets (1992) に一部加筆)



津波波形インバージョンにより推定した根室半島沖～中千島沖で発生した地震のすべり分布

文部科学省 (2013)

※前弧スリバー： 島弧あるいは陸弧の前弧部分が、背弧及びそれから後方のプレートと独立して運動する部分。
地学団体研究会編 (2000)

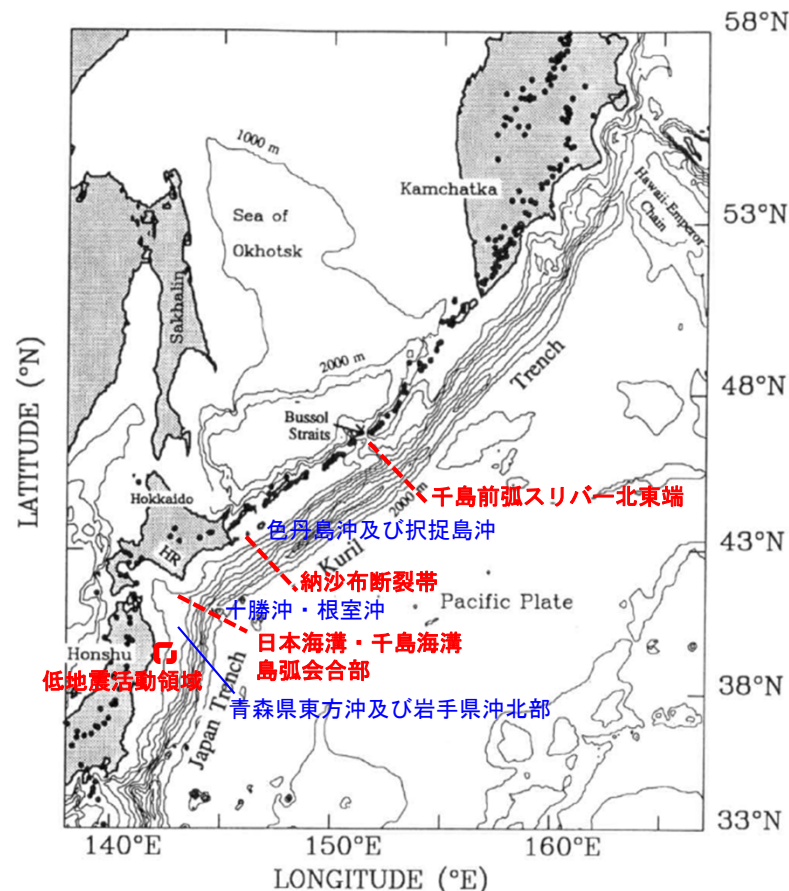
- 太平洋プレートは、千島海溝で斜めに沈み込んでおり、それに伴いBussol海峡～十勝沖の範囲において千島前弧スリバーが形成され、背弧側とは別の剛体運動をしているとされている。 Demets(1992) による
 - 千島前弧スリバーの北東端位置は、1963年の地震と2006年の地震の境界に一致するとされている。 文部科学省 (2013) による
- 以上から、千島前弧スリバー北東端は択捉島沖で発生する地震の破壊領域の北東の境界になると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (23/128)

想定波源域の設定 (18/30) : 破壊伝播の検討 (7/7)

第1204回審査会合
資料1 P.168再掲

まとめ



青森県東方沖から千島海溝沿いにおける構造的特徴 (破壊のバリア) に関する検討結果

Demets (1992) に一部加筆

◎青森県東方沖及び岩手県沖北部は、M8クラスの地震で蓄積するひずみを解消すると考えられ、蓄積されるひずみの量は、十勝沖・根室沖に比べ小さい。また、さらに南方の岩手県沖南部では、ひずみは蓄積されにくく (低地震活動領域：第1023回審査会合 資料1-2 P.3.1-10, P.3.1-11参照)、2011年東北地方太平洋沖地震の破壊域であることを踏まえると、青森県東方沖及び岩手県沖北部の破壊がさらに南方の岩手県沖南部に伝播することはないと考えられるため、青森県東方沖及び岩手県沖北部と岩手県沖南部の境界を想定波源域の南の境界とする。

◎日本海溝と千島海溝の島弧会合部付近には地殻構造の不連続による破壊のバリアが存在すると考えられるため、青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との境界は、破壊の境界となり得ると考えられる。

◎十勝沖・根室沖と色丹島沖及び択捉島沖との境界に存在する納沙布断裂帯は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられるため、納沙布断裂帯は、破壊の境界となると考えられる。

◎色丹島沖及び択捉島沖の北東に存在する千島前弧スリバーの北東端は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられるため、破壊の境界となると考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（24/128）

想定波源域の設定（19/30）：検討対象波源域の選定（1/12）

第1204回審査会合
資料1 P.169再掲

検討概要

【検討対象波源域の検討方針】 （第994回審査会合から変更なし）

- 基準波源モデルの設定に先立ち、検討対象とする海域を選定する目的で、検討対象波源域を検討する。ここでは、以下の2つの領域の連動を考慮したM9クラスの地震を考慮（P.171参照）。
 - ✓ 青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動
 - ✓ 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動

【検討手順】

- 敷地へ及ぼす影響の大きい海域（想定波源域）を選定するため、特性化モデルによる津波数値シミュレーションを実施する。 （第994回審査会合から変更なし）
- ここで、「テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル」に関する検討を基本とするように資料構成を見直したことに伴い、検討対象とする特性化モデルは以下の2種類とする（P.172参照）。
 - ✓ 広域の津波特性を考慮した特性化モデル：超大すべり域が2つのモデル
 - ✓ 大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル：超大すべり域が1つのモデル

【検討結果】

- 超大すべり域が2つのモデルを対象とした想定波源域（P.175, P.176）
 - 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖
- 超大すべり域が1つのモデルを対象とした想定波源域（P.179, P.180）
 - 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖



想定波源域の設定 (20/30) : 検討対象波源域の選定 (2/12)

第1204回審査会合
資料1 P.170再掲

第994回審査会合と本検討との変更箇所と比較

< 超大すべり域が2つのモデル >

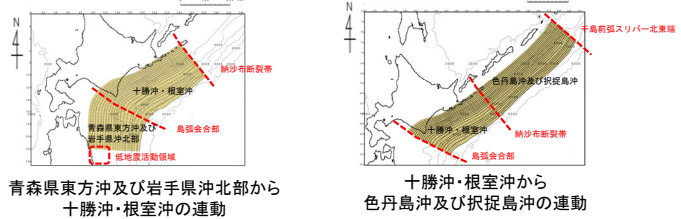
 : 第994回審査会合からの
変更箇所

【第994回審査会合】

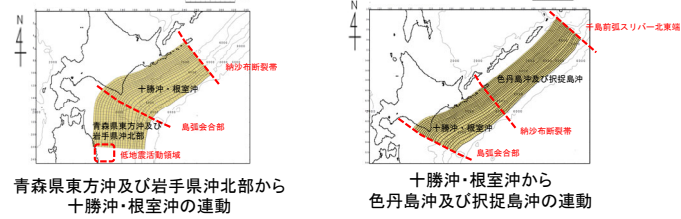
【本検討】

< 超大すべり域が1つのモデル >
【本検討】
(第994回審査会合からの変更なし)

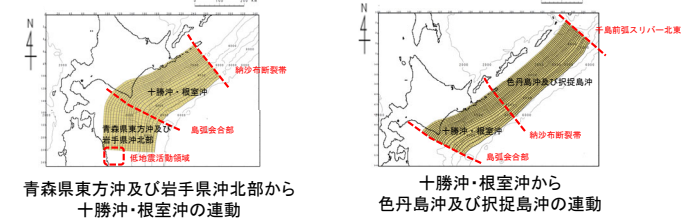
○検討対象とする運動領域



○検討対象とする運動領域



○検討対象とする運動領域

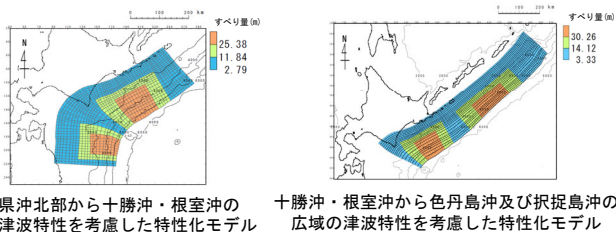


広域の津波特性を考慮

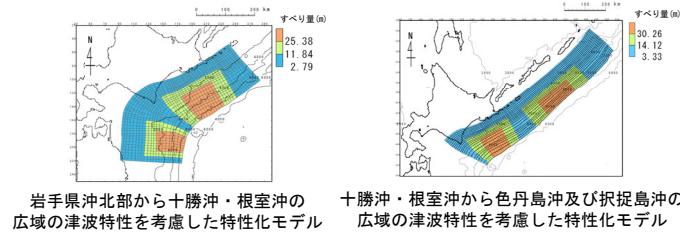
広域の津波特性を考慮

破壊特性を考慮

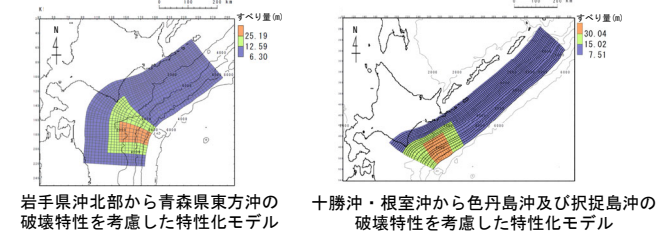
○検討対象特性化モデル (超大すべり域が2つ)



○検討対象特性化モデル (超大すべり域が2つ)



○検討対象特性化モデル (超大すべり域が1つ)



○敷地への影響検討 (超大すべり域が2つ)

✓ 超大すべり域が2つのモデルでは、上昇側は十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の津波の影響が大きく、下降側は岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。

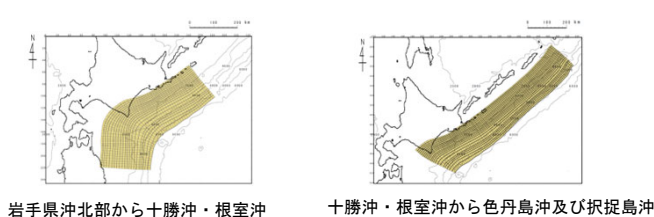
○敷地への影響検討 (超大すべり域が2つ)

✓ 超大すべり域が2つのモデルでは、敷地付近も含めて考慮すると岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。なお、十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖は、影響検討用の波源域として扱う。(P.175参照)

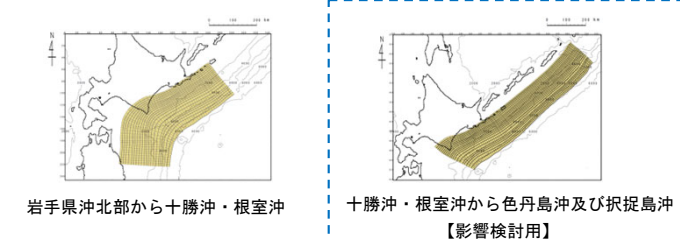
○敷地への影響検討 (超大すべり域が1つ)

✓ 超大すべり域が1つのモデルでは、岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。(P.179参照)。

○検討対象波源域の選定 (超大すべり域が2つ)



○検討対象波源域の選定 (超大すべり域が2つ)



○検討対象波源域の選定 (超大すべり域が1つ)



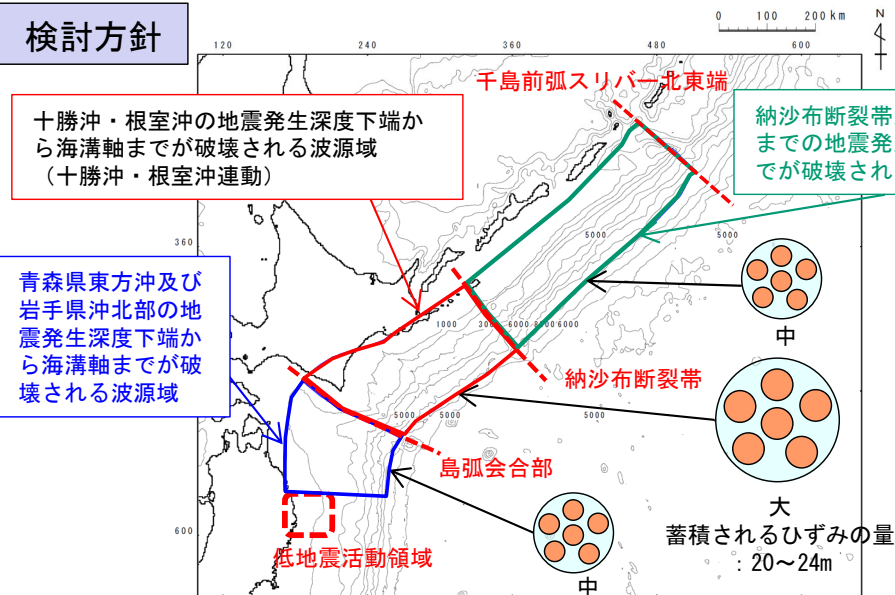
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (26/128)

第1204回審査会合
資料1 P.171再掲



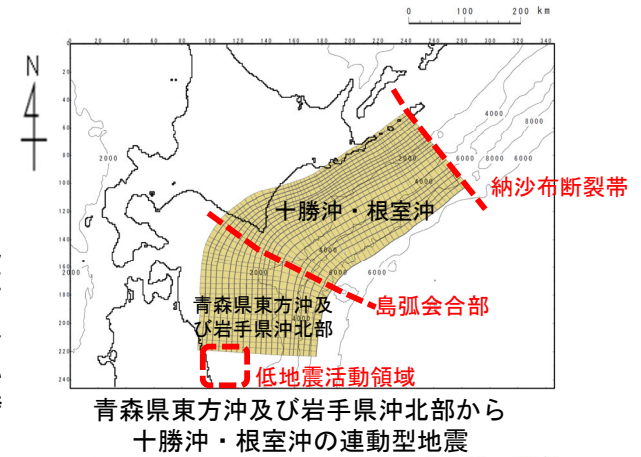
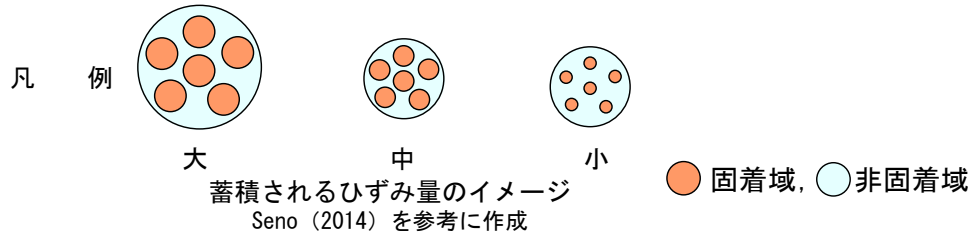
想定波源域の設定 (21/30) : 検討対象波源域の選定 (3/12)

検討方針



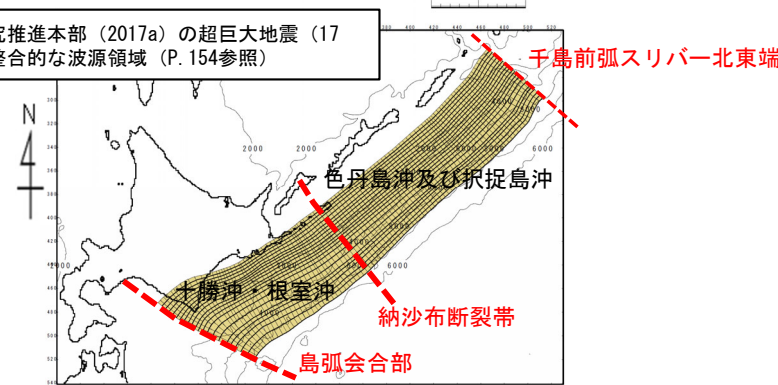
青森県東方沖及び岩手県沖北部～色丹島沖・択捉島沖に亘る領域は、左図のとおり3つの波源域に分割できると考えられるが、安全評価上、右図のように破壊伝播の可能性が低いと評価される波源域の境界を一つ跨ぐ2つの領域の連動を考慮したM9クラス地震を考慮

既往の知見を踏まえた波源領域とひずみ量



青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震

地震調査研究推進本部 (2017a) の超巨大地震 (17世紀型) と整合的な波源領域 (P.154参照)



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震
安全評価上の波源領域

- 巨大地震想定に当たり、安全評価上の波源領域として以下のとおり想定することとした。
 - ✓ 青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖の間に位置する島弧会合部付近には地殻構造の不連続による破壊のバリアが存在すると考えられ、この境界を跨ぐ破壊伝播の可能性は低いと評価されるが、青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖が一連の波源域として連動することを想定したM9クラスの波源を設定する。
 - ✓ 十勝沖・根室沖と色丹島沖及び択捉島沖との境界に存在する納沙布断裂帯は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられ、この境界を跨ぐ破壊伝播の可能性は低いと評価されるが、十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖が一連の波源域として連動することを想定したM9クラスの波源を設定する。
 - ✓ なお、3.11地震では、津波地震の領域である付加体での大きなすべりが高い津波を発生させたことを踏まえ、プレート間地震と津波地震の連動を考慮する。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (27/128)

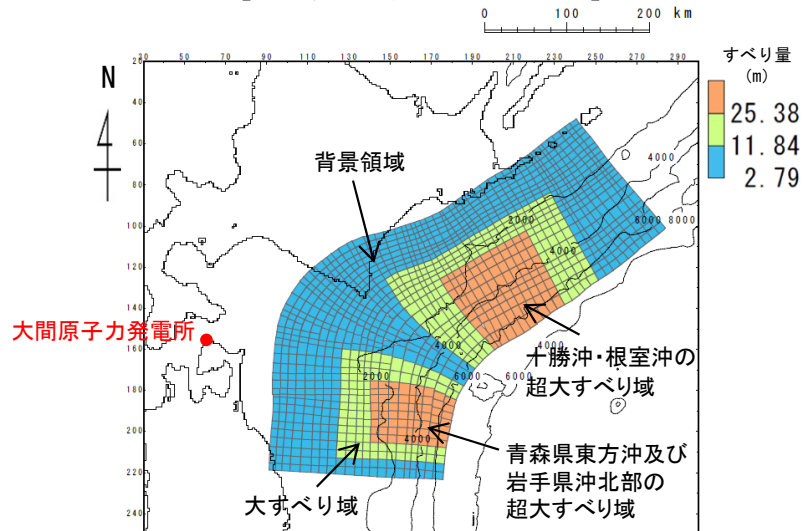
想定波源域の設定 (22/30) : 検討対象波源域の選定 (4/12)

検討対象モデル

- 大間の基準波源モデル策定に係り、津波水位への影響が大きいすべり分布の観点では、超大すべり域の数が2つのモデルと1つのモデルとの2つのグループに分けることができる。
- 検討対象波源域の選定に係り、超大すべり域の数の影響を加味するため、以下の2種類のモデルを検討対象モデルに選定し、十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖にも、これらのモデルの設定の考え方を反映した特性化モデルを設定することとする。
 - ✓ 超大すべり域が2つのモデル：「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. 173~P. 176, P. 193~P. 207参照)
 - ✓ 超大すべり域が1つのモデル：「岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」※
(P. 177~P. 180, P. 225~P. 231参照)

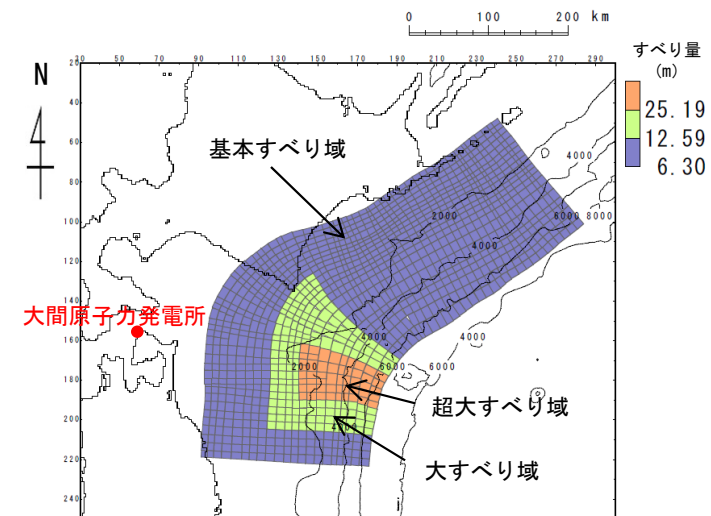
※：「青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」と「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」の領域比較を明確にするために、ここ「検討対象波源域の選定」では「3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル」を「岩手県沖から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」と称する。

【超大すべり域が2つのモデル】



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

【超大すべり域が1つのモデル】



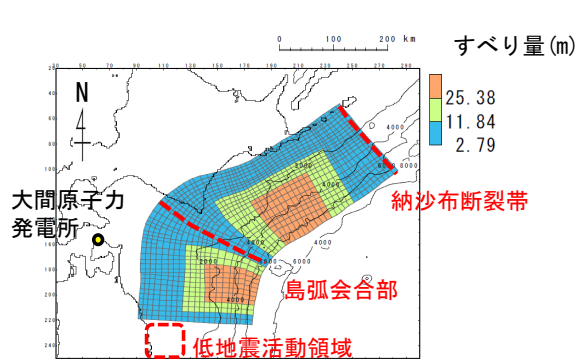
岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊
特性を考慮した特性化モデル

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (28/128)

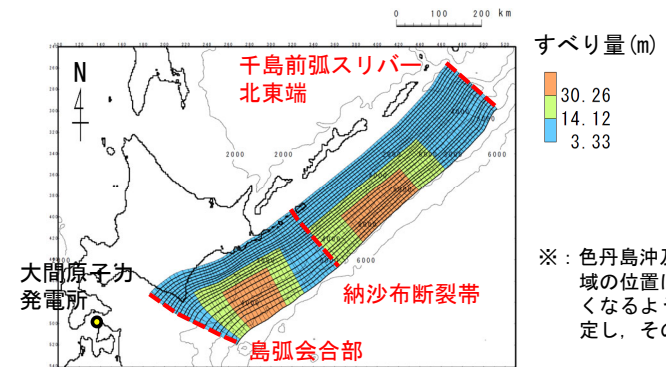
想定波源域の設定 (23/30) : 検討対象波源域の選定 (5/12)

超大すべり域が2つのモデル (1/4) : 特性化モデル設定方針

- 検討対象波源域の選定に関する超大すべり域が2つのモデルを対象とした検討は、「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」及び十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に、このモデルの設定の考え方を反映した特性化モデル「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」を比較することで実施した。
(「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」の設定の考え方は、P.207参照)



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



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※

※：色丹島沖及び択捉島沖の超大すべり域の位置は、大すべり域が敷地に近くなるように想定波源域の西端に設定し、そのほぼ中央に配置

		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 【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
面積 S (km ²)		110,472	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.27	3.1
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—
地震モーメント Mo (N・m)		4.93×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量 D (m)		8.93	8.46
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (64,419km ² , 58.3%)	2.79 (66,283km ² , 60%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (26,782km ² , 24.2%)	11.84 (27,618km ² , 25%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (19,271km ² , 17.5%)	25.38 (16,571km ² , 15%)
ライズタイム τ (s)		60	—

		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 【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		9.21	9.20
面積 S (km ²)		157,100	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.19	3.1
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—
地震モーメント Mo (N・m)		8.15×10^{22}	7.92×10^{22}
平均すべり量 D (m)		10.38	10.09
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (92,651km ² , 59.0%)	3.33 (94,260km ² , 60%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (38,911km ² , 24.8%)	14.12 (39,275km ² , 25%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (25,538km ² , 16.2%)	30.26 (23,565km ² , 15%)
ライズタイム τ (s)		60	—

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (29/128)

想定波源域の設定 (24/30) : 検討対象波源域の選定 (6/12)

超大すべり域が2つのモデル (2/4) : 特性化モデル詳細パラメータ

第1204回審査会合
資料1 P.174再掲

詳細パラメータ一覧

		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 【モデル化後の値】	備考 【設計値】			十勝沖・根室沖から色丹島沖及び根 捉島沖の広域の津波特性を考慮した 特性化モデル 【モデル化後の値】	備考 【設計値】		
モーメントマグニチュード [*] Mw		9.06	9.05	モーメントマグニチュード [*] Mw		9.21	9.20		
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.27	3.1	平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.19	3.1		
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—	剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—		
地震モーメント Mo (N・m)		4.93×10^{22}	4.67×10^{22}	地震モーメント Mo (N・m)		8.15×10^{22}	7.92×10^{22}		
平均すべり量 D (m)		8.93	8.46	平均すべり量 D (m)		10.38	10.09		
波源全体	面積 S (km ²)	110,472	—	波源全体	面積 S (km ²)	157,100	—		
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (64,419km ² , 58.3%)		2.79 (66,283km ² , 60%)	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (92,651km ² , 59.0%)	3.33 (94,260km ² , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (26,782km ² , 24.2%)		11.84 (27,618km ² , 25%)		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (38,911km ² , 24.8%)	14.12 (39,275km ² , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (19,271km ² , 17.5%)		25.38 (16,571km ² , 15%)		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (25,538km ² , 16.2%)	30.26 (23,565km ² , 15%)
青森県東 方沖北部 及び	面積 S (km ²)	40,959	—	十勝沖・ 根室沖	面積 S (km ²)	69,513	—		
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (23,827km ² , 58.2%)		2.79 (24,575km ² , 60%)	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (40,592km ² , 58.4%)	3.33 (41,708km ² , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (9,971km ² , 24.3%)		11.84 (10,240km ² , 25%)		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (16,812km ² , 24.2%)	14.12 (17,378km ² , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (7,161km ² , 17.5%)		25.38 (6,144km ² , 15%)		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (12,109km ² , 17.4%)	30.26 (10,427km ² , 15%)
十勝沖・ 根室沖	面積 S (km ²)	69,513	—	色丹 捉島沖 及び	面積 S (km ²)	87,587	—		
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	2.79 (40,592km ² , 58.4%)		2.79 (41,708km ² , 60%)	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	3.33 (52,059km ² , 59.5%)	3.33 (52,552km ² , 60%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	11.84 (16,812km ² , 24.2%)		11.84 (17,378km ² , 25%)		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	14.12 (22,099km ² , 25.2%)	14.12 (21,897km ² , 25%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.38 (12,109km ² , 17.4%)		25.38 (10,427km ² , 15%)		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.26 (13,429km ² , 15.3%)	30.26 (13,138km ² , 15%)

注: 各領域における面積比率は、その領域に対する面積比率を記載。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (30/128)

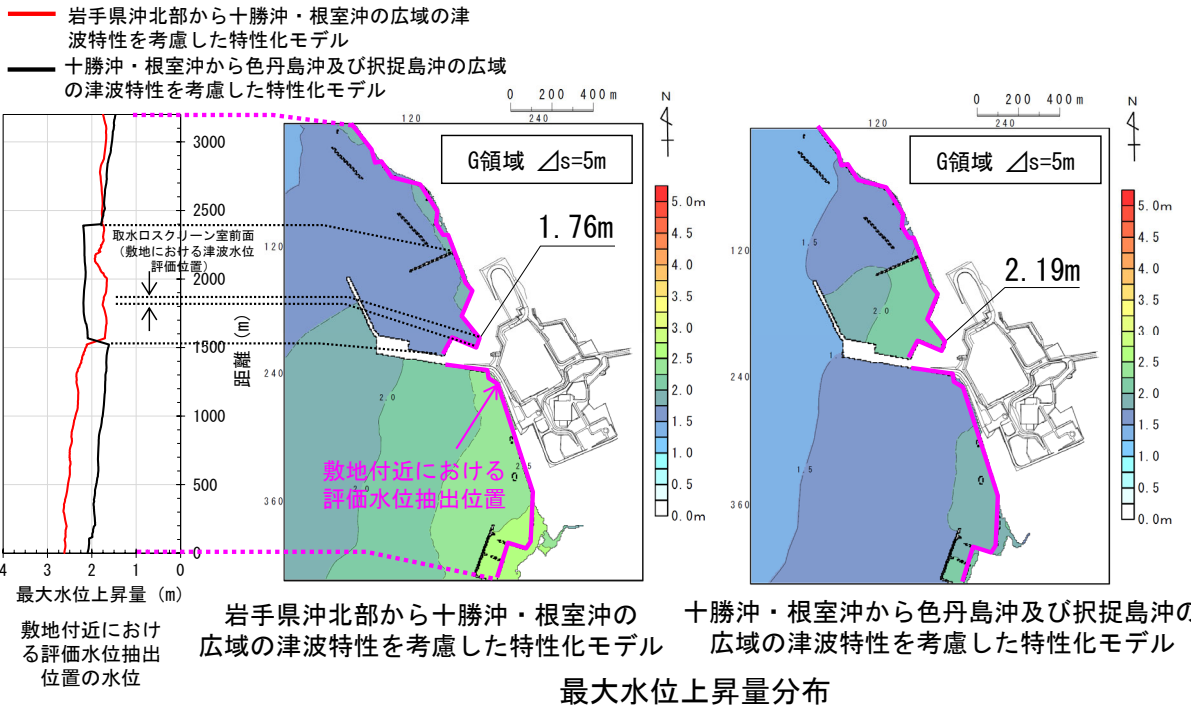


想定波源域の設定 (25/30) : 検討対象波源域の選定 (7/12)

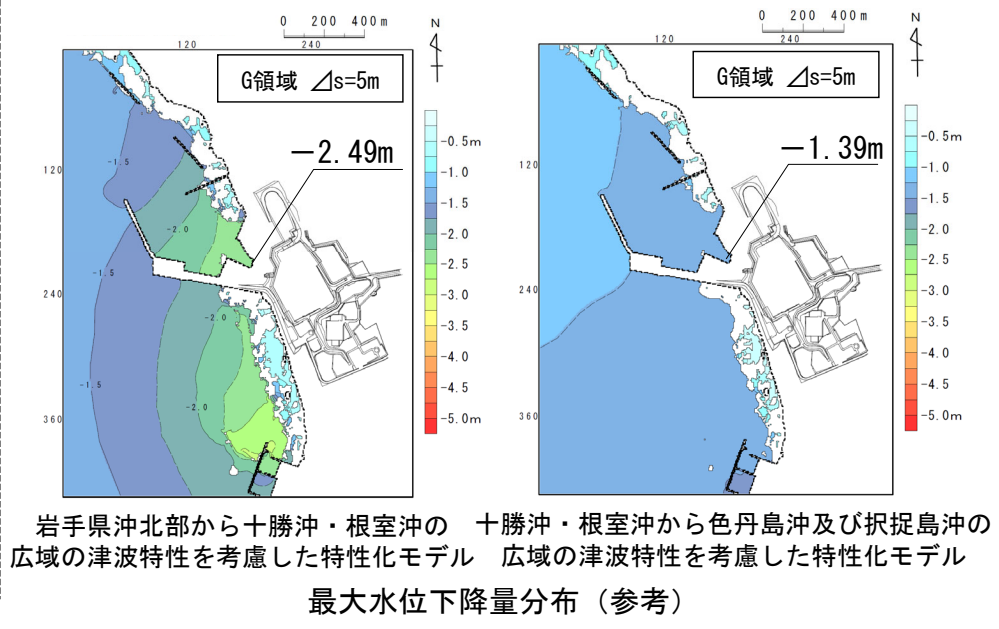
第1204回審査会合
資料1 P.175再掲

超大すべり域が2つのモデル (3/4) : 検討結果

- 超大すべり域が2つのモデルに係る「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」及び「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」を対象とした、敷地へ及ぼす影響の大きな波源域の選定について、下記の数値シミュレーション結果①②を用いて検討する。(考え方:P.72参照)
- ① 敷地付近における津波水位評価位置である汀線沿いの最大水位上昇量を比較すると、専用港湾内を除いて「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」の方が「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」に比べ最大水位上昇量が多い。
- ② 一方、敷地における津波水位評価位置である取水口スクリーン室前面においては、専用港湾内での増幅の影響により、「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」(最大水位上昇量2.19m)の方が「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」(最大水位上昇量1.76m)に比べ最大水位上昇量が多い。
- 上記のとおり、①と②において水位上昇量が多い波源が異なるため、①で水位が大きくなる「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」を敷地に及ぼす影響の大きな波源域として選定し、②で水位が大きくなる「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」を影響検討用の波源域とする。
- なお、影響検討用波源とした「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」に対し、概略パラメータスタディを行い、「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」に対し保守性を考慮した基準波源モデル①(P.223)と比較を行った結果、基準波源モデル①の方が、上昇側、下降側共に敷地に与える影響が大きいことを確認した(第1023回審査会合 資料1-2「4-1. 検討対象波源域の選定」参照)。



専用港湾の影響を受けた局所的な水位の増幅により両ケースで水位が逆転する可能性が否定できないため最大水位下降量についても参考に示す。



3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (31/128)

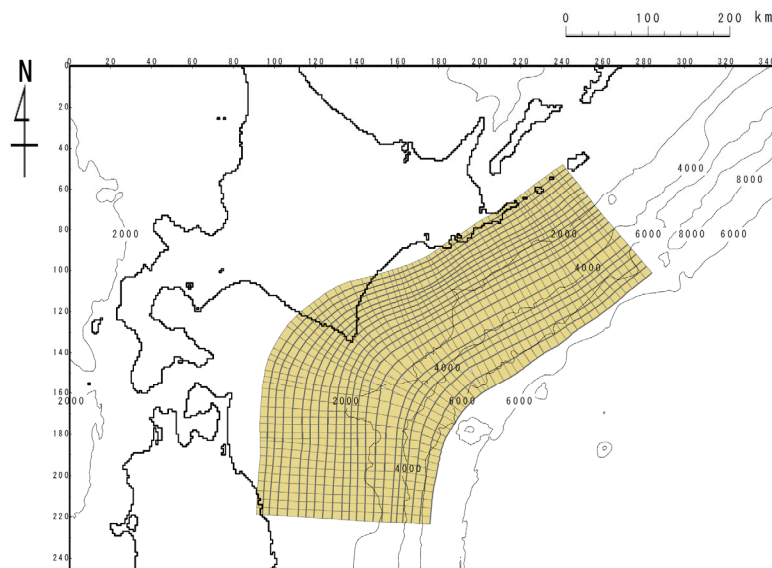
想定波源域の設定 (26/30) : 検討対象波源域の選定 (8/12)

第1204回審査会合

資料1 P.176再掲

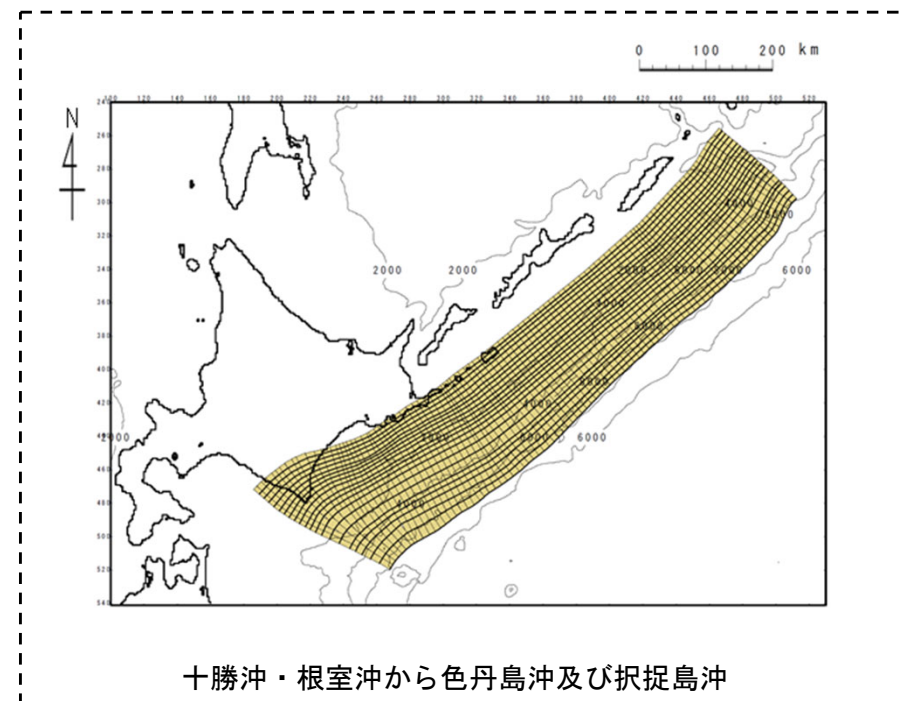
超大すべり域が2つのモデル (4/4) : まとめ

- 「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」, 「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」の波源域について, 超大すべり域が2つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果, 敷地付近も含めて考慮すると「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」に比べ, 「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」の影響が大きいことが確認できたことから, 超大すべり域が2つのモデルを対象とした基準波源モデルの想定波源域は, 「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」とする。
- なお, 「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」は, 影響検討用の波源域として扱う (第1023回審査会合 資料1-2「4-1. 検討対象波源域の選定」参照)。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖

基準波源モデルの想定波源域
【超大すべり域が2つのモデル】



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖

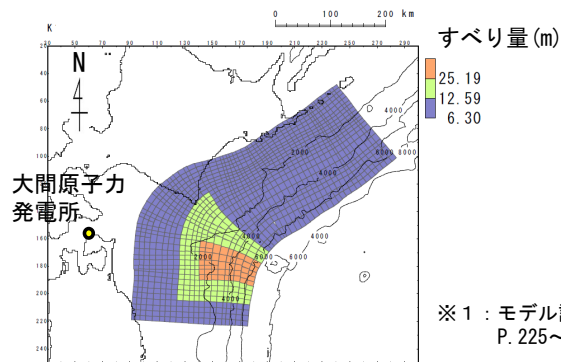
影響検討用の波源域
【超大すべり域が2つのモデル】

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (32/128)

想定波源域の設定 (27/30) : 検討対象波源域の選定 (9/12)

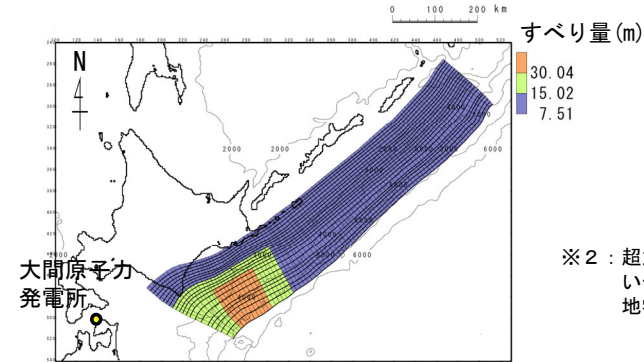
超大すべり域が1つのモデル (1/4) : 特性化モデル設定方針

- 検討対象波源域の選定に関する超大すべり域が1つのモデルを対象とした検討は、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」及び十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に、このモデルの設定の考え方を反映した特性化モデル「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」を比較することで実施した。



※1 : モデル設定の考え方は、P. 225~P. 231参照

岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※1



※2 : 超大すべり域の位置は、敷地に近い十勝沖・根室沖の地震学的、測地学的知見を踏まえて設定。

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※2

		岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備考【設計値】
モーメントマグニチュード [*] Mw		9.04	9.04
面積 S (km ²)		110,472	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.05	3
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—
地震モーメント Mo (N・m)		4.59×10^{22}	4.52×10^{22}
平均すべり量 D (m)		8.31	8.19
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	6.30 (87,732km ² , 79.4%)	6.30 (88,377km ² , 80%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	12.59 (16,438km ² , 14.9%)	12.59 (16,571km ² , 15%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.19 (6,302km ² , 5.7%)	25.19 (5,524km ² , 5%)
ライズタイム τ (s)		60	—

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備考【設計値】
モーメントマグニチュード [*] Mw		9.20	9.19
面積 S (km ²)		157,100	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.10	3
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—
地震モーメント Mo (N・m)		7.93×10^{22}	7.67×10^{22}
平均すべり量 D (m)		10.10	9.76
すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	7.51 (125,126km ² , 79.6%)	7.51 (125,680km ² , 80%)
	大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	15.02 (20,878km ² , 13.3%)	15.02 (23,565km ² , 15%)
	超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.04 (11,096km ² , 7.1%)	30.04 (7,855km ² , 5%)
ライズタイム τ (s)		60	—

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (33/128)

想定波源域の設定 (28/30) : 検討対象波源域の選定 (10/12)

超大すべり域が1つのモデル (2/4) : 特性化モデル詳細パラメータ

詳細パラメータ一覧

		岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル 【モデル化後の値】	備考 【設計値】	
モーメントマグニチュード Mw		9.04	9.04	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.05	3	
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—	
地震モーメント Mo (N・m)		4.59×10^{22}	4.52×10^{22}	
平均すべり量 D (m)		8.31	8.19	
波源全体	面積 S (km ²)	110,472	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	6.30 (87,732km ² , 79.4%)	6.30 (88,377km ² , 80%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	12.59 (16,438km ² , 14.9%)	12.59 (16,571km ² , 15%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.19 (6,302km ² , 5.7%)	25.19 (5,524km ² , 5%)
青森県東方沖北部及び	面積 S (km ²)	40,959	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	6.30 (23,789km ² , 58.1%)	—
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	12.59 (10,868km ² , 26.5%)	—
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.19 (6,302km ² , 15.4%)	—
十勝沖・根室沖	面積 S (km ²)	69,513	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	6.30 (63,943km ² , 92.0%)	—
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	12.59 (5,570km ² , 8.0%)	—
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	25.19 (0km ² , 0.0%)	—

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル 【モデル化後の値】	備考 【設計値】	
モーメントマグニチュード Mw		9.20	9.19	
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.10	3	
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—	
地震モーメント Mo (N・m)		7.93×10^{22}	7.67×10^{22}	
平均すべり量 D (m)		10.10	9.76	
波源全体	面積 S (km ²)	157,100	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	7.51 (125,126km ² , 79.6%)	7.51 (125,680km ² , 80%)
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	15.02 (20,878km ² , 13.3%)	15.02 (23,565km ² , 15%)
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.04 (11,096km ² , 7.1%)	30.04 (7,855km ² , 5%)
十勝沖・根室沖	面積 S (km ²)	69,513	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	7.51 (37,539km ² , 54.0%)	—
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	15.02 (20,878km ² , 30.0%)	—
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.04 (11,096km ² , 16.0%)	—
色丹島沖及び択捉島沖	面積 S (km ²)	87,587	—	
	すべり量	基本すべり域 (m) (面積及び面積比率)	7.51 (87,587km ² , 100.0%)	—
		大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	15.02 (0km ² , 0.0%)	—
		超大すべり域 (m) (面積及び面積比率)	30.04 (0km ² , 0.0%)	—

注: 波源全体として大すべり域及び超大すべり域を設定したため、設計値は波源全体として記載した。
モデル化後の値は、青森県東方沖及び岩手県沖北部、十勝沖・根室沖、色丹島沖及び択捉島沖とに分けて記載した。

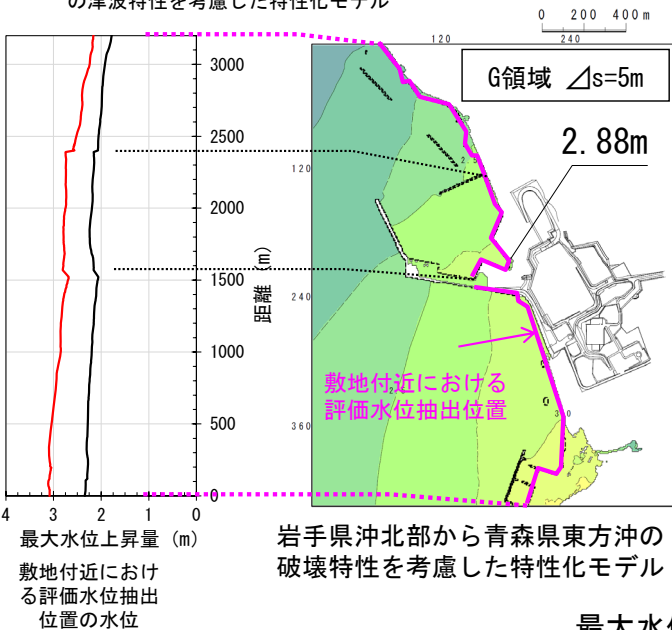
想定波源域の設定 (29/30) : 検討対象波源域の選定 (11/12)

第1204回審査会合
資料1 P.179再掲

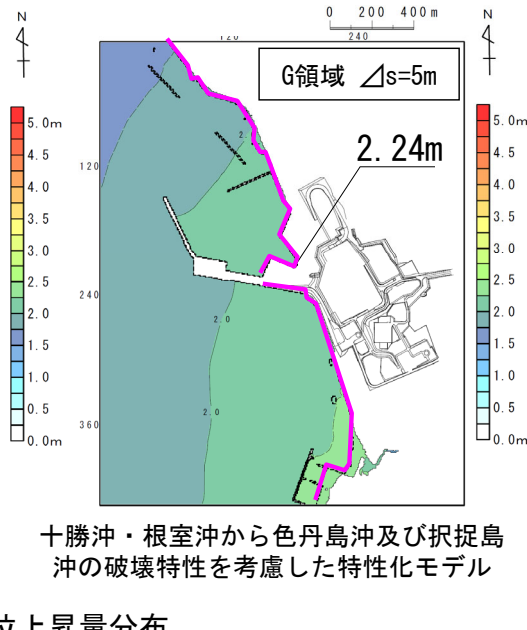
超大すべり域が1つのモデル (3/4) : 検討結果

- 超大すべり域が1つのモデルに係る「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」及び「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」を対象とした、敷地へ及ぼす影響の大きな波源域の選定について、下記の数値シミュレーション結果①②を用いて検討する。(考え方:P.72参照)
- ① 敷地付近における津波水位評価位置である汀線沿いの最大水位上昇量を比較すると、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」の方が「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」に比べて影響が大きい。
- ② また、敷地における津波水位評価位置である取水口スクリーン室前面においても、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」(最大水位上昇量2.88m)の方が「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」(最大水位上昇量2.24m)に比べ影響が大きい。
- 上記のとおり、①②共に水位上昇量が大きな波源が同じであるため、水位が大きくなる「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」を敷地に及ぼす影響の大きな波源域として選定する。

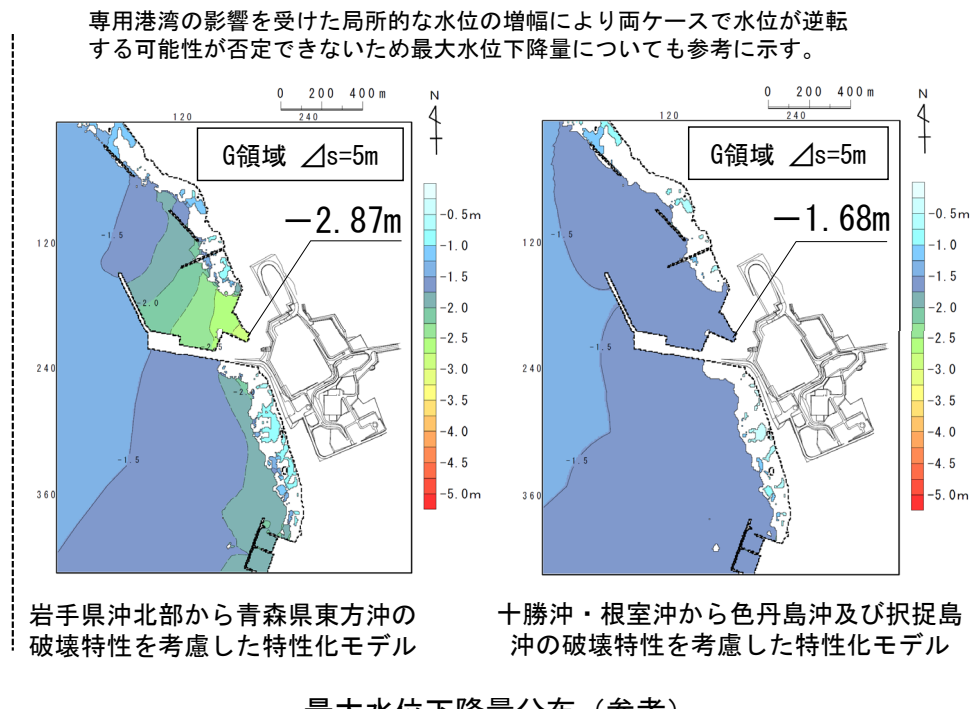
— 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル
— 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル



岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル



岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル

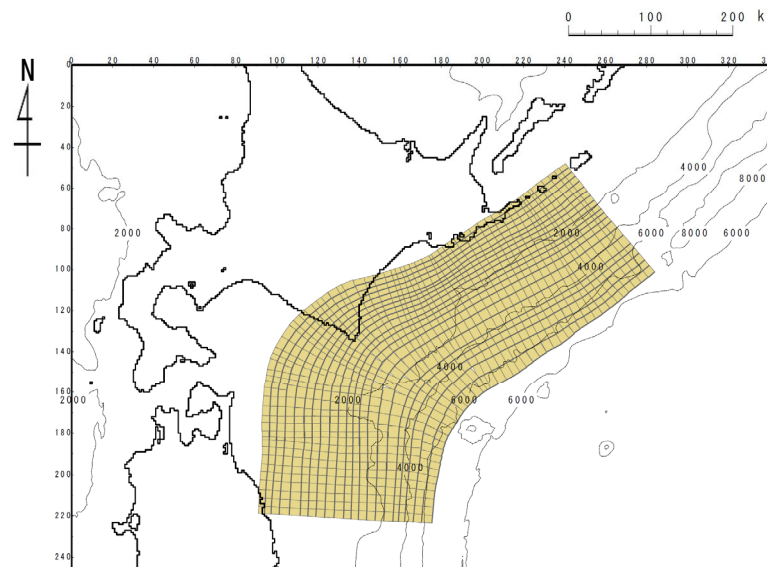
十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (35/128)

想定波源域の設定 (30/30) : 検討対象波源域の選定 (12/12)

超大すべり域が1つのモデル (4/4) : まとめ

「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」, 「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」の波源域について, 超大すべり域が1つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果, 「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」に比べ, 「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」の影響が大きいことが確認できた (P.179) ことから, 超大すべり域が1つのモデルを対象とした基準波源モデルの想定波源域は, 「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」とする。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖

基準波源モデルの想定波源域
 【超大すべり域が1つのモデル】



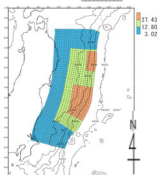
基準波源モデル策定の手順及び考え方

世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見 (3.11地震含む)

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

- 杉野ほか (2014) の知見 (P.200参照)
- 背景領域：平均すべり量の0.33倍、
全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1.4倍、
全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍、
全体面積の15%程度

3.11地震広域津波特性再現モデル

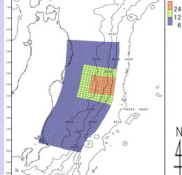


知見を反映

内閣府 (2012) の知見

- 大すべり域：平均すべり量の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：平均すべり量の4倍、
全体面積の5%程度

3.11地震破壊特性再現モデル



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のすべり量・面積比

- M9クラス地震の知見を分析・検討し、背景領域、大すべり域及び超大すべり域のすべり量を1:2:4となるような特性化を検討 (P.225参照)
- 背景領域：基本すべり量、全体面積の80%程度
- 大すべり域：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：基本すべり量の4倍、
全体面積の5%程度

知見を反映

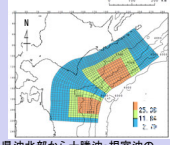
特性化モデル

すべり量・面積比設定

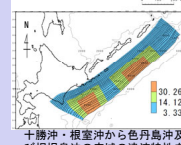
テクニクスの背景・地震学的見地に基づくモデル

3.11津波の知見を反映 (広域津波痕跡高の再現性を考慮)

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように、大すべり域、超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはM9クラスの地震・津波の痕跡がないため、3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル (P.200参照) のすべり領域の配置を参照

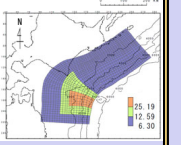


- 十勝沖から択捉島沖に、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル」の設定の考え方を反映して配置
- 色丹島沖及び択捉島沖の超大すべり域及び大すべり域は敷地に近い西端に設定



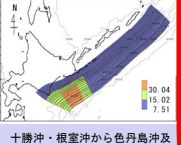
3.11地震・津波の知見を反映

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域・超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはM9クラスの地震・津波の痕跡がないため、3.11地震における破壊特性を再現したモデル (P.225参照) のすべり領域の配置を参照



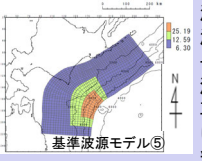
3.11地震・津波の知見を反映 (沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮)

- 十勝沖から択捉島沖に、「3.11地震における宮城県沖の破壊特性を参考に設定した特性化モデル」の設定の考え方を反映して配置
- 十勝沖・根室沖の超大すべり域は、十勝沖・根室沖の地質学的、測地学的知見を踏まえて設定



3.11地震・津波の知見を反映 (津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮)

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3.11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し、津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
→比較的短周期の波が卓越するため、津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や、専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。(P.260, 「第1023回審査会合資料1-2 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①~④の関連性」参照)



大間の立地特性を考慮したモデル

基準波源モデル

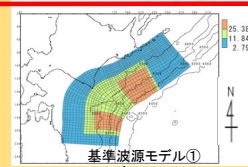
特性化モデルを基にしたすべり領域の配置

すべり量・面積比・すべり領域の配置反映

すべり量・面積比反映

3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

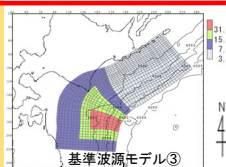
不確かさの考慮



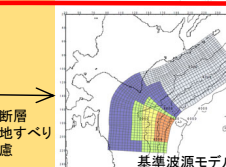
概略パラスタ※1



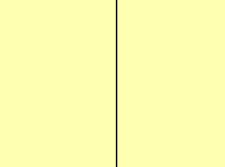
概略パラスタ※1



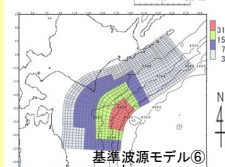
概略パラスタ※1



概略パラスタ※1



概略パラスタ※1



概略パラスタ※1

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル (再定義)

詳細パラスタ※2

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において、各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル (再定義)

詳細パラスタ※2

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※1：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動
※2：波源特性 (破壊開始点、破壊伝播速度、ライズタイム) の不確かさの考慮

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル (基準波源モデル⑤⑥) と3.11地震・津波の知見を反映したモデル (基準波源モデル①~④) との関連性については、「第1023回審査会合資料1-2 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①~④の関連性」参照。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（37/128）

特性化モデルの検討

基本方針&反映すべき3.11地震・津波等の知見

【基本方針】

- 基準波源モデルの検討に先立ち，3.11地震及び津波等から得られた以下の知見を踏まえて特性化モデルを設定する。

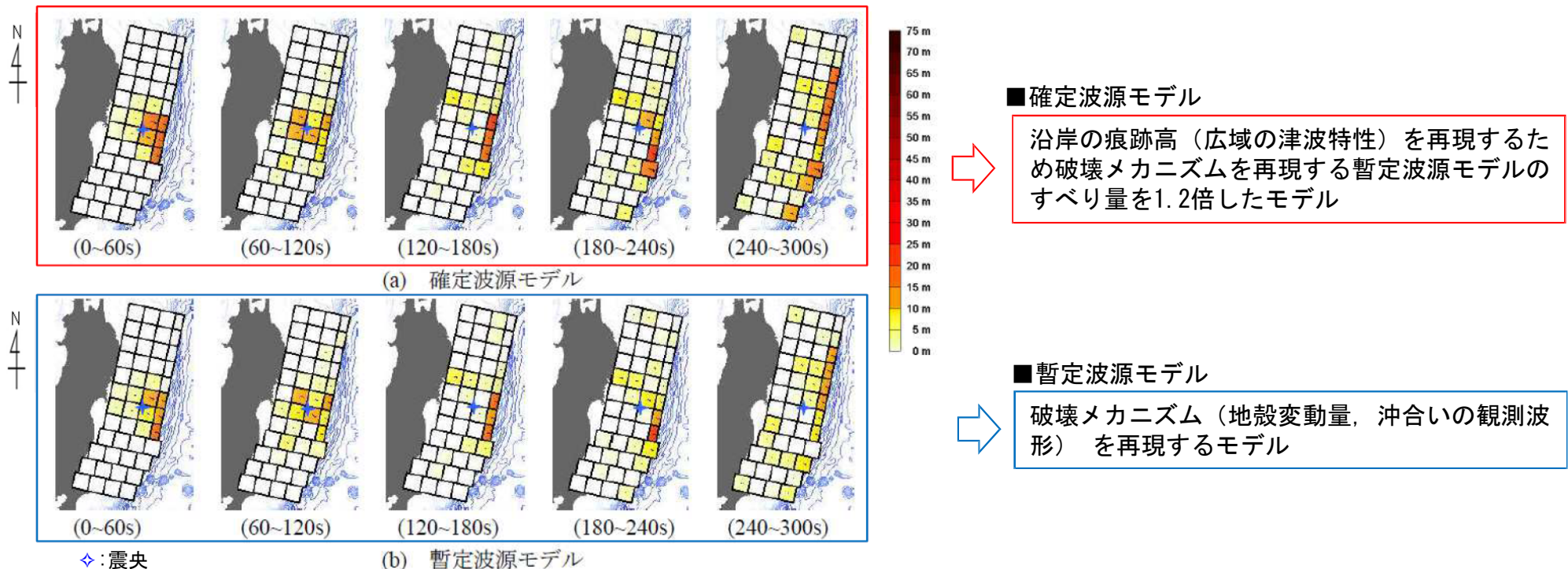
【3.11地震・津波等の知見】

- 3.11地震及び津波の杉野ほか（2013）等による再現モデルから得られた知見を整理した結果（P.183～P.185参照），3.11地震の地震特性を再現するモデル（震源断層モデル），津波特性を再現するモデル（津波波源モデル）の比較等から，特性化モデルの設定にあたって反映が必要な知見として，以下2点が挙げられる。
 - i. 地震特性（＝破壊メカニズム）を再現するモデルと，津波特性（＝広域沿岸部の痕跡高）を再現するモデルは異なる。（P.183参照）
杉野ほか（2013）による
 - ii. 広域に亘って，時間的・空間的に複雑なすべり分布の不均一性が見られたが，沿岸の津波高さに大きな影響を及ぼしたのは，正対する海域で生じた大きなすべり領域である。（P.184, P.185参照）
Satake et al. (2013), 杉野ほか（2013）による
- 三陸沖から十勝沖・根室沖等のプレート間地震に係る特性化モデルの検討に資する地震学的知見等が得られている。

⇒特性化モデルの検討には，これらの知見を反映する。

特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見 i

- 杉野ほか (2013) では、沿岸の痕跡高 (広域の津波特性) を再現するモデル (=確定波源モデル) と3.11地震の破壊メカニズム (地震特性) が現れる沖合いの観測波形及び観測地殻変動量をターゲットとしたインバージョン解析により求められたモデル (=暫定波源モデル) とを得ており、前者のモデルのすべり量は後者のモデルのすべり量の1.2倍とされている。
- 杉野ほか (2013) では、両者のモデルの意義を以下のとおり整理されている。
 - 確定波源モデルは、波源想定等の工学的側面において意義がある。
 - 暫定波源モデルは、実現象に近い破壊メカニズムを表していると考えられ、理学的側面において意義がある。
 - 理学・工学の両方の観点から全ての現象 (プレート境界の破壊、津波伝播、津波遡上) を共通のモデルでより良く説明・再現できることが理想であるが、両モデルの差を埋めるのは、今後検討すべき課題である。



3.11地震を再現する津波波源モデルのすべり分布の経時変化
杉野ほか (2013) に一部加筆

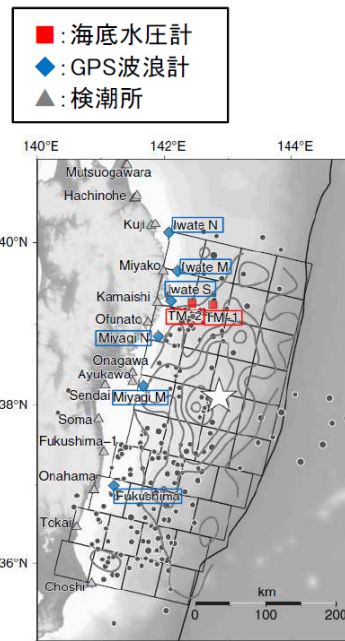
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (39/128)

第1204回審査会合
資料1 P.184再掲

特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見 ii (1/2)

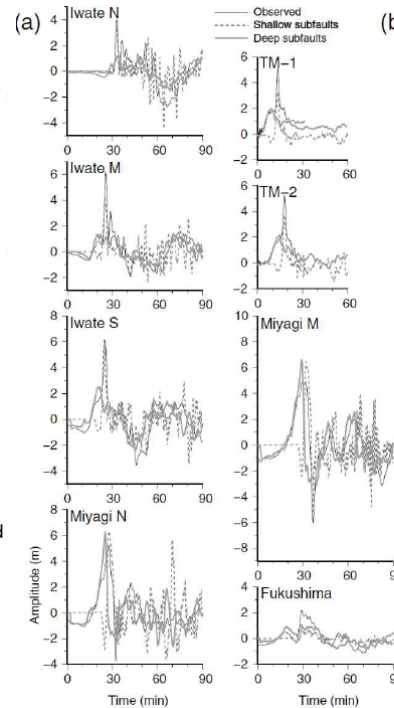
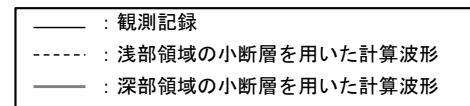
- 津波波形インバージョン解析から推定された断層モデルを用いて、宮城県沿岸、三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域の分析を実施し、宮城県沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は、869年貞観地震に伴う津波の発生領域であり、三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は、1896年明治三陸地震津波の発生領域であったとされている。

Satake et al. (2013) による

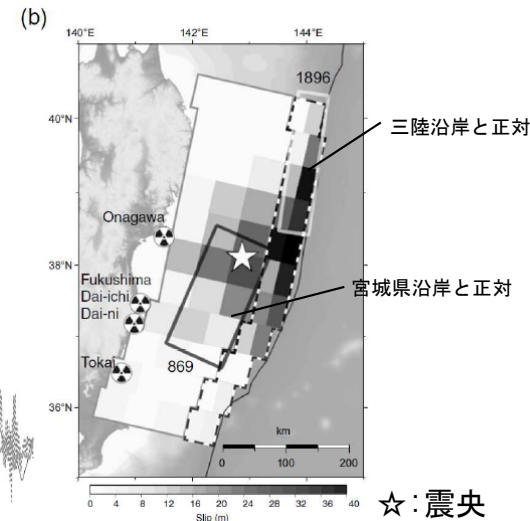


Aftershocks within one day located by JMA (solid circles) and the locations of OBP gauges (squares), GPS wave gauges (diamonds), and coastal tide or wave gauges (triangles)

津波波形の比較位置



観測波形と計算波形の比較
3.11地震に伴う津波特性の分析
Satake et al. (2013) に一部加筆



3.11地震に伴う津波と
既往津波発生領域の比較

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (40/128)

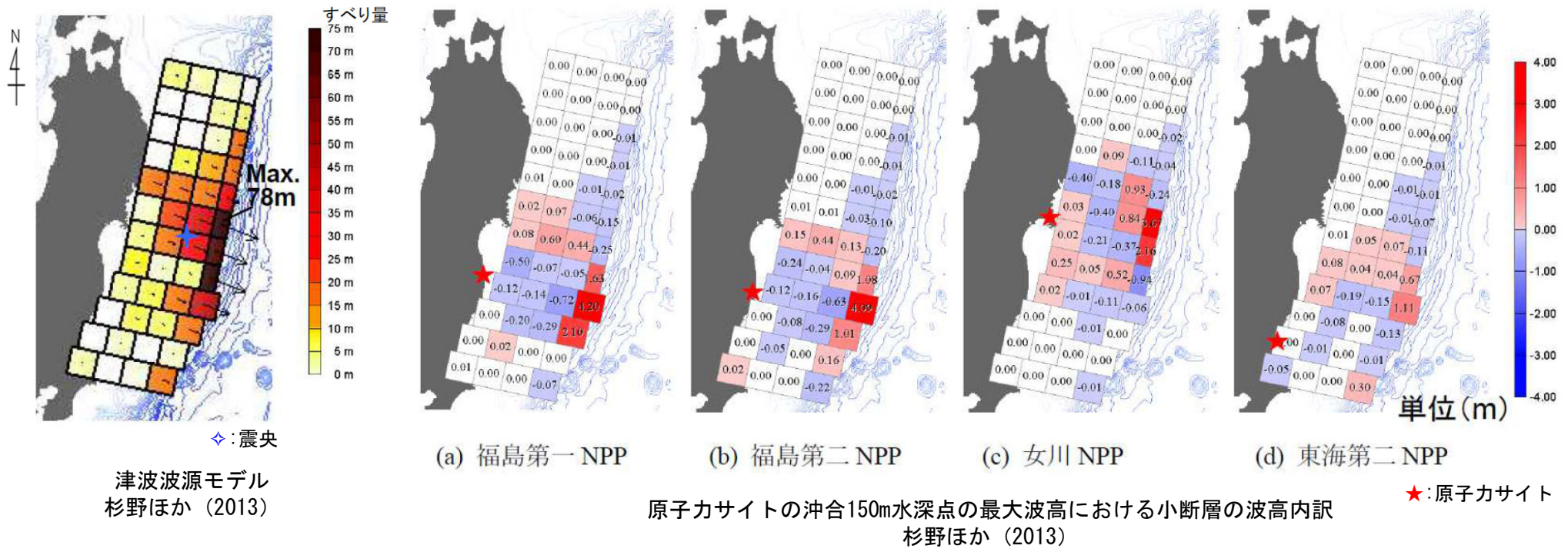


第1204回審査会合

資料1 P.185再掲

特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見 ii (2/2)

- 杉野ほか (2013) は、観測津波波形、観測地殻変動データ等を用いたジョイントインバージョン解析から推定された津波波源モデルを用いて、原子力サイト沖合150m水深点の最大津波高に寄与した3.11地震のすべり領域の分析を実施し、各サイトの津波高さに寄与したすべり領域は、ほぼ正対する海域のすべり領域であったことを示している。



3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (41/128)

第1204回審査会合
資料1 P.186再掲

特性化モデルの検討： 3.11地震・津波等の知見の反映方針

- 特性化モデルのパラメータの設定には、以下の知見を反映する。

【地震調査研究推進本部，内閣府等の知見の反映】

- ✓ プレート境界面の形状，剛性率，すべり角，ライズタイム (P.187~P.192)
(超大すべり域が2つのモデル及び1つのモデルの両方に反映)

【杉野ほか (2013) 等の知見の反映】

大すべり域の配置，すべり分布，すべり量等の設定にあたり，杉野ほか (2013) 等の知見を反映する

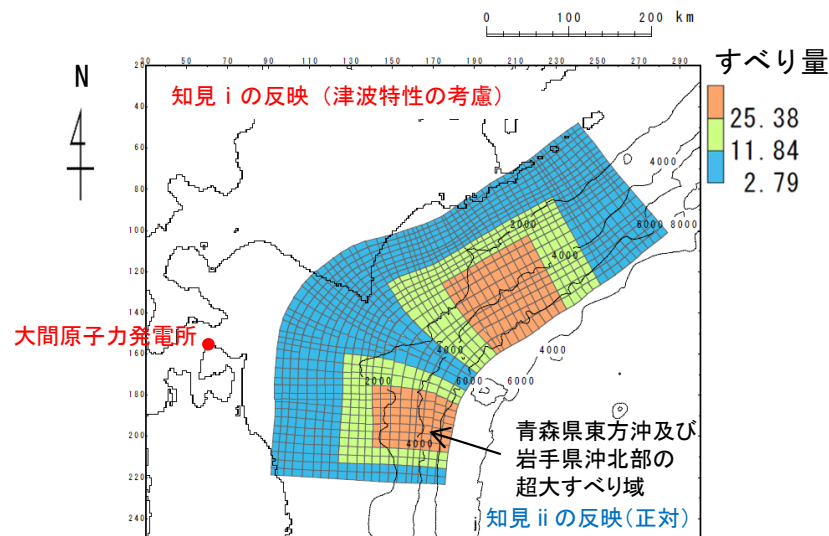
✓ 知見 i の反映

次の2つのモデルを基本として設定する。

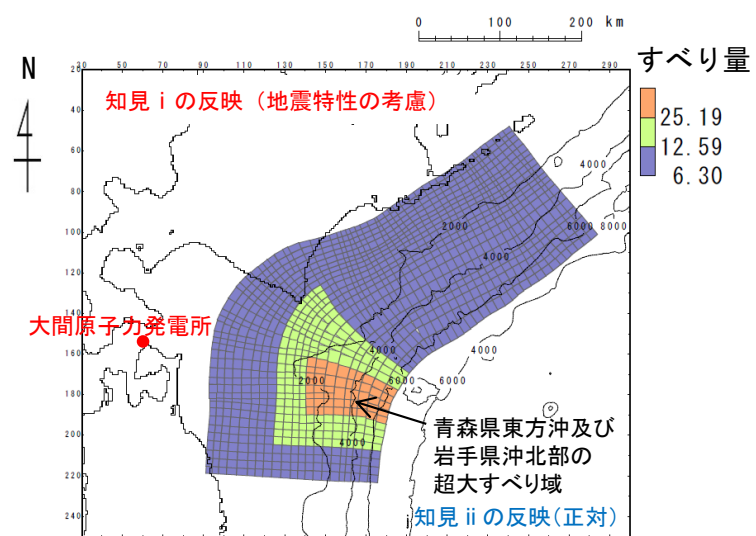
- 津波特性の考慮：広域の津波特性（沿岸部の痕跡高）を考慮した特性化モデル (P.193~P.207)
(超大すべり域が2つのモデル)
- 地震特性の考慮：大すべり域（アスペリティ，固着等）の破壊特性を考慮した特性化モデル (P.225~P.231)
(超大すべり域が1つのモデル)

✓ 知見 ii の反映

青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は，津軽海峡開口部前面とほぼ正対し，津軽海峡内に位置する発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえて設定する。(超大すべり域が2つのモデル及び1つのモデルの両方に反映)



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.207)



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.231)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (42/128)

特性化モデルの検討：波源因子 (1/6)

プレート境界面形状 (プレート間地震の下限深さ)

第1204回審査会合
資料1 P.187再掲

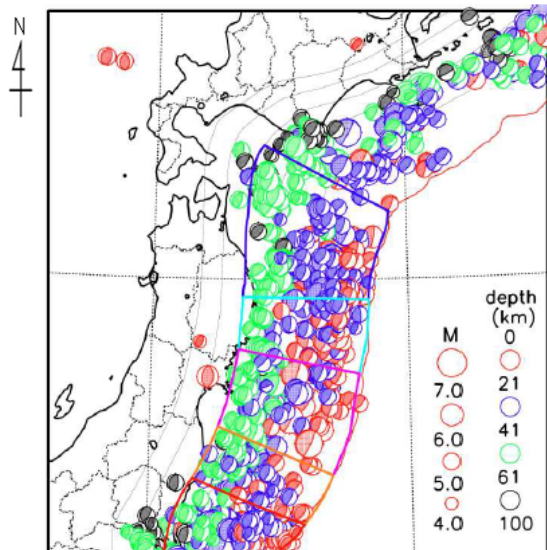


図4-2 プレート境界付近の低角逆断層型地震の分布 (気象庁資料)

震源データとして Global CMT を用いた。1977年1月から2016年7月までの地震について、太平洋プレート上面深さ±10kmの範囲で発生したものをプロットした。赤線は海溝軸、灰色線は横田・他(2017)による太平洋プレート上面の等深線(20km間隔)

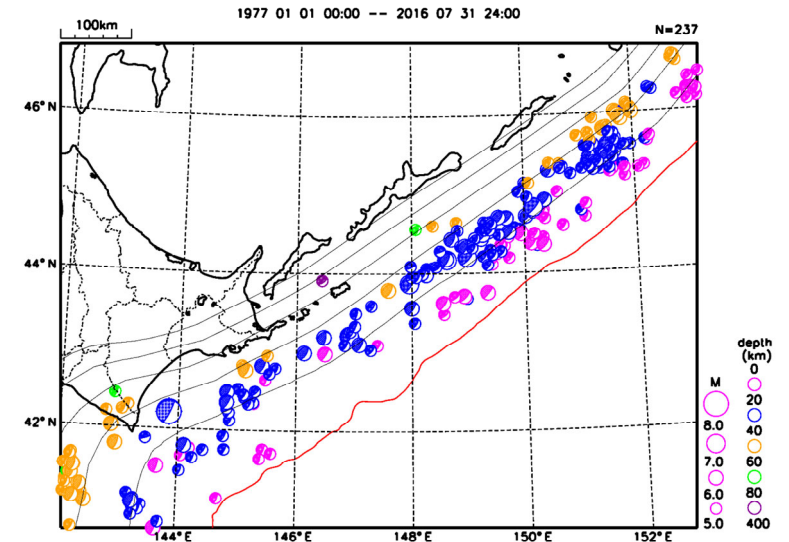


図4-1 プレート境界付近の低角逆断層型地震の分布。1977年1月から2016年7月までのMw5.0以上の地震について、太平洋プレートの上面深度から±10kmの範囲で発生したものをプロットした。震源球のサイズはM、色は震源の深さを表す。赤線は海溝軸、黒線は太平洋プレート上面の等深線(20km間隔)を示す。使用したプレートモデルは横田・他(2017)による(気象庁作成)。

低角逆断層型地震の分布 (1977年~2016年)

地震調査研究推進本部 (2019)

地震調査研究推進本部 (2017a)

- 地震調査研究推進本部(2017a, 2019)では、「深さ60km以深で発生した低角逆断層地震がわずかであるとの知見に基づき、プレート間地震が60kmより深い場所で発生する可能性は低いと考え、太平洋プレート上面の深さ60kmの等深線を深さ下限の境界」とされている。

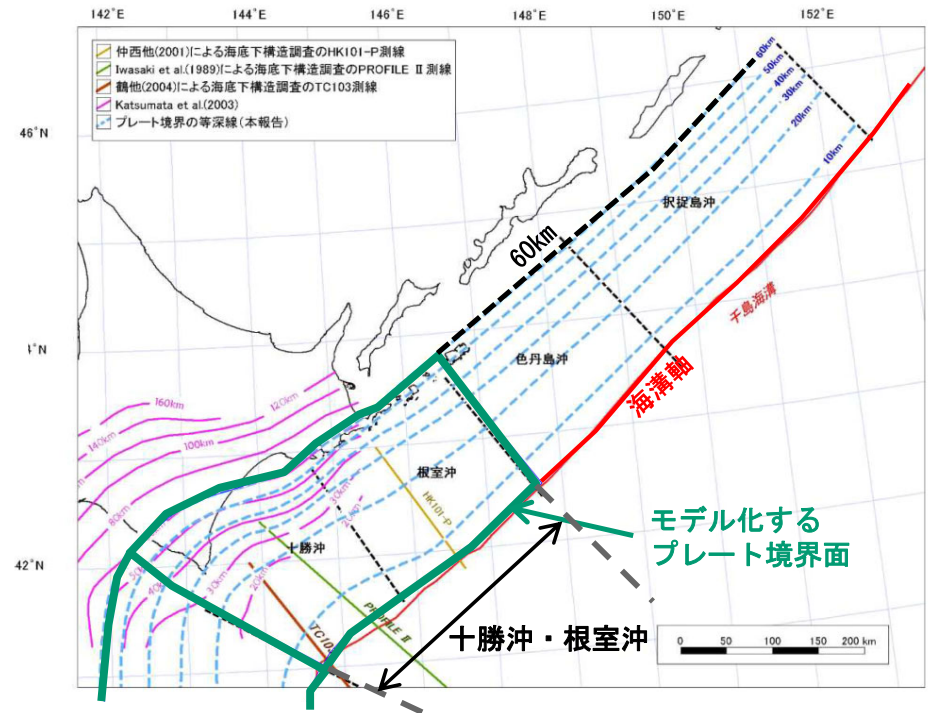
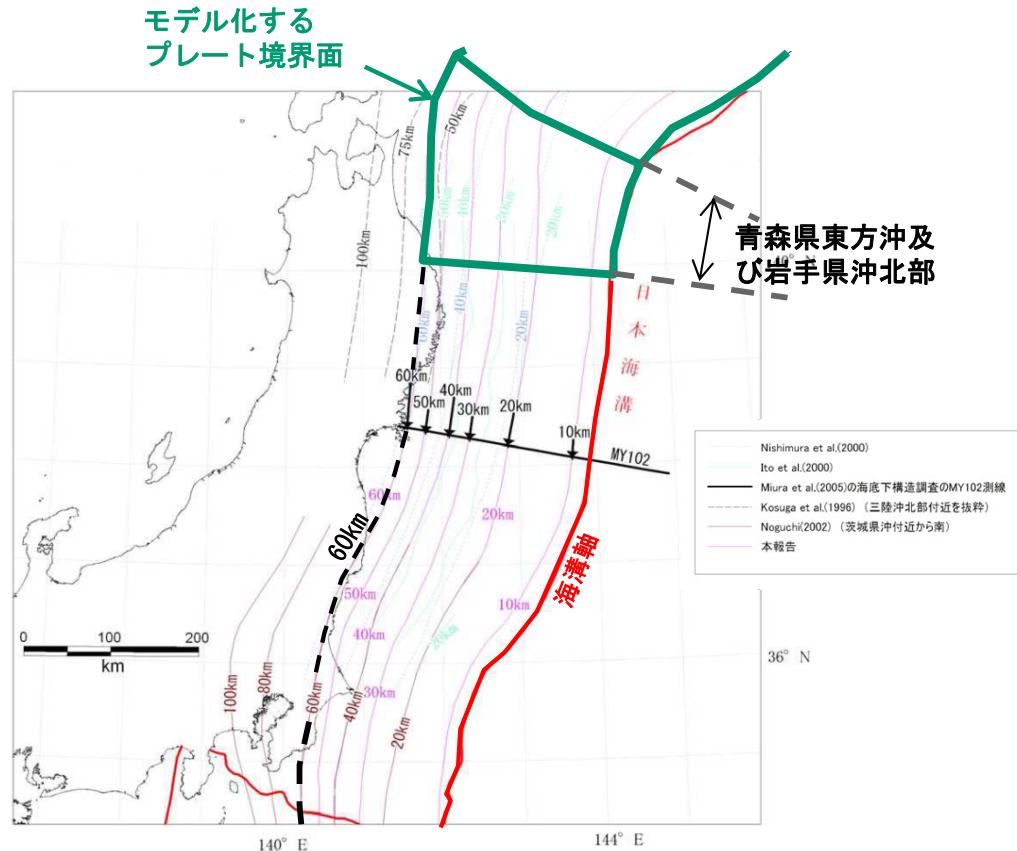
以上から、三陸沖～択捉島沖のプレート間地震の下限深さは60km程度と考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (43/128)

特性化モデルの検討： 波源因子 (2/6)

第1204回審査会合
資料1 P.188再掲

プレート境界面形状，断層面積の設定



微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線（三陸沖～房総沖）
地震調査研究推進本部（2012）に一部加筆

微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線（十勝沖～根室沖）
地震調査研究推進本部（2004）に一部加筆

- ・ 地震調査研究推進本部（2004，2012）が示している微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線をプレート境界面の形状として，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを波源域として考慮した。
- ・ これを基にモデル化し，断層面積を算出・設定した。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (44/128)

特性化モデルの検討：波源因子 (3/6)

第1204回審査会合
資料1 P.189再掲

剛性率の設定 (1/2)

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

震源付近の媒質の剛性率の標準値

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

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（45/128）

特性化モデルの検討：波源因子（4/6）

第1204回審査会合
資料1 P.190再掲

剛性率の設定（2/2）

- 地震調査研究推進本部（2017b）「津波レシピ」では、「全国1次地下構造モデル（暫定版）（地震調査委員会，2012）の物性に基づく日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率を記載しており，断層全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合の剛性率は $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ 」とされている。

前ページ及び以上から，想定した波源域は深さ20km以浅の浅部と以深の深部とを跨ぐことより，剛性率は $5.0 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と設定した。

日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率

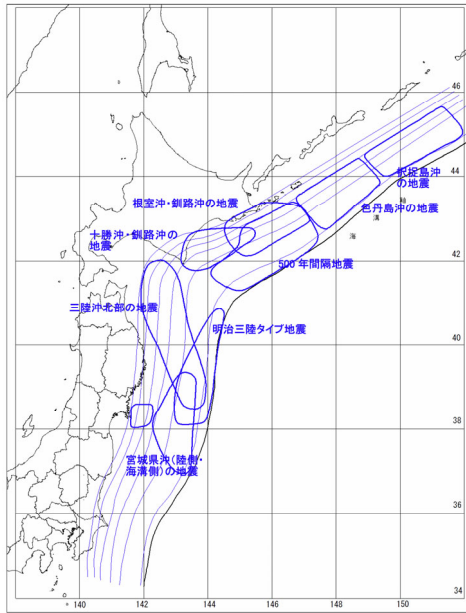
深さ（土木学会，2016の分類を参考）	全国1次地下構造モデル（暫定版）の物性値	剛性率
断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合	上部地殻の物性値 $\beta = 3.4 \text{ km/s}$ $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ $\Rightarrow \mu = 3.12 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 下部地殻の物性値 $\beta = 3.8 \text{ km/s}$ $\rho = 2.8 \text{ g/cm}^3$ $\Rightarrow \mu = 4.04 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ この中間的値とする。	$3.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
断層面全体が深さ20km以深に存在する場合	マントルの物性値 $\beta = 4.5 \text{ km/s}$ $\rho = 3.2 \text{ g/cm}^3$ $\Rightarrow \mu = 6.48 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$	$6.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
断層面全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合	上記の中間的な値とする。	$5.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (46/128)

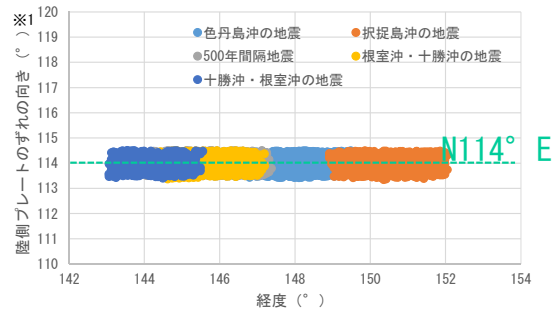
特性化モデルの検討： 波源因子 (5/6)

第1204回審査会合
資料1 P.191再掲

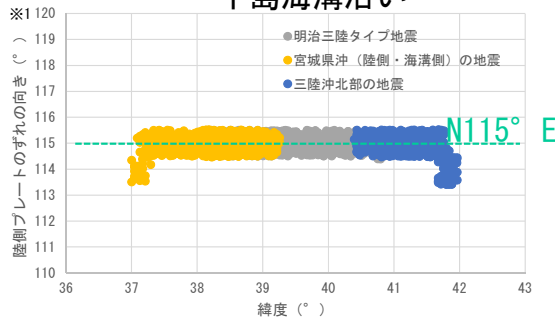
すべり角の設定



津波を発生させる断層領域 (津波の断層域) の模式図
中央防災会議 (2006)

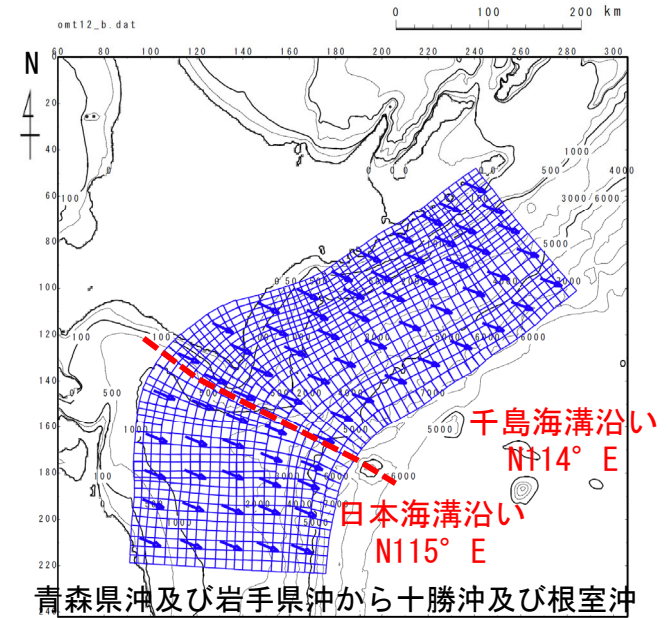


千島海溝沿い



日本海溝沿い

各断層モデルの陸側プレート (北米プレート) のずれの向きの分布
中央防災会議 (2006) のデータを使用
※1: 縦軸の角度は北から時計周り



青森県沖及び岩手県沖から十勝沖及び根室沖

基準波源モデル設定で考慮する
陸側プレートのずれの向き ※2

※2: ずれの方向ベクトルは40km~60km間隔程度で表示

- 中央防災会議 (2006) では、日本海溝、千島海溝沿いの大きな地震 (M7程度以上) について、インバージョン手法によって波源モデルを設定しており、各波源モデルのすべり角はGPS観測によるプレート相対運動方向 (陸側プレートのずれの向き: 千島海溝沿い N114° E, 日本海溝沿い N115° E) と整合するように設定されている。

以上から、千島海溝沿い及び日本海溝沿いの陸側プレート (北米プレート) のずれの向きを、それぞれ N114° E 及び N115° E に設定した。基準波源モデルの各要素のすべり角は、プレートの傾斜に応じて、陸側のプレートのずれの向きと整合するように設定した。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（47/128）

特性化モデルの検討：波源因子（6/6）

ライズタイムの設定

- ・ 内閣府(2012)を参考に、ライズタイムは60秒間を基本とした。

○破壊伝播速度及びライズタイム：

破壊伝播速度及びライズタイムについては、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、次のとおりに設定する。なお、東北地方太平洋沖地震では、海溝沿いの破壊伝播速度は、それよりも深い場所に比べ遅いとの解析結果もあるが、トラフ沿いの領域の幅が狭く、5秒程度の差しか見込めないことから、今回の解析では、破壊速度は全域で同じとする。

破壊速度 : 2.5km/s

ライズタイム : 1分

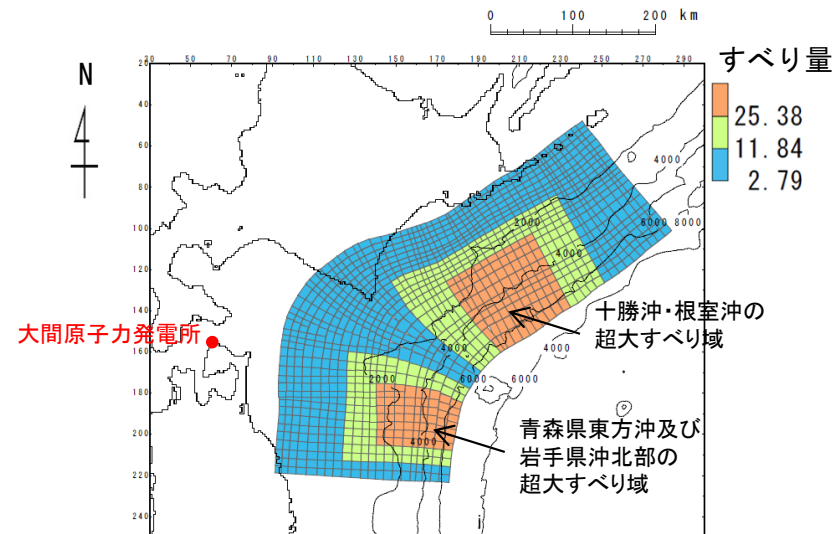
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（48/128）

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（1/6）

第1204回審査会合
資料1 P.193再掲

基本方針

- 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の設定に係り、同海域では過去に「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震」が発生した記録が無いことから、まず、同領域でM9クラスの巨大地震が発生した場合の津波の影響範囲と超大すべり域の配置の関係を整理するため、
 - ✓「3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係」（P.194参照）
 - ✓「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖で確認されている津波堆積物及びそれを再現する津波波源」（P.195～P.197参照）
- に関する知見を収集し、超大すべり域の配置を検討する（P.198参照）。



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

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (49/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置 (2/6)

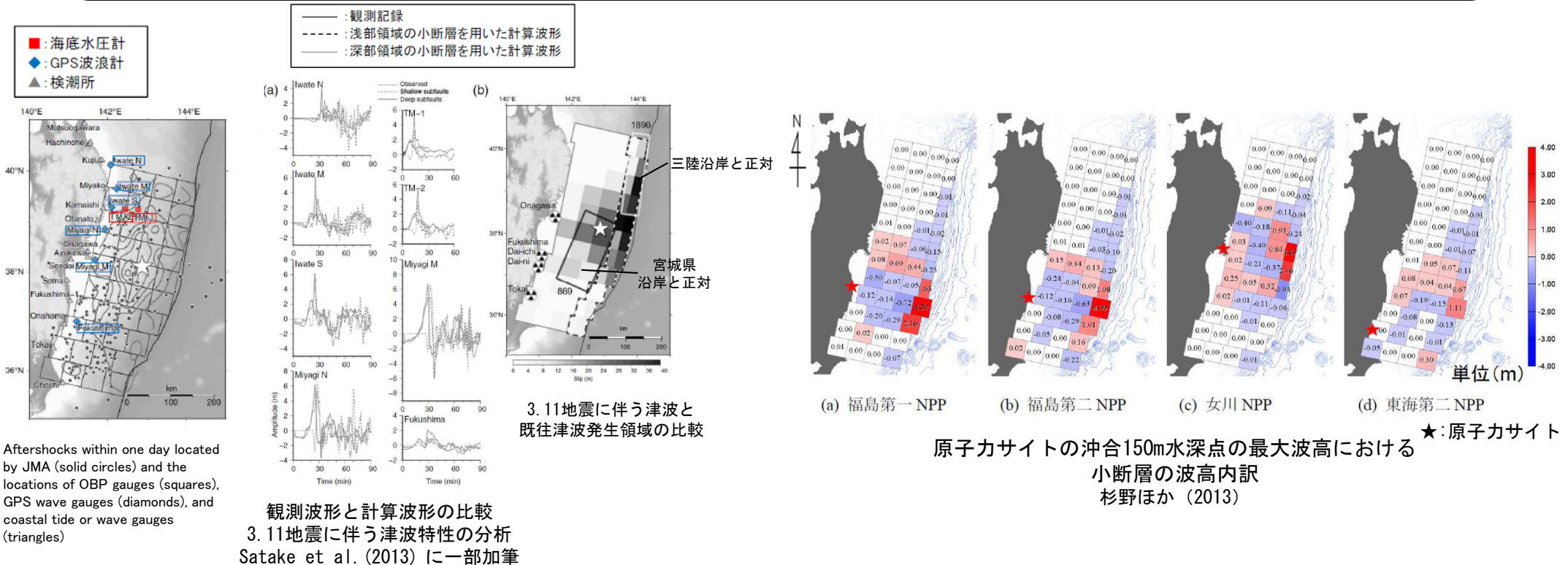
3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係

- 津波波形インバージョン解析から推定された断層モデルを用いて、宮城県沿岸、三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域の分析を実施し、宮城県沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は、869年貞観地震に伴う津波の発生領域であり、三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は、1896年明治三陸地震津波の発生領域であったとされている。

Satake et al. (2013) による

- 杉野ほか (2013) は、観測津波波形、観測地殻変動データ等を用いたジョイントインバージョン解析から推定された津波波源モデルを用いて、原子力サイト沖合150m水深点の最大津波高に寄与した3.11地震のすべり領域の分析を実施し、各サイトの津波高さに寄与したすべり領域は、ほぼ正対する海域のすべり領域であったことを示している。

以上から、3.11地震に伴う津波の沿岸の津波高さに影響を及ぼすすべり領域は、正対する海域で生じる大きなすべり領域であると考えられる。



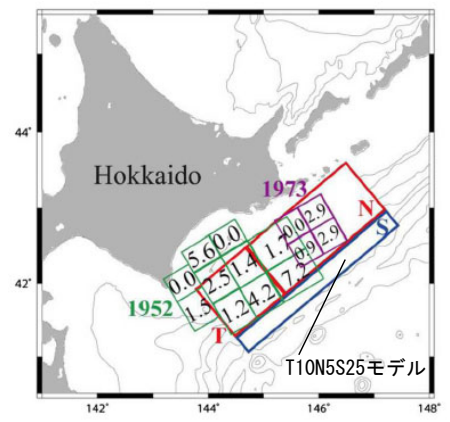
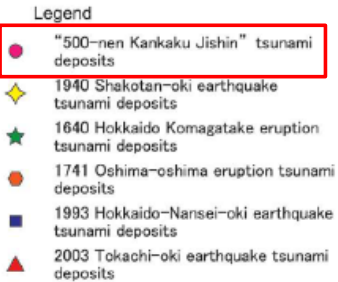
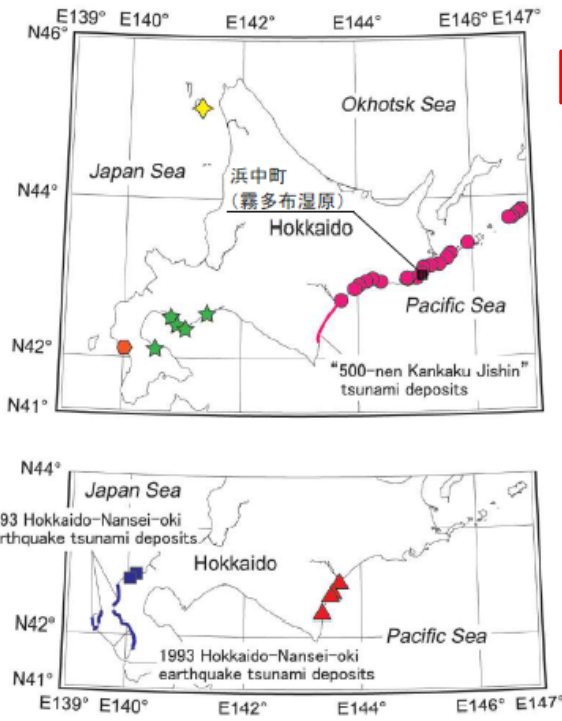
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (50/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置 (3/6)

第1204回審査会合
資料1 P.195再掲

17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の津波堆積物及び再現モデル (十勝沖・根室沖)

- 17世紀の津波 (500年間隔地震津波) の津波堆積物分布を説明する断層モデルは複数提案されているが, 地震調査研究推進本部 (2017a), 佐竹 (2017) は, 津波堆積物の平面的な分布及び十勝海岸の津波高さを再現する波源モデルは, Ioki and Tanioka (2016) が提案するプレート間地震と津波地震の連動を考慮した波源モデル (T10N5S25モデル) であるとしている。



17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の再現モデル (Ioki and Tanioka (2016) によるT10N5S25モデル) 地震調査研究推進本部 (2017a) に一部加筆

17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の再現モデルの断層パラメータ Ioki and Tanioka (2016)

Table 1
Fault models and their parameters of the 17th century great earthquake.

Fault model	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Slip (m)
T	100	100	14	228	15	90	10
N	200	100	14	228	15	90	5
S	300	30	6.7	228	15	90	0-35

北海道沿岸における津波堆積物の分布 高清水 (2013) に一部加筆

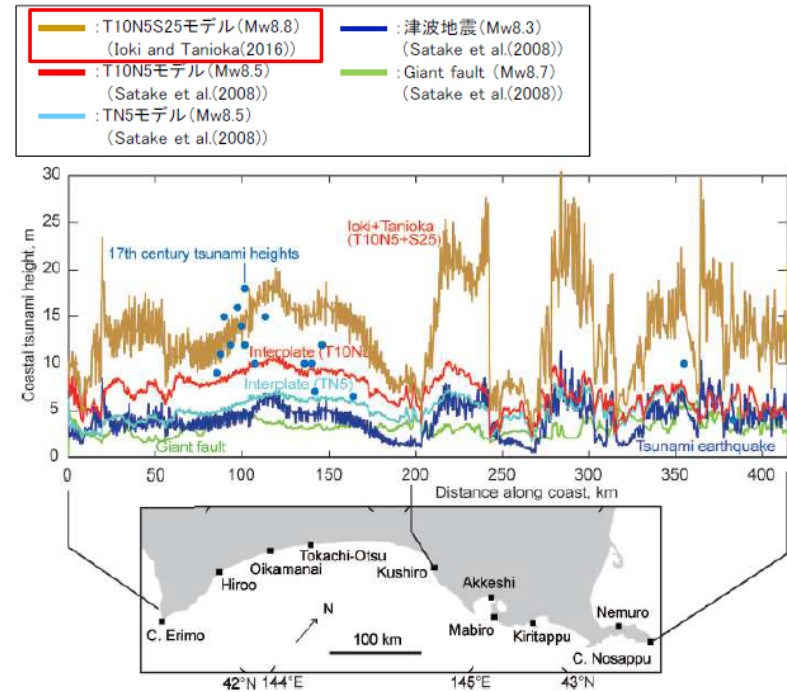


Fig. 12. Tsunami heights along the Pacific coast of Hokkaido (Satake et al. 2008; Ioki and Tanioka, 2016) from combined model of interplate and tsunami earthquakes (brown), giant fault (green), interplate earthquakes (red for T10N5, light blue for TN5) and tsunami earthquake model (dark blue). Coastal tsunami heights by Hirakawa et al. (2000) are also shown.

既往再現モデルによる北海道南東部沿岸での津波高さ 佐竹 (2017) に一部加筆

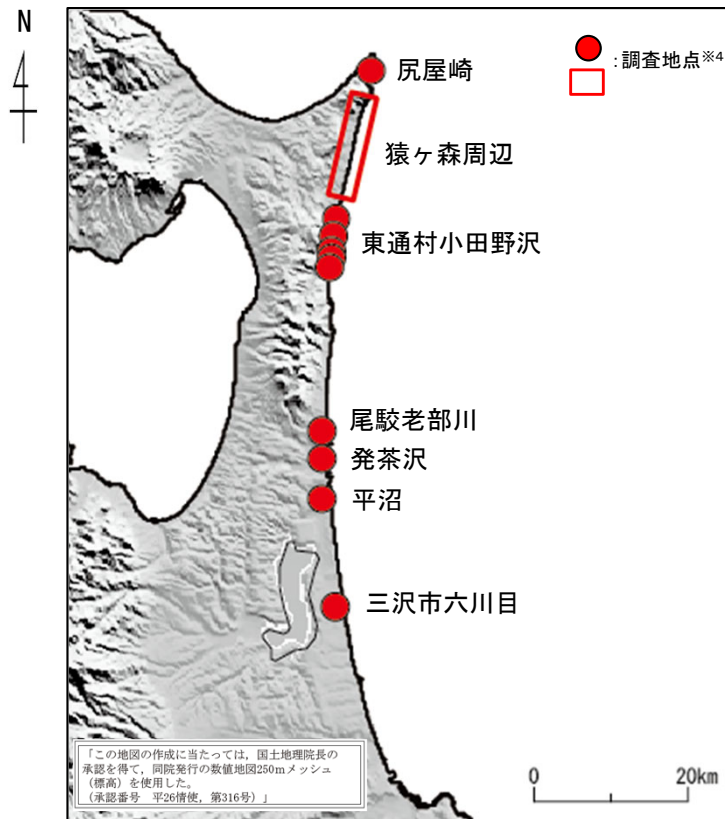
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (51/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置 (4/6)

第1204回審査会合
資料1 P.196再掲

青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物 (イベント堆積物)

- 文献調査結果によると、青森県北部太平洋沿岸を対象に実施された津波堆積物調査により、広範囲にわたり、津波起因の可能性のあるイベント堆積物が確認されている。



津波堆積物調査結果 (文献調査)

青森県北部太平洋沿岸で確認された津波起因の可能性のあるイベント堆積物

調査地点		イベント堆積物		
		有無	基底標高(T.P.)	
尻屋崎		有	約8.1m ^{※1}	
猿ヶ森周辺		有	約6.8m~約11.8m ^{※1, 2}	
東通村小田野沢	小田野沢	有	約4m ^{※3}	
	東京電力敷地内	有	約7.4m ^{※3}	
	東北電力敷地内	A測線	有	約6.1m ^{※3}
		B測線	人工改変	/
		C測線	有	約8.6m ^{※3}
D測線	有	約8.4m ^{※3}		
尾駁老部川		有	約1.9m ^{※3}	
発茶沢		有	約6.2m ^{※3}	
平沼		有	約1.6m ^{※3}	
三沢市六川目		有	約2.5m ^{※3}	

※1: 高橋ほか(2018)によるイベント堆積物の基底標高
 ※2: 猿ヶ森周辺の基底標高の最小値~最大値(6.8m, 7.6m, 7.6m, 11.0m, 11.8m)
 ※3: 東北電力株式会社(2014)によるイベント堆積物の基底標高
 ※4: 調査地点は、東北電力株式会社(2014)及び高橋ほか(2018)から推定して記載

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (52/128)

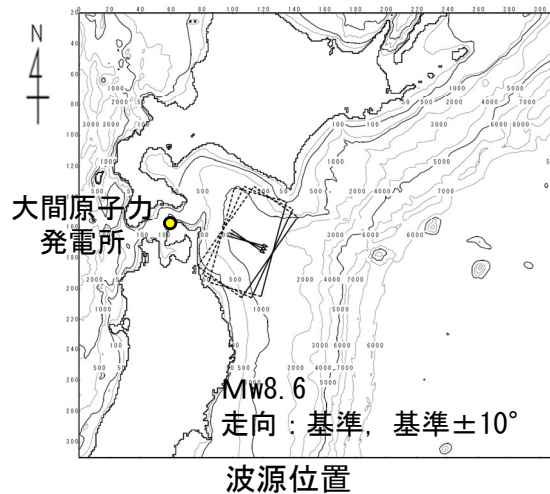
広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置 (5/6)

第1204回審査会合
資料1 P.197再掲

青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物 (イベント堆積物) を再現する波源モデル

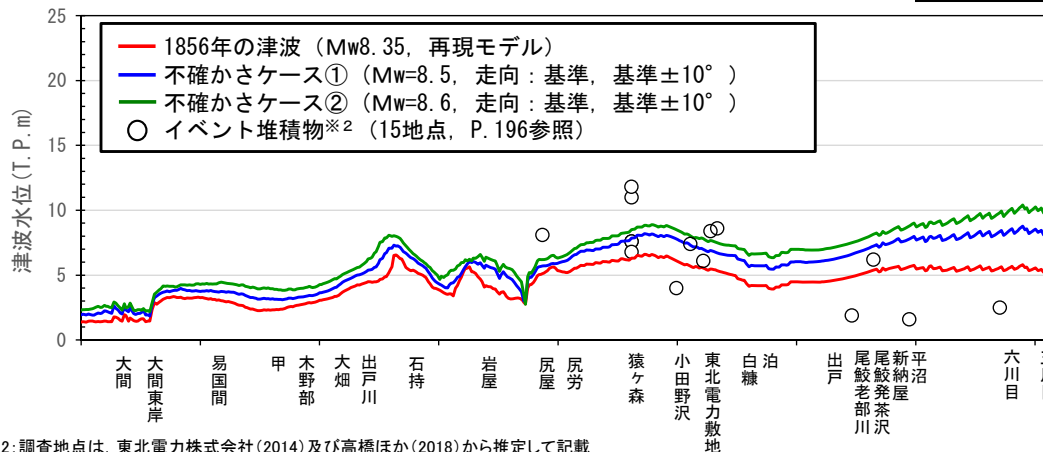
- 三陸沖から根室沖で発生した既往津波のうち津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる1856年青森県東方沖津波の再現モデル (Mw8.35) ※1 及び同モデルを基本に地震規模の不確かさを考慮した津波波源モデル (①②) を設定して、 $\pm 10^\circ$ の走向の不確かさを考慮した数値シミュレーションを実施した結果、K, κ の値から青森県北部太平洋沿岸に分布する津波堆積物 (イベント堆積物) の分布をおおむね再現できることを確認した。

【津波波源モデル】



主な断層パラメータ

断層パラメータ		1856年の津波 【再現モデル】	1856年の津波の不確かさケース ① 【基準】	1856年の津波の不確かさケース ② 【基準】
モントマクニチュート*	Mw	8.35	8.5	8.6
長さ	L (km)	120	143	160
幅	W (km)	70	83	93
走向	θ (°)	205	205	205
断層上縁深さ	d (km)	26	26	26
傾斜角	δ (°)	20	20	20
すべり角	λ (°)	90	90	90
すべり量	D (m)	10.0	11.90	13.35



再現性の確認結果

波源モデル	K	κ	n
1856年の津波の再現モデル	1.00	1.76	15
1856年の津波の不確かさケース① (不確かさを考慮した想定津波群※3)	0.78	1.85	
1856年の津波の不確かさケース② (不確かさを考慮した想定津波群※3)	0.71	1.88	

K: 幾何平均, κ : 幾何標準偏差, n: イベント堆積物の個数

※2: 調査地点は、東北電力株式会社 (2014) 及び高橋ほか (2018) から推定して記載

※1: 再現モデルの再現性の確認結果は、P.64参照。

※3: 想定津波群の作成方法は、第1023回審査会合 資料1-2 P.12.1-2参照。

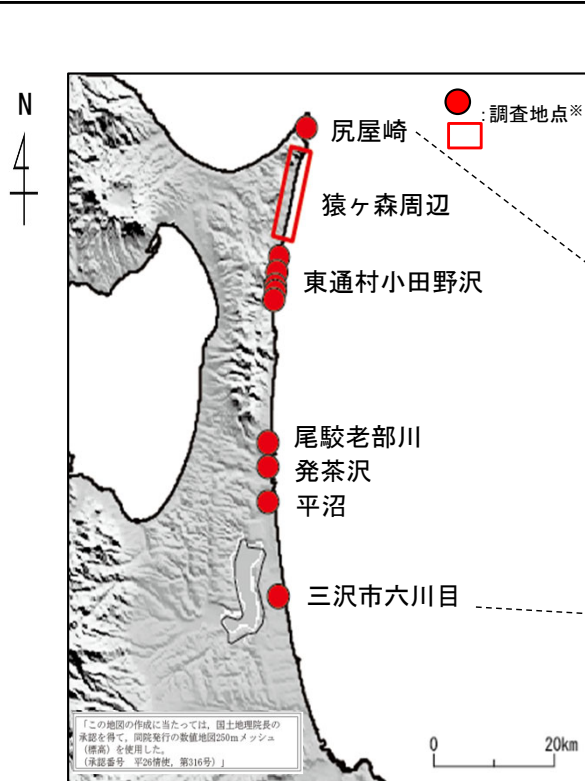
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (53/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置 (6/6)

まとめ

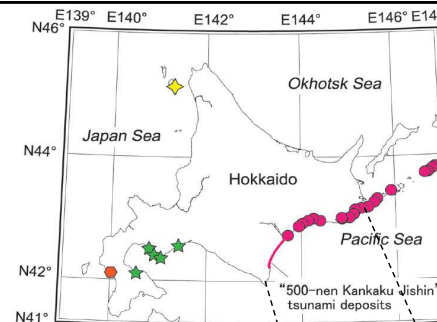
- M9クラスの巨大地震が発生した場合の津波の影響範囲と超大すべり域の配置の関係を整理するため、「3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係」、「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖で確認されている津波堆積物及びそれを再現する津波波源」に関する知見を収集した。
- 3.11地震に伴う津波は広範囲に影響を及ぼしたが沿岸部の津波高さに大きく寄与したのは、正対する海域の大きなすべりであるとともに、北海道東部沿岸、青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物の分布を再現する津波波源は、3.11地震と同様に、正対する海域で発生した津波によるものであることを確認した。

以上から、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の超大すべり域は、青森県東方沖及び岩手県沖北部、十勝沖・根室沖の各領域に配置する。



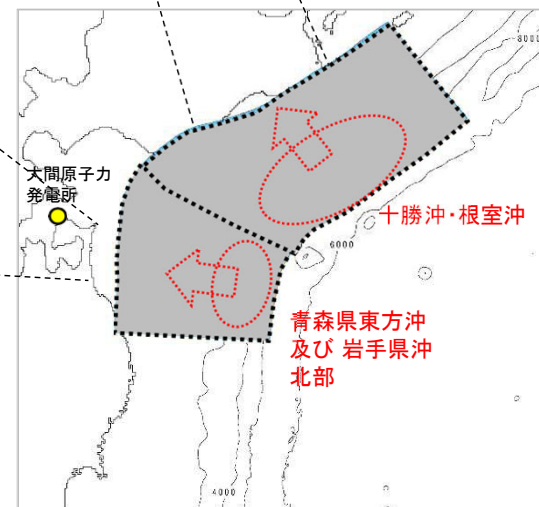
津波堆積物調査結果 (文献調査)

※: 調査地点は、東北電力株式会社(2014)及び高橋ほか(2018)から推定して記載



Legend

北海道東部沿岸における津波堆積物の分布
高清水 (2013) に一部加筆



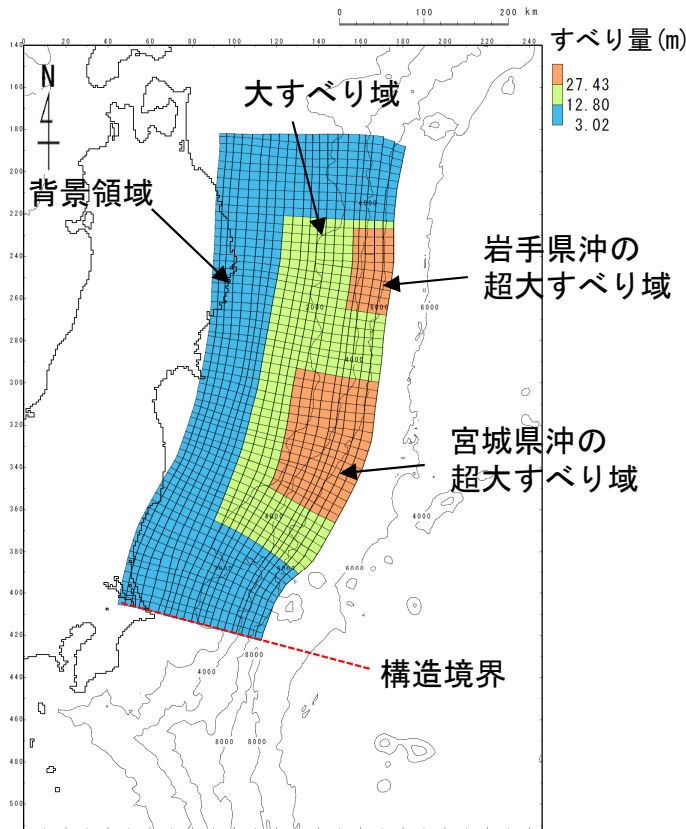
(余白)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (54/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (1/8)

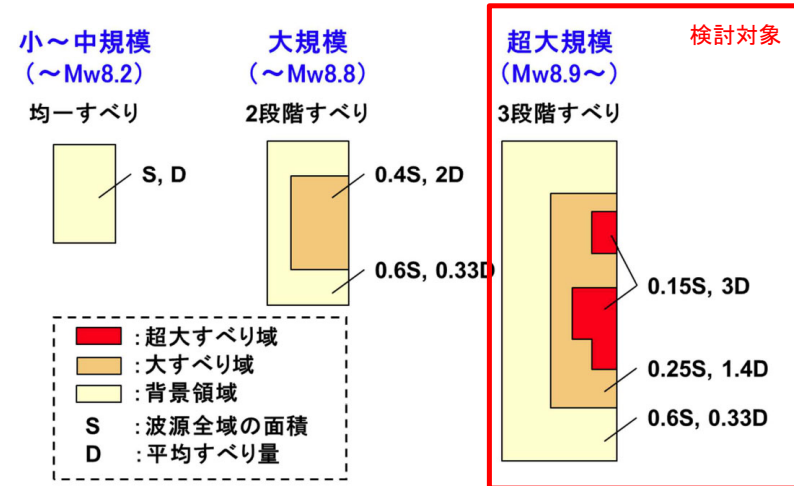
設定方針

- 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は、3.11地震における広域の津波特性（痕跡高）を考慮した特性化モデル※から得られた下記の知見、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（P.204参照）を反映して設定する。



【3.11地震における広域の津波特性（痕跡高）を考慮した特性化モデルから得られた知見の反映】

- 超大すべり域の位置の設定に反映**
超大すべり域を複数配置することで広域の津波痕跡を再現でき、その位置はアスペリティ、固着等の地震学的・測地学的知見を踏まえて配置する。
- 大すべり域・超大すべり域のすべり量の設定に反映**
杉野ほか（2014）に示されるすべり量比率、面積比率を踏まえて設定する。



微視的波源特性に係る波源領域内の空間的すべり分布の設定方法
杉野ほか（2014）に一部加筆

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデル※

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (55/128)

第1204回審査会合

資料1 P.201再掲



広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (2/8)

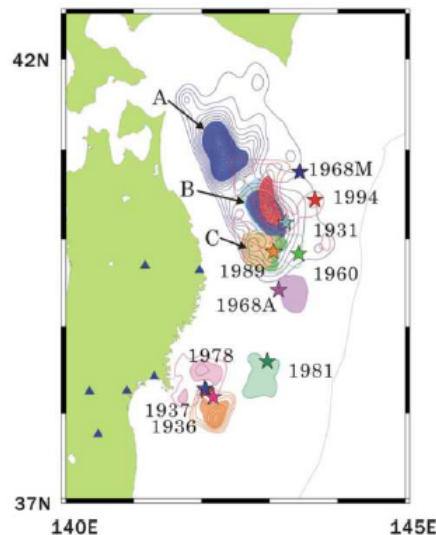
超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖，青森県東方沖及び岩手県沖北部におけるアスペリティと地震活動パターン

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部について，アスペリティ分布の解析から，アスペリティ（左図：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Bのカップリング率はほぼ100%に近く，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。

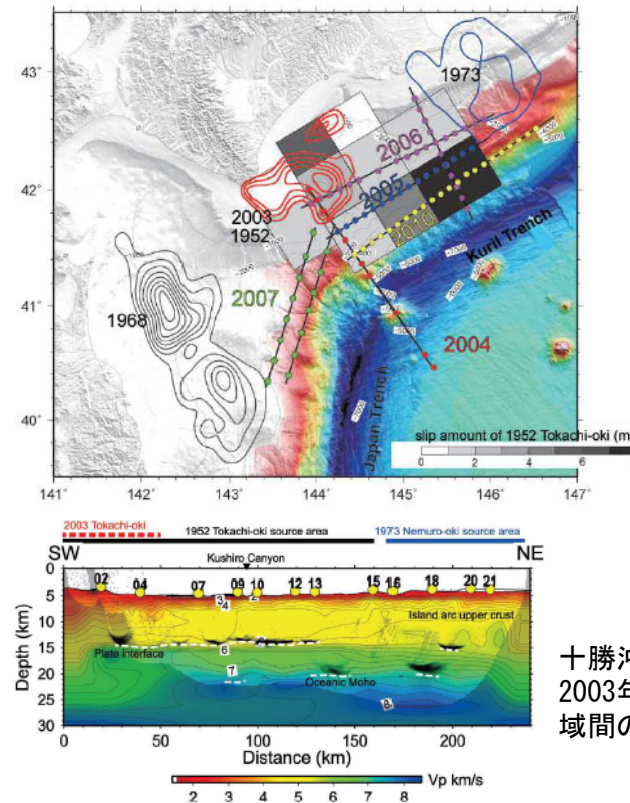
Yamanaka and Kikuchi (2004)，永井ほか (2001) による

- 十勝沖・根室沖について，2003年十勝沖と1973年根室沖の両地震の地震時すべり域，両震源域間の空白域（1952年十勝沖地震震源域）の各領域のP波速度構造から，プレート境界面からの反射波が2003年と1973年のアスペリティ内で観測されず，空白域で強反射が観測されたことから，この領域のすべり様式は，地震時に特定の条件下で十勝沖または根室沖のアスペリティに同期してすべるが，地震間は基本的に単独では地震性すべりを起こさない条件付き安定すべり域である可能性が示唆されるとされている。

Azuma et al. (2012)，東 (2012) による



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)，永井ほか (2001)



十勝沖・根室沖におけるアスペリティと2003年十勝沖～1973年根室沖の震源域間のP波速度構造 (2010年測線)
東 (2012)

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (56/128)

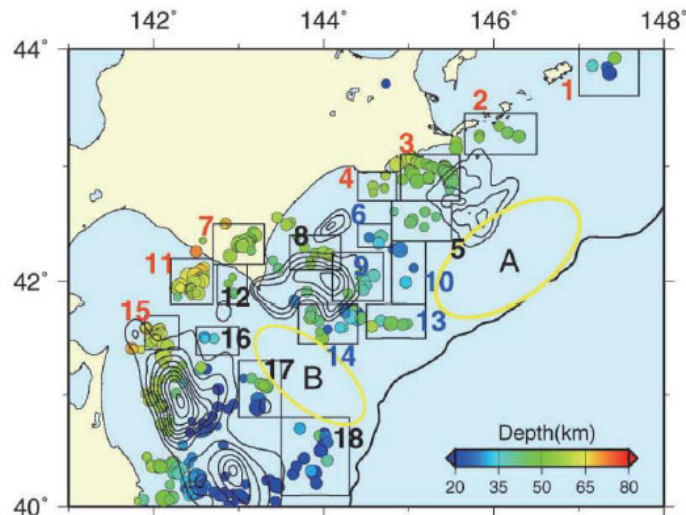
広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (3/8)

超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖における地震学的見地

第1204回審査会合
資料1 P.202再掲

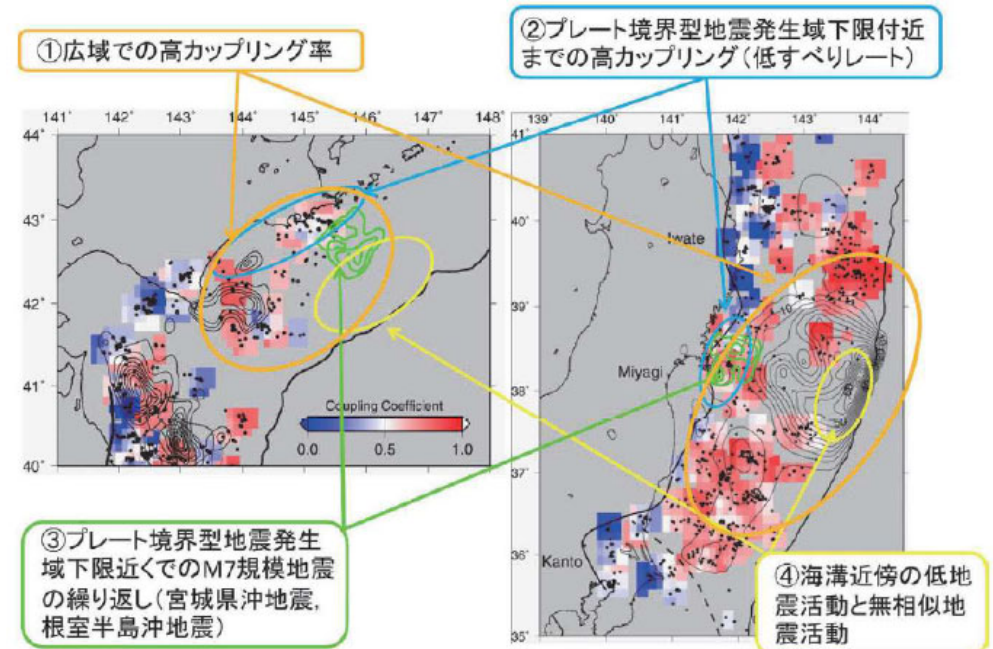
- 小繰り返し地震（相似地震）の活動及びそれから推定されるプレート間地震すべりについて、3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴との類似性から、十勝沖・根室沖で巨大地震が発生する可能性があると考えられている。

東北大学（2012）による



第1図 北海道南東沖の小繰り返し地震グループの分布（丸印）。丸の色はグループの地震の平均の深さを示す。コンターはYamanaka and Kikuchi (2004) によるM7以上の地震すべり量分布。矩形は第3図で平均の積算すべりを推定した領域を示す。黄色楕円は繰り返し地震活動が低い場所。

東北大学 (2012)



第2図 北海道南東沖(左)および東北地方東方沖(右)の繰り返し地震分布(黒丸)およびそれにより推定したプレート間カップリング率(カラー)の比較。カップリング率は $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ のグリッドごとに、3つ以上の小繰り返し地震グループが存在する場所について推定した。緑および黒のコンターはM7以上の地震すべり量分布。関東地方の沖の破線は、フィリピン海プレートの北東限。

東北大学 (2012)

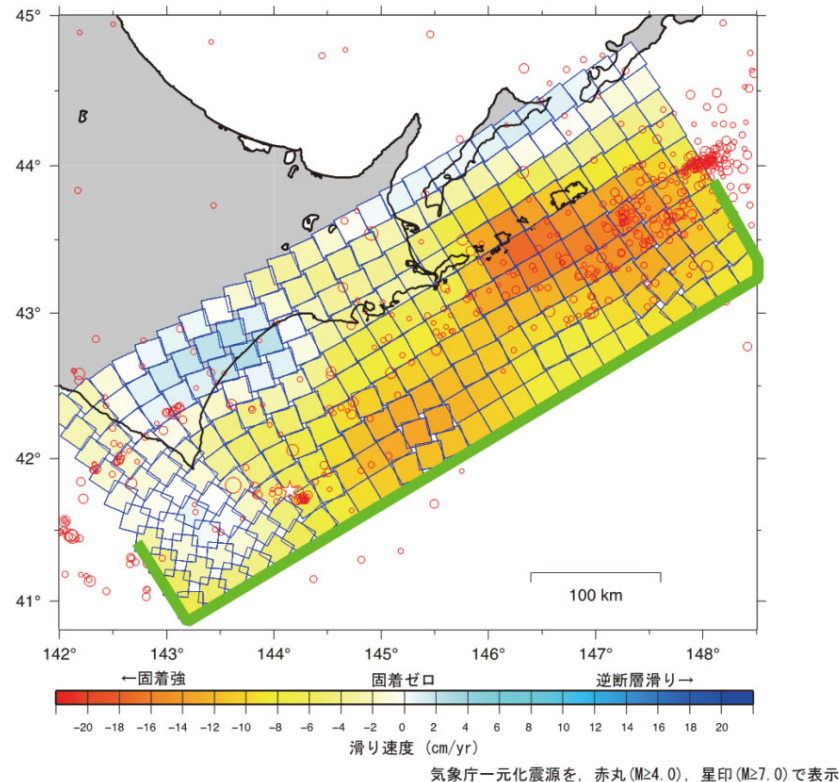
【宮城県沖における特徴】

- 特徴①：大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
- 特徴②：プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
- 特徴③：プレート境界型地震の発生域下限付近でのM7クラスの地震（の繰り返し）が存在。
- 特徴④：海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (57/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (4/8)

超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖における測地学的見地



すべり欠損分布 (2007年3月~2011年2月)

国土地理院 (2012)

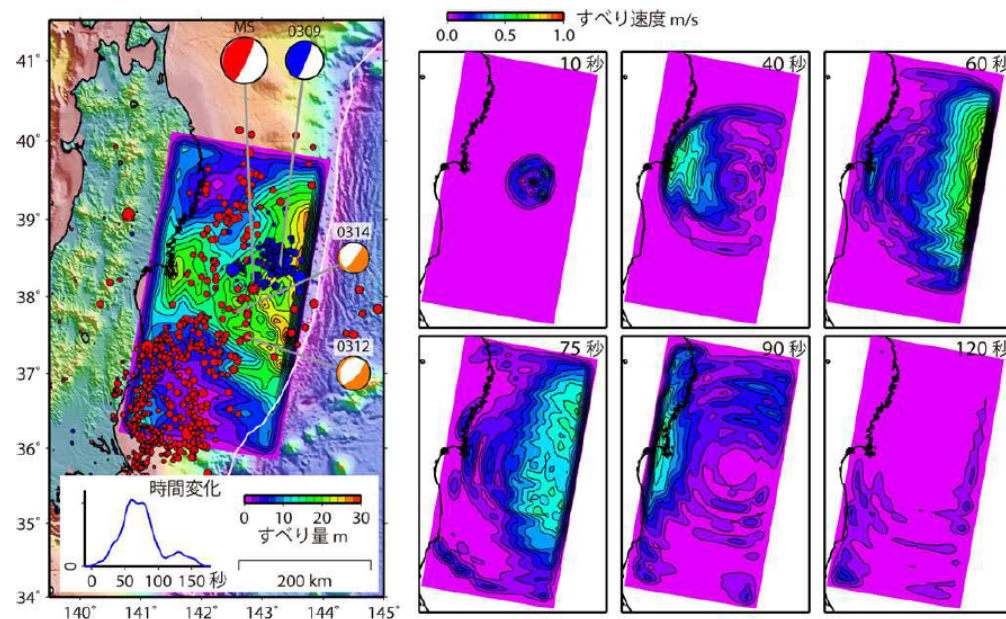
- GNSS連続観測結果による北海道地方の地殻変動から推定される北海道南東沖（十勝沖・根室沖）のすべり欠損速度（固着）の分析結果から、特に十勝沖～釧路沖の海溝寄りと根室沖の陸寄りにすべり欠損の大きな領域が存在している。これより、当該領域の固着は相対的に強く、大きなひずみが蓄積されていると推定される。 国土地理院 (2012) による
- この領域は、500年間隔地震の震源域とほぼ同じと考えられる。

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (58/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (5/8)

3.11地震における大すべりの発生形態に係る知見

- 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の設定に反映する3.11地震における大すべりの発生形態に係る知見は以下のとおり。
 - ✓ 超大すべり域のすべり量分布の設定に反映する知見
 - 宮城県沖における浅部領域の大きなすべりの発生要因である深部の破壊を起点としたダイナミックオーバーシュート（下図及び第1023回審査会合 資料1-2 P.3.1-6, P.3.1-7参照）を踏まえた、3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルのうち宮城県沖のすべり量分布
 - 十勝沖・根室沖，青森県東方沖及び岩手県沖北部の地震学的・測地学的知見（アスペリティ，固着等）



（左図）コンター：総すべり量の分布，0309：前震（Mw7.3）のメカニズム，MS：本震のメカニズム，0312及び0314：余震（それぞれMw6.5, Mw6.1）のメカニズム，青点：前震の震央，赤点：余震の震央，グラフ：地震モーメントの放出速度の推移
 （右図）すべり速度分布のスナップショット

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (59/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (6/8)

大すべりの発生形態を踏まえた超大すべり域の位置

第1204回審査会合

資料1 P. 205再掲

- 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), Yamanaka and Kikuchi(2004)による

- 十勝沖・根室沖における高カップリング領域及び小繰り返し地震(相似地震)の活動領域は、3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴と類似する。

東北大学(2012)による

以上から、3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルにおける宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布位置を各領域に設定する。

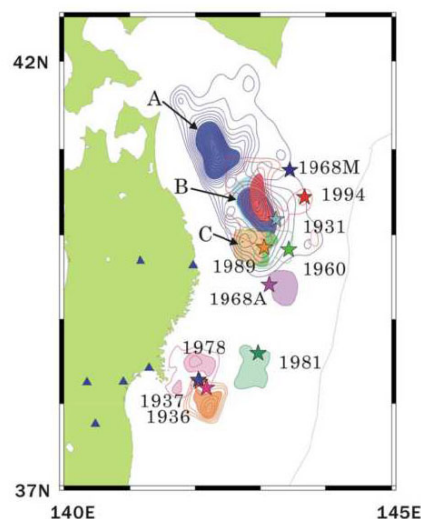
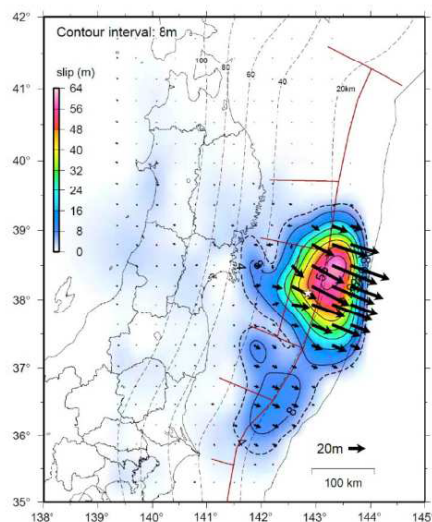
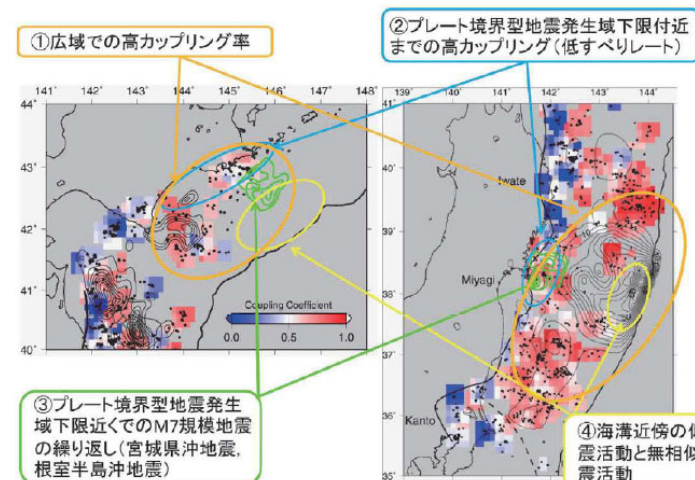


Figure 6. Aspect map along the subduction zone in northeastern Japan. Stars show the main shock epicenters. Contour lines show the moment release distribution. The interval of the contour lines is 0.5 m. Each earthquake is distinguished by color. We painted the area within the value of half the maximum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



第2図. 北海道南東沖(左)および東北地方東方沖(右)の繰り返し地震分布(黒丸)およびそれにより推定したプレート間カップリング率(カラー)の比較. カップリング率は $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ のグリッドごとに、3つ以上の小繰り返し地震グループが存在する場所について推定した. 緑および黒のコンターはM7以上の地震すべり量分布. 関東地方の沖の破線は、フィリピン海プレートの北東限。

【宮城県沖における特徴】

- 特徴①: 大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
- 特徴②: プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
- 特徴③: プレート境界型地震の発生域下限付近でのM7クラスの地震(の繰り返し)が存在。
- 特徴④: 海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

十勝沖・根室沖と宮城県沖のカップリング領域及び地震活動の比較
東北大学(2012)

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)

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。

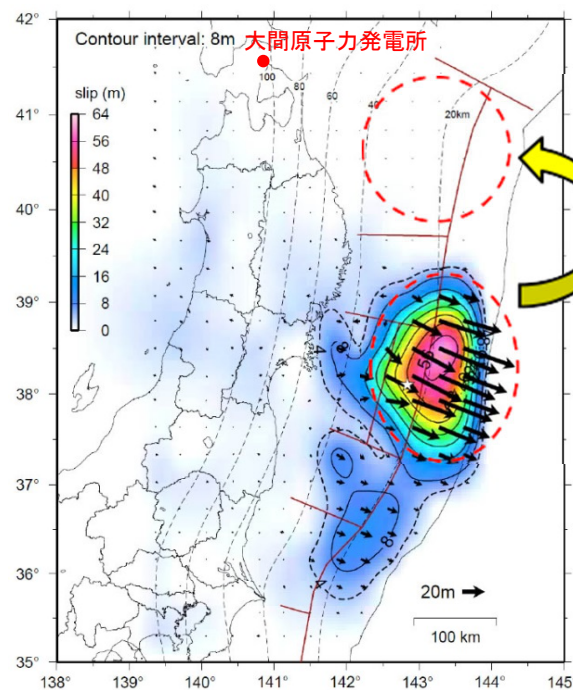
3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（60/128）

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（7/8）

超大すべり域のすべり量：青森県東方沖及び岩手県沖北部

第1204回審査会合
資料1 P.206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（7m～9m程度）が最大規模と評価される（P.155, P.156参照）。
- 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、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と同規模のすべりを考慮する。



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）に一部加筆
大すべり域・超大すべり域の設定（概念）

3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (61/128)

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定 (8/8)

第1204回審査会合

資料1 P.207再掲

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の特性化モデル

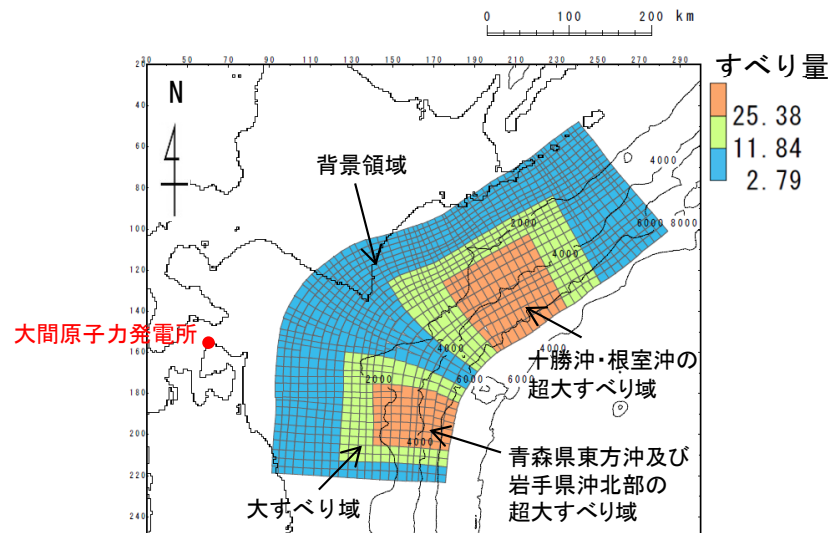
3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデル及び3.11地震における大すべりの発生形態から得られた知見を踏まえて、岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの大すべり域及び超大すべり域については以下のとおり設定した。

【青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域・超大すべり域】

- ・ 超大すべり域の位置：アスぺリティ分布及び1968年十勝沖地震の震源位置を踏まえて設定。
- ・ 超大すべり域のすべり量：1968年十勝沖地震に伴うすべりが最大規模と評価されるが、津軽海峡開口部前面の超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、保守的に3.11地震時における宮城県沖と同規模のすべりを考慮。すべり量は杉野ほか(2014)を踏まえて設定。
- ・ 超大すべり域のすべり量分布：3.11地震の震源深さとの類似性を考慮し、3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布を参考に設定。
- ・ 大すべり域・超大すべり域の面積：青森県東方沖及び岩手県沖北部の断層面積を基に、杉野ほか(2014)に示される面積比率を踏まえて設定。

【十勝沖・根室沖の大すべり域・超大すべり域】

- ・ 超大すべり域の位置：地震学的、測地学的知見を踏まえて設定。
- ・ 超大すべり域のすべり量：すべり量は杉野ほか(2014)を踏まえて設定。500年間隔地震を再現するモデルのすべり量と同等であることを確認(P.160参照)。
- ・ 超大すべり域のすべり量分布：宮城県沖の高カップリング領域及び小繰り返し地震(相似地震)の活動領域との類似性を考慮し、3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布を参考に設定。
- ・ 大すべり域・超大すべり域の面積：十勝沖から根室沖の断層面積を基に、杉野ほか(2014)に示される面積比率を踏まえて設定。



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

		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【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
面積 S (km ²)		110,472	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ (MPa)		3.27	3.1
剛性率 μ (N/m ²)		5.0×10^{10}	—
地震モーメント Mo (N・m)		4.93×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量 D (m)		8.93	8.46
すべり量	基本すべり域(m) (面積及び面積比率)	2.79 (64,419km ² , 58.3%)	2.79 (66,283km ² , 60%)
	大すべり域(m) (面積及び面積比率)	11.84 (26,782km ² , 24.2%)	11.84 (27,618km ² , 25%)
	超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	25.38 (19,271km ² , 17.5%)	25.38 (16,571km ² , 15%)
ライズタイム τ (s)		60	—