

東通原子力発電所 津波の評価について (コメント回答)(補足説明資料)

2024年2月9日
東北電力株式会社

目次

I. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価	
1. 固着域, すべり量に関する検討	3
2. 3.11地震に伴う津波による津波堆積物	13
3. 津波堆積物調査	19
4. 千島海溝・日本海溝沿いで発生する津波解析結果(スナップショット)	82
5. 波源領域の違いが津波高さに与える影響	86
6. 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	91
7. 3.11地震における宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル	98
8. 超大すべり域のすべり分布の設定	107
9. 十勝沖・根室沖の超大すべり域が発電所の津波高さに及ぼす影響	116
10. 基準断層モデル選定と詳細パラメータスタディ	123
11. 破壊開始点に係る知見の整理・反映	138
12. 内閣府(2020)の津波評価	150
13. 特性化モデル④の周期特性	161
14. 発電所周辺地形及び各特性化モデルの周期特性	173
II. 「プレート間地震」に起因する津波の評価	
1. 「プレート間地震」に起因する津波の評価	191
2. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較	203
III. 「津波地震」に起因する津波の評価	
1. 阿部(2003)及びMtとMwの関係	209
2. 概略パラメータスタディ結果	211

目次

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価	
1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法	216
2. 概略パラメータスタディ結果	220
V. 地震以外に起因する津波の評価	
1. 発電所周辺陸域における地すべり	228
2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり	232
3. 日高舟状海盆の海底地すべり	237
VI. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価	
1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性	289
2. 下北海底地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位	297
3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性	303
4. 組合せ時間算定位置の妥当性	311
5. 地すべり①と地すべり②の同時活動を考慮した組合せ津波が連動型地震(単独)の津波水位を下回る要因	316
6. 連動型地震の活動に伴う地殻変動が日高舟状海盆の海底地すべりの津波伝播特性に及ぼす影響	324
VII. 計算条件等	
1. 潮位条件	329
2. 津波解析条件	332
3. 既往津波の再現解析	335
4. 津波水位の評価位置	339
5. 水位下降側の評価方法	349
6. 想定津波群の作成方法	352
7. 津波伝播特性の検討	357

VI. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

1. 1 検討方針
1. 2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)
1. 3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)
1. 4 まとめ

VI. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

1.1 検討方針

- プレート間地震とその他の地震の組合せ評価の要否について、プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震を確認した上で（STEP1）、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔（STEP2）から検討する。
- 検討フローを以下に示す。

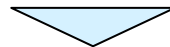
【検討フロー】

◆STEP1: プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震

- 2011年東北地方太平洋沖地震(以下、「3.11地震」という。)前後の地震発生状況
- 日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生したその他の地震の事例

◆STEP2: 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔

- 日本海溝・千島海溝沿い: 3.11地震
- 国外: 2004年スマトラ島沖地震, 1964年アラスカ地震, 1960年チリ地震, 1952年カムチャツカ地震

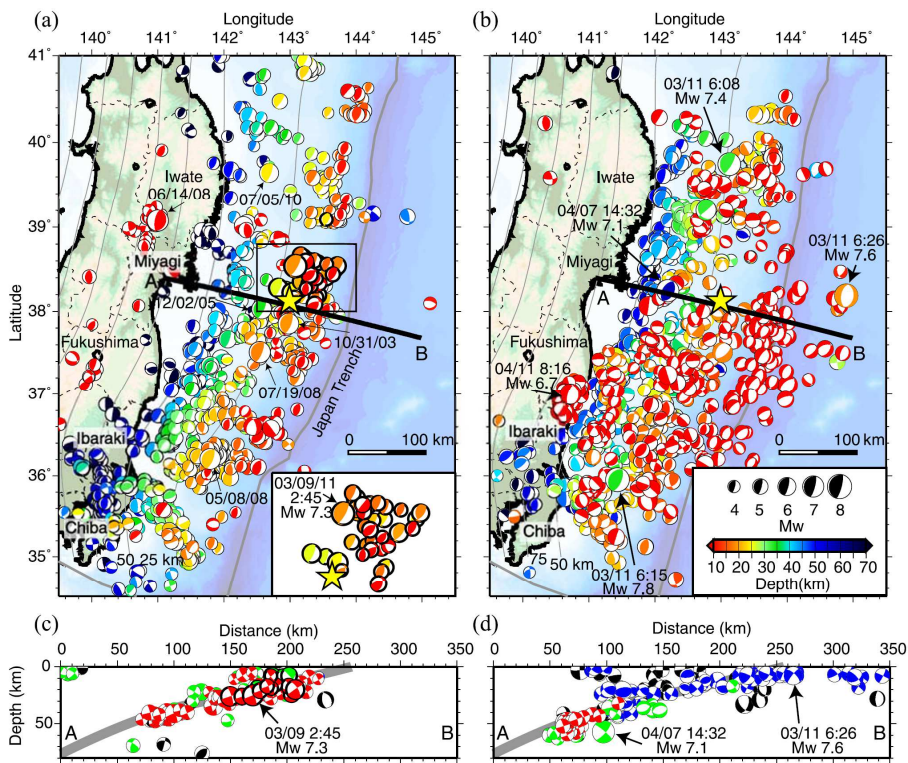


プレート間地震とその他の地震の組合せ評価の要否を検討

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)

■3.11地震前後の地震発生状況

- Asano et al.(2011)は、本震前後に発生した地震タイプについて、F-net, Hi-netにおいて2003年1月1日～2011年5月24日の期間に取得された地震記録を用いたCMT解を推定し、地震発生前は基本的にプレート境界型の地震が発生していたが、地震後は、すべりによる応力変化の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて、正断層型の地震等が南北方向の広範囲で発生したことを示している。
- Hasegawa et al.(2012)は、本震(プレート間地震)の発生に伴う応力変化について、F-net, Hi-netにおいて2003年1月1日～2011年9月30日の期間に取得された地震の震源メカニズムの応力テンソルインバージョンから、圧縮場から伸張場に変化したことを示している。



(a)(c)3.11地震発生前のCMT解 [2003/1/1 ~ 2011/3/11 5:45(UTC)] (b)(d)3.11地震発生後のCMT解 [2011/3/11 5:46(UTC) ~ 2011/5/24]

- (a)(b) 平面分布. CMT解のサイズはMwの大きさ. カラースケールは震源深さ. 黄色星は3.11地震の震源. 地震の発生時刻は協定世界時(UTC).
- (c)(d) 断面図(測線AB). 発震機構のカラーについて、赤はプレート境界型. 緑は逆断層型. 青は正断層型. 黒はその他. 地震の発生時刻は協定世界時(UTC).

3.11地震前後に発生した地震のCMT解 [データ期間 2003/1/1 ~ 2011/5/24] (Asano et al.(2011))

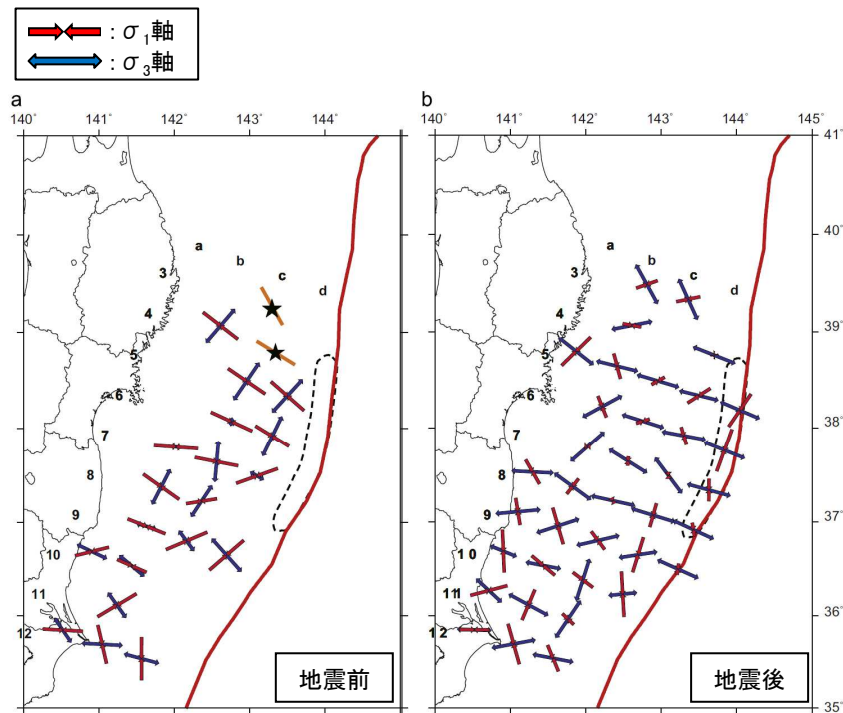


Fig. 6. Orientations of the best-fit σ_1 and σ_3 axes obtained by stress tensor inversions of upper plate events before (a) and after (b) the Tohoku-Oki earthquake. The σ_1 and σ_3 axes are indicated by red and blue arrows, respectively, at each grid node. The lengths of arrows correspond to the plunge of the principal stress axes. Orange bars with stars in (a) show the orientations of the maximum horizontal principal stress axis estimated from borehole breakout at two sites on ODP Leg 186 (Lin et al., 2011). The area of the estimated largest slip is enclosed by a dashed line near the trench axis.

応力テンソルインバージョンから得られた上盤プレートの応力場の変化 [データ期間 2003/1/1 ~ 2011/9/30] (Hasegawa et al.(2012)に一部加筆)

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)

■日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生した海洋プレート内地震: 沈み込む前の海洋プレート(海溝外縁隆起帯(アウターライズ領域))

- 日本海溝沿いの岩手県沖南部では1896年明治三陸地震の約37年後に1933年昭和三陸地震, 千島海溝沿いでは2006年千島列島沖地震の約2か月後に2007年千島列島沖地震が発生している(Lay et al.(2011))。
- 上記事例に対し, Lay et al.(2011)は, プレート間地震の発生に伴う応力変化が周辺地殻の断層に影響し, 稀ではあるが, アウターライズ領域において大規模な地震の発生に繋がることがあるとしている。また, 3.11地震の発生により宮城県沖～福島県沖で応力変化が見られたことから, 将来, 同海域のアウターライズ領域で大規模な海洋プレート内地震の発生可能性を指摘しているが, これまでに1933年昭和三陸地震と同規模の地震は発生していない(2024年1月時点で約13年経過)。

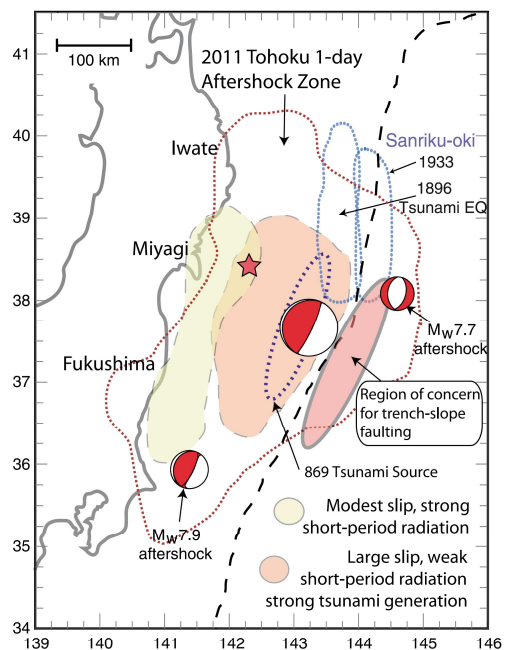
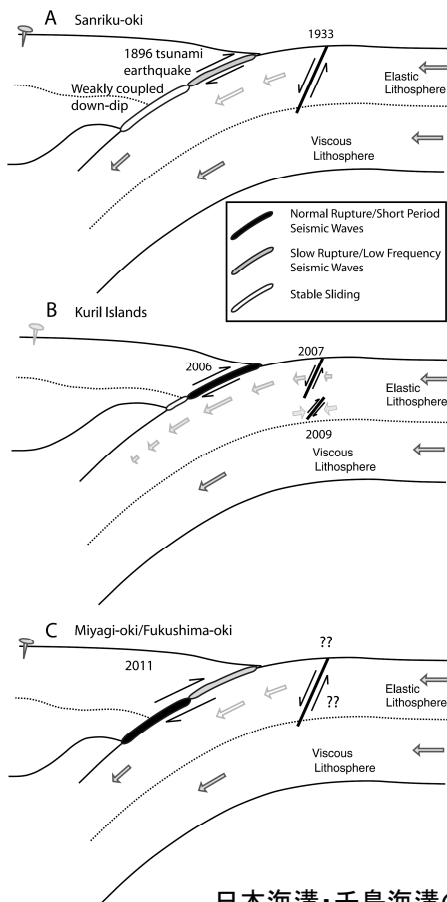


Fig. 1. Map of the 2011 Tohoku rupture attributes and historic large earthquakes along the up-dip region of the Japan subduction zone. The long dashed curve indicates the position of the trench. The red star is the USGS epicentral location. Frequency-dependent attributes of the 2011 mainshock rupture inferred from short-period and broadband seismic and geodetic analyses are indicated (Koper et al., 2011). The 1 day aftershock zone for the 2011 event is delimited by the red dotted curve with the global centroid moment tensor focal mechanisms for the mainshock, the 11 March 2011 M_w 7.9 thrust aftershock and the large 11 March 2011 M_w 7.7 outer rise aftershock being shown. The pink ellipse indicates the trench slope environment for which there is concern about future tsunamigenic normal faulting.

3.11地震の破壊特性と日本海溝沿いで発生した既往地震 (Lay et al.(2011))



	プレート間地震	時間間隔	海洋プレート内地震
日本海溝	1896年6月15日 明治三陸地震 ($M \sim 8.5$)	約37年後	1933年3月3日 昭和三陸地震 ($M_w 8.6$)
千島海溝	2006年11月15日 千島列島沖地震 ($M_w 8.4$)	約2か月後	2007年1月13日 千島列島沖地震 ($M_w 8.1$)

(Lay et al.(2011))に基づき作成)

A: 日本海溝(三陸沖)
B: 千島海溝
C: 日本海溝(宮城県沖～福島県沖)

Fig. 4. Schematic cross-sections of the A) Sanriku-oki, B) Kuril and C) Miyagi-oki subduction zones where great interplate thrust events have been followed by great trench slope or outer rise extensional events (in the first two cases) and concern about that happening in the case of the 2011 event.

日本海溝・千島海溝の沈み込み帯と既往地震※ (Lay et al.(2011))

※: 宮城県沖～福島県沖のアウターライズ領域では, 過去に大規模な海洋プレート内地震(正断層型)が発生した記録はない。

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)

■日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生した海洋プレート内地震: 沈み込んだ海洋プレート内

- 日本海溝沿いの青森県東方沖及び岩手県沖北部では、1968年十勝沖地震本震の約10時間後、沈み込んだ海洋プレート内で正断層型の地震が発生している(地震調査研究推進本部(2019), Izutani(2011))。
- Hatori(1969)は、同地震では津波も伴ったが、本震による津波と明確に区別することは出来ないとしている。

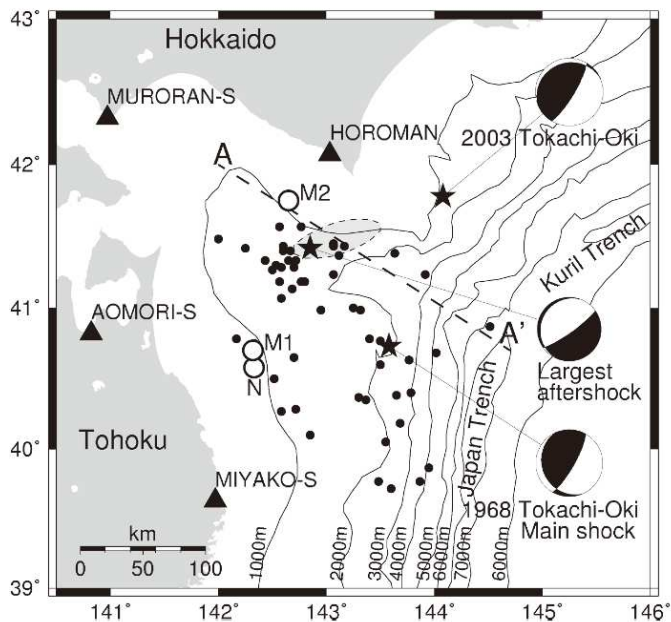


Fig. 1. Epicenters (solid stars) and focal mechanism solutions of the 1968 Tokachi-Oki earthquake, its largest aftershock, and the 2003 Tokachi-Oki earthquake. The solid triangles indicate strong motion observation stations. The solid circles show epicenters of aftershocks within 24 hours after the 1968 Tokachi-Oki earthquake. The open circle with 'N' indicates the epicenter of I-phase determined by Nagamune (1971), and those with 'M1' and 'M2' are the locations of subevents by Mori and Shimazaki (1984). The thick broken line marked with A and A' is approximately parallel to the direction of motion of the Pacific plate. The shaded ellipse indicated by a broken line indicates the fault plane of the largest aftershock derived in the present study.

1968年十勝沖地震の本震と最大余震の震央位置とメカニズム解 (Izutani(2011))

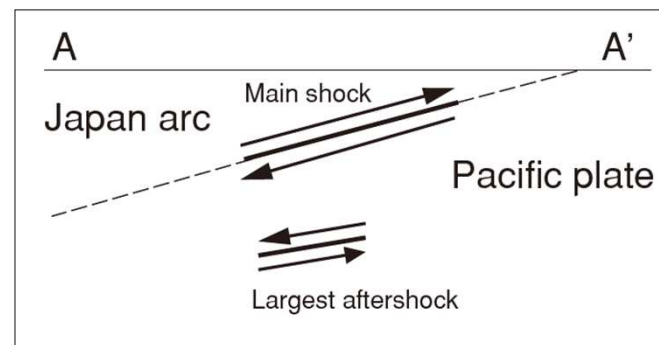


Fig. 5. Schematic illustration of the slip vectors for the main shock and the largest aftershock projected on the vertical section along A-A' in Fig. 1. The thick solid lines and the arrows indicates the fault planes and the slip vectors. The broken line indicates the boundary between the Pacific plate and the Japan arc.

1968年十勝沖地震の本震と最大余震のスリップベクトル(模式図) (Izutani(2011))

	プレート間地震	時間間隔	海洋プレート内地震
日本海溝 (青森県東方沖及び 岩手県沖北部)	1968年5月16日9時48分 十勝沖地震 (M7.9)	約10時間後	1968年5月16日19時39分頃 十勝沖地震(余震) (M7.5)

(地震調査研究推進本部(2019)に基づき作成)

VI. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

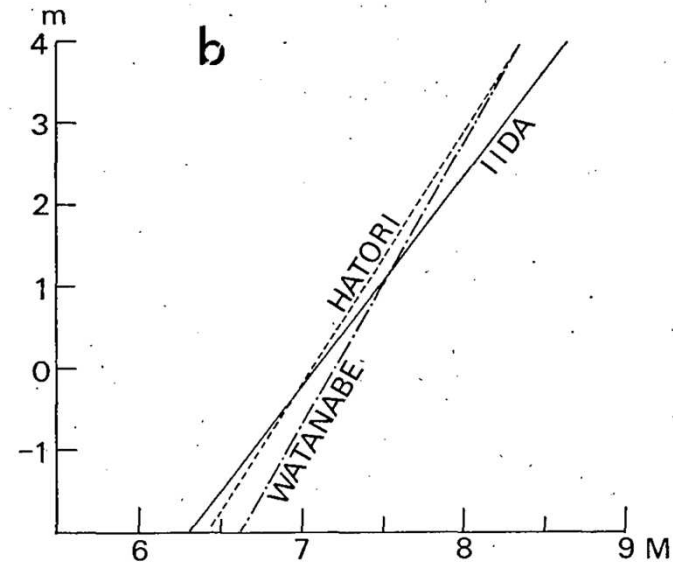
1.3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)

- 日本海溝・千島海溝沿いでは、過去にプレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて正断層型の地震等が発生していることを踏まえ、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔を確認する。
- 対象とする地震の規模(M)について、安全側に津波マグニチュード(m) - 1を上回る規模のM7以上とする。また、検討期間については、プレート間地震発生後10年間(10年間で一度も発生していない場合は10年後以降で最も早く発生したM7以上の地震)とする。

津波マグニチュード(m)(今村・飯田の津波規模階級)と
津波の高さ及び被害程度の関係
(Iida(1958))

規模階級(m)	津波の高さ(H)	被害程度
-1	50cm以下	なし
0	1m程度	非常にわずかの被害
1	2m程度	海岸および舟(船)の被害
2	4~6m程度	若干の内陸までの被害や人的損失
3	10~20m程度	400km以上の海岸線に顕著な被害
4	30m以上	500km以上の海岸線に顕著な被害

(表は、渡辺(1998)に基づき作成)



IIDA: 沿岸の最大津波高と災害程度の間数(Iida(1958))
WATANABE: 津波波源の全振幅の間数(渡辺(1963))
HATORI: 津波の初動振幅または最大振幅、および震央距離または津波の伝播距離の間数(Hatori(1973))

津波マグニチュード(m)とマグニチュード(M)の関係
(渡辺(1973))

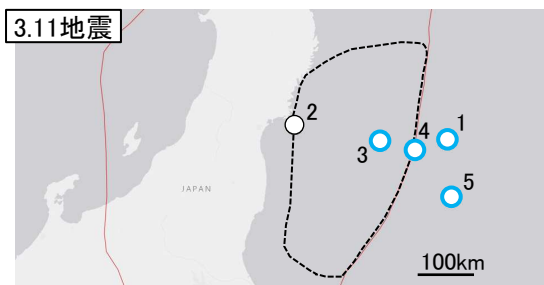
1.3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)

- 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震の波源域周辺において、プレート間地震後に上盤及び下盤プレートで発生したM7以上の地震の発生状況*1を以下に示す。
- M7以上の地震は、プレート間地震発生後10年間でそれぞれ数個(0~5個)発生しており、本震後に最も早く発生した地震との時間間隔は、3.11地震の事例で約40分(プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の時間)、国外の事例では数か月~数十年の間がある。

※1: 整理方法について

- 地震記録はUSGS地震カタログに基づき、本震と関連している可能性の有無に関わらず対象となる地震を抽出した。1950~60年代の地震については、発生時期が古く、M7以上の地震種別を判断できる記載がないことから、プレート間地震の可能性のあるものを含めて抽出した。
- 津波高については、NOAA津波データベースを基本とし、3.11地震については気象庁のデータも含めて整理した。

【国内外で発生したM9クラスのプレート間地震の波源域周辺における上盤及び下盤プレートのM7以上の地震の発生状況】



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	2011-03-11 05:46	9.1	29	39.26
1	2011-03-11 06:25	7.7	19	不明 ^{※2,3}
2	2011-04-07 14:32	7.1	42	
3	2011-07-10 00:57	7.0	23	0.12 ^{※2}
4	2012-12-07 08:18	7.3	31	0.98 ^{※2}
5	2013-10-25 17:10	7.1	35	0.36 ^{※2}



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	2004-12-26 00:58	9.1	30	50.9
1	2005-07-24 15:42	7.2	16	
2	2009-08-10 19:55	7.5	24	
3	2012-01-10 18:36	7.2	19	
4	2012-04-11 08:38	8.6	20	1.08
5	2012-04-11 10:43	8.2	25	記録なし

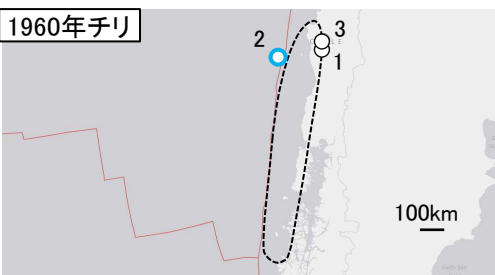
○ : M9クラスのプレート間地震の波源域 (USGS地震カタログによる)
 ○ : プレート間地震後に発生したM7以上の地震
 ● : 上記のうち津波発生が記録されているもの (NOAA津波データベースによる)
 - : プレート境界 (USGS地震カタログによる)

- 地震データ
- 発生日時は協定世界時(UTC)で表示
 - 地震規模M=M_w(モーメントマグニチュード)として抽出
 - 本震以降の地震のMのうち、最大規模の地震は**太字**で表示
 - 本震発生から最短の地震までの時間差を**青字**で表示

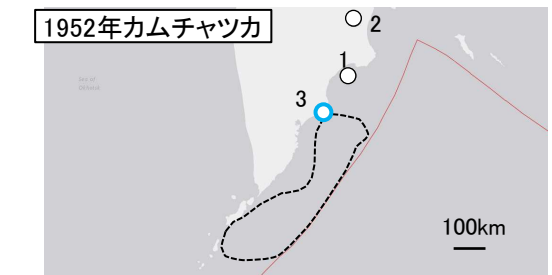
※2: 気象庁(2021)による。
 ※3: 本震による津波が非常に大きかったため、観測記録からは確認できないが、地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある(気象庁(2021))。



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1964-03-28 03:36	9.2	25	51.8
1	1987-11-30 19:23	7.9	10	0.43



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1960-05-22 19:11	9.5	25	25
1	1960-06-20 02:01	7.0	25	
2	1960-11-01 08:45	7.4	20	記録なし
3	1962-02-14 06:36	7.1	30	



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1952-11-04 16:58	9.0	22	23
1	1955-03-18 00:06	7.2	59	
2	1957-10-27 22:32	7.6	148	
3	1959-05-04 07:15	7.9	55	0.2

約40分後

約7か月後

約23年後

約1か月後

約2年後

1.4 まとめ

- 日本海溝・千島海溝沿いでは、過去にプレート間地震の発生に伴う応力変化(圧縮場→伸張場)の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて正断層型の地震等が発生していることを踏まえ、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に上盤及び下盤プレートで発生したM7以上※¹の地震の時間間隔を確認した。
- 確認の結果、応力変化の影響により大規模な海洋プレート内地震等が発生する時間間隔は、十分な期間があることを確認した。
- また、3.11地震の事例では、プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の約40分後にMw7クラスの海洋プレート内地震が発生したが※²、プレート間地震の地震動継続時間(数分間程度)よりも長いことを確認した。
- 以上から、プレート間地震とその他の地震の組合せは、評価対象外とする。

※1: 津波マグニチュード(m)-1 (津波の高さ: 50cm以下, 被害程度: なし)を上回る規模の地震。

※2: 本震による津波が非常に大きかったため、津波は観測記録からは確認できないが、地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある(気象庁(2021))。

国内外で発生したプレート間地震とその他の地震の時間間隔

		プレート間地震	時間間隔	その他の地震	備考	
国内	日本海溝	青森県東方沖及び岩手県沖北部	1968年5月16日9時48分 十勝沖地震(M7.9)	約10時間後	1968年5月16日19時39分頃 十勝沖地震(余震)(M7.5)	本震による津波と明確に区別することは出来ない
		岩手県沖南部	1896年6月15日 明治三陸地震(M ~8.5)	約37年後	1933年3月3日 昭和三陸地震(Mw8.6)	
		宮城県沖～福島県沖	2011年3月11日14時46分 3.11地震(Mw9.1)	2024年1月時点で 約13年経過	1933年昭和三陸地震規模の地震は発生していない (2024年1月時点)	約40分後(プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の時間)に海洋プレート内地震が発生したが、プレート間地震の地震動継続時間(数分間程度)よりも長い
	千島海溝	2006年11月15日 千島列島沖地震(Mw8.4)	約2か月後	2007年1月13日 千島列島沖地震(Mw8.1)		
国外	2004年スマトラ島沖	2004年12月26日(UTC) (Mw9.1)	約7か月後	2005年7月24日(UTC) (Mw7.2)	その他の地震による津波は発生していない	
	1964年アラスカ	1964年3月28日(UTC) (Mw9.2)	約23年後	1987年11月30日(UTC) (Mw7.9)		
	1960年チリ	1960年5月22日(UTC) (Mw9.5)	約1か月後	1960年6月20日(UTC) (Mw7.0)	その他の地震による津波は発生していない	
	1952年カムチャツカ	1952年11月4日(UTC) (Mw9.0)	約2年後	1955年3月18日(UTC) (Mw7.2)	その他の地震による津波は発生していない	

参考文献

参考文献①

1. Lingling Ye, Thorne Lay, and Hiroo Kanamori (2012) : The Sanriku-Oki low-seismicity region on the northern margin of the great 2011 Tohoku-Oki earthquake rupture, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B02305, doi:10.1029/2011JB008847
2. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について
3. Naoki Uchida and Toru Matsuzawa (2011) : Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, Earth Planets Space, 63, 675-679
4. 気象庁(2009) : 2008年7月19日福島県沖の地震(M6.9)について, 地震予知連絡会 会報, 第81巻, 3-21
5. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)
6. 文部科学省研究開発局・国立大学法人東北大学大学院理学研究科・国立大学法人東京大学地震研究所・独立法人産業技術総合研究所(2010) : 宮城県沖地震における重点的調査観測総括成果報告書, 390pp
7. 佐竹健治・行谷佑一・山木滋(2008) : 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.71-89
8. 西村卓也(2012) : 測地観測データに基づく東北日本の最近120年間の地殻変動, 地質学雑誌, 第118巻, 第5号, pp.278-293
9. Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hiroshi Munekane, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita and Tetsuro Imakiire (2012) : Preceding, coseismic, and postseismic slips of the 2011 Tohoku earthquake, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.177, B07404, DOI: 10.1029/2011JB009120
10. Yusuke Yokota, Kazuki Koketsu (2015) : A very long-term transient event preceding the 2011 Tohoku earthquake, NATURE COMMUNICATIONS, DOI: 10.1038/ncomms6934
11. Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa (2009) : What controls interplate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, Earth and Planetary Science Letters 283, 111-121
12. Masanao Shinohara, Tomoaki Yamada, Kazuo Nakahigashi, Shin'ichi Sakai, Kimihiro Mochizuki, Kenji Uehira, Yoshihiro Ito, Ryusuke Azuma, Yuka Kaiho, Tetsuo No, Hajime Shiobara, Ryota Hino, Yoshio Murai, Hiroshi Yakiwara, Toshinori Sato, Yuya Machida, Takashi Shinbo, Takehi Isse, Hiroki Miyamachi, Koichiro Obana, Narumi Takahashi, Shuichi Kodaira, Yoshiyuki Kaneda, Kenji Hirata, Sumio Yoshikawa, Kazushige Obara, Takaya Iwasaki, and Naoshi Hirata (2011) : Aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by using ocean bottom seismometer network, Earth Planets Space, 63, 835-840
13. Tomoya Abe, Kazuhisa Goto, Daisuke Sugawara (2012) : Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan, Sedimentary Geology 282, 142-150, doi:10.1016/j.sedgeo.2012.05.004
14. 後藤和久・箕浦幸治(2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方, 堆積学研究, 第71巻, 第2号, 105-117
15. 中村有吾・西村裕一・伊尾木圭衣・プルナ スラスティア プトラ・アディティア グスマン(2011) : 北海道および青森県における東北地方太平洋沖地震津波の実態に関する野外調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会 予稿集

参考文献⑦

103. 防災科学技術研究所(2009):「地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」」, 地すべり地形分布図データベース, 防災科学技術研究所研究資料, 第329号, <http://lswb1.ess.bosai.go.jp/pdfview/s42-index.html>
104. B.G.McAdoo,L.F.Pratson,D.L.Orange(2000): Submarine landslide geomorphology, US continental slope, Marine Geology,169, 103-136
105. Posamentier, H. and Martinsen, H. (2011): The character and genesis of submarine mass-transport deposits: insights from outcrop and 3D seismic data. SEPM Special Publication "Mass-transport deposits in deepwater settings", Vol.96, pp.7-38.
106. Youichi Asano, Tatsuhiko Saito, Yoshihiro Ito, Katsuhiko Shiomi, Hitoshi Hirose, Takumi Matsumoto, Shin Aoi, Sadaki Hori and Shoji Sekiguchi(2011): Spatial distribution and focal mechanisms of aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, pp. 669-673
107. Akira Hasegawa, Keisuke Yoshida, Youichi Asano, Tomomi Okada, Takeshi Iinuma, Yoshihiro Ito(2012): Change in stress field after the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letters, 355-356, pp231-243
108. Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Marina J. Kim, and Lian Xue(2011): Outer trench-slope faulting and the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, pp.713-718
109. Yasuo Izutani (2011): Fault extent of the largest aftershock of the 1968 Tokachi-Oki, Japan, earthquake and an interpretation of the normal faulting focal mechanism, Earth Planets Space, 63, pp.1213-1216
110. Tokutaro Hatori(1969): Dimensions and Geographic Distribution of Tsunami Sources near Japan, BULLETIN OF EARTHQUAKE RESEARCH INSTITUTE, Vol.47, pp.185-214
111. Kumizi Iida(1958): Magnitude and energy of earthquakes accompanied by tsunami, and tsunami energy, Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Nagoya University
112. 渡辺偉夫(1998): 日本被害津波総覧[第2版], 東京大学出版会
113. 渡辺偉夫(1973): 津波の規模と津波発生に関するパラメータについて, 験震時報, 第38巻, pp.1-13
114. 渡辺偉夫(1963): 津波のマグニチュードを定める一方法と津波判定への応用, 験震時報, 第27巻, pp.149-162
115. Tokutaro Hatori(1973): A Method for Determining Tsunami Magnitude, IUGG Tsunami Symposium. Moscow, 1971, Acad. Sci. USSR, Yuzhno-Sakhalinsk, "Tsunami", 32, pp.86-96 (in Russian)
116. USGS: Search Earthquake Catalog, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
117. NOAA: Global Historical Tsunami Database, <https://www.ngdc.noaa.gov/hazel/view/hazards/tsunami/event-search>
118. 気象庁(2021):「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について ~10年間の地震活動~, <https://www.jma.go.jp/jma/press/2103/08a/2102offtohokueq.pdf>
119. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009): 付録3 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
120. S.Noda, K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe(2002): RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
121. 川村喜一郎(2022): 活動的縁辺域での海底地すべりの研究課題, 月刊地球, 号外, No.73, pp.38-45