

宮城県第五次地震被害想定調査

中間報告書

令和5年3月

宮城県防災会議地震対策等専門部会

目次

1. はじめに	4
2. 調査概要	5
2.1. 本調査の概要, 活用方法.....	5
2.2. 調査体制	5
2.3. 本調査実施のポイント.....	7
2.4. 国（内閣府）の調査との比較.....	8
3. 東日本大震災前後の地震・津波環境.....	9
3.1. 県土の概要と東日本大震災以前の地震・津波防災対策.....	9
3.1.1. 地形・地質	9
3.1.2. 活断層	9
3.1.3. 東日本大震災以前の地震被害.....	11
3.1.4. 東日本大震災以前の津波被害.....	11
3.1.5. 東日本大震災以前の防災対策.....	11
3.2. 東日本大震災の概況.....	15
3.3. 東日本大震災以後の地震・津波防災対策.....	29
4. 宮城県に大きな被害をもたらす地震.....	32
4.1. 目的	32
4.2. 地震本部による長期評価.....	32
4.3. 国による検討.....	34
4.4. 宮城県に大きな被害をもたらす地震.....	35
5. 被害想定の対象とする地震の選定.....	37
5.1. 基本的な考え方.....	37
5.2. 最大クラスの地震.....	37
5.3. その他の地震.....	37
6. 地震動・液状化の予測.....	39
6.1. 地震動の予測.....	39
6.1.1. 検討の流れ	39
6.1.2. 震源～工学的基盤までの地震動予測手法.....	40
6.1.3. 地表震度の算定.....	42
6.1.4. 地盤モデル	42
6.1.5. 強震断層パラメータ.....	50
6.1.6. 計算結果と評価.....	59
6.1.7. その他	64

6.1.8. 参考図（その他の計算結果）	65
6.2. 液状化計算	93
6.2.1. 液状化予測手法.....	93
6.2.2. 計算結果	98
7. 津波の予測	102
7.1. 概要	102
7.2. 波源断層パラメータの設定.....	102
7.3. 計算結果（最大クラスの津波浸水想定との比較）	105
8. 中間報告における留意点.....	108
参考文献	109

1. はじめに

2011年（平成23年）3月11日に発生した2011年（平成23年）東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）と地震に伴い発生した津波は、人知を超えた猛威をふるい、県内で死者（直接死・関連死）1万人を超える多くの人命を奪い、県土及び県民の財産に甚大な被害を与えた、未曾有の大災害（以下「東日本大震災」という。）であった。

本県ではこれまで、1978年（昭和53年）の宮城県沖地震を契機として着手した地震被害想定調査（以下「第一次調査」という。）にはじまり、1995年（平成7年）の阪神・淡路大震災により内陸直下型地震への対策の必要性が明らかになったことを受けて実施した地震被害想定調査（以下「第二次調査」という。）、2000年（平成12年）に政府の地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）により、宮城県沖地震の発生確率が極めて高いと評価されたことに伴う地震被害想定調査（以下「第三次調査」という。）を実施し、県地域防災計画の修正、みやぎ震災対策アクションプラン等の県施策への活用、また市町村へのフィードバックによる市町村地域防災計画等に活用が図られた。

その後、2008年（平成20年）12月に国の中央防災会議において日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の地震防災戦略が公表され、これに対応した減災目標を策定する必要が生じたことから2010年度（平成22年度）に新たな地震被害想定調査（以下「第四次調査」という。）に着手した。しかし、中間報告とりまとめについておおむね了解を得たところで東日本大震災が発生し、被害想定対象の社会条件が大きく変化したことから中間報告書をもって同調査を終了することとした。

このたび、被災市町村において復興に向けたまちづくりがある程度進展したと判断されたことから2021年度（令和3年度）から2023年度（令和5年度）の3か年にかけて第五次地震被害想定調査（以下「本調査」という。）を実施することとし、今回はその中間報告書（以下「本報告書」という。）を取りまとめたものである。

本報告書には主に、本県に大きな被害をもたらす地震の整理とその結果を踏まえた被害想定対象地震の選定、さらに選定した地震の地震動・津波の予測計算結果を収めている。本報告書はこの冊子（本編）に加え、概要版と添付資料から構成されており、利用者の分かりやすさ、使いやすさに配慮した。地震・津波防災に尽力されている関係各位において本報告書を広く活用していただき、災害に強い社会の構築に向けた一助としていただければ幸いである。

2. 調査概要

2.1. 本調査の概要、活用方法

本調査は、中央防災会議の防災基本計画や本県の震災対策推進条例、地域防災計画等に基づき、県内に大規模な被害をもたらす地震を想定した以下の調査を実施するものである。なお、250m 四方の区画（メッシュ）を単位としたマクロ的な（巨視的）な調査であり、個別の場所・施設の安全性を照査するものではない。

- 調査期間 2021 年度（令和 3 年度）から 2023 年度（令和 5 年度）まで
 - 調査区域 宮城県全域
 - 実施項目
 - 地震動・津波の計算 … 本報告書
 - 人的被害、物的被害等の想定
 - 防災対策・減災目標の検討
- } 最終報告書

防災基本計画（中央防災会議）

地震災害対策編第 1 章 及び 津波災害対策編第 1 章

国及び地方公共団体は、被害の全体像の明確化及び広域的な防災対策の立案の基礎とするため、具体的な被害を算定する被害想定を行うものとする。

震災対策推進条例（平成 20 年 10 月 23 日）

第十二条 県は、大学その他の研究機関等と連携し、震災の発生状況及び発生原因、震災による被害の見込みその他震災に関する事項について科学的な調査を行うよう努めなければならない。

本調査の結果は、関係機関が行う事前防災対策における基礎資料として活用していただくほか、県民の防災意識向上の一助とする。また、本調査結果に基づき、県地域防災計画の修正や震災後初となるみやぎ震災対策アクションプラン策定を行い、全県一体となった震災対策の推進につなげるものである。

2.2. 調査体制

本調査に係る調査方法・評価等に関する専門的事項の指導・助言を受けるため、宮城県防災会議の下部組織として、学識経験者及びライフライン等関係機関の職員で構成する「地震対策等専門部会」を設置した。主な検討事項及び構成員は以下のとおりである。委員名簿と審議経過（表 1 及び表 2）は次ページのとおり。

表 1 宮城県防災会議地震対策等専門部会 委員名簿

専門委員（学識経験者）

長谷川 昭（座長）	東北大学名誉教授（地震学）
今村 文彦	東北大学災害科学国際研究所 所長（津波工学）
運上 茂樹	東北大学大学院工学研究科 教授（構造工学）
風間 基樹	東北大学大学院工学研究科 教授（地盤工学）
遠田 晋次	東北大学災害科学国際研究所 教授（地震地質学）
増田 聡	東北大学大学院経済学研究科 教授（地域計画）
松澤 暢	東北大学大学院理学研究科 教授（地震学）
源栄 正人	東北大学名誉教授（地震工学）

専門委員（ライフライン等関係機関）

大友 辰男（～第2回）	仙台市ガス局製造供給部長
加藤 弘道（第3回～）	仙台市ガス局供給部長
菊池 勝元	東北電力ネットワーク（株）宮城支社副支社長
佐藤 勇悦	東日本電信電話（株）宮城事業部災害対策室長
藤井 玄	東日本旅客鉄道（株）仙台支社総務部安全企画室長
小野寺瑞穂（～第2回）	宮城県環境生活部食と暮らしの安全推進課長
吉岡 幸信（第3回～）	
中嶋 吉則	宮城県土木部都市計画課長
田代 浩次（～第2回）	宮城県企業局水道経営課長
大沼 伸（第3回～）	

専門委員（国の機関）

岡本 顕（～第2回）	第二管区海上保安本部海洋情報部長
高江洲 剛（第3回～）	
高濱 聡	仙台管区気象台気象防災部地震情報官
平山 孝信	東北地方整備局防災対策技術分析官

防災会議委員

佐藤 達哉	宮城県復興・危機管理部長
-------	--------------

表 2 審議経過

	開催日・回数	主な検討事項	備考
第1回	2021年（令和3年）7月28日（水）	調査方針	検討開始
第2回	2022年（令和4年）2月4日（金）	対象地震選定	
第3回	2022年（令和4年）8月25日（木）	地震動・津波計算	
第4回	2022年（令和4年）12月22日（木）	中間報告書	中間報告

2.3. 本調査実施のポイント

これまで本県では、1978年（昭和53年）宮城県沖地震や1995年（平成7年）阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）などを契機に、4回の地震被害想定調査を実施し、防災対策に活用してきた（表3）ものの、想定地震は宮城県沖地震（連動型）など最大でもM（マグニチュード、地震の規模を示す指標）8クラスのものであった。

表3 これまで本県が実施した地震被害想定調査と対象地震

	契機	対象地震
第一次調査 1984(S59)～1986(S61) ※1979(S54)～1983(S58)で 地震地盤図を作成	1978年（昭和53年）の宮城県沖地震で甚大な被害が発生したため。	宮城県北部想定地震 宮城県沖地震（単独型） 福島県沖地震
第二次調査 1995(H7)～1996(H8)	1995年（平成7年）の阪神淡路大震災により、内陸直下型地震への対策の必要性が明らかになったため。	宮城県沖地震（単独型） 長町 - 利府線断層帯地震
第三次調査 2002(H14)～2003(H15)	2000年（平成12年）に地震本部が公表した評価で、宮城県沖地震の発生確率が極めて高い（今後30年以内の発生確率99%）とされたため。	宮城県沖地震（単独型） 宮城県沖地震（連動型） 昭和三陸地震（津波のみ） 長町 - 利府線断層帯地震
第四次調査 2010(H22)～2011(H23) ※東日本大震災で中断	2008年（平成20年）に中央防災会議が公表した「地震防災戦略」により、人的・物的被害に関する減災目標を設定する必要性が生じたため。	宮城県沖地震（単独型） 宮城県沖地震（連動型） 明治三陸地震（津波のみ） 長町 - 利府線断層帯地震
本調査 2021(R3)～2023(R5) （予定）	東日本大震災で甚大な被害が発生したため。 東日本大震災からの復旧・復興後の状況を反映した被害想定を行う必要があるため。	東北地方太平洋沖地震 宮城県沖地震（連動型） スラブ内地震 長町 - 利府線断層帯地震

東日本大震災はこの想定を超えるM9.0という最大クラスの地震であった。そのため、本調査ではこのような最大クラスの地震を対象に加える。また、過去に発生した証拠が無くても、今後宮城県に大きな被害をもたらす可能性が高い地震について検討し、対象地震を選定する。

さらに中間報告で終了となった第四次調査を除くと、前回の第三次調査から約 20 年の期間が経過していることや、その間の東日本大震災の復旧・復興により、地震・津波防災をとりまく県土の様相が大きく変わっているため、それらを適切に考慮・反映した調査とする。また、被害想定を高めるため、計算手法や用いるデータには可能な限り最新の知見を盛り込むこととする。

2.4. 国（内閣府）の調査との比較

被害想定調査は国（内閣府）でも実施しており、2021 年（令和 3 年）12 月に日本海溝・千島海溝沿いで想定される 2 つの最大クラスの津波（日本海溝モデル（Mw（モーメントマグニチュード）9.1）、千島海溝モデル（Mw9.3））を対象とした被害想定を公表している（図 1 黄色）。この被害想定調査は、主に国全体の視点で防災対策立案を行うために実施されたものである。

これに対して本調査は、このような国（内閣府）の動きも踏まえ、本県にとって最も大きな津波被害をもたらす東北地方太平洋沖地震を追加して実施している（図 1 青色）。なお、本県はこの 3 つの地震を含めた最大クラスの津波浸水想定区域図を 2022 年（令和 4 年）5 月に公表しており、本調査ではこれを活用した被害想定を行う。

それ以外により頻度が高い地震に対しても適切な防災対策を講じることが可能になるよう、本県の実情に応じた 3 つの地震を選定（5.参照）し、計 4 つの地震を対象とした被害想定を実施する。

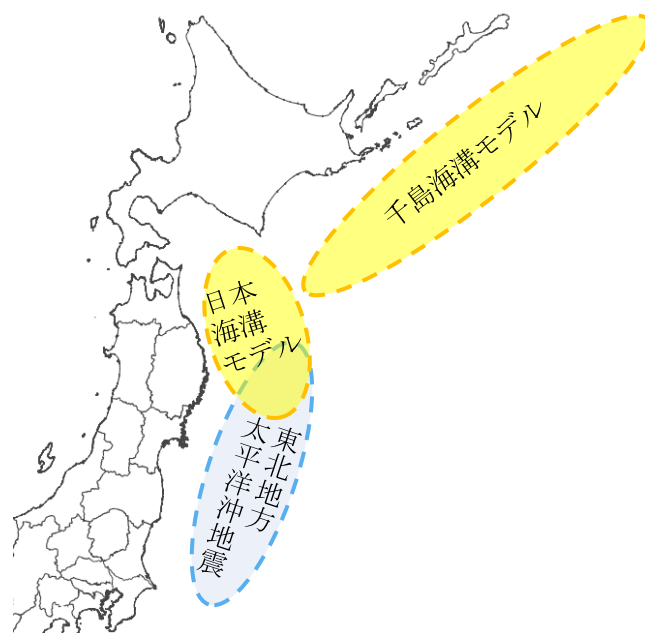


図 1 最大クラスの津波の波源位置

3. 東日本大震災前後の地震・津波環境

3.1. 県土の概要と東日本大震災以前の地震・津波防災対策

3.1.1. 地形・地質

宮城県は三陸沿岸の南端に位置し、牡鹿半島を境に北は典型的なリアス海岸が、南は浅い海底が続いている。地形・地質は、大きく以下の4つの地域に分けることができる(図2)。

- ①北上高地 ②阿武隈高地 ③奥羽山脈とその東側の丘陵 ④中央低地

平野と丘陵部は人口密集地であり、しかも沖積層は一般に著しく軟弱であるためその分布、厚さ及び岩相は重要である。

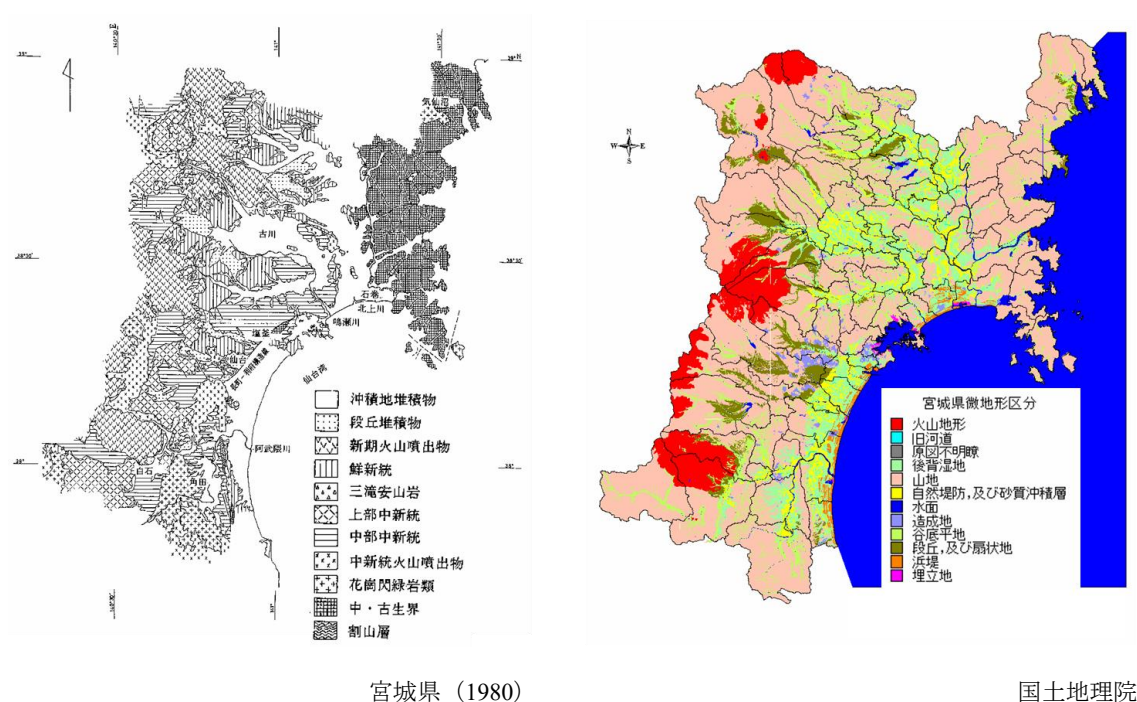


図2 宮城県の地質分布及び地形分布

3.1.2. 活断層

表4及び図3は、宮城県内の活断層の一覧を示したものである。後述するように、この中から宮城県に大きな被害をもたらす地震として、利府町から仙台市を経て村田町にかけて概ね北東-南西方向に延びている長町-利府線断層帯を選定するが、この断層帯は、過去4~5万年間に少なくとも3回活動したと推定され、地震本部の長期評価によれば、今後30年の間に地震が発生する可能性が我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属する。

表 4 宮城県内の活断層一覧

断層番号	断層名	確実度	活動度	長さ(km)
①	長町一利府線	I	B	12
②	大年寺山断層	I	B	8
③	鹿落坂断層	I	C	3
④	坪沼断層	I	B	5
⑤	円田断層	II	B	10
⑥	愛子断層	I	B	2
⑦	作並一屋敷平断層	I	C	9
⑧	遠刈田一三住	II	C	7
⑨	白石断層	I	B	2.5
⑩	上品山西	III		4
⑪	加護坊山一籠岳山	III		12
⑫	旭山撓曲	II	B～C	8
⑬	鹿折川	III		15
⑭	栗駒山山頂断層	I	B	1,2
⑮	揚石山南	II	B	3
⑯	鬼首断層	I	B	6
⑰	双葉断層 [小斉峠付近]	II	B	5
⑱	越河断層	I	B	15

確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 II : 活断層であると推定されるもの
 III : 活断層の可能性のあるもの

活動度 A : 第四紀の平均変位速度 1～10m/1000年
 B : 第四紀の平均変位速度 0.1～1m/1000年
 C : 第四紀の平均変位速度 0.01～0.1m/1000年

活断層研究会編(1991)

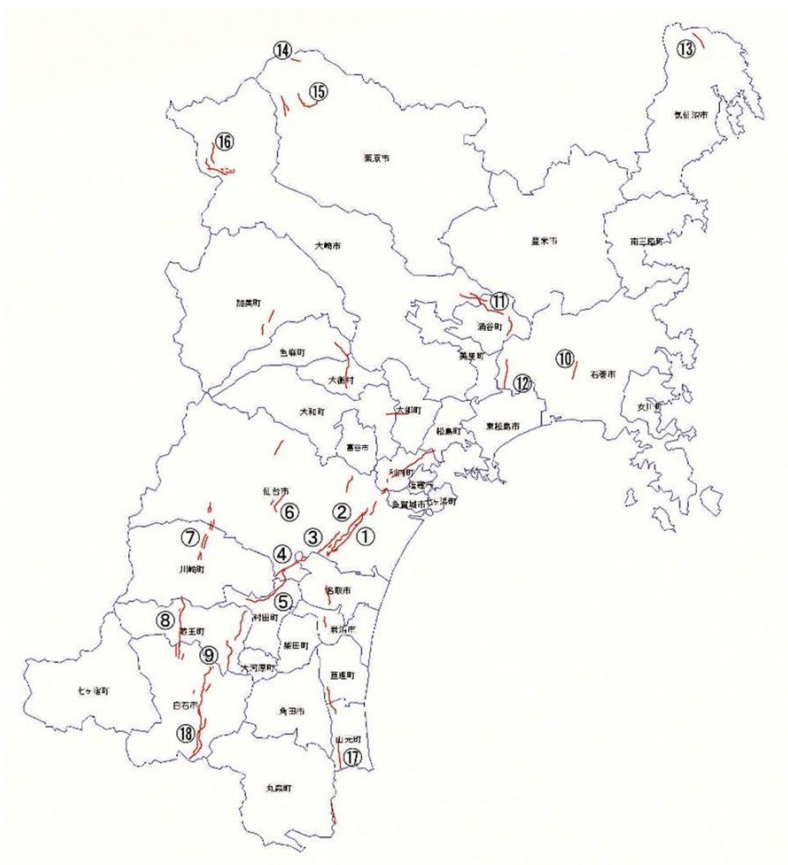


図 3 宮城県内の活断層の分布

3.1.3. 東日本大震災以前の地震被害

表 5, 図 4 に宮城県に被害を及ぼした主な地震を示す。太平洋沖合では, 1896 年(明治 29 年)の明治三陸地震(M8.2)や 1933 年(昭和 8 年)の昭和三陸地震(M8.1)のように M8 クラスの巨大地震が発生することがある。1978 年(昭和 53 年)の宮城県沖地震(M7.4)の際には, 丘陵を造成した宅地に大きな被害が生じ, さらに, ガス, 水道, 電気などのライフラインの被害による市民生活に混乱が生じるなど, 都市型の災害が生じた。地震が発生した海域付近では, およそ 40 年間隔で同程度の規模の地震が発生している。

陸域の地震としては, 2003 年(平成 15 年)に発生した宮城北部地震(M6.4), 2008 年(平成 20 年)に発生した岩手・宮城内陸地震(M7.2)で甚大な被害が生じている。

3.1.4. 東日本大震災以前の津波被害

表 6 に宮城県沖における主な津波災害を示す。1896 年(明治 29 年)の明治三陸地震津波, 1933 年(昭和 8 年)の昭和三陸地震津波や 1960 年(昭和 35 年)のチリ地震津波など幾度も津波による災害を経験し, 特にリアス海岸の気仙沼市, 女川町, 志津川町(現南三陸町)での被害が大きかった。

3.1.5. 東日本大震災以前の防災対策

本県では, これら過去数百年間程度の災害実績を基本に地震・津波防災対策を推進しており, その基礎資料として地震被害想定調査を 4 回実施してきた。特に, 当時 30 年以内の発生確率が 99%と再来確率が極めて高いとされていた宮城県沖地震(連動型の場合 M8.0)を念頭に置いた被害想定と防災対策を進めていた(表 3)。

しかし, 2011 年(平成 23 年)3 月 11 日の東日本大震災は, その想定を超える地震動・津波であり家屋, ライフライン, インフラ等が甚大な被害を受け, 当時進めていた第四次調査を継続することができなくなったことから, 2012 年(平成 24 年)3 月の中間報告書をもって終了することとした。

表 5 宮城県に被害を及ぼした主な地震

西暦(和暦)	地域(名称)	M	主な被害	被害の出典
869.7.13 (貞観11)	三陸沿岸	8.3	(家屋倒壊, 圧死者多く, 津波により多賀城下で溺死者1,000。)	宮城県
1611.12.2 (慶長16)	三陸沿岸及び北海道東岸	8.1	(津波があり, 伊達領で溺死者1,783, 南部, 津軽で人馬の死3,000以上。)	新編日本被害地震総覧
1646.6.9 (正保3)	陸前・岩代・下野	6.5 ～ 6.7	仙台城・白石城で被害。	理科年表
1793.2.17 (寛政5)	陸前・陸中・磐城	8～ 8.4	仙台藩で死者12, 家屋破損1,060以上。	新編日本被害地震総覧
1835.7.20 (天保6)	仙台	7	仙台城石垣破損。	新編日本被害地震総覧
1896.6.15 (明治29)	(明治三陸地震)	8.2	津波による被害。死者3,452, 負傷者1,241, 家屋倒壊854, 同流出3,121。	新編日本被害地震総覧
1900.5.12 (明治33)	宮城県北部	7.0	遠田郡で被害最大。死者13, 負傷者4, 家屋全壊44。	新編日本被害地震総覧
1933.3.3 (昭和8)	(三陸地震)	8.1	津波による被害。死者・行方不明308, 負傷者145, 家屋倒壊528, 同流出950。	新編日本被害地震総覧
1960.5.23 (昭和35)	(チリ地震津波)	9.5	津波による被害。死者・行方不明54, 負傷者641, 建物全壊977, 建物流失434。	新編日本被害地震総覧
1962.4.30 (昭和37)	(宮城県北部地震)	6.5	田尻町, 南方村を中心に被害。死者3, 負傷者272, 住家全壊340。	新編日本被害地震総覧
1978.6.12 (昭和53)	(1978年宮城県沖地震)	7.4	死者27, 負傷者1,273, 住家全壊1,180。	新編日本被害地震総覧
2003.5.26 (平成15)	宮城県沖	7.1	重軽傷者64, 住家半壊11, 一部破損1,033。	宮城県 (H15.6.19最終報)
2003.7.26 (平成15)	宮城県北部	6.4	重軽傷者675, 住家全壊1,276, 半壊3,809, 一部破損10,975。	宮城県 (H16.3.12確定報)
2005.8.16 (平成17)	宮城県沖	7.2	負傷者79。	宮城県 (H17.7.27確定報)
2008.6.14 (平成20)	平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震	7.2	死亡者14, 負傷者365, 住家全壊28, 半壊141, 一部破損1,733。	宮城県 (H23.4.29現在)
2011.3.11 (平成23)	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震	9.0	死亡者10,569, 行方不明者1,215, 住家全壊83,005。	宮城県 (R4.4.30現在)
2011.4.7 (平成23)	宮城県沖(東北地方太平洋沖地震の余震)	7.2		

西暦(和暦)	地域(名称)	M	主な被害	被害の出典
2021.2.13 (令和3)	福島県沖	7.3	重軽傷者73, 住家全壊5, 半壊132, 一部破損14,116。	宮城県 (R3.5.28現在)
2021.3.20 (令和3)	宮城県沖	6.9		
2022.3.16 (令和4)	福島県沖	7.4	死亡者2, 重軽傷者108, 住家全壊51, 半壊616, 一部損壊21,839	宮城県 (R4.6.17現在)

地震調査研究推進本部地震調査委員会編(2009)に加筆

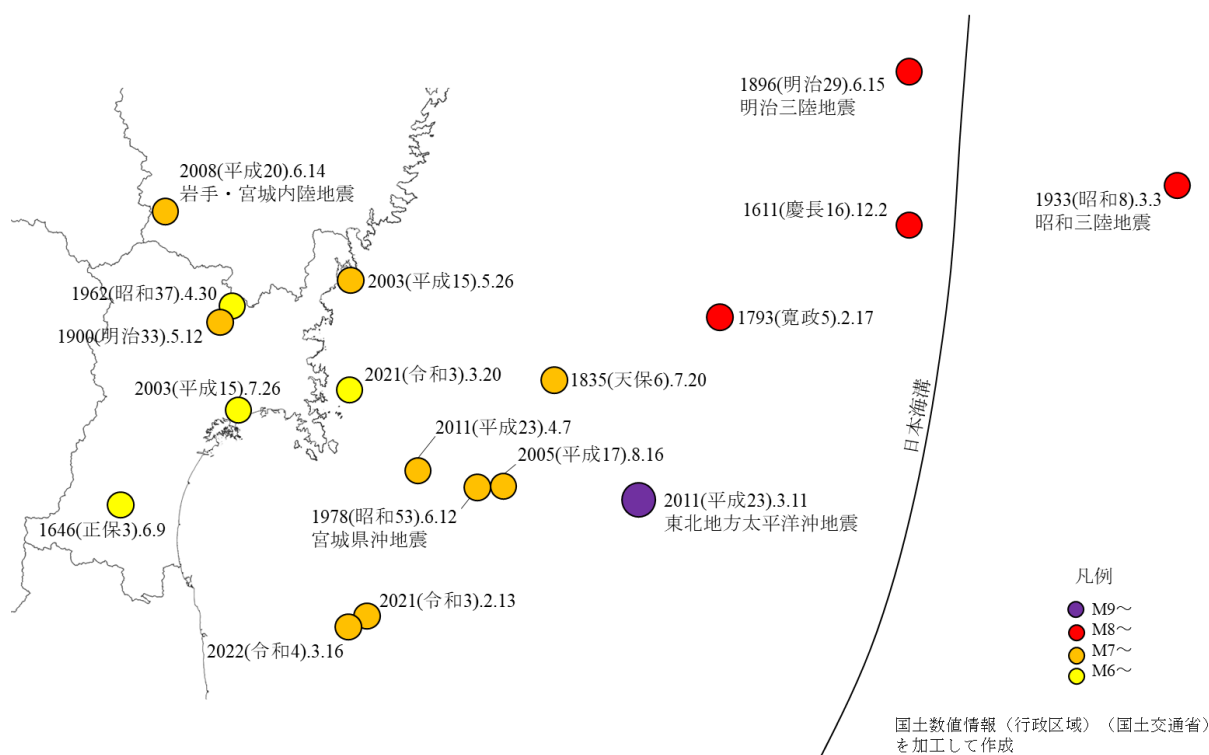


図 4 宮城県に被害を及ぼした主な地震（貞観，チリ地震を除く）

表 6 宮城県における主な津波災害（明治以降～）

名称 (災害種別)	区分	死者 (人)	行方 不明者 (人)	重傷 (人)	軽症者 (人)	全壊 (棟)	半壊 (棟)	流出 (棟)	床下 浸水 (棟)	船舶 流出	その 他 被害	被害総額 (千円)	発生期日	震源	マグニ チュード	最大 波高 (m)
明治三陸地震 (大津波)		3,452			1,241			985					1896年 明治29年6月15日	三陸沖	8.2	
三陸地震 (津波)		308			145	528			1,520	948			1933年 昭和8年3月3日	三陸沖	8.1	只越 7
十勝沖地震 (津波)											有		1952年 昭和27年3月4日	十勝沖	8.2	雄勝 1.9
択捉島沖の地震 (地震・津波)												軽微	1958年 昭和33年11月7日	択捉島 南東沖	8.1	
チリ地震津波 (大津波)		41	12		625	1,206	899	307	6,097	779	有	11,618,000	1960年 注1) 昭和35年5月24日	チリ沖	9.5	牡鹿 5.4
択捉島沖の地震 (津波)											有	89,657	1963年 昭和38年10月13日	択捉島 南東沖	8.1	
アラスカ南部の 地震 (津波)											有	97,237	1964年 昭和39年3月28日	アラス カ 南部	9.2	
1968年 十勝沖地震 (地震・津波)		1		1					54		有	1,932,053	1968年 昭和43年5月16日	青森県 東方沖	7.9	
平成6年(1994年) 北海道東方沖 地震(津波)											有	535,036	1994年 平成6年10月4～5日	北海道 東方沖	8.2	鮎川 0.42
平成15年(2003年) 十勝沖 地震(津波)									8		有	95,426	2003年 平成15年9月26日	十勝沖	8.0	鮎川 0.32
チリ中部沿岸の 地震 (津波)												4,321,139	2010年 注2) 平成22年2月28日	チリ沖	8.8	鮎川 0.78
2011年(平成23 年)東北地方太 平洋沖地震 (地震・大津波)		10,568	1,215	502	3,615	83,005	155,130	—	7,796			9,096,893,428	2011年 平成23年3月11日	三陸沖	9.0	鮎川 8.6以上

注1) 地震発生日は1960年(昭和35年)5月23日

注2) 地震発生日は2010年(平成22年)2月27日

3.2. 東日本大震災の概況

1 地震の発生状況

2011年（平成23年）3月11日14時46分18.1秒、宮城県の沖合の北緯38°06.2′，東経142°51.6′，深さ24km震源（破壊の開始点）とするM9.0の地震が発生し、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県37市町村で震度6強を観測したほか、東日本を中心に北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度6弱から1を観測した（図5）。県内で震度6弱以上を観測した地域は表7のとおりであった。

表7 市区町村別最大震度

震度	市区町村
7	栗原市
6強	仙台市宮城野区，石巻市，塩竈市，名取市，登米市，東松島市，大崎市，蔵王町，川崎町，山元町，大衡村，涌谷町及び美里町
6弱	仙台市青葉区，仙台市若林区，仙台市泉区，気仙沼市，白石市，角田市，岩沼市，大河原町，亘理町，松島町，利府町，大和町，大郷町，富谷町及び南三陸町

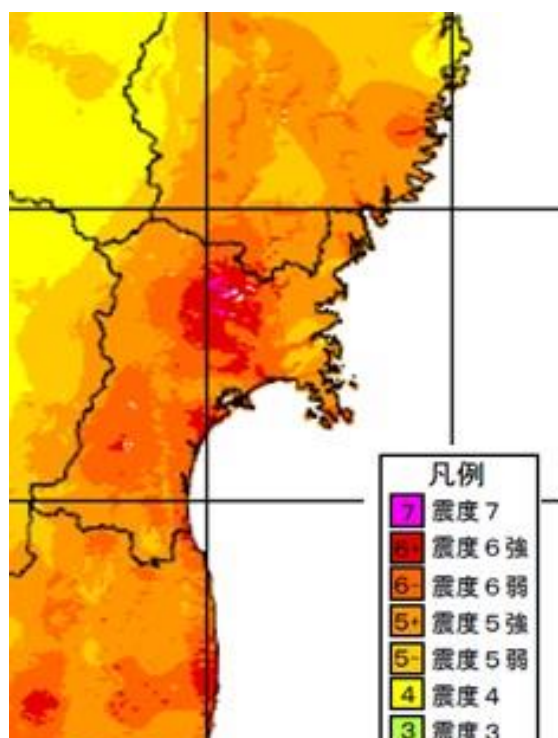


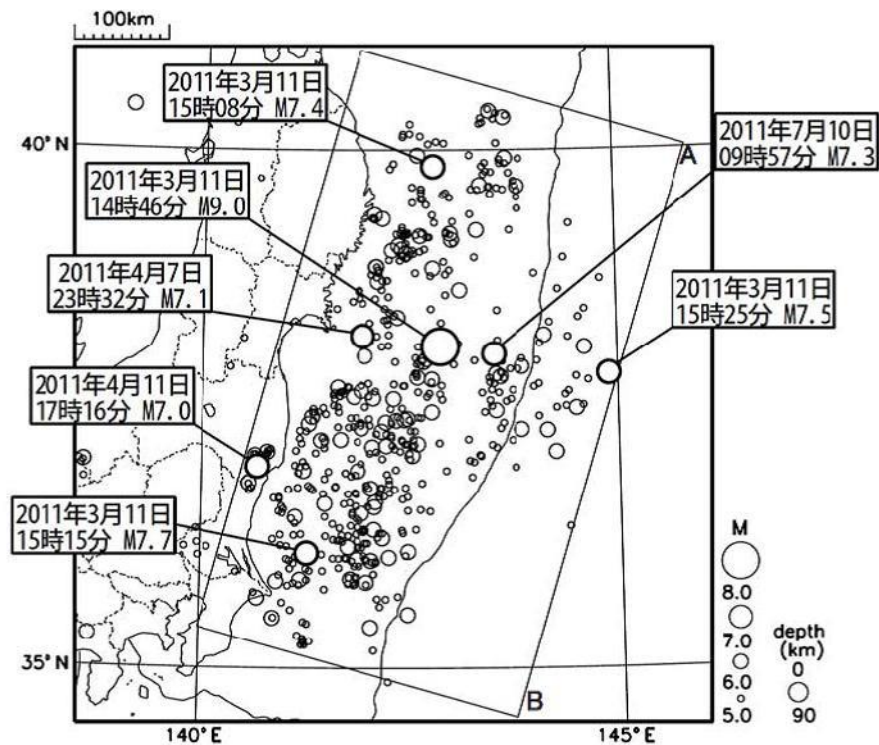
図5 推計震度分布（気象庁）

2 地震の特徴

(1) 震源域

震源域が東北地方から関東地方にかけての太平洋沖の幅約 200km、長さ約 500km と広範囲にわたり、日本列島のほぼ全域で震度 1 以上の揺れを観測するほどの海溝型の巨大地震であった (図 6)。

震央分布図
(2011年3月11日12時00分～8月4日08時00分、深さ90km以浅、 $M \geq 5.0$)



丸の大きさはマグニチュードの大きさを表す。
M7.0以上の地震に吹き出しをつけている。

図 6 震央分布図 (気象庁)

(2) プレート境界でのすべり

本震の発震機構は、西北西-東南東方向圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートとの境界で発生し、巨大津波を発生させた。

断層すべりの大きさは、宮城県沖で最大 50m 以上に達すると推定されている (図 7)。

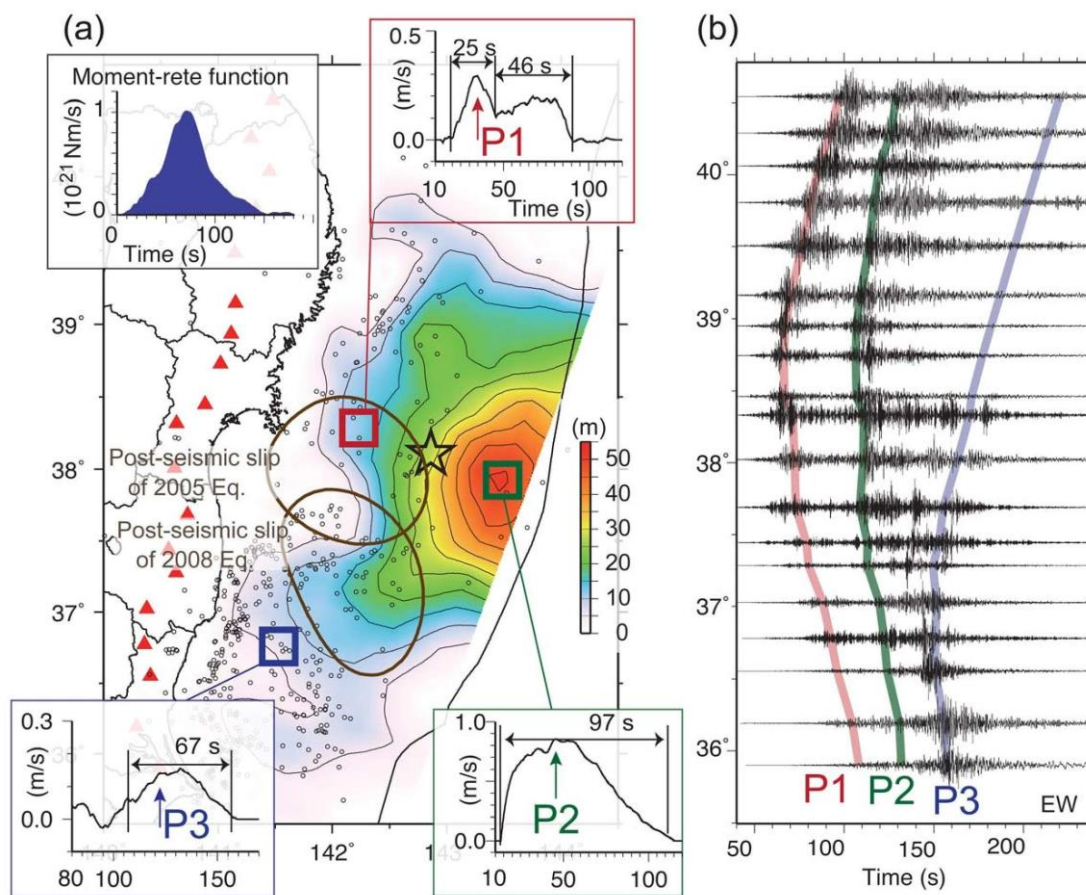


図 7 プレート境界でのすべり量

(3) 地殻変動

東北地方太平洋沖地震により、石巻市牡鹿では上下変動量で約 1.2m 程度沈下し、水平変動量で約 5.3m 程度東南東方向に移動した (図 8)。

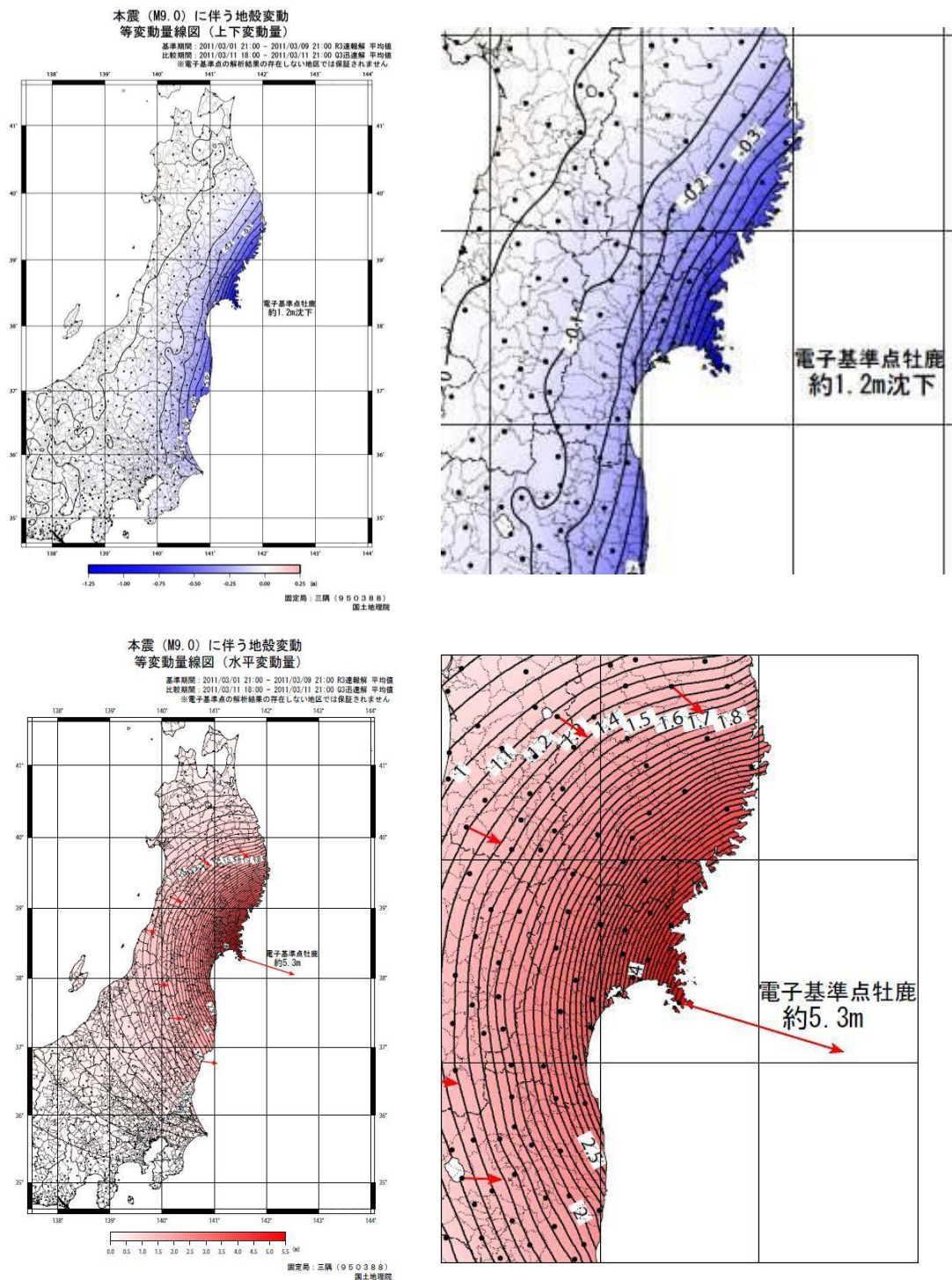


図 8 上下変動 (上段) 及び水平変動 (下段) (気象庁)

(4) 余震の発生

図9は東北地方太平洋沖地震と他の大地震の余震回数を比較したものである。過去の大地震と比較して、余震の発生回数が非常に多く、地震から3週間後の4月1日までにM5以上の余震が400回以上発生している。発生から10年以上経過した現時点においても、余震域内の地震回数は次第に少なくなってきたものの、本震発生以前に比べて地震回数の多い状態が継続している。

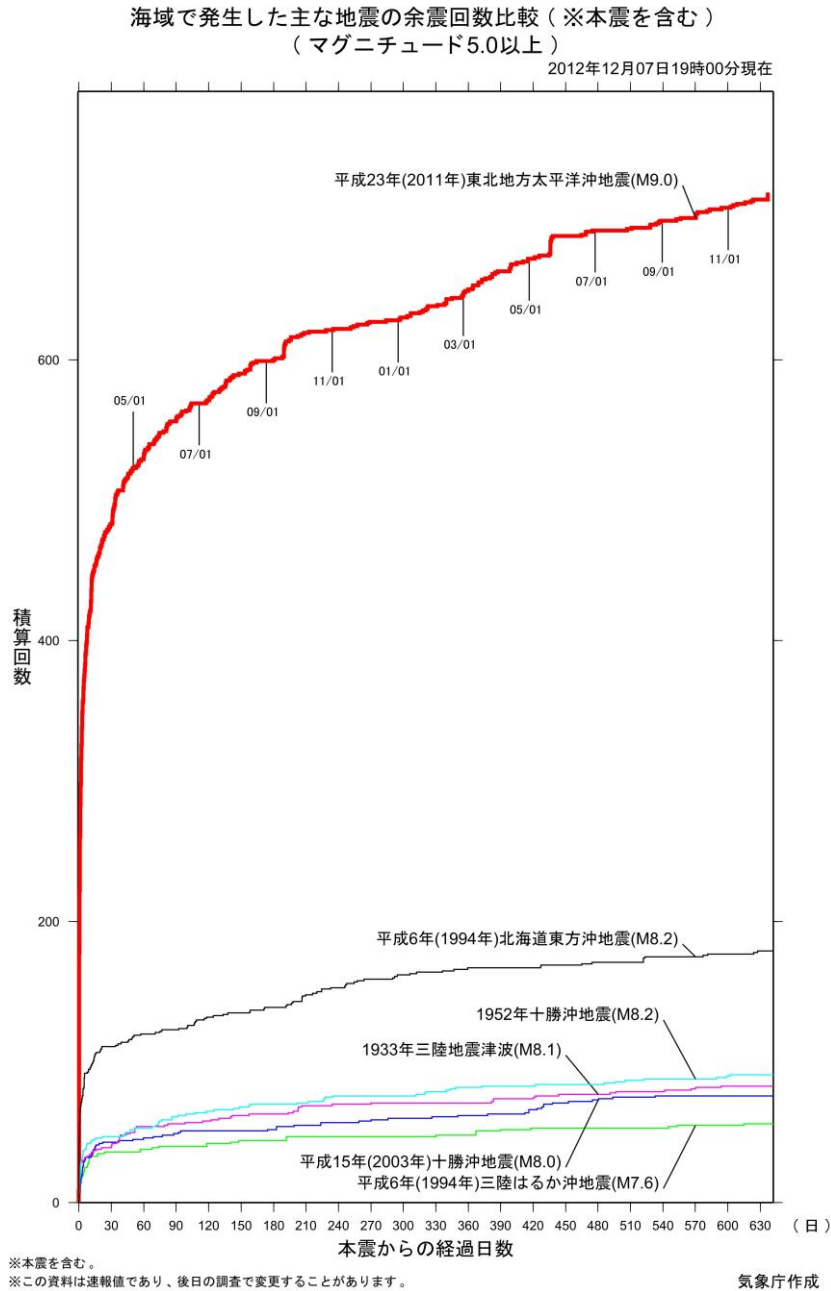
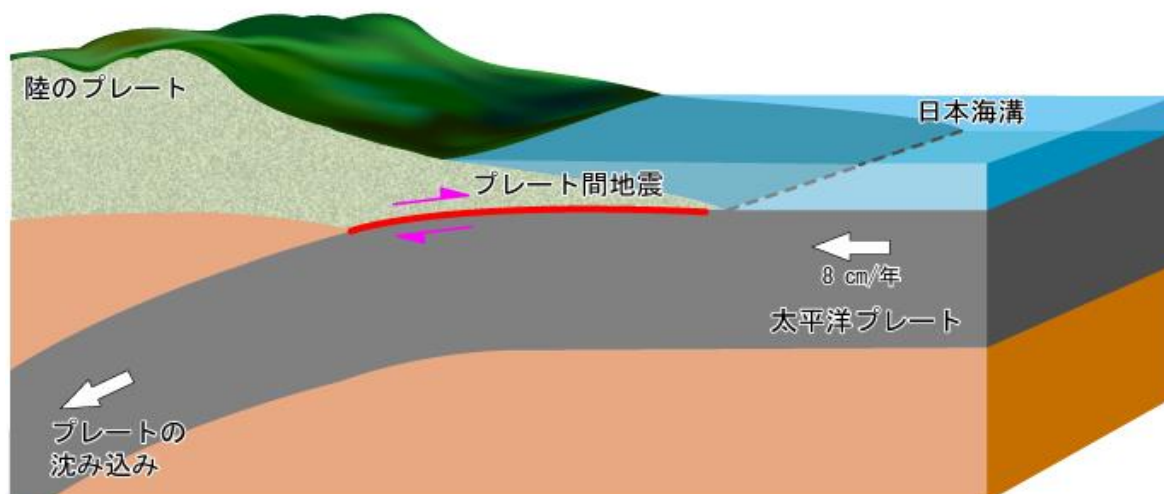


図9 余震回数（気象庁）

3 地震発生メカニズム

(1) 2011年(平成23年)3月11日14時46分本震

2011年(平成23年)3月11日以前においては、しっかりと固着していた太平洋プレートと陸側プレートの境界面(図10の赤線部)で、2011年(平成23年)3月11日14時46分に大きなすべりが急激に発生した(東北地方太平洋沖地震 本震)。このプレート境界では20~30m程度のすべりが発生したと考えられるが、日本海溝に近い領域では最大50m程度にも達するすべりが発生したと考えられる。本震発生時にすべった領域は南北に約500km、東西に約200km程度である。このような広範囲におけるプレート境界での膨大なすべりにより、M9.0という超巨大地震が発生した。



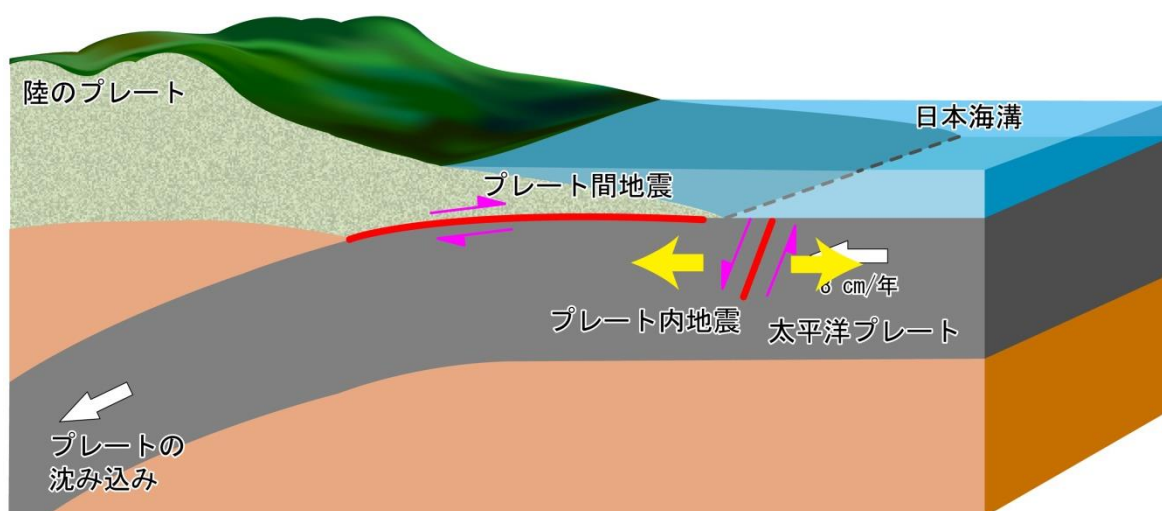
※ 2011年(平成23年)3月11日14時46分のM9.0の地震(本震)。

※ 赤線は断層面、紫色矢印はすべりの方向を表す。

図10 2011年(平成23年)3月11日14時46分本震の発生メカニズム

(2) 2011年(平成23年)3月11日本震から39分後の地震

本震によるプレート境界での膨大なすべりにより、太平洋プレート内部の応力場が急変し、日本海溝軸外側(アウターライズ)では圧縮場から伸張場になったと考えられる。これにより本震から39分後に、太平洋プレート内部で正断層型地震が発生した(図11)。これまで、このような大きなマグニチュードの正断層型地震はごく稀にしか発生していなかった。1933年(昭和8年)3月3日には、この地震の北側でM8.1の正断層型地震の昭和三陸地震が発生し、大きな津波を引き起こしている。



※本震から39分後に発生した日本海溝外側(アウターライズ)のM7.5の正断層型地震。

※赤線は断層面、紫色矢印はすべりの方向を表す。

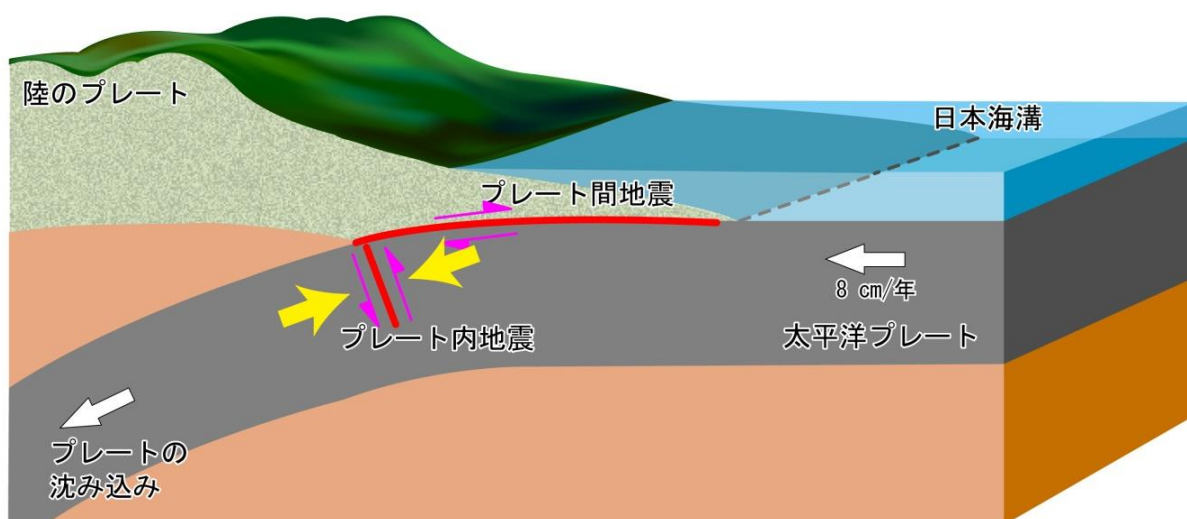
図11 2011年(平成23年)3月11日本震から39分後の地震の発生メカニズム

地震学では(日本)海溝軸外側の地震を一般に「アウターライズ地震」と呼ぶ。

(3) 2011年(平成23年)4月7日 宮城県沖のスラブ内地震

沈み込んだ太平洋プレート(太平洋プレート)の深部でも、本震のすべりにより応力場に変化がみられた。本震発生後には圧縮力がより一層増加したため、深さ約70km付近でM7.2の逆断層型のスラブ内地震が発生した(図12)。

スラブ内地震は震源から放出される地震波に、高周波(短周期)成分を多く含むことが知られており、この地震により宮城県を中心として、かなりの地震動災害が発生した。また、同タイプの地震が2021年(令和3年)2月13日の福島県沖(M7.3)、2022年(令和4年)3月16日の福島県沖(M7.4)で発生した。



※ 2011年(平成23年)4月7日 宮城県沖のスラブ内地震(M7.2)。

※ 赤線は断層面、紫色矢印はすべりの方向を表す。

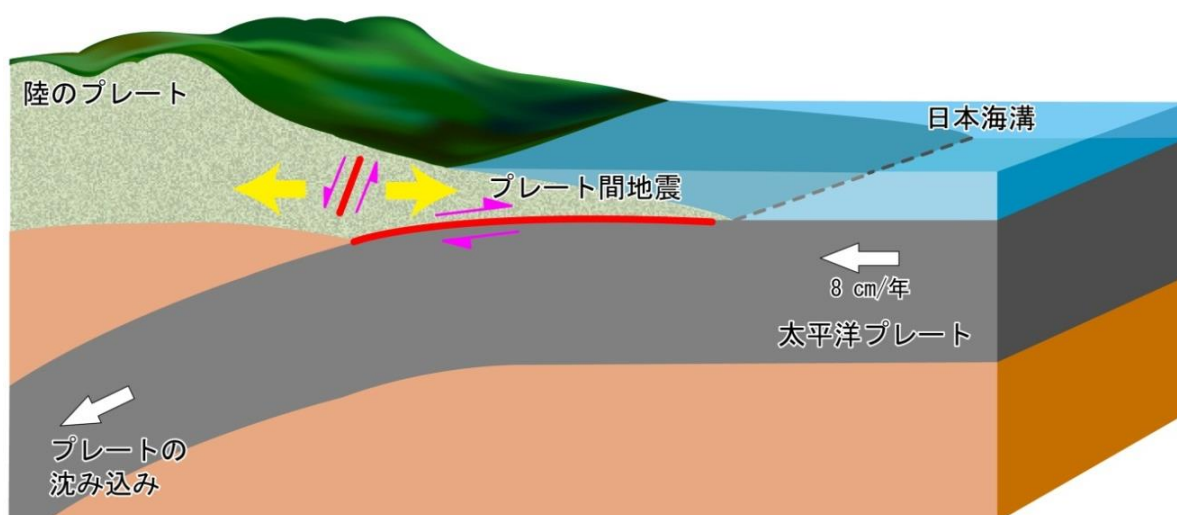
図12 2011年(平成23年)4月7日 宮城県沖のスラブ内地震の発生メカニズム

地震学では沈み込んだプレート内の地震を一般に「スラブ内地震」と呼ぶ。

(4) 2011年(平成23年)4月11日 福島県浜通りの内陸地震

本震の発生時に東北地方の陸地部分は大きく東南東にずれ動いたことが知られている。特に、太平洋側の場所ほど大きくずれている。本震発生以前は、日本海溝から沈み込む太平洋プレートと陸側プレートの境界面が固着していたため、陸側プレート内部では東西方向の圧縮場となっていた。

そのため、例えば2008年(平成20年)6月14日の岩手・宮城内陸地震(M7.2)のような逆断層型の内陸地震が多数発生していたが、本震時の内陸での東南東への地殻変動により、陸側プレート内部では伸張場となり、正断層型の内陸地震が発生したと考えられる(図13)。これまで、東北地方ではこのように大きな正断層型の内陸地震はほとんど発生してはなかった。



※ 4月11日 福島県浜通りのM7.0の内陸地震。

※ 赤線は断層面、紫色矢印はすべりの方向を表す。

図13 2011年(平成23年)4月11日 福島県浜通りの内陸地震の発生メカニズム

4 地震動による被害の特徴

地震動には、短い周期の波によるガタガタとした揺れと、長い周期の波が伝わって生じるゆっくり繰り返す揺れとが同時に混ざっている。短周期のものは一般に建物、設備等を加振して損傷等の影響を与える。東北地方太平洋沖地震の震源に近い地域における、揺れによる人的被害や住家等の被害の多くはこの短周期の地震動によって生じている。

住家・非住家への被害は、津波によるものが大半であったが、津波による被害を受けなかった地域でも地震動による建物被害が発生した。1981年（昭和56年）以前に建設された旧耐震基準で設計された建物で、かつ耐震補強が実施されていない鉄筋コンクリート建物に層崩壊や杭の損傷による建物の傾斜が発生しており、全体的には、新耐震建物や耐震補強を実施した建物では損傷は少なかった。仙台市では、丘陵地を造成した宅地での盛土斜面の崩壊や沼沢地を埋立てた宅地での液状化により、住宅の不同沈下・傾斜等の被害が発生した。

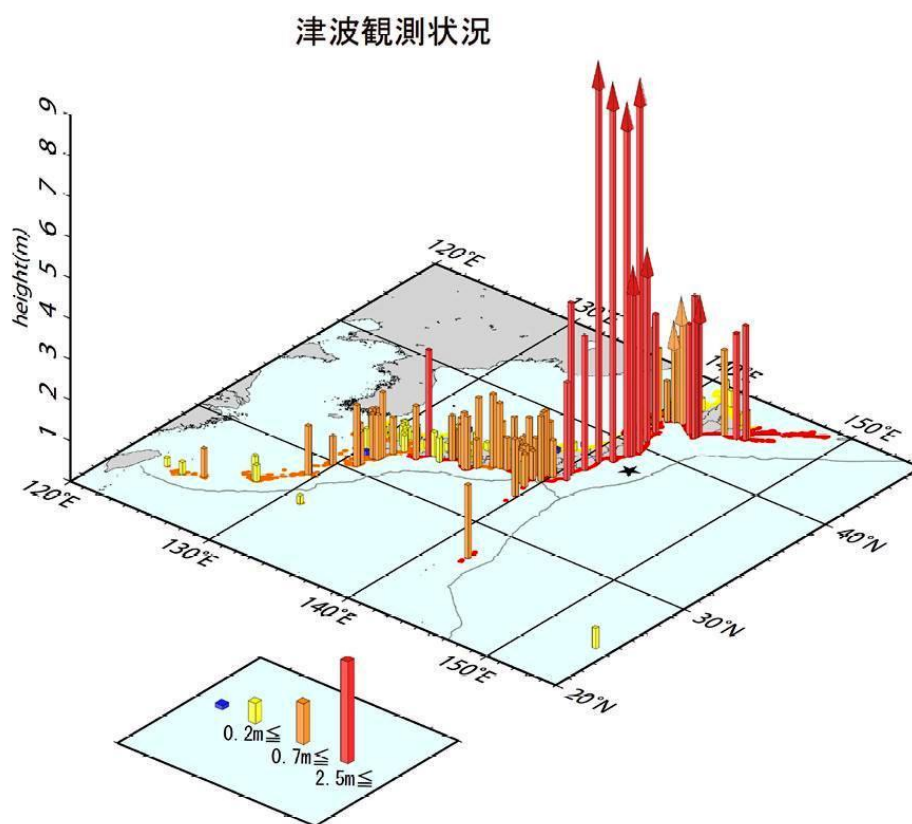
また、比較的規模の大きな地震が発生すると数秒から十数秒の周期でゆっくりと揺れる地震動が発生することがある。このような地震動のことを長周期地震動という。長周期地震動は震源から遠く離れたところまで伝わりやすい性質があるため、震源から離れた地点においても、大きな振幅が観測されることが特徴として挙げられる。今回の本震においても、東京や大阪で超高層ビルの天井材の落下やエレベータの損傷等の被害が報告されている。

地震動による被害については、宮城県総務部危機対策課（2015）：東日本大震災－宮城県の発災後1年間の災害対応の記録とその検証－ 等に詳しい。

5 津波観測状況

図 14 に津波観測状況を示す。各地の津波観測施設では、福島県相馬で 9.3m 以上、宮城県石巻市鮎川で 8.6m 以上など、東日本の太平洋沿岸を中心に非常に高い津波を観測したほか、北海道から鹿児島県にかけての太平洋沿岸や小笠原諸島で 1m 以上の津波を観測した。また、津波観測施設及びその周辺地域において現地調査を実施し、津波の痕跡の位置等をもとに津波の高さの推定を行った結果、地点によっては 10m を越える津波の痕跡が確認されている（気象庁（2012）：気象庁技術報告第 133 号）。

この津波により、東日本の太平洋沿岸各地で甚大な被害が発生した（総務省消防庁）。



※ 矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを入力できない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す。

※ 当グラフは、気象庁が内閣府、国土交通省港湾局・海上保安庁・国土地理院、愛知県、四日市港管理組合、兵庫県、宮崎県、日本コークス工業(株)の検潮データを加えて作成したもの。

図 14 東日本大震災における津波観測状況

6 津波による浸水状況

図 15、表 8 は浸水範囲、津波高を示したものである。東北地方太平洋沖地震により、本県の沿岸 15 市町は甚大な浸水被害を受け、宮城県内の浸水面積は 327 平方キロメートル(国土交通省国土地理院:概略値)に達した。また、最大浸水高は、南三陸町(志津川)の T.P.+19.6m、最大遡上高は、女川町の T.P.+34.7m となっている。

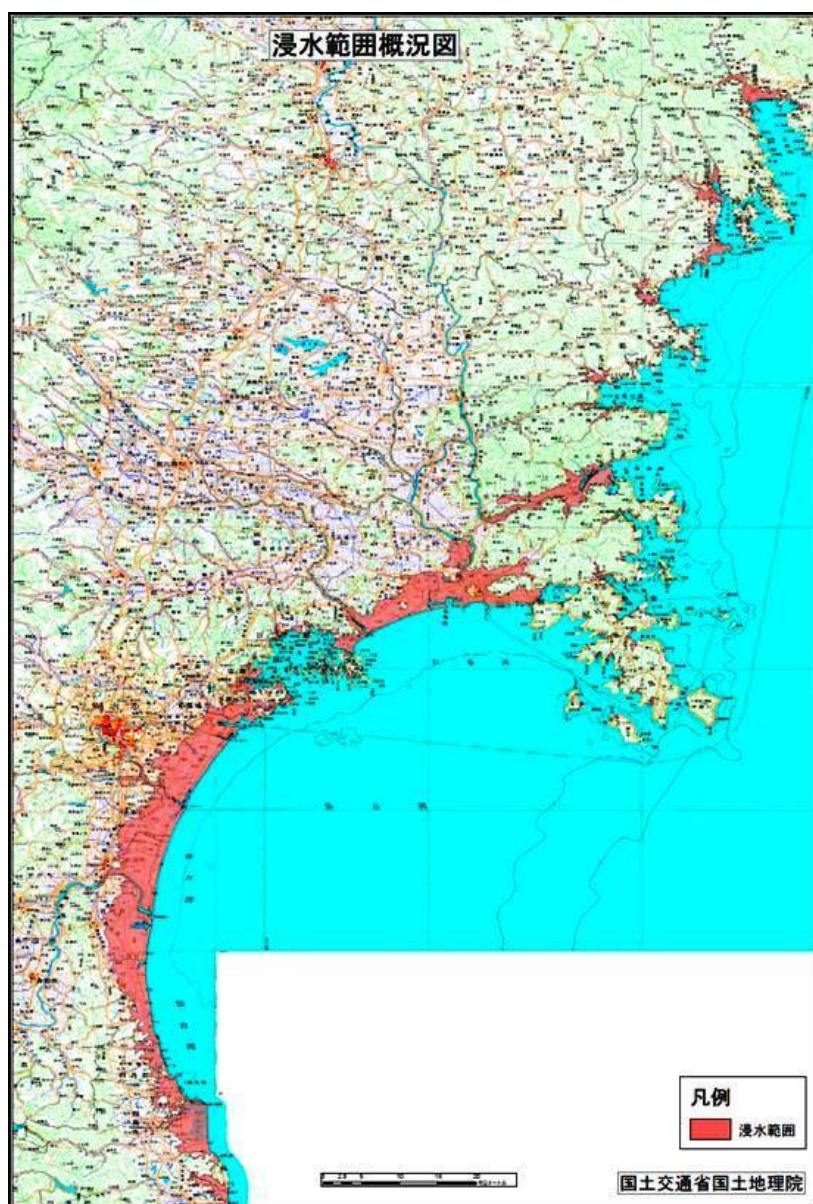


図 15 津波の浸水範囲

国土地理院資料

津波の高さは一般に東京湾平均海面 (T.P.+m) を基準とした高さで表すことが多く、本報告書でも基本的に T.P.を基準として示している。

表 8 津波浸水面積及び痕跡高一覧表

No	旧市町村	現市町村	面積(ha)	合併市町村 面積 (ha)	最大浸水高 (T.P.m)	最大遡上高 (T.P.m)
1	唐桑町	気仙沼市	129ha	1,833ha	15.2m	21.1m
2	気仙沼市		1,087ha		16.6m	17.3m
3	本吉町		617ha		19.3m	22.3m
4	歌津町	南三陸町	310ha	978ha	18.1m	26.1m
5	志津川町		668ha		19.6m	20.2m
6	北上町	石巻市	974ha	7,700ha	14.4m	17.8m
7	雄勝町		152ha		16.2m	21.0m
8	河北町		1,942ha		5.0m	8.8m
9	河南町		446ha		2.6m	- m
10	石巻市		3,960ha		11.5m	12.0m
11	牡鹿町		227ha		17.5m	26.0m
12	女川町	女川町	293ha		18.5m	34.7m
13	矢本町	東松島市	2,222ha	3,771ha	7.6m	- m
14	鳴瀬町		1,549ha		10.1m	- m
15	松島町	松島町	157ha		2.8m	- m
16	利府町	利府町	14ha		6.3m	- m
17	塩竈市	塩竈市	433ha		4.8m	- m
18	七ヶ浜町	七ヶ浜町	520ha		11.6m	- m
19	多賀城市	多賀城市	623ha		5.5m	- m
20	仙台市宮城野区	仙台市宮城野区	2,092ha		13.9m	- m
21	仙台市若林区	仙台市若林区	2,775ha		11.9m	- m
22	仙台市太白区	仙台市太白区	110ha		2.1m	- m
23	名取市	名取市	2,740ha		11.8m	- m
24	岩沼市	岩沼市	2,828ha		10.5m	- m
25	亶理町	亶理町	3,493ha		8.1m	- m
26	山元町	山元町	2,441ha		14.6m	10.4m
	総計		32,801ha			

※ 面積は、合併前の旧市町と合併後に区分した。また、痕跡高は、最大浸水高と最大遡上高に区分した。平野部では海岸付近で痕跡高が一番高くなり、これを上回る標高まで遡上することはないので、平野部においては遡上高は記載していない（図 16）。

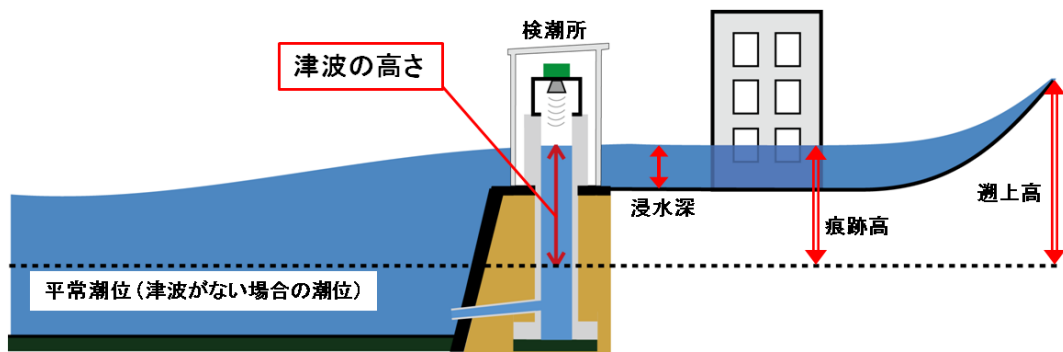


図 16 検潮所における津波の高さと浸水深、痕跡高、遡上高の関係

3.3. 東日本大震災以後の地震・津波防災対策

中央防災会議は、東日本大震災を踏まえて津波のレベルを2つに区分し、発生頻度の高い津波（レベル1津波）は防潮堤等のハード整備により「防護」し、今次津波のような最大クラスの津波（レベル2津波）に対してはハードのみならずソフト対策も組み合わせた「減災」により住民等の生命を守るという考え方（図17）を示した。本県では、沿岸部にレベル1津波に対応した防潮堤の整備を行い、さらに高台移転・職住分離、多重防御などの災害に強いまちづくりの構築を進めている（図18）。

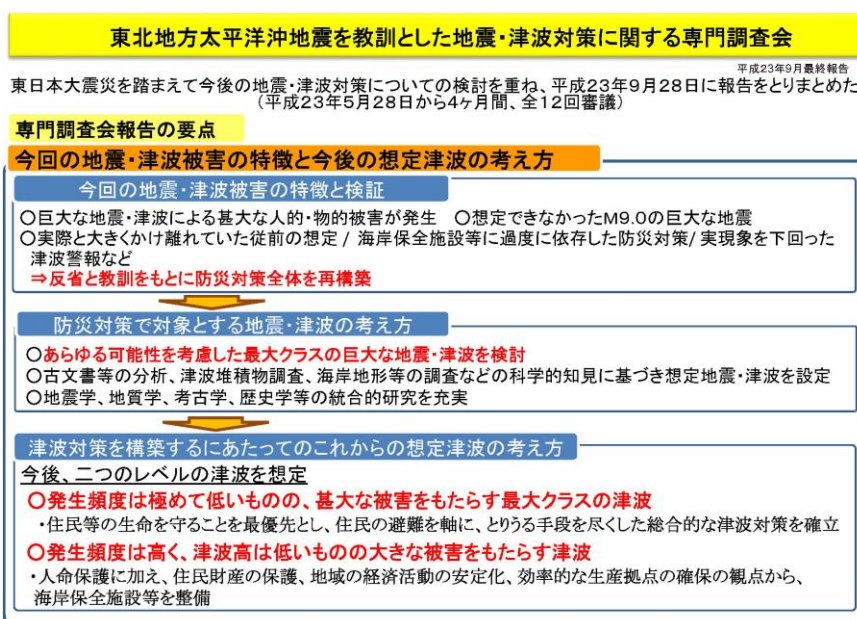


図17 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告の要点
(中央防災会議)

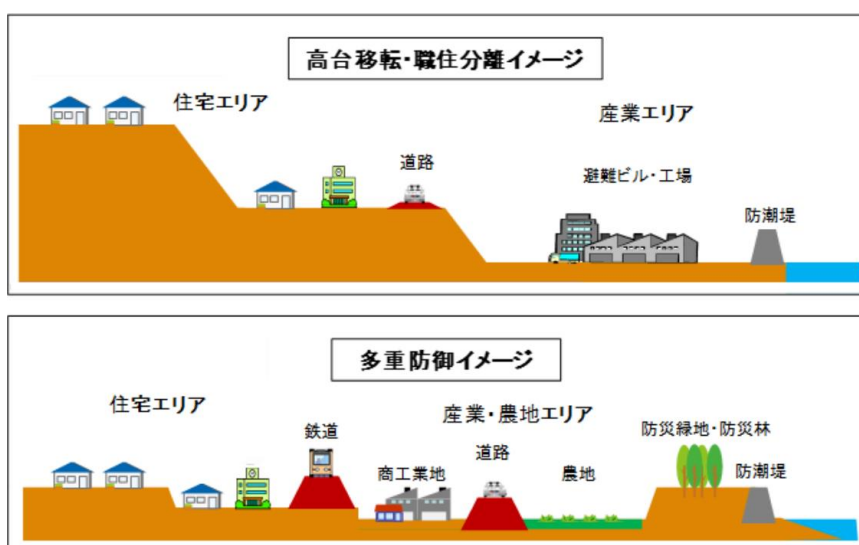
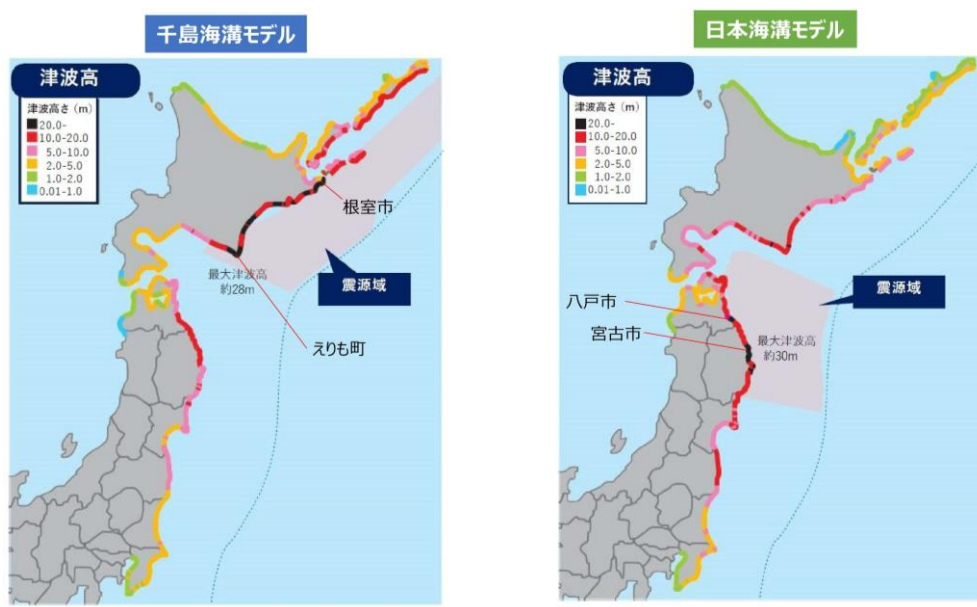


図18 災害に強いまちづくり構築のイメージ

国（内閣府）では、日本海溝・千島海溝沿いにおいて M9 クラスの巨大地震の発生が想定され、その切迫性が高まっているとして 2021 年（令和 3 年）12 月に被害想定（図 19）を発表した。これによれば、日本海溝（三陸・日高沖）モデルによって全体で約 19 万 9 千人、本県では約 8,500 人の死者が想定されている。この想定を受け、2022 年（令和 4 年）5 月に日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法（平成 16 年法律第 27 号）が改正された。



＜被害が最大となるケースにおける推計値＞

推計項目 (被害が最大となるケース)	日本海溝地震	千島海溝地震
死者数 (冬・深夜)	約 199,000人	約 100,000人
低体温症要対処者数 (冬・深夜)	約 42,000人	約 22,000人
全壊棟数 (冬・夕方)	約 220,000棟	約 84,000棟
経済的被害額 (冬・夕方)	約 31兆円	約 17兆円

図 19 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震による被害想定※（内閣府資料）

※ 本想定では定量的な評価を行っていないが、比較的規模の大きな地震が発生すると長周期地震動により、遠地でも高層ビルの上層階における揺れの増幅や、石油タンクの原油等が振動するスロッシングによる被害が発生する恐れがある。（東日本大震災時、大阪では震度 3 にもかかわらず高層ビルが大きく揺れ、内装やエレベータなどに被害が見られた。）

本県では津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号）に基づき、2022 年（令和 4 年）5 月に最大クラスの津波浸水想定を設定・公表した（図 20）。また、これを受けて沿岸市町における津波避難計画の指針である「宮城県津波対策ガイドライン」を 2022 年（令和 4 年）8 月に改定した。

宮城県沿岸における津波の高さ

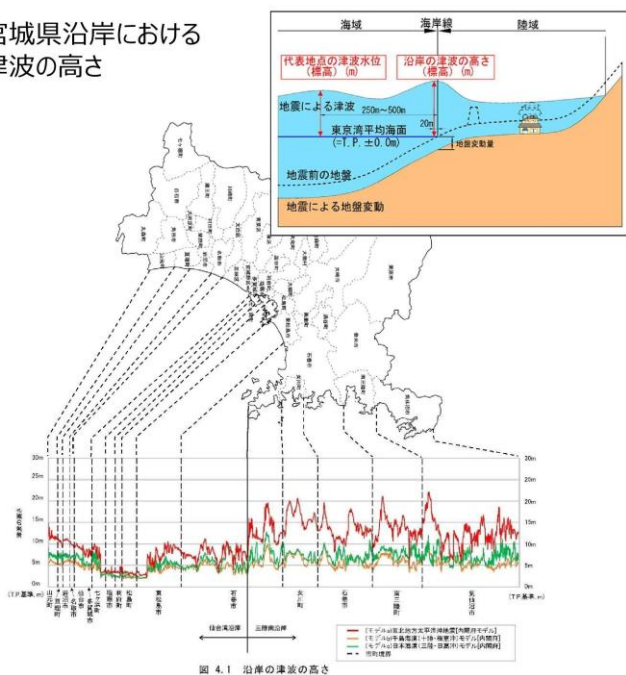


図 4.1 沿岸の津波の高さ

市町村別に最大となる沿岸の津波の高さ

沿岸名	市町名	津波の高さ (T.P.m)	最大となる地点
三陸南沿岸	気仙沼市	22.2m	気仙沼市本吉町道外 付近
	南三陸町	21.2m	南三陸町戸倉長須賀 付近
	石巻市	19.6m	石巻市雄勝町雄勝上雄勝 付近
	女川町	20.7m	牡鹿郡女川町海岸通り 付近
仙台湾沿岸	石巻市	11.2m	石巻市桃浦向 付近
	東松島市	10.6m	東松島市宮戸観音山 付近
	松島町	4.7m	松島町松島大沢平 付近
	利府町	5.0m	宮城郡利府町赤沼櫃ヶ沢 付近
	塩竈市	4.8m	塩竈市新浜町 付近
	七ヶ浜町	10.0m	宮城郡七ヶ浜町菖蒲田浜長砂 付近
	多賀城市	8.6m	多賀城市栄 付近
	仙台市	10.3m	仙台市若林区井土須賀 付近
	名取市	10.7m	名取市下増田屋敷 付近
	岩沼市	11.3m	岩沼市早股前川 付近
亶理町	11.5m	亶理郡亶理町吉田砂浜 付近	
山元町	14.9m	亶理郡山元町坂元浜 付近	

宮城県沿岸で最大となるのは、**気仙沼市本吉 22.2m**

※沿岸の津波の高さ
海岸線から20m程度沖合における津波の最大水位 (T.P.m)

図 20 最大クラスの津波浸水想定の結果

4. 宮城県に大きな被害をもたらす地震

4.1. 目的

第四次調査は、当時再来確率が極めて高いと評価されていた宮城県沖地震を念頭に置いたものであった。また、その他の対象地震も過去数百年間程度に発生したものの繰り返しを想定していたが東日本大震災はこの想定に含まれないものであった(表 3)。このことから、本調査では対象地震を選定するまえに、今後どのような地震が発生しうるかを整理する。

4.2. 地震本部による長期評価

地震本部では、海溝型地震や主要な活断層で発生する地震(内陸地震)を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測(地震発生可能性の長期評価)している。図 21 は本県に大きな被害をもたらす地震を整理したものである。なお、この評価には、チリ地震津波などの遠地津波を含んでいない。

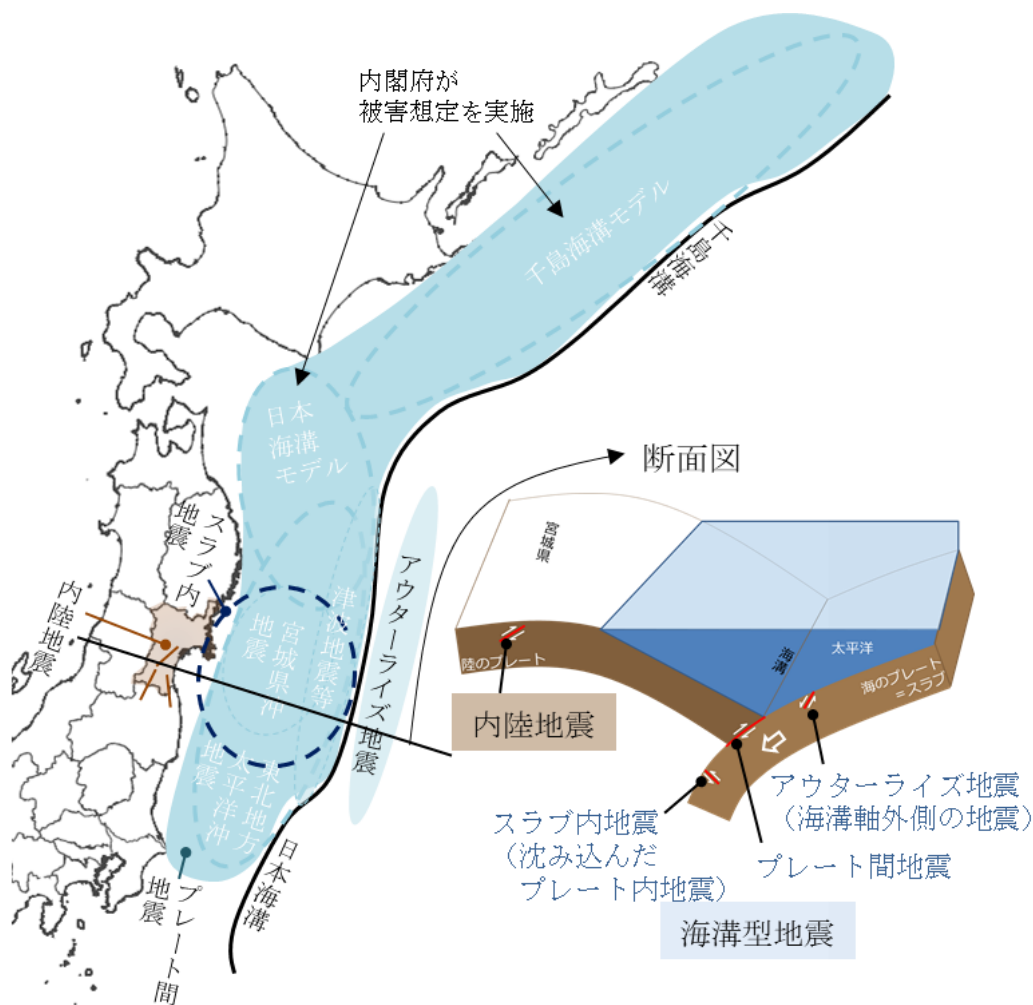


図 21 宮城県に大きな被害をもたらす地震の発生域

海溝型地震とは、2枚のプレート間のずれによって生じるプレート間地震（図22）と沈み込む側のプレート内部が破壊することにより発生するプレート内地震（図23）を指している。プレート間地震は海と陸の2つのプレートの境界面が破壊される（ずれる）ことによって発生する。過去に発生したプレート間地震の例としては、2011年（平成23年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災、M9.0）、1793年（寛政5年、M7.9）や1978年（昭和53年、M7.4）などの宮城県沖地震、1896年（明治29年）明治三陸地震などがある。明治三陸地震は海溝寄りのプレート間地震であり大きな津波を伴うことがあるため「津波地震」とも呼ばれる。

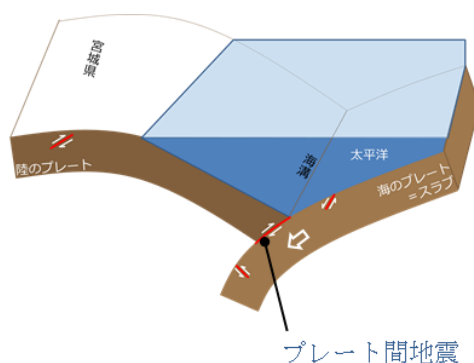


図22 プレート間地震の模式図

後者のプレート内地震はさらに「沈み込んだプレート内の地震」と「海溝軸外側の地震」に分類され、地震学では一般に沈み込んだプレート内の地震を「スラブ内地震」と、海溝軸外側の地震を「アウターライズ地震」と呼ぶ（本報告書でも以降「スラブ内地震」「アウターライズ地震」と表記する）。過去に発生した例としてスラブ内地震では2011年（平成23年）4月宮城県沖、2021年（令和3年）2月福島県沖、2022年（令和4年）3月福島県沖などがあり、東日本大震災後頻度が高まっている。アウターライズ地震の例としては、1933年（昭和8年）昭和三陸地震がある。プレート間地震の後にはアウターライズ地震が発生しやすくなるが、東日本大震災以降いまだ昭和三陸地震のようなM8級の地震が発生しておらず注意が必要である。

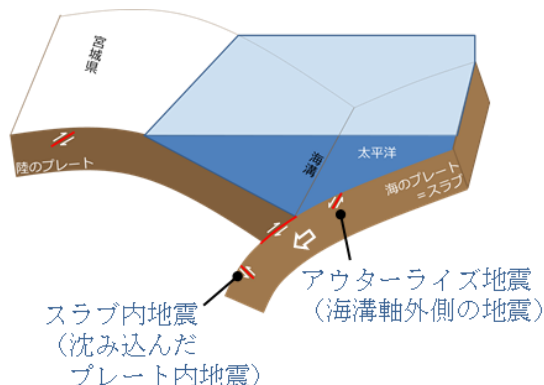


図23 プレート内地震の模式図

内陸地震は活断層により発生する地震である（図 24）。長期評価の対象となっている県内の断層は長町 - 利府線断層帯、福島盆地西縁断層帯、双葉断層の3つであり。本県では長町 - 利府線断層帯による地震を第二次調査から対象としている。ただし、2003年（平成15年）宮城県北部の地震、2008年（平成20年）岩手・宮城内陸地震など、長期評価に含まれておらず、それまで知られていなかった断層による地震も発生していることに注意が必要である。

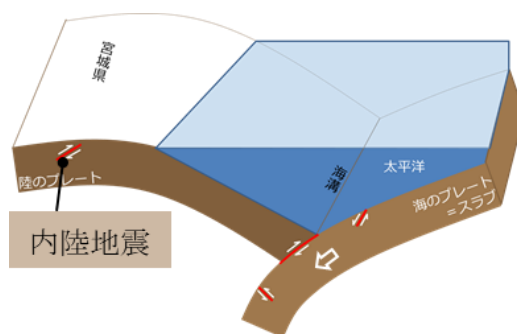


図 24 内陸地震の模式図

4.3. 国による検討

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会では、過去約6千年間における津波堆積物資料を基本に巨大地震を推定（図 25）し、岩手県から北海道の日高支庁以西の海岸領域及び北海道の十勝支庁から根室支庁にかけての海岸領域でそれぞれ最大クラスの地震・津波の発生が切迫している状況にあると判断している。



図 25 千島海溝モデルと日本海溝モデル（内閣府資料）

4.4. 宮城県に大きな被害をもたらす地震

地震本部等の評価をもとに、本県に大きな被害をもたらさうる地震を整理したのが表 9 である。

表 9 宮城県に大きな被害をもたらさうる地震

海溝型地震	
	プレート間地震（海のプレートと陸のプレートとの間のずれによって生じる地震）
	東北地方太平洋沖地震型 超巨大地震 M=9.0 程度 今後 30 年以内の地震発生確率：ほぼ 0%
	日本海溝モデル Mw=9.1 切迫性が高まっている(内閣府)
	千島海溝モデル Mw=9.3 切迫性が高まっている(内閣府) 今後 30 年以内の地震発生確率：7~40%（M8.8 程度以上）
	宮城県沖地震 今後 30 年以内の地震発生確率：20%程度（M7.9 程度） 90%程度（M7.0~7.5 程度） 70~80%（M7.4 前後，陸寄り）
	津波地震等 Mt8.6~9.0 今後 30 年以内の地震発生確率：30%程度 （津波マグニチュード）
	スラブ内地震 M7.0~7.5 程度 今後 30 年以内の地震発生確率：60~70% ※2011.4, 2021.2, 2022.3 など震災後頻発
	アウターライズ地震 M8.2 前後 今後 30 年以内の地震発生確率：7%
内陸地震（地震本部が長期評価している 3 つの地震を記載）	
	長町 - 利府線断層帯 M7.0~7.5 程度 今後 30 年以内の発生確率：1%以下
	福島盆地西縁断層帯 M7.8 程度 今後 30 年以内の発生確率：ほぼ 0%
	双葉断層 M6.8~7.5 程度 今後 30 年以内の発生確率：ほぼ 0%

※この表に記載している確率は地震本部によるもので、令和 5 年 1 月 1 日現在。
東北地方太平洋沖地震による影響などによりこの数値よりも高い可能性がある。

最大クラスの地震は日本海溝モデル、千島海溝モデル、東北地方太平洋沖地震の3つがあり、宮城県にとって最も大きい被害をもたらすものは震源が近い東北地方太平洋沖地震であると想定される。一方、日本海溝モデル・千島海溝モデルは発生間隔・最後の津波発生時期等を勘案すると切迫性が高いと考えられており、法律改正をはじめとした各種対策が講じられている最中である。

これら3つの地震は津波に関しては最大クラスであるが、震度については必ずしも最大とは言えない。東日本大震災後発生頻度が高まっているスラブ内地震や内陸地震はマグニチュードが7クラスであっても、震源が近いことから強い揺れを起こしうる。

5. 被害想定の対象とする地震の選定

5.1. 基本的な考え方

防災基本計画によれば、被害想定は被害の全体像の明確化及び広域的な防災対策の立案の基礎のために具体的な被害を算定するもの（①）とされている。また、対象となる地震・津波については科学的知見を踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスのもの（②）及びその他様々なもの（③）を対象とすることとなっている。

このことから今回の被害想定の対象とする地震は、まず②の観点から、最大クラスの地震として海溝型地震、内陸地震からそれぞれ一つずつ選定する。次に③のその他の地震についてであるが、①の観点から最大クラスよりも比較的規模が小さく、しかし頻度が高い地震に対しても防災対策立案に資する調査となるよう M8 クラス、M7 クラスの地震をそれぞれ一つずつ選定する。

5.2. 最大クラスの地震

海溝型地震としては、本県にとって最大の津波被害をもたらす東北地方太平洋沖地震を選定する。なお、津波計算については 2022 年（令和 4 年）5 月に公表した最大クラスの津波浸水想定を検討結果を活用するが、強震動計算を行っていないため強震動計算は本調査にて新規に実施する。

内陸地震としては、地震本部が長期評価を行っている 3 つの地震のうち、以下の観点から長町 - 利府線断層帯地震を選定する。

- ① 仙台都市圏に存在する断層であり、県内に最も大きな強震動被害をもたらすと予想される。また、県庁など災害対策の拠点となる地域も強震動を受ける。
- ② 都市部・地方部と広域に多様な被害が発生することが予想され、県の今後の防災対策立案に最も資すると考えられる。

ただし、県内には確認されているものだけでも多くの活断層が分布しており、内陸地震により被害を受ける可能性は県内全域にある。M6.5 程度の内陸地震はどこで発生しても不思議ではないため、最終報告の際には当該断層のみならず県内全域の内陸地震防災対策に資するものとなるようにする。

5.3. その他の地震

M8 クラスの地震として、地震動・津波両面の被害が想定されることや、本県にとって象徴的な地震であるという理由から宮城県沖地震（連動型）を選定する。これまでの調査では宮城県沖地震は単独型と連動型の 2 つを対象としていたが、単独型に対する防災対策はより規模の大きい連動型の被害想定に基づいた防災対策によってカバーできるため、本調査では宮城県沖地震（連動型）のみを選定する。地震本部が評価している M8 クラスの地震にはほかに昭和三陸地震のようなアウターライズ地震、明治三陸地震のような津波地震があ

り、いずれも大きな津波が想定されるものの、最大クラスの津波を超えるものではないため本調査では選定しない（最大クラスの地震被害想定に基づいた防災対策によってカバーされる）。

M7クラスの地震としては、東日本大震災後頻度が高まっていることやすでに選定した宮城県沖地震（連動型）と異なるタイプであるといった観点からスラブ内地震を選定する。地震本部が評価しているその他のM7クラスの地震には宮城県沖地震（単独型）のようなプレート間地震があるが、前述のとおり本調査ではこれよりも規模が大きい宮城県沖地震（連動型）を選定していることから選定しない。

以上の選定結果を整理したのが表 10 であり、この4つの地震に対する被害想定を本調査で行う。今回選定した地震は、今後被害想定を行い、防災対策立案の基礎とするために選定した「県内の代表的な地震」である。これまでの整理のように、これ以外にも大きな被害をもたらす地震が発生しうることに十分留意する必要がある。

表 10 被害想定の対象地震

	第四次調査 (H22～H23)		本調査 (R3～R5)	
対 象 地 震	宮城県沖地震（連動型）	M8.0	①東北地方太平洋沖地震	M9.0
	宮城県沖地震（単独型）	M7.5	②宮城県沖地震（連動型）	M8.0
	長町 - 利府線断層帯地震	M7.5	③スラブ内地震	M7.5
	明治三陸地震（津波計算のみ）	M8.6	④長町 - 利府線断層帯地震	M7.5

