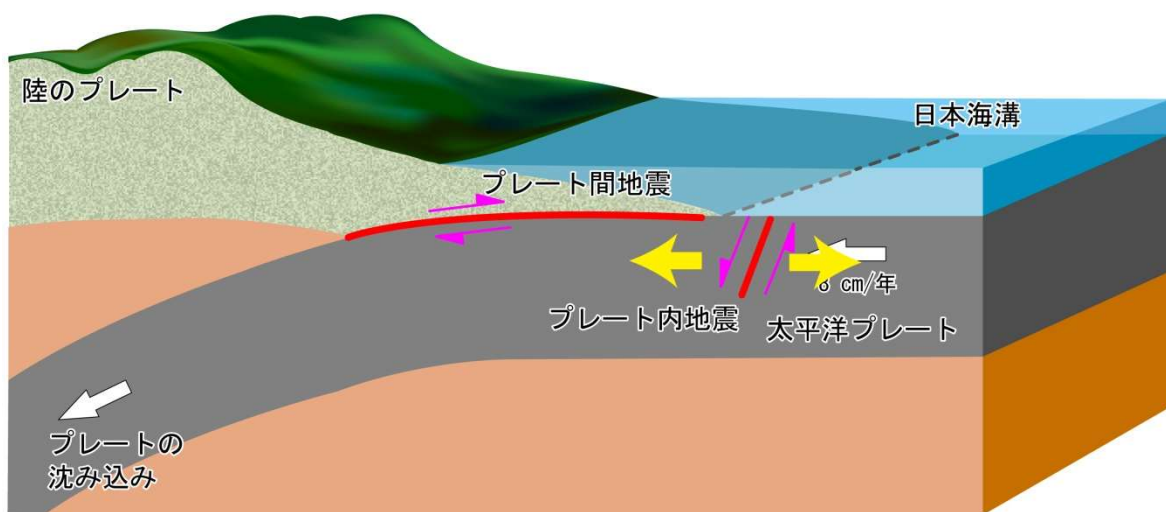


(2) 2011年(平成23年)3月11日本震から39分後の地震

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12)。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。

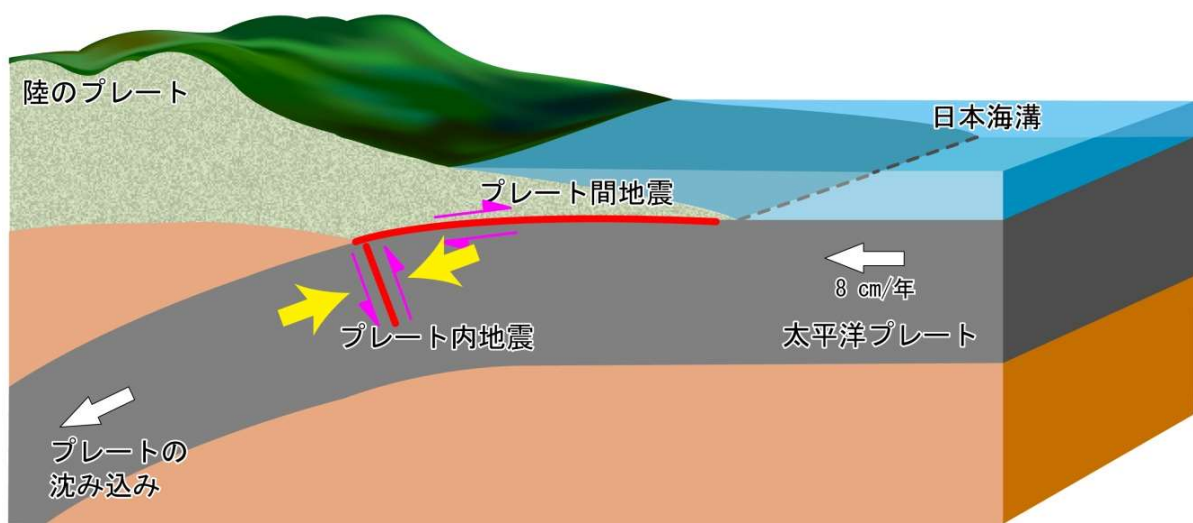
図12 2011年(平成23年)3月11日本震から39分後の地震の発生メカニズム
(宮城県地域防災計画)

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(スラブ)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13)。

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。

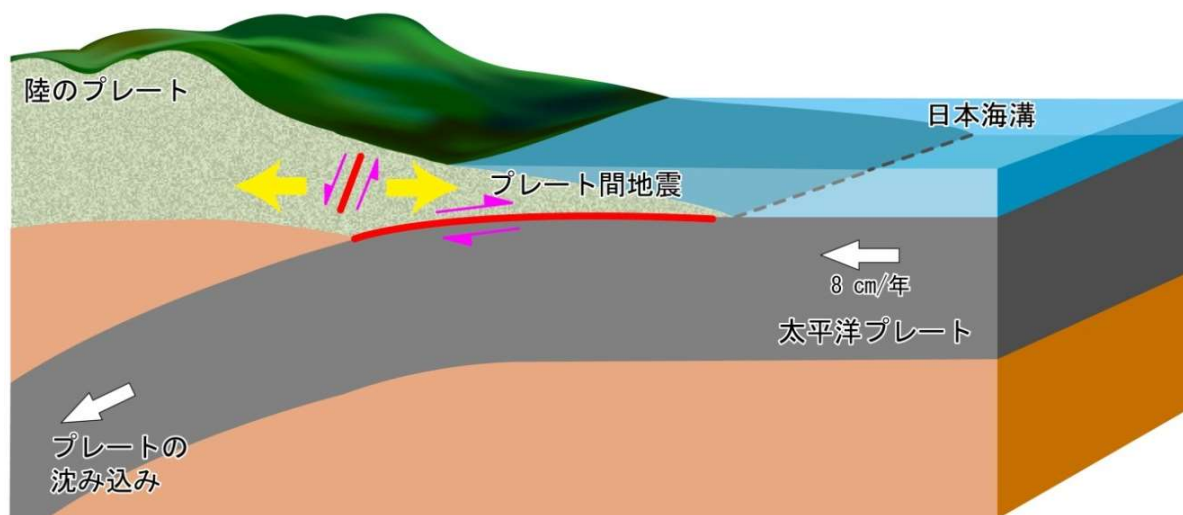
図13 2011年(平成23年)4月7日 宮城県沖のスラブ内地震の発生メカニズム
(宮城県地域防災計画)

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14)。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いなかった。



- ※ 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 14 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
(宮城県地域防災計画)

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。

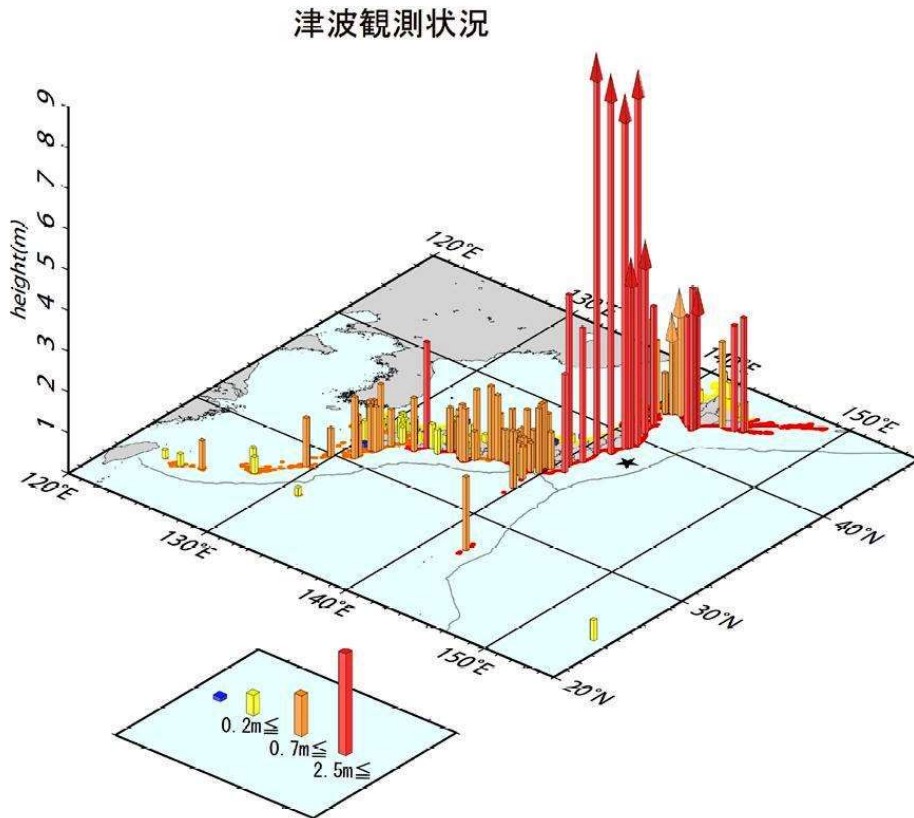
また、比較的規模の大きな地震が発生すると数秒から十数秒の周期でゆっくりと揺れる地震動が発生することがある。このような地震動のことを長周期地震動という。長周期地震動は震源から遠く離れたところまで伝わりやすい性質があるため、震源から離れた地点においても、大きな振幅が観測されることが特徴として挙げられる。今回の本震においても、東京や大阪で超高層ビルの天井材の落下やエレベータの損傷等の被害が報告されている。大学などの研究施設では、高価な実験器具等が落下・転倒による被害を受けた事例も報告されている。地震防災において、構造躯体以外の非構造・設備の被害と対策という視点も重要である。

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 15 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 を超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手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 15 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 16、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 16 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.）を基準とした高さ（単位：m）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)	最大浸水深 (T.P.m)	最大遡上高 (T.P.m)
1	唐桑町	気仙沼市	129	1,833	15.2	21.1
2	気仙沼市		1,087		16.6	17.3
3	本吉町		617		19.3	22.3
4	歌津町	南三陸町	310	978	18.1	26.1
5	志津川町		668		19.6	20.2
6	北上町	石巻市	974	7,700	14.4	17.8
7	雄勝町		152		16.2	21.0
8	河北町		1,942		5.0	8.8
9	河南町		446		2.6	-
10	石巻市		3,960		11.5	12.0
11	牡鹿町		227		17.5	26.0
12	女川町	女川町	293		18.5	34.7
13	矢本町	東松島市	2,222	3,771	7.6	-
14	鳴瀬町		1,549		10.1	-
15	松島町	松島町	157		2.8	-
16	利府町	利府町	14		6.3	-
17	塩竈市	塩竈市	433		4.8	-
18	七ヶ浜町	七ヶ浜町	520		11.6	-
19	多賀城市	多賀城市	623		5.5	-
20	仙台市宮城野区	仙台市宮城野区	2,092		13.9	-
21	仙台市若林区	仙台市若林区	2,775		11.9	-
22	仙台市太白区	仙台市太白区	110		2.1	-
23	名取市	名取市	2,740		11.8	-
24	岩沼市	岩沼市	2,828		10.5	-
25	亘理町	亘理町	3,493		8.1	-
26	山元町	山元町	2,441		14.6	10.4
	総計		32,801			

※ 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、最大浸水深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 17）。

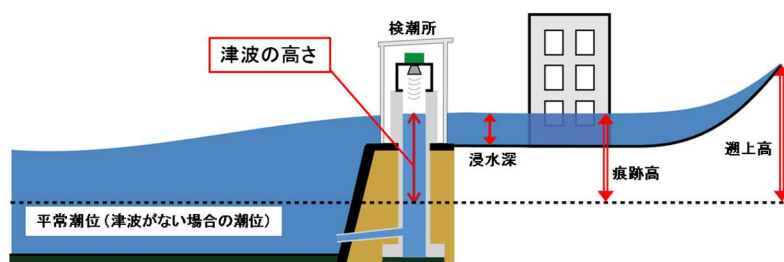


図 17 検潮所における津波の高さと浸水深、痕跡高、遡上高の関係（気象庁 HP）

2.1.3. 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18）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19）。

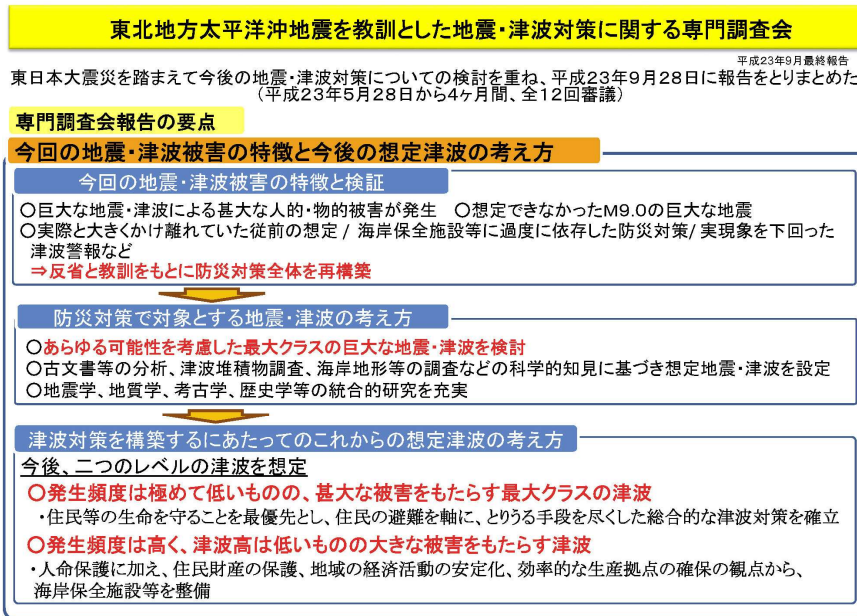

津波対策を構築するにあたってのこれからの想定津波の考え方

図18 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)

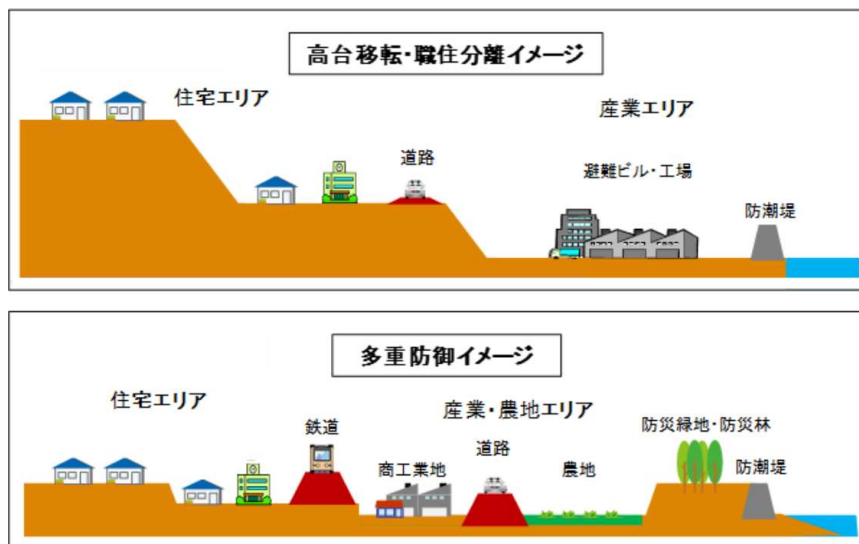


図19 災害に強いまちづくり構築のイメージ（宮城県、復興への取組 令和5年9月11日版）

県内の防潮堤・まちづくりの整備状況については、以下のURLが参考になる。

- ・ <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kasen/levee-1.html>（宮城県、防潮堤災害復旧・復興の進捗状況）
- ・ <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/tosikei/karute0311.html>（宮城県、復興まちづくり事業カルテ）

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 20）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 20 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 21）。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

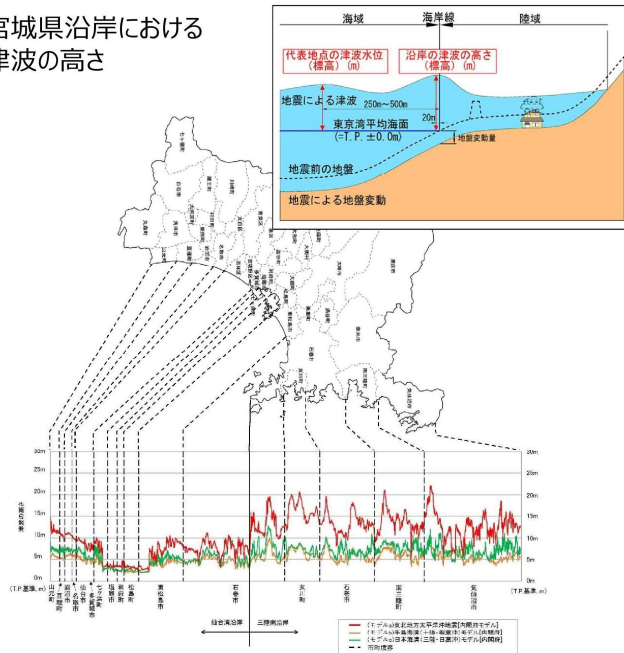


図 4.1 沿岸の津波の高さ

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	宮城県利府町赤沼樋ヶ沢 付近
	塩竈市	4.8m	塩竈市新浜町 付近
	七ヶ浜町	10.0m	宮城県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 21 最大クラスの津波浸水想定の設定結果
(宮城県、宮城県津波浸水想定の設定公表資料について)

(参考) 本調査と関連する世界・国の動向

① 仙台防災枠組 2015-2030

第3回国連防災世界会議の成果文書である「仙台防災枠組 2015-2030」は、2005（平成17）年の第2回会議（兵庫）で採択された「兵庫行動枠組」の後継となるものである。2030（令和12）年までの国際的な防災の取り組み指針として、世界各国で仙台防災枠組に基づいた取り組みが始まっている。

仙台防災枠組の特徴

- 災害による死亡者の減少など、地球規模の目標を初めて設定。
- 防災の主流化、事前の防災投資、復興過程における「より良い復興（Build Back Better）」などの新しい考え方を提示。
- 防災・減災での女性や子ども、企業など多様なステークホルダーの役割を強調。

(仙台市 HP)

②SDGs（持続可能な開発目標）

SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）は、「誰一人取り残さない（leave no one behind）」持続可能でよりよい社会の実現を目指す世界共通の目標である。2015年の国連サミットにおいて全ての加盟国が合意した「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の中で掲げられた。2030年を達成年限とし、17のゴールと169のターゲットから構成されている。

持続可能な開発目標（SDGs）

■ 2015年9月の国連サミットで全会一致で採択。「**誰一人取り残さない**」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、2030年を年限とする**17の国際目標**。（その下に、169のターゲット、231の指標が決められている。）

(①貧困) 	(②飢餓) 	(③保健) 	(④教育) 	(⑤ジェンダー) 	(⑥水・衛生) 	<div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">普遍性 先進国を含め、全ての国が行動</div> <div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">包摂性 人間の安全保障の理念を反映し「誰一人取り残さない」</div> <div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">参画型 全てのステークホルダーが役割を</div> <div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">統合性 社会・経済・環境に統合的に取り組む</div> <div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px;">透明性 定期的にフォローアップ</div>
(⑦エネルギー) 	(⑧成長・雇用) 	(⑨イノベーション) 	(⑩不平等) 	(⑪都市) 	(⑫生産・消費) 	
(⑬気候変動) 	(⑭海洋資源) 	(⑮陸上資源) 	(⑯平和) 	(⑰実施手段) 		

図 22 持続可能な開発目標（SDGs）の概要（外務省）

(外務省 HP)

本調査及びその後の防災対策の推進に当たっては、このような世界的・全国的な取り組みと調和を図ることが重要である。

2.2. 宮城県に大きな被害をもたらす地震

2.2.1. 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。

2.2.2. 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 23 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。

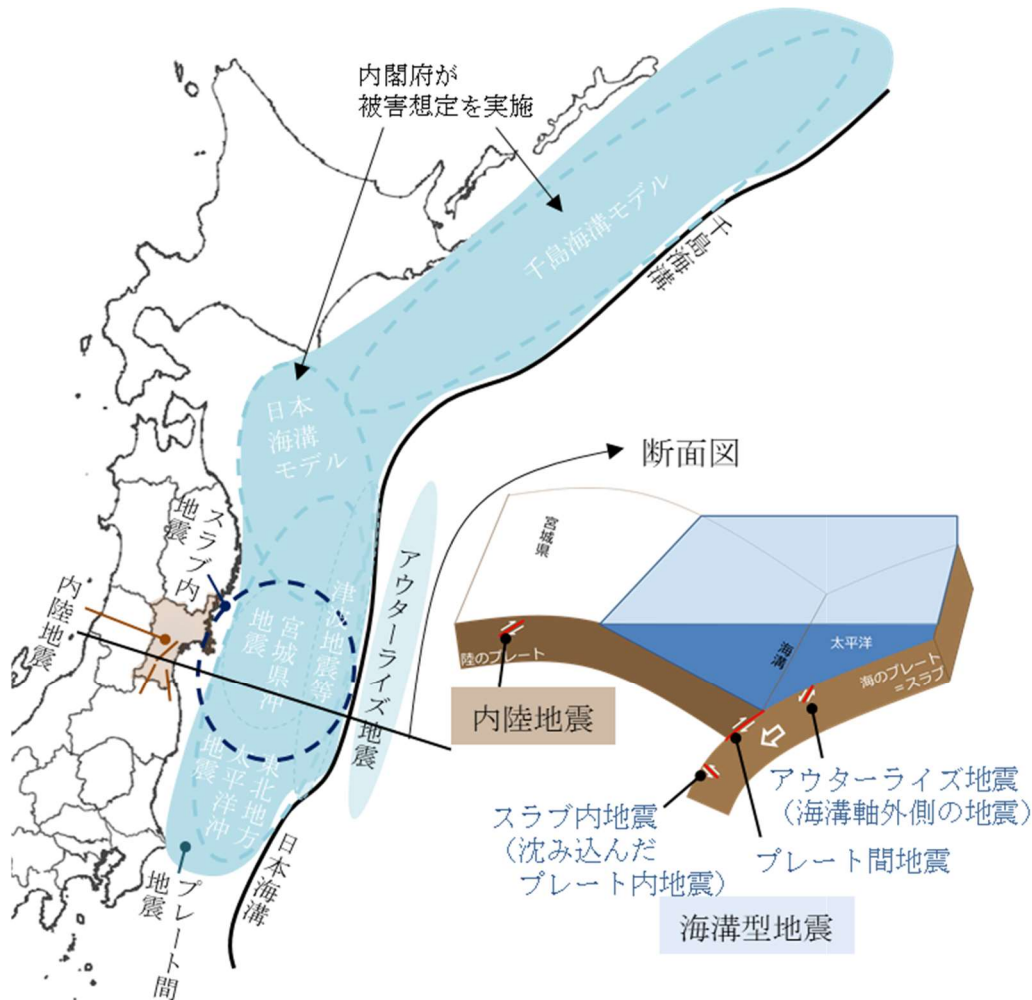


図 23 宮城県に大きな被害をもたらす地震の発生域

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 24）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 25）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