

1-2 震災の概要

編集委員会

1. まえがき

(本文は、弊社報告書「東日本大震災 被害調査報告書」平成 23 年 6 月を抜粋するとともに、国土交通省等機関がまとめた被害報告内容を追記しまとめたものである)

本項では、本地震の特徴である津波の発生状況、広範囲で発生した液化化被害の状況、死者・負傷者や建物被害、公共インフラの被害概況と特徴について整理する。なお、震災全般の概要については、本項巻末の表 6 を参照のこと。

2. 地震と津波の発生状況

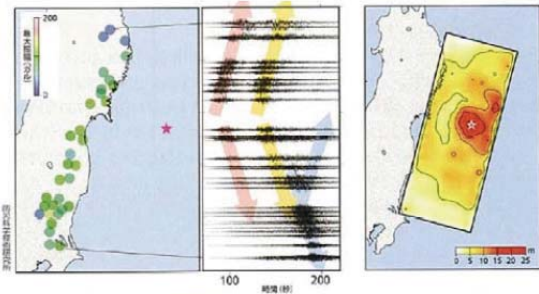
宮城県牡鹿半島東方沖のおよそ 130km、深さ 24km を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。三陸沖の日本海溝沿いに北は青森県沖、南は茨城県沖に達する南北 450km、東西 200km という広大な震源域を有するわが国有史以来最大のマグニチュード (以下、M と略記) 9.0 の巨大地震であった (図 1)。

M9.0 級の巨大地震はこの東北地方太平洋沖地震を含めて、表 1 に示すように世界でこれまで 6 回しか発生していない。表 2 には東北地方太平洋沖地震の各地の気象庁震度の概要を示す。震源域での断層のずれは、上記の 450×200=9 万平方 km の広がりをもつ震源域で 20~40m 程度と考えられている¹⁾。ちなみに M7.3 の兵庫県南部地震の際には、およそ 50km の活断層にそって、2m 程度のずれが生じたこと¹⁾と比べると、改めて M9.0 の地震エネルギーの大きさに気付く。

震源域内の海底では鉛直方向に 4~5m の隆起、震源域の西方の陸地に向かって 2m 程度の沈下、そして陸上では最大 1.2m にもおよぶ沈下²⁾をもたらした。そのメカニズムは、図 2³⁾に示すように太平洋プレート上面の断層(滑り)面が本土を構成する北米プレートの下にもぐりこむため、その上方の北米プレートがもりあがり隆起する。その反動で西方の陸地側の北米プレートが沈みこむという、いわば北米プレートの褶曲(上下)運動の結果、生じるものと考えられている。この陸地側の沈みこみが津波襲来後の浸水域の拡大をもたらしたのである。

津波の概況については、図 3⁴⁾に各地での津波の高さを示す。北海道から九州沿岸に津波の影響

が及んだことがわかる。津波の最大高さは、岩手県大船渡で 11.8m に達した。また最大の遡上高さは岩手県宮古市姉吉で 40.5m⁵⁾に及び、観測史上最高の 38.2m(1896 年の明治三陸津波での同県大船渡市綾里)を超えていた。これまでにないエネルギーで津波が襲ったことを示している。写真 1 に宮城県南三陸町の被災状況、写真 2 に同町災害対策本部屋上からの津波襲来の状況を示す⁶⁾。



中央の図は左図の観測地点(緑色の○)でのM9.0の地震の最中の上下動成分の揺れを示す。断層は宮城県沖を起点に(上図中の赤い星印)、2度にわたって南北に向けて動いた(ピンク色と黄色の矢印)。2度目に南方に向かった断層の動きは、福島県沖で新たな断層の動きを誘発し、南北方向に向けて水色の矢印で示すような動きをもたらした。右の図は地震波から求めた震源断層の各場所での移動距離で震源付近とその日本海溝側で大きく動いたことがわかる。

図 1 震源の位置と数回に分かれて動いた震源断層¹⁾

表 1 世界の M9 を超える巨大地震

名称	発生年	マグニチュード M
カムチャッカ地震	1952	9.0
アリューシャン地震	1957	9.1
チリ地震	1960	9.5
アラスカ地震	1964	9.0
スマトラ島沖地震	2004	9.0
東北地方太平洋沖地震	2011	9.0

表 2 今回の地震の諸元と各地の気象庁震度

諸元及び地点	
発生日時	平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ
震源位置	宮城県牡鹿半島東方 130km、深さ 24km
マグニチュード M	9.0
各地の気象庁震度	7 宮城県栗原市
	6 仙台 宇都宮 日立 水戸 つくば
	5 盛岡 秋田 福島 前橋 さいたま 千葉 東京 横浜 甲府
	4 釧路 帯広 函館 青森 山形 静岡 長野 新潟 名古屋

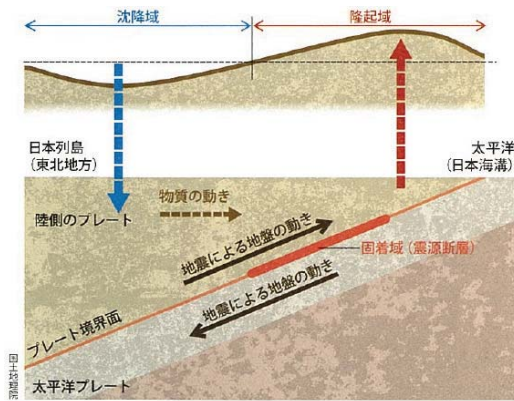


図2 今回の地震によって生じた地殻変動の模式図³⁾



写真1 南三陸町の津波被災状況
—遠景の建物は町の災害対策本部—

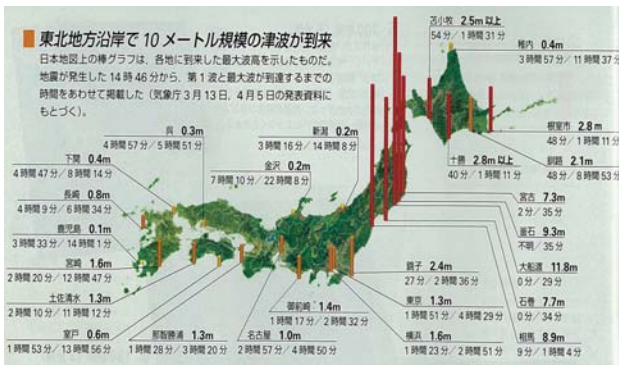


図3 今回の地震で各地に到達した津波高さ⁴⁾



写真2 南三陸町災害対策本部屋上での津波襲来状況⁶⁾

3. 被害の概要

表3⁷⁾には今回の大震災の被災状況を、図4¹²⁾には電力、上水道及び都市ガスなどライフライン施設の機能支障の程度をあらわす震後の復旧状況をそれぞれ示す。表4には参考までに関東大震災、阪神・淡路大震災の状況と比較して整理した結果を示す。また表5には今回の津波の被災状況を明治三陸津波以降の昭和三陸津波やチリ地震津波の状況と比較した結果を示す。

これらの結果から東日本大震災の被害を概観すると次のようにまとめられる。

- ① 死者・行方不明者の数はおよそ1万9千人に達する。これは、おそらくわが国の地震災害史上、関東大震災に次ぐ規模であり、死者のおよそ90%が津波による溺死となっている。地域別では宮城県下で1万1千人余りと全体のおよそ60%を占めている。
- ② 住家被害では、やはり宮城県下で全半壊が22万2千棟強と全体のおよそ60%を占めている。岩手県の被害に比べ、福島県での全半壊戸数がおよそ3.4倍のおよそ8.3万棟に達していることや、茨城県下でも2.7万棟被害が生じていることなどが注目される。

表3 東北大震災 被害の概要^{7) 10)}

	人的被害(人)		住家被害(戸)		その他 被害箇所数					
	死者 ¹⁰⁾	不明者 ¹⁰⁾	全半壊 ¹⁰⁾	全半焼 ⁷⁾	浸水 ¹⁰⁾	道路 ⁷⁾	道路橋 ⁷⁾	斜面 ⁷⁾	堤防 ⁷⁾	鉄道 ⁷⁾
北海道	1	—	4	—	874	—	—	—	—	—
東北	青森	3	1,163	—	—	2	—	—	—	—
	岩手	4,667	1,355	24,739	15	2,084	30	4	6	—
	宮城	9,507	1,794	222,081	119	25,368	1,571	23	51	4
	福島	1,605	216	83,124	80	1,393	19	3	9	—
その他	2	—	—	—	—	30	—	29	—	—
関東	茨城	24	1	26,903	37	2,429	307	41	—	—
	千葉	20	2	10,609	5	875	1,573	—	45	—
	その他	16	—	2,606	5	8	437	—	47	—
その他地域	—	—	—	—	23	1	—	—	—	—
合計	15,845	3,369	371,346	261	33,054	3,970	71	187	4	26

表4 これまでの我が国の主な地震災害との比較

	関東大震災 1923.9.1	阪神・淡路大震災 1995.1.17	東日本大震災 2011.3.11	
マグニチュード	7.9	7.3	9.0	
震源	相模湾～房総半島 プレート境界	淡路島 プレート内直下型	日本海溝沿い プレート境界	
死者・行方不明	10万5千余人	6,437人	19,214人	
住家被害 全・半壊	21万1千余戸	24万9千余戸	37万1千余戸	
被害状況	主な被害の範囲	東京、千葉、茨城、埼玉、神奈川、静岡	神戸、芦屋、西宮、尼崎、宝塚、明石の各市	青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉、東京
	火災	東京下町、横浜で甚大焼死者多数	神戸市内で発生	津波浸水地域で発生
	津波	相模湾沿岸甚大	発生せず	東北関東太平洋沿岸で甚大
土木構造物の被災の特徴	落橋や河川堤防の被災が顕著。日本橋等アーチ橋の被害が極めて少なかった	既存不適格の構造物、特に橋や高架で顕著	海岸堤防、防波堤の被害甚大、津波の遡上による橋桁の落下や河川堤防の崩落が顕著 地震動による構造物被害は比較的小さい	
その他特記事項	余震 多発 被害額は当時のGDPの4割超の55～65億円と推定	余震 少 被害額 約30兆円	余震多発 直接被害額25兆円(原発被害含まず) 世界初の原発被害・事故	

これらは、やはり津波の影響が関東地方の太平洋沿岸にまで広く及んだことを示している。なお火災による全半焼も宮城県下で 119 棟と全体の 46%を占めたが、福島や茨城県下合計でもそれと同程度生じたことが目につく。宮城県下では気仙沼市で津波により港湾施設から油が漏出して火災が生じた。

- ③ インフラ関連の被害については道路や斜面で、千葉県下での状況が宮城県と同程度となっていること、茨城県やその他の関東地域のものも合わせると東北各県下での件数を超える状況となっていることが注目される。これは、震源から遠く離れた関東北部や千葉県など東京湾岸地域の震度 3 以上の揺れが 3 分以上も続いた地震の継続時間の長さによる液状化発生の影響が関係しているものと考えられる。東北各県での道路橋や被害はどれも津波による落橋や交通支障による被災である。鉄道については、東北新幹線を除いては津波の影響によるものと考えられる（図 5 参照）。

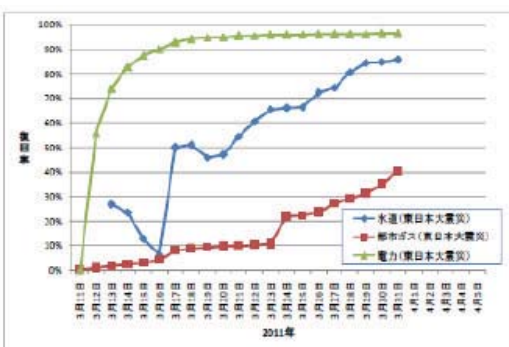
なお、茨城県下での道路橋の被害が 41 か所と、全体 71 か所の 6 割に近い数値となってお

表 5 これまで三陸沿岸を襲った津波被害の比較

	明治三陸 地震津波	昭和三陸 地震津波	予り地震津波	東北太平洋沖 地震津波
地震の発生 年月日と時刻	1896.6.15 午後8時半前	1933.3.3 午前3時過ぎ	1960.5.24 午前2時～5時	2011.3.11 午後2時～5時
マグニチュード	8.1/4	8.1	8.5	9.0
震源位置と 発生機構	釜石沖約200km海 溝側太平洋プレート の浅部での滑りによ り発生	釜石沖約200km太 平洋プレート内のア ウターライズ地震と 想定	南米チリ沖	牡鹿半島沖130km 地震波の解析結果 では陸地側の深部 の断層の滑りと海溝 側浅部の滑りとは交 互に発生
死者・行方不 明者合計	21,893	3,017	142	19,214
被害家屋数 全半壊流失 ()内:焼失戸数	約1万2千戸 (9,879戸)	約1万6千戸 (4,885戸)	4万戸強 (1,474戸)	約37万戸
津波遡上高さ (m)	綾里38.2m 吉浜22.4m 田老14.6m	綾里38.2m	三陸海岸5～6m. 他の地域で3～4m	宮古市鎌吉: 40.5m

り、となりの千葉県では皆無となっていることが注目される。これについては、茨城県下は今回の震源域の南部により近いこと、地震動の強さが千葉県下のそれよりも大きかったことが効いているのではないかと考えられる。

- ④ ライフライン施設の復旧状況については、電力が最も早く復旧し、ついで上水道、都市ガスの順に遅くなっている。これはこれまでの大きな地震の場合と共通であるが、阪神・淡路大震



出典:土木学会 ライフライン復旧概況(時系列編)
岐阜大 能島教授

1995年1月17日 → (20日後) → 2月6日
2011年3月11日 → (20日後) → 3月31日

図 20 東日本大震災における水道・都市ガス・電力の「復旧率＝(延べ停止戸数－停止戸数)／延べ停止戸数」の推移 (電力については東北電力管内のみ)

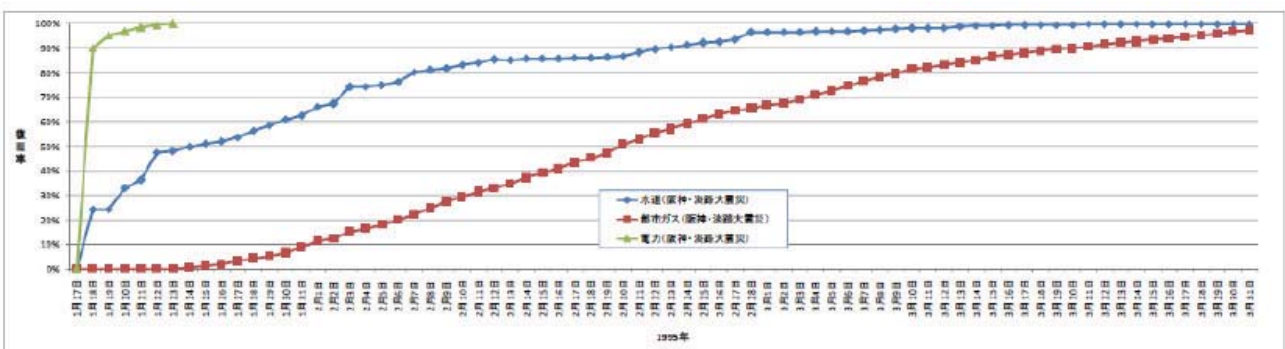


図 21 阪神・淡路大震災における水道・都市ガス・電力の復旧率の推移

図 4 ライフライン(電力、水道、都市ガス)の復旧状況⁸⁾

災の状況と比べると、図4からわかるように、電力ではやや遅れぎみ、上水道や都市ガスについては、逆にやや早くなっている。ただし、宮城、岩手、福島の各県では津波による被害の影響を大きく受けて、これら各施設の復旧の進みぐあいはかばかしくないのが実情である。

- ⑤ 今回の大震災と1923年の関東大震災、1995年の阪神・淡路大震災の状況とを比較して表4にまとめているが、災害の規模は関東大震災がわが国最大であること、阪神・淡路大震災は津波の影響も受けず神戸市を中心とする周辺の限られた地域における家屋の倒壊や火災、道路橋等の建造物の被災が特徴であったことがわかる。一方、東日本大震災では、太平洋沿いの広い地域に津波が襲いかかったことに加えて原子力発電所の被害と事故が甚大であったことなどがこれまでにない被災の様相であった。
- ⑥ 津波被害については、表5に明治三陸津波、昭和三陸津波そしてチリ地震津波と対比して整理した結果を示しているが、津波そのものの規模や被害家屋の数では今回が最大となっていて、M9.0の地震の震源が日本海溝沿いに大きく南北方向に広がっていたため津波が襲来した地域も北海道から沖縄まで及んだことを示している。なお、死者・行方不明者の数については、津波の襲来が明治三陸津波に比べてはるかに広い地域に及んだにもかかわらず、今度の津波では明治三陸津波のおよそ2万2千名を下回る見込みであることが注目される。

以上、記してきたように、今回の大震災は、地震、津波に加えて福島第一原子力発電所の被害と事故の複合災害であろう。上記の被害の全体像を考えると、原子力発電所の影響がわが国のみならず、世界に及ぼした影響が深刻かつ重大なものであることは認めた上で、あらためて地震災害としては津波による広範な太平洋沿岸地域に与えた影響が最も大きい。地震の影響については、地震動の卓越周期が一般的な建物や建造物の揺れやすい周期に比べて短かったため、地盤の液化化や宅地造成盛土、古いアースダム等の土建造物での被害以外は、それほど著しいものではなかった。このことは、社会インフラの健全性の確保にとっては、M9.0の巨大地震のわりには不幸中の幸いといえるものの、原子力発電所の原子炉建屋や原子炉本体の収容構造には逆に熾烈な影響を及ぼしたのかもしれない。近い将来発生の可能性が高いといわれている「東海・東南海・南海地震」や「首都圏

直下地震」などで、今回の地震と同じような地震動の卓越周期を呈する保証はないことに留意しなければならない。仮にM8を超える巨大地震で卓越周期が1~2秒程度となった場合には建物や各種建造物に過酷な影響を及ぼす事態を、あらかじめ考えておくことが震災対策計画を実効ならしめるために極めて重要な課題である。

4. 各種インフラ施設の被害の特徴と災害の構造

(1) 津波が引き起こした被害

1.に記したとおり、巨大津波の襲来により2万3千名を超す多くの生命が犠牲となったほか、広範な沿岸居住地域での家屋の流失や火災が生じた。そして、それらによる膨大な量の瓦礫が生じることとなった。これらに加え、次のような津波による各種インフラ施設の被災が特徴的であった。

- 福島第一原子力発電所1号機~4号機原子炉建屋に付属する各種施設の被災
- 津波防波堤、防潮堤など海岸堤防の破壊 (cf. 写真3)
- 港湾施設や漁業・水産業施設の壊滅的被害
- 津波の遡上による河川堤防の崩壊
- 橋梁の上部構造(桁)の転落 (cf. 写真4)
- 沿岸の下水道処理施設の被災 (cf. 写真5)

特に、a、b、e、fについては、わが国でも初めてのできごとであり想像を超える津波の破壊的な強さを思い知らされることとなった。

なお、建物の被害については、現場の状況からは鉄筋コンクリート造に比べて、鉄骨造のものが津波に対しては弱かったようである。



写真3 海岸施設の被災状況 (南三陸地区)



写真4 道路橋の津波による桁の落下の状況
(国道45号 南三陸地区 歌津大橋)



写真6 福島県 藤沼貯水池の被災状況



写真5 南蒲生ポンプ場の津波による被災状況

(2) 液状化とそれによるライフライン施設や家屋など

建物の被害など

仙台周辺、茨城県や千葉県や東京湾岸地域では地盤の液状化が広域的に発生した。それにより、各種のライフライン施設、特に、上・下水道の管路が各地で多く被災を受けた。このため、長期に及ぶライフライン施設の機能障害が生じ、住民の生活への支障が深刻なものとなった。なお、仙台市内の都市ガスについては、新潟からの仙台までのパイプラインからの緊急供給ができたこともあって、阪神・淡路大震災での供給復旧よりも短い期間で回復することができたようである。

(3) 土構造物の被災

仙台や福島市内での宅地造成地で盛土部分の地すべり様の変状、崩壊が目立った。また、福島県下の農業用のため池でアースダムの被災が多く発生した。いずれも、建設後半世紀以上経過したも体で大規模な変状が発生して破堤し、ダムの下流域で6名が死亡、1名が行方不明となる惨事を引き起こした事例があった。

(4) 復旧事業の遅れ

上記、各種インフラの復旧事業の展開の進みぐあいについては、震後3ヶ月経過時点でも、必ずしも順調に推移していないようである。これについては、M5.0以上の余震の回数が500回を超えるような状況⁸⁾、津波浸水地域が地殻変動で最大1mにも達する地盤沈下が生じたこと(図6参照)や1万人を超えた行方不明者の捜索と膨大な瓦礫の処理がなかなか進まないことが原因と考えられる。福島県の太平洋沿岸部では、これらに加えて、原発被害と事故による周辺地域への放射能拡散の影響や放射能に汚染された瓦礫の処理、そして福島、茨城、千葉県などで生産された食物の放射能汚染の風評被害などの要因が加わり、事態を深刻ならしめている。

復旧展開の遅れが目立つのは、政府の政治主導という基本姿勢にもかかわらず、官僚機構に対するリーダーシップの欠如や信任不足によるところが大きいように感じられてならない。

このような状況の下で、国道の復旧は迅速だったことは特筆されるべきであろう。国土交通省東北地方整備局では、三陸沿岸地域の孤立の解消を期して、仙台以北の国道4号を脊髄とし、それから枝状に、石巻、気仙沼、陸前高田、大船渡、釜石、宮古を結ぶ国道の早期啓開を可能ならしめる点検・診断と復旧展開を「くしの歯」作戦と名付けて、その任に当たるテック・フォース・チームを震後直ちに招集し、陸、空から展開させることとした。その結果、震後5日目の3月16日には概ね、国道4号からのアプローチが可能となり、その二日後の3月18日には国道45号、同6号の97%が啓開を終了したのである⁹⁾。

表 6 震災の概要¹⁰⁾

項目	概要
人的被害	この地震と津波により、死者15,845名、行方不明者3,369名(平成24年1月26日時点 警察庁発表)という、明治以降では関東大震災・明治三陸地震に次ぐ大きな人的被害をもたらした。 死者・行方不明者は12都道県に及び、中でも特に高い津波が襲来した宮城県(死者9,507名、行方不明者1,794名)、岩手県(死者4,667名、行方不明者1,355名)、福島県(死者1,605名、行方不明者216名)の3県だけで全体の99%を超える多数の犠牲者が発生した。 なお、今回の大津波では、指定の避難所までが津波にのみこまれ多くの避難者が亡くなった。また、避難誘導や要介護者救助にあたった消防団員や警察官など、さらには、海岸や河川に設置してある水門・樋門操作員も被災した。
建物被害と液状化	住宅被害については、全壊が約13万棟、半壊が約24万棟(平成24年1月26日時点 警察庁発表)となっている。また、東京湾岸地域を含め、東北から関東にかけての広い範囲で液状化現象が発生した。 埋立地など、従来から液状化が起こりやすい地域として認識されていた地域のみならず、利根川沿いを始め、埼玉県や千葉県等の内陸部でも液状化による被害が発生した。これにより、地盤がゆるみ、住宅が傾くなどの被害が多数発生した。
道路	道路橋の流出や法面崩落等により、高速道路15路線、直轄国道69区間、都道府県等管理国道102区間、県道等540区間が通行止めとなった。注) 特に、宮城県仙台市から三陸沿岸地域を縦走する国道45号を始め、東北地方の太平洋側一帯沿岸部が甚大な被害を受けた。 注)4月7日の宮城県を震源とする地震、4月11日の福島県浜通りを震源とする地震による被災を含む
鉄道	新幹線については、東北新幹線で高架橋の損傷、電柱の倒壊、駅天井の落下等の被害が発生したほか、山形・秋田新幹線についても軌道変位等の被害が発生したが、高架橋の倒壊等の致命的な被害は無く、過去の震災時と比べ、被害規模は相対的に小さいものとなった。また、早期地震検知システムにより、大きな揺れのあった地域を走行中の、東北、上越、北陸、東海道新幹線の営業列車については、すべて安全に停止し、乗客の死傷者は無かった。 一方、JR在来線、第三セクター鉄道、貨物鉄道については、茨城県から岩手県にかけての太平洋沿岸部の多くの路線において、津波により駅舎、線路等の流出・冠水被害が発生したほか、内陸部の路線においても、路盤の変形、土砂崩れ等の極めて甚大な被害が発生し、合計25事業者、85路線が被災した。
空港	仙台、花巻、福島、茨城の4空港が被災した。このうち、仙台空港を除く3空港は、いずれも震災当日中に運行を再開した。 一方、仙台空港は、大津波により湛水が発生し、滑走路、誘導路、エプロン等に車両2,000台以上が漂着したほか、土砂やがれきが広範囲に広がり、機械設備や電気機器等が浸水するなど甚大な被害を受けた。
港湾	青森県八戸港から茨城県鹿島港に至る太平洋側全ての港湾(国際拠点港湾及び重要港湾14港、地方港湾17港)が被災し、防波堤や岸壁等に大きな被害が生じ、港湾機能が全面的に停止した。
河川	東北・関東地方の河川を中心に、直轄河川8水系、2,115箇所、都道府県管理河川10県1,353箇所ですべて堤防の法すべり、沈下等が発生した。 また、河川遡上による堤防越水、それに伴う家屋流出等、河口部に近い沿川は大きな被害となった。
海岸	岩手、宮城、福島各県では515地区海岸(海岸堤防・護岸延長約300km)のうち426地区(約190km)が、青森、茨城、千葉各県では468地区海岸のうち43地区海岸が被災を受ける等、広範囲にわたり壊滅的な被害が発生した。
上水道	19県の水道事業等で断水が発生し、少なくとも約180万戸にのぼった。
下水道	震災当初1都6県において、下水処理場48箇所、ポンプ場79箇所が稼働停止した。下水管については、642kmで被害が発生した(平成24年3月5日時点)
電気	震災時における東北3県の停電戸数は、役258万戸に及んだ。また、東北電力管内において、計画停電が実施されるなど、役466万戸、東京電力管内において約405万戸の大規模停電となった。
ガス	震災時における東北3県の都市ガスの供給停止とLPガスの供給停止戸数は、各々約42万戸と約166万戸にも及んだ。
通信・放送	震災後のピーク時には、NTT固定電話で約100万回線、携帯電話4社あわせて14,800局がサービスを停止した。震災当初確認できた範囲では、テレビ中継局が最大120箇所、ラジオ中継局が最大4箇所停波する被害が発生した。
災害廃棄物	東北3県の災害廃棄物の量は、約2,253万トン(岩手県約476万トン、宮城県約1,569万トン、福島県約208万トン)と推計されている。
津波による浸水面積	岩手県58km ² 、宮城県327km ² 、福島県112km ² で津波による浸水が生じた。
地盤沈下	巨大地震に伴う地殻変動により、仙台平野の海岸、平地部をはじめ、広範な地盤沈下が発生した。特に、仙台平野では、平均海面以下の面積が18km ² と5.3倍増加、大潮の満潮位以下の面積は56km ² と1.8倍増加、また、過去既往最高潮位以下の面積が111km ² と1.3倍増加した。

3月14日 17時 30分現在

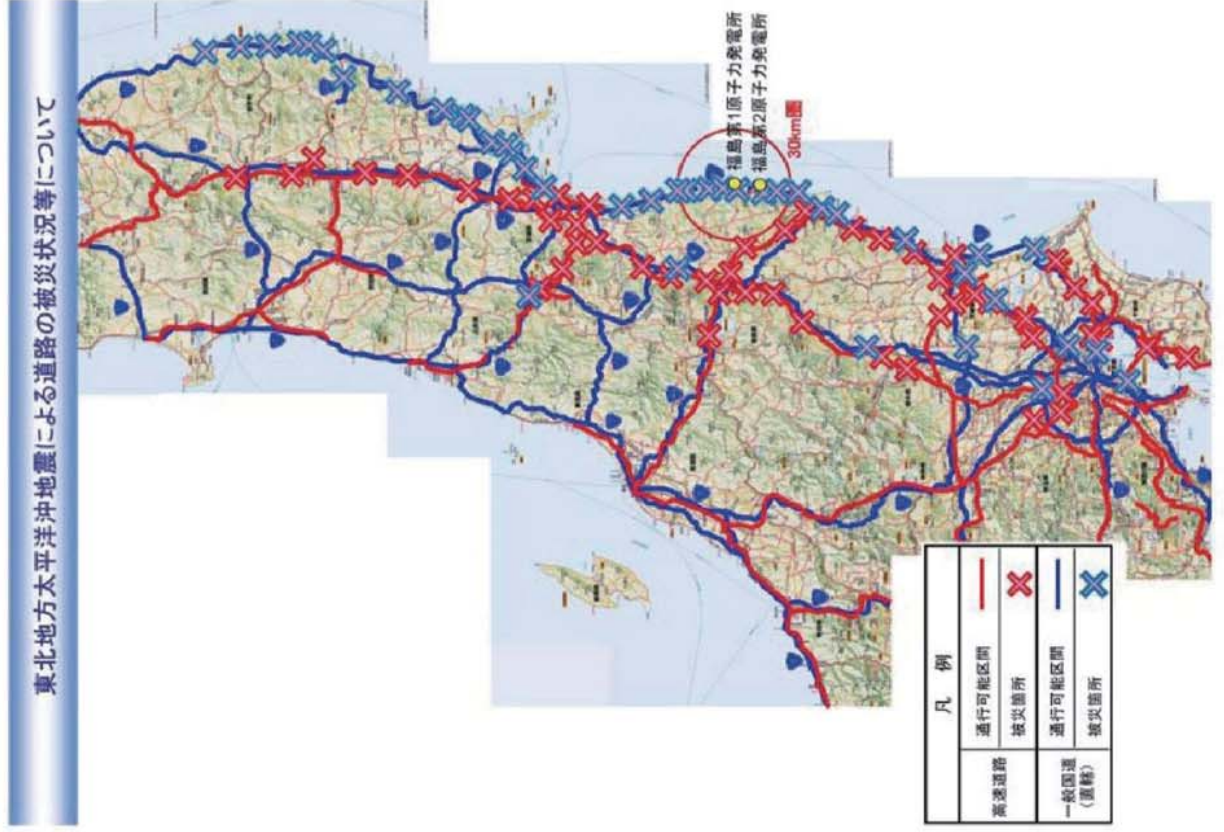
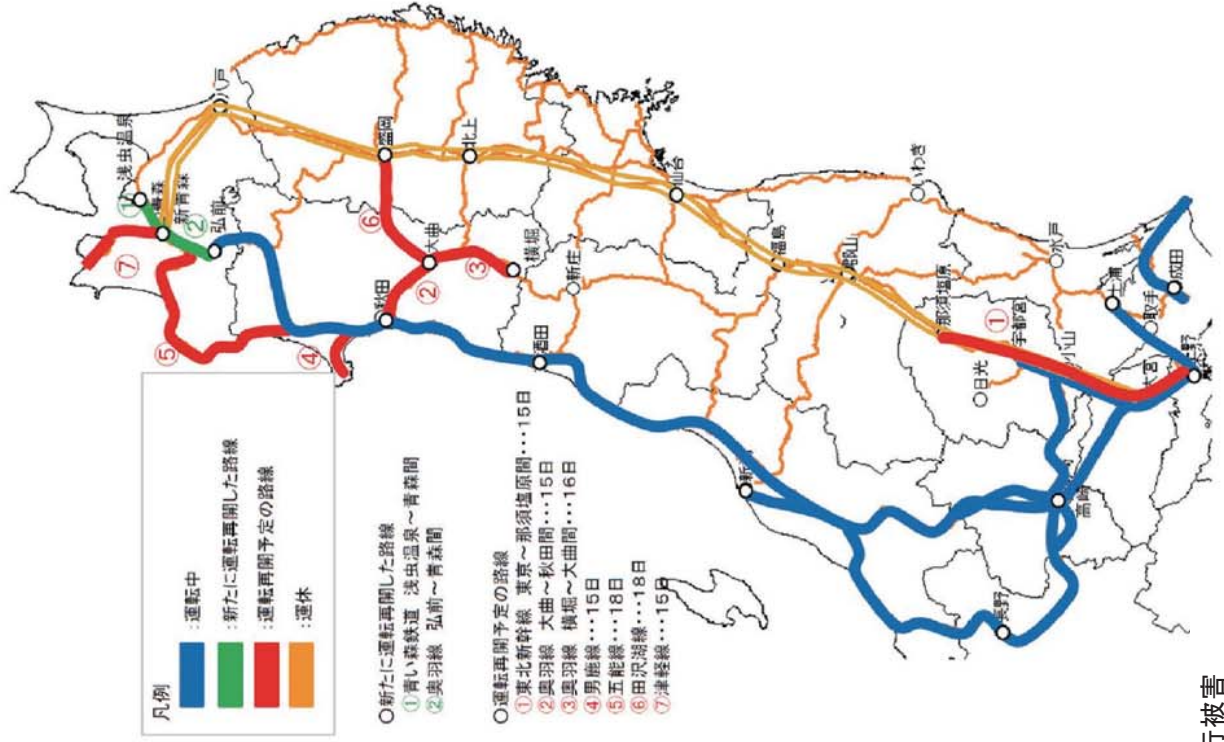


図5 道路の被害と鉄道の運行被害

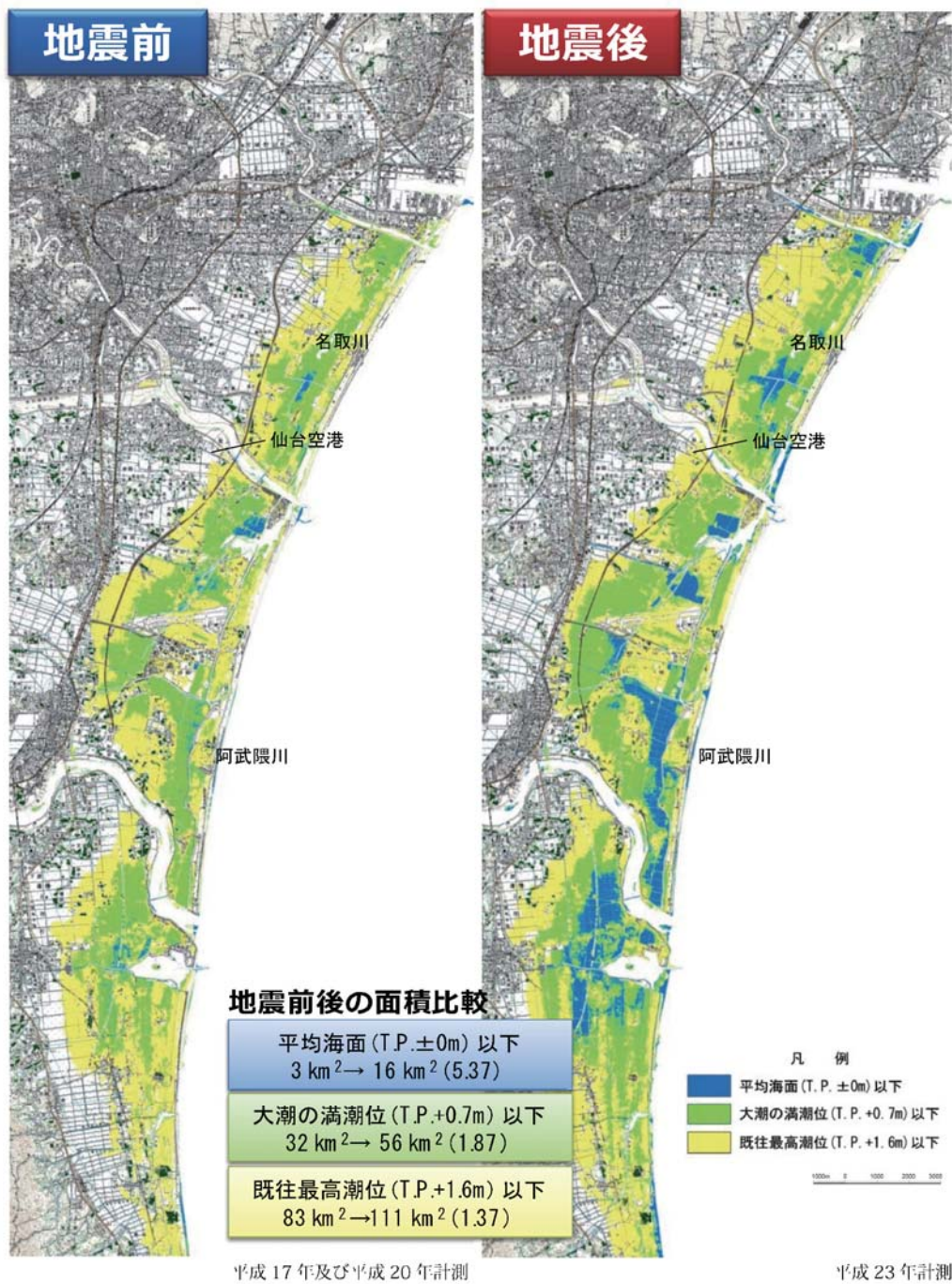


図 6 東日本大震災による仙台平野における地盤沈下の状況

引用文献

- 1) 平田 直: マグニチュード 9.0 の衝撃、科学、vol.81 No.5、2011 年 5 月号
- 2) 岡田義光: 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴った地殻変動と誘発現象、科学、vol.81 No.5、2011 年 5 月号
- 3) 日経サイエンス 2011.6 月号
- 4) Newton 2011 年 6 月号
- 5) 土木学会 東日本大震災特別委員会津波特定テーマ委員会報告会 6 月 13 日資料
- 6) 宮城県南三陸町 HP
- 7) 警察庁 HP: 2011 年 5 月 24 日 現在の被害集計に基づき、一部改編
- 8) 気象庁 HP: http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/aftershock/
- 9) 国土交通省社会資本整備審議会計画部会道路分科会第 13 回分科会 東日本大震災の対応と課題 2011 年 5 月 23 日
- 10) 国土交通省: 東日本大震災の記録 一土交通省の災害対応一、平成 24 年 3 月 11 日