

# 東日本大震災5周年

～当社の活動記録～



被災直後（山田町中心部）



気仙沼市内湾地区（魚町・南町）



東松島市野蒜北部丘陵地区



被災から5年後（山田町中心部）



陸前高田市今泉地区

平成28年12月



株式会社エイト日本技術開発  
Eight-Japan Engineering Consultant Inc.



## 東日本大震災 5 周年-当社の活動記録- 発刊に向けて

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分、宮城県牡鹿半島沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震が発生しました。日本の観測史上最大のマグニチュード 9.0 を記録するとともに、1900 年以降に世界で発生した地震の中では、チリ地震（1960 年 M9.5）、アラスカ地震（1964 年 M9.2）、スマトラ沖地震（2004 年 M9.1）に次ぐ 4 番目の規模とされています。

東北地方から北関東地方の太平洋沿岸部に波高 10m 以上、最大遡上高 40m 以上の大津波が襲来するとともに、北海道・東北・関東の広大な範囲で大きな地震動や地盤の液状化、地盤沈下が発生しました。死者・行方不明者 19,214 人（平成 24 年 1 月 26 日時点）、ダム・河川の決壊や道路損壊など各種インフラ施設や建築施設被害、各種ライフライン施設の被害・機能障害等をもたらし、直接的な被害額は 25 兆円以上にものぼるなど、東日本大震災は未曾有の大災害となりました。ここに、東日本大震災でお亡くなりになられた方々のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災された方々に対し心よりお見舞い申し上げます。

弊社におきましては、幸いにも大きな被害はありませんでした。地震発生から 1 時間も経ずして佐伯副社長（当時）を本部長とする災害対策本部を東京本社に設置するとともに、東北支社・東京支社を現地本部とし、職員の安否確認、被害状況把握並びに復旧支援を展開して参りました。現地におきましては、震災直後から、市町村からの下水道施設被害調査・災害査定設計の依頼をはじめ、国・県等との災害協定関連協会から、道路災害調査支援や橋梁点検、海岸施設被災調査、漁港・港湾施設被災調査支援依頼があり、弊社並びに E・J グループ傘下各社の協力を得ながら今日まで復旧支援業務を継続してきております。

上記以外にも、弊社では各支社の専門技術者が震災直後より自主的な被害調査を行い、日頃からお世話になっている発注者に対し被害実情報告や今後の復旧方針の提案を行って参りました。また、この震災の経験や教訓を生かした弊社自身の事業継続計画を策定し、全社の応急災害対策体制の整備や、必要な施設・備品の整備にも計画的に取り組んで参りました。その結果、平成 28 年 12 月 28 日に事業継続を積極的に取り組んでいる団体に付与される「国土強靱化貢献団体認証（レジリエンス認証）」を取得することができました。弊社ではこれを契機に一層研鑽に努め、我が国の防災力向上により貢献できるよう精進して参る所存です。

震災発生から早いもので、5 年 9 ヶ月が経過しました。福島第一原発による放射能廃棄物の処理や東北沿岸都市の復興は依然として途上にあるものの、各種事業が綿密な計画のもとに着々と進められ、震災復興が少しずつ目に見える状況になってきました。弊社は、これを機に、これまでの活動を振り返り今後活かすため、被災当時の被害調査結果や復旧・復興に向けた提言内容、その後の弊社の復旧・復興活動内容を整理し小冊子としてまとめ、社内外にお伝えすることに致しました。

この記録が、安全で安心なまちづくりや国土形成の実現の契機になりますよう祈念いたすとともに、今後とも、関係各位のご理解とご支援ご協力をお願い申し上げます、発刊に向けてのご挨拶とさせていただきます。

平成 28 年 12 月  
代表取締役社長 小谷裕司



## 目次

1. 震災の概要	
1-1 地震と地震動	1
1-2 震災の概要	7
2. 当社の社内対応と体制	
2-1 災害対策本部の対応	15
2-2 東日本大震災直後を振り返り	18
2-3 震災発生時の出張先での体験	19
2-4 宮古事務所、山田復興事務所開設	20
2-5 東北支社の震災前と震災以降の組織	25
2-6 東京支社の活動記録	26
2-7 本店の震災発生時の対応	28
2-8 初動から震災復旧・復興体制の構築	29
3. 被害調査と復旧・復興に向けた提言	
3-1 発災直後の被害調査概要	33
3-2 津浪被災市街地の状況と都市復興のあり方	42
3-3 広域液状化被害を防ぐ	46
3-4 下水道機能の回復を早めるために	52
4. 復旧・復興業務／防災業務及び顧客向け講演会	
4-1 復旧・復興／防災業務	55
4-2 顧客向け講演会	57
5. 主要な震災復興関連業務	
5-1 山田町の現状と今後の展開	59
5-2 三陸沿岸道路事業促進 PPP	63
5-3 東日本大震災を教訓とした宮古市の防災・減災への取り組み支援	66
5-4 陸前高田市の震災復興事業	72
5-5 気仙沼魚沼町・南町地区被災市街地復興土地区画整理事業	78
5-6 東松島市野蒜北部丘陵地区における震災復興事業	81
5-7 宮城県における災害廃棄物処理事業への参画	85
5-8 福島県における放射性廃棄物の処理	89
復興の現状と今後に向けて	93
参考資料 1 対外発表論文一覧	
参考資料 2 当社関連記事	



# 1. 震災の概要





# 1-1 地震と地震動

防災保全事業部  
東京支社 防災保全部 末富岩雄  
中国支社 防災保全部 福島康宏

## 1. はじめに

(本文は、弊社報告書「東日本大震災 被害調査報告」平成 23 年 6 月を引用したものである)

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖から茨城県沖に及ぶ巨大地震が発生した。気象庁により、「2011 年東北地方太平洋沖地震」と命名され、政府は災害名称として、「東日本大震災」と呼んでいる。

気象庁による地震の規模(M)は、発生直後は 7.9、16 時の報道発表第 1 報で 8.4、17 時 30 分の第 3 報で 8.8、3 月 13 日 12 時 55 分の第 15 報で 9.0 と少しずつ大きく修正されている。発震機構は、西北西—東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、プレート境界で発生した地震である<sup>1)</sup>。

宮城県栗原市築館で震度 7 が観測されるなど、東北から関東地方の多くで震度 5 以上の強い揺れが観測された。

## 2. 過去の地震と想定地震

三陸地区では、過去に何度も津波に見舞われ、多くの犠牲を払ってきた。そのため、堤防などハード面の対策、避難訓練などソフト面の対策、において国内でも最も精力的に取り組んできた地域である。岩手県では三陸地震、宮城県では宮城県沖地震、福島県・茨城県では福島県沖及び塩屋崎沖地震を、津波を伴う海溝型地震として想定しているが、今回の地震は、これらの想定地震が同時に起きたことに相当する。以下に、過去の地震の概要を記す。

### 2.1 明治三陸地震

1896 年 6 月 15 日 20 時頃、三陸沖約 200km で発生した地震(M=8.5)で、揺れは強くなく震度 3 程度であった。死者は約 22,000 人に及び、その多くが岩手県内である<sup>2)</sup>。死者数は今回と同程度であるが、当時は現在より人口が少なく、吉浜村で人口の約 9 割が亡くなるなど、犠牲者の比率は今回より高い。

### 2.2 昭和三陸地震

1933 年 3 月 3 日 2 時半頃に発生した地震(M=8.1)で、揺れはやや強く震度 5 程度であった<sup>2)</sup>。深夜ではあったが、揺れが強かったので、多くの人は

目を覚ましている<sup>3)</sup>。死者は約 3,000 人と明治の際よりは大幅に減少している。津波の高さが 7~8 割程度とやや小さかったこともあるが、まだ明治の際の記憶が焼きついており、速やかに避難行動をとった人々が多かったものと推察される。

この後、1960 年チリ地震、2011 年チリ地震があるが、今回とは条件が異なるので省略する。ただし、人々の津波に対する意識に影響した可能性はある。

### 2.3 貞観の地震

東北地方で地震の記録が残るのは、江戸幕府が開かれる 17 世紀以降である。ただし、869 (貞観 11) 年の地震については、大津波により広い範囲で被害が生じたことが記録に残っている<sup>2)</sup>。

最近になって、石巻平野・仙台平野でジオスライサーを用いた地盤調査により、津波堆積物の分布が面的に明らかになってきた<sup>4)</sup>。再現期間も 600~1300 年と推定されている(さらに前の 3 回の痕跡も発見)。津波シミュレーションにより、想定宮城県沖地震よりもはるかに大きい地震があったのではと、その地震像が明らかになってきていた。ただし、それは、この数年のことである。

なお、1611 (慶長 16) 年にも、大きな地震があり、三陸地震や宮城県沖地震よりも広い範囲での地震であった可能性が高いが、詳しいことはまだ明らかでない。

## 3. 断層の破壊過程

今回のように断層域が広大になると、観測波形を時刻を合わせて並べるだけでも、およその様子は把握できる。図 1 は、東京大学地震研究所によるもの<sup>5)</sup>で、防災科学研究所による K-NET、KiK-net の波形を太平洋岸に沿って南北に並べたものである。

最初の大きな断層破壊は宮城県沖で起きている(最初に大きく揺れている、図中の紫色の線)。その数十秒後に宮城県沖で大きな断層破壊が再び起きて同様に伝播している(水色)。そして、三つ目の断層破壊が茨城県北部の、陸に近い沖合で起きたと考えられる(赤色)。

東北地区では 2 つの波群が見えるのは①②に対

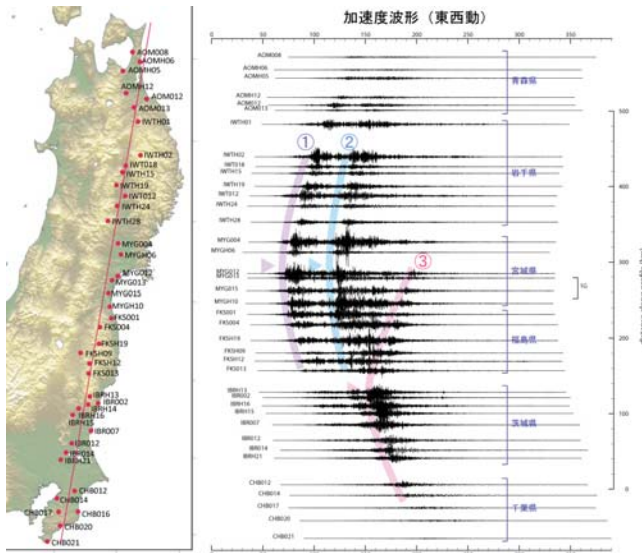


図1 加速度波形と断層破壊の関係<sup>5)</sup>

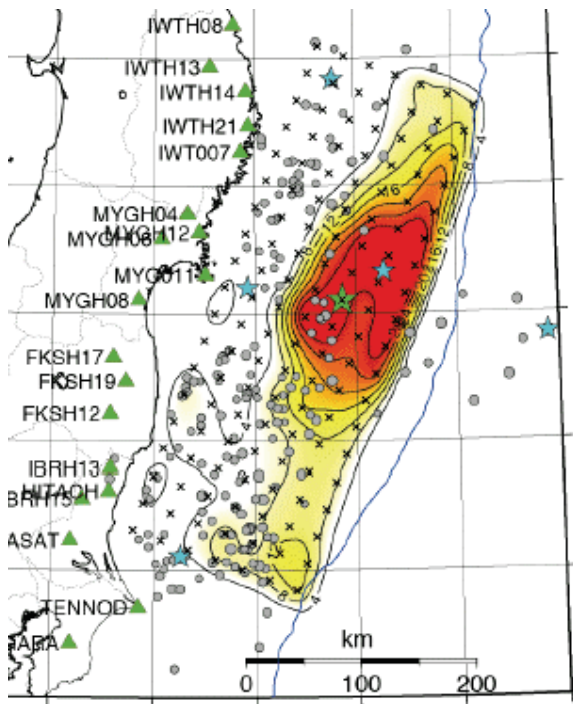


図2 断層面上のすべり分布の推定例  
(気象庁気象研究所による<sup>1)</sup>)

応し、首都圏では長くコトコト揺れた後に大きく揺れたのは、①②は遠く③が主となったものである。図2は波形を用いて震源インバージョンにより断層上のすべり分布を推定した例<sup>1)</sup>である。図1の内容と概ね対応している。

#### 4. 震度分布の推定

被害と地震動の大きさの関係を検討する上では、被害地点で地震記録が得られるわけではないので、地震動分布が必要となる。本章では、観測記録の

補間により 250m メッシュ単位での評価を行う。

##### (1) 地震観測記録

波形データが公開されている防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net<sup>6)</sup>、港湾地域強震観測<sup>7)</sup>、気象庁<sup>8)</sup>、横浜市高密度強震計ネットワーク<sup>9)</sup>、のデータから計測震度、SI 値等の地震動指標を算出する。補間推定には、K-NET278 点、KiK-net166 点、気象庁 36 点、港湾 13 点、横浜市 86 点の値を用いる。

##### (2) 地盤条件

末富ら<sup>10)</sup>で実施したように防災科学技術研究所の地震ハザードステーション<sup>11)</sup>から公開されている若松らによる 250m メッシュの地形分類及び AVS30 (深さ 30m までの平均 S 波速度) を用いる。増幅度評価も、末富ら<sup>10)</sup>による非線形モデルを用いる。

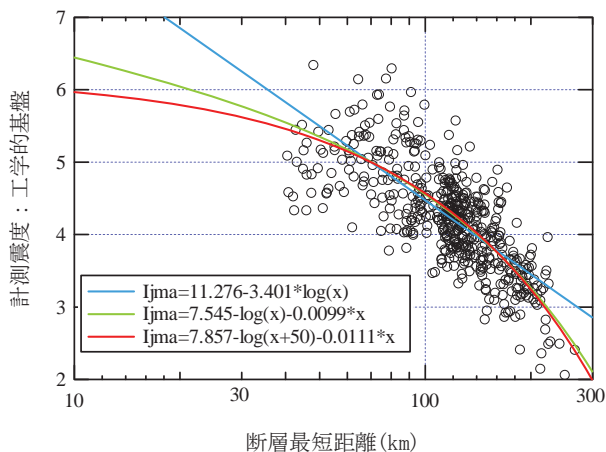
##### (3) 推定結果

末富・福島<sup>12)</sup>では、IDW 法 (距離の重み) による補間推定を行った。この場合、やや特定の観測値の影響が強かった (局所的な要因と思われるのに対し、広域で大きくなっていった)。そこで、図3に示すように、今回の観測値を用いて、断層からの最短距離  $x$  のみをパラメータとする距離減衰式を回帰分析により構築する。○で示した観測値は、(2)の 250m メッシュでの AVS30 を用いて、工学的基盤 ( $V_s=600\text{m/s}$  相当) に引き戻した値である。赤線で示した定数項を入れた式の方がより観測値への適合性がよいので、これを採用する。log 内の定数項の値は一義的に決まらないので、既往の距離減衰式を踏まえ、ここでは 50 としている。この式をトレンド成分として、Kriging 法により推定した計測震度分布を図4に示す (プログラム RASMO 使用<sup>13)</sup>、最大加速度、SI 値、最大速度についても同様に算出している)。海岸付近で大きい他、内陸の低地部で大きくなっており、文献 12) より、改善されていると考えられる。

#### 5. 余震と誘発地震の影響

M=9.0 の巨大地震なので余震でも M が 7 を越えるものが多発している (図5)。また、余震域から推定される断層面とは全く異なる箇所での地震 (誘発地震) も多く、翌日未明に発生した地震では、栄村付近に大きな被害をもたらし、3/15 の地震では静岡県で大きな揺れが観測された。

##### 5.1 30 分後の余震



断層最短距離 (km)

図3 計測震度の距離減衰  
(○: 地表での観測値を工学的基盤に引き戻した値)

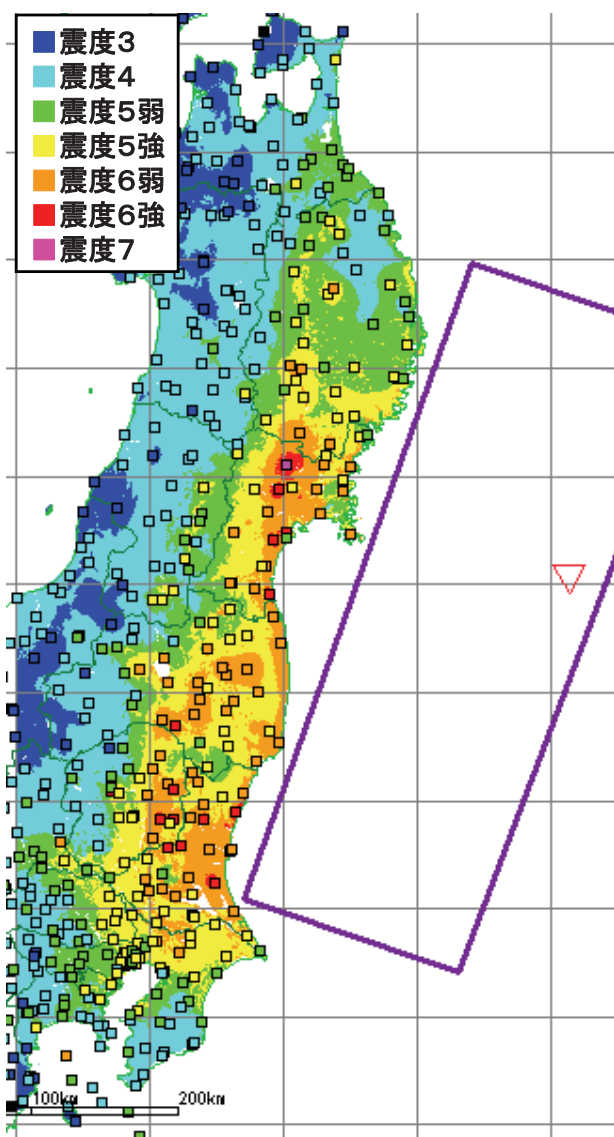


図4 計測震度の250mメッシュ推定分布  
(▽: 震源、□: 推定断層、■: 観測値)

茨城県沖でM=7.7の地震が、本震から約30分後に発生している。いくつかの目撃証言として、本震で噴砂現象が生じていたところ、この余震によ

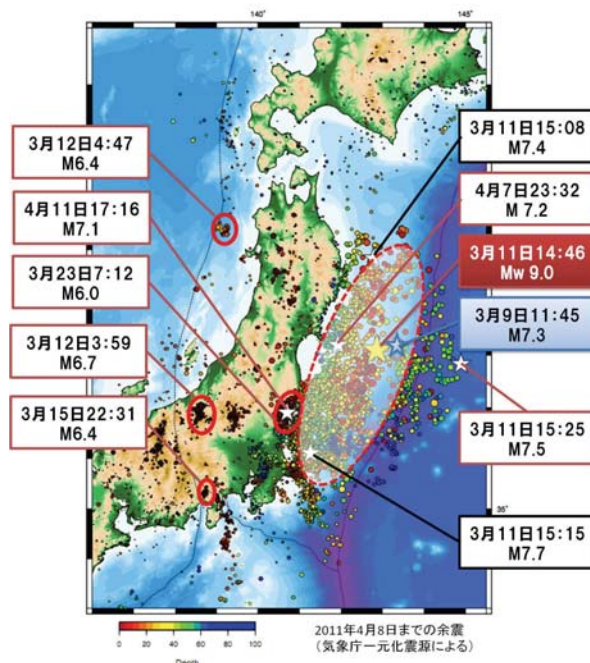


図5 主な余震・誘発地震の位置  
(東京大学地震研究所<sup>5)</sup>による)

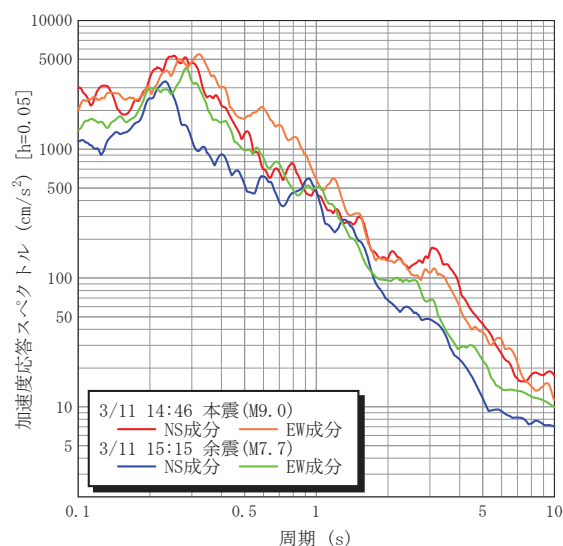


図6 K-NET 銚田における加速度応答スペクトル

り強く噴出したとある。

K-NET 銚田 (IBR013) における加速度応答スペクトル (減衰5%) を図6に示す。ほぼ本震に匹敵する大きさである。

## 5.2 4月7日の余震

4月7日23時32分頃に宮城県沖の深さ約65kmでM=7.1の地震が発生し、宮城県で最大震度6強を観測した(図7)。

発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、震源が深いこと、余震分布が南東傾斜であることから、プレート境界の地震ではなく、太平洋プレート内で発生した地震とされて

いる (図 8)<sup>1)</sup>。

この地震では、東北電力管内で最大 4,006,382 戸と大規模な停電が発生した<sup>14)</sup> (ほぼ東北全体の 7 割に相当)。復旧は、10 日 0 時 15 分である。原因は、原子力安全・保安院によるとスイッチの切り替えの設定ミスで保護装置が働かなかったためである<sup>15)</sup>。また、東北自動車道では、平泉前沢 SA 付近で盛土が長さ 30m ほどにわたって崩れ、通行止めとなった (10 日に復旧)。この付近では、住宅被害も少なくなく、10 日に応急危険度判定が実施されていた。

図 9 に K-NET 北上 (IWT012)、図 10 に K-NET 仙台 (MYG013) における加速度応答スペクトルを示す。周期 1 秒以下では、部分的に本震を上回る周期帯もある大きさである。

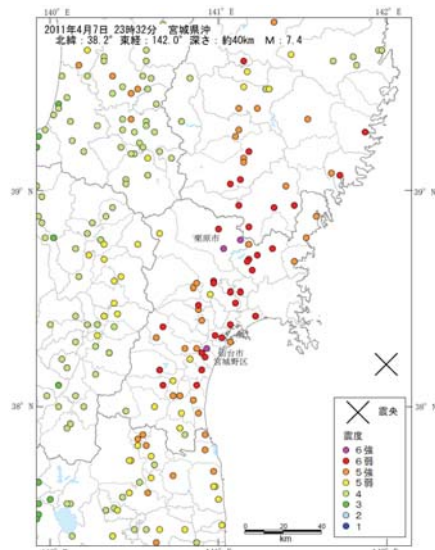


図 7 震度分布 (4 月 7 日の余震)

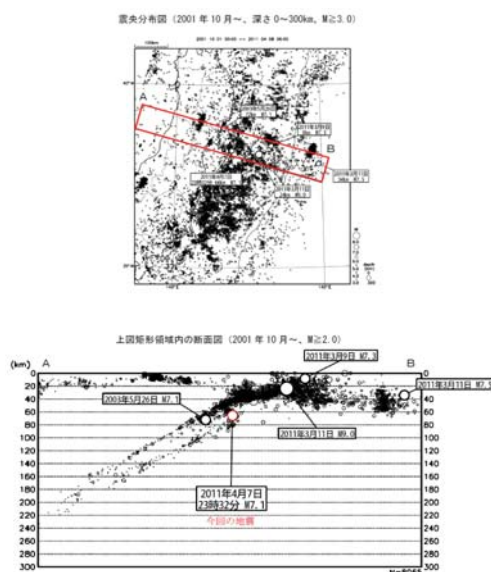


図 8 余震の分布と 4 月 7 日の余震の位置

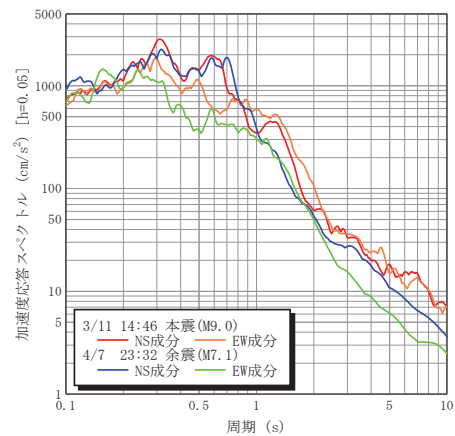


図 9 K-NET 北上における加速度応答スペクトル

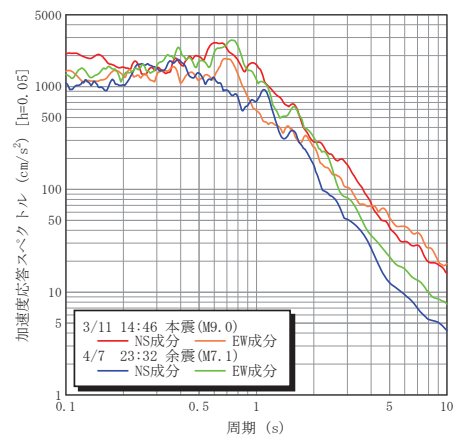


図 10 K-NET 仙台における加速度応答スペクトル

### 5.3 4 月 11 日の活断層による地震

4 月 11 日 17 時 16 分頃に福島県浜通りの深さ約 6km で M=7.0 の地震が発生し、福島県と茨城県で最大震度 6 弱を観測した。

この地震の発震機構は、西南西-東北東方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内の浅い地震であ

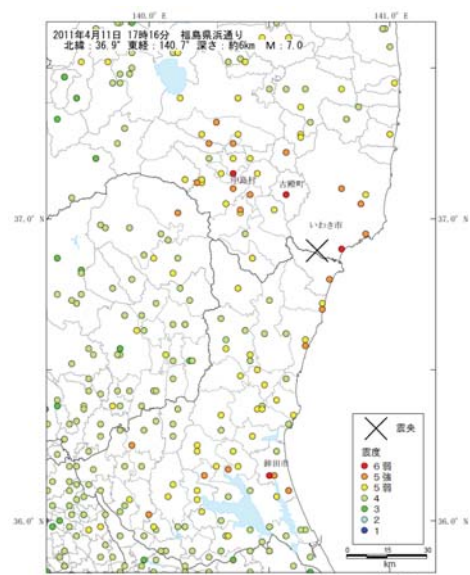


図 11 震度分布 (4 月 11 日の地震)

る<sup>1)</sup>。産業総合技術研究所により、断層が地表に露頭したことが報告されている<sup>16)</sup>。

いわき市を中心に、停電、住宅倒壊、崖崩れ、等の被害が発生した。

## 6. 観測地震動の特徴

### 6.1 周波数特性

主な観測記録の加速度応答スペクトルを重ねて図12に示す。また、1995年兵庫県南部地震や2007年新潟県中越沖地震など国内での主な強震観測記録との比較を図13に示す。いずれも、水平2成分を合成した値を示している。

既往の主な記録と比べると周期1秒以上では小さい。地震規模が巨大であることから、周期20秒辺りの通常の構造物に影響しない成分で大きいようである。K-NET 築館(MYG004)の周期0.24秒で約13,000cm/s<sup>2</sup>という極めて大きな最大加速度応

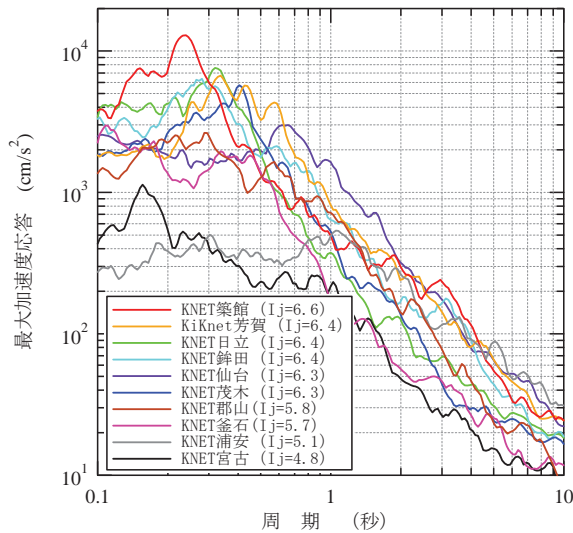


図12 観測記録の加速度応答スペクトル (減衰5%)

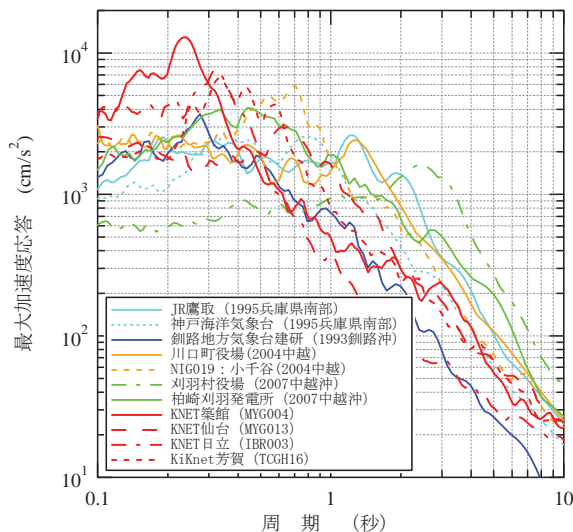


図13 既往地震の加速度応答スペクトルとの比較 (減衰5%)

答となっている。加速度波形を図14に示す。かつ他の観測点でも、0.5秒以下の短周期成分が著しく卓越している。図15にK-NET 築館での常時微動のフーリエスペクトルを示す。4Hz (周期0.25秒)付近で卓越しており、地盤条件と関連していると考えられる。また、高さ1.5m程度駐車場位置より上に地震計はあり、上では大きく増幅されていることがわかる。このような局所的条件により大きく揺れた地点と考えられ、周囲での建物被害は少ない。K-NET 日立等も、盛土上に置かれており、同様に局所的条件が影響していると考えられる。

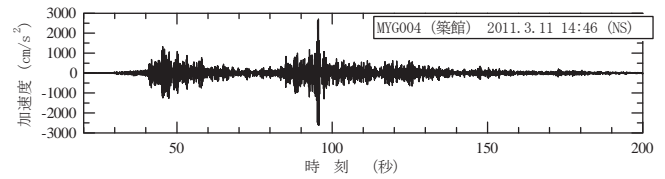


図14 K-NET 築館における観測加速度波形 (NS)

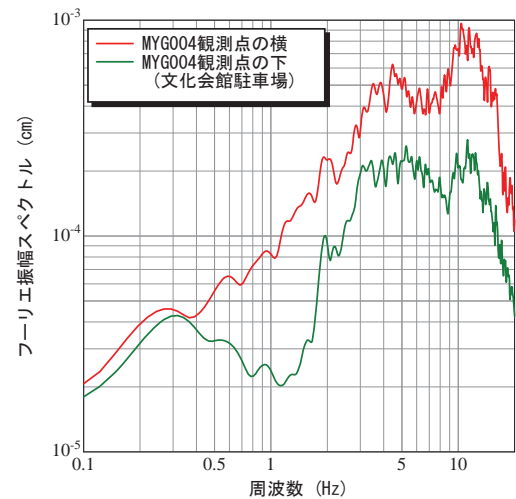


図15 常時微動のフーリエ・スペクトル

### 6.2 継続時間

図16は、国内における主要観測加速度波形を並べたものである。縦軸は少し変えているが、横軸は合わせてある。1995年阪神淡路大震災や2004年新潟県中越地震の波形は20~30秒であるのに対し、今回の地震は120秒程度続いており、極めて長い。M=8.0で同じプレート境界型である2003年十勝沖地震と比べても1.5倍程度ある。

継続時間が長いことが、被害に影響していると考えられ、その典型例が地盤の液状化である。図17は、K-NET 稲毛(千葉市美浜区)での観測波形である。時刻120秒付近で、サイクリックモビリティにより急激に大きな加速度が現れた後、液状化に至ったと推察され、観測点敷地内では大量の噴砂が見られた。

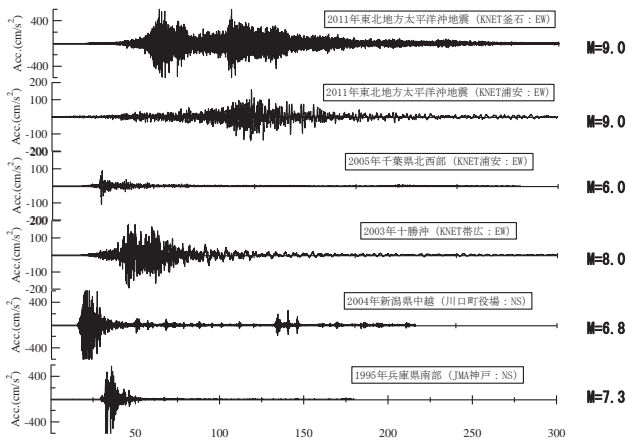


図 16 過去の地震記録との継続時間の比較

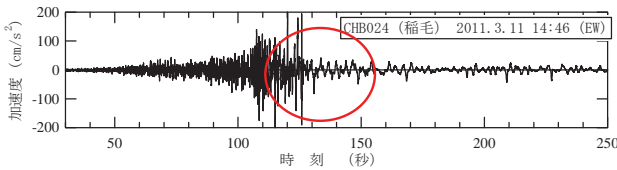


図 17 液状化地点の波形 (KNET 稲毛)

### 6.3 首都圏における地震動

首都圏では、東京ガス株式会社の地震防災システム SUPREME により、約 4000 点の地震観測網が構築されている。図 18 は、その観測値を収集・表示している Jishin.net (会員制) による SI 値分布図<sup>17)</sup>である。東日本大震災に関しては、防災科研 K-NET 及び KiK-net、国土交通省、横浜市による高密度強震観測網による記録からの値も示している。SUPREME では、50m メッシュの SI 値分布推定、液状化危険度推定、導管被害推定が地震発生から 10 分以内に行われている。

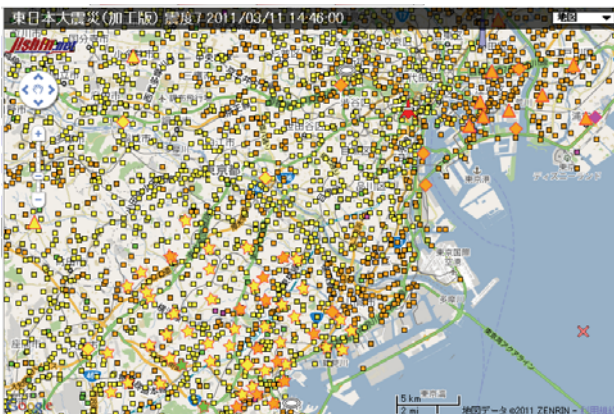


図 18 首都圏における高密度 SI 値分布 (TG 情報ネットワーク: Jishin.net<sup>17)</sup> より)

今後、地震動分布の高精度化をさらに進めると共に、各種被害と地震動との関係について検討を進める予定である。本研究では、防災科学技術研

究所強震観測網、港湾地域強震観測、横浜市強震計ネットワークのデータを使用させて頂きました。関係各位に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 気象庁: 気象庁発表情報、  
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-porta1.html#b>
- 2) 宇佐美龍夫: 最新版 日本被害地震総覧 [417]-2001、東京大学出版会、2003 年
- 3) 山下文男: 津波てんでんこー近代日本の津波史、新日本出版社、2008 年
- 4) 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター: 貞観地震に関する成果報告、報道等、  
<http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/Tohoku/press.html>
- 5) 東京大学地震研究所: 2011 年 3 月東北地方太平洋沖地震、  
[http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103\\_tohoku/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/)
- 6) 防災科学技術研究所 強震観測網 web サイト:   
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 7) 港湾地域強震観測 web サイト:   
<http://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>
- 8) 気象庁 web サイト: [http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311\\_tohokuchihou-taiheiyouuki/index.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchihou-taiheiyouuki/index.html)
- 9) 横浜市高密度強震計ネットワーク web サイト:   
<http://www.city.yokohama.jp/me/anzen/kikikanri/eq/>
- 10) 末富岩雄・石田栄介・福島康宏: 全国即時地震動分布推定のためのモデル構築に関する一検討、第 13 回日本地震工学シンポジウム論文集 CD, PS3-Sat-23, 2010 年
- 11) 防災科学技術研究所 地震ハザードステーション:   
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 12) 末富岩雄・福島康宏: 2011 年東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) における地震動分布の推定、土木学会第 66 回年次学術講演会 (投稿中)
- 13) (独) 防災科学技術研究所 川崎ラボラトリー: 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト「Ⅲ.1 震災総合シミュレーションシステムの開発」公開ソフトウェア、2007 年
- 14) 東北電力 web サイト:   
<http://www.tohoku-epco.co.jp/index.html>
- 15) 経済産業省原子力安全・保安院 web サイト:   
[http://www.nisa.meti.go.jp/earthquake\\_index.html](http://www.nisa.meti.go.jp/earthquake_index.html)
- 16) 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター: 平成 23 年東北地方太平洋沖地震速報、  
<http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/Tohoku/index.html>
- 17) ティージー情報ネットワーク web サイト:   
<http://www.jishin.net/>

# 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

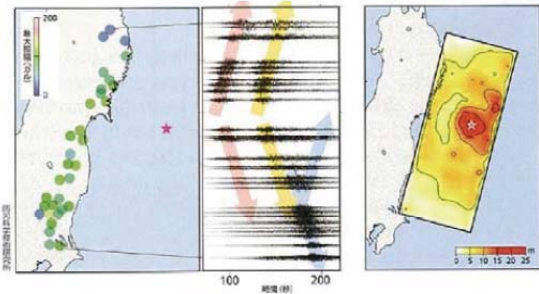
宮城県牡鹿半島東方沖のおよそ130km、深さ24kmを震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。三陸沖の日本海溝沿いに北は青森県沖、南は茨城県沖に達する南北450km、東西200kmという広大な震源域を有するわが国有史以来最大のマグニチュード(以下、Mと略記)9.0の巨大地震であった(図1)。

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<sup>1)</sup>。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<sup>1)</sup>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<sup>2)</sup>をもたらした。そのメカニズムは、図2<sup>3)</sup>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3<sup>4)</sup>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40.5m<sup>5)</sup>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<sup>6)</sup>。



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<sup>1)</sup>

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

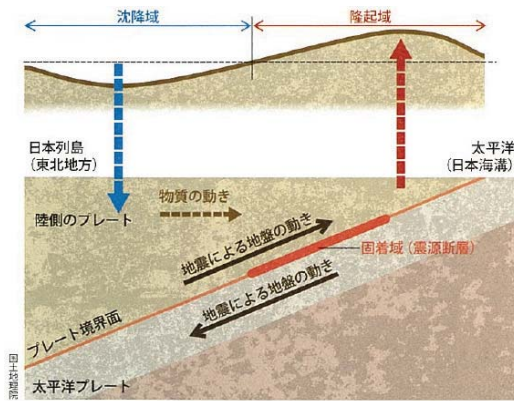


図2 今回の地震によって生じた地殻変動の模式図<sup>3)</sup>



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—

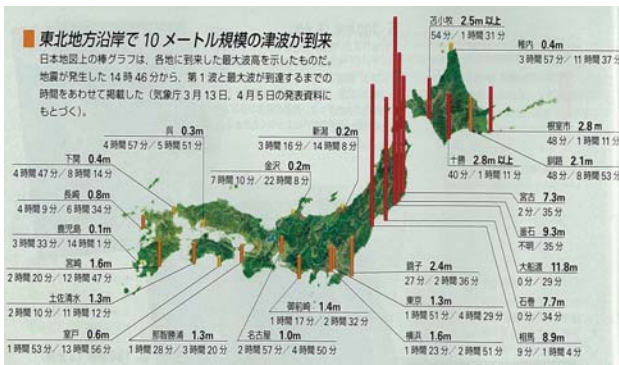


図3 今回の地震で各地に到達した津波高さ<sup>4)</sup>



写真2 南三陸町災害対策本部屋上での津波襲来状況<sup>6)</sup>

### 3. 被害の概要

表3<sup>7)</sup>には今回の大震災の被災状況を、図4<sup>12)</sup>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<sup>7) 10)</sup>

	人的被害(人)		住家被害(戸)		その他 被害箇所数					
	死者 <sup>10)</sup>	不明者 <sup>10)</sup>	全半壊 <sup>10)</sup>	全半壊 <sup>7)</sup>	浸水 <sup>10)</sup>	道路 <sup>7)</sup>	道路橋 <sup>7)</sup>	斜面 <sup>7)</sup>	堤防 <sup>7)</sup>	鉄道 <sup>7)</sup>
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 多数 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	余震多数 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）。

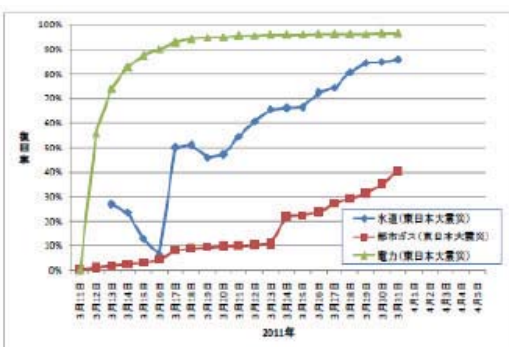
なお、茨城県下での道路橋の被害が 41 か所と、全体 71 か所の 6 割に近い数値となってお

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	杜磨半島沖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)

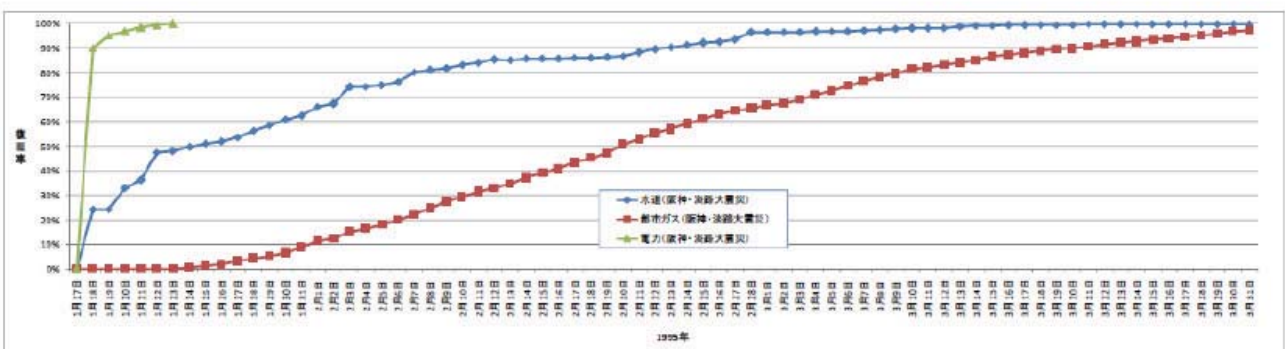


図 21 阪神・淡路大震災における水道・都市ガス・電力の復旧率の推移

図 4 ライフライン(電力、水道、都市ガス)の復旧状況<sup>8)</sup>

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<sup>8)</sup>、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<sup>9)</sup>。

表 6 震災の概要<sup>10)</sup>

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 <sup>2</sup> 、宮城県327km <sup>2</sup> 、福島県112km <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> と5.3倍増加、大潮の満潮位以下の面積は56km <sup>2</sup> と1.8倍増加、また、過去既往最高潮位以下の面積が111km <sup>2</sup> と1.3倍増加した。

3月14日 17時 30分現在

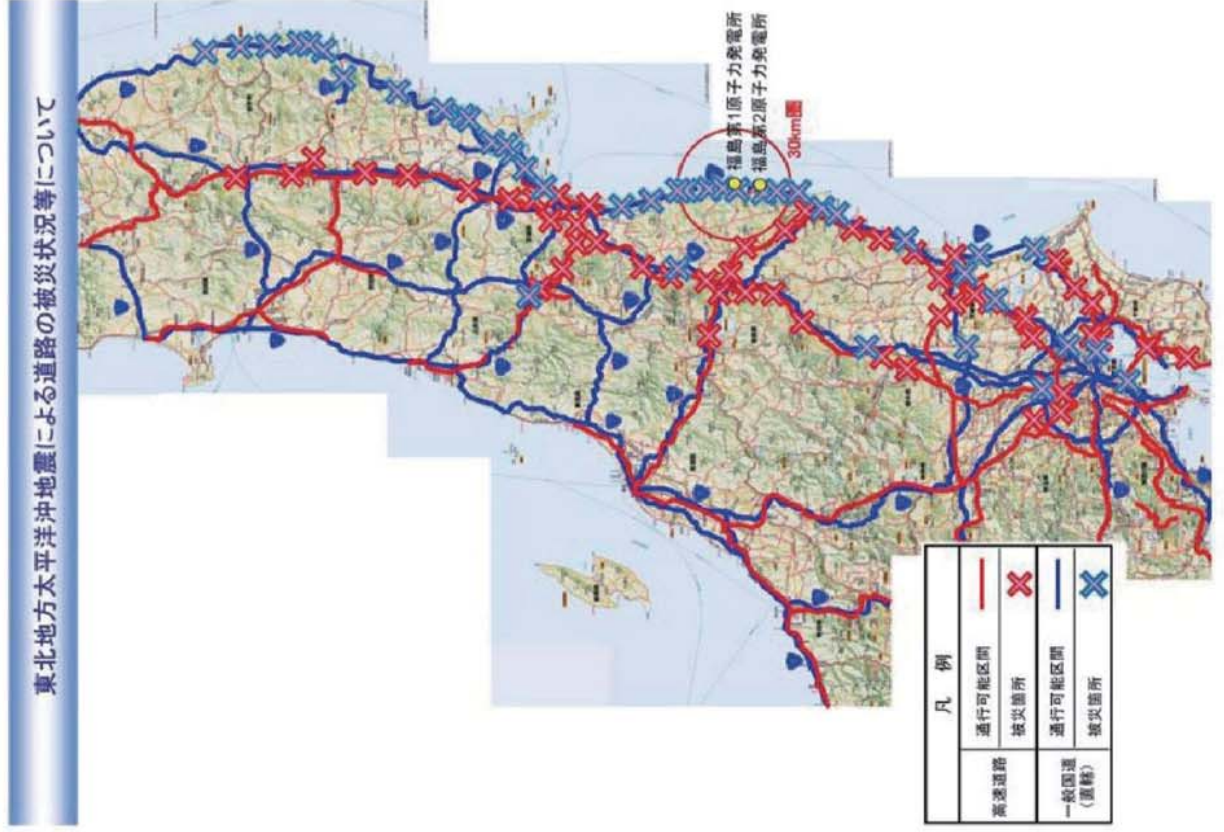
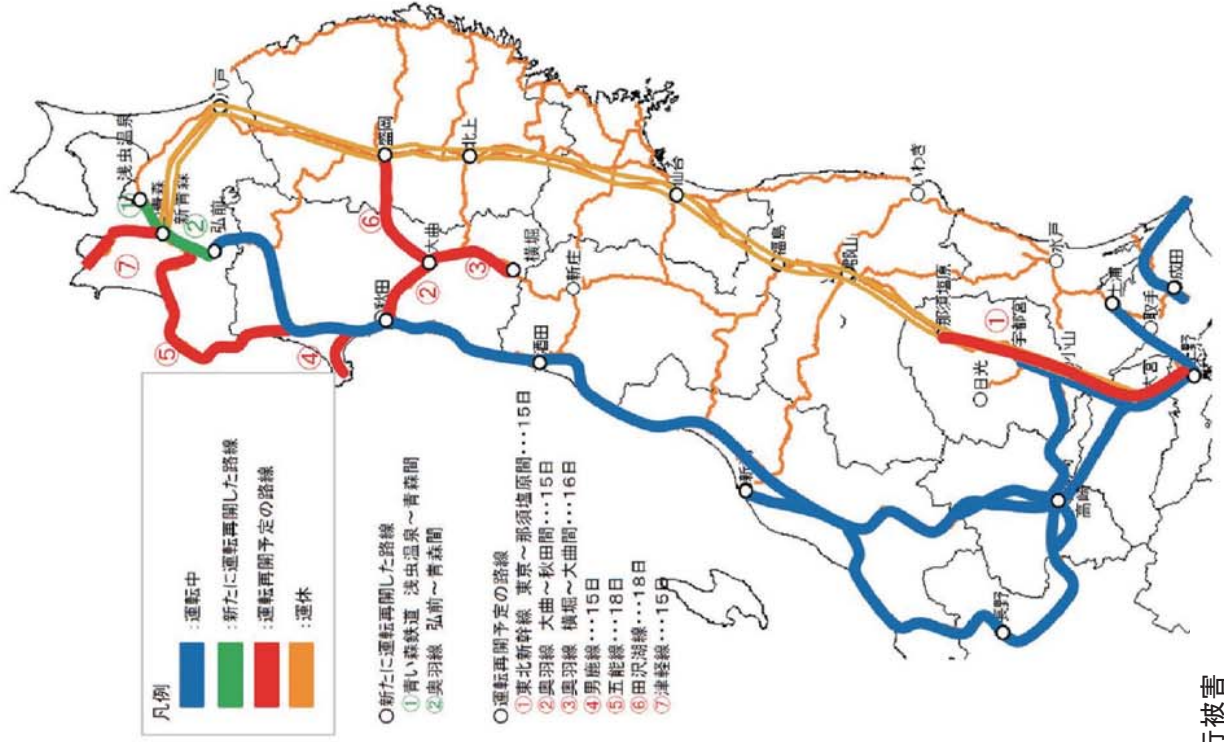


図5 道路の被害と鉄道の運行被害

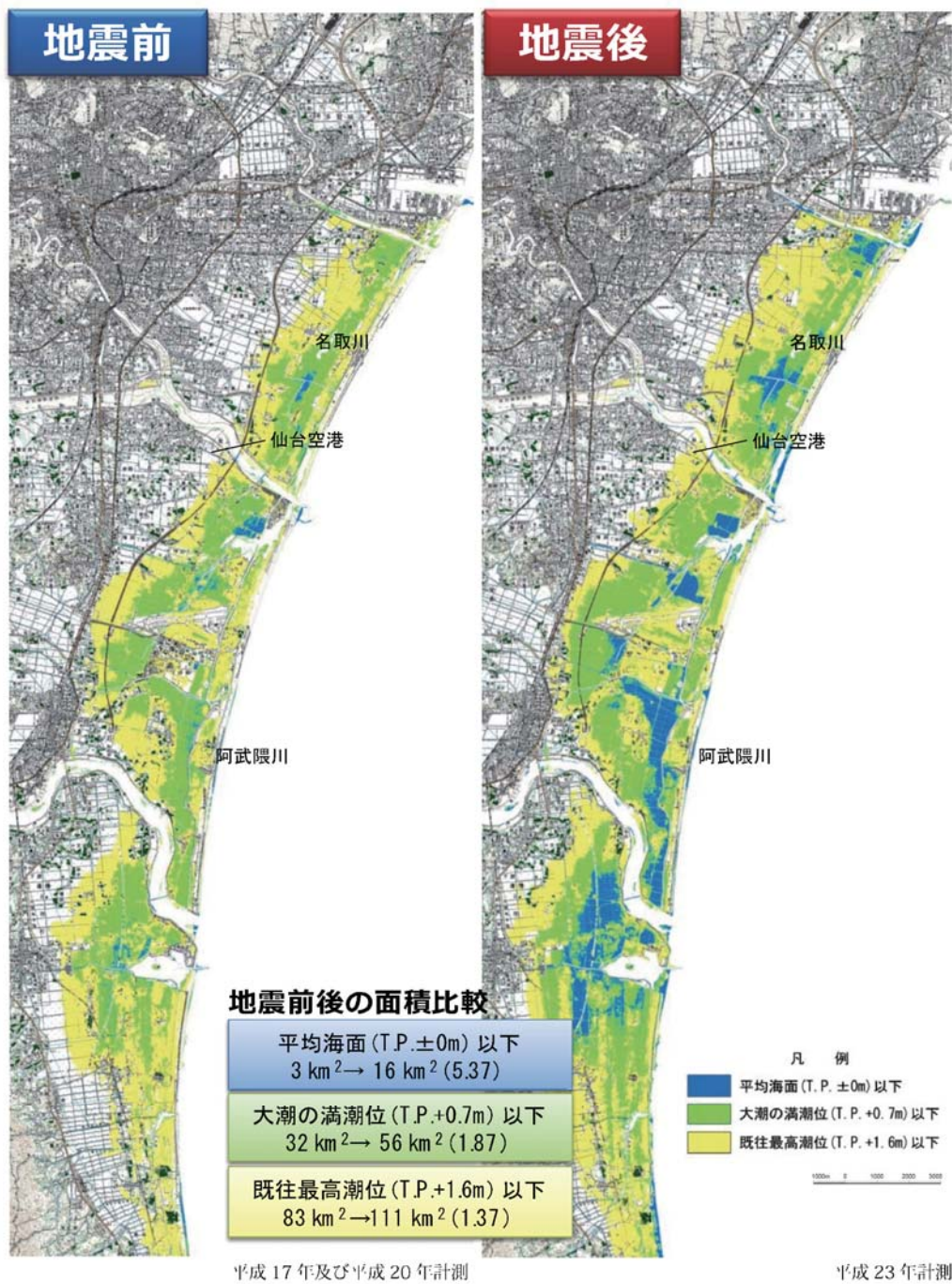


図 6 東日本大震災による仙台平野における地盤沈下の状況

#### 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/](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 国土交通省の災害対応一、平成 24 年 3 月 11 日