

下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書（案）

東日本大震災における下水道施設被害の総括と
耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方

平成 24 年 3 月

下水道地震・津波対策技術検討委員会

まえがき(案)

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、国内観測史上最大となるマグニチュード 9.0 を記録した大地震であり、加えて巨大津波を同時に発生させた未曾有の大災害であった。今回の災害により 1 万 5 千人を超える多くの人命や財産等多くのものを失った我々がなすべきことは、被災地の早期の復興に向けた支援とともに、この経験と教訓を後生に伝え活かすことである。

東日本大震災は、同時に下水道施設にも大きな被害をもたらした。東北から関東にかけての広い範囲で被害が発生し、管きよの被災延長は 600 km 以上、マンホールの被災個数は 1 万 5 千基以上であり、兵庫県南部地震や新潟県中越地震の被害規模を大きく上回っている。

今回の地震では、関東地方沿岸部の埋め立て地及び利根川沿いの造成地等で、周辺地盤の液状化により管きよやマンホールで多くの被害が発生したが、特に液状化した土砂が管路内に大量に流入し、管路を閉塞させるという新たな事象が生じた。この事象は、被災後の復旧活動にも大きな支障となり、下水道サービスの使用制限長期化を招いたことから、耐震対策とあわせて減災対策についても取り組む必要性がある。

一方、処理場については巨大津波による被害が顕著であり、東北地方太平洋沿岸部に位置する処理場及びポンプ場の多くが、浸水とともに津波による波圧や漂流物による衝撃により壊滅的な被害を受け、震災後 1 年を経過してなお 14 処理場が通常処理を再開できずにいる。下水道施設はこれまで、耐震対策を中心に対策を講じてきたが、津波への備えは十分に議論されていなかった。

壊滅的な被害を受けた処理場では、電気機械設備の損傷による処理機能停止や電源喪失により、未処理下水が流出する事態が発生した。処理施設の機能停止は、水系伝染病の発生など公衆衛生上重大な事態を引き起こすおそれがあることから、今後、想定される大規模地震に対して、耐震対策だけでなく耐津波対策についても、緊急的な取り組みが必要である。

本委員会は、地震の発生から約 1 ヶ月後の 4 月 12 日に設置され、翌年 3 月 22 日の第 7 回委員会に至るまでの間に、第 1 次提言「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」4 月 15 日、第 2 次提言「段階的応急復旧のあり方」(6 月 13 日)、第 3 次提言「本復旧のあり方」(8 月 11 日)、第 4 次提言「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」(3 月 6 日)をとりまとめた。

本報告書は、本委員会が検討してきた成果を集大成したものであり、東日本大震災のみでなく、同時期に発生した長野県北部地震、静岡県東部地震などを含め、今回の一連の地震による下水道施設の被害内容を総括し、下水道が地震に対してどのような備えをすべきか、また、どのような貢献ができるのかをとりまとめたものである。本報告書を受けて、早急に総合的かつ計画的な下水道地震対策を推進するとともに、地震対策に係る技術指針についても適宜見直しを行っていくことが望まれるところである。

最後に、被災を受けた自治体の方々に対しては、被災の混乱の状況にも拘わらず、本委員会の調査に全面的に協力いただき、深甚なる謝意を表するとともに被災地の一日も早い復興を願う次第である。また、多方面にわたる知見をもとに貴重なご意見を賜った委員各位及び支援自治体の方々に対し、心から感謝を申し上げる次第である。

本委員会の成果が、下水道界における地震対策の促進に向けた取組みに寄与するとともに、安全で安心できるまちづくりに貢献できれば幸いである。

下水道地震・津波対策技術検討委員会

委員長 濱 田 政 則

目 次

第Ⅰ編 東日本大震災の総括

第1章	下水道施設被害の総括	1
1-1	被害の全般概況	1
1-2	下水道施設の被害	20
1-3	下水道施設被害調査結果	23
1-4	被害の特徴と要因	63
1-5	下水道施設被害による社会的影響	151
第2章	緊急措置、応急復旧、本復旧の状況とあり方	169
2-1	緊急措置、応急復旧の状況	169
2-2	下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言	218
2-3	段階的応急復旧のあり方	225
2-4	東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方	240
2-5	提言発出後の状況	255
第3章	今後の耐震・津波対策における新たな視点	259
3-1	管路施設の耐震対策	259
3-2	管路及び処理場・ポンプ場の耐津波対策	262
3-3	耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方	264
3-4	災害時における広域支援のあり方	278
3-5	東日本大震災の事例を踏まえた下水道BCPのあり方	285
第4章	復興への新たな取り組み	286
4-1	復興に向けての基本方針	286
4-2	復興への具体的な取り組み	287
第Ⅱ編	耐震・耐津波対策の現状と今後の進め方	
第1章	耐震・耐津波対策の現状と課題	296
1-1	下水道施設の耐震対策の現状	296
1-2	下水道施設の耐津波対策の現状	299
1-3	下水道施設の耐震・耐津波対策の課題	302
第2章	耐震対策・耐津波対策を進めるにあたっての基本的考え方	303
2-1	基本的な考え方	303
2-2	重点的な耐震対策・耐津波対策の促進	305
2-3	対象とする規模	306
2-4	地震・津波時に下水道が有すべき機能	308
2-5	耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標	310
2-6	耐震性及び耐津波性の向上に向けての減災目標	314
第3章	下水道耐震対策指針類の課題とあり方	315
3-1	液状化対策の課題とあり方	315
3-2	耐津波対策の課題とあり方	318

1. 委員会設立趣旨

1-1 設置趣旨

下水道は重要なライフラインの1つであり、都市の下水を常に適切に排除、処理する役割を担っている。大地震等により下水道がその役割を果たすことができなくなった場合には、各家庭のトイレが使用できないなど住民の生活に大きな影響を与えると同時に、汚水の滞留や未処理下水の流出による公衆衛生被害の発生や雨水排除機能の喪失による浸水被害の発生など、住民の生命に係わる重大な事態を生じる恐れがあり、このような事態を回避するために、下水道施設機能の信頼性を高めることが強く求められている。

下水道における地震対策は、阪神・淡路大震災や新潟県中越地震等の教訓を踏まえ、2段階の設計対象地震動を設定し、各施設の重要度などを考慮した耐震対策の考え方を提示し、その対策を促進してきたところである。

このような中、3月11日に発生した東日本大震災は、有史以来最大規模の被害をもたらした。特に震災当初は48処理場、79ポンプ場が稼働停止となるなど、壊滅的被害をうけた。これらの施設については、早急に応急復旧を図りつつ、本復旧を進めることになるが、その際、適切な応急復旧を行い、再度災害を防止するための本復旧を行うためには、今回の被害の特徴をとらえ、これまでの施設設計の考え方について、被害の実態を踏まえ様々な角度から検証し、施設の各復旧のあり方をとりまとめ、提示することが必要であった。

また、今回の震災では、従前の耐震対策中心の下水道施設の対策のあり方に課題を残した。被災地に向けて提示された各復旧のあり方を踏まえて、被災した下水道施設以外の全国の下水道施設に適用すべく、今後の耐震・耐津波対策の方向性についてとりまとめ、提示することが必要であった。

このため、総合的かつ計画的な下水道地震対策を推進するとともに、地震対策に係る技術指針についても適宜見直しを行っていく方針を示すこと目的として、学識経験者、国土交通省、地方公共団体、関係団体が参画する「下水道地震・津波対策技術検討委員会」を設置したものである。

2. 委員会名簿および開催状況

2-1 下水道地震・津波対策技術検討委員会委員名簿

	氏 名	役 職
委員長	濱田 政則	早稲田大学創造理工学部社会環境工学科教授
委 員	今村 文彦	東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター教授
委 員	大村 達夫	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授
委 員	中林 一樹	明治大学大学院政治経済学研究科特任教授
委 員	野村 充伸	日本下水道事業団技術戦略部長
委 員	藤間 功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科教授
委 員	藤本 康孝	横浜国立大学工学部電子情報工学科准教授
委 員	松尾 修	財団法人先端建設技術センター普及振興部長
委 員	安田 進	東京電機大学理工学部建設環境工学科教授
委 員 (行政代表)	菅原 敬二	宮城県土木部下水道課長
委 員 (行政代表)	渋谷 昭三	仙台市建設局次長兼下水道事業部長
委 員 (行政代表)	黒住 光浩	東京都下水道局計画調整部長
委 員 (行政代表)	山本 智	大阪市建設局西部方面管理事務所長
委 員 (行政代表)	畑 恵介	神戸市建設局下水道河川部長
特別委員	岡久 宏史	国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道事業課長
特別委員	堀江 信之	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部長
特別委員	佐伯 謹吾	社団法人日本下水道協会理事兼技術研究部長

(注) 学識委員については、五十音順

2-2 委員会開催状況

第1回委員会（平成23年4月12日開催）

- ・下水道における地震対策の取り組み状況について
- ・東北地方太平洋沖地震での下水道施設の被害状況と復旧状況について
- ・下水道施設の復旧支援の状況について

「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」公表（平成23年4月15日）

第2回委員会（平成23年5月24日開催）

- ・被害状況と復旧状況について
- ・段階的応急復旧方針のあり方について
- ・機動的な公衆衛生の確保方針のあり方について

「段階的応急復旧のあり方」公表（平成23年6月13日）

第3回委員会（平成23年7月19日開催）

- ・被災した下水道施設の本復旧のあり方

「東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方」公表（平成23年8月11日）

第4回委員会（平成23年10月17日開催）

- ・東日本大震災直後の復旧対応状況とBCPのあり方について
- ・東日本大震災における広域支援状況について
- ・東日本大震災における全面的な液状化被害の事例報告

第5回委員会（平成23年12月15日開催）

- ・東日本大震災における下水道施設被害の総括
- ・下水道処理施設の復旧工程
- ・津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方
- ・下水道施設指針類の課題

第6回委員会（平成24年2月24日開催）

- ・下水道施設被害の総括
- ・耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方
- ・下水道施設指針類のあり方

「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」公表（平成 24 年 3 月 6 日）

第 7 回委員会（平成 24 年 3 月 22 日開催）

- ・委員会報告書（案）の審議

3. 本書の構成

本書の本文は第Ⅰ編、第Ⅱ編より構成されている。

「第Ⅰ編 東日本大震災の総括」では、東日本大震災から得られた教訓及び被災地の一日も早い復旧・復興に向けた方策を整理するために、東日本大震災において被災した下水道施設について被害の状況把握を行うとともに、津波により壊滅的な被害を受けた施設の緊急措置、応急復旧、本復旧の状況について整理した。各復旧においては、本委員会でもりとめた適切な応急復旧と、再度災害防止に向けた本復旧を行うための3つの緊急提言についても言及した。

また、東日本大震災の被害の特徴等を踏まえ、今後の下水道施設の耐震・耐津波対策上配慮すべき新たな視点についても整理した。

さらに、今回震災では、「復旧」の枠組を超えた他事業と連携協力して一体的にまちづくりを行う「復興」への取り組みが求められたことから、被災地における復興に向けての取り組みについても言及した。

「第Ⅱ編 耐震・耐津波対策の現状と今後の進め方」では、全国的な下水道施設の耐震・耐津波対策の現状を整理し、今後進めるべき耐震・耐津波対策の促進方策の考え方について言及した。耐震対策については、従来の考え方を踏襲するものとし、とくに今回震災で被害の顕著であった津波に対する対策として、新たに想定津波の考え方を整理した。

地震・津波時に下水道が有すべき機能としては、人命を守ることに加え、公衆衛生の確保及び浸水被害の防除、トイレの確保等を念頭に置き、時間軸と対策施設を考慮した防災・減災目標の考え方について言及した。

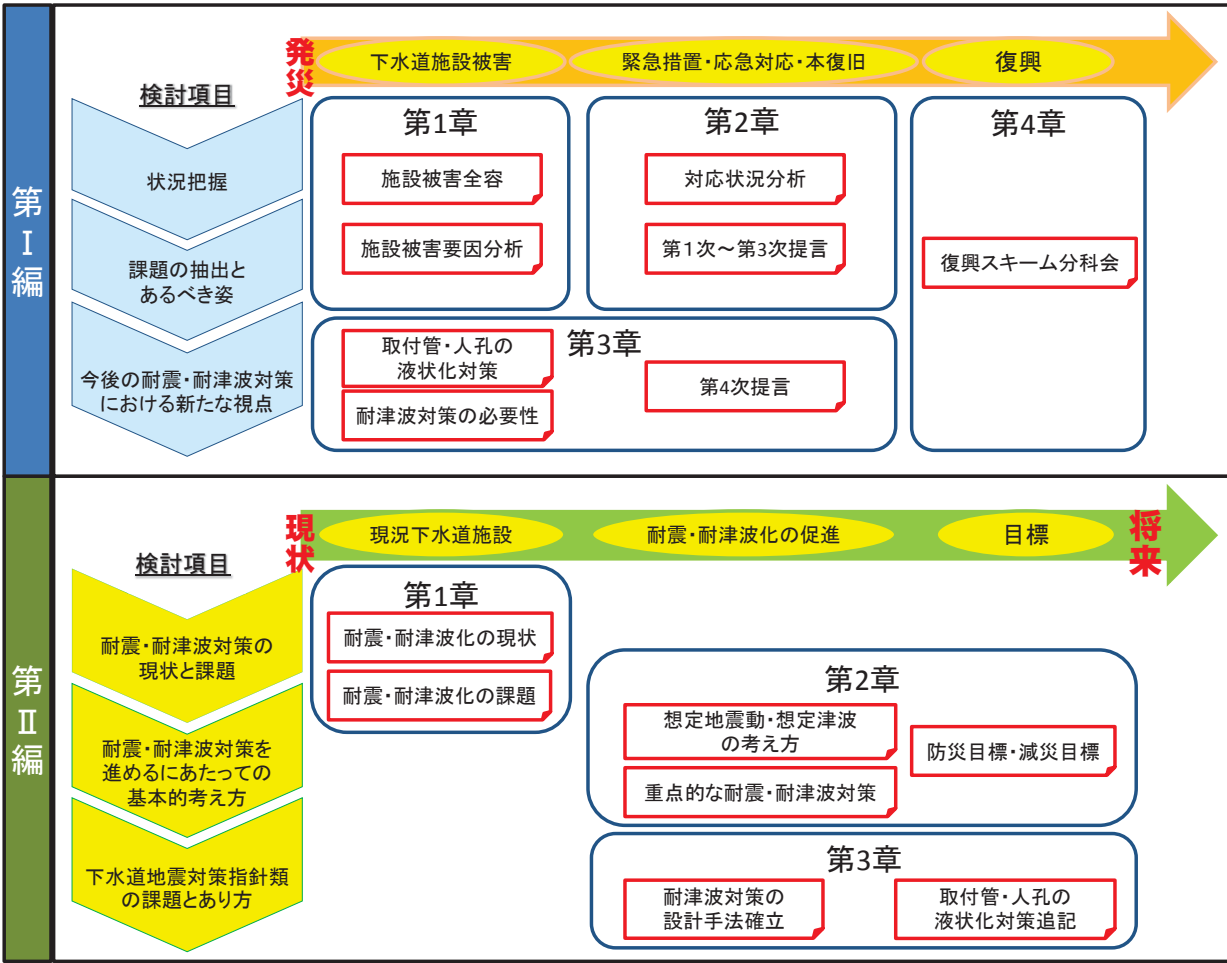
また、現行の指針等（「下水道施設の耐震指針と解説（日本下水道協会 1997 年版）」、「下水道の地震対策マニュアル（日本下水道協会 1997 年版）」）等に追加すべき施設の耐震対策及び耐津波対策についても言及した。

なお、津波により壊滅的な被害を受けた施設の緊急措置、応急復旧状況等に基づき事業継続性の観点から課題等を抽出し、下水道 BCP の考え方を整理した。この結果は、別途設置された「下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会」（委員長：中林一樹明治大学大学院政治経済学研究科特任教授）へ継承し、『下水道 BCP 策定マニュアル～第2版～（地震・津波編）』としてとりまとめられている。

また、初動・支援体制等についても整理するとともに課題の抽出を行い、広域支援のあり方について整理した。この結果は、下水道協会内に設置している「災害時支援に関する検討委員会」等にて、自治体間の支援に関するルール改定に供される。

構成及び各編の概要を以下に示す。

第Ⅰ編 東日本大震災の総括		東日本大震災から得られた教訓及び課題、被災地の一日も早い復旧・復興に向けた方策を提示
第1章	下水道施設被害の総括	地震・津波の概況を示すとともに、下水道施設被害の全容を整理した。また、被害の特徴と要因について傾向分析した。
第2章	緊急措置、応急復旧、本復旧の状況とあり方	稼働停止となった処理場や管路からの溢水防止のために実施した緊急措置及び応急対応の状況を時系列的に整理した。また、適切な対応を図るために発出した3つの提言についても記載した。
第3章	今後の耐震・耐津波対策における新たな視点	第1章及び第2章の被災状況及び被災後の対応状況等から得られた、今後の耐震・耐津波対策に向けて必要となる新たな視点について整理した。
第4章	復興への新たな取り組み	今回震災で特徴的であった「復興」に向けた取り組みについて、復興スキーム分科会で議論された事項を整理した。
第Ⅱ編 耐震・耐津波対策の現状と今後の進め方		今後、全国で進めるべき耐震・津波対策の促進方策の考え方を提示
第1章	耐震・耐津波対策の現状と課題	全国の耐震化及び耐津波化の現状について整理した。
第2章	耐震・耐津波対策を進めるにあたっての基本的考え方	今後の耐震・耐津波対策を進めるにあたっての想定地震動や想定津波の考え方を整理するとともに、時間軸に基づく防災目標及び減災目標について記載した。
第3章	下水道地震対策指針類の課題とあり方	今後必要となる指針類の改訂方針について整理した。



第 I 編

東日本大震災の総括

第 1 章 下水道施設被害の総括

1-1 被害の全般概況

(1) 地震

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、三陸沖を震源（深さ約 24km）とするマグニチュード 9.0 の国内観測史上最大規模となる地震が発生した。

最大震度は宮城県栗原市で記録された 7 であり、最大加速度は栗原市築館において観測された 2,933gal である。

この地震は断層面が水平に対して 10 度と傾きが浅く、西北西-東南東方向に圧縮される、低角逆断層（衝上断層）型のずれであり、水平方向の変位量が多い、海溝型地震である。

また、この地震は、単一ではなく、3 つの地震動が連動した連動型地震であり、破壊断層が、南北に 400 km、東西に 200 km の広範囲で、岩手県沖から茨城県沖までの広範囲に及んだ。表 I-1-1 に地震の震源及び規模等を示す。また、図 I-1-1 に震度分布図を表 I-1-2 に過去の大規模地震と今回の地震の規模等の比較を示す。

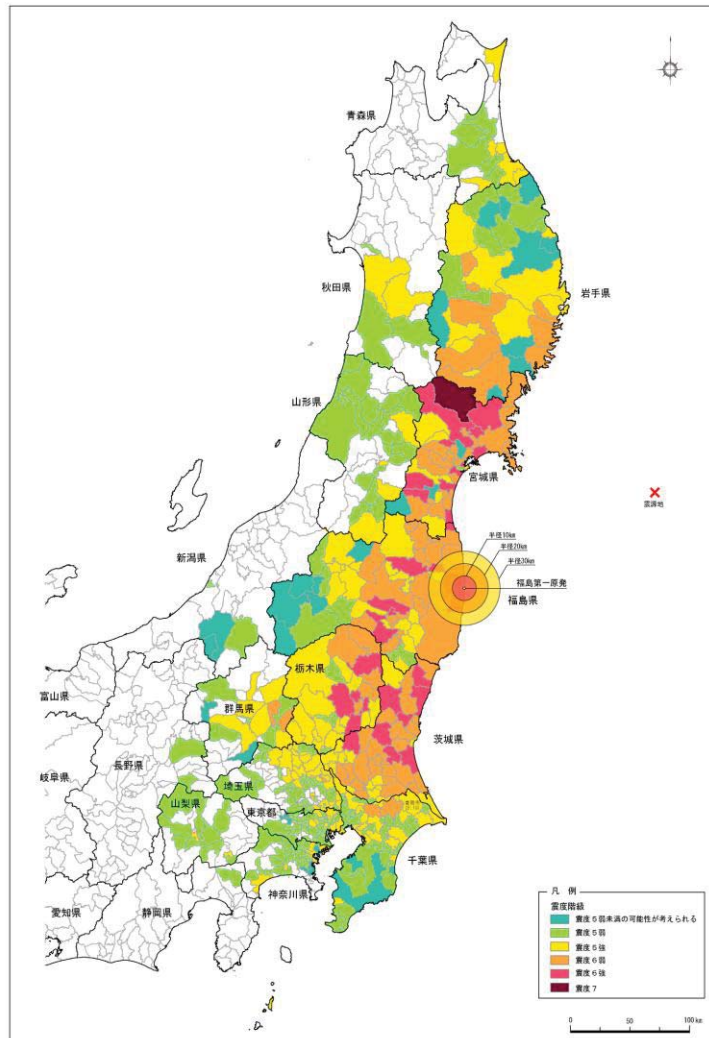


図 I-1-1 本震による震度分布図

表 I-1-1 地震の震源及び規模等

地震発生日時	平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分
震源位置	北緯 38 度 06.2 分 東経 142 度 51.6 分 深さ 24 k m
地震規模	モーメントマグニチュード (M _w) 9.0
最大震度	震度 7 (宮城県栗原市築館)
発生機構	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型 (CMT 解)

表 I-1-2 過去の大規模地震と今回の地震の規模等の比較※1

地震名	発生日	マグニチュード	震源深さ	最大震度※2	最大加速度	地震範囲 (震度≥1)
関東地震	1923.9.1	M=7.9	相模湾 海底	VI(烈震)	—	—
新潟地震	1964.6.16	M=7.5 ±0.2	約 40km	V(強震)	約 190gal (新潟市内地下)	26 都道府県
宮城県沖地震	1978.6.12	M=7.4	約 30km	V(強震)	約 320gal (仙台市内軟弱地盤)	25 都道府県
釧路沖地震	1993.1.15	M=7.5	約 100km	VI(烈震)	約 920gal (釧路地方気象台)	19 都道府県
兵庫県南部 地震	1995.1.17	M=7.3	約 14km	VII(激震)	818gal (神戸海洋気象台)	40 都道府県
新潟県中越 地震	2004.10.23	M=6.8	約 13km	VII(激震) 震度 7	1722gal (新潟県川口町川口)	29 都道府県
能登半島 地震	2007.3.25	M=6.9	約 11km	震度 6 強	1304gal (輪島市門前町走出(旧))	37 都道府県
新潟県中越沖 地震	2007.7.16	M=6.8	約 17km	震度 6 強	1019gal (柏崎市西山町池浦)	30 都道府県
岩手・宮城内陸 地震	2008.6.14	M=7.2	約 8km	震度 6 強	4022gal (一関市巖美町祭時)※3	20 都道府県
東北地方太平 洋沖地震	2011.3.11	M=9.0	約 24km	震度 7	2933gal (栗原市築館)※3	45 都道府県

※1 上表は、「下水道地震対策技術検討委員会報告書（平成 20 年 10 月、下水道地震対策技術検討委員会）」に記載

の表に、岩手・宮城内陸地震と東北地方太平洋沖地震を追記したものである。

※2 1996 年 4 月より震度階の表記方法が変わったため、能登半島地震以降の地震については新しい表記方法とした。

なお、新潟県中越地震に関しては旧表記震度も判明しているため、両方を併記した。

※3 防災科学技術研究所の調べ

地震動に関し、兵庫県南部地震の地震動（JR 鷹取駅）と東日本大震災で最大加速度を記録した栗原市築館の地震動を比較したものを図 I-1-2 に示す。兵庫県南部地震の地震動（JR 鷹取駅）が約 50 秒の継続時間であるのに対し、東日本大震災で最大加速度を記録した栗原市築館の地震動は約 200 秒以上の継続時間となっている。

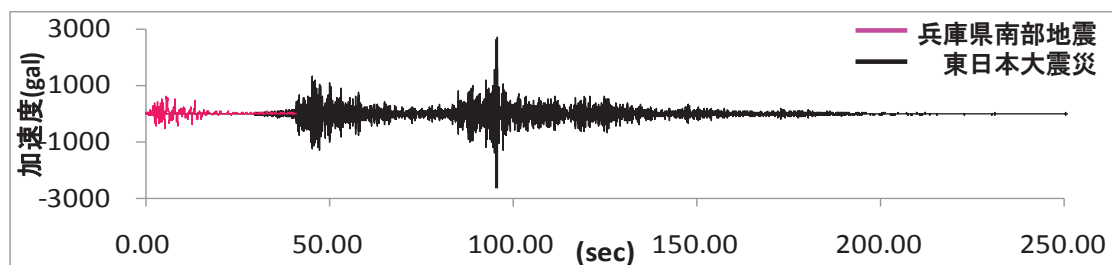


図 I-1-2 地震波形の比較

また、余震の発生回数について、本震発生後から立て続けに M7.0 以上の強い余震が 6 回、M6.0 以上が 96 回、M5.0 以上が 580 回発生した（気象庁発表 1 月 10 日 12 時現在）。図 I-1-3 に過去の地震との余震回数の比較図を示す。過去の地震と比較しても、今回の地震における余震回数が群を抜いて多いことが分かる。

海域で発生した主な地震の余震回数比較（※本震を含む）
（マグニチュード5.0以上）

2012年01月10日12時00分現在

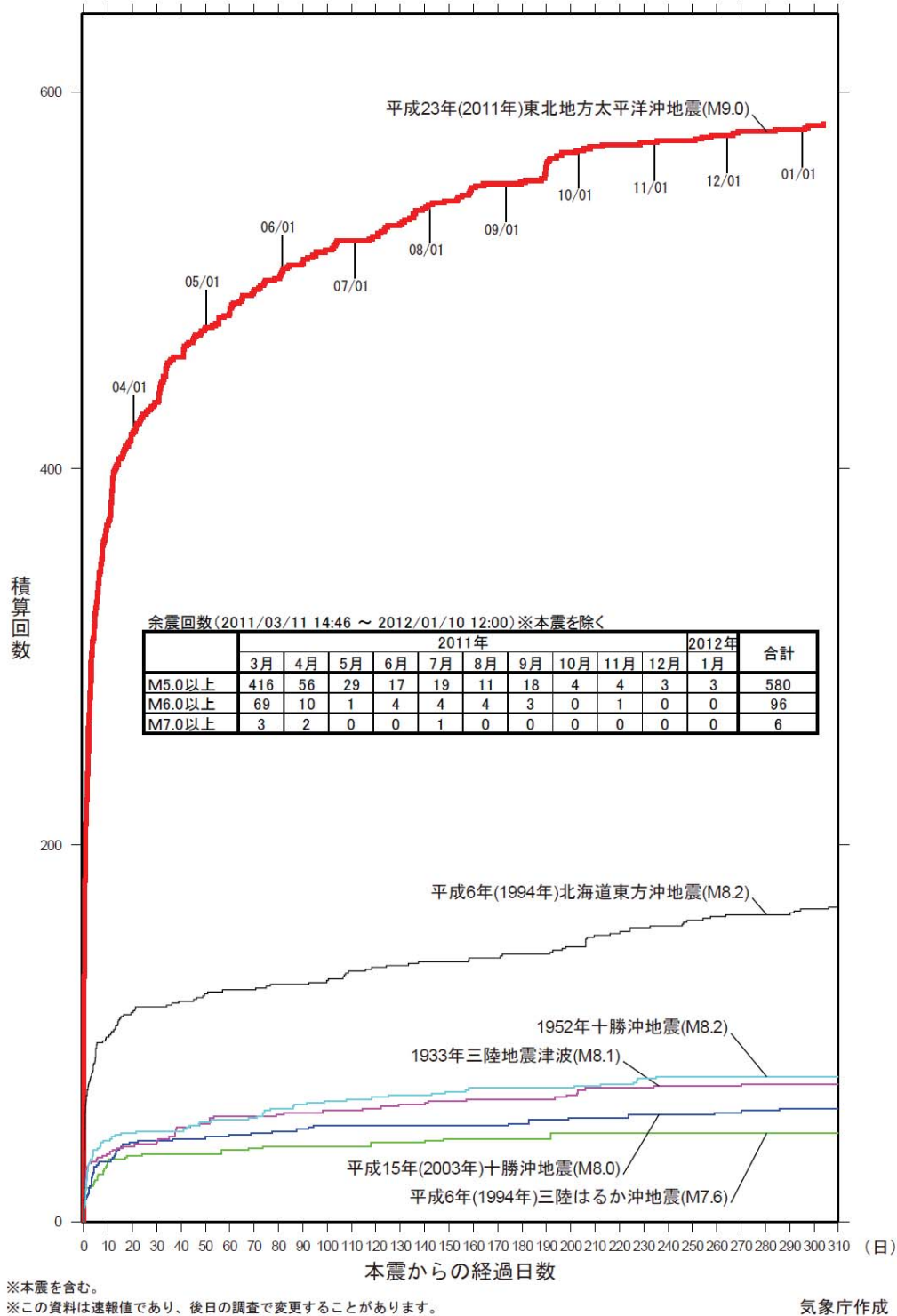


図 I-1-3 余震の発生回数比較（気象庁ホームページより）

また、各市町村における計測した震度の最大値を把握するため、表 I-1-3 に示す本震及び余震について、市町村別の地震規模（計測震度、最大加速度、最大速度）を整理したものを表 I-1-4 に示す。余震の発生位置と規模により、本震と同程度以上の地震規模となった市町村もある。特に、余震 1 は本震とは遠く茨城県沖が震源地となっており、茨城県神栖市や千葉県銚子市・香取市などでは本震と同規模以上であった可能性が考えられる。

表 I-1-3 本震及び大規模余震

地震名	発生日時	震源地	最大震度	マグニチュード	選定理由
本震	2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分	三陸沖	震度 7	M=9.0	最大規模の地震であるため
余震 1	2011 年 3 月 11 日 15 時 15 分	茨城県沖	震度 6 弱	M=7.6	関東地方の液状化要因として考えられるため
余震 2	2011 年 4 月 7 日 23 時 32 分	宮城県沖	震度 6 強	M=7.2	最大規模の余震であるため
余震 3	2011 年 4 月 11 日 17 時 16 分	福島県 浜通り	震度 6 弱	M=7.0	余震により被害が生じたため

※ 余震は、最大規模のもの（余震 2）と、下水道施設の被害に影響したとされるもの（余震 1 及び余震 3）を対象とした。

※ 上記以外の余震（3 月：1 回、7 月：1 回 計 2 回）は、最大震度は 5 以下と小さいため対象外とした。

なお、表 I-1-4 に示した計測震度、最大加速度、最大速度は、産業技術総合研究所が公開している「地震動マップ即時推定システム(Quick estimation system for earthquake map triggered by observed records)」に基づいて求めたものである。同システムは、防災科学技術研究所が公開する地震観測記録を基に、全国の計測震度、加速度分布、速度分布を 250m メッシュで推定するシステムである。

表 I -1-4(1) 計測震度の推定結果

都道府県名	行政名	計測震度			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
青森県	おいらせ町	5.02	2.68	4.28	2.94
岩手県	盛岡市	5.79	3.17	5.72	3.15
岩手県	宮古市	5.33	3.02	5.07	2.79
岩手県	大船渡市	5.66	2.92	5.61	2.71
岩手県	花巻市	5.92	3.25	5.79	3.22
岩手県	北上市	5.97	3.30	5.84	3.33
岩手県	久慈市	5.00	2.68	4.74	3.02
岩手県	遠野市	5.48	3.35	5.30	2.66
岩手県	一関市	6.64	3.12	6.41	3.51
岩手県	陸前高田市	5.69	3.02	5.79	2.89
岩手県	釜石市	6.00	3.63	5.87	2.94
岩手県	奥州市	5.97	3.15	6.05	3.40
岩手県	平泉町	6.05	2.66	6.02	2.99
岩手県	大槌町	5.82	3.27	5.69	2.71
岩手県	山田町	5.69	3.04	5.61	2.58
岩手県	野田村	4.94	2.68	4.53	2.84
宮城県	仙台市	5.92	3.51	5.79	4.15
宮城県	石巻市	6.18	3.69	5.87	4.64
宮城県	塩竈市	6.20	3.76	6.08	4.17
宮城県	気仙沼市	5.90	3.48	5.72	3.20
宮城県	白石市	5.79	3.63	5.07	4.43
宮城県	名取市	6.28	4.15	6.02	4.64
宮城県	角田市	6.13	3.89	5.51	4.56
宮城県	多賀城市	6.38	3.94	6.28	4.20
宮城県	岩沼市	6.23	4.15	5.90	4.64
宮城県	登米市	6.82	3.35	6.46	3.71
宮城県	栗原市	7.00	3.45	6.56	3.79
宮城県	東松島市	6.13	3.69	5.87	4.56
宮城県	大崎市	6.33	3.56	6.10	4.15
宮城県	蔵王町	5.72	3.56	5.02	4.30
宮城県	大河原町	5.82	3.69	5.15	4.38
宮城県	村田町	5.79	3.66	5.15	4.33
宮城県	柴田町	5.97	3.87	5.46	4.48
宮城県	川崎町	5.59	3.38	5.20	4.02
宮城県	丸森町	6.10	3.89	5.51	4.56
宮城県	亘理町	6.28	4.10	5.84	4.64
宮城県	山元町	6.41	3.97	6.05	4.59
宮城県	松島町	6.15	3.61	5.95	4.17
宮城県	七ヶ浜町	6.20	3.79	6.05	4.15
宮城県	利府町	6.36	3.89	6.23	4.17
宮城県	大和町	6.13	3.58	5.95	4.05
宮城県	大郷町	6.15	3.58	5.95	4.15
宮城県	富谷町	6.10	3.58	5.92	3.99
宮城県	大衡村	6.05	3.53	5.87	3.97
宮城県	色麻町	6.02	3.51	5.77	3.99
宮城県	加美町	6.10	3.53	5.82	4.02
宮城県	涌谷町	6.02	3.20	5.82	3.92
宮城県	美里町	6.13	3.53	5.97	4.23
宮城県	女川町	6.00	3.30	5.74	3.87
宮城県	南三陸町	5.87	2.99	5.69	3.30
福島県	福島市	5.69	4.17	5.18	4.41
福島県	会津若松市	5.92	4.38	4.35	5.18
福島県	郡山市	6.26	4.48	4.97	5.28
福島県	いわき市	6.15	4.41	4.79	6.23
福島県	白河市	6.15	4.43	4.53	5.48
福島県	須賀川市	6.13	4.10	4.66	5.25
福島県	喜多方市	5.36	3.84	4.07	4.69
福島県	相馬市	6.15	4.10	5.51	4.66
福島県	二本松市	6.33	4.25	5.41	4.94
福島県	南相馬市	6.36	4.30	5.51	4.79
福島県	伊達市	5.56	3.89	5.12	4.28
福島県	本宮市	6.13	4.33	4.89	4.97
福島県	桑折町	5.54	3.84	5.05	4.25
福島県	国見町	5.54	3.69	5.02	4.25
福島県	鏡石町	6.00	4.38	4.59	5.15

都道府県名	行政名	計測震度			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
福島県	猪苗代町	5.79	4.28	4.35	4.92
福島県	湯川村	5.46	3.92	4.12	4.76
福島県	西郷村	6.20	4.97	4.41	5.30
福島県	矢吹町	5.97	4.48	4.71	5.46
福島県	広野町	6.08	4.25	4.48	5.05
福島県	楢葉町	6.15	4.25	4.59	5.00
福島県	富岡町	6.26	4.30	4.79	4.84
福島県	大熊町	6.33	4.33	5.02	4.74
福島県	双葉町	6.36	4.33	5.15	4.69
福島県	浪江町	6.51	4.48	5.56	4.84
福島県	新地町	6.28	3.97	5.77	4.56
茨城県	水戸市	6.28	5.79	4.35	5.28
茨城県	日立市	6.74	5.72	4.51	5.38
茨城県	土浦市	5.95	5.59	4.02	4.82
茨城県	石岡市	5.90	5.36	4.02	5.00
茨城県	結城市	5.56	4.92	3.51	4.25
茨城県	龍ヶ崎市	5.79	5.07	3.92	4.56
茨城県	下妻市	5.74	5.10	3.87	4.71
茨城県	常陸太田市	6.56	5.64	4.48	5.38
茨城県	北茨城市	6.00	4.59	4.15	5.79
茨城県	笠間市	6.18	5.36	4.10	5.00
茨城県	牛久市	5.69	5.02	3.76	4.43
茨城県	つくば市	5.90	5.33	3.97	4.79
茨城県	ひたちなか市	6.20	5.72	4.33	5.20
茨城県	鹿嶋市	6.10	5.79	4.07	5.05
茨城県	潮来市	5.84	5.48	3.81	4.66
茨城県	常陸大宮市	6.36	5.33	4.71	5.30
茨城県	那珂市	6.46	5.56	4.41	5.33
茨城県	筑西市	5.84	5.07	3.66	4.56
茨城県	稲敷市	5.59	5.12	4.02	4.51
茨城県	かすみがうら市	5.90	5.48	4.07	5.07
茨城県	神栖市	5.66	5.72	3.53	4.28
茨城県	行方市	6.46	6.10	4.41	5.59
茨城県	鉾田市	6.64	6.28	4.53	5.82
茨城県	つくばみらい市	5.79	5.05	3.89	4.71
茨城県	小美玉市	6.33	5.92	4.30	5.51
茨城県	茨城町	6.28	5.82	4.33	5.33
茨城県	大洗町	6.28	5.84	4.35	5.33
茨城県	城里町	6.26	5.25	4.20	5.10
茨城県	東海村	6.51	5.69	4.43	5.38
茨城県	阿見町	5.79	5.41	3.89	4.66
茨城県	河内町	5.72	5.00	3.89	4.38
茨城県	八千代町	5.72	5.05	3.76	4.64
栃木県	大田原市	5.95	4.71	4.17	4.66
栃木県	那須町	6.15	4.59	4.23	5.20
栃木県	市貝町	6.49	5.28	4.35	5.00
埼玉県	久喜市	5.20	4.48	3.66	4.41
千葉県	千葉市	5.30	4.69	3.33	3.71
千葉県	鎌子市	5.38	5.69	3.15	3.81
千葉県	市川市	5.41	4.82	3.56	4.05
千葉県	船橋市	5.79	4.97	4.02	4.30
千葉県	松戸市	5.30	4.46	3.30	3.89
千葉県	成田市	5.64	5.10	3.81	4.28
千葉県	佐倉市	5.87	5.15	3.99	4.35
千葉県	習志野市	5.43	4.69	3.40	3.81
千葉県	八千代市	5.84	5.05	4.02	4.35
千葉県	我孫子市	5.87	5.07	4.02	4.43
千葉県	浦安市	5.25	4.71	3.27	3.71
千葉県	印西市	5.87	5.12	4.05	4.46
千葉県	富里市	5.38	5.00	3.48	4.05
千葉県	香取市	5.51	5.48	3.56	4.25
千葉県	栄町	5.79	5.05	3.97	4.41
東京都	東京都区部	5.41	4.89	3.56	4.05
神奈川県	横浜市	5.33	4.35	3.30	3.69
新潟県	十日町市	3.99	3.07	2.79	3.17
新潟県	津南町	3.43	2.56	2.09	2.53

※ 上記の各市町村は、国土交通省公表資料にて被害のあったとされる市町村（管路：132 自治体）である。

※ 上記の各値は、地震動マップ即時推定システムで推定した各区市町村における最大値を示したものである。

※ 着色部は各区市町村毎で本震、余震の中での最大値を示している。

表 I -1-4 (2) 最大加速度の推定結果

都道府県名	行政名	最大加速度 (gal)			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
青森県	おいらせ町	137.73	9.48	110.70	12.80
岩手県	盛岡市	790.55	34.22	858.04	20.93
岩手県	宮古市	457.90	39.22	470.58	17.29
岩手県	大船渡市	601.66	44.96	858.04	28.27
岩手県	花巻市	510.74	38.17	554.34	35.17
岩手県	北上市	585.46	41.43	708.76	38.17
岩手県	久慈市	251.13	12.80	176.09	15.50
岩手県	遠野市	470.58	54.43	524.88	18.26
岩手県	一関市	1364.87	75.53	1010.77	65.90
岩手県	陸前高田市	748.54	67.72	931.28	37.14
岩手県	釜石市	769.26	141.54	812.44	33.30
岩手県	奥州市	653.02	28.27	585.46	29.05
岩手県	平泉町	906.20	22.11	769.26	21.51
岩手県	大槌町	635.43	79.77	635.43	26.76
岩手県	山田町	554.34	46.21	496.99	21.51
岩手県	野田村	180.97	13.16	171.35	16.37
宮城県	仙台市	1441.48	39.22	957.06	99.25
宮城県	石巻市	1010.77	43.75	1698.07	84.25
宮城県	塩竈市	1946.46	50.15	1441.48	99.25
宮城県	気仙沼市	689.67	93.97	881.79	38.17
宮城県	白石市	421.89	32.40	329.97	116.92
宮城県	名取市	983.55	67.72	769.26	149.48
宮城県	角田市	635.43	57.49	410.53	134.02
宮城県	多賀城市	1946.46	62.39	1402.65	102.00
宮城県	岩沼市	728.38	71.52	618.32	149.48
宮城県	登米市	1441.48	91.44	1223.66	102.00
宮城県	栗原市	2000.34	73.50	1292.34	59.08
宮城県	東松島市	1067.51	38.17	834.93	77.63
宮城県	大崎市	1441.48	32.40	881.79	65.90
宮城県	蔵王町	388.71	29.85	304.02	104.82
宮城県	大河原町	378.24	34.22	295.83	110.70
宮城県	村田町	445.57	32.40	339.10	107.72
宮城県	柴田町	378.24	44.96	348.49	137.73
宮城県	川崎町	496.99	29.05	378.24	86.58
宮城県	丸森町	653.02	60.71	457.90	145.46
宮城県	亘理町	689.67	69.59	585.46	145.46
宮城県	山元町	881.79	81.98	812.44	145.46
宮城県	松島町	1257.53	35.17	881.79	75.53
宮城県	七ヶ浜町	1793.38	50.15	1292.34	96.58
宮城県	利府町	1843.02	57.49	1292.34	99.25
宮城県	大和町	1257.53	33.30	858.04	64.12
宮城県	大郷町	1223.66	32.40	812.44	67.72
宮城県	富谷町	1328.11	33.30	881.79	64.12
宮城県	大衡村	635.43	29.85	483.60	57.49
宮城県	色麻町	601.66	30.68	554.34	54.43
宮城県	加美町	671.10	31.53	601.66	52.97
宮城県	蒲谷町	554.34	22.11	470.58	48.80
宮城県	美里町	618.32	28.27	510.74	65.90
宮城県	女川町	728.38	32.40	1010.77	55.94
宮城県	南三陸町	748.54	77.63	769.26	46.21
福島県	福島市	410.53	84.25	321.08	185.98
福島県	会津若松市	445.57	77.63	93.97	225.15
福島県	郡山市	1067.51	162.24	329.97	457.90
福島県	いわき市	769.26	126.90	225.15	708.76
福島県	白河市	1292.34	166.73	196.41	496.99
福島県	須賀川市	671.10	88.98	219.08	339.10
福島県	喜多方市	219.08	52.97	57.49	162.24
福島県	相馬市	708.76	91.44	635.43	180.97
福島県	二本松市	881.79	153.62	554.34	358.14
福島県	南相馬市	769.26	104.82	554.34	219.08
福島県	伊達市	618.32	73.50	421.89	157.87
福島県	本宮市	769.26	120.15	265.22	339.10
福島県	桑折町	496.99	59.08	358.14	145.46
福島県	国見町	539.41	52.97	368.05	145.46
福島県	鏡石町	635.43	116.92	141.54	329.97

都道府県名	行政名	最大加速度 (gal)			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
福島県	猪苗代町	368.05	64.12	96.58	141.54
福島県	湯川村	251.13	55.94	62.39	157.87
福島県	西郷村	1292.34	339.10	185.98	483.60
福島県	矢吹町	601.66	137.73	166.73	433.57
福島県	広野町	1097.05	96.58	237.78	321.08
福島県	楢葉町	1097.05	93.97	272.56	312.44
福島県	富岡町	881.79	91.44	329.97	251.13
福島県	大熊町	790.55	81.98	358.14	225.15
福島県	双葉町	748.54	73.50	388.71	219.08
福島県	浪江町	769.26	102.00	618.32	312.44
福島県	新地町	790.55	75.53	728.38	145.46
茨城県	水戸市	983.55	510.74	171.35	457.90
茨城県	日立市	1652.33	671.10	237.78	671.10
茨城県	土浦市	496.99	231.38	104.82	207.44
茨城県	石岡市	618.32	339.10	113.77	258.08
茨城県	結城市	399.47	149.48	48.80	104.82
茨城県	龍ヶ崎市	496.99	219.08	102.00	185.98
茨城県	下妻市	410.53	201.85	65.90	153.62
茨城県	常陸太田市	1223.66	585.46	244.36	635.43
茨城県	北茨城市	585.46	145.46	107.72	601.66
茨城県	笠間市	957.06	378.24	116.92	321.08
茨城県	牛久市	483.60	219.08	86.58	162.24
茨城県	つくば市	483.60	244.36	93.97	185.98
茨城県	ひたちなか市	931.28	601.66	162.24	496.99
茨城県	鹿嶋市	769.26	554.34	120.15	258.08
茨城県	潮来市	585.46	378.24	86.58	176.09
茨城県	常陸大宮市	1292.34	510.74	321.08	585.46
茨城県	那珂市	1127.42	569.69	219.08	569.69
茨城県	筑西市	470.58	225.15	69.59	157.87
茨城県	稲敷市	457.90	272.56	86.58	145.46
茨城県	かすみがうら市	554.34	339.10	120.15	258.08
茨城県	神栖市	433.57	339.10	60.71	126.90
茨城県	行方市	1127.42	748.54	180.97	421.89
茨城県	鉾田市	1364.87	931.28	219.08	539.41
茨城県	つくばみらい市	483.60	219.08	93.97	191.12
茨城県	小美玉市	931.28	653.02	162.24	433.57
茨城県	茨城町	858.04	601.66	171.35	399.47
茨城県	大洗町	769.26	601.66	171.35	399.47
茨城県	城里町	1010.77	457.90	171.35	470.58
茨城県	東海村	1010.77	569.69	219.08	554.34
茨城県	阿見町	483.60	213.18	96.58	196.41
茨城県	河内町	399.47	196.41	96.58	149.48
茨城県	八千代町	378.24	176.09	55.94	145.46
栃木県	大田原市	635.43	191.12	113.77	231.38
栃木県	那須町	1097.05	207.44	141.54	410.53
栃木県	市貝町	1190.70	339.10	137.73	280.11
埼玉県	久喜市	213.18	88.98	34.22	69.59
千葉県	千葉市	251.13	96.58	33.30	46.21
千葉県	鎌子市	219.08	295.83	27.50	59.08
千葉県	市川市	251.13	116.92	42.57	71.52
千葉県	船橋市	510.74	237.78	102.00	116.92
千葉県	成田市	312.44	134.02	52.97	79.77
千葉県	松戸市	445.57	196.41	81.98	110.70
千葉県	佐倉市	1038.75	258.08	96.58	130.41
千葉県	習志野市	368.05	120.15	36.14	60.71
千葉県	八千代市	601.66	225.15	102.00	126.90
千葉県	我孫子市	496.99	219.08	113.77	171.35
千葉県	浦安市	176.09	84.25	25.34	44.96
千葉県	印西市	689.67	231.38	113.77	157.87
千葉県	富里市	445.57	207.44	52.97	79.77
千葉県	香取市	421.89	280.11	59.08	120.15
千葉県	栄町	457.90	207.44	104.82	149.48
東京都	東京都区部	244.36	137.73	43.75	64.12
神奈川県	横浜市	185.98	65.90	29.05	41.43
新潟県	十日町市	41.43	14.28	9.23	23.35
新潟県	津南町	26.76	9.48	5.20	11.80

※ 上記の各市町村は、国土交通省公表資料にて被害のあったとされる市町村（管路：132 自治体）である。

※ 上記の各値は、地震動マップ即時推定システムで推定した各区市町村における最大値を示したものである。

※ 着色部は各区市町村毎で本震、余震の中での最大値を示している。

表 I -1-4(3) 最大速度の推定結果

都道府県名	行政名	最大速度(kine)			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
青森県	おいらせ町	25.98	2.07	7.96	3.11
岩手県	盛岡市	30.52	1.86	27.41	2.07
岩手県	宮古市	23.96	1.86	17.83	1.77
岩手県	大船渡市	42.15	1.81	28.93	1.77
岩手県	花巻市	44.47	2.07	44.47	2.94
岩手県	北上市	48.21	2.31	46.93	3.55
岩手県	久慈市	22.11	1.59	12.91	3.85
岩手県	遠野市	29.71	2.25	19.33	1.00
岩手県	一関市	123.55	3.02	87.10	5.18
岩手県	陸前高田市	38.88	2.07	33.99	2.07
岩手県	釜石市	44.47	3.46	49.52	1.72
岩手県	奥州市	58.19	2.71	68.38	3.96
岩手県	平泉町	55.15	1.63	63.08	2.79
岩手県	大槌町	37.85	2.44	33.99	1.67
岩手県	山田町	31.35	1.81	27.41	1.50
岩手県	野田村	19.85	1.42	10.41	2.79
宮城県	仙台市	43.29	2.86	32.21	7.54
宮城県	石巻市	80.35	4.77	49.52	11.59
宮城県	塩竈市	78.22	3.65	48.21	5.61
宮城県	気仙沼市	39.94	2.86	34.92	2.25
宮城県	白石市	61.41	4.90	19.85	10.70
宮城県	名取市	94.42	7.15	49.52	11.29
宮城県	角田市	76.15	5.04	31.35	12.57
宮城県	多賀城市	89.48	4.77	63.08	6.25
宮城県	岩沼市	96.99	7.15	44.47	12.24
宮城県	登米市	153.20	3.65	80.35	6.77
宮城県	栗原市	180.02	4.29	89.48	7.54
宮城県	東松島市	74.13	4.52	49.52	10.14
宮城県	大崎市	102.35	6.25	63.08	9.87
宮城県	蔵王町	52.26	4.06	18.31	9.61
宮城県	大河原町	61.41	4.17	22.71	9.87
宮城県	村田町	61.41	4.06	22.11	9.35
宮城県	柴田町	89.48	5.18	30.52	11.29
宮城県	川崎町	41.03	2.71	18.31	6.96
宮城県	丸森町	68.38	4.65	30.52	12.57
宮城県	亘理町	91.91	6.59	39.94	13.26
宮城県	山元町	105.14	5.18	46.93	16.01
宮城県	松島町	80.35	4.17	53.68	7.96
宮城県	七ヶ浜町	78.22	3.75	48.21	5.32
宮城県	利府町	87.10	4.52	61.41	6.25
宮城県	大和町	80.35	4.40	52.26	9.35
宮城県	大郷町	82.54	4.29	55.15	8.17
宮城県	富谷町	78.22	4.40	48.21	9.10
宮城県	大衡村	76.15	4.40	46.93	9.35
宮城県	色麻町	78.22	6.08	44.47	9.61
宮城県	加美町	87.10	6.25	50.87	9.87
宮城県	涌谷町	64.80	3.11	50.87	6.42
宮城県	美里町	84.79	5.04	61.41	8.63
宮城県	女川町	63.08	2.79	41.03	5.04
宮城県	南三陸町	43.29	1.46	35.87	3.11
福島県	福島市	42.15	6.77	24.62	10.41
福島県	会津若松市	56.65	8.86	9.87	25.29
福島県	郡山市	84.79	9.10	14.00	22.71
福島県	いわき市	94.42	10.14	10.41	102.35
福島県	白河市	59.78	8.17	10.14	35.87
福島県	須賀川市	74.13	6.42	10.70	23.33
福島県	喜多方市	42.15	6.77	8.63	17.35
福島県	相馬市	72.16	6.25	29.71	14.77
福島県	二本松市	72.16	6.25	22.11	13.62
福島県	南相馬市	126.91	9.61	32.21	19.33
福島県	伊達市	36.84	4.65	19.33	7.34
福島県	本宮市	58.19	7.15	12.24	16.01
福島県	桑折町	35.87	4.40	17.83	7.34
福島県	国見町	35.87	3.55	15.17	6.96
福島県	鏡石町	59.78	8.63	10.14	22.71

都道府県名	行政名	最大速度(kine)			
		本震 2011/3/11 14時46分	余震1 2011/3/11 15時15分	余震2 2011/4/7 23時32分	余震3 2011/4/11 17時16分
福島県	猪苗代町	52.26	8.63	10.70	20.95
福島県	湯川村	45.69	6.96	9.10	19.33
福島県	西郷村	56.65	11.91	6.77	21.52
福島県	矢吹町	63.08	9.87	12.91	32.21
福島県	広野町	80.35	7.75	8.17	35.87
福島県	楢葉町	89.48	8.17	9.87	33.09
福島県	富岡町	105.14	9.10	13.62	27.41
福島県	大熊町	123.55	9.61	18.31	23.33
福島県	双葉町	133.93	9.61	20.95	20.39
福島県	浪江町	170.59	11.59	28.16	23.96
福島県	新地町	84.79	5.32	35.87	14.00
茨城県	水戸市	72.16	48.21	6.42	19.33
茨城県	日立市	105.14	33.99	6.96	24.62
茨城県	土浦市	58.19	31.35	4.65	13.26
茨城県	石岡市	50.87	24.62	4.40	16.01
茨城県	結城市	39.94	16.45	2.86	7.96
茨城県	龍ヶ崎市	42.15	25.29	3.85	9.10
茨城県	下妻市	48.21	22.11	4.29	12.24
茨城県	常陸太田市	91.91	30.52	7.15	24.62
茨城県	北茨城市	63.08	8.86	5.18	49.52
茨城県	笠間市	58.19	21.52	4.77	14.38
茨城県	牛久市	36.84	19.85	3.11	7.54
茨城県	つくば市	58.19	25.29	4.77	13.26
茨城県	ひたちなか市	68.38	46.93	6.08	20.39
茨城県	鹿嶋市	68.38	59.78	5.18	19.33
茨城県	鹿茨市	55.15	49.52	4.17	14.00
茨城県	常陸大宮市	76.15	26.68	9.87	22.11
茨城県	那珂市	82.54	28.16	6.42	22.11
茨城県	筑西市	52.26	19.85	3.19	9.87
茨城県	稲敷市	55.15	29.71	8.40	14.00
茨城県	かすみがうら市	53.68	30.52	4.65	16.01
茨城県	神栖市	48.21	56.65	3.46	10.41
茨城県	行方市	89.48	56.65	6.08	28.16
茨城県	鉾田市	102.35	61.41	6.59	33.99
茨城県	つくばみらい市	42.15	22.11	4.29	12.24
茨城県	小美玉市	72.16	38.88	5.32	23.33
茨城県	茨城町	72.16	44.47	6.42	20.39
茨城県	大洗町	72.16	46.93	6.42	20.39
茨城県	城里町	64.80	17.83	5.32	15.58
茨城県	東海村	87.10	34.92	6.59	24.62
茨城県	阿見町	45.69	25.98	3.75	10.41
茨城県	河内町	42.15	28.93	4.77	9.61
茨城県	八千代町	45.69	20.39	3.85	10.14
栃木県	大田原市	64.80	9.87	4.40	11.91
栃木県	那須町	53.68	8.63	5.46	19.33
栃木県	市貝町	68.38	17.83	7.75	16.01
埼玉県	久喜市	33.09	12.24	4.17	11.29
千葉県	千葉市	33.09	18.81	2.31	4.65
千葉県	鎌子市	37.85	53.68	2.57	5.92
千葉県	市川市	37.85	20.39	3.65	7.15
千葉県	船橋市	38.88	17.83	4.77	6.59
千葉県	松戸市	27.41	15.17	2.31	5.92
千葉県	成田市	39.94	34.92	3.96	8.40
千葉県	佐倉市	50.87	28.16	4.40	8.40
千葉県	習志野市	34.92	16.45	2.94	5.32
千葉県	八千代市	45.69	22.11	4.77	6.96
千葉県	我孫子市	45.69	23.96	4.52	7.75
千葉県	浦安市	31.35	16.89	2.64	4.77
千葉県	印西市	48.21	28.93	4.77	8.40
千葉県	富里市	29.71	26.68	2.37	6.25
千葉県	香取市	38.88	48.21	3.02	8.86
千葉県	栄町	43.29	32.21	4.06	8.17
東京都	東京都区部	36.84	19.85	3.65	7.15
神奈川県	横浜市	33.99	14.00	2.31	4.29
新潟県	十日町市	18.81	4.06	2.31	5.92
新潟県	津南町	6.08	1.39	1.15	1.86

※ 上記の各市町村は、国土交通省公表資料にて被害のあったとされる市町村（管路：132 自治体）である。

※ 上記の各値は、地震動マップ即時推定システムで推定した各区市町村における最大値を示したものである。

※ 着色部は各区市長村毎で本震、余震の中での最大値を示している。

以上より、今回の地震の特性を整理すると、以下のような特徴が挙げられる。

- ・ 我が国観測史上最大の $M=9.0$ を観測した。
- ・ ほぼ全国的（45 都道府県）に有感地震を観測した。
- ・ 最大加速度は岩手・宮城内陸地震（4,022gal）に次ぐ大きさ（2,933gal）。
- ・ 地震の継続時間は、兵庫県南部地震が約 50 秒（JR 鷹取駅）に対し、約 200 秒（栗原市築館）と長い。
- ・ 余震回数は、過去の大規模地震を大きく上回り、その規模も大きい。

(2) 津波

1) 津波の観測状況（気象庁）

東北地方太平洋沖地震により、東北地方太平洋沿岸をはじめとして全国の沿岸で津波が観測された。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。

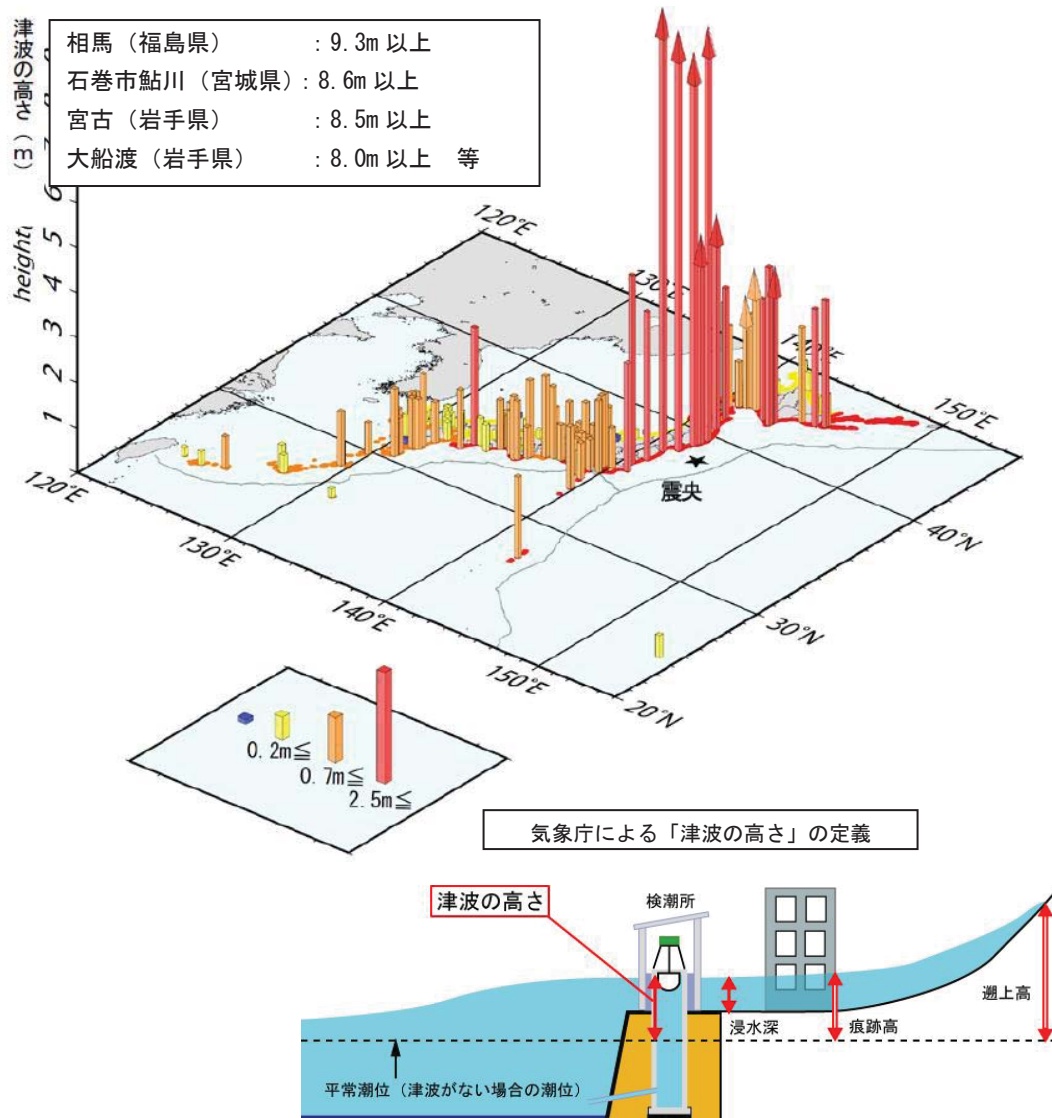


図 I-1-4 津波観測施設で観測された津波の高さ

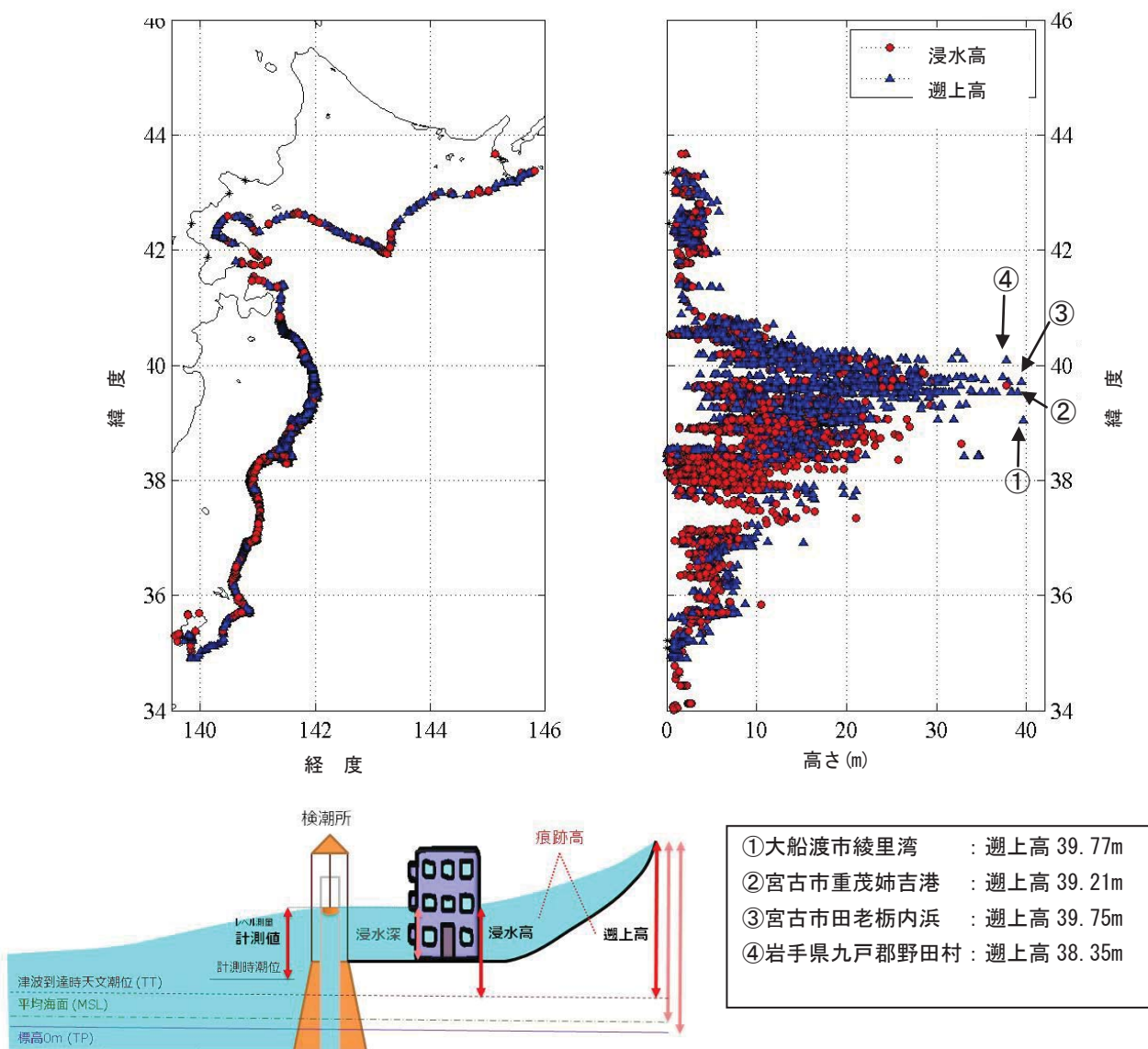
※ 矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを入手できない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す。

観測施設には、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式会社の検潮所を含む。

出典：災害時地震・津波速報平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（平成 23 年 8 月 17 日、気象庁）

2) 痕跡高（浸水高、遡上高）

「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による痕跡高（浸水高と遡上高）の調査結果を図 I-1-5 に示す。局所的には、最高 40.0m の観測最大の遡上高が大船渡市綾里湾で記録されており、これは明治三陸津波の記録を上回る日本で記録された最大値である。



※ここでの浸水高及び遡上高は津波到達時天文潮位からの高さによる

図 I-1-5 緯度方向に投影した津波高の分布

東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (<http://www.coastal.jp/ttjt/>) による速報値 (2012 年 2 月 8 日)

※「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による津波痕跡調査は、全国の津波工学、海岸工学および地球物理関係研究者が参加 (合計 48 研究機関, 計 148 名もの研究者が参加) して実施したものである。

3) 津波波形

気象庁による津波波形の公表値から一部抜粋したものを、図 I-1-6 に示す。規模の大きかった相馬（福島県）や石巻市鮎川（宮城県）、大船渡（岩手県）などはいずれもデータが取れていない状況である。これは、観測施設が津波により被害を受けたためと想定される。

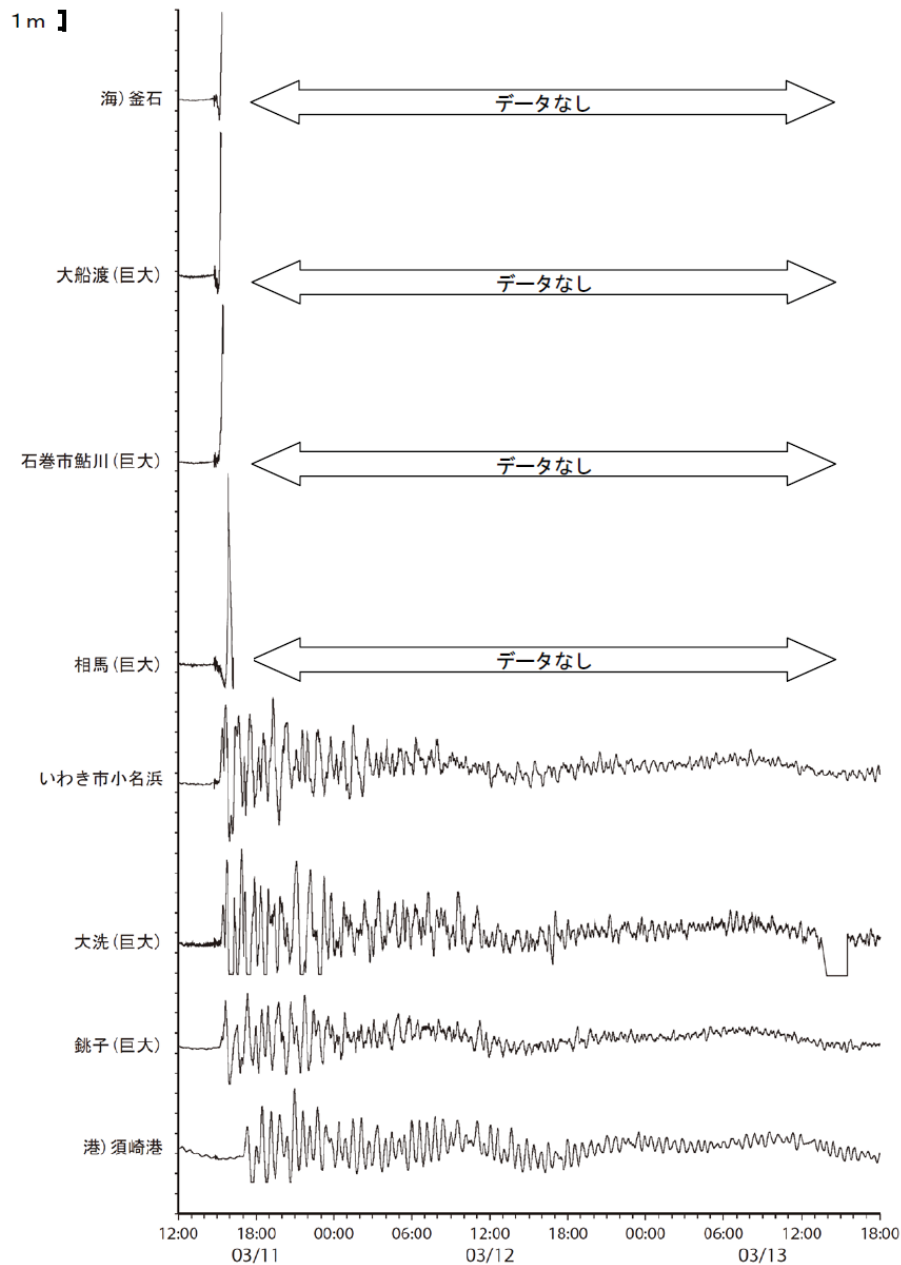


図 I-1-6 主な津波観測施設で観測した津波波形（2.0m 以上）

港)は国土交通省港湾局の観測点、海)は海上保安庁の観測点、無印は気象庁の観測点である。(巨大)は巨大津波観測計による観測データであることを示す。

出典：災害時地震・津波速報平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（平成 23 年 8 月 17 日、気象庁）

一方、国土交通省港湾局が設置している GPS 波浪計（衛星を用いて沖合に浮かべたブイの上下変動を計測し、波浪や潮汐等の海面変動を観測する海象観測機器）における観測結果を図 I-1-7 に示す。このうち、特に規模の大きかった「②岩手県北部沖（久慈沖）」～「⑦福島県沖（小名浜沖）」の 6 地点に着目すると、最大波の記録された時刻は地震発生（14 時 46 分）から約 30 分後の 15 時 12 分～15 時 19 分、高さは 2.6m～6.7m（最大は岩手南部沖）であった。なお、図 I-1-8 のとおり、GPS 波浪計は沖合い約 20km に設置されており、観測される津波高さは、沿岸部の津波高さに比べ小さい値となる。

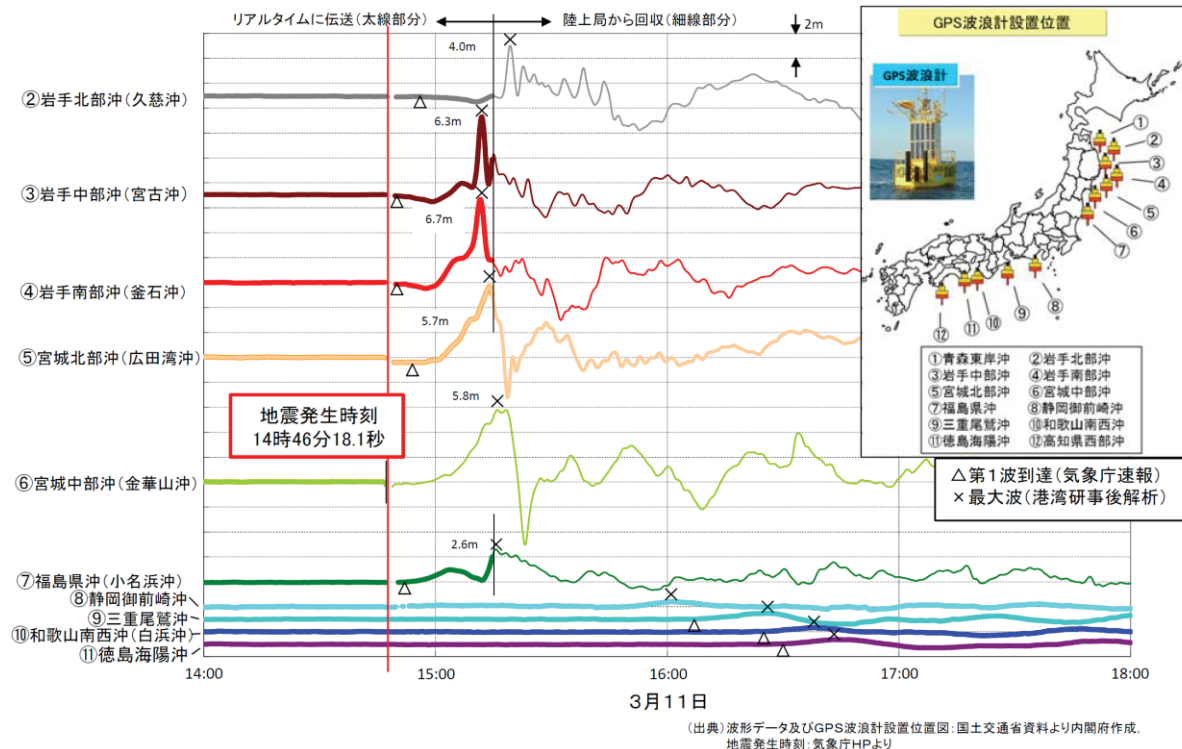


図 I-1-7 GPS 波浪計の波形データ

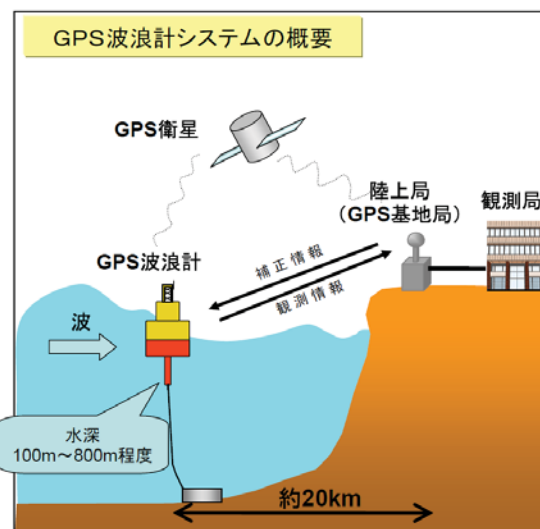


図 I-1-8 GPS 波浪計システムの概要

4) 浸水区域

今回の津波による浸水は、青森から千葉にかけて広範囲にわたり発生した。

また、浸水面積の合計は 561km²に及ぶと推計されている。県別に見ると宮城県が 327km²で全体の 6 割以上を占め、福島県が 112km²、岩手県が 58km²、青森県が 24km²であった。市町村別では宮城県石巻市が 73km²で最も大きかった。

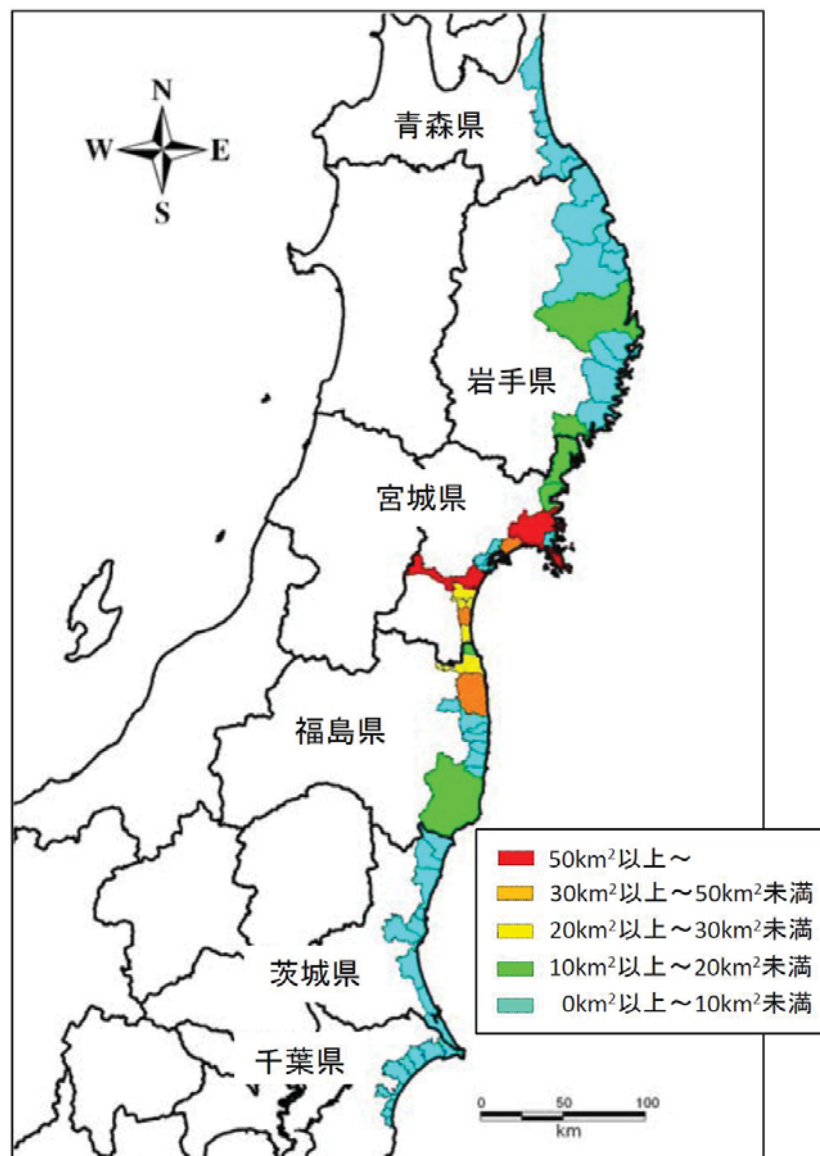


図 I-1-9 浸水のあった各市町村

※上図は、アンケート調査に対し、管路被害があったと回答した自治体について、市町村単位で着色を行ったものである。

出典：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（参考図表集）（平成 23 年 9 月 28 日、中央防災会議）

表 I-1-5 各市町村の浸水面積

県	市区町村	市町村面積 (km ²)	浸水面積 (km ²)	県	市区町村	市町村面積 (km ²)	浸水面積 (km ²)
青森県		844	24	福島県		2,456	112
	六ヶ所村	253	5		新地町	46	11
	三沢市	120	6		相馬市	198	29
	おいらせ町	72	3		南相馬市	399	39
	八戸市	305	9		浪江町	223	6
	階上町	94	0.5		双葉町	51	3
岩手県		4,946	58		大熊町	79	2
	洋野町	303	1		富岡町	68	1
	久慈市	623	4		檜葉町	103	3
	野田村	81	2		広野町	58	2
	普代村	70	1		いわき市	1,231	15
	田野畑村	156	1	茨城県		1,444	23
	岩泉町	993	1		北茨城市	187	3
	宮古市	1,260	10		高萩市	194	1
	山田町	263	5		日立市	226	4
	大槌町	201	4		東海村	37	3
	釜石市	441	7		ひたちなか市	99	3
	大船渡市	323	8		水戸市	217	1
	陸前高田市	232	13		大洗町	23	2
宮城県		2,003	327		鉾田市	208	2
	気仙沼市	333	18		鹿嶋市	106	3
	南三陸町	164	10		神栖市	147	3
	石巻市	556	73	千葉県		689	17
	女川町	66	3		銚子市	84	1
	東松島市	102	37		旭市	130	3
	松島町	54	2		匝瑳市	102	1
	利府町	45	0.5		横芝光町	67	1
	塩竈市	18	6		山武市	146	6
	七ヶ浜町	13	5		九十九里町	24	2
	多賀城市	20	6		大網白里町	58	0.5
	仙台市				白子町	27	1
	宮城野区	58	20		長生村	28	1
	若林区	48	29		一宮町	23	1
	太白区	228	3	合計※		12,382	561
	名取市	100	27				
	岩沼市	61	29				
	亘理町	73	35				
	山元町	64	24				

出典・浸水面積：国土地理院「津波による浸水範囲の面積（概略値）」について（第5報）平成23年4月18日」

※ 市町村面積及び浸水面積合計は青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉の6県62市町村

5) 津波の概況整理

津波の概況として、観測状況、痕跡高（浸水高、遡上高）、津波波形、浸水区域について整理すると、以下のような特徴が挙げられる。

- ・東日本の太平洋沿岸を中心に非常に高い津波が観測された。

相馬（福島県）	: 9.3m 以上
石巻市鮎川（宮城県）	: 8.6m 以上
宮古（岩手県）	: 8.5m 以上
大船渡（岩手県）	: 8.0m 以上 等

- ・観測最大の遡上高は大船渡市綾里湾で記録された約 40m であった。（過去最大）

遡上高は三陸海岸沿いで高い傾向である。

大船渡市綾里湾	: 遡上高 39.77m
宮古市重茂姉吉港	: 遡上高 39.21m
宮古市田老栃内浜	: 遡上高 39.75m
岩手県九戸郡野田村	: 遡上高 38.35m

- ・津波波形が一部で観測できない箇所があった。これは、観測施設が津波により被害を受けたためと想定される。今回の津波はそれほど大規模なものであったと考えられる。
- ・最大の津波は地震から約 30 分後。その後数回にわたり津波が観測されている。
- ・今回の津波による浸水は、青森から千葉にかけて広範囲にわたり発生した。
また、浸水面積の合計は 561km² に及ぶと推計されている。
- ・地形的に平野部が広がる宮城県で浸水面積が多い傾向である。

（３） 液状化

今回の地震では、液状化現象が東北地方から関東地方にかけての広範囲に渡り発生し、道路、護岸施設、上下水道などのライフライン施設、家屋等に大きな被害が生じた。

今回の地震における液状化区域を調査し確認されているものとしては、平成 23 年 8 月 31 日に公表された「液状化対策技術検討会議（国土交通省技術調査課）」の検討成果がある。これによると、関東地方周辺では、1 都 6 県に渡って少なくとも 96 市区町村に及ぶ極めて広い範囲で液状化現象が発生し、特に、東京沿岸部や利根川下流域等の埋立地、旧河道・旧池沼等で集中して液状化が発生した（図 I-1-10）。その中でも千葉県浦安市や千葉市等の東京沿岸部の海浜の埋立て地域では全面的な液状化が発生し、宅地、道路、護岸等さまざまな構造物に大きな被害をもたらした。



図 I-1-10 関東地方の液状化発生箇所の分布

出典：「液状化対策技術検討会議」検討成果

このような全面的な液状化が関東一円の広い範囲で発生した理由としては、本震の継続時間が長いこと、また余震回数が多いこと、余震時に本震を上回る地震動が発生している場所があったこと等が挙げられる。

写真 I-1-1 の写真は東京都新木場で撮影された 2 枚の写真である。①は本震直後に撮影されたもので地面から水が噴き出している。②は本地震から約 2 時間後のもので歩道車道に土砂が堆積している。これらの写真からも、地震動の継続時間が長く、液状化した地盤に余震による揺れが加えられたことで被害が拡大した可能性が考えられる。



写真 I-1-1 地震直後の状況（新木場）

また、東北地方でも全面的な液状化現象が発生しており、路上に大量の噴砂が見られた。

参考に、宮城県名取市関上、仙台市宮城野区新田東における液状化写真を写真 1-1-2 に示す。



名取市関上での液状化

出典：写真集“その時、関上は”

（発行人：小齊誠進、印刷：（有）印刷センター）



仙台市宮城野区新田東での液状化

出典：yahoo「東日本大震災写真保存プロジェクト」

写真 I-1-2 東北地方における液状化の事例

以上から

- ・液状化現象が東北地方から関東地方にかけて広範囲に発生した。
- ・千葉県浦安市や千葉市等の東京湾岸部の海浜の埋立地域では、地域が全面的に液状化した。(周辺地盤の液状化)
- ・周辺地盤の液状化が関東一円の広い範囲で発生した理由は、
- ・本震の継続時間が長いこと
- ・余震回数が多いこと
- ・余震時に本地震を上回る地震動が発生している場所があった

1-2 下水道施設の被害

(1) 管路

管渠の被害は、1都10県に及び、総延長 65,001km に対し、被害延長は 642km であった。(国土交通省 災害情報 (106 報：平成 24 年 2 月 6 日現在) から抜粋、2 次調査ベース)

今回の地震の管路被害率は、全被災地の平均で過去の地震を下回っているものの、被害総延長は過去の地震を遙かにしのぐ規模であり、関東地方は埋め立て地における局所的な被害が顕著であったため、関係する都県を除くと、被害率は 2.33%となっている。

表 I-1-6 過去の地震との比較 (管路)

震災名	被災市町村等 団体数	総延長 (km)	被害管路延長 (km)	被害率
東日本大震災	132	65,001	642	0.99%
東日本大震災(関東地方除く)	77	19,063	445	2.33%
兵庫県南部地震	11	13,919	162	1.16%
新潟県中越地震	20	3,293	152	4.62%
能登半島地震	6	652	15	2.30%
新潟県中越沖地震	5	3,072	50	1.63%

※「総延長」とは、当該市町村等団体における管路の総布設延長を示している。

※能登半島地震、新潟県中越沖地震の各数値は、災害査定ベース。

※新潟県中越地震の各数値は、「下水道災害復旧の記録 概要版 平成18年3月 新潟県土木部都市局下水道課」より引用。

※兵庫県南部地震は、「阪神・淡路大震災 下水道はどう対応したか (社)日本下水道協会」より引用。

※関東地方とは、茨城県、栃木県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県である。

管渠の被害を都道府県別に見ると、宮城県、福島県及び茨城県で被害率が高い。また激しい液状化が発生した千葉県においても比較的高い被害率となっている。

表 I-1-7 東日本大震災における都道府県別の下水道管路施設被害概要

都道府県名	被災市町村等 団体数	総延長 (km)	被害管路延長 (km)	被害率(%)
青森県計	1	113	0.1	0.09%
岩手県計	13	3,712	13	0.34%
宮城県計	39	9,702	312	3.21%
福島県計	22	5,110	120	2.34%
茨城県計	36	9,509	129	1.36%
栃木県計	3	287	2	0.67%
埼玉県計	1	214	0.006	0.003%
千葉県計	13	8,510	54	0.63%
東京都計	1	15,793	12	0.08%
神奈川県計	1	11,625	0.5	0.004%
新潟県計	2	426	1	0.29%
合計	132	65,001	642	0.99%

(国土交通省調べ、平成 24 年 2 月 6 日現在)

- ・震度階級別の下水道管路被害率は、震度にほぼ比例して増加している傾向である。

表 I-1-8 東日本大震災における震度階級別の下水道管路施設被害概要

震度	被災市町村等 団体数	総延長 (km)	被害管路延長 (km)	被害率 (%)
7	7	2,124	47	2.22%
6強	55	10,007	250	2.50%
6弱	56	19,268	295	1.53%
5強	13	33,587	50	0.15%
5弱	1	16	0.03	0.19%
合計	132	65,001	642	0.99%

(国土交通省調べ、平成 24 年 2 月 6 日現在)

(2) 処理場

- ・震災当初は、稼働停止が 48 処理場、一部停止が 63 処理場、福島第一原発警戒区域内が 9 処理場であった。(表 I-1-9)
- ・平成 24 年 3 月 5 日現在で 2 処理場が稼働停止状態にある。
- ・兵庫県南部地震でも稼働停止した処理場は 8 施設であり、今回の稼働停止数は過去と比べても格段に多い。(表 I-1-10)

表 I-1-9 処理場の被害状況

	震災当初	平成 24 年 3 月 5 日現在	
稼働停止	48	2	
応急対応中	—	12	現位置にて応急対応中 10
			別位置にて応急対応中 2
一部停止	63	—	
警戒区域内	9	9	
正常に稼働	—	97	
計	120	120	

出典：国土交通省 災害情報（107 報：平成 24 年 3 月 5 日現在）から抜粋

3 月 5 日現在までに稼働停止 48 箇所のうち応急対応中へ 12 箇所、正常に稼働へ 34 箇所、そのまま稼働停止へ 2 箇所、一部停止 63 箇所は全て正常に稼働となっている。

表 I-1-10 稼働停止した処理場数

地 震 名	発生日	稼働停止処理場数
兵庫県南部地震	1995.1.17	8
新潟県中越地震	2004.10.23	1
能登半島地震	2007.3.25	0
新潟県中越沖地震	2007.7.16	0
東北地方太平洋沖地震	2011.3.11	48

(3) ポンプ場

- ・震災当初は、稼働停止が 79 ポンプ場、一部停止が 32 ポンプ場、福島第一原発警戒区域内が 1 ポンプ場であった。
- ・平成 24 年 3 月 5 日現在でも雨水 12 ポンプ場（排水対策地区のない施設）のポンプ場が稼働停止状態にある。

表 I-1-11 ポンプ場の被害状況

	震災当初	平成 24 年 3 月 5 日現在	
稼働停止	79	12	
応急対応中	—	6	仮設ポンプによる総排水 5
			ポンプ場にて汚水処理 1
一部停止	32	19	
警戒区域内	1	1	
正常に稼働	—	74	
計	112	112	

出典：国土交通省 災害情報（107 報：平成 24 年 3 月 5 日現在）から抜粋

3 月 5 日現在までに稼働停止 79 箇所のうち応急復旧対応中へ 6 箇所、一部停止へ 5 箇所、正常に稼働へ 56 箇所、そのまま停止が 12 箇所に改善され、一部停止 32 箇所のうち、正常に稼働へ 18 箇所、そのまま一部停止が 14 箇所となっている。

1-3 下水道施設被害調査結果

下水道施設被害を把握するにあたって実施したアンケート調査の概要を以下に示す。

①アンケート対象

処理場 : 東日本大震災に起因する施設障害が発生した全処理場 (120 処理場)

ポンプ場 : 東日本大震災に起因する施設障害が発生した全ポンプ場 (112 ポンプ場)

管路 : 東日本大震災に起因する被害が発生し、災害査定を受ける自治体 135 箇所※

※9月のアンケート配布時点で災害査定を受ける予定の自治体数のため、国土交通省調べの被災自治体数とは整合しない

②回収率等 (※平成 24 年 2 月 14 日時点集計)

処理場 : 86/120 (72%)、うち津波被害があったと回答した処理場数 : 16/86

ポンプ場 : 75/112 (67%)、うち津波被害があったと回答したポンプ場数 : 37/75

管路 : 96/135 (71%)、うち埋戻し部の液状化被害があったと回答した自治体 : 61/96

うち周辺地盤の液状化被害があったと回答した自治体 : 21/96

③アンケート調査内容

処理場・ポンプ場に関しては、施設区分毎 (処理場は 23 施設に分類、ポンプ場は 5 施設に分類) に、施設の有無、耐震対策の有無、被害の程度、被害対象工種、被害要因、浸水深を質問した。また、海岸からの距離や施設の覆蓋の状況、復旧対応状況等も質問している。

管路に関しては、施設区分毎 (管きょ、人孔、マンホールポンプ) に、被害要因別 (地震動、津波、液状化など) の被害状況を質問している。また、既設管の耐震対策の有無とその被害内容などについても質問している。

アンケート用紙

表 I-1-12(1) アンケートにおける調査概要（上段：処理場、下段：ポンプ場）

施設		施設有無	耐震対策	被災程度		被災対象工	被災要因	浸水高	備考 (補足説明、被災概況)	写真No (別資料)
施設名称	被災箇所	○：有 ×：無	L1：有L1対応 L2：有L2対応 ×：無	【損傷状況】 A：損傷なし B：一部損傷 C：全損傷	【機能状況】 a：機能に問題無 b：一部機能停止 c：全機能停止	1：土木 2：建築 3：機械 4：電気	7：地震力 4：液状化 ウ：津波波圧 エ：津波漂流物 オ：津波浸水 カ：その他	浸水があった施設のみ記載ください(単位GL+m)		
流入渠										
管理棟										
ポンプ施設	沈砂池施設(沈砂・しき対応)									
	汚水ポンプ施設									
	雨水ポンプ施設									
雨水調整池・滞水池										
汚水調整池										
水処理施設	最初沈殿池									
	反応タンク									
	最終沈殿池									
	消毒設備									
	場内管渠									
高度処理施設										
電機関連施設	受変電棟(特高受電棟)									
	自家発電機棟									
	電機室									
機械棟										
放流渠・吐口										
汚泥処理施設	濃縮槽									
	機械濃縮設備									
	消化槽									
	脱水機									
	焼却炉									

施設		施設有無	耐震対策	被災程度		被災対象工	被災要因	浸水高	備考 (補足説明、被災概況)	写真No (別資料)
施設名称	被災箇所	○：有 ×：無	L1：有L1対応 L2：有L2対応 ×：無	【損傷状況】 A：損傷なし B：一部損傷 C：全損傷	【機能状況】 a：機能に問題無 b：一部機能停止 c：全機能停止	1：土木 2：建築 3：機械 4：電気	7：地震力 イ：液状化 ウ：津波波圧 エ：津波漂流物 オ：津波浸水 カ：その他	浸水があった施設のみ記載ください(単位GL+m)		
流入渠										
沈砂池施設(沈砂・しき対応)										
汚水ポンプ施設										
自家発電施設										
放流管渠										

表 I-1-12(2) アンケートにおける調査概要（管路）

施設名称	被災要因※1												写真No.
		ア:全面液状化 ウ:部分液状化 オ:盛土の変状	イ:津波 エ:地震動 カ:不明・その他		ア:全面液状化 ウ:部分液状化 オ:盛土の変状	イ:津波 エ:地震動 カ:不明・その他		ア:全面液状化 ウ:部分液状化 オ:盛土の変状	イ:津波 エ:地震動 カ:不明・その他				
本管の管種 A:塩ビ、B:リブ、C:ヒューム、 D:陶管、E:ダクタイル鋳鉄、 F:ポリ、その他(記入)													
管種別被災総延長(km)													
管渠部 被害内訳	路面異常(箇所)												
	滞水(箇所)												
	土砂堆積(箇所)												
	本管破損(箇所)												
マンホール 被害内訳	被災人孔総個数(個)												
	鉄蓋(個)												
	躯体(個)												
	突出(個)												
	沈下(個)												
	管接合部(個)												
マンホールポンプ 被害内訳	被災ポンプ総個数(個)												
	制御盤(個)												
	停電(個)												
	土砂(個)												
	人孔破損(個)												
	ポンプ異常												

＜被害項目の内容＞

マンホール

「鉄蓋」:鉄蓋のずれ
「躯体」:躯体のずれ、ひび割れ
「突出」:液状化による人孔の突出
「沈下」:液状化による人孔の沈下
「管接合部」:人孔と本管接合部の破損

管渠部

「路面異常」:管路埋設路線上の路面の隆起・陥没
「滞水」:管路の逆勾配、閉塞による人孔・管渠内の汚水の滞水
「土砂堆積」:土砂堆積による管閉塞
「本管破損」:本管受口抜け、破損

マンホールポンプ

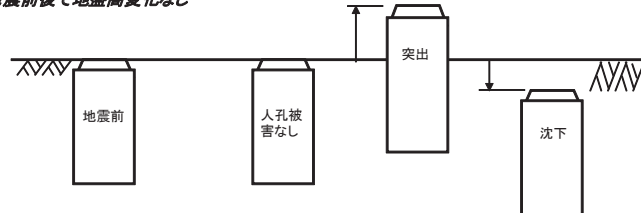
「制御盤」:制御盤の浸水、破損、欠落
「停電」:電力供給不可
「土砂」:土砂堆積によるポンプ作動異常
「人孔破損」:人孔破損によるポンプ停止
「ポンプ異常」:ポンプ本体の異常

※1 被災要因は周辺地盤の状況から判断して下さい。

ア:全面液状化→宅地からも噴砂が見られた。
イ:津波→浸水した
ウ:部分的液状化→道路路面(埋戻し部)の陥没
エ:地震動→噴砂は見られない
オ:盛土の変状→地すべり
カ:不明、その他→要因が不明の場合

測量を実施している場合は、測量値にて判断し、測量をしていない時は
下図を参考に決定して下さい。

○地震前後で地盤高変化なし



○地震前後で地盤高変化あり

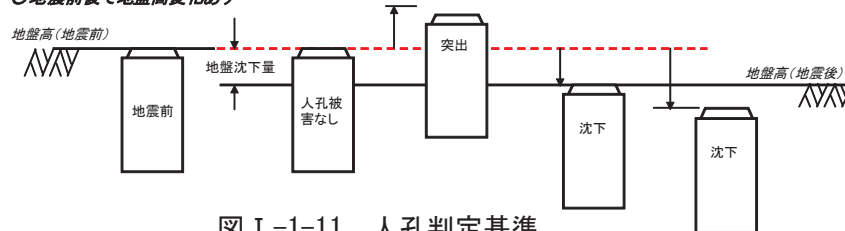


図 I-1-11 人孔判定基準

（１） 特徴的な被害要因の整理

東日本大震災においては、地震動による被害、液状化による被害に加え、津波による被害など、被害の要因が多岐にわたった。

管きょ被害では、液状化による被害が顕著で全体のおよそ 9 割を占めた。人孔被害についても液状化による被害が約 7 割と高い割合であった。

なお、管路の津波被害については、浸水域での調査が未実施である地域もあることから、アンケート調査結果からは明確に把握は難しいと考えられる。

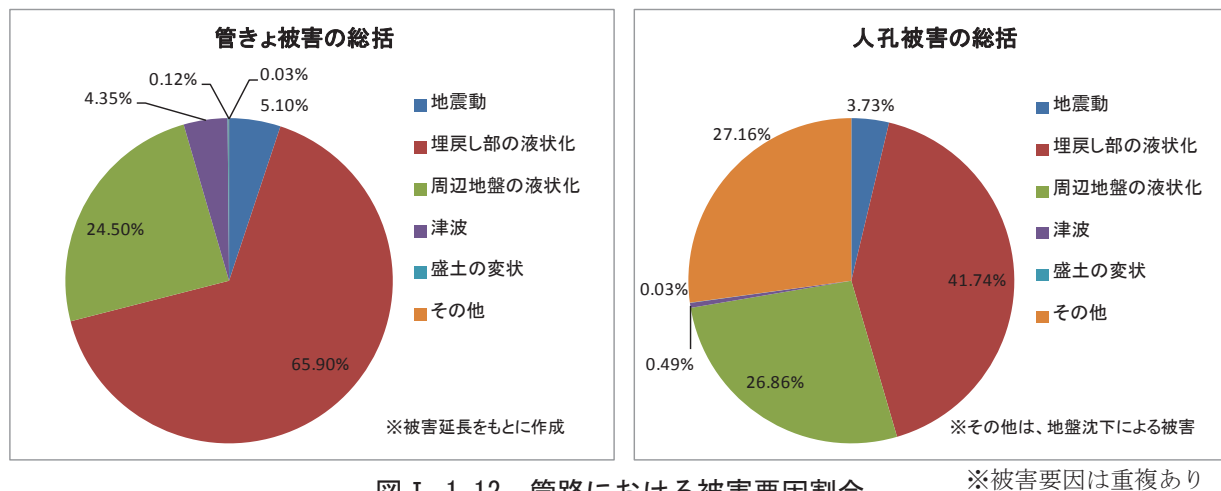


図 I-1-12 管路における被害要因割合

処理場及びポンプ場においては津波による被害割合が半数以上と多い傾向であった。

被害割合と被害場数（処理場：16/86、ポンプ場：37/75）から、津波被害を受けた処理場、ポンプ場では多くの施設で被害が発生していると考えられる。

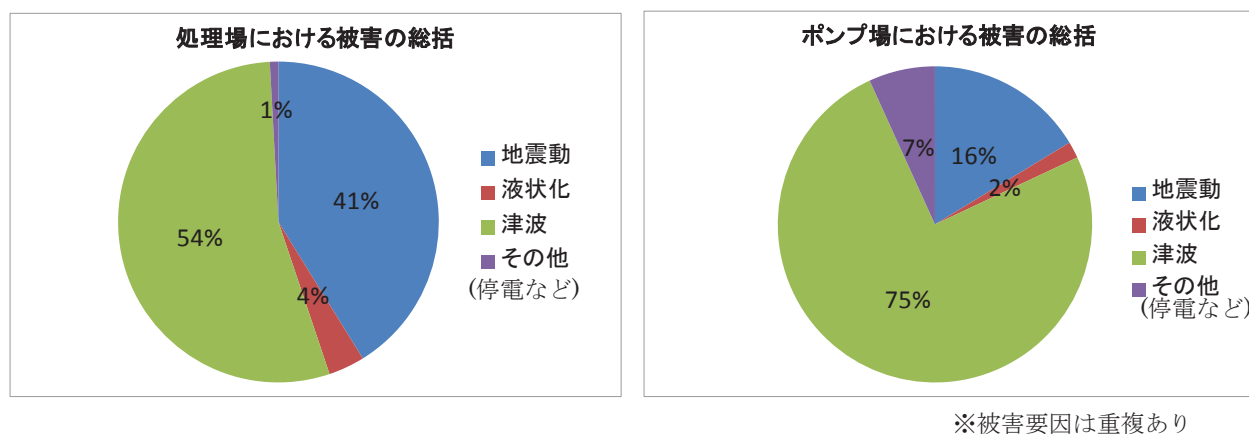


図 I-1-13 処理場、ポンプ場における場内施設を対象とした被害要因割合

アンケート結果に基づく管路の被害は、表 I-1-13 より、1 都 7 県に及び、被害要因別では、「地震動」及び「埋戻し部の液状化」による被害は宮城県で最も多く発生し、「周辺地盤の液状化」による被害は大半が千葉県及び茨城県で発生した。また、「津波」による被害は岩手県及び宮城県のみで、「盛土の変状」による被害は福島県及び岩手県のみで発生した。

表 I-1-13 アンケート結果に基づく被害総括表【管路】

都道府県	市町村等 団体数	管渠被害延長(km)						人孔被害(個)					
		地震動	埋戻し部の 液状化	周辺地盤の 液状化	津波	盛土の 変状	その他	地震動	埋戻し部の 液状化	周辺地盤の 液状化	津波	盛土の 変状	その他
岩手県	8	0.09	4.97	0.00	16.22	0.02	0.10	0	54	0	47	1	3,980
宮城県	31	12.45	175.31	10.49	0.50	0.00	0.00	318	4,849	560	25	0	26
福島県	13	0.30	39.90	1.05	0.00	0.44	0.00	110	612	15	0	3	0
茨城県	30	6.80	31.58	26.38	0.00	0.00	0.00	116	635	488	0	0	0
栃木県	3	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	6	7	0	0	0	0
千葉県	8	0.00	0.04	51.60	0.00	0.00	0.00	0	1	2,777	0	0	0
東京都	1	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00	0	0	122	0	0	0
新潟県	2	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
合計	96	19.63	253.41	94.23	16.72	0.46	0.10	550	6,158	3,962	72	4	4,006

アンケート結果に基づく処理場の被害は、表 I-1-14 より、1 都 9 県に及び、被害要因別では、「地震動」による被害は宮城県及び茨城県で多く発生し、「液状化」による被害は東京都で最も多く発生した。また、「津波による波圧」「津波による漂流物」「津波による浸水」による被害は宮城県で最も多く発生した。

表 I-1-14 アンケート結果に基づく被害総括表【処理場】

都道府県名	被災施設 処理場数	被災要因別の被災処理場数※				
		地震動	液状化	津波 波圧	津波 漂流物	津波 浸水
青森県	2	2	0	0	0	0
岩手県	4	2	1	2	2	4
宮城県	21	17	2	8	6	7
福島県	7	5	1	1	1	2
茨城県	13	13	2	0	0	0
栃木県	4	4	1	0	0	0
埼玉県	2	2	0	0	0	0
千葉県	3	3	0	0	0	0
東京都	4	4	3	0	0	0
神奈川県	9	9	0	0	0	0

※重複あり（1つの処理場で複数の被災要因を含むケースがあるため）

アンケート結果に基づくポンプ場の被害は、表 I-1-15 より、5 県で発生し、全ての被害要因において、宮城県で最も多くが発生した。

表 I-1-15 アンケート結果に基づく被害総括表【ポンプ場】

都道府県名	被災ポンプ場数	被災要因別の被災ポンプ場数※				
		地震動	液状化	津波波圧	津波漂流物	津波浸水
青森県	2	0	0	0	0	2
岩手県	5	1	0	1	1	5
宮城県	33	16	3	24	19	23
福島県	2	0	0	0	0	2
茨城県	6	3	1	2	0	2

※重複あり（1つのポンプ場で複数の被災要因を含めケースがあるため）

特徴的な被害要因を整理すると以下の通りとなる。

【被害要因】

- ・管きょ被害では、液状化による被害が顕著で全体のおよそ 9 割を占めた。
- ・人孔被害についても液状化による被害が約 7 割と高い割合であった。
- ・処理場及びポンプ場においては津波による被害割合が半数以上と多い傾向であった。
- ・津波被害を受けた処理場、ポンプ場では多くの施設で被害が発生していると考えられる。

【地域特性】

- ・管路で「地震動」及び「埋戻し部の液状化」による被害は宮城県が最も多い。
- ・管路で「周辺地盤の液状化」による被害は大半が千葉県及び茨城県で発生した。
- ・処理場で「地震動」による被害は宮城県及び茨城県で多く発生した。
- ・処理場で「液状化」による被害は東京都で最も多く発生した。
- ・処理場で「津波による波圧」「津波による漂流物」「津波による浸水」の被害は宮城県で最も多く発生した。
- ・ポンプ場では全ての被害要因において、宮城県で最も多く発生した。

以上から、アンケート調査結果より、これまでの震災と比べ特徴的な被害要因として、管路では液状化、処理場・ポンプ場では津波であることから、これらに着目して分析を行うものとする。

(2) 液状化による管路施設被害

1) 液状化による被害概況

①被害要因の分類

図 I-1-14 に示すように埋戻し部の液状化によるものと、周辺地盤の全面的液状化によるものの、大きく次の 2 つの形態に分類される。

a. 埋め戻し部の液状化

管路施設の埋戻し部分のみ液状化する場合(図 I-1-14 の a)

b. 周辺地盤の全面液状化

周辺地盤を含めて周辺地盤の液状化する場合(図 I-1-14 の b)※宅地からも噴砂が見られる状態

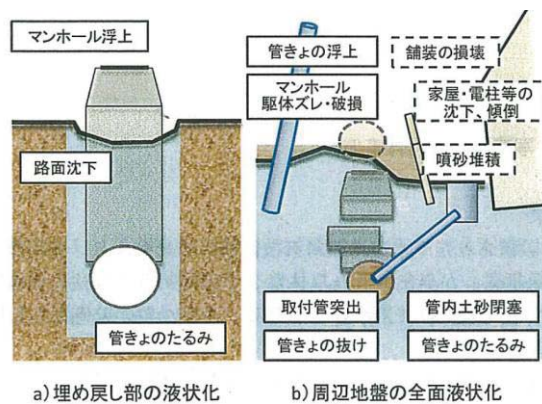


図 I-1-14 下水道管路施設の被害要因の分類

②液状化被害の発生分布

図 I-1-15 にアンケート結果を基に液状化による被害を市町村別に整理した図を示す。埋戻し部の液状化による被害は、岩手県、宮城県、福島県の東北地方に比較的多く見られ、周辺地盤の液状化による被害は、東京都、千葉県、茨城県の関東地方に集中していることが分かる。

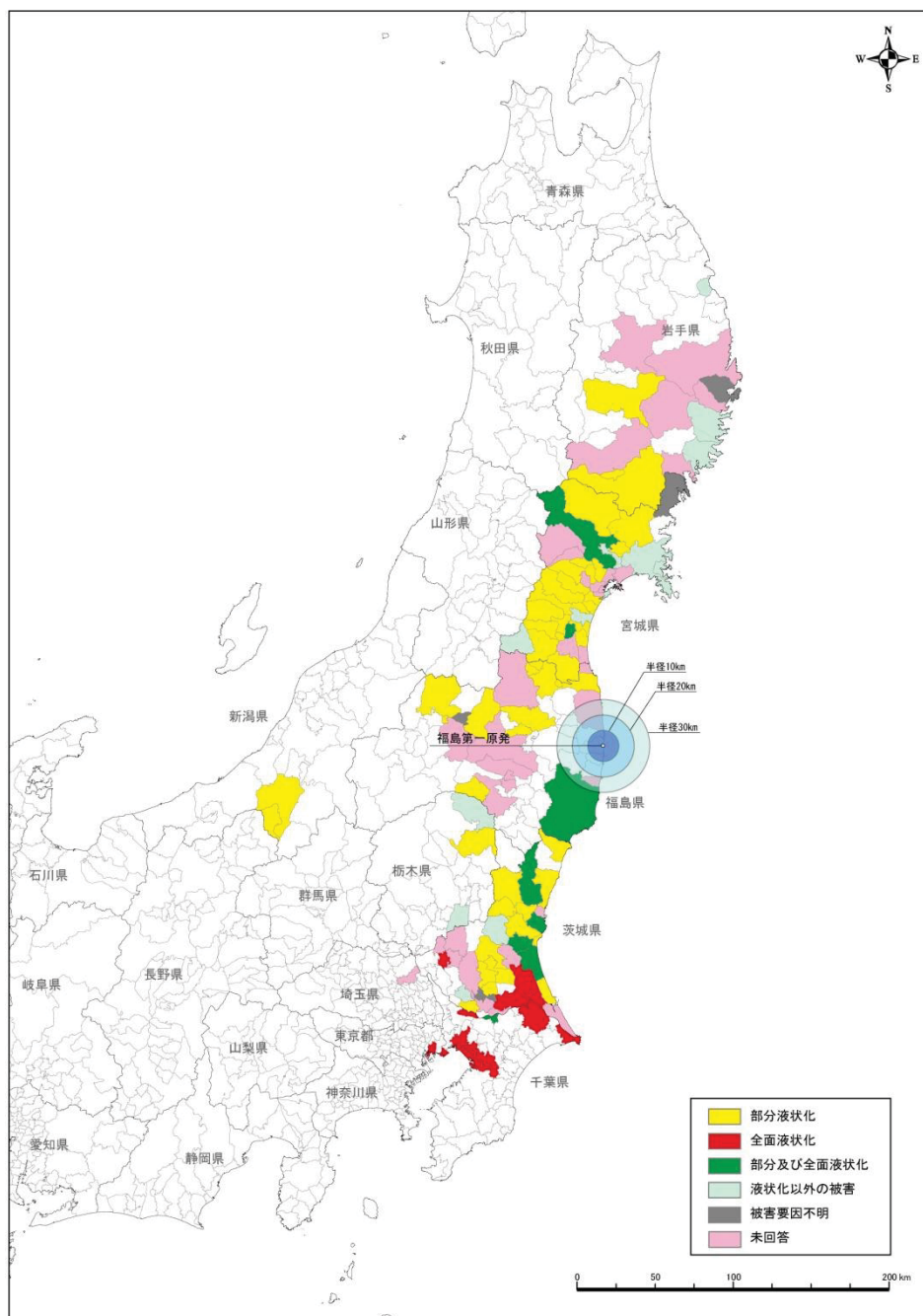


図 I-1-15 液状化による被害状況（2011. 12. 9 時点のアンケート結果に基づく）

※ 上図は、アンケート調査に対し、管路被害があったと回答した自治体について、市町村単位で着色を行ったものである。

③液状化による被害概況のまとめ

- ・震源近くの岩手県、宮城県は埋戻し部の液状化が発生し、路面異常や管渠のたわみ人孔被害が発生した。
- ・震源から離れた東京都、千葉市など関東地方沿岸部を中心に周辺地盤の液状化が発生した。

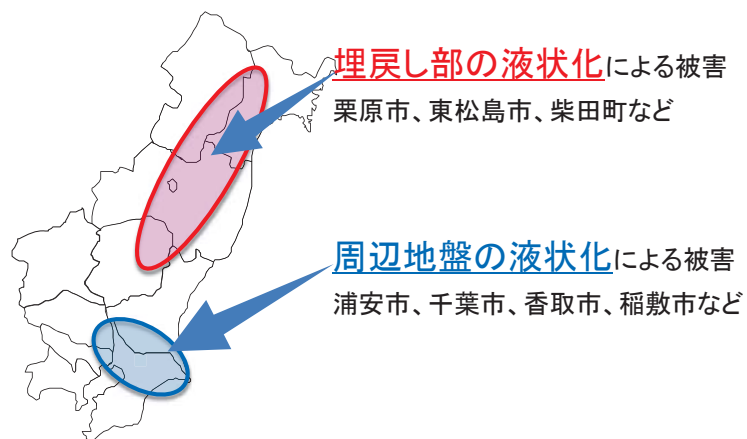


図 I-1-16 液状化の発生概略位置図

2) 周辺地盤の液状化による被害

① 被害の概要

周辺地盤の液状化（全面液状化）による被害を整理すると以下のとおりである。

周辺地盤の液状化で管路に被害を受けている自治体は 21 自治体であり、管きょ被害では土砂堆積が 36%、人孔被害では沈下が 41%であった。

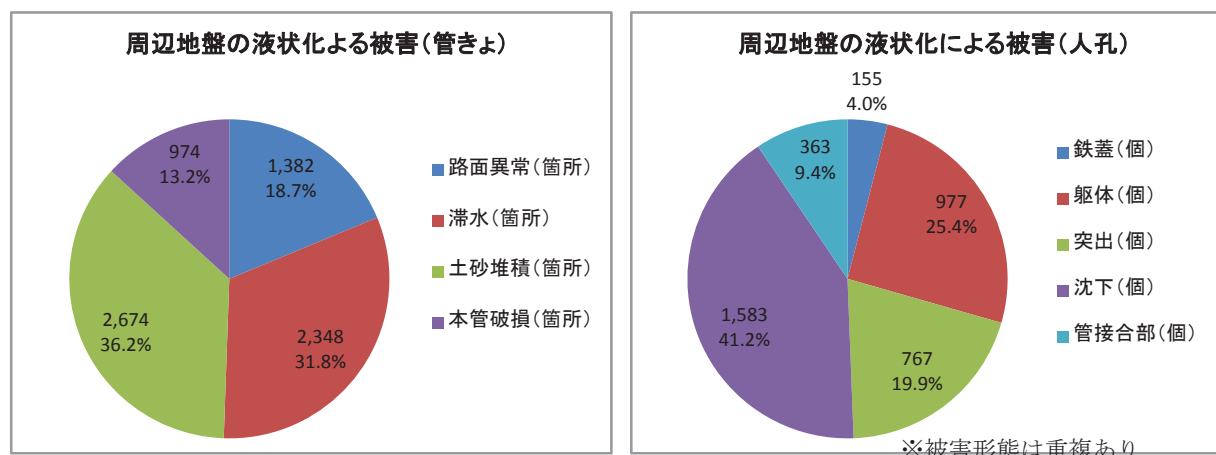


図 I-1-17 周辺地盤の液状化による被害形態

人孔被害

「鉄蓋」：鉄蓋のズレ

「躯体」：躯体のズレ、ひび割れ

「突出」：液状化による人孔の突出

「沈下」：液状化による人孔の沈下

管きょ被害

「路面異常」：管路埋設路線上の路面の隆起・陥没

「滞水」：管路の逆勾配、閉塞による人孔・管渠内の汚水の滞水

「土砂堆積」：土砂堆積による管閉塞

「管接合部」：人孔と本管接合部の破損

「本管破損」：本管受口抜け、破損

○地震前後で地盤高変化なし

○地震前後で地盤高変化あり

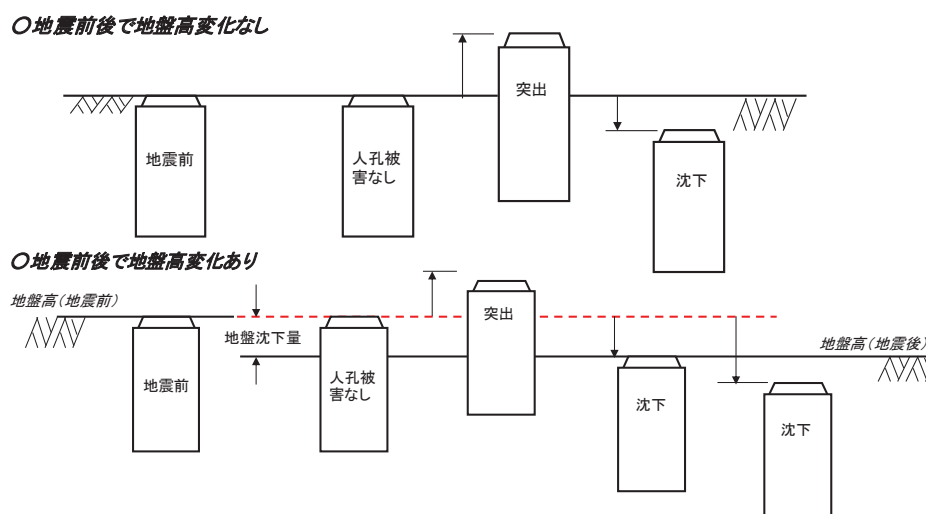


図 I-1-18 アンケートの種類分け基準



千葉市取付管抜け



千葉市土砂堆積



千葉市躯体ズレ



千葉市接合部破損

写真 I-1-3 周辺地盤の液状化による管路施設の被害状況

②管きょ被害と震度階級

管きょ被害と震度階級の関係を整理すると、震度7で2.92%、震度6強で0.21%、震度6弱で1.75%、震度5強0.78%、震度5弱で0.03%の被害率であり、全体では0.38%の被害率と、震度と被害率の関係は、震度が大きくなるほど被害率が増加する。ただし、震度6強の被害率が少ない。その理由として、震度6強の自治体は宮城県沿岸部の自治体が多く、アンケート調査時に津波被害等により被害調査が行われていないためこのような結果となった可能性がある。

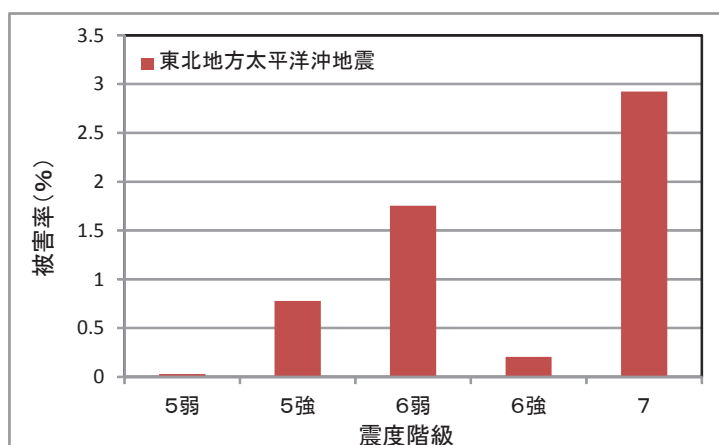


図 I-1-19 震度階級と被害率の関係（周辺地盤の液状化）

③周辺地盤の液状化による被害整理

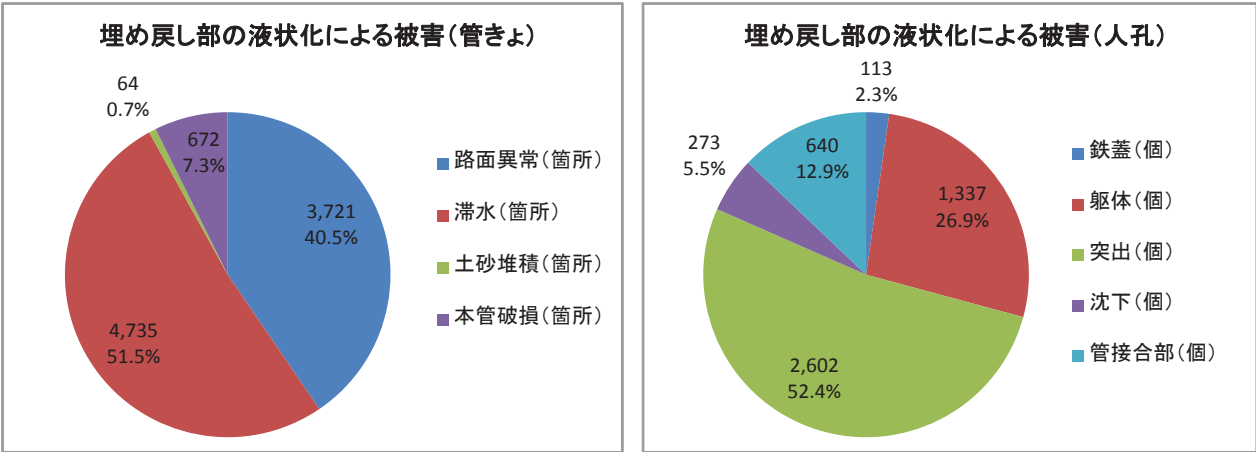
- ・管きょ被害では、土砂堆積被害が多いのが特徴としてあげられる。
- ・人孔では躯体と沈下の被害が多くなっている。
- ・震度が大きいほど被害率は増加する。

3) 埋戻し部の液状化による被害

①被害の概要

埋戻し部の液状化（部分液状化）による被害形態を整理すると以下のとおりである。

埋戻し部の液状化で管路に被害を受けている自治体は 61 自治体であり、管きょ被害では滞水が 52%、人孔被害では突出が 52%であった。



※被害形態は重複あり

図 I-1-20 埋戻し部の液状化（部分液状化）による被害形態

人孔被害

- 「鉄蓋」：鉄蓋のズレ
- 「躯体」：躯体のズレ、ひび割れ
- 「突出」：液状化による人孔の突出
- 「沈下」：液状化による人孔の沈下

管きょ被害

- 「路面異常」：管路埋設路線上の路面の隆起・陥没
- 「滞 水」：管路の逆勾配、閉塞による人孔・管渠内の汚水の滞水
- 「土砂堆積」：土砂堆積による管閉塞
- 「管接合部」：人孔と本管接合部の破損
- 「本管破損」：本管受口抜け、破損



栃木県真岡市人孔突出、路面異常



栃木県大田原市人孔突出、路面異常

写真 I-1-4 埋戻し部の液状化による管路施設の被害状況

② 管きょ被害と震度階級

管きょ被害と震度階級の状況を整理すると、震度7で1.83%、震度6強で1.58%、震度6弱で1.66%、震度5強0.96%の被害率であり、全体では1.60%の被害率となっている。

また、震度6弱を超えると被害率が増加する傾向となった。

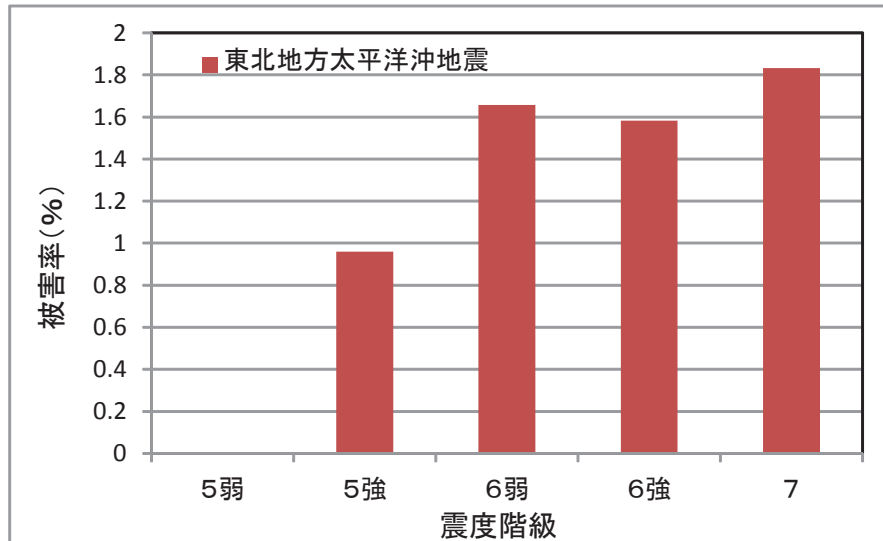
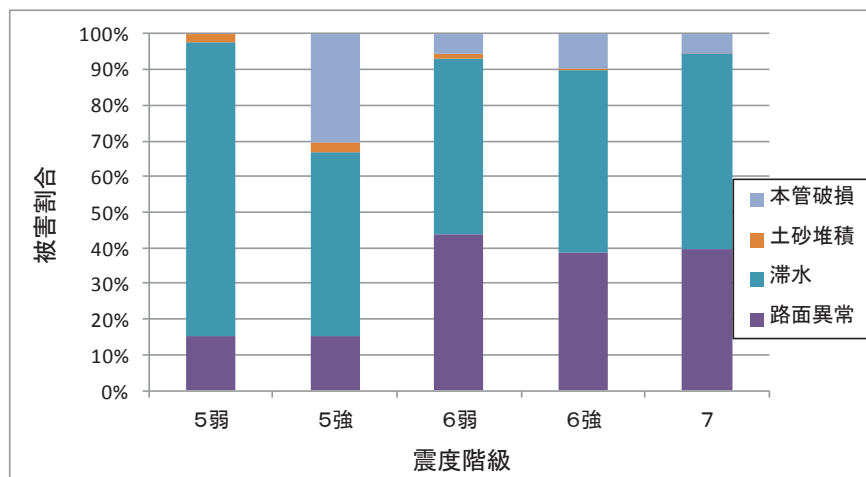


図 I-1-21 震度階級と被害率の関係（埋戻し部の液状化）

震度階級毎に管きょの被害内容を整理すると、震度6弱を超えるとほぼ同じ割合で被害が発生している。



※被害内訳は重複あり

図 I-1-22 震度階級と管きょ被害内訳の関係（埋戻し部の液状化）

震度階級によって、管きよの被害内容の割合は震度 6 弱を超えてからは、ほぼ同じであることがアンケート結果より得られた。

一方、人孔被害では、震度 6 弱を超えるとさまざまな部位で被害が発生しており、人孔の沈下被害も発生していることが確認された。

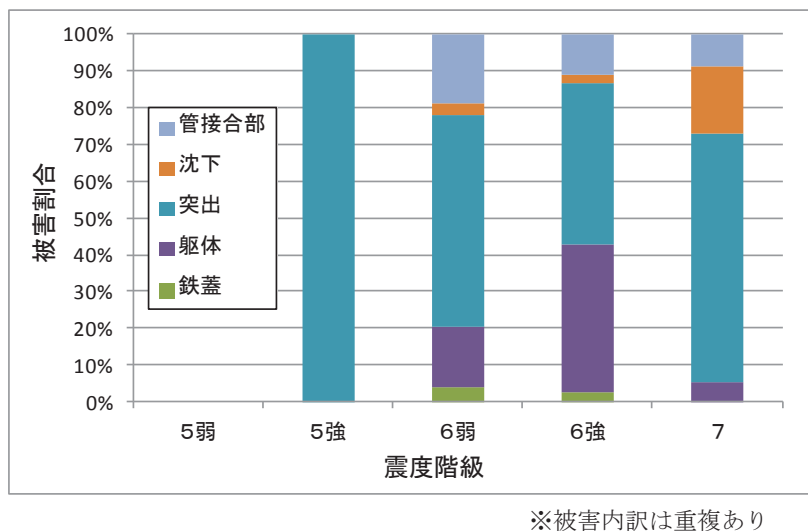


図 I-1-23 震度階級と人孔被害内訳の関係 (埋戻し部の液状化)

③管種別の被害率

埋戻し部の液状化の管種別被害率は、ヒューム管で 0.83%、塩ビ管で 2.34%、陶管で 3.95%であった。埋戻し部の液状化で管種別の被害率が異なるのは、埋設深、管の重量、管の構造、強度等の違いによるものと考えられる。

表 I-1-16 埋戻し部の液状化による管種別被害率

項目	ヒューム管	塩ビ管	陶管
整備延長(km)	5,283	8,311	328
被害延長(km)	44	195	13
被害率(%)	0.83	2.34	3.95
対象団体数	33	55	1

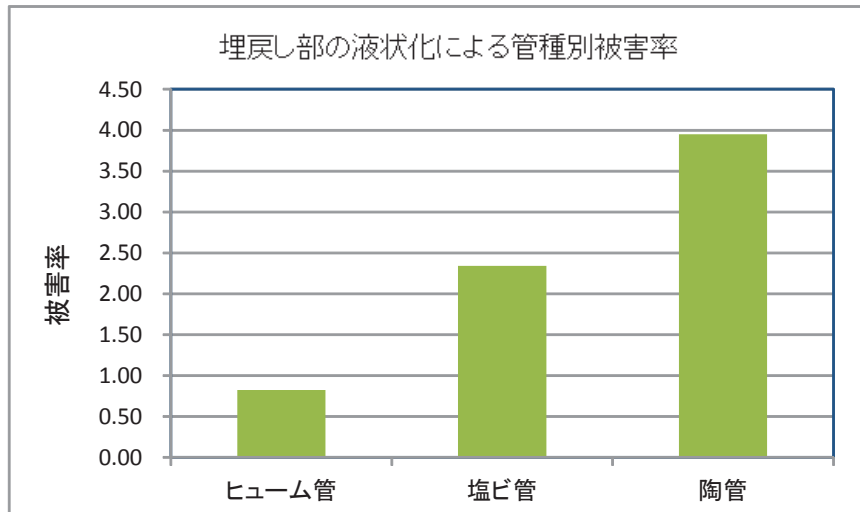


図 I-1-24 埋戻し部の液状化による管種別被害率

④過去の地震との比較

埋戻し部の液状化が原因で下水道施設に大きな被害を発生させた新潟県中越地震の被害事例との比較を行う。

被害内容の比較を整理すると、管きょ被害では路面異常と人孔滞水が上位2位を、人孔被害では突出と躯体が上位2位を占め、両地震の被害状況は同様な傾向であった。

表 I-1-17 過去の地震動との比較（埋戻し部の液状化）

新潟県中越地震			東北地方太平洋沖地震		
【管渠】			【管渠】		
第1位	路面異常	5,908 箇所	第1位	人孔滞水	4,735 箇所
第2位	人孔滞水	3,149 箇所	第2位	路面異常	3,721 箇所
【人孔】			【人孔】		
第1位	突出	1,453 箇所	第1位	突出	2,602 箇所
第2位	躯体	604 箇所	第2位	躯体	1,337 箇所

被害率を比較すると、新潟県中越地震では、震度7で21.6%、震度6強で16.7%、震度6弱で4.1%、震度5強で3.8%、震度5弱0.8%の被害率で、全体では4.7%の被害率であった。

一方、今回の地震では、埋戻し部液状化被害は震度5強以上で1.0~1.8%の被害率であった。

被害率については、被害延長／整備延長で各自治体で算出し合計したものである。今回の地震は、広範囲で被害が発生しており、局所的に被害を受けた自治体も多く含まれることから、被害率を算出する際の整備延長（母数）が過去の地震と比べ長いと予想されることから、被害率が低い傾向を示したものと考えられる。

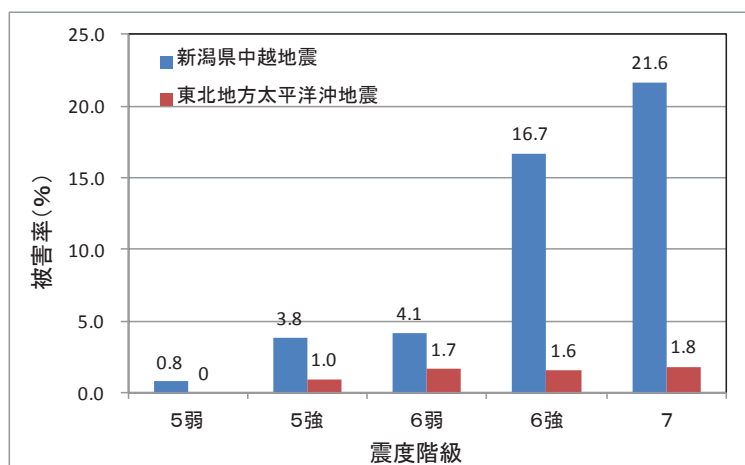


図 I-1-25 震度階級と被害率の関係

⑤埋戻し部の液状化による被害整理

- ・管きょ被害では、路面異常や滞水被害が大半を占めている。
- ・人孔被害では、躯体や突出の被害が多くなっている。
- ・管きょ被害は、震度6弱を超えると被害率が増加する傾向となった。
- ・管種別の被害率が異なるのは、埋設深、管の重量、管の構造、強度等の違いによるものと考えられる。

(3) 津波による処理場・ポンプ場及び管路の被害

1) 処理場・ポンプ場

① 被害の概要

津波の被害要因としては、波圧、漂流物、浸水が挙げられる。アンケート調査結果による場内施設を対象とした被害要因別の被害割合を整理すると、波圧、漂流物、浸水の被害比率はほぼ同様であった。

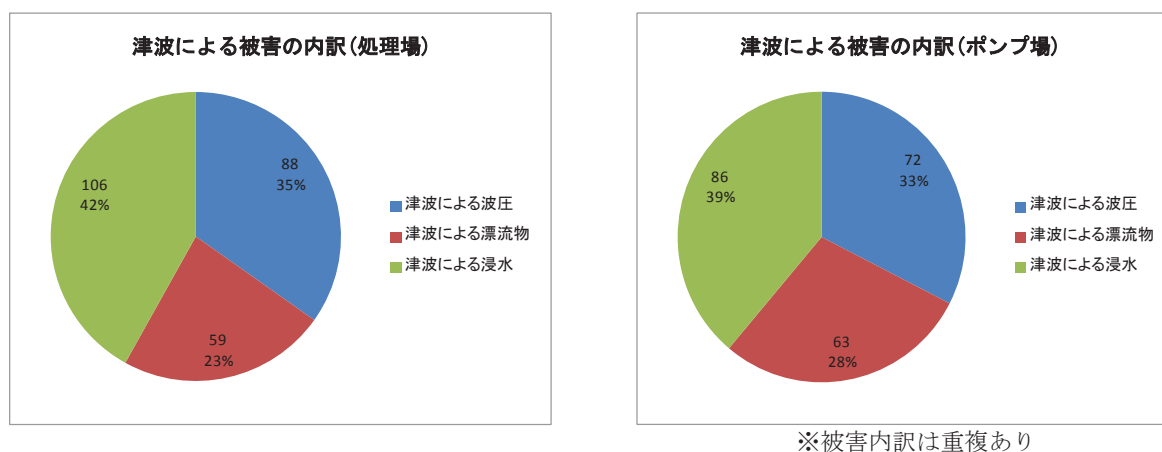


図 I-1-26 場内施設を対象とした被害要因別の被害割合



波圧による津波浸入方向の壁面被害



漂流物による建築物への直接被害



浸水による室内設備の水没被害

写真 I-1-5 処理場・ポンプ場における津波被害の代表事例

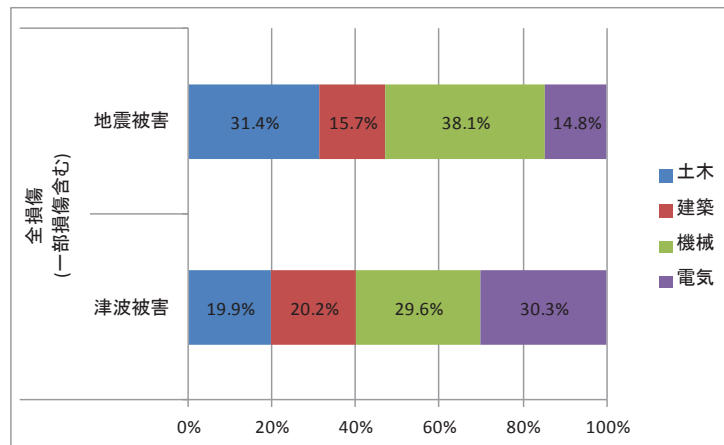
②被害の特徴

アンケート調査に対し、地震動により受けた被害と津波により受けた被害を比べるために、津波により被害があった処理場内の施設（23 施設区分）に対する被害集計割合を用いて、今回の津波被害の特徴等を整理した。

a. 地震動による被害との対比

地震動と津波による被害傾向を比較すると、津波被害では電気設備の被害が多い傾向があった。

電気設備の被害では、津波による電気室や水処理施設の現場操作盤などの水没や流失による機能停止が大半である。



※被害は重複あり

図 I-1-27 地震と津波の施設別被害の相対比較

図 I-1-28 より、津波被害を受けた処理場・ポンプ場の本復旧までの時間（機能停止時間）が、津波以外の要因により被害を受けた処理場・ポンプ場よりも長いことがわかる。

津波以外の要因により被害を受けた処理場では、概ね 1 か月以内には本復旧しているが、津波被害を受けた処理場では本復旧に数年を費やすものもある。また、過去に最も被害が大きかった兵庫県南部地震での東灘処理場（神戸市）の復旧期間が約 100 日であったことを考えても、今回は稼働停止期間が長いことがわかる。

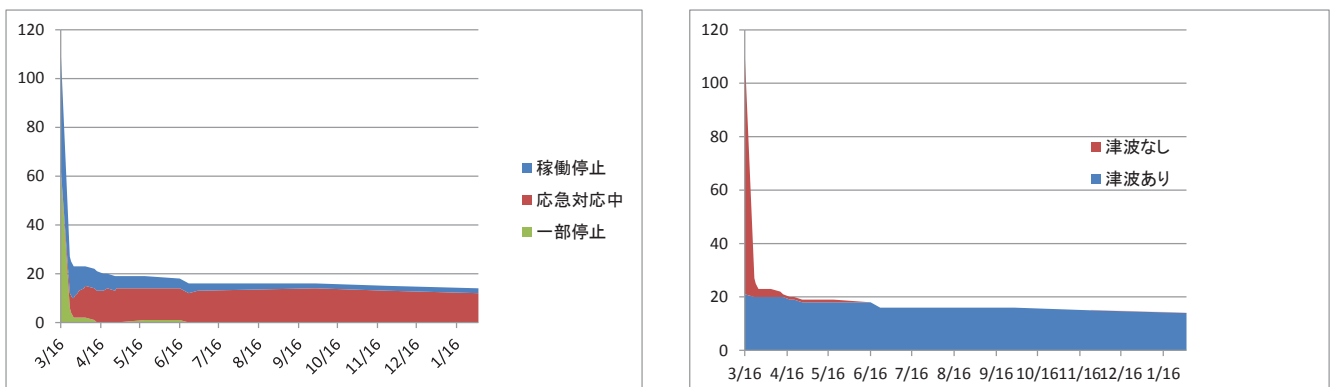


図 I-1-28 処理場における稼働停止状況

③津波被害の特徴分析

津波被害の特徴分析として、波圧被害に対しては海岸からの距離と被害との関係、浸水被害に対しては津波による浸水深と被害との関係について整理を行う。

a. 海岸からの距離と被害の関係

海岸からの距離と津波による処理場内の施設被害割合の関係をみると、海岸からの距離が短いほど、被害の程度は大きいと判断できる。

海岸より 1000m までは全機能停止が半数程度であるが、それ以上は減少傾向である。

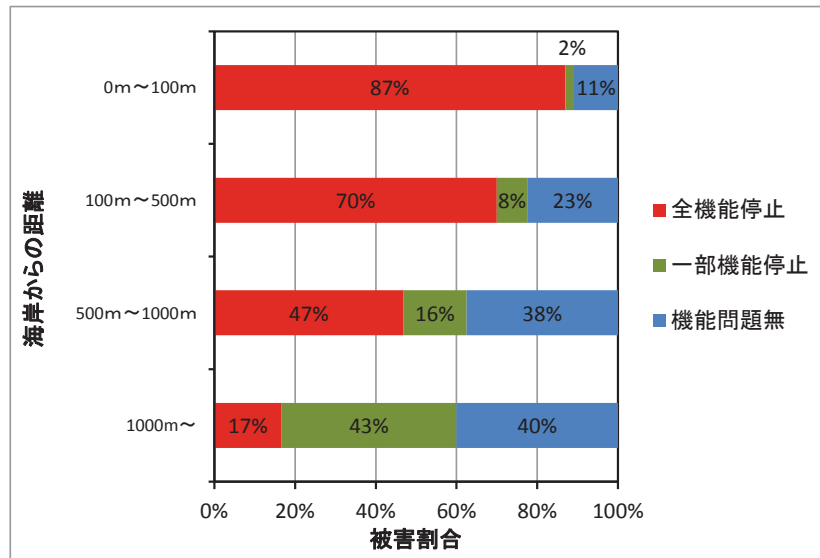
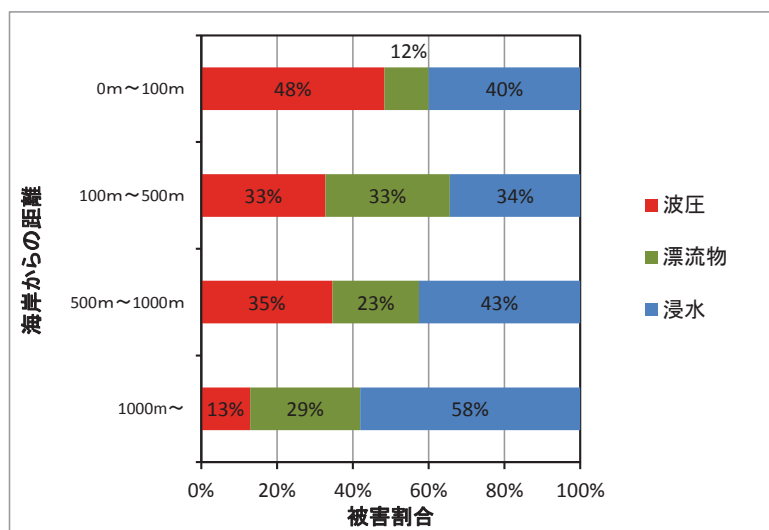


図 I-1-29 海岸からの距離と機能停止状況における被害割合の関係

海岸からの距離と処理場内の施設被害の要因（波圧、浸水、漂流物）の関係をみると、海岸からの距離が短いほど波圧による被害が多く、長くなれば浸水や漂流物による被害割合が増加する傾向である。



※被害内訳は重複あり

図 I-1-30 海岸からの距離と被害要因における被害割合の関係

b. 津波による浸水深と被害との関係

津波による浸水深と、処理場内の施設被害の程度（損傷状況、機能状況）の関係を見ると、浸水深が小さければ、全機能停止ではなく一部機能停止にとどまる結果となっている。

また、浸水深が1m～1.5mより全機能停止が半数を超えることから、今後、対策の範囲や手法を検討する上で参考になると考えられる。なお、浸水深8.5m～9mの「機能問題無」は、流入渠及び放流渠・吐口における電気設備、機械設備のない土木施設である。

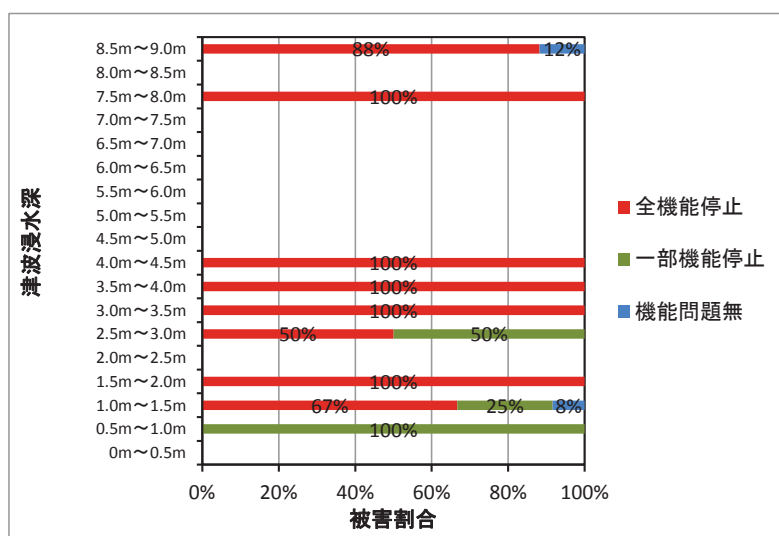
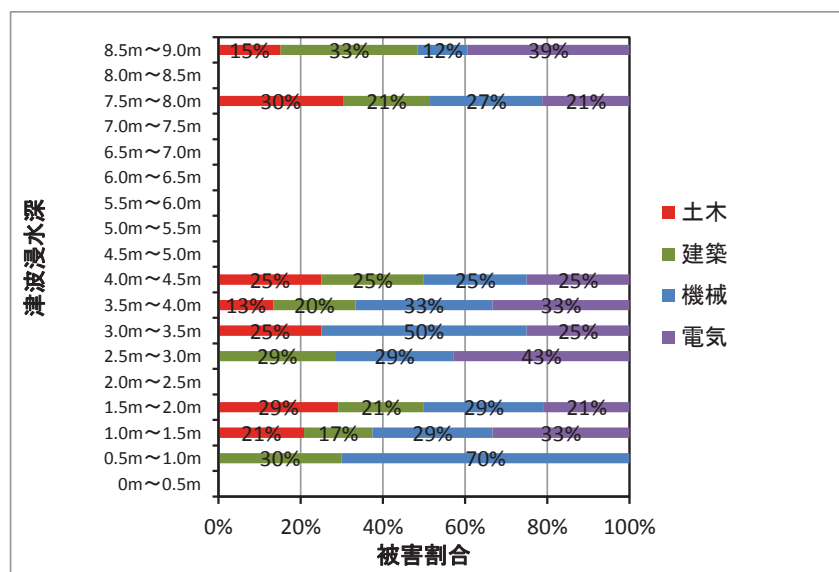


図 I-1-31 津波による浸水深と機能停止状況における被害割合の関係

津波による浸水深と被害の工種の関係を見ると、浸水深が0～4mまでは機械または電気の被害が主体であるが、浸水深が大きくなると、被害工種が複合化（土木、建築、機械、電気）していることが分かる。また、浸水深が4mまでの場合は特に機械・電気工種への津波対策、それ以上になれば全工種を対象とした津波対策が必要であると考えられる。



※被害工種は重複あり

図 I-1-32 津波による浸水深と被害工種における被害割合の関係



図 I-1-33(1) 浸水範囲（青森県八戸市）



図 I -1-33 (2) 浸水範囲 (久慈市・野田村)



図 I-1-33(3) 浸水範囲（宮古市・山田町）



図 I -1-33(4) 浸水範囲（大槌町・金沢市）

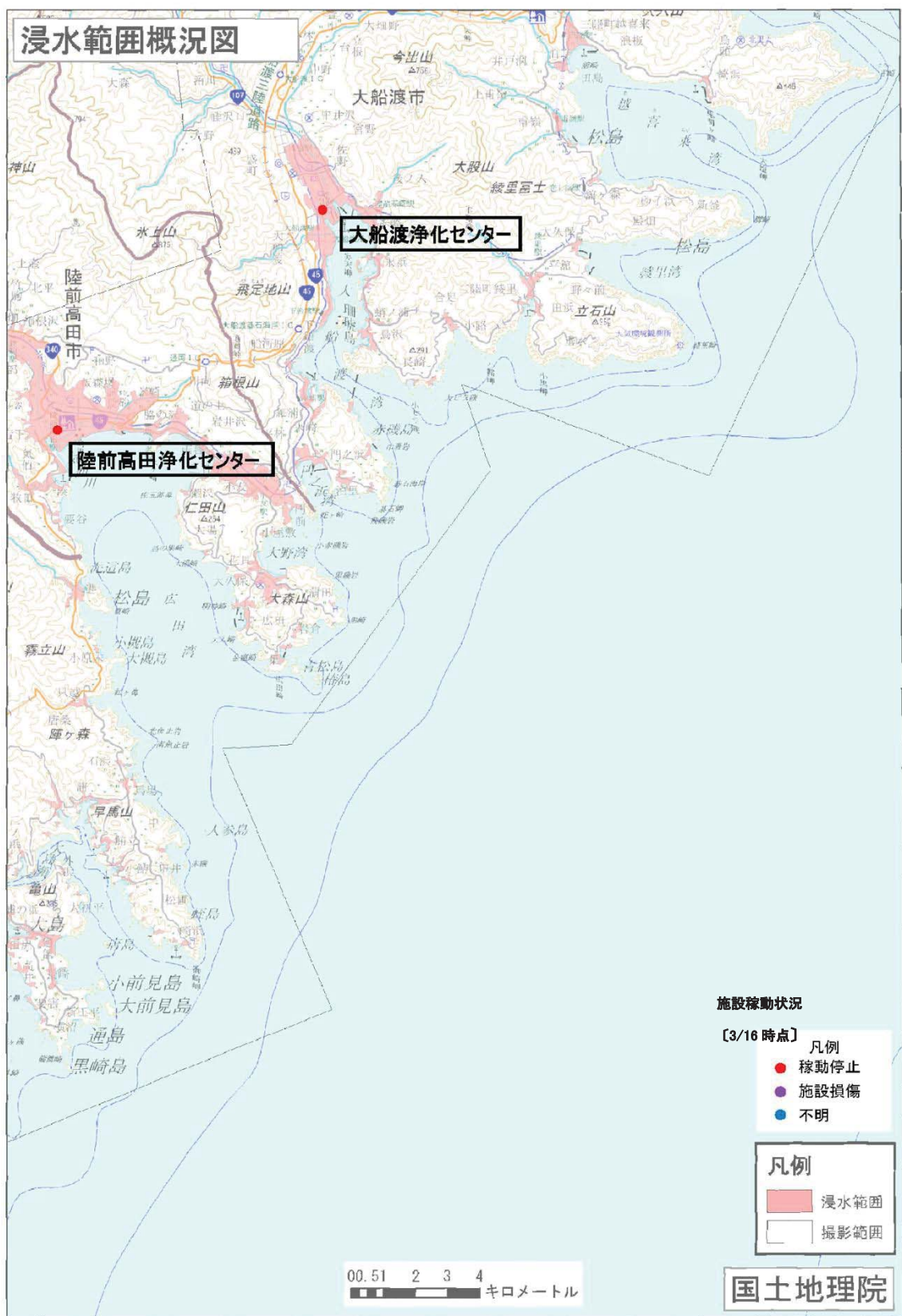


図 I -1-33 (5) 浸水範囲（大船渡市・陸前高田市）

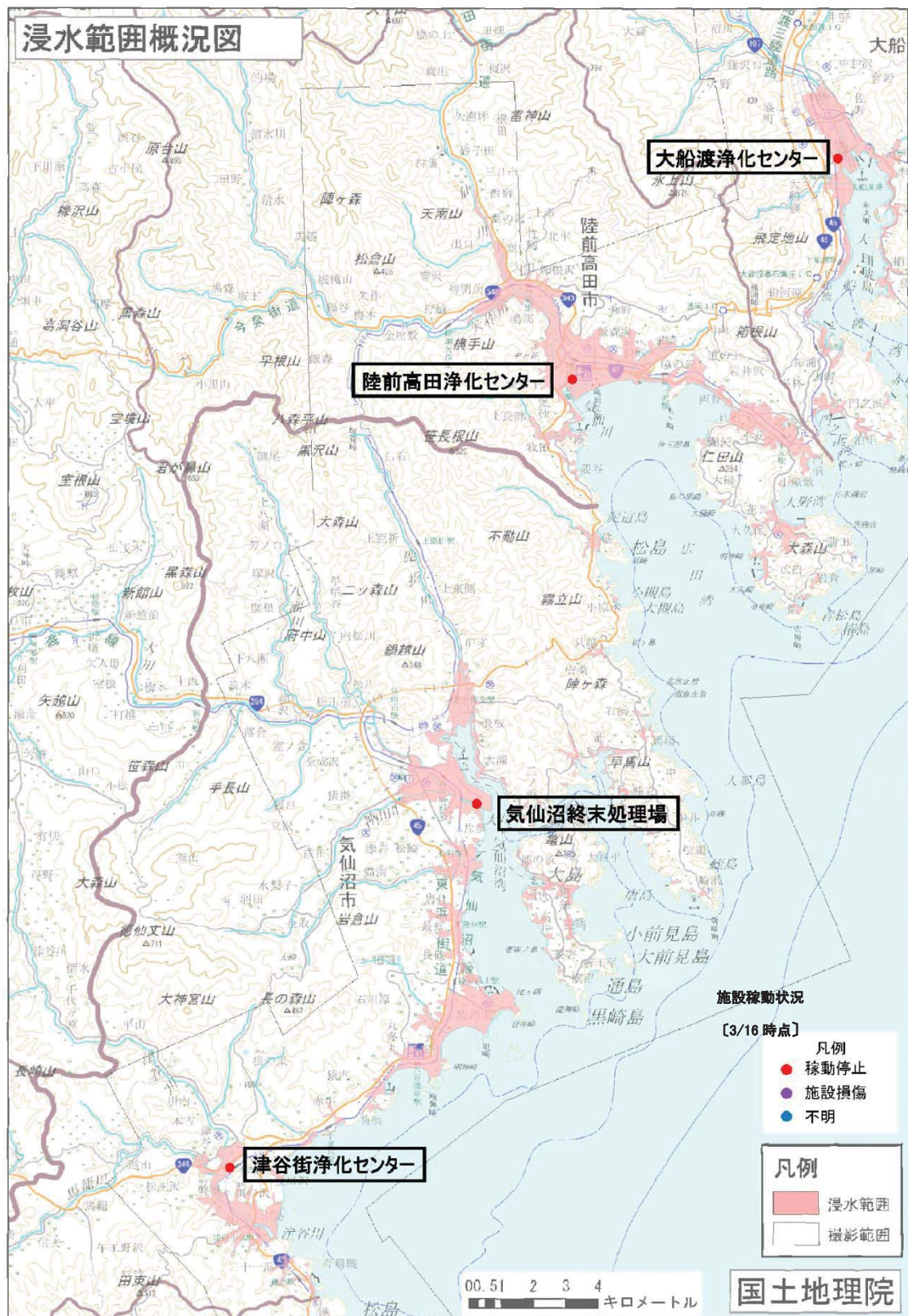


図 I-1-33(6) 浸水範囲（陸前高田市・気仙沼市）

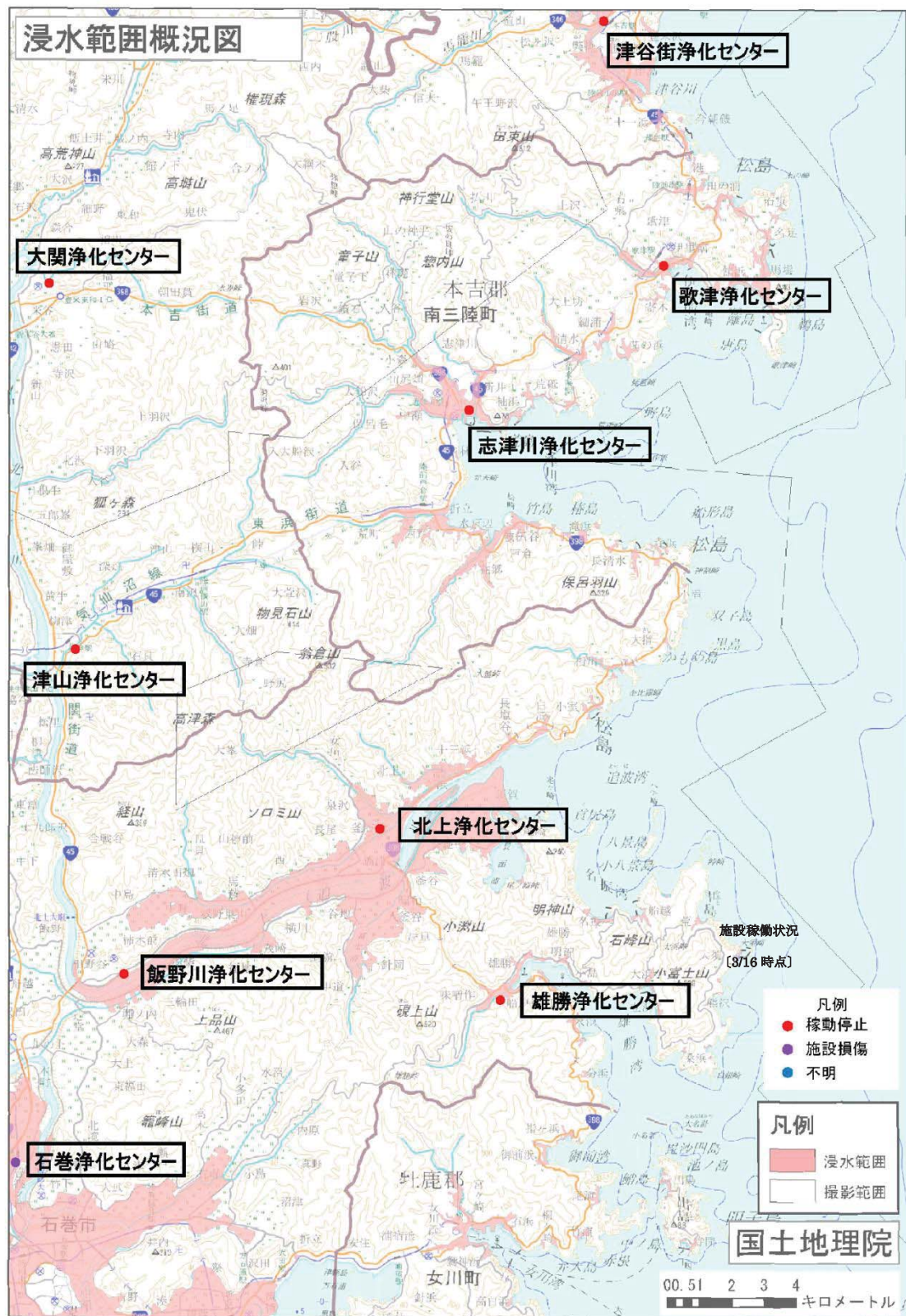


図 I-1-33 (7) 浸水範囲 (南三陸町・石巻市)

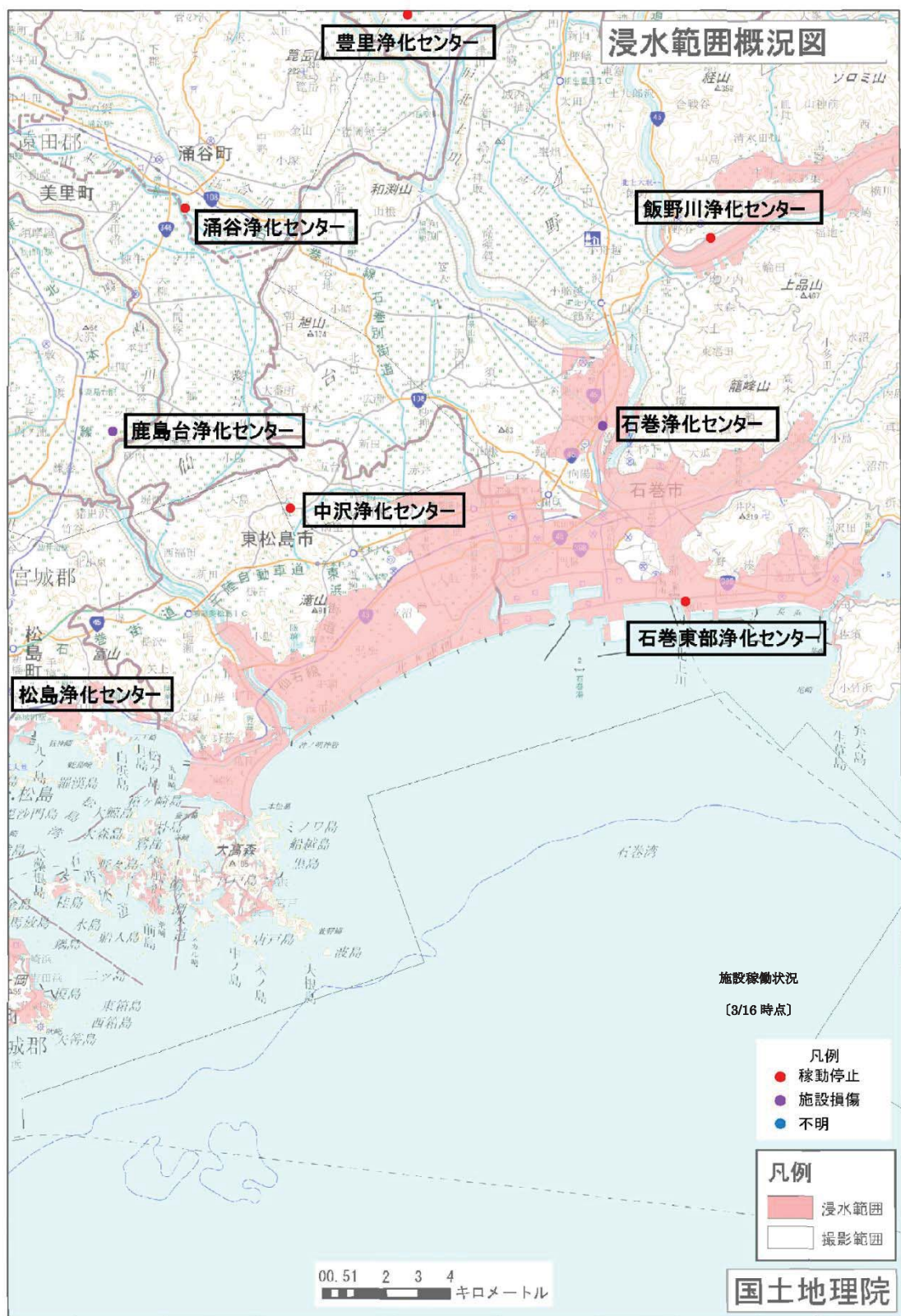


図 I-1-33 (8) 浸水範囲（石巻市・東松島市・松島町）

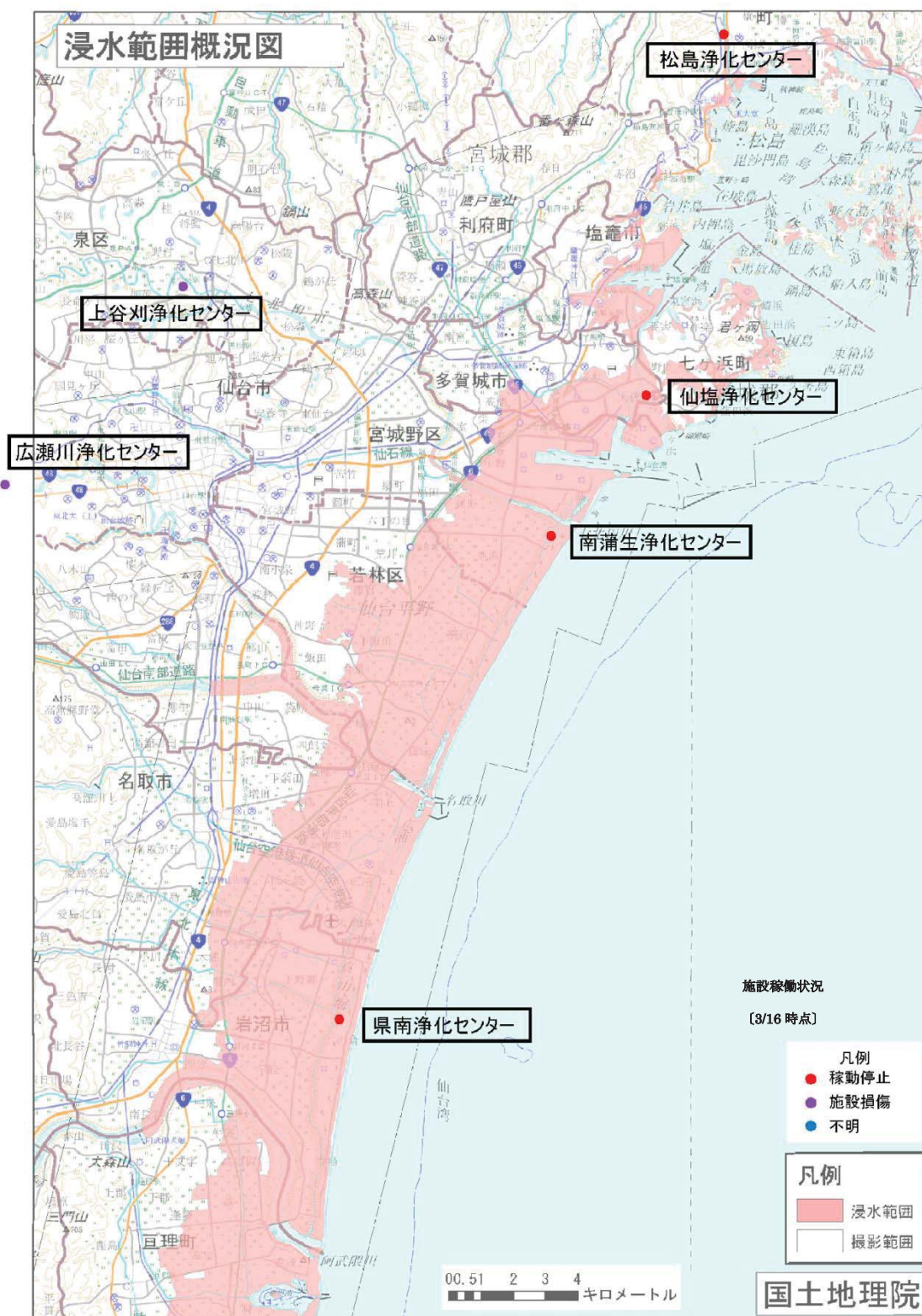
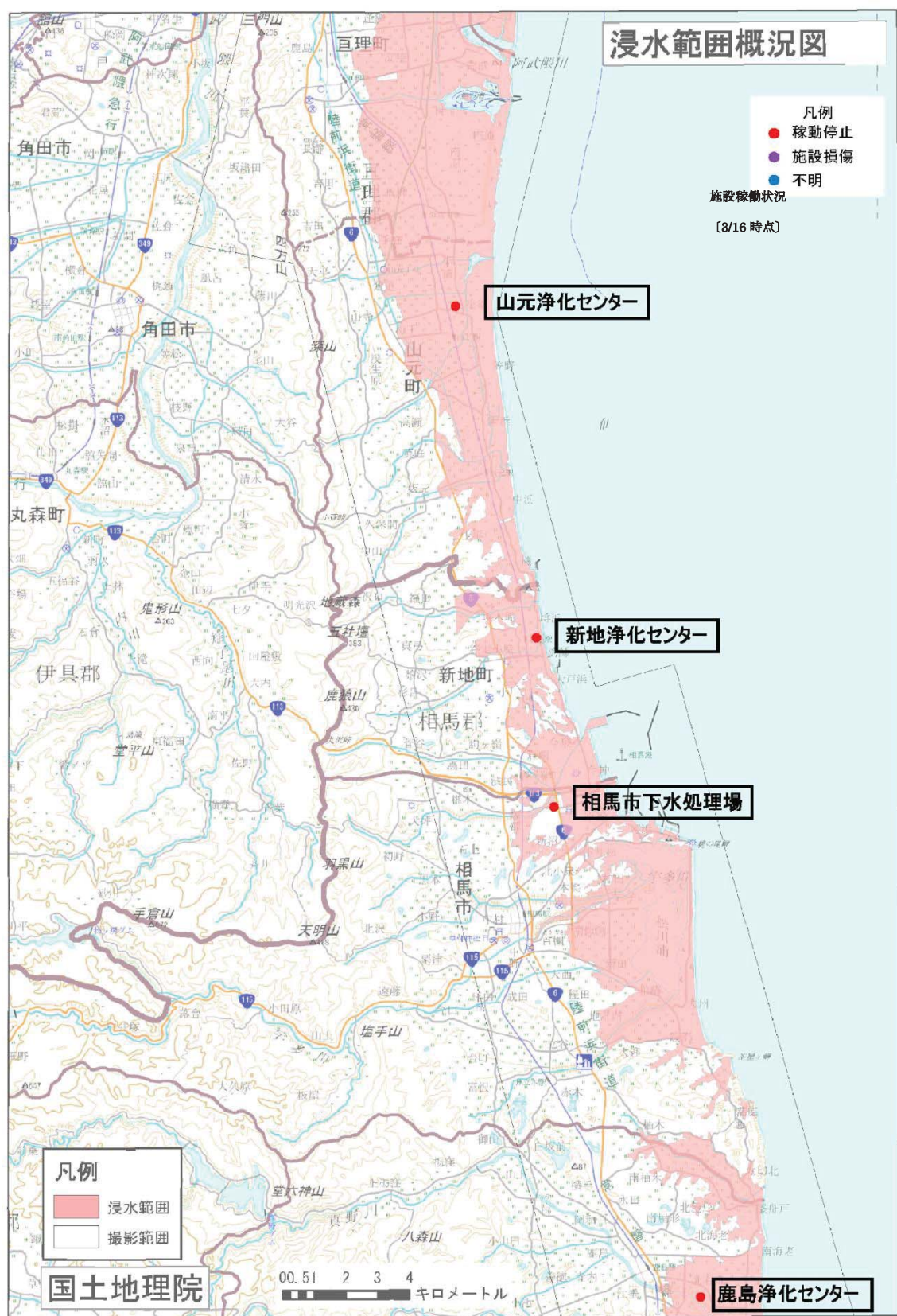


図 I -1-33(9) 浸水範囲（利府町・多賀城市・仙台市・名取市・岩沼市・亶理町）



I-1-33(10) 浸水範囲（山元町・新地町・相馬市・南相馬市）

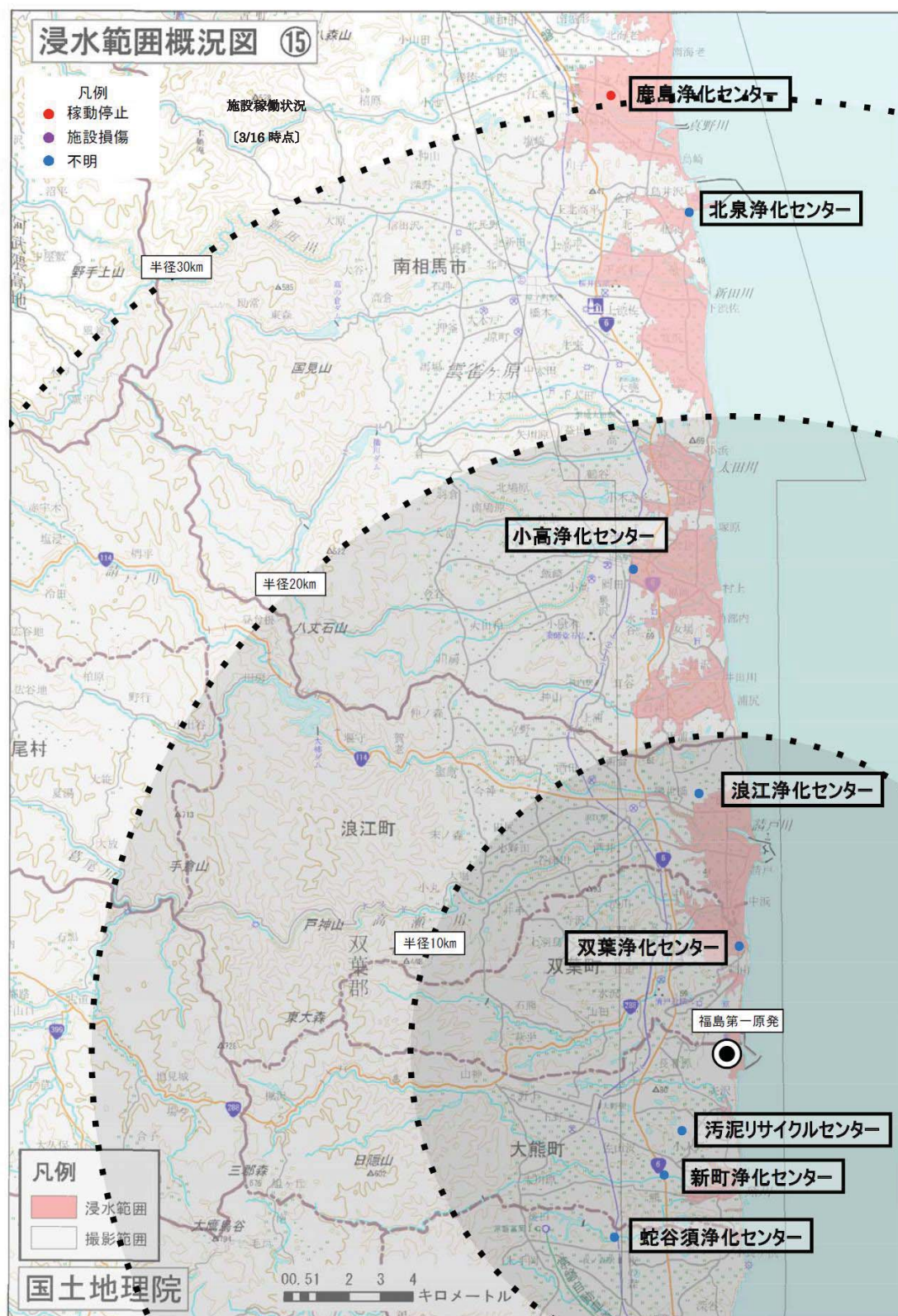


図 I-1-33(11) 浸水範囲（南相馬市・浪江町・双葉町・大熊町）



図 I -1-33 (12) 浸水範囲（富岡町・榎葉町・広野町）

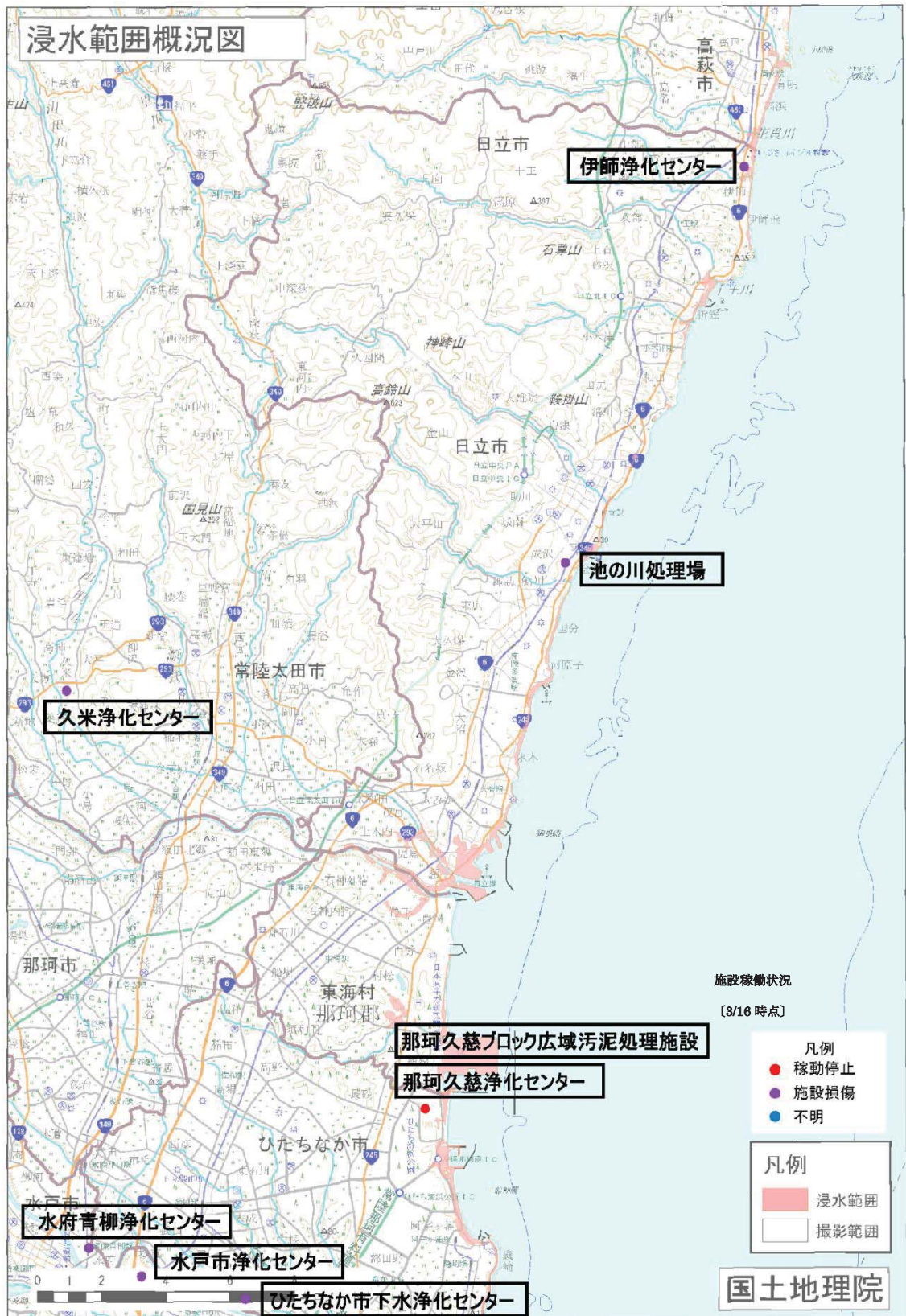


図 I-1-33 (14) 浸水範囲（日上市・東海村・ひたちなか市）

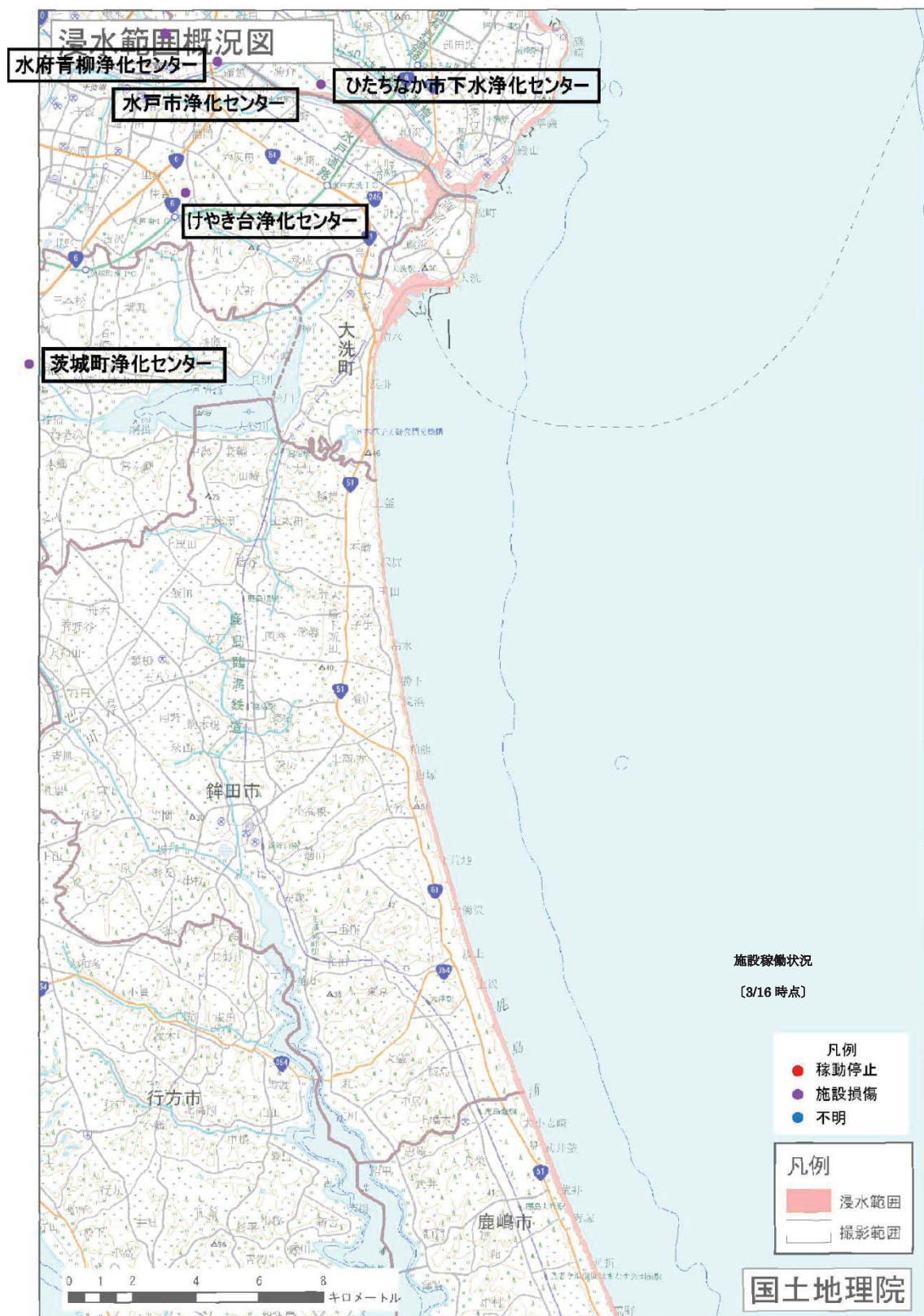


図 I-1-33(15) 浸水範囲（大洗町・鉾田市）



図 I-1-33(16) 浸水範囲（鹿嶋市・神栖市・東庄町・旭市）

④処理場・ポンプ場の被害整理

アンケート結果に基づく処理場・ポンプ場の被害特徴を整理すると以下の通りである。

津波被害では、電気設備の被害が多い傾向である。また、津波被害を受けた処理場・ポンプ場は津波以外で被害のあったものより本復旧までの時間（機能停止時間）が長期化する傾向である。

海岸との距離が短いほど全機能停止被害が大きい。また、被害要因としても海岸との距離が短いほど波圧が多い傾向である。

更に、津波による浸水深が 1m～1.5m 以上から全機能停止が半数を超える傾向であり、浸水深が 0～4m までは機械または電気の被害が主体となっている。

2) 津波による管路（参考）

①被害の概要

アンケートの回答のあった自治体のうち、津波による管渠被害を挙げている自治体は、女川町、野田村、釜石市の3自治体であり、最も被害が大きかったのは釜石市（被災延長 16.05km）である。

津波による人孔被害は、マンホール蓋の流出被害が大半を占めている。（写真Ⅰ-1-6）

また津波によるマンホールポンプの被害もあり、被害状況としては浸水による制御盤の機能停止被害である。

釜石市においては、津波の衝撃による水管橋被害が生じており（写真Ⅰ-1-7）、気仙沼市では、管路内に浸入した津波により、幹線管きょ（汚水）の人孔蓋が飛散し、道路上に大きな水柱が上がった現象が発生した。（写真Ⅰ-1-8）



宮城県女川町（蓋の流出）



宮城県女川町（蓋の流出）

写真Ⅰ-1-6 女川町でのマンホール蓋被害



写真Ⅰ-1-7 岩手県釜石市 矢ノ浦水管橋被害状況



写真Ⅰ-1-8 気仙沼市蓋の飛散（提供：気仙沼市小山氏）

②管路の被害整理

津波によりマンホール蓋の流出被害が大半を占めており、また、管路内に浸入した津波により、マンホール蓋の飛散が発生した。

⇒吐き口等からの海水の逆流を防止するゲート操作が必要である。また飛散防止蓋との併用が考えられる。

津波による水管橋被害や浸水によるマンホールポンプ制御盤の機能停止などの被害もあった。
⇒地震後対応として、電源の確保とポンプなどの準備。