

平成 23 年度

浦安市液状化対策技術検討調査

報告書

平成 24 年 3 月

浦安市液状化対策技術検討調査委員会

公益社団法人地盤工学会・公益社団法人土木学会・一般社団法人日本建築学会

本報告書は、浦安市から公益社団法人地盤工学会、同土木学会、社団法人日本建築学会の 3 学会に委託された「浦安市液状化対策技術検討調査」の結果をとりまとめたものである。調査内容は、東日本大震災で液状化現象により被災した浦安市における、①地盤特性の把握と液状化の要因分析、②公共土木施設の被害状況と対策、③建築物、宅地などの被害状況と対策であり、①は公益社団法人地盤工学会、②は公益社団法人土木学会、③は社団法人日本建築学会が各々作業部会を構成して調査検討が進められた。それらの結果は 4 回にわたり開催された「浦安市液状化対策技術検討調査委員会（委員長：石原研而中央大学研究機構教授）」において審議され、成果としてまとめられた。

本報告書は以下の全 4 編で構成されている。

- (1)第 I 編 共通
- (2)第 II 編 地盤特性の把握・液状化の要因分析
- (3)第 III 編 公共土木施設の被害・液状化対策
- (4)第 IV 編 建築物の被害・液状化対策

浦安市液状化対策技術検討委員会委員名簿

委員長	石原研而	中央大学研究開発機構教授
委員	安達俊夫	日本大学理工学部建築学科教授
委員	新井洋	国土交通省技術政策総合研究所建築研究部 構造基準研究室主任研究官
委員	規矩大義	関東学院大学社会環境システム学科教授
委員	小西康彦	全国上下水道コンサルタント協会 災害時支援委員会耐震対策小委員会委員長
委員	佐々木哲也	(独)土木研究所材料・地盤研究グループ(土質・振動) 上席研究員
委員	菅野高弘	(独)港湾空港技術研究所特別研究官(地震防災研究担当)
委員	塚本良道	東京理科大学理工学部土木工学科准教授
委員	東畑郁生	東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻教授
委員	時松孝次	東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻教授
委員	中井正一	千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻教授
委員	姫野賢治	中央大学理工学部都市環境学科教授
委員	松下克也	公益社団法人地盤工学会「造成宅地における耐震調査・検討・対策方法に関する委員会」委員
委員	安田進	東京電機大学理工学部建築・都市環境学系教授
委員	横田敏宏	国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室長
オブザーバー		千葉県県土整備部
オブザーバー		千葉県企業庁地域整備部
オブザーバー		千葉県水道局技術部
オブザーバー		京葉ガス導管部
オブザーバー		東京電力千葉支店京葉支社
オブザーバー		NTT 東日本設備部
オブザーバー		(独)都市再生機構技術調査室
オブザーバー		浦安市理事

○「浦安市液状化対策技術検討調査委員会」の開催日

- ・第1回：平成23年7月22日
- ・第2回：平成23年9月12日
- ・第3回：平成23年10月17日
- ・第4回：平成23年11月28日

第 編 共通

目 次

第 1 章 東北地方太平洋沖地震による浦安市の被害概要	1
1.1 地震概要	1
1.2 被害の概要	6
1.2.1 浦安市内の被害概要	6
1.2.2 ライフライン施設の被害概要	14
1.2.3 建物被害の概要	16
1.2.4 航空レーザー計測による震災前後での地盤高変動量	17

第1章 東北地方太平洋沖地震による浦安市の被害概要

1.1 地震概要

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分、三陸沖を震源とするマグニチュード (Mw) 9.0 の地震が発生し、宮城県栗原市で震度 7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の 4 県 37 市町村で震度 6 強を観測した他、東日本を中心に北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度 6 弱～震度 1 を観測した。これは 1900 年以降に我が国で発生した地震では最大の地震である。また、世界でみても 1960 年チリ地震(Mw=9.5), 1964 年アラスカ地震(Mw=9.2), 2004 年スマトラ島沖地震(Mw=9.1)に次ぐ 4 番目の大きさの地震である。この地震に伴い、東北地方から関東地方北部の太平洋側を中心に、北海道から沖縄にかけての広い範囲で津波を観測した。また、広範囲にわたって液状化現象をはじめとする地盤変状が生じた。この地震 (津波及び余震を含む) により、死者 16,131 人、行方不明 3,240 人、全壊家屋 128,497 棟などの甚大な被害が発生している¹⁾。

表 1.1-1 に本震および最大余震の震源要素、震度分布を示す。本震の 30 分後に Mw7.7 の最大余震が発生しており、本震だけでなく、余震の影響も大きかったことも特徴のひとつである。

表 1.1-1 東北地方太平洋沖地震 (本震、最大余震) の震源要素と震度分布²⁾

	本震	最大余震 (平成23年6月11日現在)
	発震時刻：2011年3月11日14時46分18.1秒 震央地名：三陸沖 震源位置：北緯38° 06.2' 東経142° 51.6' 深さ 24km 規模 (マグニチュード) : 9.0 (Mwモーメントマグニチュード)	発震時刻：2011年3月11日15時15分34.4秒 震央地名：茨城県沖 震源位置：北緯36° 06.5' 東経141° 15.9' 深さ 43km 規模 (マグニチュード) : 7.7 (Mwモーメントマグニチュード)
	最大震度 : 震度7 (宮城県栗原市築館) 浦安市猫実 : 震度5強	最大震度 : 震度6強 (茨城県鉾田市当間) 浦安市猫実 : 震度5弱
震源要素および震度分布		

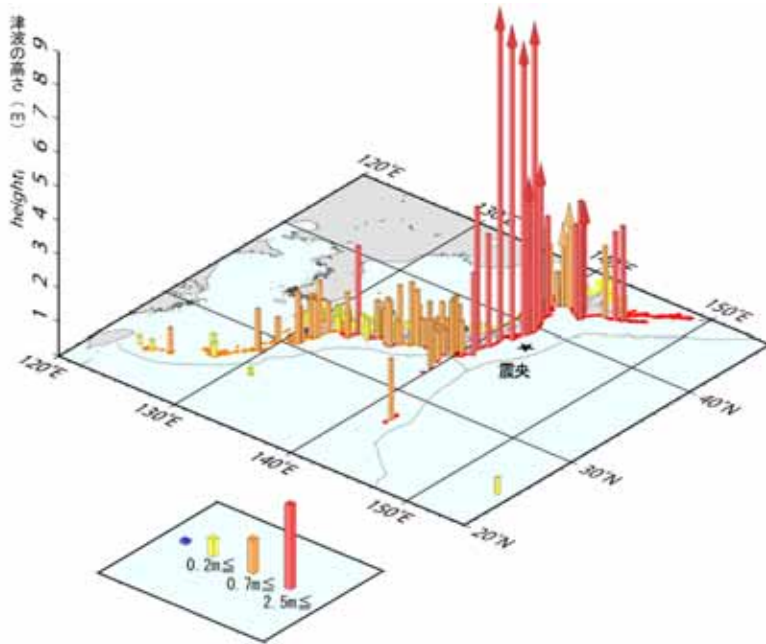


図 1.1-1 国内での津波観測状況²⁾



図 1.1-2 関東地方の液状化発生分布³⁾

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 1 m 以上の津波を観測した（図 1.1-1）。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。

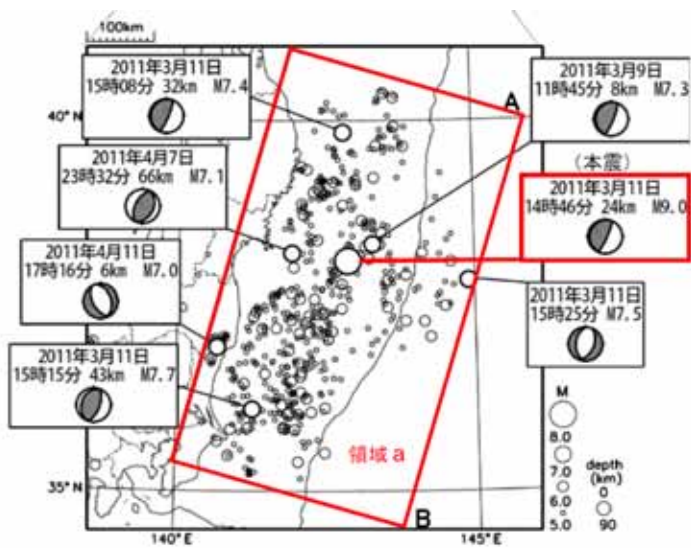
図 1.1-2 に関東地方で液状化が発生した地点の全体分布を示す。液状化は東京湾岸の京葉間および利根川下流域に集中した他、川崎・横浜方面、那珂川や久慈川方面、利根川中流、鬼怒川・小貝川流域、古利根川流域に散在している²⁾。

この地震の発震機構は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界の広い範囲で破壊が起きたことにより発生した地震である。（図 1.1-3）

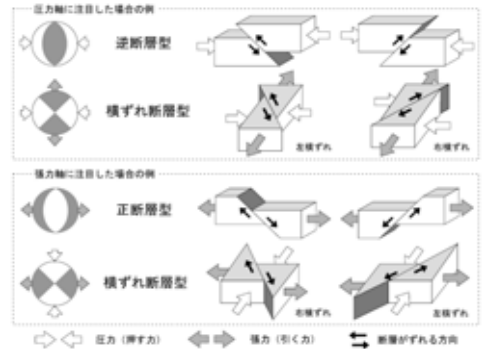
図 1.1-4 に断層方向におおよそ並ぶ KIK-NET 地中観測データを選択して EW 成分の envelope（包絡）波形を並べて示す。IWITH05 で最も早く観測されるフェーズがおおよそ 50sec おいて 2 つ認められ、これとは独立に TCGH13 付近で最も早い時刻に観測され、北側に伝播するフェーズが認められる。つまり、断層の破壊に伴って少なくとも顕著な破壊が 3 つ発生し、そのうち始めの 2 つは岩手県から宮城県にかけて影響し、3 つ目の破壊が栃木県、茨城県から関東地方にかけて影響したと考えられる³⁾。

地震活動は本震－余震型で推移しており、余震は徐々に減ってきているが、8 月 4 日現在、M7.0 以上の余震が 6 回、M6.0 以上の余震が 89 回、M5.0 以上の余震が 552 回発生するなど、他の既往地震に対しても余震活動は非常に活発である（図 1.1-5）。

余震は岩手県沖から茨城県沖にかけて、震源域に対応する長さ約 500km、幅約 200km の範囲に密集して発生しているほか、震源域に近い海溝軸の東側、福島県及び茨城県の陸域の浅い場所も含め広い範囲で発生している。8 月 4 日までの最大余震は、3 月 11 日 15 時 15 分に茨城県沖で発生した Mw7.7 の地震である（図 1.1-3）。



発震機構説明図



発震機構とは、地震を起こした断層が地下でどのようにになっているか(断層がどちらの方向に延びているか、傾きはどうか、どの方向にずれたか)を示すもの。

図 1.1-3 震源域と本震および主な余震の発震機構²⁾

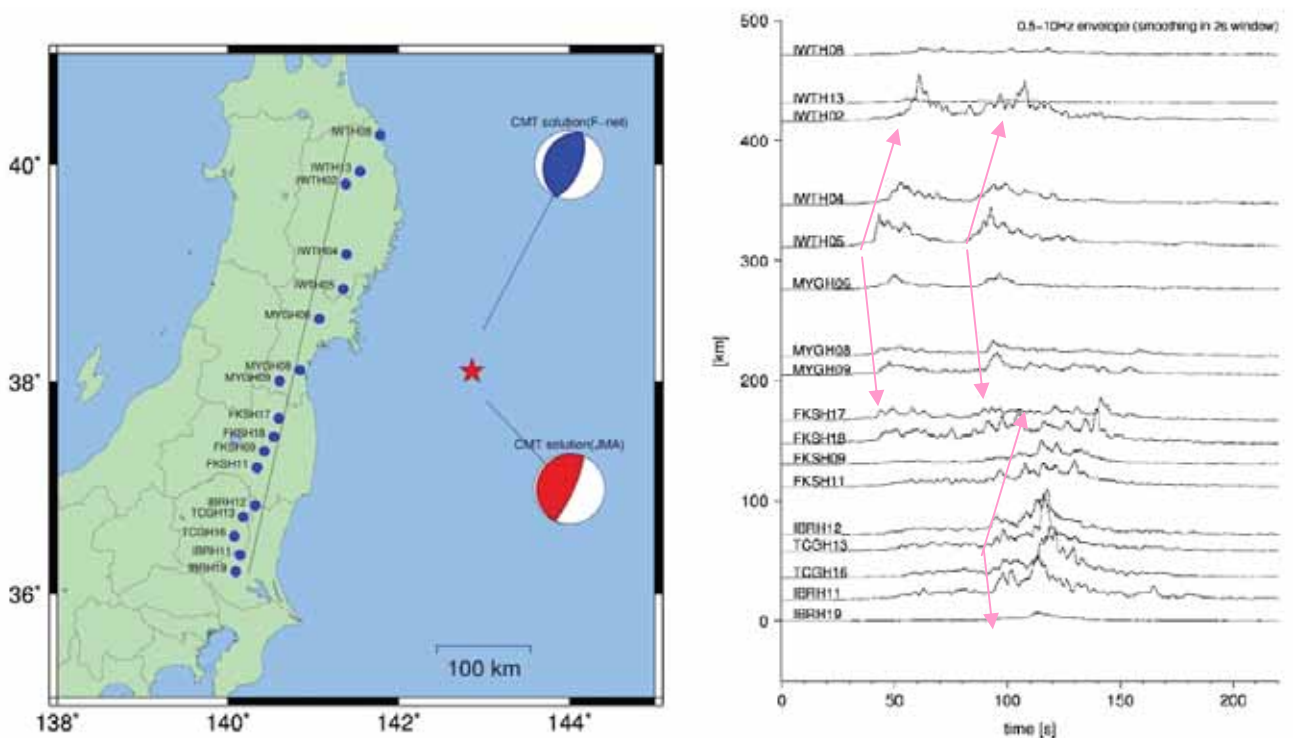


図 1.1-4 KIK-NET の地中観測記録 EW 成分の Envelope 波形⁴⁾

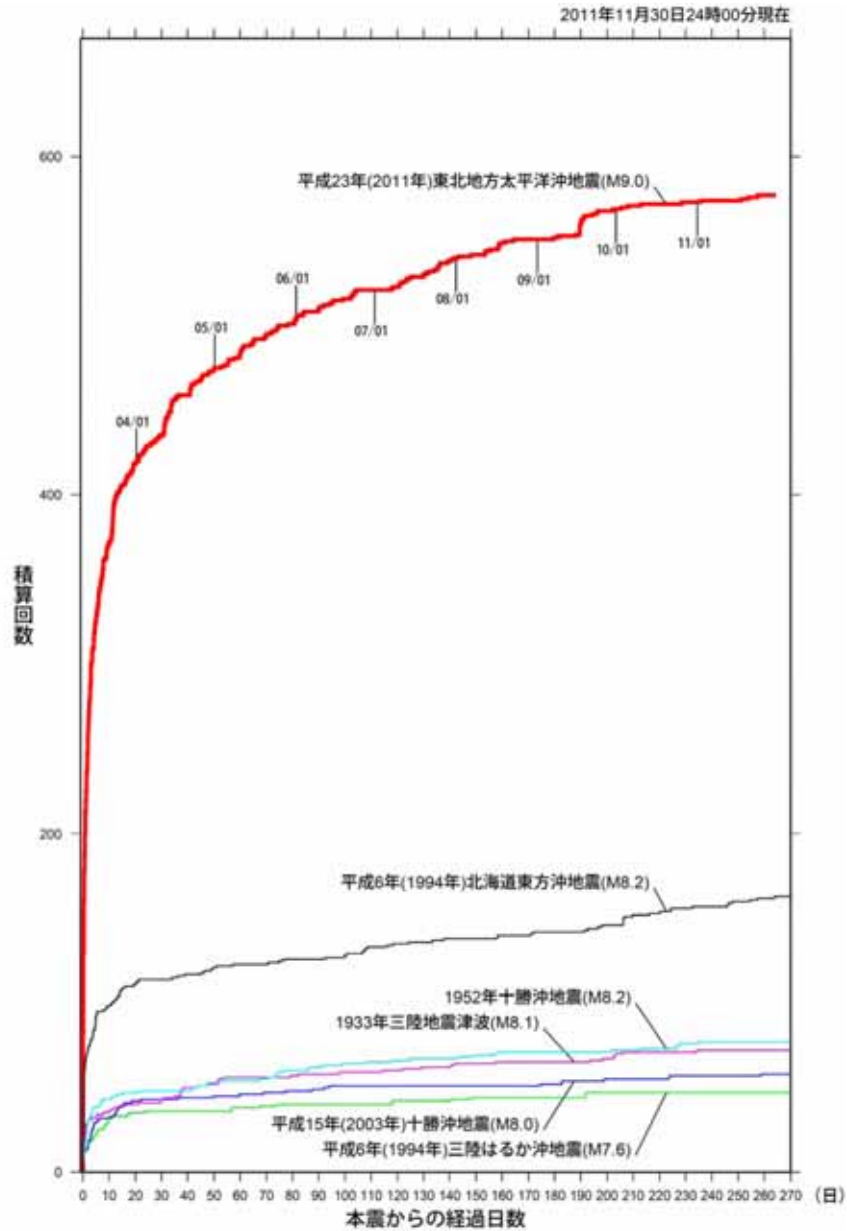
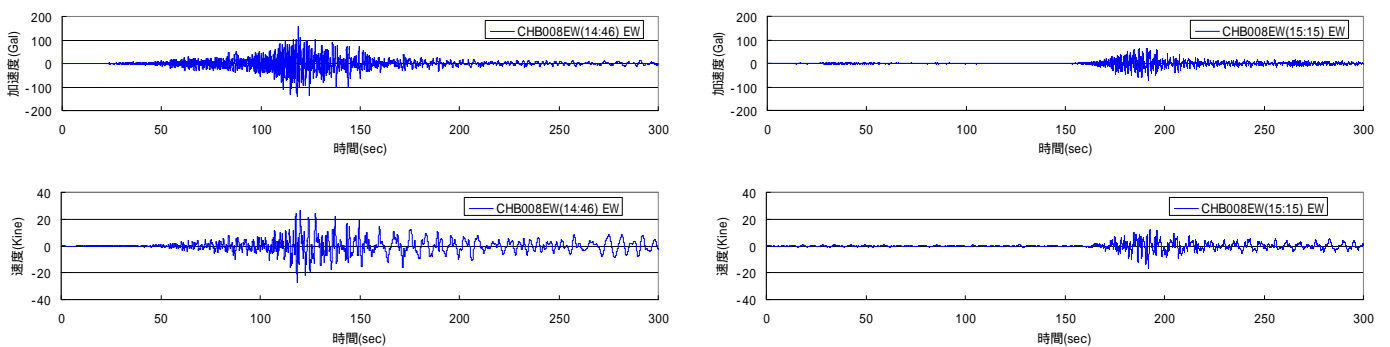


図 1.1-5 余震回数比較図（本震を含む海域で発生した M5.0 以上の余震回数）⁵⁾



(a)本震（3月11日14:46）

(b)最大余震（3月11日15:15）

図 1.1-6 K-NET 浦安 (CHB008) 観測記録

図 1.1-6 に K-NET 浦安における本震および最大余震の観測記録である地表面での加速度時刻歴および、これを数値積分した速度時刻歴を示す。これによると、本震の加速度は 50~200 (sec) にかけて主要動を有する継続時間の長い特性であるが、最大加速度は 157(Gal) と小さい。速度時刻歴も最大速度は 27(kine) と振幅は小さいが、150(sec) のあたりから 10(kine) 程度の振幅で周期の長い波形が確認され、ゆったりと長い時間揺すられた状況がわかる。また、最大余震の加速度も速度も振幅自体は本震に比べ小さいものの、本震と同様に長い時間ゆっくり揺すられたことを示す特性である。最大余震は本震発生からおおよそ 30 分後のイベントであり、本震とあまり時間差がなく発生していることに注意が必要である。

以上から、今回の地震の特徴は以下のようにまとめることができる。

- ・東北地方太平洋沖地震の規模は M9.0 で、国内観測史上最大規模であった。
- ・震源域は 500km×200km に及んでおり、破壊開始から破壊が終わるまでにかかる時間が長く、その結果、観測記録は継続時間が長かった。
- ・本震は 3 つの破壊が連続して発生し、関東地方への影響は最後の破壊の影響が大きかったものと推定されている。
- ・余震活動が著しく活発であり、本震(Mw9.0)の 30 分後に最大余震(Mw7.7)が発生した。
- ・浦安市における観測記録は加速度や速度の振幅は小さかったものの、主要動の後には長周期の振動が継続していた。

参考文献

- 1) 総務省消防庁災害対策本部，平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について (143 報)，平成 24 年 1 月 13 日(金) 17 時 00 分
- 2) 気象庁，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，災害時自然現象報告書 2011 年第 1 号，平成 23 年 8 月 17 日
- 3) 国土交通省関東地方整備局，地盤工学会，東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書，平成 23 年 8 月
- 4) 土木学会，土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会)緊急地震被害調査報告書(暫定版)，平成 23 年 4 月 11 日
- 5) 気象庁，平成 23 年 11 月 地震・火山月報(防災編)，ISSN1343-4977，平成 23 年 11 月 30 日

1.2 被害の概要

1.2.1 浦安市内の被害概要

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード 9.0、浦安市：震度 5 強）および約 30 分後の余震（マグニチュード 7.7、震度 5 弱）により、1960 年代より 2 期にわたり埋立造成した中町、新町地区のほぼ全域において液状化現象が発生した。これにより、戸建住宅の沈下傾斜、大・中規模建築物の周辺地盤の沈下（杭の抜け上がり）、道路の路面変状・下水道の管路・マンホールの被害などが発生した。一方、この地震による死者がでなかったことは幸いであった。図 1.2-1 に浦安市における液状化に伴う被害の概要を示す。

(1) 小規模建築物・戸建住宅地区の被害

中町、新町地区のアパート、戸建住宅などの小規模建築物は、液状化によって沈下・傾斜を起こしたほか、戸建住宅エリアでは宅地、区画道路などに多量の土砂が噴出するなど、大きな被害が発生した。（写真 1.2-1）

(2) 大・中規模建築物の被害

支持杭で支持された小・中学校の校舎などの大・中規模建築物では、建物本体には大きな損傷は発生しなかったものの、液状化による周辺地盤の沈下によって、出入口に段差が生じたほか、建物周辺で給排水管などのライフラインが切断されるなどの被害が生じた。また、運動場には大量の土砂が噴出した。（写真 1.2-2）

(3) 道路・通路の被害

道路や公園内の通路については、液状化に伴い、舗装部に発生したひび割れ及び歩・車道の境界あるいは道路境界部から大量の土砂が噴出することによって通行障害が発生した。また、地震動と液状化の影響があいまって、道路の損壊や路面変状などの被害が随所で発生した。特に、著しく歩道部が盛り上がった箇所が発生した。しかしながら、道路の損傷による交通止めはなかった。また、公園内の通路や集合住宅の敷地内通路においても道路と同様の被害が発生した。（写真 1.2-3）

(4) 公園、耐震性貯水槽、下水道施設等の被害

海岸護岸に隣接した公園では、液状化に伴う側方流動によって大きな陥没が発生した。また、耐震性貯水槽、マンホールなどの地下埋設物が浮き上がるなどの被害が発生した。（写真 1.2-4）

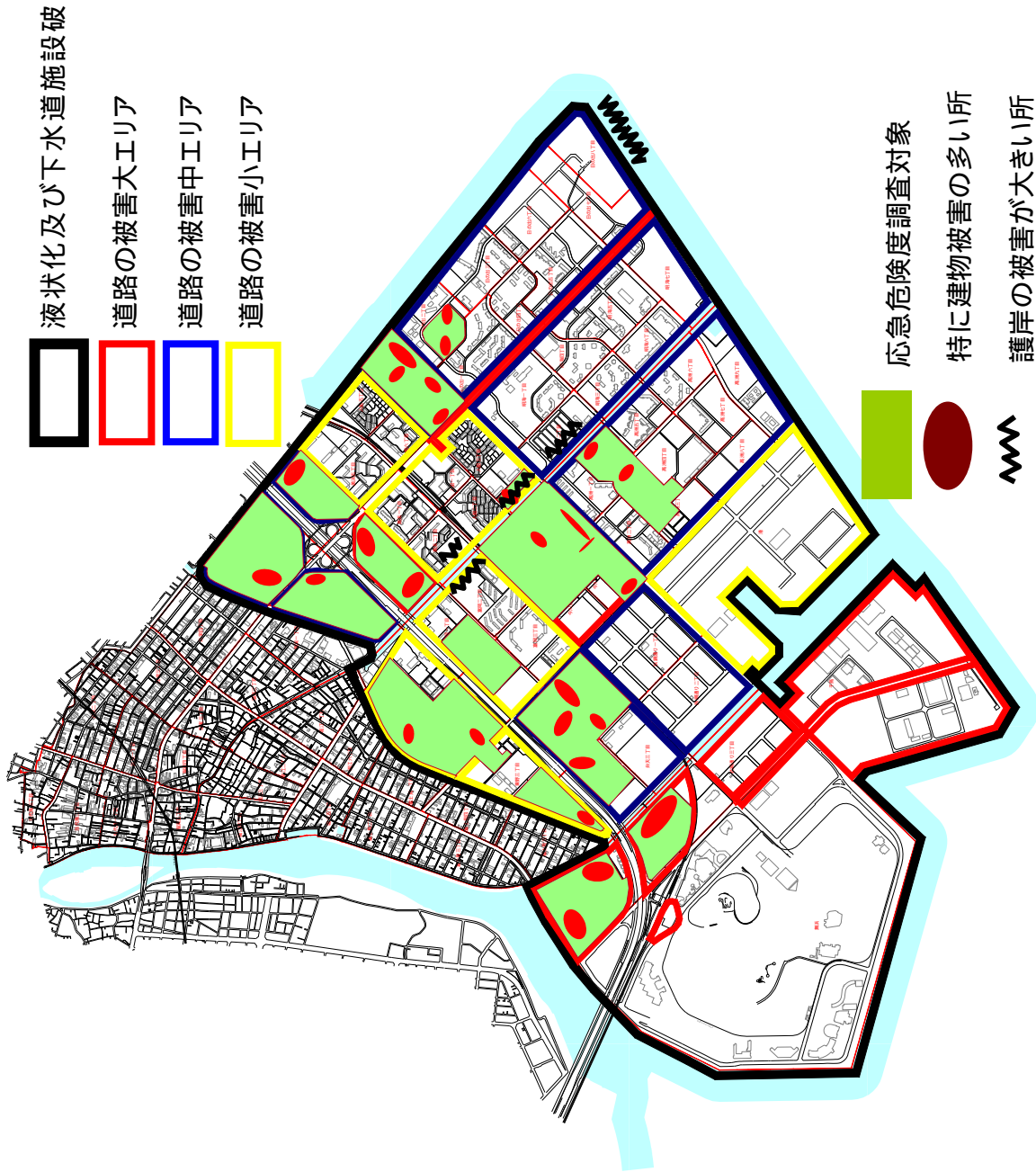
(5) 河川護岸、海岸護岸

河川護岸の一部が、液状化によって川面側に移動したことによって、護岸頂部が傾斜したり、背後の道路が陥没するなどの被害が生じた。（写真 1.2-5）

海岸護岸は、液状化によって護岸頂部に段差が生じたり、側方流動によるエプロンの損傷などの被害が発生した。

(6) その他

今回の地震では液状化に伴う土砂の噴出（噴砂）の規模が非常に大きかったことも特徴のひとつである。液状化の発生により、道路をはじめ、公園や民有地など様々な場所で噴砂が発生し、その除去に相当の時間を要することとなった。噴砂は除去後、海岸沿いの市有地（未供用区分）2か所に運搬・集積した。その量は合計で約 7 万 5 千 m^3 となった。（写真 1.2-6）



主な被害項目	数	値
被災者数 ¹	96,473	人
被災世帯数 ¹	37,023	世帯
液状化面積 ²	約1,455	ha
下水道破損地区面積	約820	ha
道路の被害延長	111.8	km
応急危険度調査対象	8,878	戸

¹ 被災者数及び被災者世帯数は、平成23年2月28日現在の住民基本台帳と外国人登録台帳を基に算出した。

² 空中測量で作成した地図からコンピュータ処理により算出した。

図 1.2-1 液状化による被害の概要¹⁾



入船地区



入船地区



美浜地区



舞浜地区

写真 1.2-1 小規模建築物・戸建住宅地区の被害¹⁾



見明川中学校運動場の液状化



高洲地区警察官舎の陥没



明海小学校の液状化



市内私立学校玄関の陥没

写真 1.2-2 大・中規模建築物の被害¹⁾



舞浜の傾くバス停



中央公園野球場脇の通路



千鳥地区の液状化



高洲地区の道路の様子

写真 1.2-3 道路・通路の被害¹⁾



日の出地先護岸（墓地公園）



高洲中央公園（耐震性貯水槽）



明海地区のせり上がったマンホール



明海地区のせり上がったマンホール

写真 1.2-4 公園、耐震性貯水槽、下水道施設等の被害¹⁾



境川沿いの歩道



境川沿いの歩道



境川沿いの緑道



境川の護岸

写真 1.2-5 河川護岸、道路¹⁾



日の出護岸



日の出護岸



日の出護岸



噴出土砂仮置場

写真 1.2-6 海岸護岸、その他¹⁾

1.2.2 ライフライン施設の被害概要

ライフライン施設に被害が生じ、ガス施設、上水道施設、下水道施設が大きな使用制限となった。表 1.2-1 に示すように、ガス施設は 3 月 30 日、上水道施設は 4 月 6 日、下水道施設は 4 月 15 日にそれぞれ応急復旧が完了した。

表 1.2-1 主なライフラインの復旧状況¹⁾

		ガス		上水道		下水道	
		供給停止戸数	復旧率	断水戸数	復旧率	使用制限世帯数	復旧率
3月12日	土	5,100					
3月13日	日	5,210		33,000	0.0%	7,300	0.0%
3月16日	水	8,631	0.0%	33,000	0.0%		
3月17日	木	8,147	5.6%	33,000	0.0%	8,661	0.0%
3月20日	日	6,876	20.3%	4,000	87.9%	11,908	0.0%
3月25日	金	3,696	57.2%	4,000	87.9%	8,172	31.4%
3月30日	水	0	100.0%	4,000	87.9%	7,476	37.2%
4月4日	月			1,200	96.4%	5,776	51.5%
4月6日	水			0	100.0%	4,568	61.6%
4月11日	月					456	96.2%
4月15日	金					0	100.0%

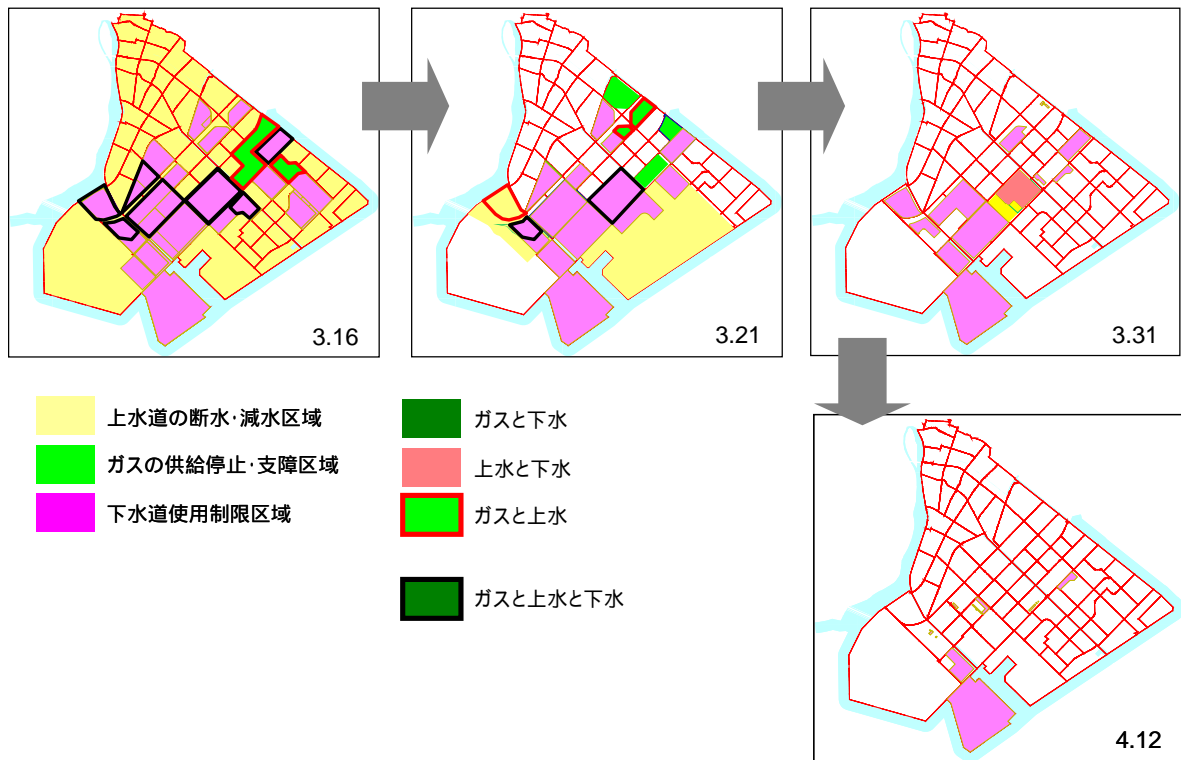


図 1.2-2 ライフラインの復旧状況¹⁾

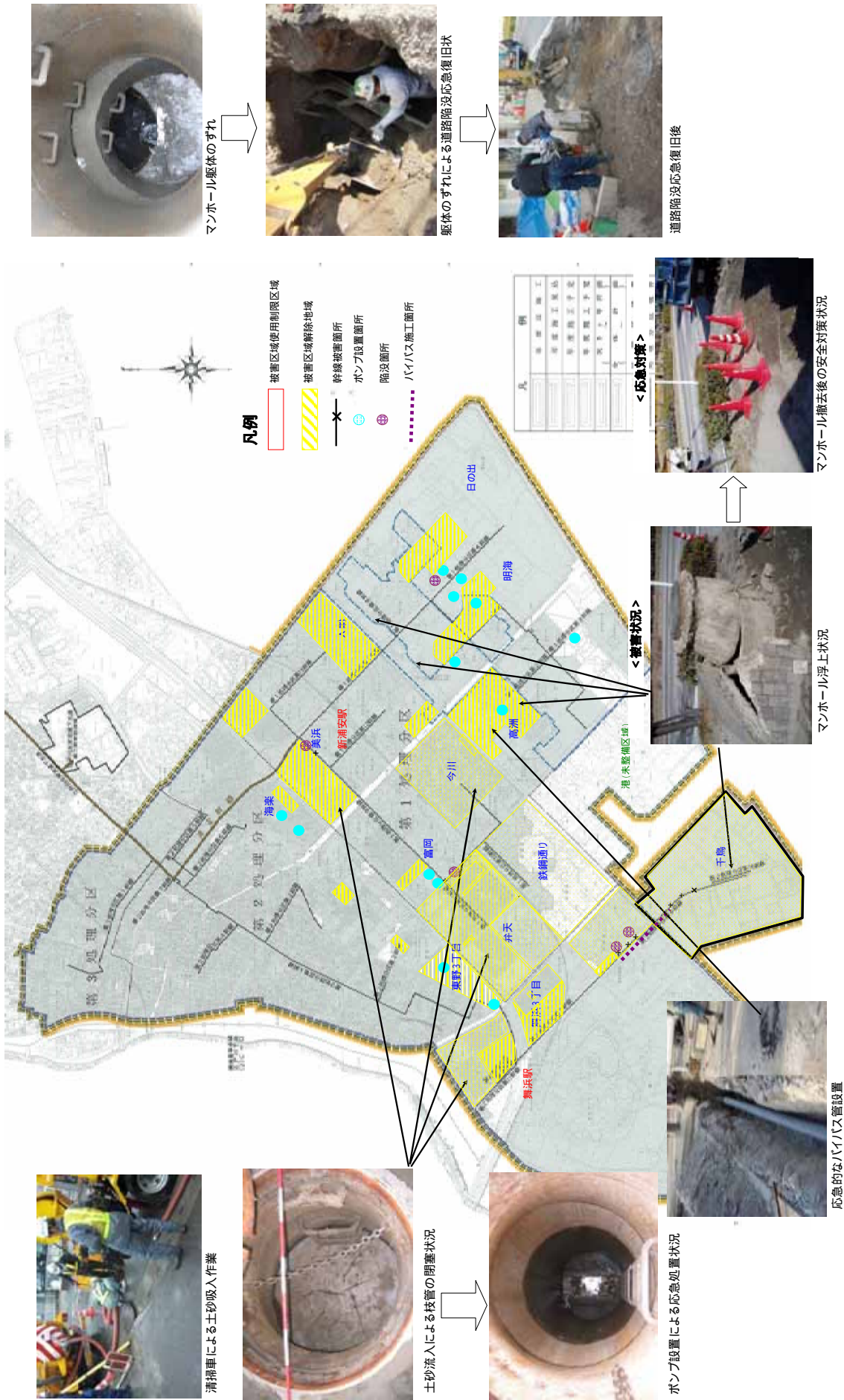


図 1.2-3 下水道施設の被害状況¹⁾

1.2.3 建物被害の概要

災害による住家被害については、国が技術的助言として示した「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」（平成 21 年 6 月 内閣府）等に基づき、市町村が被害程度を認定し、罹災証明書を発行している。

一方で、これまでの住家被害認定の調査・判定方法では、今回の東日本大震災の地盤の液状化による住家被害の実態に即していなかったため、今回の災害における液状化被害等の実態を踏まえながら、住家被害認定の運用の見直しが行われた。

見直しの主なポイントとしては、基礎と柱が一体的に傾く場合、外壁又は柱の傾斜により、被害程度を判定する、傾斜による判定が追加されたことである。6cm は傾斜で 1/20、2cm は 1/60、1.2cm は 1/100 である。したがって、全壊は 1/20～、大規模半壊は 1/60～1/20、半壊は 1/100～1/60、一部損壊および被害なしは～1/100 である。ここで、「一部損壊」とは、全壊および半壊に至らない程度の住家の破損で、補修を必要とする程度のものである。

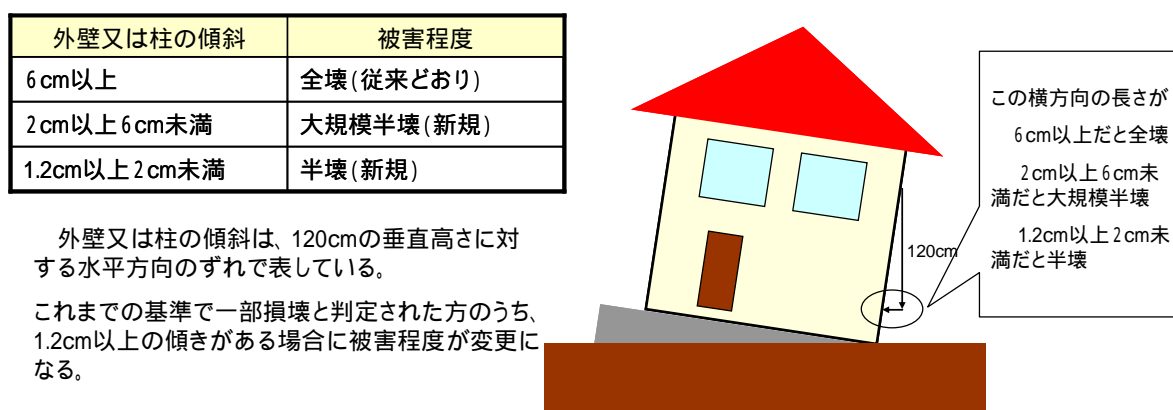


図 1.2-4 傾斜による被害認定調査基準¹⁾

表 1.2-2 に建物被害認定調査結果を示す。新基準欄については、平成 24 年 1 月 6 日現在の調査物件数であり、5 月 2 日付け被害判定の緩和後の新基準によるものである。

表 1.2-2 建物被害認定調査結果¹⁾

	建築被害認定調査	
	従来の基準による 建築被害認定結果	新基準適用後の 建築被害認定結果
全壊	8	14
大規模半壊	0	1,560
半壊	33	2,177
一部損壊	7,930	5,267
被害なし	1,028	1,003
合計	8,999	10,031

※2012 年 1 月 6 日現在 非住家含む (浦安市)

1.2.4 航空レーザー計測による震災前後での地盤高変動量

地震前後の航空レーザー計測による標高を図 1.2-5 に、また、その差分をとった地震前後における地盤高変動量を図 1.2-6 に示す。国土地理院が基準点成果を一時利用停止していたことから、震災前の基準点位置座標を用いて作成したものであり暫定である。なお、データの精度は±15cm であり、海・河川は計測外となっているので特に色の意味はない。

これによると、宅地では道路よりも宅地の方が沈下量が大きく、70cm～90cm 程度沈下している地区もある。

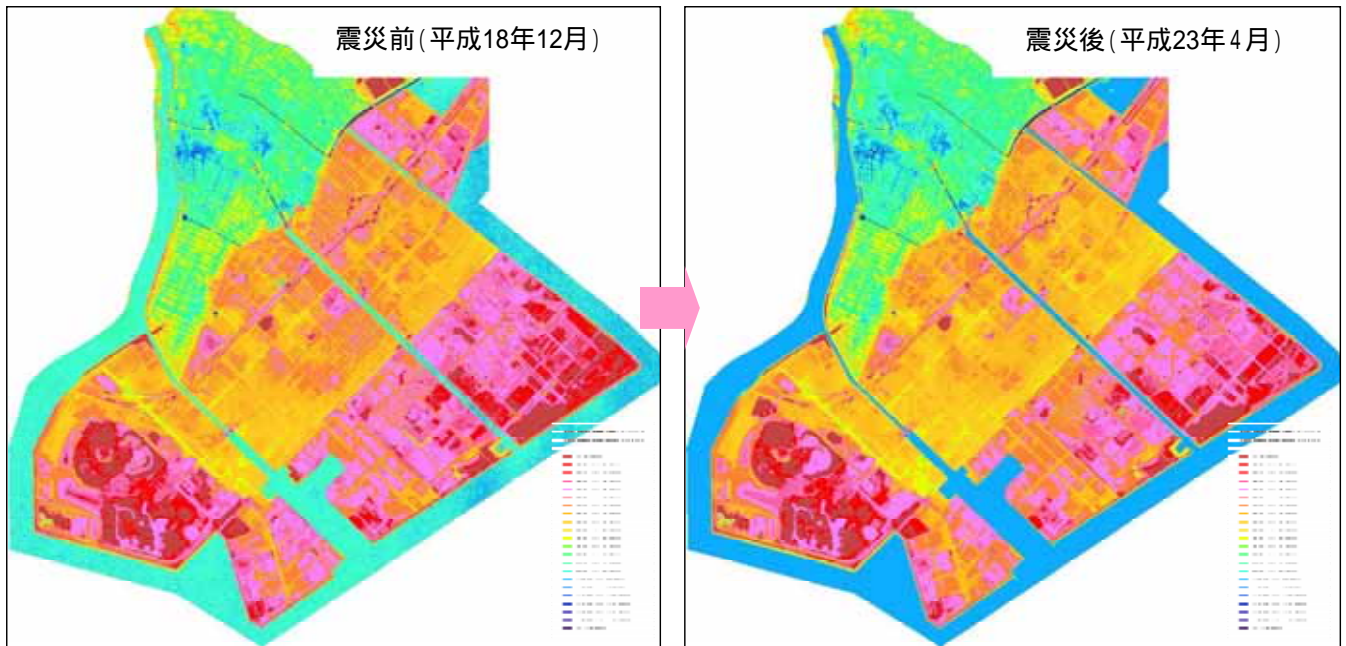


図 1.2-5 地震前後での地盤標高¹⁾

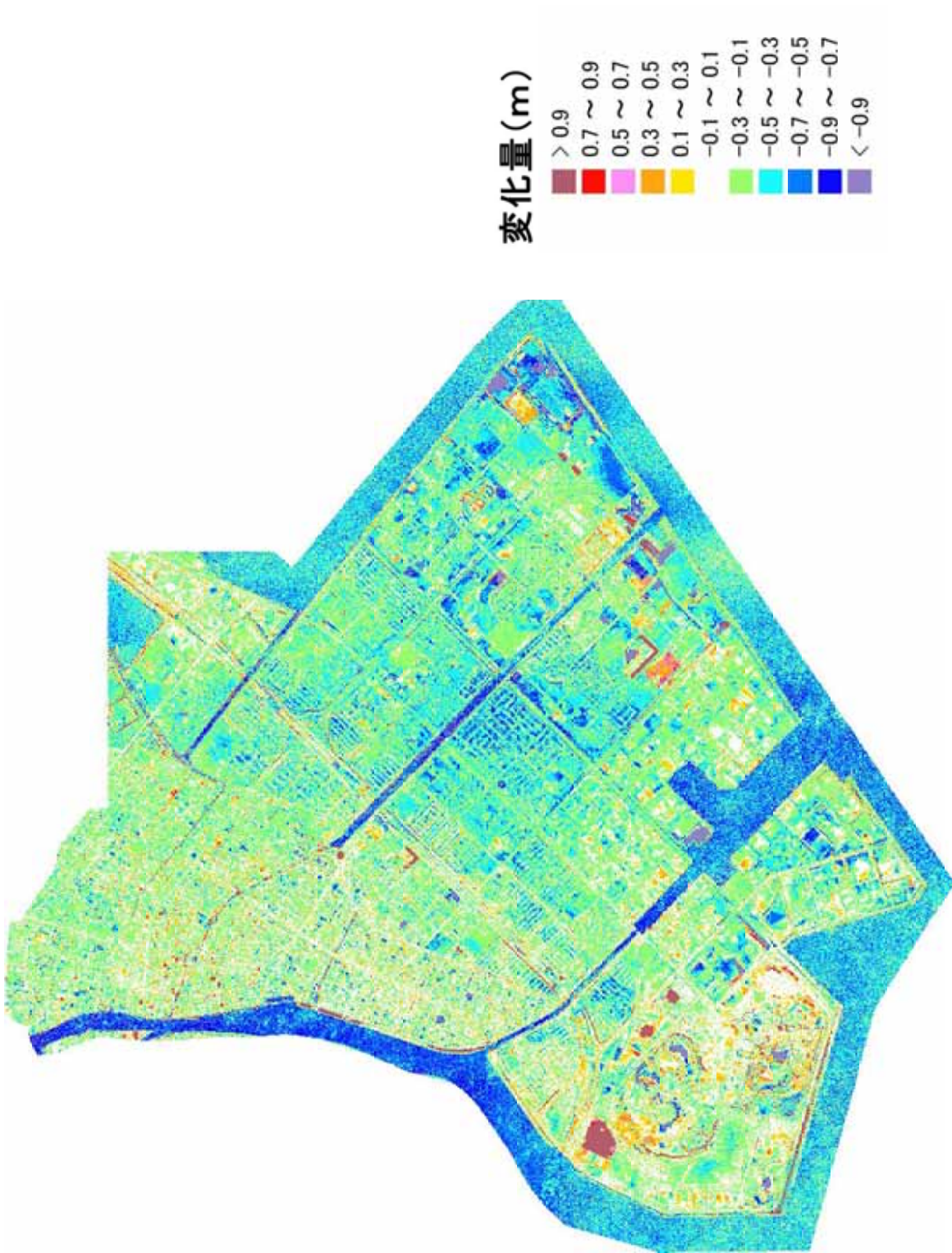


図 1.2-6 地震前後での地盤高変動量¹⁾

参考文献

- 1) 浦安市，東日本大震災への対応（平成 23 年 7 月 22 日版），第 1 回浦安市液状化対策技術検討交差委員会資料 1-4