

図 6.2-4(3) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・東京ガス方式・震度5弱・地表加速度170gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

精査中

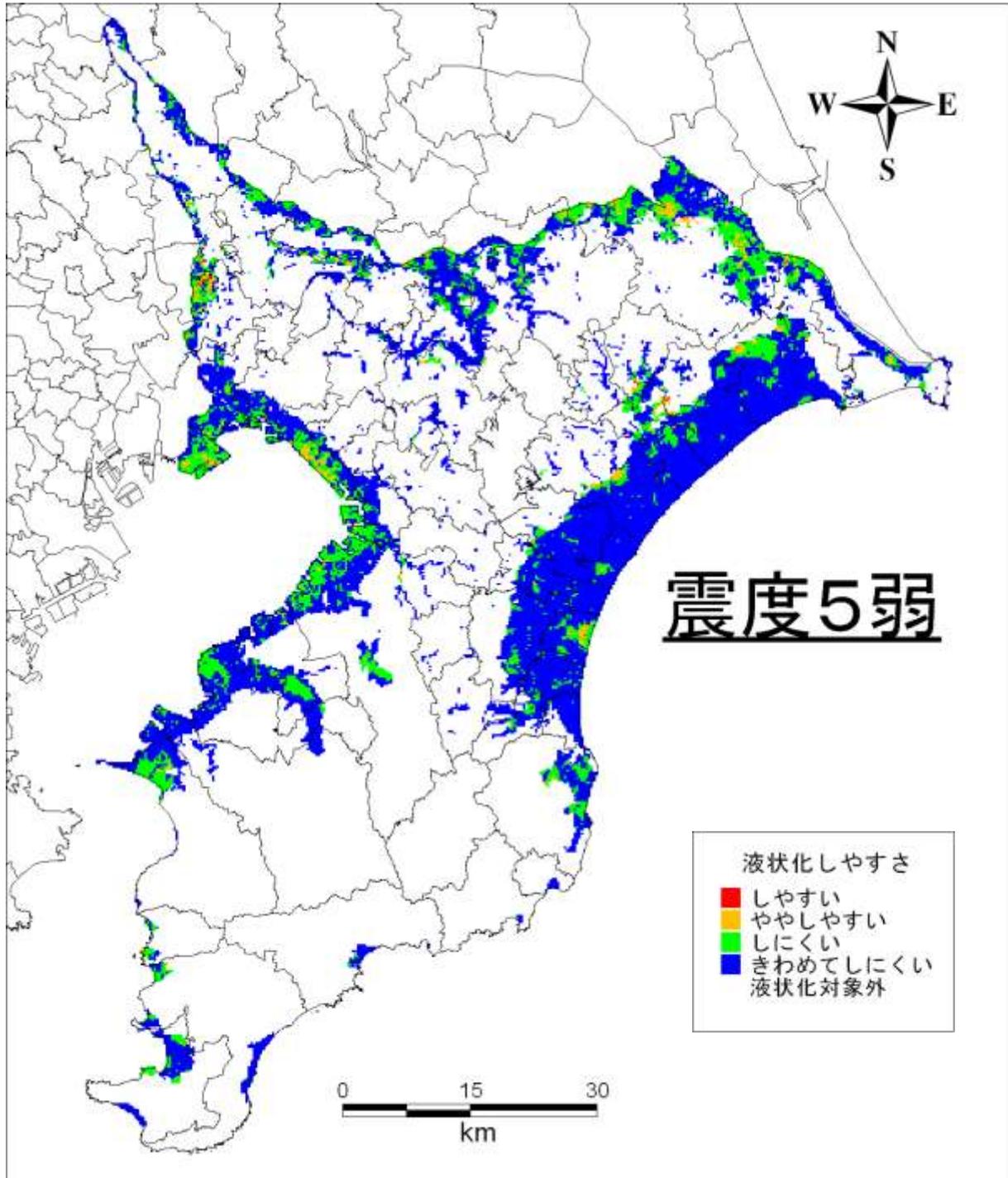


図 6.2-4(4) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・建築基礎・震度5弱・地表加速度170gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

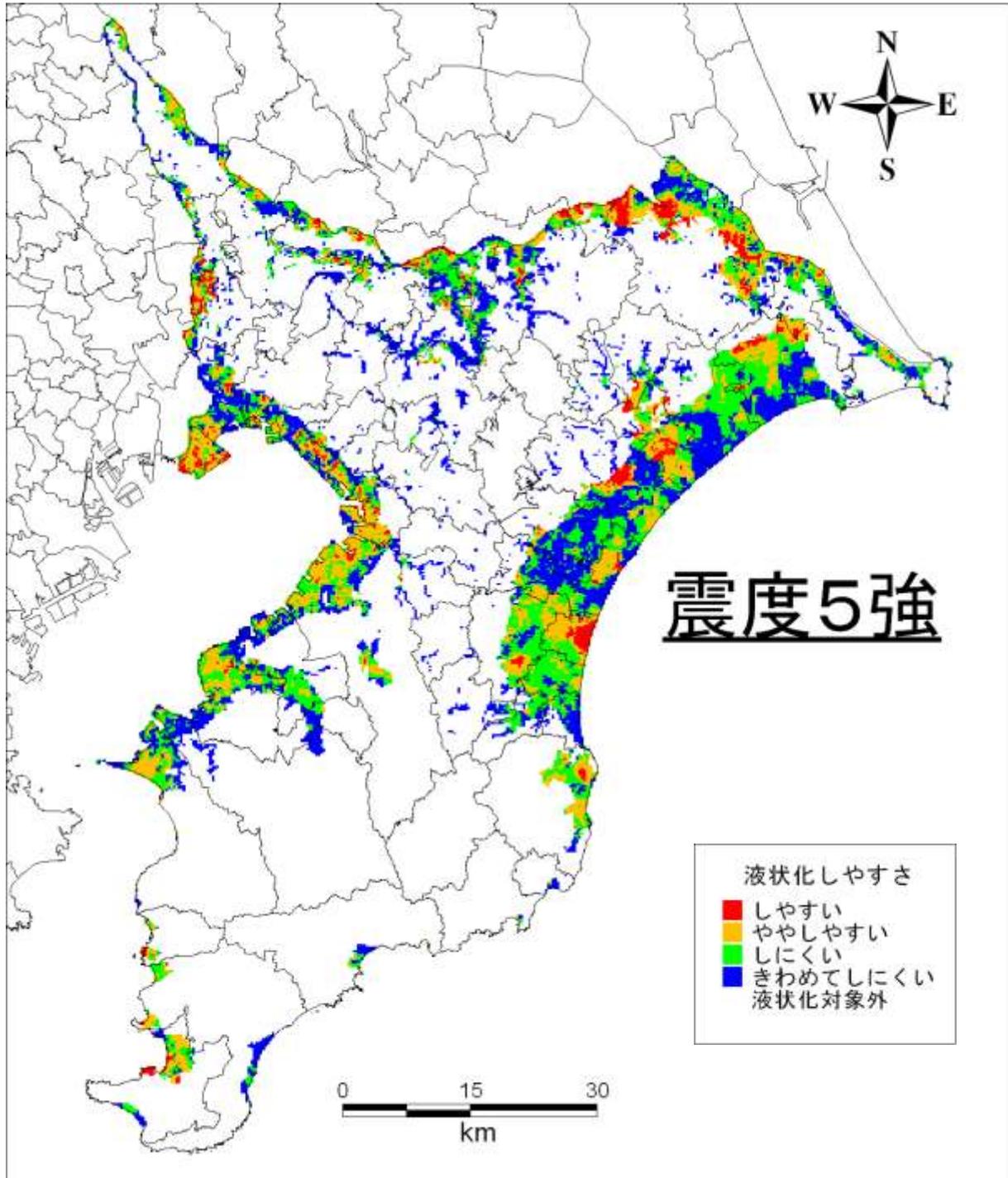


図 6.2-5(1) 液状化しやすさ試算結果
(通常継続時間地震・東京ガス方式・震度5強・地表加速度300gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

精査中

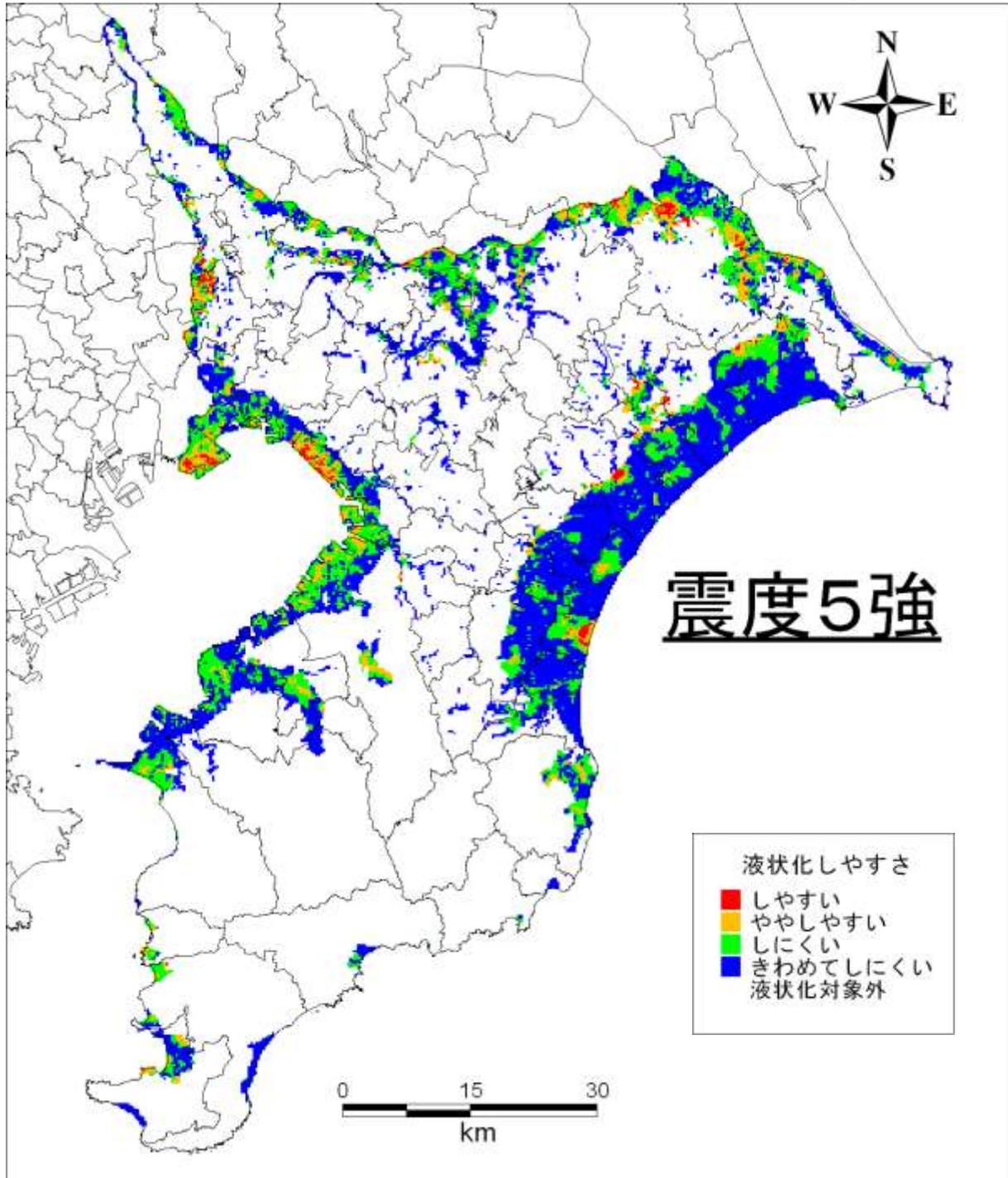


図 6.2-5(2) 液状化しやすさ試算結果
(通常継続時間地震・建築基礎・震度5強・地表加速度300gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

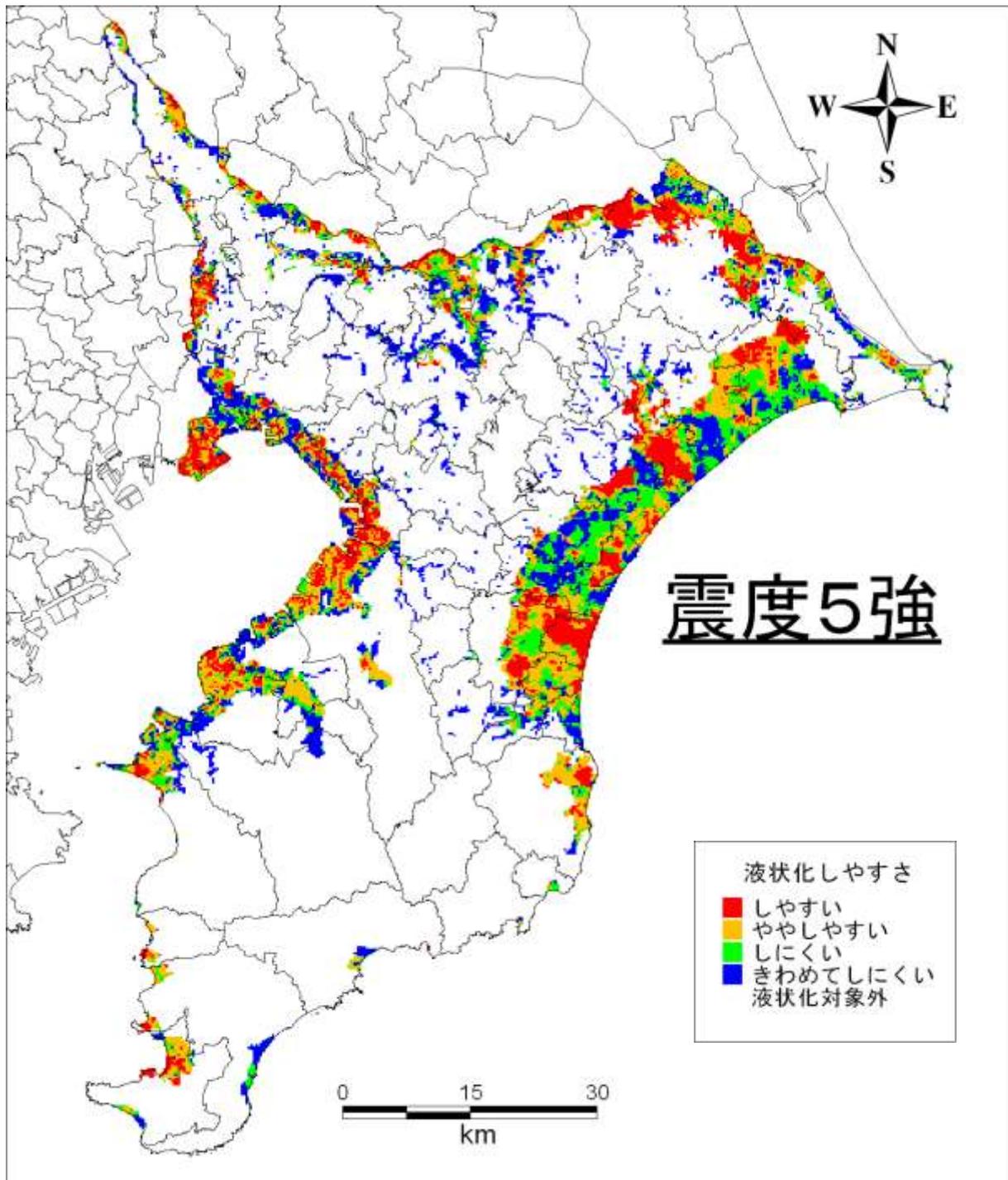


図 6.2-5(3) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・東京ガス方式・震度5強・地表加速度340gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

精査中

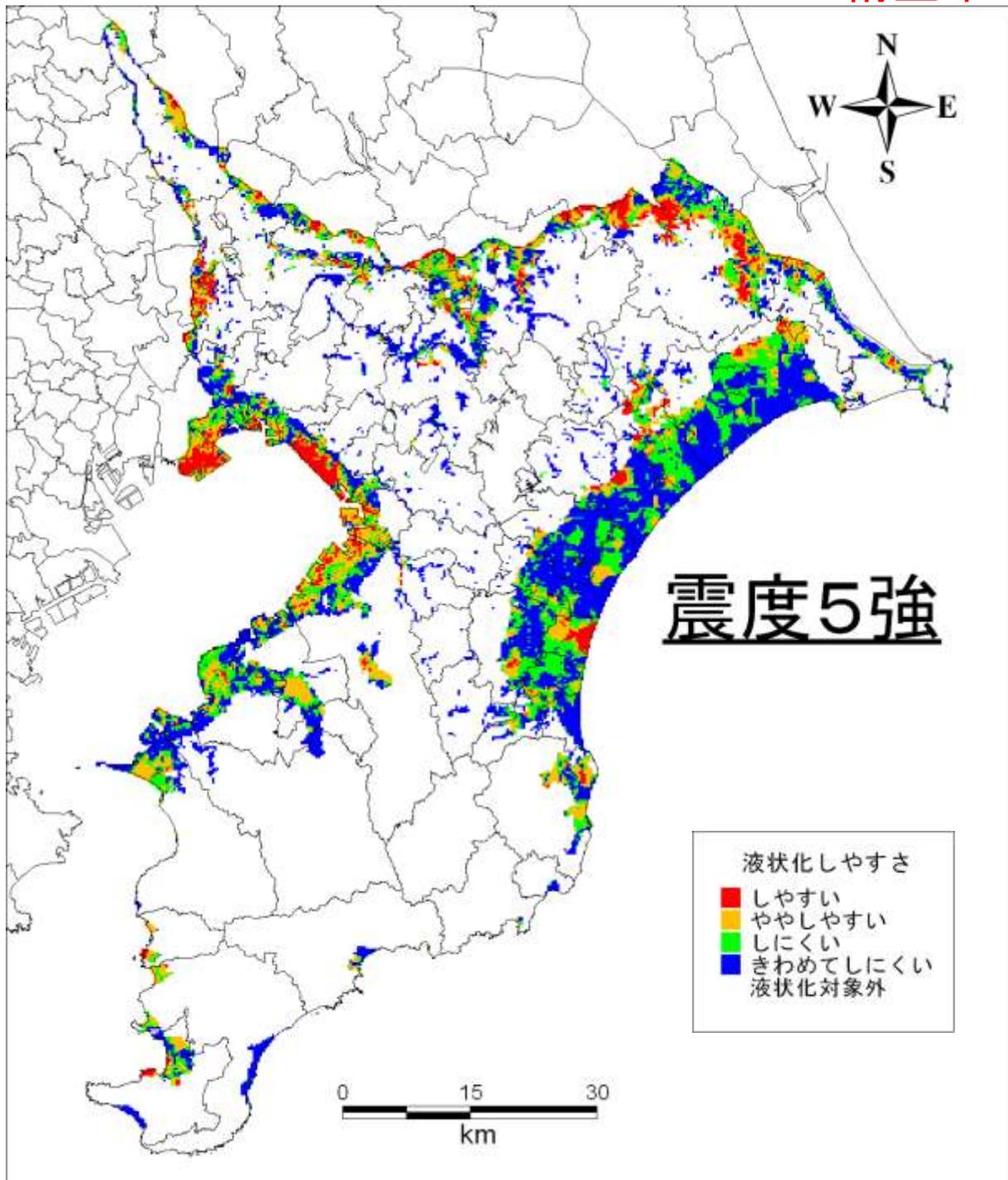


図 6.2-5(4) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・建築基礎・震度5強・地表加速度340gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

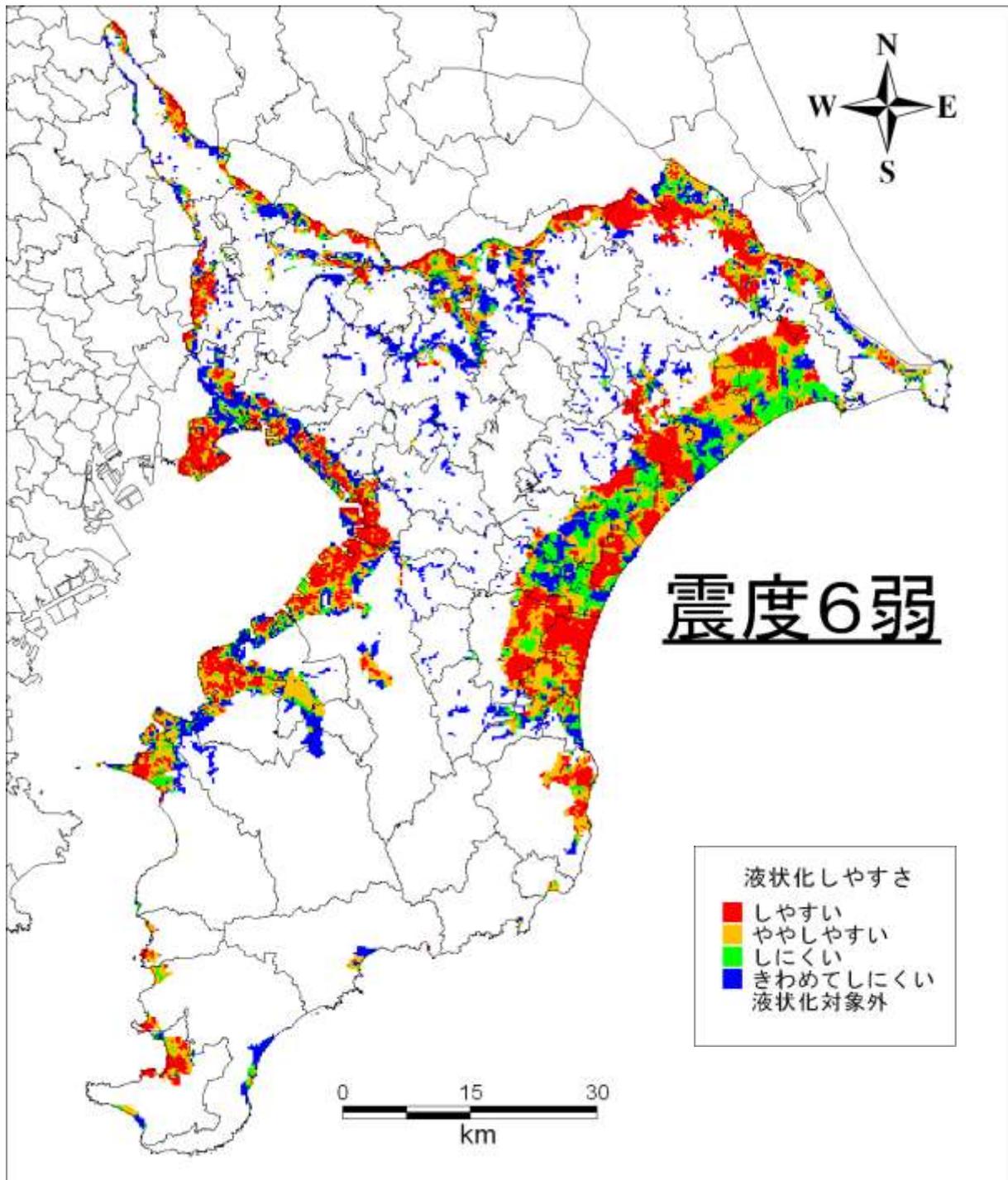


図 6.2-6(1) 液状化しやすさ試算結果
(通常継続時間地震・東京ガス方式・震度6弱・地表加速度530gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

精査中

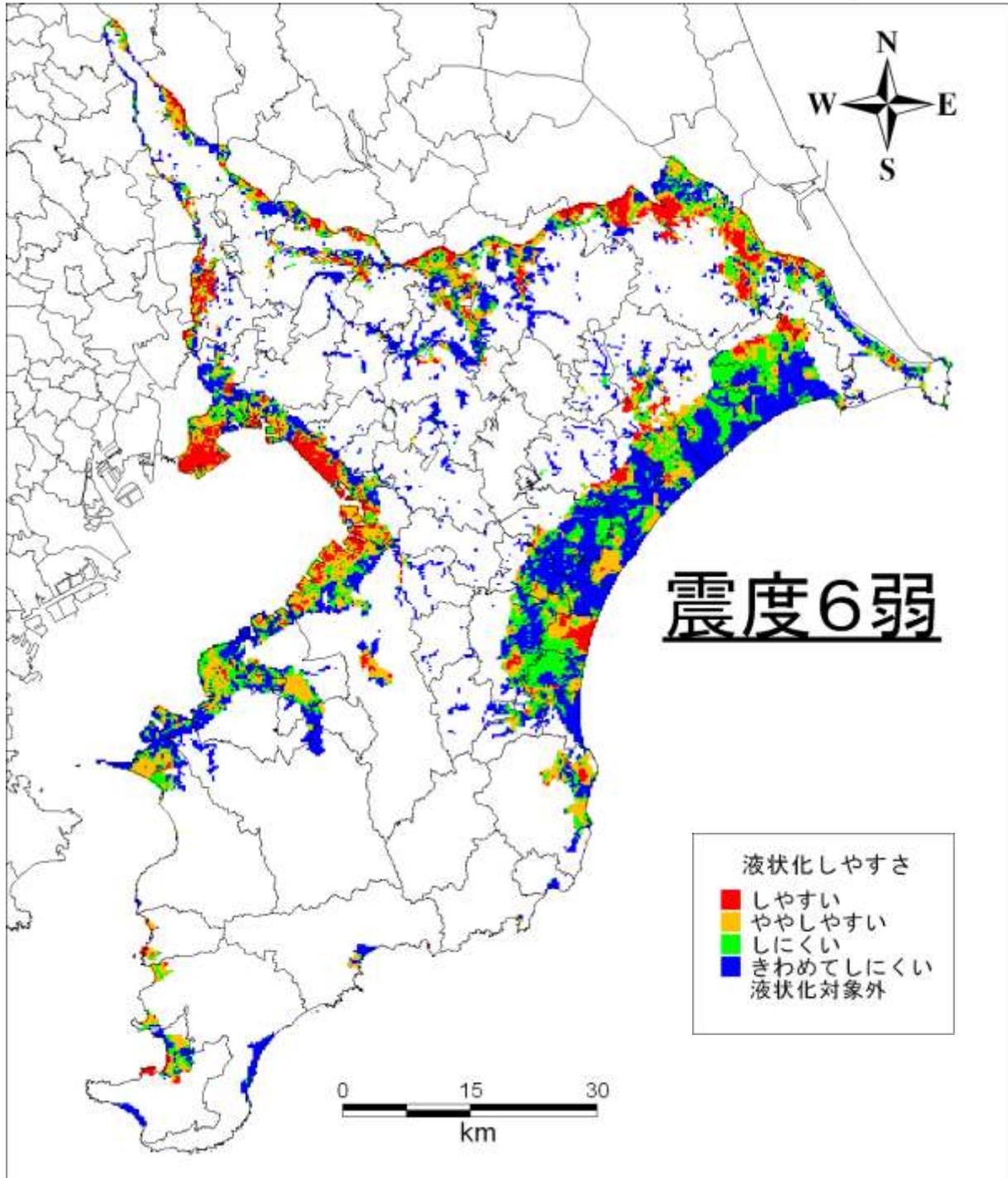


図 6.2-6(2) 液状化しやすさ試算結果
(通常継続時間地震・建築基礎・震度6弱・地表加速度530gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

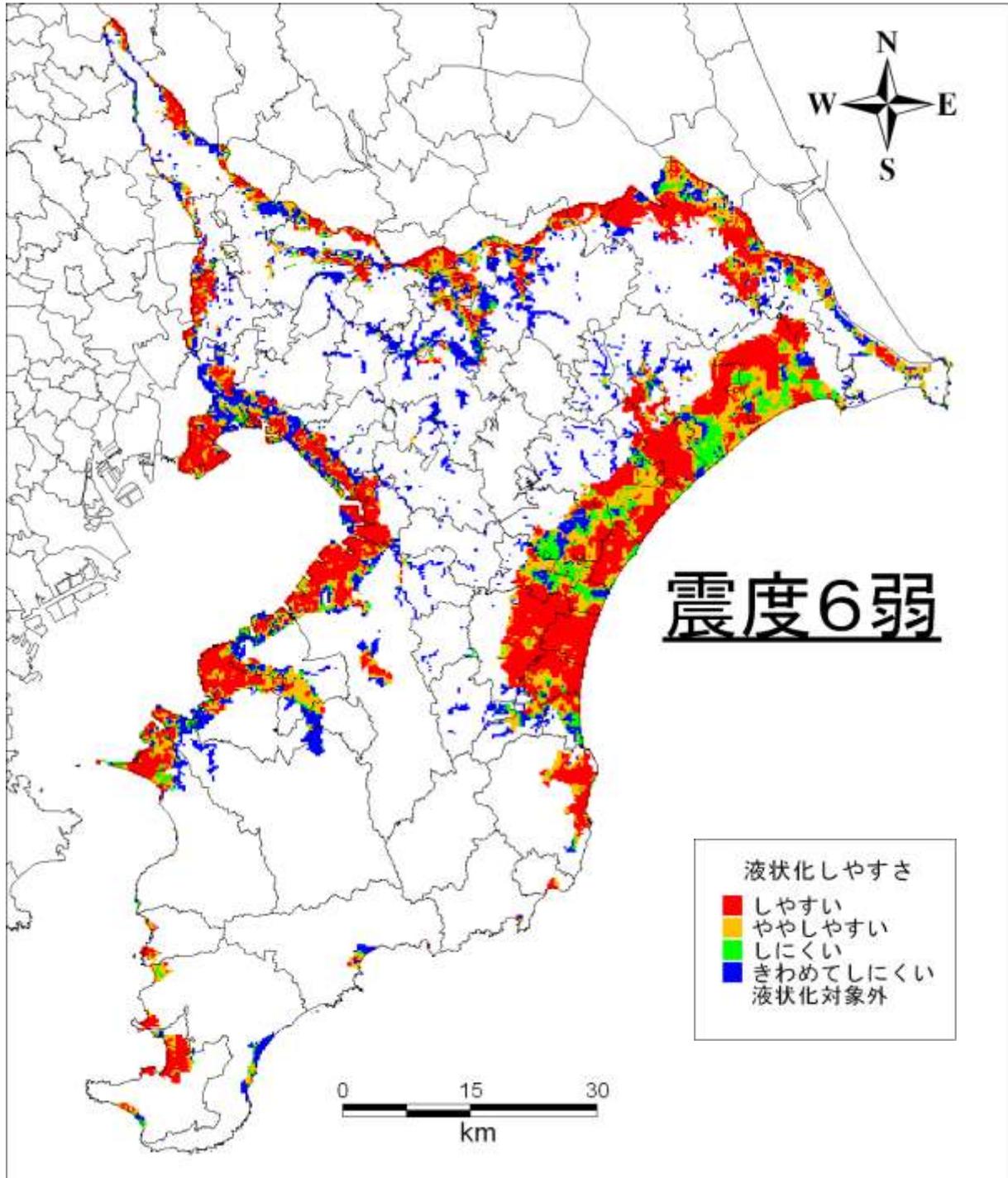


図 6.2-6(3) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・東京ガス方式・震度6弱・地表加速度670gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

精査中

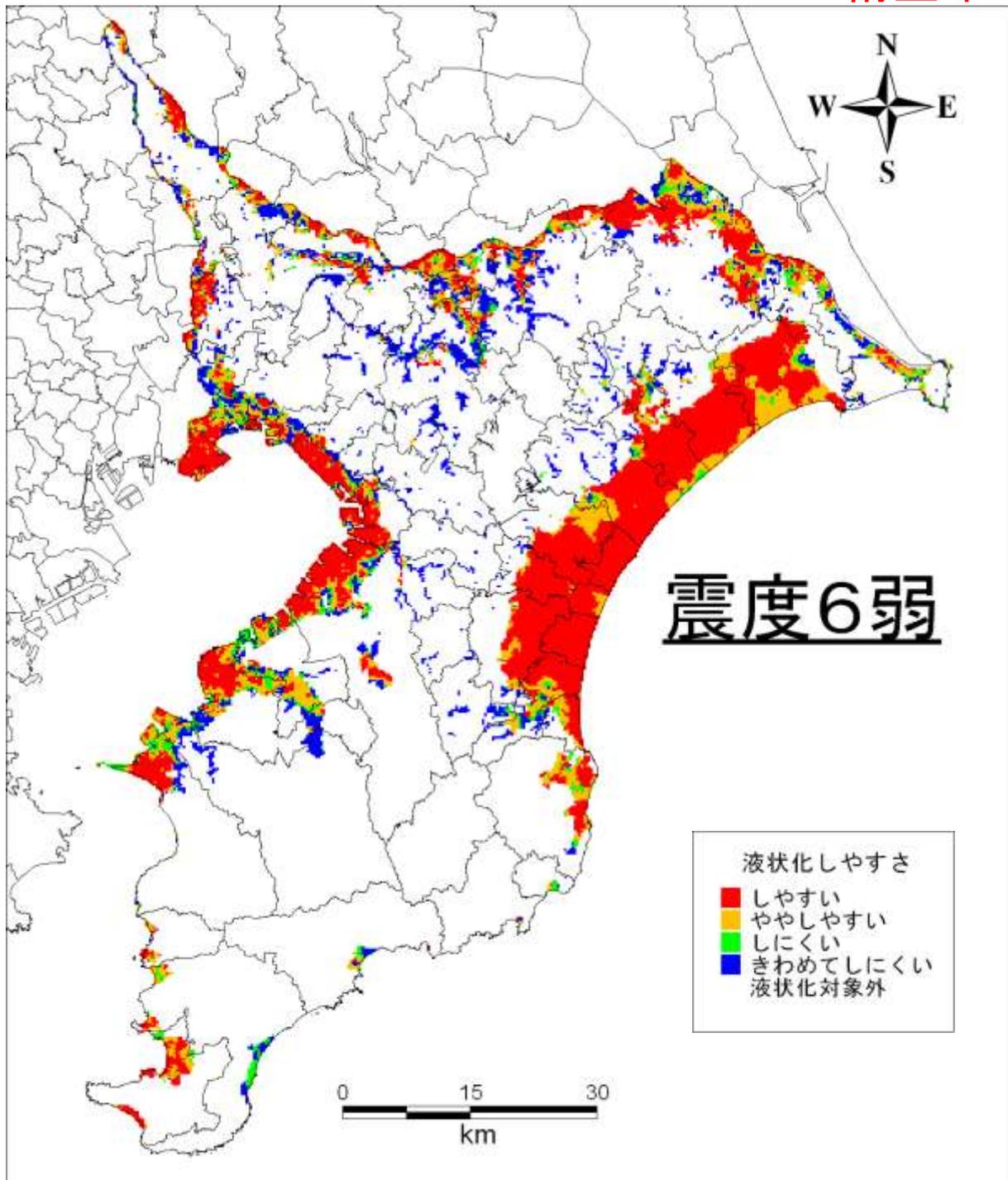


図 6.2-6(4) 液状化しやすさ試算結果
(長継続時間地震・建築基礎・震度 6 弱・地表加速度 670gal・全域)

地震後の液状化対策は考慮していない。

7. 液状化対策工法の考え方

7.1 液状化対策工法について

液状化対策工法については、その選定に係わるフロー(案)を図 7.1-1 に示した。

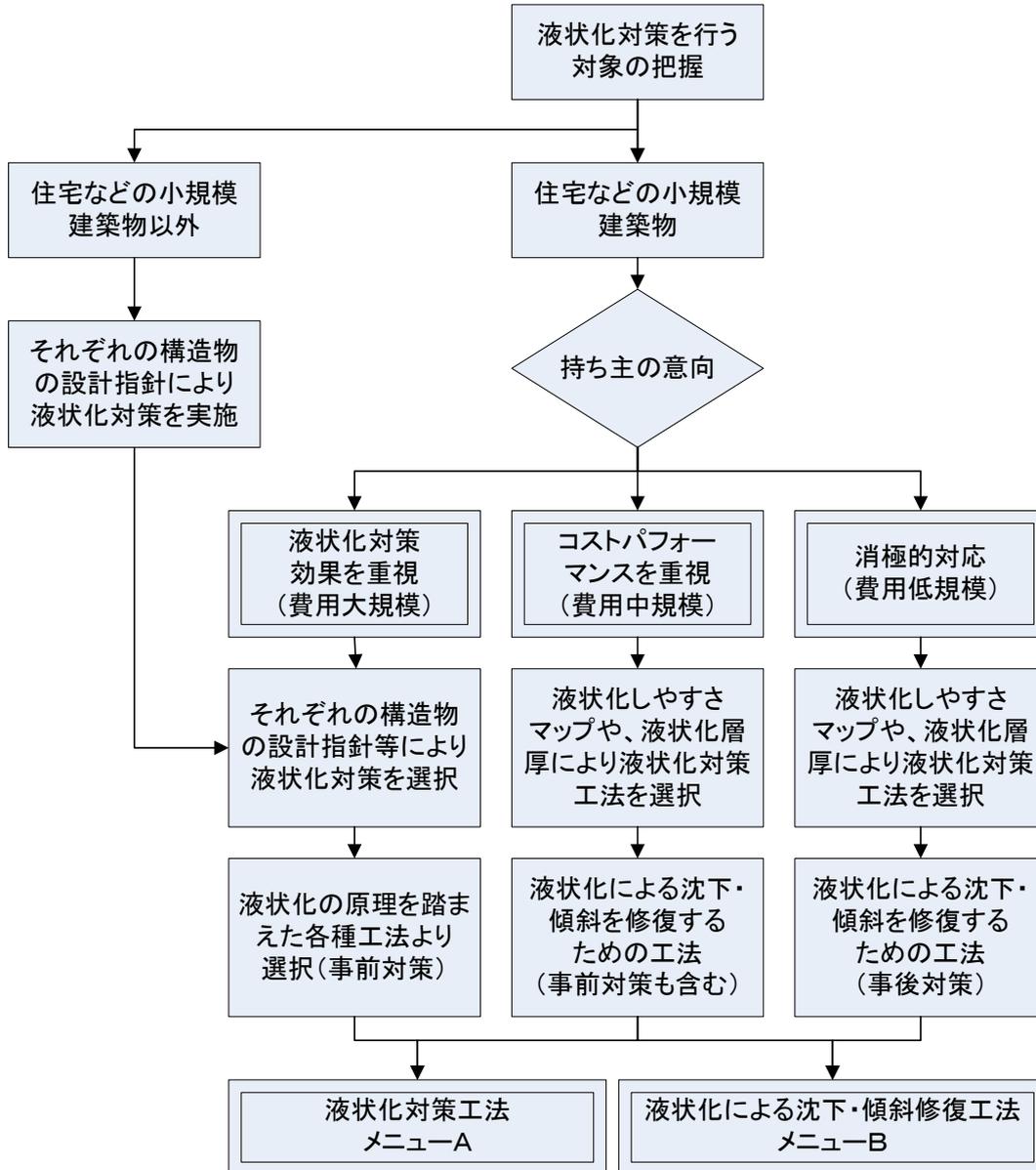


図 7.1-1 液状化対策工法の考え方(案)

7.2 液状化対策工法メニュー

1) 液状化発生そのものを防止する工法（メニューA）

地盤の性質を変えたり、地盤の応力及び変形条件を改善することにより、液状化現象の発生そのものを防止でき、これにより液状化の発生による建築物などの被害を防ぐことができる。図 7.2-1 は実用化されている方法とその原理を整理したものである。これらの基本的な方法に基づいて施工場所の状況に応じて多くの工法が開発されている。

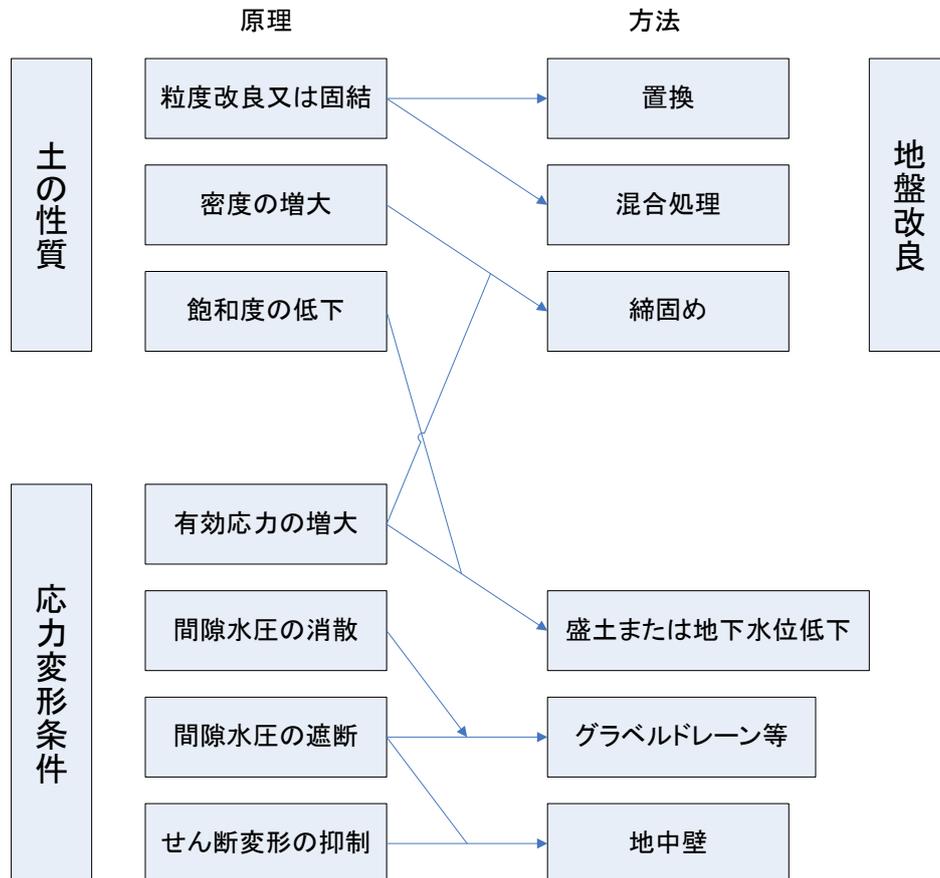


図 7.2-1 液状化の防止対策工法

（国土庁防災局震災対策課監修（1994）：

小規模建築物等のための液状化マップと対策工法，p90 に加筆）

これらの工法の中で、戸建ての住宅の液状化対策工法に絞ると、図 7.2-2 に示すように既設住宅と新設住宅に分けられる。既設住宅の場合は工法がかなり限られるが、新設住宅の場合は、以下のような工法が考えられる。

- ① 基礎の強化（布基礎からべた基礎へ）
- ② 浅層地盤改良
- ③ 杭状地盤補強（柱状改良体）
- ④ 杭状地盤補強（小口径鋼管杭）
- ⑤ 杭基礎
- ⑥ 地下水位低下工法（1戸だけの対策ではなく街区単位で対策する可能性が高い）
- ⑦ 地中壁（1戸だけの対策ではなく街区単位で対策する）

図 7.2-3 に①～④の工法の説明図を示し、表 7.2-1 に対策工法の選定基準の目安を示した。これらの目安もまだ研究段階であるが、液状化層厚が工法選定のポイントとなる。



図 7.2-2 小規模構造物（一戸建住宅）に対する液状化対策例（URBAN KUBOTA (2003) : 液状化対策, No. 40, p. 55.)

表 7.2-1 液状化対策工法選定基準の目安（高田徹ほか(2009)）

補強工法	項目
表層地盤改良	<ul style="list-style-type: none"> 液状化層が深さ 3 m 以内、改良厚さが 2 m 以内。 沈下量が許容値以内。
柱状地盤改良	<ul style="list-style-type: none"> 液状化層が深さ 5 m 以内。 改良体の先端地盤が液状化しない。 液状化層の摩擦抵抗を無視しても、作用軸力が短期許容支持力以下。 改良長を液状化深さの 1.5 倍以上確保できる。
小口径鋼管杭基礎	<ul style="list-style-type: none"> 杭先端地盤が液状化しない。 液状化層の摩擦抵抗を無視しても、作用軸力が短期許容支持力以下。 液状化層の水平地盤反力を無視しても、杭の曲げモーメント、せん断力が許容値以下。

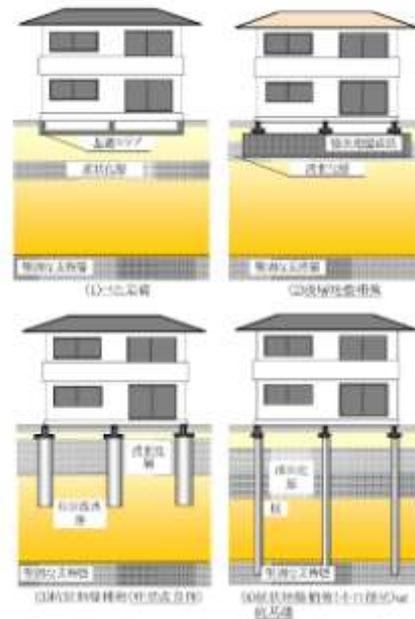


図 7.2-3 戸建住宅基礎の液状化の補強対策（高田徹ほか(2009) : 小規模建築物を対象とした液状化対策の設計法に関する研究（その 1）, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）, pp. 613-614.）

以上の戸建て住宅の液状化対策工法の資料を基に、今回調査を行った各地域での工法案を選定し表 7.2-2 に示した。この表は、あくまで地域の地盤・地質構造、地下水位の状態、今回の地震による液状化評価(FL 値、PL 値)を基にしたものであり、実際に液状化対策工法の選定及び実施する場合には、十分な地盤調査が必要である。工法選択に影響を及ぼす液状化対象層厚の分布を図 7.2-4(1)～(3)に示した。

国土交通省においても、戸建て住宅にも対応可能な「震災対応型技術開発公募」を行い表 7.2-3(1)～(2)に示す 7 つの液状化対策工法を研究開発しようとしている。このように、国の方でも安価で効果のある液状化対策工法を開発しようとしている段階である。

なお、このような液状化発生そのものを防止する工法（メニュー A）とは別に、液状化被害を受けてもその都度修復するという考え方もあり、表 7.2-2 の工法案には、全ての地区で液状化による沈下・傾斜修復工法（メニュー B）の採用が可能である。

表 7.2-2 地区別の液状化対策工法の概略選定案

区別	地域	工法案	工法選定における地区の特徴
新築住宅	千葉市美浜区	①基礎の強化	●砂と粘土の地盤の層相の変化が激しい
		②表層地盤改良	●液状化対象層が厚い地域も分布する
		③杭状地盤補強(柱状改良体)	●浅部に連続した粘土層がないので地下水位低下工法は不向き ●地下水位は地区により差がある
	習志野市	①基礎の強化	●液状化対象層が厚く分布する
		②表層地盤改良	●浅部に連続した厚い粘土層がないので地下水位低下工法は不向き
		③杭状地盤補強(柱状改良体)	●地下水位は全般的に高い
	我孫子市	①基礎の強化	●深さ5m程度から厚い粘土層が分布する
		②表層地盤改良	●液状化対象層は粘土層の上部5m以内である
		③杭状地盤補強(柱状改良体)	●地下水位低下工法も可能である
		④地下水位低下工法	●地下水位は全般的に高い
	浦安市	①基礎の強化	●細粒分が多い細砂が表層7~8m分布し、それ以深厚い粘土層が分布する
		②地下水位低下工法	●液状化対象層は上記砂層で7~8m程度である
			●地下水位低下工法も可能である ●地下水位は地区により差がある
	香取市	①基礎の強化	●液状化対象層が厚く分布する
		②表層地盤改良	●浅部に連続した粘土層がないので地下水位低下工法は不向き
③杭状地盤補強(小口径鋼管杭)		●地下水位は全般的に高い	
既存住宅	千葉市美浜区	①基礎の強化	(木造新築住宅の千葉市美浜区の記述と同様)
		②地中壁(街区ごと)	●地中壁は街区単位などで実施する対策である
	習志野市	①基礎の強化	(木造新築住宅の習志野市の記述と同様)
		②地中壁(街区ごと)	●地中壁は街区単位などで実施する対策である
	我孫子市	①基礎の強化	(木造新築住宅の我孫子市の記述と同様)
		②地下水位低下工法	●既存住宅でも地下水位低下工法は可能であると考えられる
	浦安市	①基礎の強化	(木造新築住宅の浦安市の記述と同様)
		②地下水位低下工法	●既存住宅でも地下水位低下工法は可能であると考えられる
	香取市	①基礎の強化	(木造新築住宅の香取市の記述と同様)
		②地中壁(街区ごと)	●地中壁は街区単位などで実施する対策である

※本表は、あくまで地域の地盤・地質構造、地下水位の状態、今回の地震による液状化評価(FL値、PL値)を基にした概略的なものである

※実際の液状化対策の選定には、対象地点で十分な調査が必要である

表 7.2-3(1) 国土交通省震災対応型技術開発公募採択課題（液状化対策）その1

研究開発課題名(概要)
<p>ライフライン地中埋設管の経済的・効果的な液状化対策技術の開発</p> <p>(概要)</p> <p>今回の地震で液状化被害を受けたライフライン埋設管に液状化対策を施す復旧と、今後地震災害が心配される地域で埋設管の液状化と老朽化を地盤掘削無しで解決する技術を開発し、高い経済性をも達成する。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>地盤不掘削の場合は、埋戻し土の固結と管へ老朽化防止シースを挿入する液状化対策を開発し、震災復旧時にはリサイクル材料で管を埋戻したり管の変位防止治具を設置する技術を開発する。こうして大震災後の生活再建を迅速化する。</p>
<p>地下水位低下工法と排水工法を併用した既存戸建て住宅の液状化対策の開発</p> <p>(概要)</p> <p>既存戸建て住宅の液状化による不同沈下対策として、地下水位低下工法と排水工法を併用した安価な液状化対策手法を開発し、さらに、その実用化に向けた検討を行う。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>従来の対策工に比べて格段に低コストで、レベル1地震動に対する戸建て住宅の不同沈下量を6/1000程度以下に軽減でき、さらに、道路・宅地一体型の対策にも適用可能な、液状化対策工法の開発。</p>
<p>浅層盤状改良による宅地の液状化対策の合理的な設計方法の研究</p> <p>(概要)</p> <p>浅層盤状改良による宅地の液状化対策について、被害事例調査・遠心力載荷試験装置を用いた模型実験・数値解析などを行って合理的な設計方法を検討する。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>液状化により被災した戸建て住宅の復旧方法として、浅層盤状改良の技術について合理的な設計方法を提案する。従来の設計手法(建築基礎構造設計指針など)に比べて、コストを30%～50%程度低減させる。</p>

表 7.2-3(2) 国土交通省震災対応型技術開発公募採択課題（液状化対策）その2

研究開発課題名(概要)
<p>鋼矢板囲い込み・地下水位低下併用による液状化抑止工法の開発</p> <p>(概要)</p> <p>本研究開発では、軽量鋼矢板を用いた小街区の囲い込みと、多段階での地下水位低下を併用することにより、構造物の不同沈下を軽減しつつ液状化を抑止する工法を開発する。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>遠心および1g場での模型実験により、地下水位低下による液状化抑止効果、および、鋼矢板囲い込みによる不同沈下軽減効果を検証するとともに、数値解析を用いて圧密による沈下予測を行う。</p>
<p>周辺道路も含めた既設宅地及び既設インフラの液状化対策として薄壁改良が可能な自由形状・大口徑高圧噴射攪拌工法による効果的な改良形状および簡易設計手法の開発</p> <p>(概要)</p> <p>マルチジェット工法を用いて、液状化対策効果が高い合理的な改良形状と簡易設計手法を開発し、その施工性の検証を行う。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>従来の改良率を低減できる合理的な改良形状により大幅なコストダウンを図り、さらに諸条件に応じた改良体の設計が速やかにできる簡易設計手法により、普及のスピードを早める。</p>
<p>基礎地盤の不飽和化による液状化対策工法の実証的研究</p> <p>(概要)</p> <p>ボーリング孔を通じて基礎地盤にマイクロバブル水を注入することにより地盤中に気泡を残し、地盤の飽和度を低下させて、地盤の液状化強度を増加させる対策工法を開発する。なお、本工法は既存構造物がある基礎地盤にも適用できるものである。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>既存構造物が存在する状況でも実施可能で、施工の容易さ、メンテナンス費用を含めたコストパフォーマンスが高い工法が可能となる。また、振動・騒音が少なく、地盤変形や土壌汚染のリスクもない環境に優しい工法を開発する。</p>
<p>周辺地盤影響の少ない地中拡翼型地盤改良工法のモニタリング・制御方法の開発</p> <p>(概要)</p> <p>施工による周辺地盤への影響が少ない地盤改良工法として、地中にて直径1.2mに拡翼可能な攪拌装置を用いた、新たな手法を実用化する。</p> <p>(技術研究開発目標)</p> <p>必要強度水準や一様性といった改良品質と施工の効率化を両立させるため、攪拌翼の回転や移動、およびこれに伴う固化材供給の最適化を図るモニタリング・制御システムを開発する。</p>

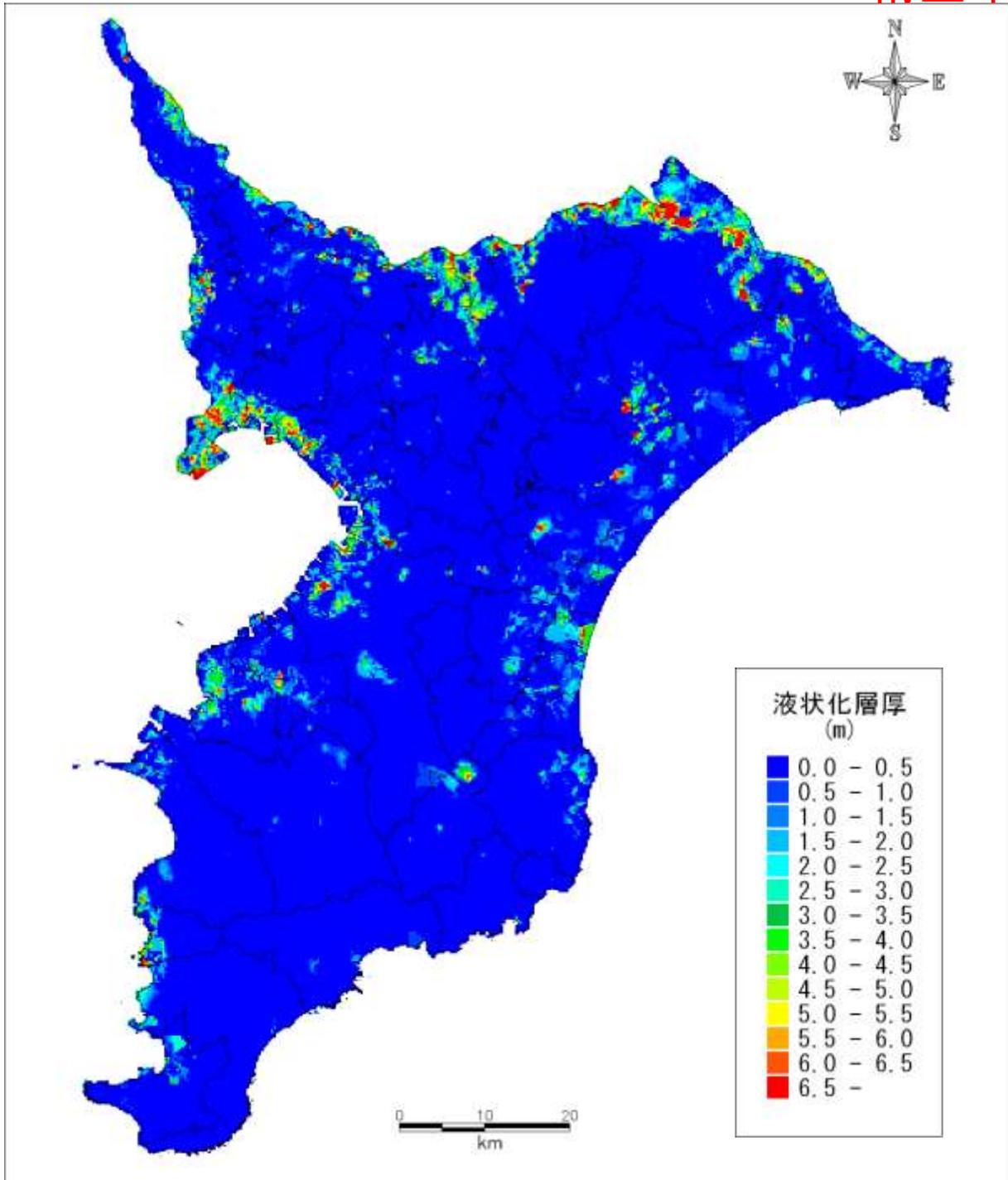


図 7.2-4(1) 作成した地盤モデルの N 値 10 以下の液状化対象層厚

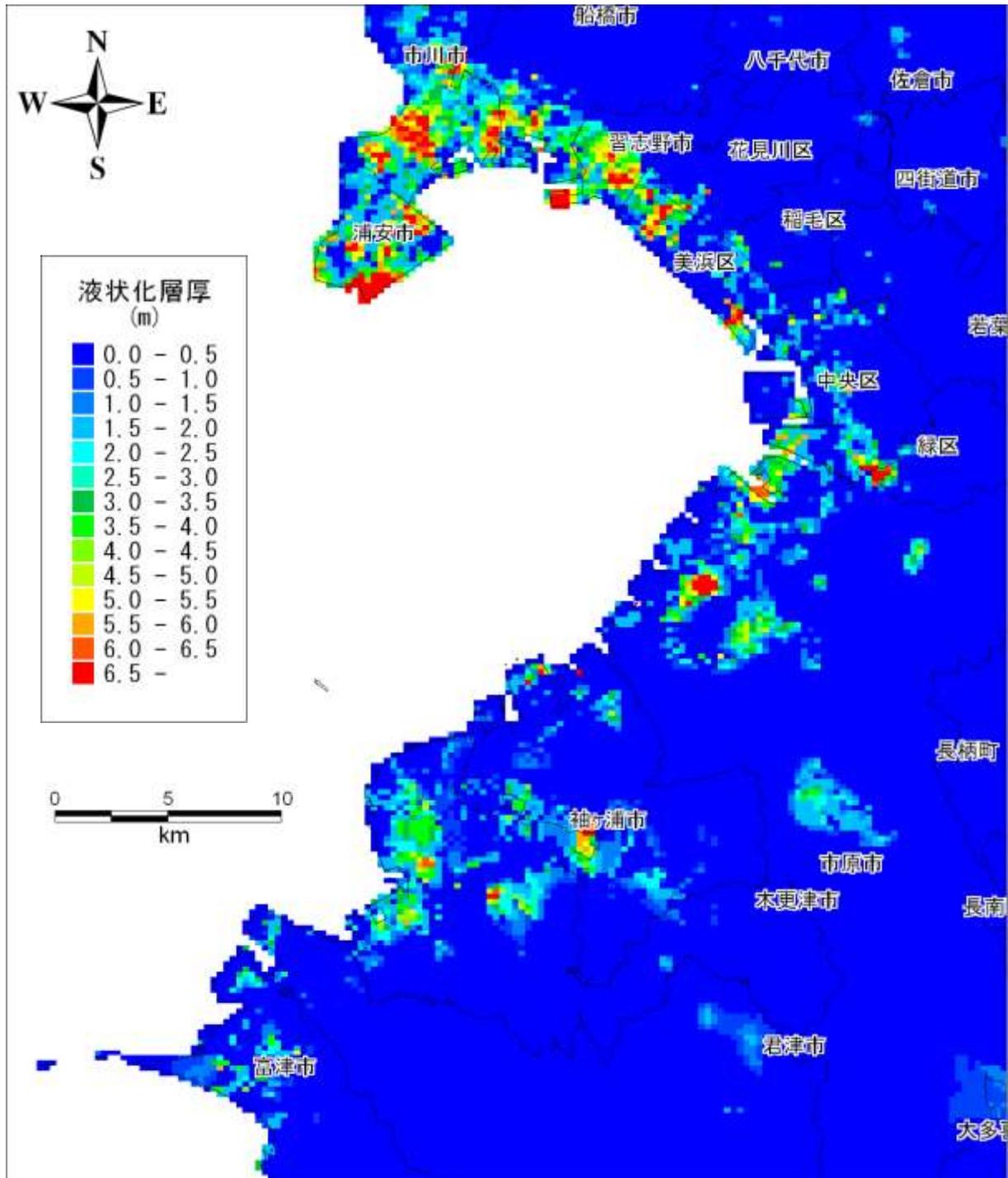


図 7.2-4(2) 作成した地盤モデルの N 値 10 以下の液状化対象層厚 (湾岸地域)

2) 液状化による沈下・傾斜修復工法（メニューB）

液状化現象が発生し、建築物等が沈下、傾斜しても、地震発生 の頻度及び個人の液状化対策工法にかけられる限度額などを考慮すると、建物沈下・傾斜を修復だけ行うという対応も可能だと考えられる。図 7.2-5 沈下修復工法の選定フローを、参考資料に沈下修復工法の一覧を示した。

沈下修復工法の選定フロー

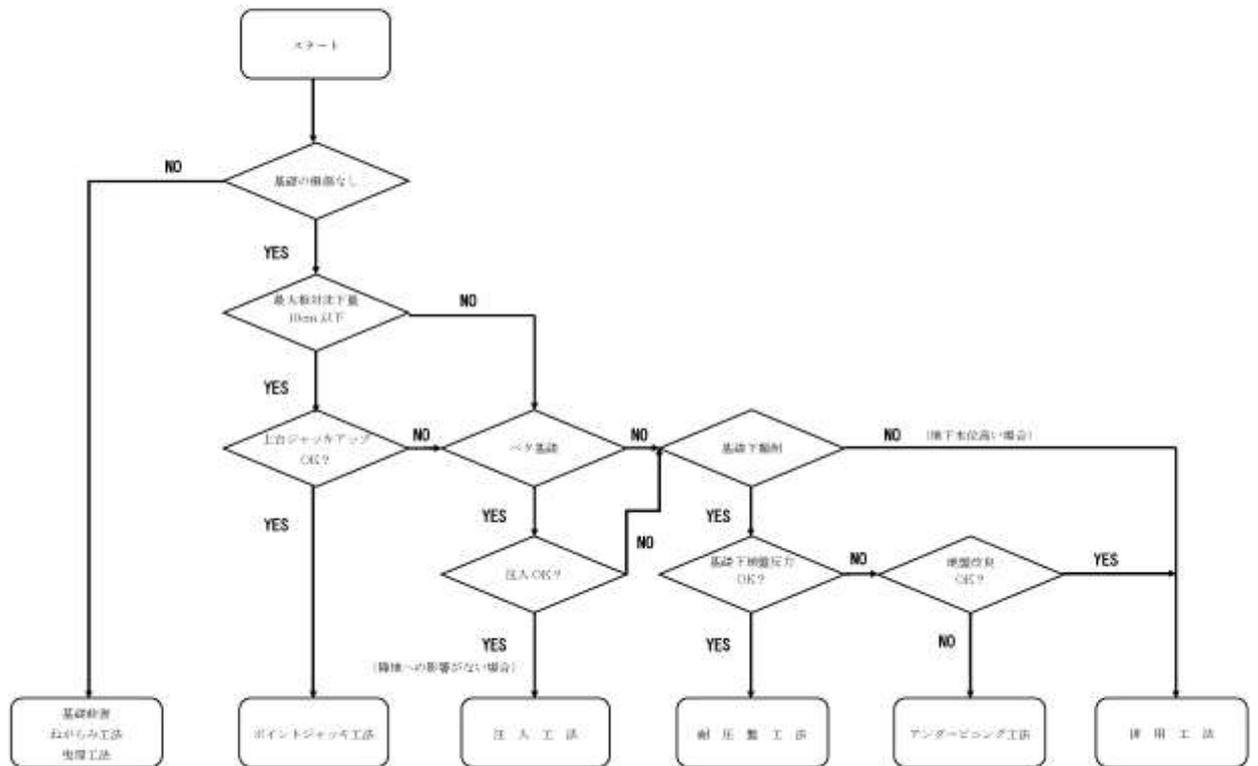


図 7.2-5 沈下修復工法のフロー（第 4 回浦安市液状化対策技術検討調査委員会資料）

