

リスクコミュニケーションを考慮した 液状化危険度評価技術の開発

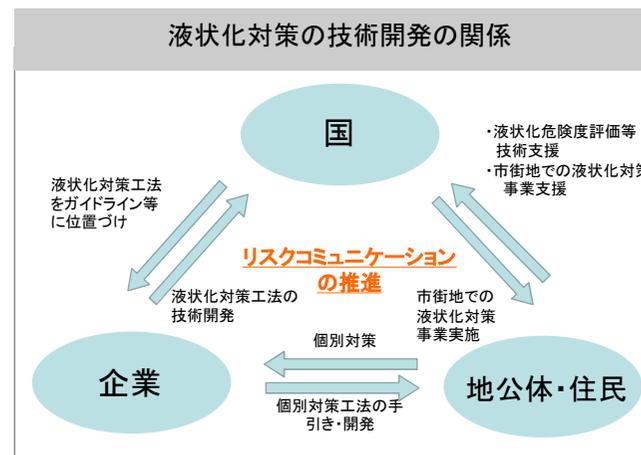
研究期間：平成30年度～平成32年度

1. 背景・課題

液状化対策の技術開発の現状

東日本大震災により液状化被害が多数発生したことをきっかけに

- 国においては、平成28年に「市街地液状化対策推進ガイドンス」が策定され、公共施設と宅地の一体的な液状化対策が示された
- 地盤工学会関東支部やレジリエンスジャパン推進協議会により戸建て住宅を対象とした液状化対策が示された
- ハウスメーカーやゼネコン等により液状化対策工法や施工機械の開発が進められている



⇒ 1. 産学官で液状化対策に関する技術開発等はされているが、事前防災の推進まで至っていない

- 産学官、住民との間で液状化対策の重要度や影響度に対する認識にずれ

⇒ 2. 産学官、住民におけるリスクコミュニケーションが不足

リスクコミュニケーションとは

社会を取り巻くリスクに関する正確な情報を、行政、専門家、企業、市民などの関係主体間で共有し、相互に意思疎通を図ることをいう。合意形成のひとつ。リスクコミュニケーションの基盤は「気づき」

出典：日本建築学会、地震リスク評価とリスクコミュニケーション

⇒ 液状化リスクに気づき、国、企業、地公体、住民のそれぞれの立場で何をすべきか議論し、事前防災対策を議論する土台としての液状化ハザードマップの統一的な作成手法が示されていない

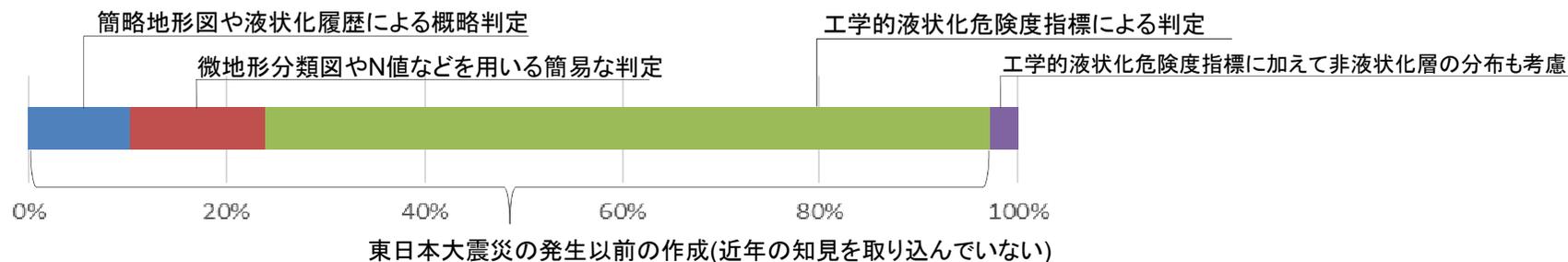
1. 背景・課題

現在の液状化ハザードマップ

○マニュアル類

- ・液状化地域ゾーニングマニュアル(平成10年度版)(国土庁防災局, 1999) ← ハザードマップ作成方法
- ・市街地液状化対策推進ガイダンス(国土交通省都市局、平成26年) ← 液状化危険度評価方法

○地方公共団体作成状況(366 県・市町村)(H28.4内閣府・国交省調べ)



液状化対策の技術開発の課題

①液状化危険度評価に必要な情報の質の向上や蓄積

液状化被害情報

- ・過去の地震による液状化被害について統一的なデータ蓄積がなく、液状化対策の技術開発にデータが活かせない
- ・液状化被害情報は公共(道路、下水道、河川)、個人(住宅、衛生、生活再建等)、企業(建屋、外構、企業活動等)と複数主体が保有し、種別や質、データ形式がばらばら

地盤情報

- ・液状化ハザードマップの解像度を向上させるためには、地下空間情報の質の向上や、ボーリングデータや点間を補間するデータの蓄積が必要。
- ・一方で、データの蓄積が無くとも、限られたデータを組み合わせるなどして、できる限り活用しようとする視点が重要



出典:ぎょうせい、ドキュメント東日本大震災 浦安市のまち液状化の記録



出典:地盤工学会HP
https://www.jiban.or.jp/?page_id=2563



出典:市街地液状化対策推進ガイダンス(都市局、2016)

1. 背景・課題、緊急性等

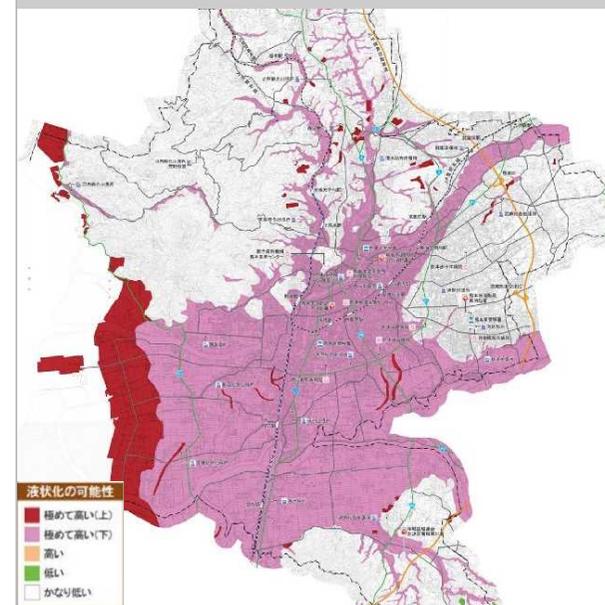
液状化対策の技術開発の課題

②リスクコミュニケーションをとるための液状化ハザードマップ

目的に応じた作成手法や表現方法の選択が必要

- 液状化地域ゾーニングマニュアル(国土庁防災局、1999)により一般的な作成方法が示されているが、1:200,000~1:10,000程度の縮尺の地図での作成が想定されている。リスクコミュニケーションに利用するためには、より大縮尺の地図での作成も想定することが必要
- 市町村により液状化リスク区分、地図への表示項目がばらばらで、リスクコミュニケーションを想定した評価や表現手法が提示されていない
- 液状化危険度が市域内で一様となるケースもあり、液状化対策の優先度を検討することが困難
- 同様に、住民とのリスクコミュニケーションを図る上でも不十分
- 個人宅地情報は、個人の責任・協力を得てマップへ表現することが必要

(事例)熊本市液状化ハザードマップ



市内一円の液状化危険度が高く、小縮尺の図面では相対的に危険度が判別ができない。一方で、液状化の可能性の区分を5区分より詳細にした場合、微地形ごとの違いがさらに表現可能。

出典：熊本市HP https://www.city.kumamoto.jp/hpkiji/pub/detail.aspx?c_id=5&iid=2121

液状化対策の技術開発の緊急性等

1. 緊急性

- 「骨太方針2017」において、“安全なまちづくりに向けた住宅・建築物の耐震化及び地盤の強化”が示されている
- 「行政事業レビュー」において、液状化対策の必要性を周知する等液状化対策が進むように改善が求められている

2. 横断的なもの

- 液状化被害は、社会インフラや個人財産全体に影響が及ぶため、関連分野において必要とされる

3. 行政部局が主体となる必要性

- 「地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会」において、ハザードマップ作成の技術面で支援する取組が求められている

2. 技術開発の目的・全体像

液状化の事前防災の促進に向けて、リスクコミュニケーションに必要となる液状化ハザードマップ作成のため、地下空間情報の精度向上および相対的な液状化危険度評価の技術開発を行う

① 液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討

液状化危険度評価や検証に情報を利用することを前提としたデータ整理方法のルール化

(1) 液状化発生区域・被害状況把握及びデータ定義などに関する技術開発

データ補間等前提としたデータ定義

収集したデータを元に点データ間を補間

地点の液状化危険度評価値を面的に補完する手法やその妥当性の検証手順を検討

(2) 液状化層分布や地震動分布推定に関する技術開発

得られたデータを元に評価手法検討

将来的な精度向上に向けて必要となるデータ定義

② 相対的な液状化危険度の評価手法の検討

液状化ハザードマップ作成

(1) 社会インフラ分布等を考慮した相対的な液状化危険度評価に関する技術開発

実施・検証による修正

相対的評価定義

(2) リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ表現に関する技術開発

液状化マップの活用

表現の整合

液状化ハザードマップ利用

(3) 液状化被害発生による社会影響度評価に関する技術開発

成果(アウトプット)

- ① 「市街地液状化対策推進ガイダンス（都市局、H28）の改訂」
- ② 「宅地液状化対策の基本的な考え方（国総研資料予定）」
- ③ 「液状化ハザードマップ作成ガイドライン（国土地理院予定）」

液状化ハザードマップの統一的な作成手法

① に ②、③を反映する

効果(アウトカム)

- 地方自治体において活用を想定し、国としては宅地耐震化推進事業で支援
- 個人や民間企業における対策を推進するために宅地耐震改修等の個人対策やBCP策定等の企業の対策を促す制度を検討

3. 技術開発課題1(1)

【1 液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討】

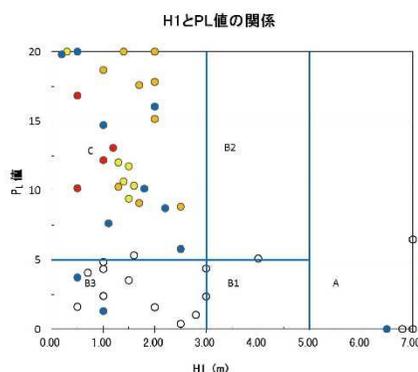
(1) 液状化発生区域・被害状況把握及びデータ定義などに関する技術開発

技術開発の現状・課題

- 広域な液状化発生履歴は、国や地方公共団体、地盤工学会や防災科学技術研究所等によりデータベース化が進んでいるが、各調査における取得基準に統一性がない。
 (若松・先名らによる研究の場合、液状化発生の認定は、噴砂・噴泥・噴水・湧水が確認されたものに限定、特定手法は、現地調査、報告書等の「噴砂痕」、航空写真による判読)
- 公共施設管理者、個人、企業ごとに液状化被害状況を把握、データ保有をしておき、相互のデータのやり取りがなされておらず、統合的に液状化発生区域の把握ができていない。

個々の公共施設や家屋被害に係る液状化被害状況把握に関する技術開発

○液状化被害の定義のルール化や被害状況の判読手法の技術開発を行う。



出典：市街地液状化対策推進ガイドンス(都市局、2016)



出典：香取市、地盤液状化対策の方針検討業務委託報告書、2011.8



3. 技術開発課題1(1)

【1 液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討】

(1) 液状化発生区域・被害状況把握及びデータ定義などに関する技術開発

技術開発の現状・課題

- 液状化発生区域や被害状況のデータをどのような形式で蓄積するのか基準がない(ポイント、ポリゴンまたはメッシュなど)ため、各施設管理者が収集した被害データを相互に活用できない。
- 将来の液状化ハザードマップの高度化に見据えた必要となるデータ項目、形式等を検討する必要がある。

データ定義などに関する技術開発

○ 液状化危険度評価に用いるデータの定義、データ変換、照合に関する技術開発

○ OPL値、Dcy値算出に必要なデータ

地盤特性	地下水位 土層構成 粒度分布 単位体積重量
地盤強度特性	N値または室内液状化抵抗
設計条件	地表面最大加速度、マグニチュード

○ 非液状化層算出に必要なデータ

	地下水位より浅い層	地下水位より深い層			
		液状化の安全率(FL値)が1.0より大きい砂層	N値が2より大きい粘性土層(埋立土・盛土)	細粒分含有率35%を超える層(沖積層・埋立土・盛土)	平均粒径10mm以上で、または10%粒径が1mm以上の土層(沖積層・埋立土・盛土)
建築基礎構造設計指針	○	○	○	○	○
道路橋示方書	○	○	○	○	○

○ 被害データ

- 噴砂跡位置情報
- 罹災証明などの被害データ

3. 技術開発課題1(2)

【1 液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討】

(2) 液状化層分布や地震動分布推定に関する技術開発

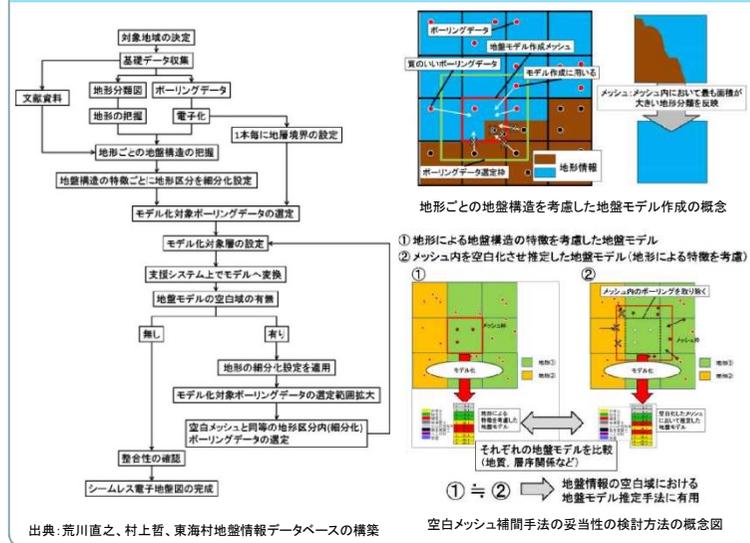
技術開発の現状・課題

- 限られたボーリングデータ、土質試験結果から、できる限り高精度な液状化ハザードマップを作成しようとするれば、それらの点データを三次元的に補間するための技術開発が必要。
- 防災科研等により地下構造モデル(1kmグリッド)を、地盤工学会により電子地盤図(250mグリッド)で作成された既往研究があるが、ポリゴンベースの地形分類情報等を考慮する場合、より詳細な(5m、10mグリッド)危険度評価を実施するための地下構造モデルの構築手法の技術開発が必要。

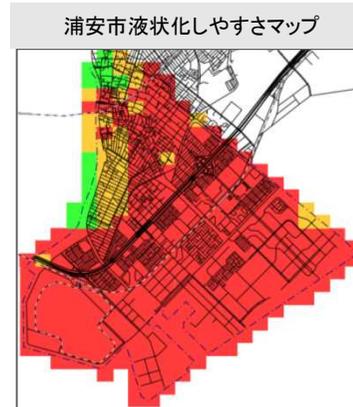
分布推定方法の技術開発

- ボーリングデータが少ない地域において、できるだけ精度の高いマップ作成をするため、点のボーリングデータを面的に展開するための液状化層分布や地震動分布の推定方法あるいはデータ組み込みによる推定手順・照合に関する技術開発を実施

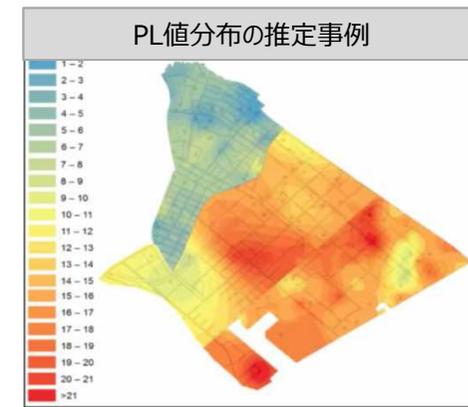
ボーリングデータが無い地域を微地形との関係を整理して補間した事例



ボーリングデータが無い地域を内挿した事例



出典：千葉県HP
http://www.bousai.pref.chiba.lg.jp/portal/05_sonae/58_hazard/ej/k/



出典：生産研究第67巻第6号(2015)667-671頁、道路種別を考慮した新しい液状化ハザードマップの構築、梶原和博、ラマモハン ボカレル、清田隆、小長井一男

3. 技術開発課題2(1)

【2 相対的な液状化危険度の評価手法の検討】

(1) 社会インフラ分布等を考慮した相対的な液状化危険度評価に関する技術開発

技術開発の現状・課題

経験的手法による液状化危険度評価

- 経験的手法として、若松ら(2005)、松岡ら(2011)により微地形区分に基づく液状化可能性判定の研究がされているが、使用する既存の地形分類情報の精度・確度に依存している。

工学的手法による液状化危険度評価

- 工学的手法として、宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説(都市局,H25)でDcy値、PL値にH1値を加えた2軸の評価手法を提示したが、ボーリング調査等による物性データが必要となり、同手法によるマップ作成は進んでいない。

⇒ボーリングデータから得たPL値などにより液状化危険度を評価する工学的手法と地形分類情報と液状化発生履歴から液状化危険度を評価する経験的手法を融合した液状化危険度評価手法を開発する。

1. 相対的な液状化危険度評価手法の技術開発

経験的手法による液状化危険度評価

地盤区分(土壌区分)		地盤深さ(m)		液状化発生確率(%)										グループ
大分類	小分類	全体	埋戻部分	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	
低地	埋戻	345.6	0.0	0.0										
	埋戻・埋戻	0.0	0.0	0.0										
中地	埋戻	0.0	0.0	0.0										
	埋戻・埋戻	0.0	0.0	0.0										
高地	埋戻	0.0	0.0	0.0										
	埋戻・埋戻	0.0	0.0	0.0										

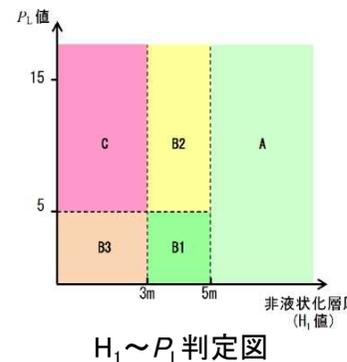
出典: 山崎一雄、加藤丈和、新潟県内の地盤の液状化しやすさの評価について

分類	液状化発生確率	地盤区分
A	8%以上	①埋戻・埋戻 ②埋戻・埋戻(埋戻地を含む) ③埋戻
B	3~8%	①埋戻・埋戻(埋戻地を含む) ②埋戻・埋戻 ③埋戻
C	2%未満	①埋戻・埋戻 ②埋戻・埋戻 ③埋戻
D	埋戻地	埋戻・埋戻

・既往の微地形分類を再検討し、液状化履歴などを指標とした微地形分類及び分類手法を検討

★[適した縮尺範囲
イメージ: ~1/25,000]

工学的手法による液状化危険度評価



出典: 市街地液状化対策推進ガイドンス(都市局、2016)、宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説(都市局、2012)

・既往の二軸評価手法をベースに工学的評価手法を検討

・ボーリングデータが少ない地域において、面補完したうえでスウェーデン式サウンディングデータ等による検証や修正を行うなど、合理的なPL値推定手法の検討

★[適した縮尺範囲
イメージ: 1/25,000 ~]

経験的手法に関する文献: 松岡昌志・若松加寿江・橋本光史(2011): 地形・地盤分類250mメッシュマップに基づく液状化危険度の推定手法、日本地震工学学会論文集、11(2)、20-39
若松加寿江・松岡昌志・杉浦正美・久保純子・長谷川浩一(2005): 日本の地形・地盤デジタルマップ、東京大学出版会 など

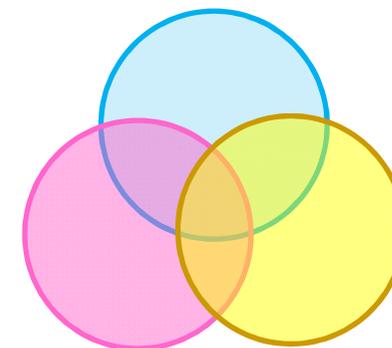
3. 技術開発課題2(1)

【2 相対的な液状化危険度の評価手法の検討】

(1) 社会インフラ分布等を考慮した相対的な液状化危険度評価に関する技術開発

技術開発の現状・課題

- 既往の液状化ハザードマップの多くは、被災時の避難や避難生活に必要な避難路や避難施設などの社会インフラを明示されていない。相対的に液状化対策が重要な地区を示すためには社会インフラの情報をマップに表現することが必要。
- 東日本大震災の実績から道路の舗装厚と液状化被害の関係が明らかになってきており、また、梶原ら(2015)により液状化に伴う道路沈下量も道路舗装厚によって異なること研究等が進められている。これらの社会インフラの評価手法を踏まえ、液状化危険度を表現する技術開発が必要。



経験的手法及び工学的手法による液状化危険度評価に公共施設の危険度評価を重ねることで評価する相対的手法を開発

浦安市ヒアリング(H29.5.10)

震災における液状化被害により、避難生活における避難所と下水管の継手の対策が重要と認識。震災以降は、市では避難所と下水管の継手の液状化対策を推進。

2. 社会インフラの液状化時被害リスクをハザードマップに反映

- 避難路、避難場所、ライフラインなどのインフラの液状化時被害リスクの評価手法を技術開発する。
- 社会インフラの液状化危険度評価のハザードマップへの反映手法を検討する。

(例)道路の沈下量を定量的に示したマップ



(例)避難路を液状化マップへ反映したイメージ



(例)避難施設の液状化危険度を液状化マップへ反映したイメージ



3. 技術開発課題2(2)

【2 相対的な液状化危険度の評価手法の検討】

(2) リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ表現に関する技術開発

技術開発の現状・課題

- リスクコミュニケーションに関する研究として、片田ほか(2007)や野村ほか(2013)のほかに、科学技術振興機構(2014)による事例の報告書などがあるが、地図表現に関する技術開発は進んでいない。リスクコミュニケーションに必要な地図表現の検討が必要。
- 液状化ハザードマップの表現方法の決まりはなく、地方公共団体ごとにばらばらとなっており、表現の統一が必要。

	粗なマップ	精緻なマップ
行動指南力	小	大
情報取得態度	大	小
コミュニケーションの動機付け	大	小
災害イメージの固定化	小	大

「粗なマップ」と「精緻なマップ」の比較
 出典：片田敏孝、木村秀治、児玉真、災害リスク・コミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究、土木学会論文集D Vol.63 No.4,498-508,2007.12

1. リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップの在り方に関する検討

地方公共団体と連携し、ワーキング等を通して、行政機関内、行政一住民間、地域コミュニティ内などにおける液状化リスクコミュニケーションに必要な要素の検討・抽出を実施

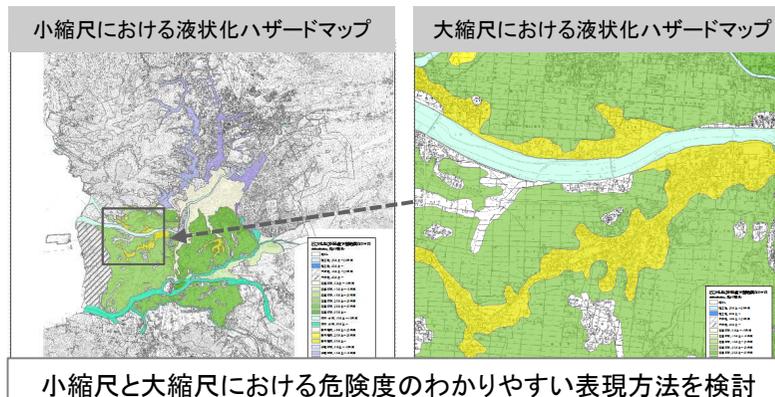
建物・宅地の対策指標の表示イメージ



液状化危険度が同じ地域内でも建屋や宅地の液状化対策有無により相対的な危険度の違いが生じる

2. 感覚的に理解しやすい液状化ハザードマップ表現方法の検討

地図の縮尺や表現媒体、将来的な建物レベルでのリスク表示等も考慮し、ワーキングなどの場においてリスクコミュニケーションが図りやすいマップ表現手法を検討



出典：地域力による都市の安全性向上の手引き(平成25年3月地域力ワーキンググループ)

リスクコミュニケーションに関する文献：野村尚樹、宮島昌克、藤原朱里、山岸宣智、ワークショップ手法を用いた防災リスクコミュニケーションに関する研究～輪島市輪島地区の事例を通じて～、

土木学会論文集A1(構造・地震工学)、Vol.69, No.4(地震工学論文集第32巻)、1_528-1_538, 2013
 片田敏孝、木村秀治、児玉真、災害リスク・コミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究 など

3. 技術開発課題2(3)

【2 相対的な液状化危険度の評価手法の検討】

(3) 液状化被害発生による社会影響度評価に関する技術開発

技術開発の現状・課題

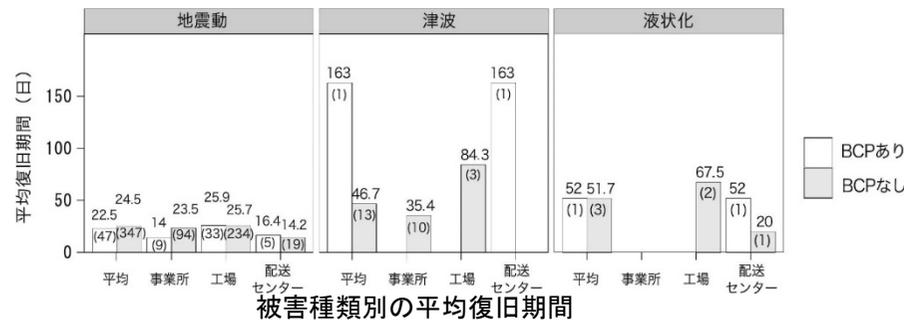
- 通常の被害想定(内閣府防災)のほかに、内閣府(社会経済)サイドで被害額推定は行っているが、これらは液状化に起因する影響に特化したものではない。
- 液状化被害に関する経済分析研究として、岡山ら(2011)や保元ら(2015)により、液状化被害が住宅価格に与える影響を研究している。
- 地公体や民間事業者が事前の液状化対策を推進するための社会影響評価手法が必要。

日本ガス協会ヒアリング(H29.6.8)

ガス事業者は、自治体による公表されている液状化ハザードマップを基本として、供給停止地区の設定などBCP計画に反映

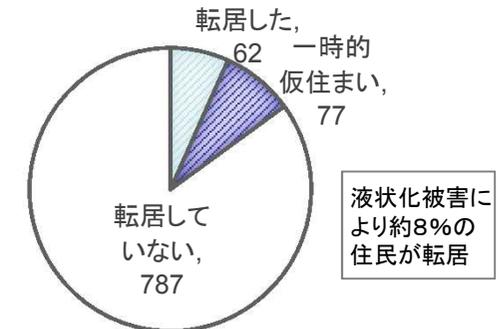
液状化被害による社会的影響評価手法の技術開発

道路、下水道等のインフラ復旧に係る経済的損失に加え、被災後の人口流出や地価下落、企業の流出などの社会的影響評価について技術開発を実施



液状化被害は地震動被害の2倍の復旧期間を要する

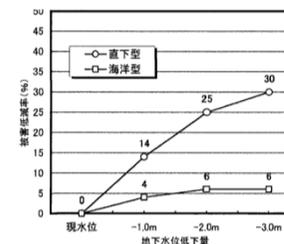
出典: 松下哲明、秀島栄三、東日本大震災における上場企業の被害特性とBCPによる事業の早期復旧効果、土木学会論文集F6(安全問題)、Vol.68, No.1, 25-24, 2012



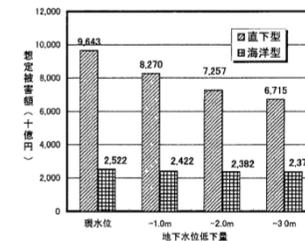
液状化被害により約8%の住民が転居

震災後の転居の有無 (潮来市日の出地区) (N=939)

出典: 梅本通孝、糸井川栄一、小嶋崇央、液状化被災地における転居・居住継続に関する要因分析-茨城県潮来市日の出地区を対象として、地域安全学会論文集No.18, 2012.11



地下水位低下量と被害低減率



大阪市域地震時想定被害額

出典: 土木学会関西支部、地下水制御による地震災害リスク低減効果の経済的評価、土木学会論文集 No. 777/VI-65, 205-214, 2004.12

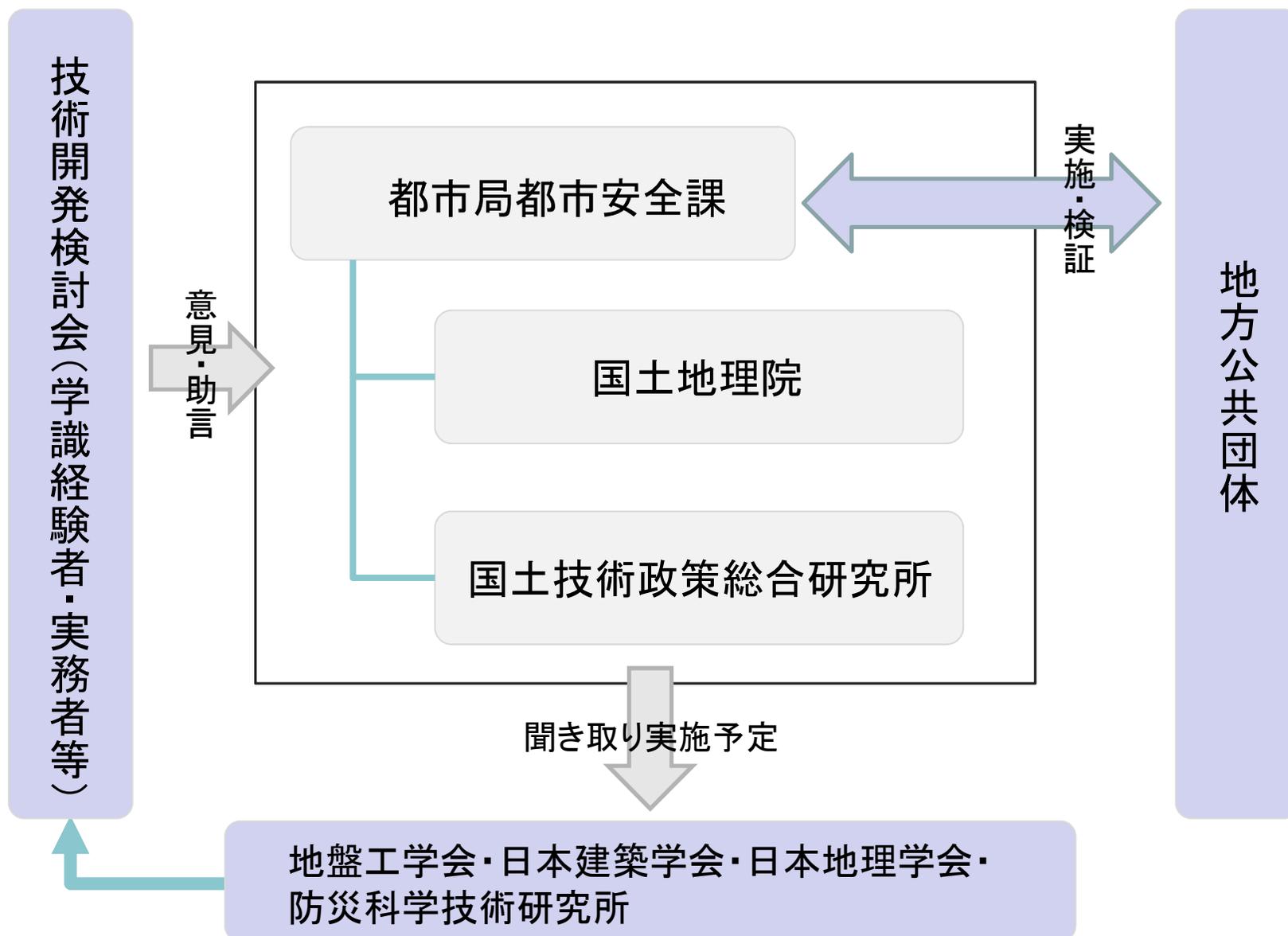
液状化被害による経済分析に関する文献等: 岡山 正雄、東京湾岸の液状化被害が住宅地価格に及ぼす影響〜ヘドニック推定法による分析〜、金融市場2011年11月号

保元大輔、谷崎久志、東日本大震災が大阪市の住宅価格に与えた影響について、中古マンション価格を例にとつて

内閣府HP: (熊本地震被害額推計)

<http://www5.cao.go.jp/keizai3/kumamotoshisai/kumamotoshisai20160523.pdf#search=%27%E5%86%85%E9%96%A3%E5%BA%9C+%E8%A2%AB%E5%AE%B3%E9%A1%8D%E6%8E%A8%E5%AE%9A%27>

4. 技術開発の体制



5. 技術開発の計画(スケジュール)

【全体の統括は都市局都市安全課で実施】

研究項目		担当部局	H30年度	H31年度	H32年度	
①液状化危険度評価に必要な情報収集や蓄積についての検討	(1)液状化発生区域・被害状況把握及びデータ定義などに関する技術開発	都市局 都市安全課	H29から先行実施 液状化被害データの収集整理 H30:1,167万円	液状化発生区域・被害状況把握手法の開発 液状化被害等データ定義の検討	ガイダンス作成	
	(2)液状化層分布や地震動分布推定に関する技術開発	都市局 都市安全課	H30:3,240万円	面補完による地盤分布推定手法の開発		
②相対的な液状化危険度の評価手法の検討	(1)社会インフラ分布等を考慮した相対的な液状化危険度評価に関する技術開発	国土地理院	H30:2,160万円	工学的手法と経験的手法を融合した液状化危険度評価手法の技術開発 手法検討 試作・検証	ガイドライン作成	
		国土技術政策総合研究所	H30:1,080万円	工学的液状化危険度評価の検討	基本的な考え方作成	
	(2)リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ表現に関する技術開発	都市局 都市安全課	H30:1,159万円	地公体と連携し、リスクコミュニケーションを目的とした液状化ハザードマップ検討		
		国土地理院	H30:1,080万円	手法検討	マップ試作	ガイドライン作成
		国土技術政策総合研究所	H29から先行実施 液状化被害データの収集整理 H30:2,160万円			ガイダンス作成 液状化被害による社会的影響評価手法の技術開発
各年度必要額			12,046万円	12,586万円	12,586万円	