

リスクコミュニケーションを取るための
液状化ハザードマップ作成の手引き

【詳細資料編】

令和３年６月

国土交通省都市局都市安全課

目 次

[詳細資料編]

詳細資料編 1 地域の液状化発生傾向図の作成

- 1-1. 資料の収集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1-2. 微地形分類図の作成方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
- 1-3. 人工改変地等の抽出方法と主な人工改変地の抽出事例・・・・・・・・・・・・・17
- 1-4. 過去の地震における液状化発生履歴に関する参考資料・・・・・・・・・・・・・26
- 1-5. 手引きにおける微地形の「液状化発生傾向」評価区分に関する資料・・・・・・・・・・・・・32
- 1-6. 液状化発生傾向を検討するための参考資料・・・・・・・・・・・・・46

詳細資料編 2 液状化による宅地の被害リスクの評価

- 2-1. 宅地の液状化被害の可能性判定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
- 2-2. 戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価方法・・・・・・・・・・・・・76
- 2-3. 簡易評価結果を活用するうえでの留意点・・・・・・・・・・・・・88

詳細資料編 3 カラーユニバーサルデザイン等の必要性

- 3-1. カラーユニバーサルデザイン等の必要性・・・・・・・・・・・・・89

詳細資料編 4 液状化ハザードマップの作成事例

- 4-1. 液状化ハザードマップの作成準備・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・94
- 4-2. 資料の収集・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・96
- 4-3. 地域の液状化発生傾向図の作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・98
- 4-4. 宅地の液状化危険度マップの作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・126
- 4-5. 液状化ハザードマップの作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・140

[付属資料：微地形分類図作成作業要領例]

- ・土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準（令和2年3月、国土地理院応用地理部）

詳細資料編 1 地域の液状化発生傾向図の作成

1-1. 資料の収集

本編3章「3-2.資料の収集」の表-3.1において、『地域の液状化発生傾向図』を作成する際の参考資料として示した各項目（表-1.1.1）について、入手可能な資料の概要及び閲覧・入手先等を以下に示す。これらの資料は必ずしも全てを網羅的に集める必要はないが、地域の実情にあわせて可能な限り収集し、検討に反映させることが望ましい。

表-1.1.1 『地域の液状化発生傾向図』の作成に必要なとなる参考資料

収集する資料の種類	主な作業			
	地形判読による 微地形の区分	人工改変地等 の抽出	液状化履歴の把握 (再液状化の可能性)	地盤(土質)特性 の把握
既往微地形分類図	◎	△		
空中写真	◎	◎	△	
地形図、旧版地図、古地図等	◎	◎		
DEM(数値標高モデル)	○	○		
埋立地・干拓地等の造成資料	○	○		○
砂利(砂鉄)採取や圃場整備、小規模宅 地開発等の人工改変に関する資料		◎		○
過去の液状化発生履歴に関する資料			◎	
ボーリング資料等の地盤情報				◎

◎:該当項目の作業・検討においてあった方がよい、○:あると該当項目の作業・検討に役立つ、△:該当項目の補助的な参考資料

(1) 既往の微地形分類図

微地形分類図は、各機関が様々な目的で作成したものが刊行されている。表-1.1.2 に主な既往の微地形分類図とその入手先を示し、それ以降に代表的なものの概要を示す。

表-1.1.2 主な既往の微地形分類図

図名	縮尺	刊行	整備状況	参考URL等
土地分類基本調査 [地形分類図]	1/50,000, 1/200,000	国土交通省 国土政策局 (旧国土庁)	都道府県単位で作成・整備 (昭和29年～)	https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html
土地分類基本調査 [土地履歴調査]	1/50,000	国土交通省 国土政策局	三大都市圏及び一部の地方都市 (平成22年度～)	https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_history_2011/index_tile.html
土地条件図	1/25,000		初期整備版 152面※ (昭和30年代～平成26年) ※人工改変更新版は平成22年～ 平成24年にかけて71面が整備済み	http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lc_index.html
沿岸海域土地条件図	1/25,000	国土地理院	74面 (昭和47年～平成18年)	http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/engan16.html
火山土地条件図	1/10,000～ 1/50,000		25面 (平成2年～令和3年)	http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/volcano-maps-vlcm.html
治水地形分類図	1/25,000		更新版 109河川935面 (令和3年3月現在)	http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_index.html
水害地形分類図	各種	科学技術庁資源局、 建設省ほか	38地域※ (1950年代～2000年頃) ※防災科学技術研究所の水害地形 分類図デジタルアーカイブに収録 されているもの	http://ecom-plat.jp/suigai-chikei/
地形・地盤分類250mメッシュ マップ(2020年更新版)	250mメッシュ	若松・松岡(2020)	全国	https://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/wm2020/

<土地分類基本調査「地形分類図」(国土交通省国土政策局(旧国土庁))>

全国をカバーするものとして、旧国土庁の土地分類基本調査において都道府県が作成した「地形分類図」があり、縮尺 20 万分の 1 で全国整備されているほか、北海道以外のほとんどの地域で 5 万分の 1 縮尺の図が作成されている。なお、土地分類基本調査の縮尺 20 万分の 1 については地形分類図の画像及び GIS データが、縮尺 5 万分の 1 については地形分類図の画像のみが、表-1.1.2 の参考 URL 等から入手可能となる。ただし、土地分類基本調査で作成された地形分類図はいずれも本手引きで作成する液状化発生傾向図よりも小縮尺であり、微地形の区分も作成地域や時期により統一されていないため、参考にする際は注意が必要である。

<土地分類基本調査「土地履歴調査」(国土交通省国土政策局)>

近年の水害、土砂災害の頻発化・激甚化や地震災害の多発等により、土地の安全性や災害リスクに対する意識・関心の高まりを受け、土地本来の自然地形やその人工的な改変状況、土地利用の変遷、過去に発生した災害履歴等の土地の災害リスクに関わる基礎的な事項を調査し、5 万分の 1 縮尺の「土地履歴調査」として公表している。自然地形分類図と人工地形分類図、及び災害履歴図、土地利用分類図からなり、国土情報ウェブマッピングシステム^{※1}や地理院地図^{※2}で閲覧できる。地形分類図に関しては、従来の道府県単位の土地分類基本調査の地形分類図を見直し、分類の修正、分類基準の統一が図られている。平成 22 年度から調査が開始され、これまでに三大都市圏と南海トラフ地震の被害が想定される地方都市等の一部をあわせた約 18,000km² の調査が行われている。

※1「国土情報ウェブマッピングシステム」サイト

https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/land_history_2011/index_tile.html

GIS データは以下よりダウンロード可

<https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/download.html>

※2「地理院地図」サイト

<https://maps.gsi.go.jp>

<国土地理院の各種地形分類図>

国土地理院が刊行している「土地条件図」及び「沿岸海域土地条件図」は、全国の主要平野部及び沿岸部を中心に縮尺 2 万 5 千分の 1 で整備された微地形分類図であり、国土地理院の「地理院地図」^{※2}で閲覧可能である。また、「土地条件図」の GIS データは、「数値地図 25000 (土地条件)」として刊行されており^{※3}、購入することも可能である。このほか、主要河川沿いでは、「治水地形分類図」(縮尺 2 万 5 千分の 1) が整備されており、地理院地図での閲覧のほか、地図画像も公開サイト^{※4}からダウンロード可能である。

火山地域では、「火山土地条件図」(縮尺 1 万分の 1~5 万分の 1) が整備されているところもあり、地理院地図で閲覧可能となるほか、一部の図は表-1.1.2 の参考 URL から入手可能である。また、GIS データ(火山地形分類データファイル)も「国土地理院技術資料の提供申請に

ついて」※5に従って申請すれば入手可能である。

なお、地理院地図では、土地条件図（数値地図 25000（土地条件））、治水地形分類図（更新版）及び沿岸海域土地条件図における地形分類データを、1 つのレイヤにまとめたベクトルタイル「地形分類（自然地形）」、及び、ベクトルタイル「地形分類（人工地形）」が公開されている※6。

※3 数値地図 25000（土地条件）の刊行情報

https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lc_cd25000.html

※4 治水地形分類図（地図画像）の公開サイト

https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/fc_list_a.html

※5 国土地理院技術資料の提供申請について

<https://www.gsi.go.jp/johosystem/johosystem40086.html>

※6 ベクトルタイル（地形分類）の公開サイト

http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lfc_index.html

<地形・地盤分類 250m メッシュマップ>

若松・松岡（2013）が、全国の地形・地盤条件を 24 種類の微地形区分に統一的に分類し、約 250m 四方毎に属性を持たせた GIS データベースとして整備したものである。2020 年 7 月に更新版が公開されている（若松・松岡，2020）。防災科学技術研究所の地震ハザードステーション J-SHIS※7 から閲覧、利用することができる。

若松加寿江・松岡昌志（2013）全国統一基準による地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築とその利用，日本地震工学会誌，18，pp.33-38.

<https://www.jaee.gr.jp/jp/wp-content/uploads/2012/02/kaishi18.pdf#page=35>

若松加寿江・松岡昌志（2020）地形・地盤分類 250m メッシュマップの更新，日本地震工学会誌，40，pp.24-27.

※7 地震ハザードステーション J-SHIS

<http://www.j-shis.bosai.go.jp/labs/wm2020/>

※ダウンロード（csv 形式）

(2) 空中写真

空中写真は地形図の作成・改訂等や災害状況の把握のために撮影されており、同じ地域において撮影年次が異なる複数の写真を利用することができる。現在日本で利用できる主な空中写真の種類を表-1.1.3 に示す。この他に、民間企業が撮影した空中写真を利用できる場合がある。

微地形分類図の作成を目的とする場合、人工改変が少ない（撮影年次が古い）写真を使用することが望ましい。また、撮影年次が異なる空中写真を比較することで、近年の人工改変地形を検出することもできる。なお、微地形分類図を作成する際の空中写真は、原則として作成しようとする地図の縮尺よりやや大きい縮尺の写真を用いたほうがよい。

表-1.1.3 利用できる主な空中写真の種類

撮影計画機関	撮影区域	撮影年次	縮 尺	カメラ f/s	照会・頒布申込先
国土地理院 (国土基本図用)	平野部	1960～1989	一部 1/10,000 大部分 1/20,000	ツァイスRMK, 15/23 ウィルドRC-8	国土地理院・ 日本地図センター
		1990～	(平成2年度以降は 1/25,000、一部 1/12,500)	ウィルドRC-10、RC-20	
		1997～	(平成9年度以降は 1/30,000)	ウィルドRC-30	
国土地理院	ほぼ日本全域	1964～	約 1/40,000	ツァイスRMK, 15/23 ウィルドRC-8 ウィルドRC-10 ウィルドRC-20	国土地理院・ 日本地図センター
国土地理院	全国(カラー)	1974～1989	平野部 1/8,000 山地部 1/10,000～ 1/15,000	ツァイスRMK, ウィルドRC-10, ウィルド RC-8	国土地理院・ 日本地図センター
	一部の都市(カラー)	1990～	(平成2年度以降は 1/25,000、一部 1/12,500)	ウィルドRC-10、RC-20	
		1997～	(平成9年度以降は 1/30,000)	ウィルドRC-30	
林野庁および 都道府県林務課	山地部	1952～	約 1/20,000	主としてウィルドRC-5a, RC-8 21/18	日本林業技術協会・林野 庁計画課、都道府県庁
各官公庁および民間会社 その他	日本各地	1952～	約 1/10,000～ 1/30,000	各種	撮影計画機関・航空 測量会社
米軍	日本全域	1946～1948	約 1/40,000	K-17 15/23	国土地理院・ 日本地図センター
米軍	鉄道沿線、主要平野部	1946～1948	約 1/10,000	K-17 15/23	国土地理院・ 日本地図センター

※fは焦点距離(cm)、sは画面サイズ(cm)、15/23は広角、21/18は普通角
出典:「空中写真の知識(改訂版)」平成12年1月、(財)日本地図センター

地形図作成のために国土地理院が撮影した空中写真、及び終戦直後に米軍が撮影した空中写真は国土地理院のホームページで年代別に検索・閲覧することができる※8。国土地理院関係の空中写真の入手方法(購入方法)は、国土地理院のホームページの「地図と空中写真の購入方法」を参照されたい。

※8 国土地理院で保有している空中写真の検索・閲覧サイト

<https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>

※9 国土地理院の「地図と空中写真の購入方法」

<https://www.gsi.go.jp/MAP/kounyu.html#photo>

(3) 地形図、旧版地図、古地図等

<地形図>

地形図には、国土地理院が刊行している2万5千分の1地形図(紙媒体)や電子国土基本図(地図情報)※10のほか、各地方公共団体が作成している都市計画基本図などがある。

国土地理院の電子国土基本図(地図情報)は地理院地図で閲覧できる地形図のベースとなるもので、GISデータとして「数値地図(国土基本情報)」「ベクトルデータ」と「電子地形図25000」(位置情報付き画像データ)が提供されている。これらのデータの入手方法については国土地理院のホームページの「地図・空中写真等の刊行物・提供物」※11を参照されたい。

※10 国土地理院の「電子国土基本図（地図情報）」サイト

https://www.gsi.go.jp/kibanjoho/mapinfo_what.html

※11 国土地理院の「地図・空中写真等の刊行物・提供物」サイト

<https://www.gsi.go.jp/MAP/index.html>

<旧版地図>

国土地理院発行の2万5千分の1地形図は、随時改訂され最新のものが公表されているが、過去に刊行されたものは国土地理院のホームページで年代別に検索することができ、必要に応じてその謄本を購入することができる※12。旧版地図からは人工改変以前の土地利用や原地形、過去の海岸線、河道、沼地等の位置や分布を知ることができる。なお、一部地域の一部の年代の旧版地図は、時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」※13でも閲覧できる。このほか、各地方公共団体が過去に作成した都市計画基本図なども有用な情報として利用可能である。

※12 国土地理院で保有している地形図・地勢図の図歴等の検索・閲覧サイト

<https://mapps.gsi.go.jp/history.html>

※13 時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」

<http://ktgis.net/kjmapw/>

<迅速測図（明治期に作成された地形図）及び古地図等>

近代的な測量により地形図が作成される以前（明治期以前）に描かれた古地図等も古い地形やその改変を知る手がかりとなりうる。比較的広い範囲で利用可能なものとして、明治初期から中期にかけて作成された「迅速測図」がある※14。

※14 迅速測図を閲覧できるサイト

- ・国土地理院の古地図コレクション <https://kochizu.gsi.go.jp/>
- ・歴史的農業環境閲覧システム <https://habs.dc.affrc.go.jp/index.html>（関東地方の迅速測図が閲覧可）
- ・今昔マップ on the web <http://ktgis.net/kjmapw/>（一部の迅速測図が閲覧可）

<明治期の低湿地データ>

関東、近畿、中部、静岡地区では上記の迅速測図から抽出された明治期の低湿地の分布データが国土地理院から公開されており、低地部の原地形を知る参考となる※15。このGISデータは「国土地理院技術資料の提供申請について」※5に従って申請することで入手可能である。

※15 国土地理院が公開している明治期の低湿地データ閲覧サイト

http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lc_meiji.html

(4) DEM（数値標高モデル）

DEM（数値標高モデル）とは、標高値が格納された格子状のデータ（メッシュデータ）であり、これを用いることで地形を3次元的に表現することができる。また、新旧のDEMを比較すれば（差分をとれば）、その期間に掘削や盛土等により地盤の高さが変わった場所を把握する

ことができるため、谷埋め盛土造成箇所を抽出する際などに有効である。現在の地形の DEM データは、国土地理院が公開している基盤地図情報※16 から利用することができる。基盤地図情報から利用できる DEM の種類を表-1.1.4 に示す。なお、過去の地形の DEM データは現状では公開されていないが、旧版地図に示された等高線のデジタル化や撮影年次が古い空中写真を用いた写真測量等により作成することが可能である※17。

※16 基盤地図情報 <https://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>

※17 人工改変地形データ抽出のための手順書 https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/georeport_index.html

表-1.1.4 基盤地図情報から利用できる DEM

種類	名称		作成方法		ファイル 単位	主な整備範囲	標高点格子 の間隔	標高精度 (標準偏差)
5m メッシュ	5mメッシュ (標高)	DEM5A	航空レーザー 測量	基本測量	3次 メッシュ	都市域	0.2″×0.2″ (約5m四方)	0.3m以内
		公共測量		河川流域等				
	5mメッシュ (数値地形)	DEM5B	写真測量	基本測量		都市域周辺等	0.2″×0.2″ (約5m四方)	0.7m以内
		DEM5C				一部の島嶼部等		1.4m以内
10m メッシュ	10mメッシュ (火山標高)	DEM10A	火山基本図の 等高線	基本測量	2次 メッシュ	26火山のみ	0.4″×0.4″ (約10m四方)	2.5m以内
	10mメッシュ (標高)	DEM10B	地形図の 等高線			全国	0.4″×0.4″ (約10m四方)	5m以内

(5) 埋立地・干拓地等の造成資料

埋立地・干拓地等の造成資料とは、公的な事業としての工事資料や造成時期や範囲及び造成方法等が記録された市区町村史等を指す。これらは入手が困難な場合が多いが、入手できれば地域の人工改変地における液状化リスクを把握する上で非常に有効となる。各自治体の実情にあわせて、市区町村史等の資料調査、事業主体や関係者へのヒアリングにより情報を収集する。

なお、干拓や埋立てによって開発された土地には特徴的な地名（町名）がつけられていることが多く、地名を手がかりに土地の成り立ちやその土地の液状化発生傾向を知ることができる場合がある（例えば、若松(2011)や若松(2018)）。

若松加寿江(2011)「日本の液状化履歴マップ 745-2008」東京大学出版会、DVD+解説書。

若松加寿江(2018)「そこで液状化が起きる理由」東京大学出版会、252p。

(6) 砂利(砂鉄)採取後の埋戻し地や圃場整備資料、小規模宅地開発等の人工改変に関する資料

砂利（砂鉄）採取や圃場整備、小規模宅地開発等については、整備・開発時の資料が残されていることは稀であるが、事業主体や関係者へのヒアリングによりその位置や埋戻し方法などの情報を可能な限り収集する。既往の微地形分類図等では、こうした局所的な人工改変地等は十分に反映されていない場合が多いが、液状化をはじめとする地盤災害に対するリスクを有する可能性が高いと考えられるため、できる限り資料を収集し反映することが望ましい。

なお、砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地については、工事に関する資料が収集できない場合でも、後述の 1-3 節に示すように、複数年次の空中写真を用いることで、ある程度は抽出することができる。また、丘陵地等の谷埋め盛土造成地の分布、及び、範囲の概略把握においては、ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』で公開している「大規模盛土造成マップ」※18 も参考となるうえ、前述のように造成前後の DEM が入手できれば、その比較（差分）によって盛土造成地の範囲を把握することができる。

※18 重ねるハザードマップ <https://disaportal.gsi.go.jp/maps/>

(7) 過去の液状化発生履歴に関する資料

2011 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）以前の地震については「日本の液状化履歴マップ 745-2008」（若松加寿江著、2011 年、東京大学出版会）、2011 年東北地方太平洋沖地震と 2016 年熊本地震については「防災科学技術研究所 J-SHIS 地震ハザードステーション」で公表・公開されている。その他、国土交通省国土政策局の「土地分類基本調査（土地履歴調査）」の災害履歴図（地震）※1 には、一部の地域の液状化発生地点（若松、2011 の引用）を確認できる。

過去の地震で液状化が発生した場所は、将来も大きな地震により再び液状化する可能性が高いと考えられるため、地域の液状化発生傾向や宅地の液状化被害リスクを知る上で重要な情報の一つとなる。

(8) ボーリング資料等の地盤情報

ボーリング資料等の地盤情報は、事業者である各地方公共団体等が保有しているほか、国や各機関がウェブ等でデータを公開しているものを利用することができる。表-1.1.5 及び表-1.1.6 に、参照可能な主な地盤情報データベースを示す。ただし、これらのデータベースの登録情報は限定的であり、検討に用いるには質・量ともに十分とはいえない。地盤調査は、公共施設の建設や造成事業、橋梁、港湾・漁港等の構造物、上下水道等の設計に際して必ず実施されているが、その多くはデータベース化されていないのが実情である。検討に際し、こうしたデータベース化されていないボーリング資料、また、宅地調査で行われるスクリーウエイト貫入試験等のデータなども含めて、できるだけ多くの地盤情報に関する資料を収集して活用することが望ましい。

ボーリング資料等の地盤情報を可能な限り収集し、対象地域の地盤（土質）特性を把握することは、地域において微地形が示す「液状化発生傾向」を理解する上で有用である。

表-1.1.5 主な地盤情報データベース（全国・地域別の例）

【全国的なデータ】			
データベース名	作成主体	内 容	参考URL等
国土地盤情報検索 サイト Kunijiban	国土交通省、国立研究開発法人 土木研究所、国立研究開発法人 港湾空港技術研究所	国土交通省管内のボーリング柱状 図、土質試験結果一覧表、 土性図等	http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/
ジオ・ステーション (Geo-Station)	国立研究開発法人 防災科学技術研究所	防災科学技術研究所、産業技術総 合研究所、土木研究所のほか9つの 自治体が公開しているデータ (Kunijibanのデータを含む)	https://www.geo-stn.bosai.go.jp/index.html
全国電子地盤図 (ジオステーション内 で公表)	公益社団法人 地盤工学会	地域の地盤情報を活用して作成さ れた250mメッシュの表層地盤モデ ル、33地区のデータが公開されてい る(2019年2月現在)	https://www.jiban.or.jp/?page_id=432
【地域別のデータ】			
データベース名	作成主体	内 容	参考URL等
北海道地盤情報 データベース	地盤工学会北海道支部	北海道 有償(CD-ROM)	http://jgs-hokkaido.org/pastweb/hokkaido.html
みちのくGIDAS とうほく地盤情報 システム	みちのくGIDAS運営協議会	東北地方	https://www.michinoku-gidas.jp/
ほくりく地盤情報 システム	北陸地盤情報活用協議会	北陸地方 (有償・会員制)	https://www.hokuriku-jiban.info/
地盤情報 データベース	地盤工学会関東支部	関東地方 (有償「新・関東の地盤」付録DVD)	http://jibankantou.jp/
関西圏地盤情報 データベース	関西圏地盤情報ネットワーク	近畿地方 (有償・会員制)	http://www.kg-net2005.jp/
四国地盤情報 データベース	四国地方整備局四国技術事務所	四国地方 (有償 CD-ROM)	http://www.skr.mlit.go.jp/yongi/ ※詳細については直接問合せください。
九州地盤共有 データベース	地盤工学会九州支部	九州地方 (有償 CD-ROM)	http://jgskyushu.jp/xoops/

表-1.1.6 主な地盤情報データベース（都道府県・市町村別の例）

【都道府県・市町村】			
作成主体	データベース名	内 容	参考URL等
栃木県県土整備部 技術管理課	とちぎ地図情報公開システム	栃木県の土木工事の際に行った 地質調査の結果	https://www.sonicweb-asp.jp/tochigi_pref/
栃木県県土整備部 建築課	栃木県 地質調査資料	栃木県の公共建築物の建設の際に行った 地質調査の結果	http://www.pref.tochigi.lg.jp/h10/town/jyuutaku/kenchiku/kouji/tishitu.html
（公財）群馬県 建設技術センター	群馬県ボーリングMap	群馬県	http://www2.gunma-kengi.or.jp/boring/
埼玉県環境科学 国際センター	地図で見る埼玉の環境 Atlas Eco Saitama	埼玉県	https://www.pref.saitama.lg.jp/a0501/gis/atlaseco.html
茨城県土木部	（ジオ・ステーションで公表）	茨城県	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
水戸市	（ジオ・ステーションで公表）	水戸市	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
千葉県総務部 情報システム課	ちば情報マップ	千葉県	https://www.pref.chiba.lg.jp/wit/chishitsu/chishitsudb.html
東京都建設局土木技術支 援・人材育成センター	東京の地盤(GIS版)	東京都	http://doboku.metro.tokyo.jp/start/03-jyohou/geo-web/00-index.html
足立区政策経営部 情報システム課	あだち地図情報提供サービス	東京都足立区	https://www.sonicweb-asp.jp/adachi/map?theme=th_6
新宿区都市計画部 建築指導課	新宿区地盤情報閲覧システム	東京都新宿区	http://www.city.shinjuku.lg.jp/seikatsu/ShinjukuBoring/Default.html
中央区都市整備部 建築課	中央区地盤情報システム	東京都中央区	https://jiban.city.chuo.lg.jp/chuojiban/
世田谷区 建築審査課	『世田谷区地盤図』の閲覧・写し	東京都世田谷区	https://www.city.setagaya.lg.jp/mokuji/sumai/002/002/006/d00038443.html
豊島区都市整備部 建築課	豊島区地図情報システム	東京都豊島区	https://www.city.toshima.lg.jp/319/1904151117.html
（財）神奈川県 都市整備技術センター	かながわ地質情報MAP	神奈川県	http://www.kanagawa-boring.jp/
横浜市環境創造局政策調整 部環境科学研究所	横浜市地行政地図情報提供システム 「地盤View」	横浜市	http://www.city.yokohama.lg.jp/
川崎市環境局環境対策部 環境対策課	ガイドマップかわさき （地質図集）	川崎市	http://kawasaki.geocloud.jp/webgis/?p=0&bt=0&mp=38-2
（公）岐阜県建設研究 センター	県域統合型GISぎふ （ボーリングデータマップ）	岐阜県	http://www.gis.pref.gifu.jp/
静岡県交通基盤部 建設技術企画課	静岡県統合基盤地理情報システム （静岡地質情報マップ）	静岡県	http://www.gis.pref.shizuoka.jp/
鈴鹿市都市整備部 都市計画課 他	鈴鹿市シティサイト （土地情報）	鈴鹿市	http://www.city.suzuka.lg.jp/city/chiri/index.html
滋賀県土木交通部	（ジオ・ステーションで公表）	滋賀県	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
神戸JIBANKUN 運営委員会	神戸JIBANKUN	神戸市（有償）	http://www.strata.jp/KobeJibankun/
島根県土質技術 研究センター	しまね地盤情報配信サービス	島根県（有償）	http://www.shimane.geonavi.net/shimane/top.jsp
岡山県土木部 技術管理課	おかやま全県統合型GIS	岡山県	http://www.gis.pref.okayama.jp/map/top/index.aspx
徳島県県土整備部 建設管理課	徳島県地盤情報検索サイト Awajiban	徳島県	https://e-awajiban.pref.tokushima.lg.jp/
高知地盤情報利用 連絡会	こうち地盤情報公開サイト	高知市等	https://publicweb.ngic.or.jp/etc/kochi/index.html
長崎県土木部	（ジオ・ステーションで公表）	長崎県	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
（公財）鹿児島県 建設技術センター	かごしま地盤情報閲覧システム	鹿児島県	http://www.kago-kengi.or.jp/map/geoMapKiyaku.php

※ここに示した以外にも、地方自治体や民間企業が独自に作成しているデータベースもある

- ・国土交通省都市局によるデータベース（http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_fr1_000013.html）
- ・「全国ボーリング所在情報公開サイト（<https://publicweb.ngic.or.jp/etc/zenkoku/>）」においても、全国のボーリングデータの所在情報を公開・提供している。

1-2. 微地形分類図の作成方法

微地形分類図は、基本的に地形図や DEM、空中写真等を用いた地形判読により作成する。

地形判読とは、地形図や DEM、空中写真等から土地の起伏や土地利用状況及びそれらの分布を読み取り、形態や成因、形成順序等を考察し、土地の成り立ち（地形発達史）を明らかにする作業である。地形判読に基づき、形態や成因等の特徴が類似する土地を同一の地形（微地形）領域として分類・図示したものを「微地形分類図」と呼ぶ。地形分類の基礎や典型的な地形に関する知識は、国土地理院が公開している資料が参考になる（「山から海へ川が作る地形」http://www.gsi.go.jp/CHIRIKYOUIKU/kawa_3-2.html）。また、地形判読の実務に関しては、鈴木隆介著「建設技術者のための地形図読図入門」シリーズや、日本測量協会が刊行している「いまさら聞けない地形判読」等の書籍を参照されたい。なお、地形判読には一定の専門技術が必要であるため、応用地形判読士などの資格保有者や、それに相当する実務経験・技術力を持った作業者が作業を行うことが望ましい。

本手引きにおいて、微地形分類図の作成に係る基本的な作業は、「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」（令和 2 年 3 月、国土地理院応用地理部；以下「土地条件データ整備作業要領」と呼ぶ。付属資料 1 参照）を参考にしている。なお、具体的な作業項目や作成仕様は、「土地条件データ整備作業要領」を踏まえ、各自治体の判断により設定する。

本編 3 章「3-3.微地形分類図等の作成」の表-3.2 に示した、本手引きで標準とする微地形区分（表-1.2.1）について、「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応を表-1.2.3 に示す。本手引きの微地形分類項目は、過去の地震における液状化発生地点と微地形の関係に関する既往研究等に基づき、低地の地盤の液状化発生傾向や液状化被害リスクに着目して設定したものである。地域特性により必要な微地形がある場合は、適宜追加して構わないが、その微地形における液状化発生傾向については独自に検証・設定する必要がある。

なお、本手引きにおける地形判読では、人工改変されている場所は、可能な限り人工改変前の自然地形も判読・分類することとする。これは、人工改変地等の地盤特性を推定する上で、改変前の微地形（自然地形）との関係が重要と考えるためである。すなわち、“砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地”については、それがどのような微地形で行われたかにより構成物質（粒度）等の地盤特性を推定することができ、また、“低地上の盛土造成地”、“浅い谷や凹地の盛土地”、“谷埋め盛土造成地”については、改変前の微地形（自然地形）との関係により地下水位等の地盤条件を推定する手掛かりとなる。

最終的に『地域の液状化発生傾向図』を作成する際は、微地形（自然地形）と次節に示す人工改変地等から推定される「液状化の発生傾向」を総合的に評価・区分する（「1-5.(1) 本手引きにおける微地形の液状化発生傾向の評価区分」参照）。

表-1.2.1 本手引きで標準とする微地形区分（主に地形判読により抽出するもの）

対象微地形		一般的な特徴		
		構成物質	地下水位	場所・形態等
山地・丘陵		基盤岩・表土	-	山地や丘陵の斜面。
山麓堆積地形		砂礫	-	土石流や落石等により形成された岩屑からなる緩斜面。
台地		砂礫・ローム	深い	河岸段丘や海岸段丘、火山砕屑物の堆積面など。
台地上の浅い谷・凹地		砂礫・ローム	やや深い	台地の一般面より低い谷状ないし凹地状の部分。
扇状地		砂礫	深い～浅い	河川が山地から平地に移る場所に主に砂礫が堆積した地形。扇端部では湧水することがある。
扇状地上の旧河道		砂礫	やや深い～浅い	扇状地上の旧河道及び浅い開析谷など浅い谷状ないし凹地状の部分。
氾濫低地		砂礫～砂～シルト	浅い	網状または蛇行流路をなす河川の堆積作用により形成された平坦地。
谷底低地		砂礫～砂～シルト	浅い	山地や丘陵・台地間の谷底に分布する平坦地ないし緩傾斜の堆積面。
三角州・海岸低地		砂～シルト	浅い	過去の浅海堆積面が海退により陸化した平坦地。河口付近に広がり極めて低平。
自然堤防		砂～シルト	やや深い	洪水で越流した土砂が河川沿いに形成した微高地。
砂州・砂礫州		砂または砂礫	やや浅い	海岸線と平行に伸びる浜堤など、波浪や沿岸流により形成された砂・礫からなる微高地。
砂丘		粒度のそろった砂	深い	海岸・河畔の砂が風により巻き上げられて堆積した小高い丘。
砂州上・砂丘上の凹地		粒度のそろった砂	やや浅い	砂州や砂丘の一般面と比べ相対的に低い部分、凹地。
砂丘縁辺部		粒度のそろった砂	浅い	砂丘のうち内陸側の低地に隣接する部分。砂丘砂の二次移動により砂がゆるく堆積し、地下水位が浅い。
砂丘間低地・砂州間低地		砂～シルト	浅い	砂州・砂丘列に挟まれた低地。低湿地をなす。
後背低地		シルト・粘土	浅い	自然堤防の外側の低平地。湿地をなすこともある。
旧河道		砂～シルト・粘土	浅い	蛇行による流路変遷や河川の付け替えにより破棄された流路跡。
旧水部	(埋立地)	(砂～シルト)	浅い	水域を人工的に埋めて造成した新しい地盤。
	(干拓地)	砂～シルト	浅い	中・近世以降に干潟を閉め切り陸化した新しい地盤。

表-1.2.2 抽出すべき人工改変地等とその主な分布箇所

抽出すべき人工改変地	特に注意すべき場所				
	デルタ地帯	砂州・砂丘地帯	氾濫低地帯 (自然堤防地帯)	扇状地帯	丘陵地・台地
埋立地※1	○		○		
干拓地	○		○		
砂利（砂鉄）等採取後の埋戻し地		○	○	○	
低地（湿地）上の盛土造成地※2	○		○		
浅い谷や凹地の盛土地				○	○
谷埋め盛土造成地※3					○

※1 臨海部の埋立地以外に、押堀（落堀）や後背湿地の池沼、旧河道や河川敷を含む。改変前の自然地形は旧水部。

※2 谷底低地を除く、後背低地や氾濫低地、三角州・海岸低地、砂丘間低地・砂州間低地の低地面や干拓地上に盛土した造成地。また、後背低地等の堆積物は、一般に粘性土からなり液状化しにくい、地下水位が浅いため、盛土部分が液状化することがある。

※3 丘陵地・台地の切盛造成地では、谷埋め部分に地下水が溜まりやすく地盤が液状化することがある。

表-1.2.3 本手引きで標準とした微地形区分と「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応表 (1/5)

本手引きにおける微地形区分の取得基準表												
番号	大分類	中分類	小分類	定義	適用範囲	取得範囲	レイヤ名	手引きにおける微地形区分	定義	適用範囲	取得範囲	「液化化発生傾向」及び留意点
1	山地	山地斜面等	山地斜面等	山地または台地の縁などの傾斜地。	岩場等を含む。開削が進んだ台地、山麓堆積地形を含む、崖を除く。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものは、基準に拡大して表示することができる。	shizen	山地・丘陵	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	液化化発生傾向が強い。 地盤条件からほぼ液化化しない。丘陵地等で谷理め盛土による造成箇所は、人工改変地の「谷理め盛土造成地」となり、液化化発生傾向が強い。
2			崖	幅の狭い急斜面。 比高1.5m以上の極急斜面(表面傾斜35°以上)。	長さ50m以上、幅15m未満のもの。ただし、必要と判断したものは、基準に拡大して表示することができる。	shizen	(判断対象としない) 随伴する地形(山地・丘陵又は台地等)に含める。	随伴する地形に準ずる	(取得対象としない)	随伴する地形に準ずる		
3	山地	集動地地形	地すべり地形(滑落崖)	動きの緩急は問わず、山体の一部が土塊として下方に移動して形成された地形のうち、地すべり頭部にできた崖。	滑動記録のあるもの、及び写真判読で明らかに滑動したと認められるもの。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものは、基準に拡大して表示することができる。	shizen	(判断対象としない) 山地・丘陵に含める	山地・丘陵に準ずる	山地・丘陵に準ずる	(取得対象としない)	山地・丘陵に準ずる
4			地すべり地形(移動体)	動きの緩急は問わず、山体の一部が土塊として下方に移動してきた地形のうち、すべった土塊の到達範囲。	同上	面積2500㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものは、基準に拡大して表示することができる。	shizen	(判断対象としない) 山地・丘陵に含める	同上	同上	(取得対象としない)	同上
5	台地	台地の一般面	山麓堆積地形	斜面の下方、山間の谷底または谷の出口にあつて、土石流や落石等によって形成された岩屑からなる堆積面。	崖、扇階面、土石流堆、沖積面を含む。開削が進んでいる場合は、山地斜面等とする。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものは、基準に拡大して表示することができる。	shizen	山麓堆積地形	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	液化化発生傾向が強い。 土石流性の堆積物からなり、地盤条件から液化化発生傾向が弱い。
6			台地(更新世段丘面)	台地の一般面のうち、更新世に形成されたもの。	更新世(約28～1万年前)に形成された台地の平坦面。開削が進んでいる場合は、山地斜面等とする。	同上	shizen		同上	同上	同上	
7	台地	台地の一般面	台地(完新世段丘面)	台地の一般面のうち、完新世に形成されたもの。	完新世(約1万年前から現在)に形成された台地の平坦面。	同上	shizen	台地	同上	同上	同上	液化化発生傾向が強い。 台地は、地盤がよく、地下水位が強い。ため、地震の揺れや液化化のリスクは小さい。
8			台地(時代未区分)	台地の一般面のうち、形成年代が特定できないもの。	台地の平坦面のうち、文献等の資料や現地調査により、形成年代を判断できないもの。	同上	shizen		同上	同上	同上	
9	台地	台地の微低地	台地(段丘面)上の浅い谷	台地の一般面上にあつて、相対的に低い地形。	台地の平坦面にあり、台地の一般面との比高が0.5mから数m程度まで低い谷状及び凹地状の部分。	同上	shizen	台地上の浅い谷、凹地	同上	同上	同上	台地と同等に扱うが、谷底に二次堆積した土砂が存在すると考えられる場合は、谷底低地又は汎濫低地に準じた発生傾向とする。 また、盛土や埋土されている場合は、人工改変地の「浅い谷や凹地の盛土地」となり、液化化発生傾向が強い。

表-1.2.3 本手引きで標準とした微地形区分と「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応表 (2/5)

「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」における地形分類取得基準表(2020.03版)												本手引きにおける微地形区分の取得基準表			
大分類	中分類	小分類	定義	適用範囲	取得範囲	レイヤ名	手引きにおける微地形区分	定義	適用範囲	取得範囲	「液状化発生傾向」及び留意点				
10		扇状地	河川が山地から平地に移る場所において、主として砂礫からなる扇状の堆積地形。	砂礫質で表面勾配1/10未満のもの。扇状地上の旧河道を除く。表面勾配1/10以上のものは山麓堆積地形とする。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	扇状地	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	液状化発生傾向がやや強い 基本的に液状化は強いが、勾配が5/100程度未満の扇状地では、扇状部の地下水位が浅い場所が液状化することがある。				
							谷底低地	山地や台地を覆む河谷の堆積作用が及ぶ平坦地。	山地・丘陵又は台地間に分布し表面勾配1/100程度以上1/10未満の谷底面。表面勾配1/10以上の谷底面は山麓堆積地形とする。旧河道を除く。	同上	液状化発生傾向がやや強い 基本的に液状化は強いが、部分的に砂質土壌の場所や地下水位が浅い場所は液状化することがある。				
		谷底平野・氾濫原	山地や台地を覆む河谷の堆積作用が及ぶ平坦地。及び河川の堆積作用により形成された広く開けた平坦地。	旧河道、後背低地を除く。表面勾配1/10以上の谷底面は山麓堆積地形とする。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	氾濫低地	河川の堆積作用により形成された広く開けた平坦地。	旧河道、後背低地、谷底低地を除く。	同上	液状化発生傾向がやや強い 氾濫低地は砂礫～シルト質地盤で、地震の際にやや揺れやすく、部分的に液状化発生傾向が強い。クレバススプレー、ポイントバーなどのうち、微高地を成さないものは氾濫低地となるが、そのような場所は特に液状化発生傾向が強い。				
12		海岸平野・三角州	過去の浅海堆積面が海退により陸化した平坦地。及び河川の河口部にあって、主としてシルト、粘土からなる平坦地。	旧河道、後背低地を除く。海岸低地、溺れ谷低地、エスチュアリー、堤間低地(砂州上・砂丘上の凹地を除く)を含む。	同上	shizen	三角州・海岸低地	土地条件データ整備作業要領に準拠	旧河道、後背低地、砂丘間低地・砂州間低地(砂州上・砂丘上の凹地を除く)を除く。エスチュアリーを含む。	同上	液状化発生傾向が強い 砂～シルト質地盤で、海岸に近いほど軟弱で、地震の際に揺れやすく、全体的に液状化発生傾向が強い。				
13	低地	河川沿いの微高地	現在及び過去の河川沿いにあって、河川の洪水によって形成された微高地。	低地の一般面との比高が0.5m以上で、河川や旧河道沿いに並行で帯状をなすもの。自然堤防、クレバススプレー、ポイントバーなどの河成の堆積地のうち、微高地をなすもの、島頭を除く。	同上	shizen	自然堤防	現在及び過去の河川(河床が低地の一般面より高い河川を含む)沿いにあって、河川の洪水によって形成された微高地。	低地の一般面との比高が0.5m以上で、河川や旧河道(天井川・砂丘上の凹地を除く)を除く。エスチュアリーを含む。	同上	液状化発生傾向が強い 現在の河川や旧河道に沿って液状化発生傾向が強い。特に縁辺部は地下水位が深く、液状化発生傾向が強い。クレバススプレー、ポイントバーなど延行河川沿いの地形は、微高地をなす。氾濫低地の一部とみなされることがある。				
		天井川沿いの微高地	現在及び過去の河床が低地の一般面より高い河川に沿って形成された微高地。	低地の一般面との比高が1.0m以上で、天井川や旧天井川沿いに並行で帯状をなすもの。	同上	shizen				同上					
15		砂州・浜堤	現在及び過去の海岸、湖岸沿いにあって、波浪や沿岸流によって形成された、砂または礫からなる微高地。	低地の一般面との比高が0.5m～3.0m内外で、海岸・湖岸沿いに並行で帯状をなすもの。	同上	shizen	砂州・砂礫州	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	同上	液状化発生傾向がやや強い 縁辺部では強い地震によって液状化することがある。砂利や砂礫採取後の埋戻地は、人工改築地の「砂利(砂鉄)」等採取後の埋戻地となり、液状化発生傾向が強い。				

表-1.2.3.3 本手引きで標準とした微地形区分と「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応表 (3/5)

「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」における地形分類取得基準表(2020.03版)													本手引きにおける微地形区分の取得基準表			
番号	大分類	中分類	小分類	定義	適用範囲	取得範囲	レイヤ名	手引きにおける微地形区分	定義	適用範囲	取得範囲	「液状化発生傾向」及び留意点				
16	低地	低地の微高地	砂丘	現在及び過去の海岸、湖岸、河川沿いにあって、風によって運ばれた砂からなる高い丘。	低地の一般面との最大比高が3.0m以上で、風成であることが明らかな砂質の微高地。低地上、台地上を問わない。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	砂丘	土地条件データ整備作業要領の「砂丘」に準拠	低地の一般面との最大比高が3.0m以上で、風成であることが明らかな砂質の微高地。低地上、台地上を問わない。砂丘縁辺部、砂丘間低地を除く。	土地条件データ整備作業要領に準拠	液状化発生傾向がやや強い 一般に砂丘頂部付近は、地下水位が深いため、液状化発生傾向が低い。砂質土がふくまれる場所では部分的に液状化発生傾向が強い。後背低地に近い盛土をとした宅地等は、人工改変地の「低地(湿地)上の盛土造成地」となり、液状化発生傾向が非常に強い。				
								砂丘縁辺部	土地条件データ整備作業要領の「砂丘」のうち、内陸側の低地に隣接する部分で、相対的に低い箇所。砂丘砂の二次堆積物からなる。	内陸側の低地に隣接する部分で、低地との比高が概ね3.0m未満の部分。ただし、砂丘砂が二次堆積したゆるい砂質堆積物物からなり、地下水位が浅い場合はこの限りではない。	同上	液状化発生傾向が非常に強い 砂丘の内陸側の低地縁辺部は、砂丘砂が二次堆積したゆるい砂質堆積物からなり、地下水位が浅いため、液状化発生傾向が非常に強い。				
17			砂州上・砂丘上の凹地	砂州・浜堤上、砂丘上にあって、相対的に低い地形。	低地の一般面との比高が0.5m以上で、砂州・浜堤、砂丘の表面より0.5mから数m程度まで低い部分。	同上	shizen	砂州上・砂丘上の凹地	土地条件データ整備作業要領に準拠	低地の一般面との比高が0.5m以上で、砂州・浜堤、砂丘の表面より0.5mから数m程度まで低い部分。砂丘縁辺部又は砂丘間低地、砂州間低地を除く。	同上	液状化発生傾向が強い 砂州や砂丘の一般面と比べて、地下水位が深く、過去の地震では液状化が発生した事例がある。				
								砂丘間低地・砂州間低地	砂丘列又は砂州(浜堤)列にあって、それらと平行に帯状に分布する、相対的に低い地形。選地をなす場合もある。	砂丘列又は砂州(浜堤)列の間にあって、低地の一般面との比高が0.5m未満あるいは低地の一般面より低い部分。形成時期が古いものは砂丘砂の移動により埋積されている場合がある。	同上	液状化発生傾向が非常に強い 砂質地盤で地下水位が深く、湧泉を伴うことがあり、非常に液状化しやすい。				
18	低地	低地の微低地	後背低地	河川の堆積作用が比較的及ばず、主として粘土や泥炭からなる沼沢性起源の低湿地。	低地の一般面との比高が0.5m以上低い部分。低地の微高地により閉塞された低湿地を含む。旧河道を除く。	同上	shizen	後背低地	土地条件データ整備作業要領に準拠	低地の一般面との比高が0.5m以上低い部分。低地の微高地により閉塞された低湿地を含む。旧河道、砂丘間低地・砂州間低地を除く。	同上	液状化発生傾向がやや強い 通常、地表付近はシルトや粘土からなることが多く液状化発生傾向は低いが、地下水位が浅いため、砂質土がふくまれる場所では部分的に液状化発生傾向が強い。後背低地に近い盛土をとした宅地等は、人工改変地の「低地(湿地)上の盛土造成地」となり、液状化発生傾向が非常に強い。				
								旧河道	同上	土地条件データ整備作業要領に準拠	同上	液状化発生傾向が非常に強い 砂～シルト・粘土質地盤で、地下水位が浅いため、液状化発生傾向が非常に強い。				
19			旧河道	谷底平野・氾濫原及び海岸平野・三角州上の低い帯状の凹地。河川流路の跡。	谷底平野・氾濫原及び海岸平野・三角州上の比高が0.5～1.0m内外の低い帯状の凹地。落盤(押込)を含む。旧水部を除く。	同上	shizen	旧河道	同上	土地条件データ整備作業要領に準拠	同上	扇状地と同等に扱うが、盛土や埋土されている場合は、人工改変地の「浅い谷や凹地の盛土地」となり、液状化発生傾向が強い。				
20			扇状地上の旧河道	扇状地上にあって、過去の河川流路の跡。	扇状地との比高が0.5～1.0m内外の低い帯状の凹地。	同上	shizen	扇状地上の旧河道	同上	同上	同上					

表-1.2.3 本手引きで標準とした微地形区分と「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応表 (4/5)

「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」における地形分類取得基準表(2020.03版)										本手引きにおける微地形区分の取得基準表				
番号	大分類	中分類	小分類	定義	適用範囲	取得範囲	レイヤ名	手引きにおける微地形区分	定義	適用範囲	取得範囲	「液状化発生傾向」及び留意点		
21	瀬水地形		河川敷・浜	堤外地のうち、高水時に冠水する部分、及び暴浪時に冠水する海岸の岩場、砂礫地。	水部を除く、天井川の河川敷を含む。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したもののについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	(判断対象としない)	-	-	(取得対象としない)	-		
			湿地	地下水位が地表面に対して著しく低い土地。	調査時、旧版地形図及び古い空中写真等の資料から、湿地もしくは旧湿地と確認された部分。	同上	shizen	後背低地	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	後背低地と同等に扱う		
23	水部等		水部	河川、湖沼、海、貯水池などの水面。	水運線データのとり。	面積25㎡以上または短辺の幅が5m以上のものとし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したもののについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	(水部) 他の微地形とは別に微地形分類図に水部として示す	同上	土地条件データ整備作業要領に準拠	同上	-		
			旧水部(埋立地・干拓地)	湖沼、海、貯水池などを盛土・埋立、干拓等により人工的に陸化したもの。	旧版地形図及び古い空中写真等の資料から、かつて水部であったと確認された部分。干拓地の廢川地は旧河運とする。	面積25㎡以上または短辺の幅が5m以上のものとし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したもののについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	旧水部(干拓地)	湖沼、海、貯水池などを干拓により人工的に陸化したもの。	旧版地形図及び古い空中写真等の資料から、かつて水部であったと確認された部分のうち、干拓地の廢川地は旧河運とする。	同上	(人工改変地の「干拓地」において液状化発生傾向を評価)		
24			旧水部(埋立地・干拓地)	湖沼、海、貯水池などを盛土・埋立、干拓等により人工的に陸化したもの。	旧版地形図及び古い空中写真等の資料から、かつて水部であったと確認された部分。干拓地の廢川地は旧河運とする。	面積25㎡以上または短辺の幅が5m以上のものとし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したもののについては、基準に拡大して表示することができる。	shizen	旧水部(埋立地)	湖沼、海、貯水池などを盛土・埋立等により人工的に陸化したもの。	旧版地形図及び古い空中写真等の資料から、かつて水部(河川、河川敷を含む)であったと確認された部分のうち、埋立、盛土された部分。	同上	(人工改変地の「埋立地」において液状化発生傾向を評価)		

表-1.2.3 本手引きで標準とした微地形区分と「土地条件データ整備作業要領」における取得基準との対応表 (5/5)

「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」における地形分類取得基準表(2020.03版)												
大分類	中分類	小分類	定義	適用範囲	取得範囲	レイヤ名	手引きにおける微地形区分	定義	適用範囲	取得範囲	「液状化発生傾向」及び留意点	
人工地地形	盛土地・埋立地	切土地	山地、台地などの造成地のうち、切取りによる平坦地または傾斜地。	宅地、ゴルフ場などの造成地のうち、切取りによる部分。農耕平坦化地を除く。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、必要と判断したものについては、基準に拡大して表示することができる。	Jinko	(判読対象としない) 原地形を取得する	原地形に準ずる	原地形に準ずる	土地条件データ整備作業要領に準拠	原地形と同等に扱う	
							埋立地	水部に土を盛って造成された平坦地または傾斜地	水部を埋立(盛土)した部分。		液状化発生傾向が非常に強い 水部に土砂を投入して造成した地盤であるため、自然地盤と比べて強く堆積しており、地下水により飽和した状態であることから、液状化発生傾向は非常に強く、広範囲で顕著な被害が生じやすい。	
							砂利(砂鉄)採取後の埋戻し地	砂利や砂鉄等の採掘のため掘削した土地。砂により埋め戻した土地。	砂利や砂鉄等の採掘跡地を埋め戻した部分。		液状化発生傾向が非常に強い 埋戻しは砂利ないし砂鉄等を選別した残砂が用いられることが多く、自然地盤と比べて強く堆積するため、液状化発生傾向が非常に強い。	
人工地地形			山地、台地、低地及び水部に土を盛って造成された平坦地または傾斜地。	低地においては、2m以上盛土した部分。	面積1000㎡を基準とし、それ以下は省略する。ただし、旧水部と重なる部分は、旧水部の基準に準ずる。	Jinko	低地(窪地)上の盛土造成地	低地(窪地)に土を盛って造成された平坦地または傾斜地。	低地において2m程度以上盛土した部分。	同上	液状化発生傾向が非常に強い 後背湿地や氾濫低地に深く盛土した造成地は地下水水位が浅いため、盛土の地盤材料が砂質土の場合は液状化発生傾向が強い。	
							浅い谷や凹地の盛土地	扇状地や台地上の浅い谷や凹地に土を盛って造成された平坦地または傾斜地。	扇状地や台地上の浅い谷や凹地に0.5m以上盛土した部分。		液状化発生傾向が強い 扇状地や台地の浅い谷に盛土して造成した場所は、地下水が集まりやすく、地震により液状化発生傾向が強く、地盤の流動化を起こしやすい。	
							谷埋め盛土造成地	山地・丘陵もしくは台地の谷部に土を盛って造成された平坦地または傾斜地。	山地・丘陵もしくは台地の谷部に2m以上の盛土をして造成した部分。		液状化発生傾向が強い 山地・丘陵もしくは台地における谷部の盛土による造成箇所は、地下水が集まりやすく、自然地盤と比べて強く堆積していることから、地震により地盤が流動化することがある。	
		干拓地	水部を干して陸地化した土地。	史料によって干拓地であることが明らかにされているもの。	同上	Jinko	干拓地	土地条件データ整備作業要領に準拠	土地条件データ整備作業要領に準拠	同上	液状化発生傾向が強い 一般に海・湖水面より低いいため、地下水水位が浅く、砂～シルト質地盤であるため、全体的に液状化発生傾向が強い。	
		改変工事中の区域	調査時に、人工的に地形の改変が進行中の区域。	臨海部の埋立作業中の場所や、山地、台地などにおける宅地造成中の場所や土石採取地など。	同上	Jinko	(判読対象としない) 原地形を取得する	原地形に準ずる	原地形に準ずる	同上	原地形と同等に扱う	

1-3. 人工改変地等の抽出方法と主な人工改変地の抽出事例

2011 年東北地方太平洋沖地震をはじめ、過去に発生した液状化被害は、埋立地等の人工改変地や旧河道などで多く発生している。本手引きでは、これらの分布を整理することが対象地域の液状化発生傾向や宅地の液状化被害の可能性を把握する上で非常に重要と考えている。表-1.2.2 に示した人工改変地以外にも、掘削-埋戻しや盛土等により表層地盤がゆるく堆積した砂質土からなり、地下水位が浅い地盤条件が想定される人工改変地は極力抽出する。

臨海部の埋立地や干拓地は、既往の微地形分類図の多くにも記載されているため、既往の微地形分類図がある場合はその情報を参考にすることができる。また、河川改修が行われた河川では、付け替え前の古い川筋が埋め立てられていることがあり、過去の地震で液状化が多く発生している。これらは、既往の微地形分類図では埋立地や旧河道として記載されている。このように、既往の微地形分類図は人工改変地の一部を抽出する際の参考資料として利用可能であるが、縮尺や目的により位置精度や微地形区分の定義が異なるため注意が必要である。

一方で、上述した臨海部の埋立地や干拓地を除いて、多くの場合、既往の地形分類図等には細かい人工改変地が反映されていない。これは、既往地形分類図の目的として、人工改変地等があまり重要でないためであるが、人工改変地の多くが通常の地形判読だけでは抽出困難なこともその理由として挙げられる。人工改変地を抽出するには、旧版地図や撮影時期が異なる空中写真を用いて、土地の履歴・変遷を整理する必要がある。なお、砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地や盛土造成地は比較的改変期間が短く、旧版地図や空中写真では十分に把握できない場合が多い。このような場合は、市区町村史などの資料調査もあわせて行うことが必要となる。

なお、丘陵地等の谷埋め盛土造成地の分布を知るには、ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』で公開している大規模盛土造成マップも参考となる。また、改変前後の DEM を収集できれば、それらを比較する（差分をとる）ことで標高が変化した場所、すなわち掘削や盛土がなされた範囲を把握することができる。

以下に、典型的な人工改変地等の抽出事例を示すので参考とされたい。

- (1) 臨海部の埋立地の造成履歴の整理
- (2) 内陸部における埋立造成箇所の抽出
- (3) 旧版地図等を用いた旧河道の抽出
- (4) 空中写真を用いた砂利採取後の埋戻し地の抽出
- (5) 低地（干拓地）上の盛土造成地の抽出
- (6) 内陸の低湿地における盛土造成の抽出
- (7) 台地や丘陵部における谷埋め盛土造成地の抽出

(1) 臨海部の埋立地の造成履歴の整理 ※千葉県浦安市の例

埋立地とは、水面（海面または内水面）に土砂等を大量に積み上げて、平らな陸地を人工的に造成したもので、高度成長期以降、各地の臨海部には、多くの埋立地が造成された。また、内陸部においても池沼や旧河道などの水面を埋め立てた土地が存在する。埋立地の地盤は、自然の作用により長時間かけて形成された地盤に比べると、急速に形成されたことにより土粒子の間隙が大きくなるため、特に液状化が起きやすい。

埋立地の造成履歴は、撮影時期が異なる空中写真や旧版地図を用いて時系列的に整理する。図-1.3.1 に示した千葉県浦安市の事例では、8 時期の空中写真からその造成履歴を整理しており、2011 年東北地方太平洋沖地震の際には、自然地盤である元町地区と埋立地である中町地区・新町地区とで、液状化の被害程度が大きく異なるとされている。したがって、造成時の事業資料や市区町村史、ボーリング調査資料等の地盤情報をあわせて参照し、埋立地の時期や範囲、造成方法、地盤特性等についても把握することが望ましい。

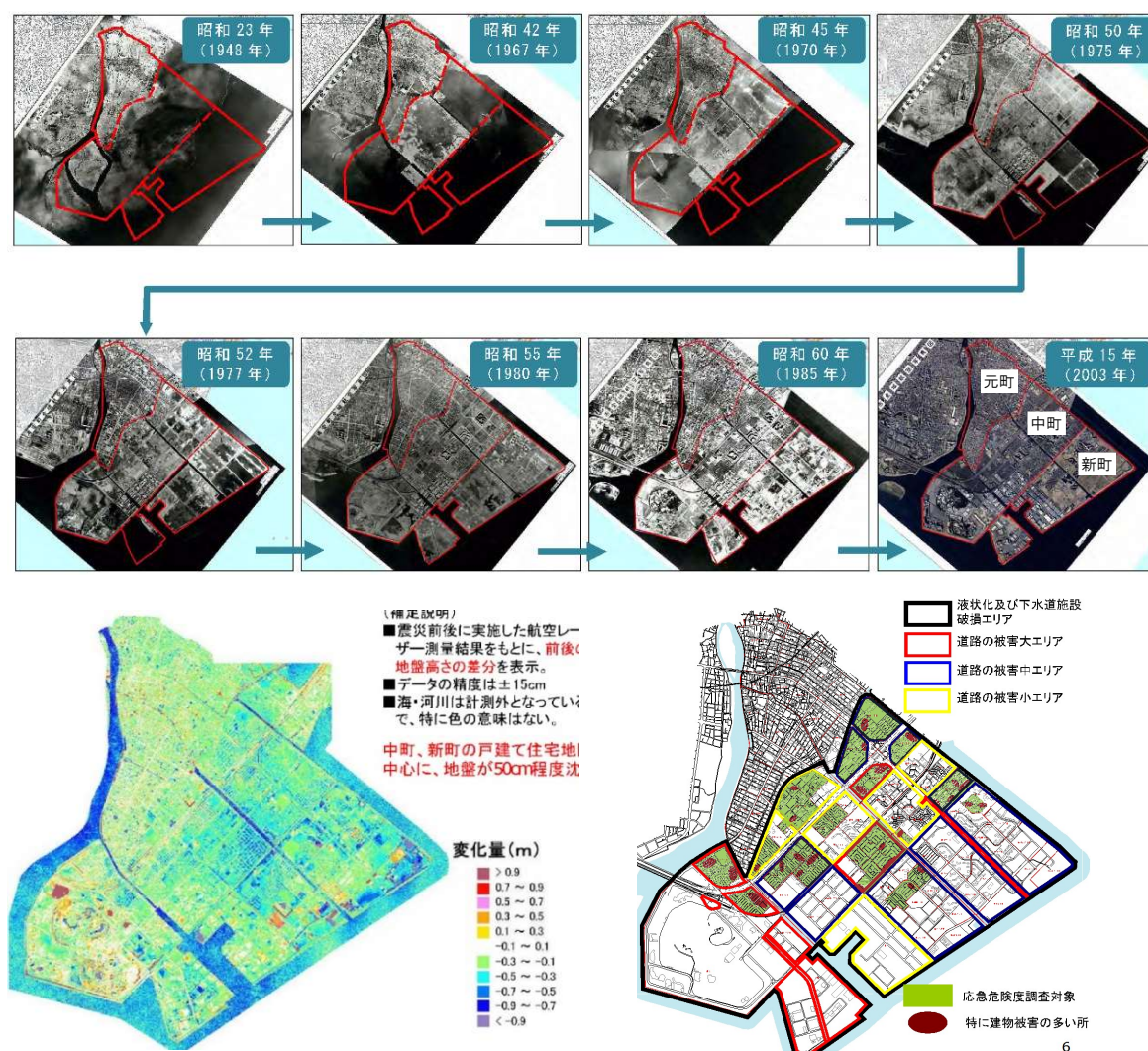


図-1.3.1 浦安市の事例

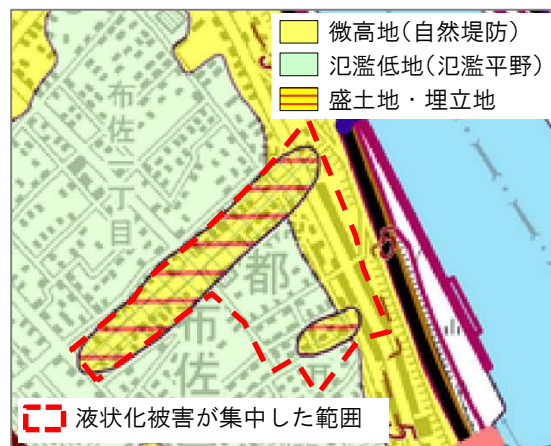
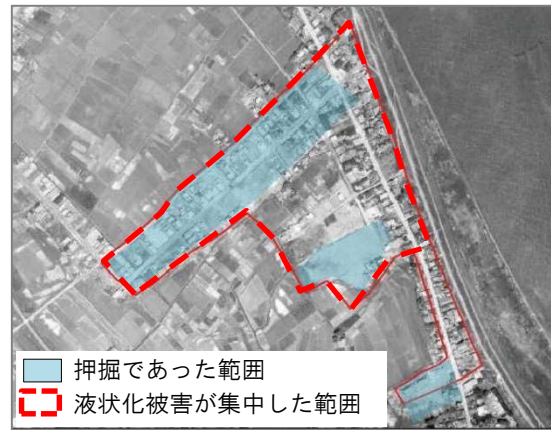
浦安市液状化対策技術検討調査報告書（平成 24 年 4 月）より
浦安市液状化対策実現可能性技術検討委員会（平成 24 年 6 月）より

(2) 内陸部における埋立造成箇所の抽出 ※千葉県我孫子市の例

内陸部では、池沼や旧河道などの水面を埋め立てた箇所が存在する。ここで示す事例は、河川の洪水により形成される押堀（おっぼり、落堀(おとしぼり)と呼ぶこともある）を埋め立てたものである。押堀とは、洪水が堤防を越えた時、また、破堤して低地に水が勢いよく流れ込んだ時に、水の圧力で地面が洗堀されてできた凹地を指す。自然のままであれば湛水して池沼や湿地となるが、埋め立てられて周囲と同様の土地利用がなされていることが多い。そのような場所は、人工的に埋め立てた地盤であるため、特に液状化が起きやすい。

押堀は、地形判読により抽出できる場合もあるが、市街化された場所では判読困難なことも少なくない。したがって、旧版地図や古い時期に撮影された空中写真等を用いて抽出する。また、近年の洪水に起因するものであれば、市区町村史等に記録が残っている場合もある。

事例では、市史等の調査により、明治3年の大水で堤防が崩れて沼（押堀；図-1.3.2～図-1.3.4の水色ハッチング部）ができたこと、昭和27年の利根川改修の際に、改修工事の浚渫土砂で沼が埋め立てられたことが判明した。そのため、当地区では、2011年東北地方太平洋沖地震の際に、押堀を埋め立てた箇所周辺で液状化による被害が集中した。なお、押堀であった範囲は、治水地形分類図（図-1.3.5）において「盛土地・埋立地」と区分されることになる。



※1 「東日本大震災からの復興のあゆみ（平成28年3月）」より

※2 国土地理院：地理院地図（治水地形分類図）より

(3) 旧版地図等を用いた旧河道の抽出 ※茨城県下妻市の例

過去の地震で液状化が発生した地点をみると、河川の沿岸地において帯状に被害が集中している場合がある。その多くは、河川沿い、あるいは以前川が流れていた跡に沿った場所である。特に、最近数百年間に変遷した河道の位置や人工的な河川改修の跡では、液状化が発生することが多い。

旧河道の位置は、撮影時期が異なる空中写真や旧版地図、古地図等を用いて抽出することができる。図-1.3.6～図-1.3.8 には、迅速測図と旧版地図の比較から旧河道の位置を抽出し、その土地利用の変化をみた事例を示す。明治期の迅速測図における河道位置は、昭和 35 年の旧版地形図では水田となっており、現在の地形図（地理院地図）ではその一部が宅地となっていることが分かる。

なお、本手引きの地形判読では、このような旧河道は、旧水部（埋立地）や旧水部（干拓地）の一部として抽出されることになる。

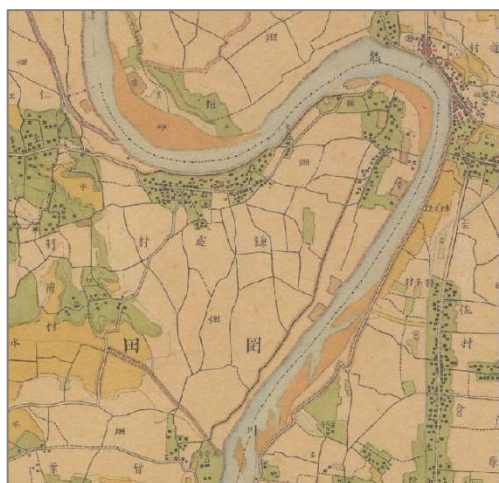


図-1.3.6 迅速測図※1



図-1.3.7 旧版地形図※2



図-1.3.8 地理院地図

※1 国土地理院：古地図コレクション、「茨城県下総國豊田郡本宗道村」明治 16 作成

※2 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービス、2.5 万分の 1「石下」昭和 35 測

(4) 空中写真を用いた砂利採取後の埋戻し地の抽出 ※茨城県神栖市の例

近隣で大規模な開発や造成が行われると、低地部で建設材料としての砂利採取が行われることがある。砂利採取は開発事業にあわせて数年～数十年といった短期間で行われ、その跡地は埋め戻されることが多いため、地図上にはその記録が残されにくい。多くの場合、埋戻しには砂利採取後の残砂が用いられ、締固めが不十分なため液状化しやすい地盤となる。類似するものとして、砂州などでは砂鉄の採取が行われることがあり、採取後の埋戻し地の液状化が問題となる。

事例では、鹿島港の建設時期を中心に複数年次の空中写真を比較することで、砂利採取後の埋戻し地を抽出している。1974年の空中写真（図-1.3.9）で水田であった場所の一角が、1984年の空中写真（図-1.3.10）では砂利採取のために掘削され湛水し池となっている。現在の地形や土地利用状況（図-1.3.11）から、砂利採取後の埋戻し地は周囲と見分けがつかないことがよく分かる。なお、青山・小山（2017）によれば、当該地の液状化発生箇所は、大半が砂利採取後の埋戻し地と一致し、それ以外の場所ではほとんど液状化が発生していないとされている。このことは、砂利採取後の埋戻し地が液状化発生傾向の強い場所を把握する上で重要であることを示している。



図-1.3.9 空中写真（1974年）※1



図-1.3.10 空中写真（1984年）※1



図-1.3.11 空中写真（2011年）※1

青山・小山（2017）、橋本ら（2015）を参考とし、過去の空中写真を比較した結果より

※1 国土地理院：地図・空中写真閲覧サービスより

(5) 低地（干拓地）上の盛土造成地の抽出 ※茨城県潮来市の例

干拓地は、遠浅の海や干潟、水深の浅い湖沼やその浅瀬を仕切り、排水して、干上がらせることで陸地化するもので、主に農地として利用することを目的とした人工改変地である。しかし、市街地の拡大に伴い、干拓地に盛土して宅地に転用した事例が少なくない。干拓地はもとも水面や干潟ないし湿地であるため地下水位が浅く、宅地を造成する際の盛土材料やその方法によっては液状化発生傾向の強い地盤条件となる。河川の下流域においては、盛土材料として浚渫土等が用いられることがあり、締固めが不十分な砂がゆるく堆積するため、盛土地盤の液状化が起きやすい。

干拓地の造成履歴については、空中写真や旧版地図、古地図等を用いて抽出する。また、地域の農業史と関連して市区町村史などにその履歴や記録が残されている場合があるので、適宜参照する。事例では、明治初期～中期（図-1.3.12）には、利根川下流域の入り江であった場所が、戦後干拓により農地化されている（図-1.3.13）。その後、農業政策の転換や人口の増加に伴い、当該地が宅地化されたことが記録されており、その際、浚渫土砂による盛土造成が行われた（図-1.3.14）。1987年千葉県東方沖地震や2011年東北地方太平洋沖地震では、周辺の水田では液状化はほとんど発生しなかったにもかかわらず、宅地造成された範囲では顕著な液状化被害が発生した（図-1.3.15）。



図-1.3.12 迅速測図（明治初期～中期）
（「茨城県常陸國行方郡延方村」より）



図-1.3.13 米軍撮影空中写真（戦後）
（R391-48）



図-1.3.14 造成史
（潮来市浪逆土地画整理組合事務局（1978））

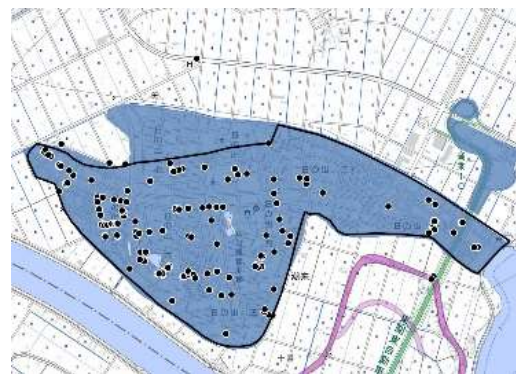


図-1.3.15 2011年東北地方太平洋沖地震での液状化発生地点
（関東地整・地盤工学会(2011)のデータによる）

(6) 内陸の低湿地における盛土造成の抽出 ※埼玉県久喜市の例

(5)の干拓地は河川の河口付近の事例であるが、内陸部でも池沼や湿地では類似した地盤条件を示す場合がある。河川の沿岸地に後背低地（湿地）が分布する場所で、現在その一部が宅地となっている場合などは注意を要する。抽出の方法は、(5)と同様であり、迅速測図やそれをもとに国土地理院により整理された「明治期の低湿地データ」が有効な資料となる。

事例に示した場所では、明治初期～中期の迅速測図には“葦”の記載があり（図-1.3.16）、旧版地形図（明 40 測）では湿田や湿地の凡例が広くみられる（図-1.3.17）。このことから、対象箇所の原地形は、地下水位が高く水はけの悪い低湿地であったことが分かる。地域の資料から、この場所は 1980 年代～1990 年代にかけて土地区画整理事業により造成されており、その際に、一部のエリア（図-1.3.19 の水色部）は川砂を浚渫して盛土が行われたことが記録されていた（図-1.3.18）。そのため、表層には造成で用いた川砂がゆるく堆積しており、2011 年の東北地方太平洋沖地震の際に、戸建住宅、道路、埋設管で液状化による被害が発生した（図-1.3.19）。



図-1.3.16 迅速測図（明治初期～中期）※沼地
（「埼玉縣武蔵國北葛飾郡河原代村外十六ヶ村」より）
（「茨城縣下總國西葛飾郡元栗橋村」より）



図-1.3.17 旧版地形図
（5 万分の 1「鴻巣」明 40 測）



図-1.3.18 造成史
（栗橋町都市整備課(2000)）

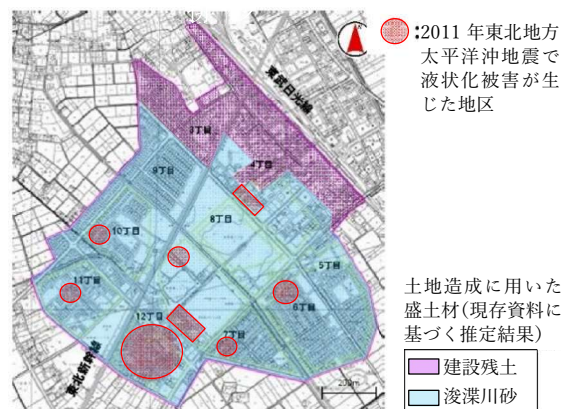


図-1.3.19 現在の土地利用と液状化発生箇所

「久喜市液状化対策検討委員会 中間報告資料（平成 24 年 12 月）」より

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、台地や丘陵部を造成する際に谷を埋めた「谷埋め盛土造成地」において、多くの地盤災害が発生した。これらは、必ずしも液状化と関連するものではないが、一部は液状化又はそれに類する現象が影響していることが報告されている。

谷筋

0 50 100 200 300m

切盛境界
元等高線

0 50 100 200 300m

「東海村南台・緑ヶ丘災害復興対策検討委員会資料」及び「東日本大震災合同調査報告 共通編 3 地盤災害」による

図-1.3.24～図-1.3.26 は同じ範囲について、既往の微地形分類図（土地条件図）や公表されている大規模盛土造成地マップを示したものである。これらの既往資料を用いることで、谷埋め盛土の位置を大まかに検出できる。ただし、その範囲や小規模な造成箇所が十分に図示されていないため、既往資料により谷埋め盛土の存在が抽出された場合は、旧版地図や空中写真、DEM等を用いてより詳細に分布を把握する必要がある。DEM等を用いて盛土造成地を抽出する際の手順書は、国土地理院のサイト（https://www.gsi.go.jp/bousaichiri/georeport_index.html）に公開されている。

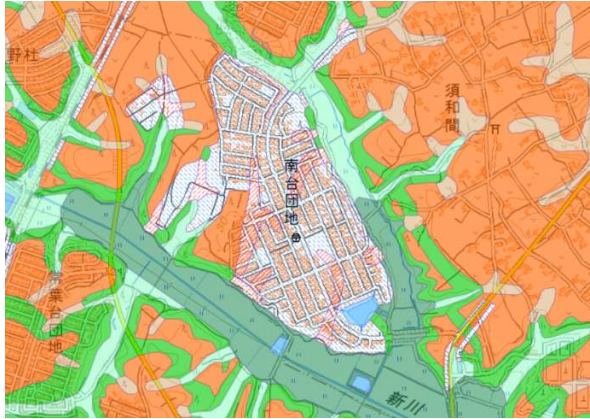


図-1.3.24 土地条件図
(国土地理院：地理院地図)

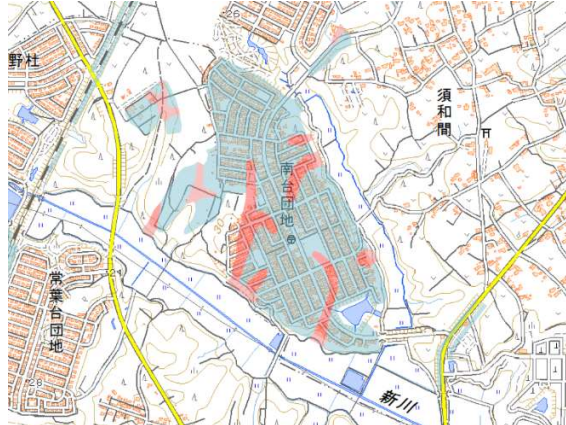


図-1.3.25 ベクトルタイル「人工地形」
(国土地理院：地理院地図)

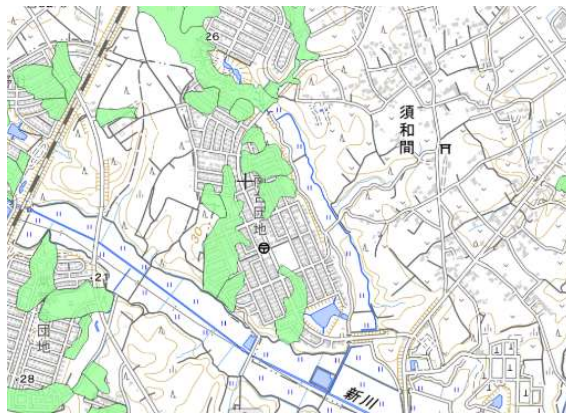


図-1.3.26 大規模盛土造成マップ
(国土交通省：重ねるハザードマップ)

大規模盛土造成地：盛土造成地のうち以下の要件に該当する

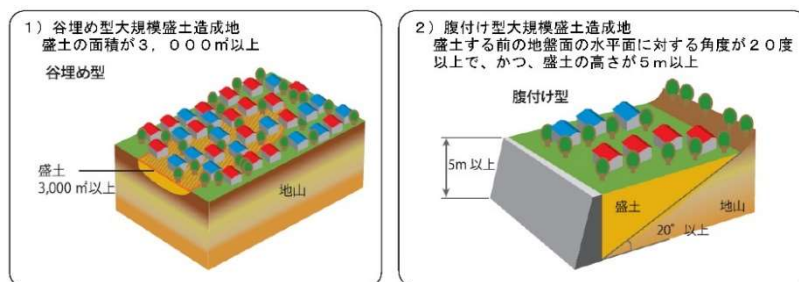


図-1.3.27 大規模盛土造成マップにおける抽出条件

1-4. 過去の地震における液状化発生履歴に関する参考資料

過去の地震における液状化発生履歴に関する参考資料として、若松（2011）※の一部を抜粋して示す。この資料では、西暦 745 年～2008 年までに発生した地震について、液状化の履歴が網羅的に整理され、地図及び GIS データとして収録されている（図-1.4.1）。

若松（2018）によれば、過去の地震において、山地や台地・丘陵で液状化が発生することは稀で、液状化発生地点の多くは低地、埋立地・干拓地とその縁辺に分布している（図-1.4.2）。日本の国土に占める低地や埋立地・干拓地等の割合は約 15%であり、「液状化発生傾向の強い」土地の多くはこの中に含まれる。また、図-1.4.3 は、全国の主な平野や盆地ごとに液状化の発生回数を示したものである。過去に液状化の発生の回数が多いのは、濃尾平野と新潟平野の 11 回を筆頭に、秋田・能代平野の 10 回、大阪平野と関東平野の 9 回、仙台・大崎平野の 8 回、津軽平野と金沢平野の 7 回となっている。

表-1.4.1 に、若松（2011）※に掲載されている液状化が生じた地震の一覧表を示す。この一覧表や市区町村史、地域防災計画などを参照し、対象地域で液状化が発生しうる規模の地震の記録があれば、液状化の発生履歴について調査すべきであろう。

このほか、遺跡発掘調査現場などで液状化の痕跡が確認されることがある。遺跡発掘調査では、その遺構面の年代が詳細に把握されることが多く、液状化を発生させた地震の年代や規模を大まかに推定することができる。遺跡発掘によって確認された液状化痕跡を網羅的にまとめた資料はないが、遺跡発掘調査は地方公共団体主体で実施されることが多く、その調査報告書等が参照できる。また、奈良文化財研究所の「全国遺跡報告総覧」(<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja>)で多数の遺跡発掘調査報告書を閲覧することができ、キーワード検索等で液状化に関する記述が含まれているか確認することもできる。

※若松加寿江(2011)「日本の液状化履歴マップ 745-2008」東京大学出版会, DVD+解説書.

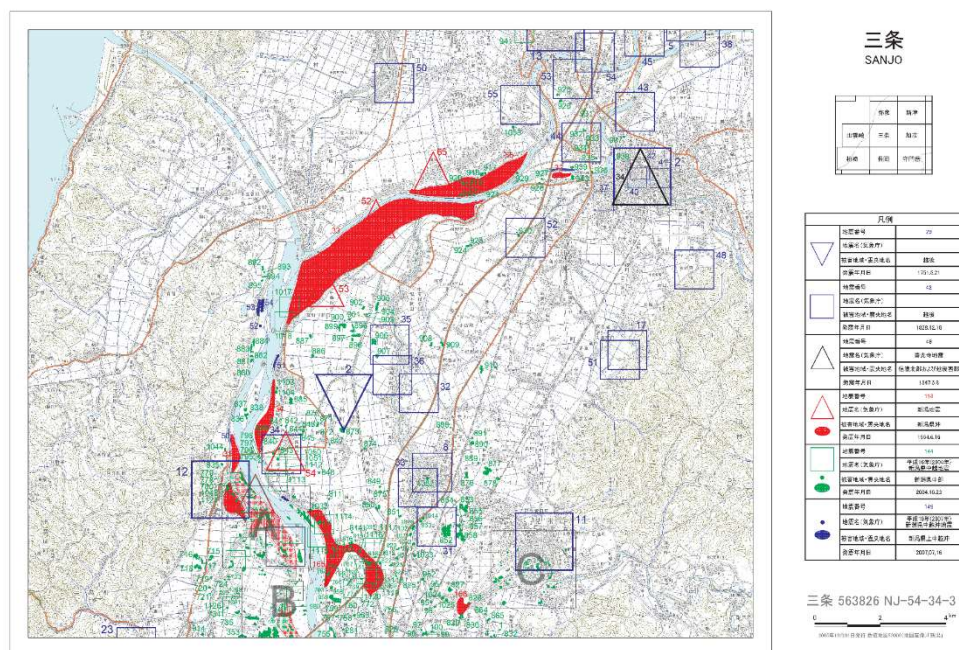


図-1.4.1 「日本の液状化履歴マップ 745-2008」における液状化履歴地点の詳細マップの一例

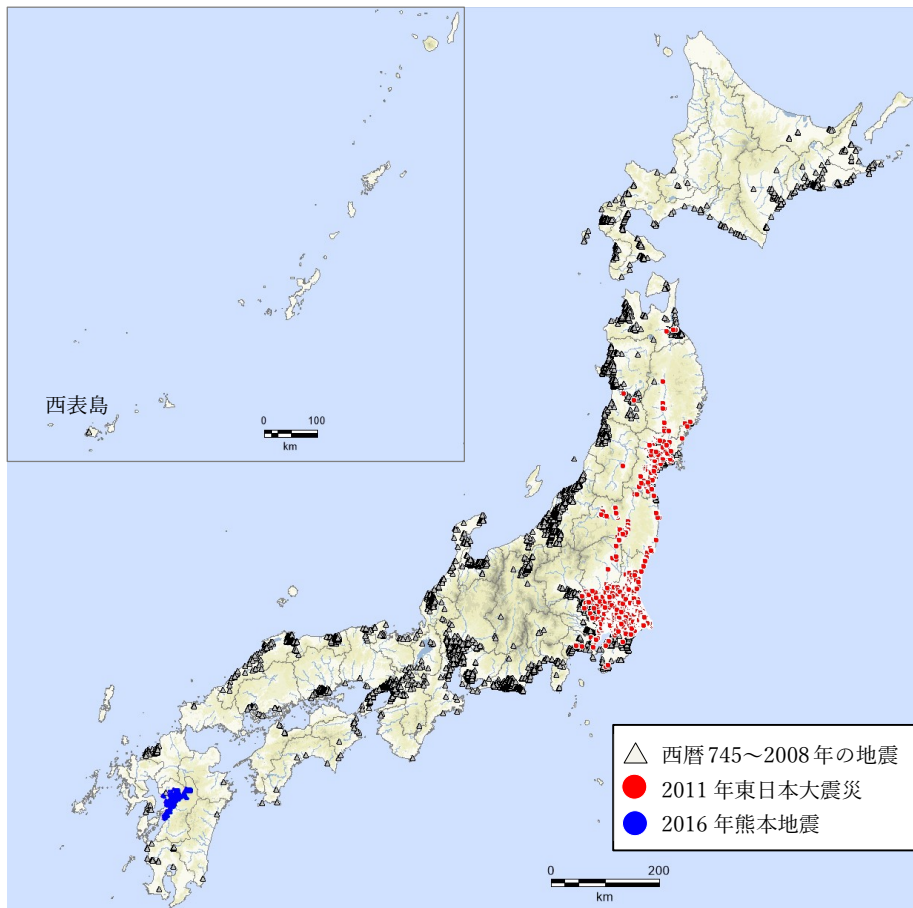


図-1.4.2 745～2016年に発生した地震による液状化履歴地点の分布
 ※若松加寿江(2018)「そこで液状化が起きる理由」東京大学出版会より



図-1.4.3 主な平野と盆地ごとの液状化の履歴回数 (745～2016年)
 ※若松加寿江(2018)「そこで液状化が起きる理由」東京大学出版会より

表-1.4.1 液状化を生じた記録がある地震（745～2008 年） 1/4

No.	発生年月日	和暦	地震マグニチュード ¹	震央緯度(N°) ²	震央経度(E°) ²	震源深さ(km) ³	地震名 ⁴	被害地域・震央地名
1	745 年 6 月 5 日	天平 17 年	≒7.9	35.2	136.6	—		美濃
2	850 年(月日不詳)	嘉祥 3 年	≒7.0	39.0	139.7	—		出羽
3	863 年 7 月 10 日	貞観 5 年		—	—	—		越中・越後
4	1185 年 8 月 13 日	元暦 2 年	≒7.4	35.0	135.8	—		近江・山城・大和
5	1257 年 10 月 9 日	正嘉 1 年	7.0～7.5	35.2	139.5	—		関東南部
6	1449 年 5 月 13 日	文安 6 年	5¼～6.5	35.0	135.75	—		山城・大和
7	1498 年 7 月 9 日	明応 7 年	7.0～7.5	33.0	132.25	—		日向灘
8	1586 年 1 月 18 日	天正 13 年	7.8±0.1	35.6	136.8	—		畿内・東海・東山・北陸諸道
9	1596 年 9 月 1 日	文禄 5 年	7.0±¼	33.3	131.6	—		豊後
10	1596 年 9 月 5 日	文禄 5 年	7½±¼	34.8	135.4	—		畿内および近隣
11	1605 年 2 月 3 日	慶長 9 年	7.9	33.5	138.5	—	慶長地震	東海・南海・西海諸道
12	1633 年 3 月 1 日	寛永 10 年	7.0±¼	35.2	139.2	—		相模・駿河・伊豆
13	1644 年 10 月 18 日	寛永 21 年	6.5±¼	39.4	140.0	—		羽後本荘
14	1662 年 6 月 16 日	寛文 2 年	7¼～7.6	35.3	135.9	—		山城・大和・河内・和泉・摂津・丹後・若狹・近江・美濃・伊勢・駿河・三河・信濃
15	1666 年 2 月 1 日	寛文 5 年	≒6¼	37.1	138.2	—		越後西部
16	1685 年 10 月 7 日	貞享 2 年		—	—	—		周防・長門
17	1694 年 6 月 19 日	元禄 7 年	7.0	40.2	140.1	—		能代地方
18	1694 年 12 月 12 日	元禄 7 年		—	—	—		丹後
19	1703 年 12 月 31 日	元禄 16 年	7.9～8.2	34.7	139.8	—	元禄地震	江戸・関東諸国
20	1704 年 5 月 27 日	宝永 1 年	7.0±¼	40.4	140.0	—		羽後・津軽
21	1707 年 10 月 28 日	宝永 4 年	8.6	33.2	135.9	—	宝永地震	五畿七道
22	1717 年 5 月 13 日	享保 2 年	≒7.5	38.5	142.5	—		仙台・花巻
23	1717 年(月日不詳)	享保 2 年	≒6¼	36.5	136.5	—		金沢・小松
24	1723 年 12 月 19 日	享保 8 年	6.5±¼	32.9	130.6	—		肥後・豊後・筑後
25	1729 年 3 月 8 日	享保 14 年		—	—	—		伊豆
26	1734 年(月日不詳)	享保 19 年		—	—	—		岡山県御津郡
27	1738 年 1 月 3 日	元文 2 年	≒5½	37.0	138.7	—		中魚沼郡
28	1751 年 3 月 26 日	寛延 4 年	5.5～6.0	35.0	135.8	—		京都
29	1751 年 5 月 21 日	寛延 4 年	7.0～7.4	37.1	138.2	—		越後
30	1762 年 10 月 31 日	宝暦 12 年	≒7.0	38.1	138.7	—		佐渡
31	1766 年 3 月 8 日	明和 3 年	7¼±¼	40.7	140.5	—		津軽
32	1769 年 8 月 29 日	明和 6 年	7¾±¼	33.0	132.1	—		日向・豊後
33	1774 年 6 月 11 日	安永 3 年		—	—	—		陸中
34	1782 年 8 月 23 日	天明 2 年	≒7.0	35.4	139.1	—		相模・武蔵・甲斐
35	1792 年 5 月 21 日	寛政 4 年	6.4±0.2	32.8	130.3	—		雲仙岳
36	1793 年 2 月 8 日	寛政 4 年	6.9～7.1	40.85	139.95	—		西津軽
37	1799 年 6 月 29 日	寛政 11 年	6.0±¼	36.6	136.7	—		加賀
38	1802 年 11 月 18 日	享和 2 年	6.5～7.0	35.2	136.5	—		畿内・名古屋
39	1804 年 7 月 10 日	文化 1 年	7.0±0.1	39.05	139.95	—	象潟地震	羽前・羽後
40	1810 年 9 月 25 日	文化 7 年	6.5±¼	39.9	139.9	—		羽後
41	1819 年 8 月 2 日	文政 2 年	7¼±¼	35.2	136.3	—		伊勢・美濃・近江

表-1.4.1 液状化を生じた記録がある地震（745～2008 年） 2/4

42	1828 年 12 月 18 日	文政11年	6.9	37.6	138.9	—		越後
43	1830 年 8 月 19 日	文政13年	6.5±0.2	35.1	135.6	—		京都および隣国
44	1831 年 11 月 13 日	天保2年		—	—	—		会津
45	1833 年 12 月 7 日	天保4年	7½ ± ¼	38.9	139.25	—		羽前・羽後・越後・佐渡
46	1834 年 2 月 9 日	天保5年	≒6.4	43.3	141.4	—		石狩
47	1841 年 4 月 22 日	天保12年	≒6¼	35.0	138.5	—		駿河
48	1843 年 4 月 25 日	天保14年	≒7.5	42.0	146.0	—		釧路・根室
49	1847 年 5 月 8 日	弘化4年	7.4	36.7	138.2	—	善光寺地震	信濃北部および越後西部
50	1847 年 5 月 13 日	弘化4年	6½ ± ¼	37.2	138.3	—		越後頸城郡
51	1854 年 7 月 9 日	嘉永7年	7¼ ± ¼	34.75	136.1	—		伊賀・伊勢・大和および隣国
52	1854 年 12 月 23 日	嘉永7年	8.4	34.0	137.8	—	安政東海地震	東海・東山・南海諸道
53	1854 年 12 月 24 日	嘉永7年	8.4	33.0	135.0	—	安政南海地震	畿内・東海・東山・北陸・南海・山陰・山陽道
54	1855 年 3 月 15 日	安政2年		—	—	—		遠州・駿州
55	1855 年 11 月 7 日	安政2年	7.0～7.5	34.5	137.75	—		遠州灘
56	1855 年 11 月 11 日	安政2年	7.0～7.1	35.65	139.8	—	江戸地震	江戸および付近
57	1856 年 8 月 23 日	安政3年	≒7.5	41.0	142.5	—		日高・胆振・渡島・津軽・南部
58	1858 年 4 月 9 日	安政5年	7.0～7.1	36.4	137.2	—		飛騨・越中・加賀・越前
59	1859 年 1 月 5 日	安政5年	6.2±0.2	34.8	131.9	—		石見
60	1872 年 3 月 14 日	明治5年	7.1±0.2	35.15	132.1	—	浜田地震	石見・出雲
61	1887 年 7 月 22 日	明治20年	5.7	37.5	138.9	—		新潟県古志郡
62	1889 年 7 月 28 日	明治22年	6.3	32.8	130.65	—		熊本
63	1890 年 1 月 7 日	明治23年	6.2	36.45	137.95	—		犀川流域
64	1891 年 10 月 28 日	明治24年	8.0	35.6	136.6	—	濃尾地震	愛知県・岐阜県
65	1892 年 1 月 3 日	明治25年	5.5	35.3	137.1	—	(濃尾地震余震)	愛知県春日井郡
66	1892 年 9 月 7 日	明治25年	6.1	35.7	137.0	—	(濃尾地震余震)	岐阜県山県郡
67	1893 年 9 月 7 日	明治26年	5.3	31.4	130.5	—		知覧
68	1894 年 1 月 10 日	明治27年	6.3	35.4	136.7	—	(濃尾地震余震)	岐阜県安八郡、愛知県葉栗郡・丹羽郡
69	1894 年 6 月 20 日	明治27年	7.0	35.7	139.8	—		東京湾北部
70	1894 年 10 月 22 日	明治27年	7.0	38.9	139.9	—	庄内地震	庄内平野
71	1895 年 1 月 18 日	明治28年	7.2	36.1	140.4	—		霞ヶ浦付近
72	1896 年 8 月 31 日	明治29年	7.2±0.2	39.5	140.7	—	陸羽地震	秋田・岩手県境
73	1897 年 1 月 17 日	明治30年	5.2	36.65	138.25	—		長野県北部
74	1897 年 2 月 20 日	明治30年	7.4	38.1	141.9	—		仙台沖
75	1898 年 4 月 3 日	明治31年	6.2	34.6	131.2	—		山口県見島
76	1898 年 4 月 23 日	明治31年	7.2	38.6	142.0	—		宮城県沖
77	1898 年 5 月 26 日	明治31年	6.1	37.0	138.9	—		新潟県六日町付近
78	1898 年 8 月 10 日	明治31年	6.0	33.6	130.2	—		福岡市付近
79	1898 年 9 月 1 日	明治31年	7	24.5	124.75	—		八重山群島
80	1899 年 3 月 7 日	明治32年	7.0	34.1	136.1	—		紀伊半島南東部
81	1901 年 8 月 9 日	明治34年	7.2	40.5	142.5	—		青森県東方沖
82	1904 年 5 月 8 日	明治37年	6.1	37.1	138.9	—		新潟県六日町付近

表-1.4.1 液状化を生じた記録がある地震（745～2008 年） 3/4

83	1905 年 6 月 2 日	明治38年	7.2	34.1	132.5	—	芸予地震	安芸灘
84	1909 年 8 月 14 日	明治42年	6.8	35.4	136.3	—	江濃(姉川)地震	滋賀県姉川付近
85	1914 年 3 月 15 日	大正3年	7.1	39.5	140.4	—	秋田仙北地震	秋田県仙北郡
86	1922 年 12 月 8 日	大正11年	6.9	32.7	130.1	—		千々石湾
87	1923 年 9 月 1 日	大正12年	7.9	35.331167	139.135667	23.00	関東大地震	関東南部
88	1925 年 5 月 23 日	大正14年	6.8	35.563333	134.834833	0.00	北但馬地震	但馬北部
89	1925 年 7 月 4 日	大正14年	5.7	35.354333	133.420500	0.00		美保湾
90	1927 年 3 月 7 日	昭和2年	7.3	35.631833	134.930667	18.19	北丹後地震	京都府北西部
91	1927 年 8 月 6 日	昭和2年	6.7	37.905667	142.168833	25.00		宮城県沖
92	1927 年 10 月 27 日	昭和2年	5.2	37.500000	138.849500	0.00	関原地震	新潟県中部
93	1930 年 10 月 17 日	昭和5年	6.3	36.425833	136.257833	10.00		大聖寺付近
94	1930 年 11 月 26 日	昭和5年	7.3	35.043000	138.973667	5.90	北伊豆地震	伊豆北部
95	1931 年 9 月 21 日	昭和6年	6.9	36.158333	139.247500	3.03	西埼玉地震	埼玉県中部
96	1933 年 9 月 21 日	昭和8年	6.0	37.077333	136.954333	20.18		能登半島
97	1935 年 7 月 11 日	昭和10年	6.4	35.024333	138.394167	10.14	静岡地震	静岡市付近
98	1936 年 2 月 21 日	昭和11年	6.4	34.522333	135.693833	18.33	河内大和地震	大和・河内
99	1936 年 11 月 3 日	昭和11年	7.5	38.263000	142.061833	61.00		金華山沖
100	1939 年 5 月 1 日	昭和14年	6.8	39.945833	139.786167	0.00	男鹿地震	男鹿半島
101	1941 年 7 月 15 日	昭和16年	6.1	36.656667	138.193667	5.35		長野市付近
102	1943 年 3 月 4 日	昭和18年	6.2	35.443167	134.104833	5.00		鳥取市付近
103	1943 年 9 月 10 日	昭和18年	7.2	35.473167	134.184000	0.00	鳥取地震	鳥取付近
104	1944 年 12 月 7 日	昭和19年	7.9	33.573333	136.175500	40.00	東南海地震	東海道沖
105	1945 年 1 月 13 日	昭和20年	6.8	34.702667	137.114500	10.70	三河地震	愛知県南部
106	1946 年 12 月 21 日	昭和21年	8.0	32.935167	135.848833	24.00	南海地震	南海道沖
107	1947 年 9 月 27 日	昭和22年	7.4	24.700000	123.200000	96.00		石垣島北西沖
108	1948 年 6 月 28 日	昭和23年	7.1	36.171833	136.290500	0.00	福井地震	福井平野
109	1952 年 3 月 4 日	昭和27年	8.2	41.705667	144.151167	5.40	十勝沖地震	十勝沖
110	1952 年 3 月 7 日	昭和27年	6.5	36.498167	136.147833	1.70	大聖寺沖地震	大聖寺沖
111	1955 年 7 月 27 日	昭和30年	6.4	33.733333	134.316667	10.00		徳島県南部
112	1955 年 10 月 19 日	昭和30年	5.9	40.266667	140.183333	0.00	二ッ井地震	米代川下流
113	1961 年 2 月 2 日	昭和36年	5.2	37.448333	138.835000	0.00		長岡付近
114	1961 年 2 月 27 日	昭和36年	7.0	31.645000	131.886667	37.00		日向灘
115	1962 年 4 月 23 日	昭和37年	7.1	42.461667	143.766667	69.00		広尾沖
116	1962 年 4 月 30 日	昭和37年	6.5	38.740000	141.138333	19.00	宮城県北部地震	宮城県北部
117	1964 年 5 月 7 日	昭和39年	6.9	40.396667	138.668333	24.00		男鹿半島沖
118	1964 年 6 月 16 日	昭和39年	7.5	38.370000	139.211667	34.10	新潟地震	新潟県沖
119	1968 年 2 月 21 日	昭和43年	6.1	32.016667	130.716667	0.00	えびの地震	霧島山北麓
120	1968 年 4 月 1 日	昭和43年	7.5	32.283333	132.533333	30.00	1968年日向灘地震	日向灘
121	1968 年 5 月 16 日	昭和43年	7.9	40.733333	143.583333	0.00	1968年十勝沖地震	青森県東方沖
122	1973 年 6 月 17 日	昭和48年	7.4	42.966667	145.950000	40.00	1973年6月17日根室半島沖地震	根室半島南東沖
123	1978 年 1 月 14 日	昭和53年	7.0	34.766667	139.250000	0.00	伊豆大島近海地震	伊豆大島近海
124	1978 年 2 月 20 日	昭和53年	6.7	38.750000	142.200000	50.00		宮城県沖
125	1978 年 6 月 12 日	昭和53年	7.4	38.150000	142.166667	40.00	宮城県沖地震	宮城県沖
126	1982 年 3 月 21 日	昭和57年	7.1	42.066667	142.600000	40.00		浦河沖
127	1983 年 5 月 26 日	昭和58年	7.7	40.360000	139.073333	14.00	日本海中部地震	秋田県沖

表-1.4.1 液状化を生じた記録がある地震（745～2008 年） 4/4

128	1983 年 6 月 21 日	昭和58年	7.1	41.265000	139.000000	45.00	(日本海中部地震余震)	青森県西方沖
129	1987 年 12 月 17 日	昭和62年	6.7	35.375000	140.493333	57.90		千葉県東方沖
130	1993 年 1 月 15 日	平成5年	7.5	42.920000	144.353333	100.60	平成 5 年(1993 年)釧路沖地震	釧路沖
131	1993 年 2 月 7 日	平成5年	6.6	37.656667	137.296667	24.80		能登半島沖
132	1993 年 7 月 12 日	平成5年	7.8	42.781667	139.180000	35.10	平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震	北海道南西沖
133	1994 年 10 月 4 日	平成6年	8.2	43.375000	147.673333	28.00	平成 6 年(1994 年)北海道東方沖地震	北海道東方沖
134	1994 年 12 月 28 日	平成6年	7.6	40.430000	143.745000	0.00	平成 6 年(1994 年)三陸はるか沖地震	三陸はるか沖
135	1995 年 1 月 17 日	平成7年	7.3	34.598333	135.035000	16.06	平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震	兵庫県南東沿岸
136	1997 年 3 月 26 日	平成9年	6.6	31.972833	130.359000	11.85		鹿児島県北西部
137	1997 年 5 月 13 日	平成9年	6.4	31.948333	130.302667	9.24		鹿児島県北西部
138	1999 年 2 月 26 日	平成11年	5.3	39.155167	139.836833	20.65		秋田県沖
139	2000 年 10 月 6 日	平成12年	7.3	35.274167	133.349000	8.96	平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震	鳥取県西部
140	2001 年 3 月 24 日	平成13年	6.7	34.132333	132.693667	46.46	平成 13 年(2001 年)芸予地震	安芸灘
141	2003 年 5 月 26 日	平成15年	7.1	38.821000	141.650667	72.03		宮城県沖
142	2003 年 7 月 26 日	平成15年	6.4	38.405000	141.171000	11.87		宮城県北部
143	2003 年 9 月 26 日	平成15年	8.0	41.778500	144.078500	45.07	平成 15 年(2003 年)十勝沖地震	十勝沖
144	2004 年 10 月 23 日	平成16年	6.8	37.292500	138.867167	13.08	平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震	新潟県中部
145	2004 年 11 月 29 日	平成16年	7.1	42.946000	145.275500	48.17		釧路沖
146	2005 年 3 月 20 日	平成17年	7.0	33.739167	130.176333	9.24		福岡県西方沖
147	2005 年 8 月 16 日	平成17年	7.2	38.149500	142.277833	42.04		宮城県沖
148	2007 年 3 月 25 日	平成19年	6.9	37.220667	136.686000	10.70	平成 19 年(2007 年)能登半島地震	能登半島沖
149	2007 年 7 月 16 日	平成19年	6.8	37.556833	138.609500	16.75	平成 19 年(2007 年)新潟県中越沖地震	新潟県上中越沖
150	2008 年 6 月 14 日	平成20年	7.2	39.029833	140.880667	7.77	平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震	岩手県内陸南部

*1：No.86 地震までは宇佐美（2003）による。それ以降は気象庁（2010）による。

*2：No.86 地震までは宇佐美（2003）による震央（旧日本測地系）、No.87 以降は気象庁（2010）による震央（世界測地系）を 10 進法表示に変換。

*3：気象庁（2010）による。

*4：宇佐美（2003）の地震名および気象庁命名の地震名。

1-5. 手引きにおける微地形の「液状化発生傾向」評価区分に関する資料

(1) 本手引きにおける微地形の液状化発生傾向の評価区分

本手引きでは、表-1.5.1 に示す 5 段階の評価区分を用いて、微地形毎の液状化発生傾向を評価することを標準としている。表-1.5.1 は、過去の地震における液状化発生地点と微地形の関係により提案されてきた既存の評価区分をもとに、日本国内で同じように作業を行うことを想定して、再整理し設定したものである。主な既存の評価区分と本手引きの対応を整理した表を表-1.5.2 に、それぞれの既存評価区分に関する資料を表-1.5.3、表-1.5.4 に示す。

本手引きの区分は、小荒井ほか（2013）・中埜ほか（2015）及び「国土庁防災局震災対策課：液状化地域ゾーニングマニュアル（平成 10 年度版）、平成 11 年 1 月」の評価区分を踏襲し、それぞれの微地形に対してほぼ同等の評価区分となるように設定している。なお、評価区分の設定は、同マニュアルの注釈でも述べられているように、“過去の被害事例研究に基づき、液状化の要因と微地形分類を関連づけ”することを基本理念としている。地域に固有な地形分類がある場合や微地形を構成する表層土質が地域性により一般と異なる場合は、標準的な評価区分（表-1.5.1）を尊重した上で、地下水位の高低、その構成土質及び成因、粒度分布、液状化履歴などを勘案して地盤の液状化発生傾向の強弱を判断するものとする。なお、日本国内で同じように作業を行う観点から、既存の評価区分の考え方に対して以下の a)～d) について若干再編した。また、特に着目すべき人工改変地等として、近年の液状化被害の実態を踏まえ、砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地、浅い谷や凹地の盛土地、谷埋め盛土造成地を加えた。

- a) 扇状地を細分した評価に関する扱い
- b) 氾濫低地と谷底低地の区分方法について
- c) 自然堤防を細分した評価に関する扱い
- d) 砂丘を細分した評価に関する扱い

表-1.5.1 本手引きで標準とする微地形の「液状化発生傾向の評価区分」

液状化発生傾向の評価区分		微地形（自然地形）及び人工改変地	
	非常に強い	微地形(自然地形)	旧河道、砂丘縁辺部、砂丘間低地・砂州間低地
		人工改変地	埋立地※1、砂利(砂鉄)採取後の埋戻し地、低地(湿地)上の盛土造成地※2
	強い	微地形(自然地形)	三角州・海岸低地、自然堤防、砂州上・砂丘上の凹地
		人工改変地	干拓地※3、浅い谷や凹地の盛土地、谷埋め盛土造成地
	やや強い	微地形(自然地形)	砂州・砂礫洲、氾濫低地、後背低地
	やや弱い	微地形(自然地形)	砂丘(砂丘縁辺部、砂丘間低地を除く)、扇状地※4、谷底低地
弱	弱い	微地形(自然地形)	山地・丘陵、山麓堆積地形、台地※5

※1 微地形分類（自然地形）における「旧水部（埋立地）」を含む。

※2 谷底低地を除く、後背低地や氾濫低地、三角州・海岸低地、砂丘間低地・砂州間低地の低地面や干拓地上に盛土した造成地。

※3 微地形分類（自然地形）における「旧水部（干拓地）」を含む。

※4 盛土造成されていない「扇状地上の旧河道」を含む。

※5 盛土造成されていない「台地上の浅い谷・凹地」を含む。

表-1.5.2 主な既存の評価区分と本手引きの対応

本手引き				
「土地条件データ整備作業要領」の微地形分類		本手引き		
大分類	中分類	小分類	手引きにおける分類	液状化発生傾向
山地	山地斜面等	山地斜面等	山地・丘陵	液状化発生傾向が弱い
		崖	(基本的に区分しない)	(隣接する地形に準じる)
	集積地形	地すべり(滑着崖)	(判読対象としない)	(山地・丘陵に準じる)
		地すべり(移動体)	(判読対象としない)	(山地・丘陵に準じる)
台地	台地の一般面	山麓堆積地形	山麓地、谷底低地	液状化発生傾向が弱い
		(又は山地・丘陵)	(又は山地・丘陵)	
	台地の一般面	台地(更新世段丘面)	台地	液状化発生傾向が弱い
		台地(更新世段丘)		
低地	台地の微低地	台地(現代表区分)	台地上の浅い谷、凹地	液状化発生傾向が弱い
	低地の一般面	台地(段丘面)上の浅い谷	扇状地	(台地に準じる)
		扇状地	扇状地	液状化発生傾向がやや弱い
		谷底平野・氾濫平野	氾濫低地	液状化発生傾向がやや強い
低地の微高地		氾濫低地	谷底低地	液状化発生傾向がやや弱い
		海岸平野・三角洲	三角洲・海岸低地	液状化発生傾向が強い
		自然堤防	自然堤防	液状化発生傾向が強い
			自然堤防	液状化発生傾向が強い
水域等			—	—
			(自然堤防)	(液状化発生傾向が強い)
		天井山状いの微高地	砂州・砂礫州	液状化発生傾向がやや強い
		砂州・浜堤	砂丘	液状化発生傾向がやや強い
低地の微低地		砂丘	砂丘(縁辺部、砂丘間低地を除く)	液状化発生傾向がやや弱い
		砂丘上・砂丘上の凹地	砂丘・砂丘間低地	液状化発生傾向が非常に強い
		—	砂丘上・砂丘上の凹地	液状化発生傾向が強い
		後背低地	砂丘間低地・砂丘間低地	液状化発生傾向が非常に強い
人工地形		旧河道	後背低地	液状化発生傾向がやや強い
		扇状地上の旧河道	旧河道	液状化発生傾向が非常に強い
		河川敷・浜	扇状地上の旧河道	(扇状地に準じる)
			(判読対象としない)	—
水域		湿地	(後背低地を含む)	(後背湿地に準じる)
		水部	(水部とする)	—
		旧水部(埋立地)	旧水部(埋立地)	(人工改変地(埋立地)に準じる)
		旧水部(干拓地)	旧水部(干拓地)	(人工改変地(干拓地)に準じる)
人工地形		切土地	(判読対象としない)	(原地形に準じる)
		盛土地・埋立地	原地形を取得する	—
			埋立地	液状化発生傾向が非常に強い
			低地(湿地)上の盛土造成地	液状化発生傾向が非常に強い
その他			砂利(砂鉄)採取後の埋戻し地	液状化発生傾向が非常に強い
			浅い谷や凹地の盛土地	液状化発生傾向が非常に強い
			谷埋め盛土造成地	液状化発生傾向が強い
			—	液状化発生傾向が強い
その他			干拓地	液状化発生傾向が強い
			改変工事中の区域	(判読対象としない)
			—	(原地形に準じる)
			—	—

「土地条件データ整備・更新作業要領及び運用基準」(令和2年3月、国土地理院(土地利用部))
 小荒井衛・中笠真元・神谷泉・松岡昌志(2013)地形分類情報を活用した液状化発生危険度の予測。日本地球惑星科学連合2013年大会予稿, HSC25-10。
 中笠真元・小荒井衛・宇根寛(2015)地形分類情報を用いた液状化ハザード評価基準の再考。地学雑誌, 124(2), p259-271。
 国土庁防災局震災対策課(1999)「液状化地域ゾーニングマニュアル(平成10年度版)」(平成11年1月)。

小荒井ほか(2013)、中笠ほか(2015)		
微地形区分	液状化発生可能性	
山地／丘陵地	ほぼ無し	
山麓地	ほぼ無し	
ローム台地／岩石台地	ほぼ無し	
砂礫質台地	低地の場合は氾濫平野に準じる	
ローム台地／岩石台地	ほぼ無し	
— (元の地形による)	元の地形により評価	
扇状地(勾配1/100以上)	小さい	
扇状地(勾配1/100未満)	やや大きい	
谷底低地(勾配1/100未満)	大きい	
谷底低地(勾配1/100以上)	やや大きい	
三角洲・海岸低地	大きい	
自然堤防(比高5m以上)	やや大きい	
自然堤防(比高5m未満)	大きい	
—	—	
自然堤防(比高5m以上)と同等	やや大きい	
砂州・砂礫州	やや大きい	
砂丘	小さい	
低地隣接砂丘縁辺部	非常に大きい	
砂州・砂丘間低地	非常に大きい	
後背低地	やや大きい	
旧河道	非常に大きい	
河原	—	
—	(大きい) 評価対象外	
—	※一般に人的被害は少	
水境	—	
— (埋立地と同等の扱い)	評価対象外	
— (干拓地と同等の扱い)	非常に大きい(埋立地として扱う)	
— (元の地形による)	大きい(干拓地として扱う)	
—	(ほぼ無し/ 大きい)	
—	※元の地形により評価	
埋立地	非常に大きい	
—	—	
—	—	
—	—	
—	—	
—	—	
干拓地	大きい	
— (元の地形による)	— 評価対象外	
—	—	

液状化ゾーニングマニュアル(H11)	
微地形区分	液状化可能性の程度 (レベル2地震動)
山地／丘陵地	無
—	—
台地	無
台地の凹地部分	(可能性あり)
扇状地	小
扇状地	大
デルタ型谷底平野	小
扇状地型谷底平野	大
三角洲	大
自然堤防	極大
自然堤防縁辺部	極大
比高の小さい自然堤防	極大
乾行州(ポイントバー)	—
—	—
砂州	大
砂礫州	小
砂丘	小
砂丘末端斜面	極大
—	—
砂丘間低地・堤間低地	極大
後背低地	大
旧河道・旧地沼	極大
扇状地上の浅い谷、凹地	—
砂泥質の河原	極大
砂礫質の河原	小
海浜	小
渚地	大
—	—
(埋立地)	(極大)
(干拓地)	(大)
—	—
埋立地	極大
盛土地(低地、干拓地、谷底平野、崖・斜面近接)	極大
—	—
—	—
—	—
人工海浜	極大
干拓地	大
(判読対象としない)	—
清水地点	極大

表-1.5.3 「国土庁防災局震災対策課：液状化地域ゾーニングマニュアル（平成10年度版）、平成11年1月」における微地形区分による判定基準と解説

微地形分類図と液状化判定基準を使用して、地盤表層の液状化の可能性を地震動のレベルに応じて、それぞれ下記の4段階に判定する。

○レベル1地震動----「大」、「小」、「極小」、「無」

○レベル2地震動----「極大」、「大」、「小」、「無」

表 地形から見た判定基準

地盤表層の液状化可能性の程度					微地形区分
グレード1	グレード2				
	レベル1地震動		レベル2地震動		
液状化の検討を要する地域	大	液状化の可能性は大きい。	極大	液状化の可能性は非常に大きい。	埋立地、盛土地、旧河道、旧池沼、蛇行州、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地点
	小	液状化の可能性は小さい。	大	液状化の可能性は大きい。	自然堤防、湿地、砂州、後背低地、三角州、干拓地、緩扇状地、デルタ型谷底平野
	極小	液状化の可能性は極めて小。	小	液状化の可能性は小さい。	扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜、扇状地型谷底平野
要しない地域	無	可能性無し。	無	可能性無し。	台地、丘陵地、山地

(注1)・ここで言う盛土地とは、崖・斜面に近接した盛土地、低地・干拓地・谷底平野の上の盛土地をさす。これ以外の盛土地は、盛土前の地形区分と同等に扱う。

(注2)・自然堤防のうち、自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防等、地下水位が高い部分(G.L.-2m～G.L.-3m以浅)は液状化の可能性を1ランク高く評価する。

- ・砂丘のうち、砂丘末端斜面、切土部等、地下水位が高い部分は液状化の可能性を2ランク高くする。
- ・段丘、台地上でも凹地部分等では、地下水位が高いため、液状化の可能性がある。

- (a) 表の分類の特徴は、過去の被害事例研究に基づき、液状化の要因と微地形分類を関連づけている点にある。
- したがって、地域に固有な地形分類がある場合や微地形を構成する表層土質が地域性により一般と異なる場合には、上表作成の基本精神を尊重し、地下水位の高低、その構成土質および成因、粒度分布、液状化履歴などを勘案して地盤の液状化被害の程度を判断するものとする。
- (b) また、盛土・干拓地は人工地盤のため、自然地盤と異なり、その構成土質は現地条件や施工者に左右される場合もある。そのため、その構成土質によっては上記分類とは液状化の可能性が異なることがある点、注意を要する。

表-1.5.4 中埜ほか（2015）における地形分類と液状化ハザード評価基準

大分類	土地条件データの 地形分類（1995 年以前）	土地条件データの 地形分類（1996 年以降）	小荒井ほか（2013）の 地形分類	液状化 発生可能性
斜面 （火山地形）	斜面（山地）	山地斜面等	山地／丘陵地	ほぼ無し
	火砕丘			
	溶岩円頂丘			
	火口			
	溶岩流地形			
変形地	壁岩	崖		
	禿しゃ地・露岩			
	地すべり（崩壊部）	地すべり（滑落崖）		
	地すべり（堆積部）	地すべり（移動体）		
台地・段丘	高位面	更新世段丘	ローム台地／岩石台地	ほぼ無し
	上位面			
	中位面			
	下位面			
	洪積台地			
山麓堆積地形	低位面	完新世段丘	砂礫質台地	小さい
	麓斜面	山麓堆積地形	山麓地	ほぼ無し
	崖錐			
	土石流堆			
	土石流段丘			
	崖錐・麓斜面・土石流堆			
低地の一般面	谷底平野・氾濫平野	谷底平野・氾濫平野	谷底低地（勾配 1/100 以上）	やや大きい
			谷底低地（勾配 1/100 未満）	大きい
	海岸平野・三角洲	海岸平野・三角洲	三角洲・海岸低地	大きい
	後背低地	後背低地	後背湿地	やや大きい
			砂州・砂丘間低地	非常に大きい
凹地・浅い谷	旧河道	旧河道	旧河道	非常に大きい
	凹地・浅い谷	凹地・浅い谷	－ （形成前の地形（現在の隣接地形）による）	小さい ～大きい
低地の微高地	扇状地	扇状地	扇状地（勾配 1/100 以上）	小さい
	緩扇状地		扇状地（勾配 1/100 未満）	やや大きい
	自然堤防	自然堤防	自然堤防（比高 5m 以上）	やや大きい
			自然堤防（比高 5m 未満）	大きい
	砂（礫）堆・州	砂州・砂堆・砂丘	砂州・砂礫州	やや大きい
	砂丘		砂丘	小さい
			低地隣接砂丘縁部	非常に大きい
	天井川沿いの微高地	天井川・天井川沿いの微高地	－	やや大きい
旧天井川の微高地	（自然堤防（比高 5m 以上）と同等の扱い）			
台地・段丘状の地形				
類水地形	天井川の部分	高水敷・低水敷・浜	河原	大きい
	高水敷			
	低水敷・浜			
	湿地・水草地	河川・水証線及び水面	水域	－
	潮汐平地			
	低水敷・浜・潮汐平地			
水部	落堀	旧水部	－（埋立地と同等の扱い）	非常に大きい
	水部			
人工地形	－	旧水部	－（埋立地と同等の扱い）	非常に大きい
	農耕平坦化地	農耕平坦化地	－（元の地形による）	ほぼ無し／ 大きい
	平坦化地	切土地	－（元の地形による）	ほぼ無し
	切土地			
	切土斜面			
	凹陷地			
	高い盛土地	高い盛土地	－（埋立地も含む）	やや大きい／ 非常に大きい
	盛土斜面	盛土地・埋立地	－（埋立地も少量含む）	大きい
	盛土地			
	埋土地			
	埋立地		埋立地	非常に大きい
	干拓地	干拓地	干拓地	大きい
	改変工事中の区域	改変工事中の区域	－（元の地形による）	－

1995 年以前の土地条件データの地形分類で、1996 年以降の土地条件データの地形分類に対応するものがない場合は表示していない。

a) 扇状地を細分した評価に関する扱い

扇状地の評価区分において、「液状化地域ゾーニングマニュアル」では“扇状地”と“緩扇状地”に、小荒井ほか（2013）や中埜ほか（2015）では勾配 1/100 を境に細分し評価を分けている。これは、一般に扇状地の縦断地表面勾配と扇状地の構成物質（主に粒度）との間に相関があり、勾配が小さい扇状地は細かい砂を含む割合が多くなる傾向があることを考慮したものである。特に、扇状地の扇端付近は、地下水位が浅く、過去の地震で液状化した事例がみられる。なお、若松（1993）によれば、過去の地震において液状化が発生した扇状地の縦断地表面勾配は、ほとんどが 5/1,000 以下であり、縦断地表面勾配が 10/1,000 以上の土石流型の扇状地が液状化した記録はほとんど確認されていない（表-1.5.5）。

しかし、扇状地は数百 m 程度未満の小規模なもの（沖積錐）から 10km を超えるものまで、その規模は様々であり、複数の扇状地が重なり合って複合扇状地をなす場合もある。このため、同じ扇状地であっても、計測する測線の位置や測線長の取り方によって、算出される縦断地表面勾配が異なる結果となる。したがって、全国で同じように作業を行うことを想定すると、勾配を指標として、一律に扇状地を細分して評価することは実務上困難である。

また、過去の地震における扇状地の液状化発生箇所は、その多くが扇端部の湧水地点付近など地下水位が浅い場所や砂利採取後の埋戻し地のような人工改変地であり、局所的かつその被害も限定的である。

扇状地が有するこれらの特徴を踏まえ、本手引きでは、扇状地を細分せず、「液状化発生傾向がやや弱い」微地形として評価することとした。ただし、これは扇状地の中に液状化しやすい地盤条件を有する場所が存在することを否定するものではない。扇状地の中で構成物質や地下水位等の地盤条件が明らかで、地域の特性上「液状化発生傾向」を相対的に分けて示す必要がある場合は、適宜細分して評価する必要がある。特に、扇端付近では湧泉があっ

表-1.5.5 扇状地における液状化履歴地点
付近の縦断地表面勾配 若松（1993）

地域名	扇状地名	1/5万地形図名	液状化 地点数	勾配(‰)
津軽平野	平川	黒石	7	2
横手盆地	斉内川	角館	2	9
	西馬音内川	浅舞	3	5
庄内平野	赤川	鶴岡	1	1
新潟平野	荒川	中条	6	2
関東平野	利根川	高崎・深谷	約50	2
	荒川	熊谷	6	4
	多摩川	東京西南部	約60	2
長野盆地	松川	中野	5	2
	百々川	須坂	4	2
	犀川	長野	7	4
甲府盆地	笛吹川	甲府	3	2
東海地域	黄瀬川	沼津	6	4
	富士川	吉原	4	3
	安倍川	静岡	18	3
	大井川	住吉・掛川	7	2
	天竜川	磐田・掛塚	多数	2
濃尾平野	木曽川	岐阜・名古屋北部	10	2
	長良川	大垣・岐阜	10	2
	根尾川	大垣	5	3
	揖斐川	大垣	12	3
福井平野	九頭竜川	永平寺・大聖寺	多数	3

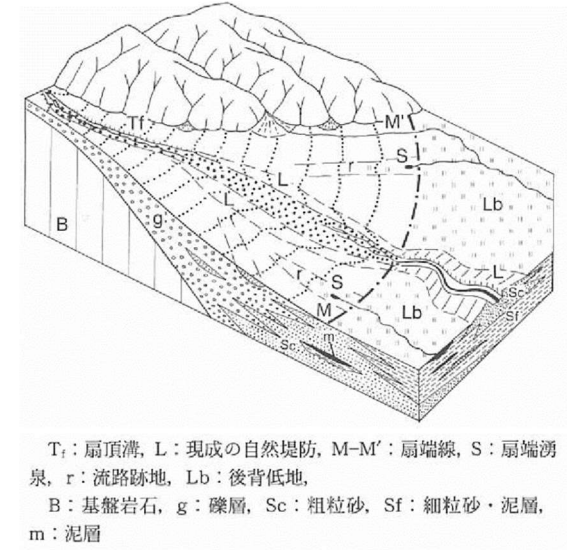


図-1.5.1 扇状地の模式図 鈴木（1998）

たり、地下水が被圧していることがあり、地震による揺れが小さくても噴砂や噴水といった現象が起こった事例がある。

扇状地上の旧河道は一般に周囲と同じく礫質地盤であり液状化しにくいですが、盛土や埋土されている場合は、地下水の状況によって液状化発生傾向が異なることがあるので注意が必要である。さらに、扇状地では建設資材として砂利採取が行われることがあり、採取後の埋戻し地は局部的に液状化することがあるため、人工改変地の抽出において留意しなければならない。

b) 氾濫低地と谷底低地の区分方法について

氾濫低地と谷底低地（又は氾濫平野と谷底平野）は、既往の微地形分類図では区分せずに用いられることが多い。一般に、氾濫低地は、「洪水時に流水が河道などから溢流して氾濫する範囲の平野を指し、すなわち谷底平野・扇状地・沖積平野・三角州などのうちで洪水により浸水する範囲全部を指す（『地形学辞典』二宮書店、1981）」とあり、かなり広い意味で使われる用語となる。一方で、谷底低地は、「日本では幅 1～2km 以下の狭長な谷間の低平地等を指して用いられることが多い（『地形学辞典』二宮書店、1981）」とされており、比較的限定された地形を意味する用語となる。

既存の評価区分において、「液状化地域ゾーニングマニュアル」では“デルタ型谷底平野”と“扇状地型谷底平野”に、小荒井ほか（2013）や中埜ほか（2015）では勾配 1/100 を境に谷底低地（氾濫低地を含む）を細分し評価を分けている。これは、氾濫低地・谷底低地（氾濫平野・谷底平野）の縦断地表面勾配と構成物質（主に粒度）との間に相関があり、勾配が大きいほど砂礫質主体であり、勾配が小さいほど細かい砂を含む割合が多くなる傾向があることを考慮したものとなる。しかし、河川沿いの土質やその構成物質は供給源となる山地の地質や流域特性により異なり、氾濫低地・谷底低地（氾濫平野・谷底平野）においては土質や構成物質の空間変化が複雑であるため、勾配のみを指標として区分した場合、必ずしも地盤特性と対応しないことがある。また、扇状地の場合と同様に、計測する測線の位置や測線長の取り方によって、算出される縦断地表面勾配が異なる結果となり得るため、全国で同じように作業を行うことを想定すると実務的でない。

したがって、本手引きでは、分布する“場”とそれに起因する“地盤特性”の違いを考慮して、山地・丘陵又は台地間に分布し表面勾配 1/100 程度以上の谷底面を「谷底低地」、それ以外は「氾濫低地」として区分して扱うこととする。すなわち、「谷底低地」は河川上流部にあつて礫質の堆積物からなる地盤特性を、「氾濫低地」は河川中～下流域において蛇行河川や自然堤防を伴う砂質土～シルトからなる地盤特性を想定しており、既存の評価区分を踏襲した上で、再定義したものである（図-1.5.2）。

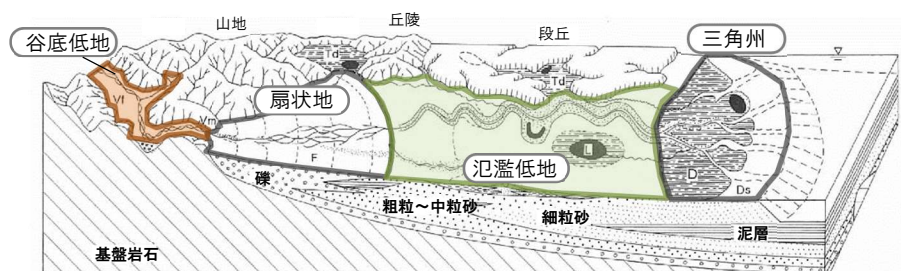


図-1.5.2 氾濫低地と谷底低地の模式図 鈴木（1998）に加筆

c) 自然堤防を細分した評価に関する扱い

一般に、大きな河川ほど土砂の供給が盛んなため、沿岸地には規模の大きい自然堤防が形成され、その構成物質は砂を多く含むことになる。特に、利根川のような大河川が運搬する土砂は、淘汰されたきれいな砂からなる。そのため、大河川に沿う自然堤防は、過去の地震において液状化が発生した地点が比較的多く分布する微地形の一つとなる。

自然堤防の評価区分において、「液状化地域ゾーニングマニュアル」では自然堤防のうち“縁辺部”と“比高の小さい自然堤防”等、地下水位が浅い部分については評価を1ランク高くしており、小荒井ほか（2013）や中埜ほか（2015）では、低地面との比高5mを境に細分し評価を分けている。これは、過去の地震における自然堤防の液状化事例に基づき、主には地下水位との関係から「液状化発生傾向が強い」箇所を条件化したものである。図-1.5.3 にその模式断面を示す。

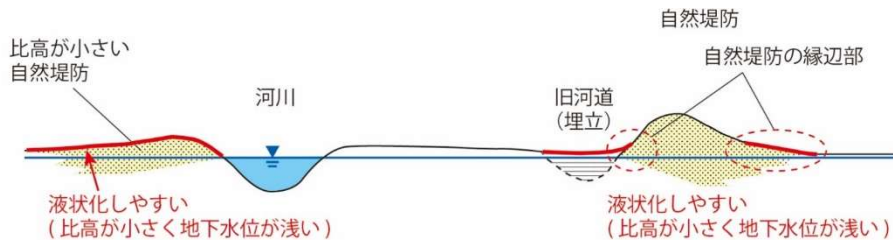


図-1.5.3 自然堤防の模式断面と液状化しやすい箇所

2016 年熊本地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震、2004 年新潟県中越地震について、自然堤防において液状化が発生した箇所を直近の河道からの比高別に整理した事例を図-1.5.4 に示す。いずれの地域も自然堤防の比高は 0～3m が全体の 70～80%を占め、比高 3～5m まで含めると 90%以上となる。これは、相対的な頻度として比高 5m 未満の自然堤防において液状化が多く発生していることと整合する。

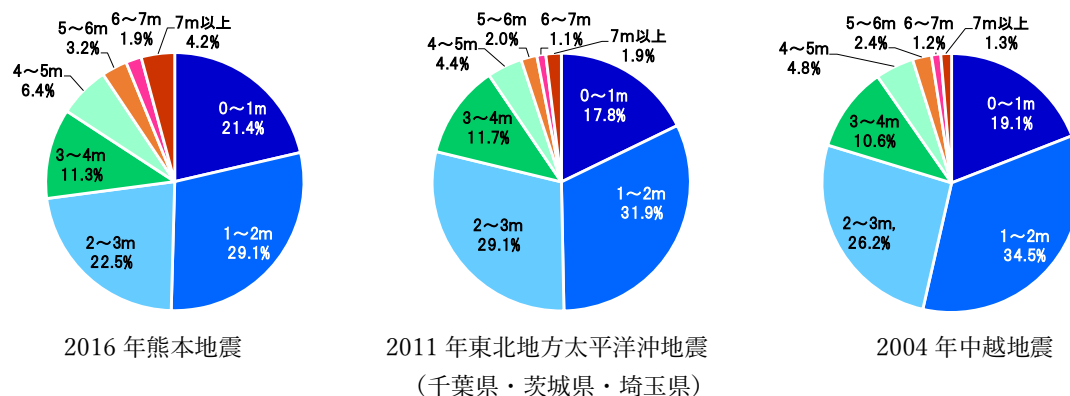


図-1.5.4 自然堤防における液状化発生箇所の比高別構成比

しかし、先に述べたように、自然堤防を構成する堆積物は河川の規模や流域特性によって異なる場合があり、自然堤防の高さ（比高）のみを重視すると、地盤特性を正しく区分できないことがある。例えば、自然堤防の縁辺部でも比高が大きい場所が液状化する場合や、自然堤防上に嵩上げされた河川堤防の基礎地盤部分が液状化する場合などが挙げられる。

自然堤防はそれほど大きな微地形ではないため、一つの自然堤防の中で、液状化しやすい部分（例えば、縁辺部の範囲）だけをゾーニングするのは実務的に困難である。したがって、本手引きでは、自然堤防を細分せず、「液状化発生傾向が強い」微地形として評価することとした。ただし、これは既存の評価区分で考えられているように、自然堤防の中で液状化しやすさに違いがあることを否定するものではない。

過去の地震における自然堤防の液状化発生箇所は、旧河道などに沿った場所で多く分布する傾向がみられることから（例えば図-1.5.5）、人工改変地等の抽出においてこれらとの近接関係に留意する必要がある。

なお、「液状化地域ゾーニングマニュアル」では蛇行州（ポイントバー）を「液状化発生傾向が強い」微地形として明示している。蛇行州は、洪水により堤防が決壊した際に形成される破堤堆積（クレバススプレー）やスクロールバー等と同様に、蛇行河川沿いにみられる微地形の一つである（図-1.5.6）。通常、これらの微地形と低地面との比高は、おおよそ数十 cm～1m 未満となり、近年の洪水等で形成されたものを除いて、自然堤防や低地一般面と識別するのは困難な場合が多い。したがって、本手引きではこれらの微地形を個別に定義せず、河川の氾濫により形成される低地の微高地として自然堤防に含めることとした。

蛇行州やスクロールバー、破堤堆積等は、微高地をなさず、氾濫低地の一部とみなされている場合もあるため、地形判読において留意する必要がある。

以上をまとめると、本手引きにおける自然堤防の液状化発生傾向の評価においては、既存の評価区分のように比高等で細分することはしないが、地域の地理的特性（例えば、規模の大きな自然堤防が分布したり、過去の液状化発生箇所の分布に特徴的な偏りがある場合など）を考慮して、細分化が必要と判断された場合は、上記の留意点に従って細分化することが望ましい。

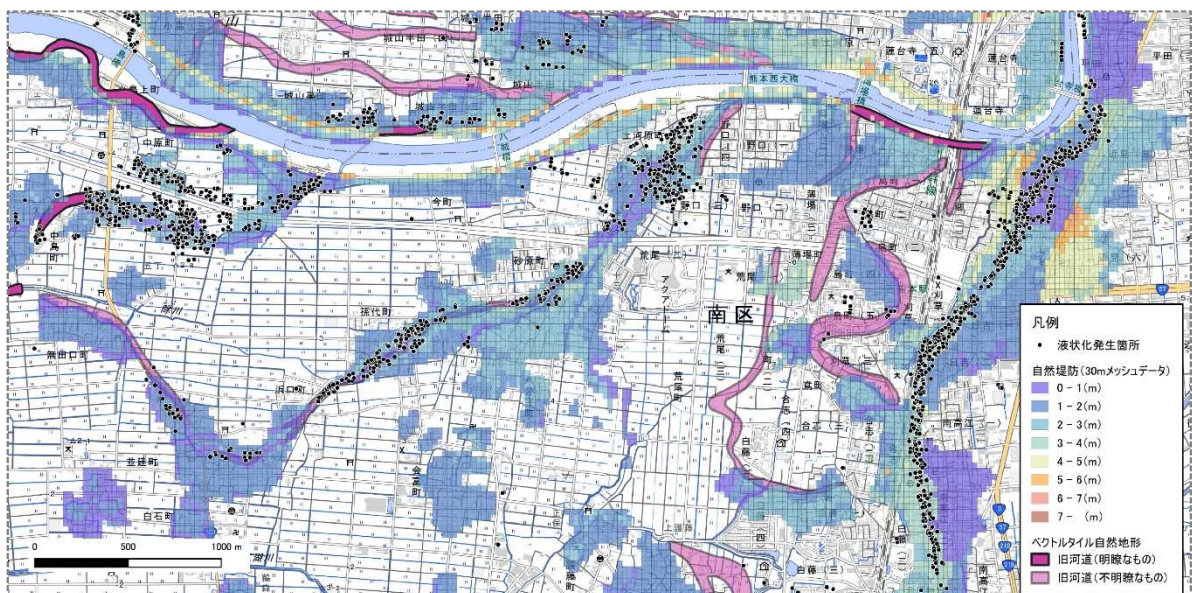
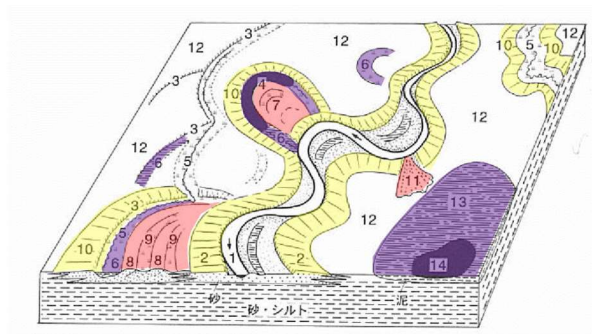


図-1.5.5 液状化発生箇所と自然堤防の比高、旧河道分布の例



- 1:現在の蛇行流路, 2:現在の自然堤防, 3:旧蛇行崖,
4:三日月湖(牛角湖), 5:名残川, 6:蛇行流路跡地の低湿地,
7:蛇行州(ポイントバー), 8:旧スクロールバー, 9:旧スウェ
イル, 10:古い自然堤防, 11:クレバススプレー(破堤堆積),
12:後背低地, 13:後背湿地, 14:後背沼沢地

図-1.5.6 河川沿いに形成される微地形の
模式図 鈴木 (1998) に加筆

d) 砂丘を細分した評価に関する扱い

既往の微地形分類図では、砂丘と砂州（砂礫州）が区分されていないことがある。しかし、主に風の作用により形成される砂丘砂と、波浪や流水の作用を受けて形成される砂州（砂礫州）とでは、粒度組成や締め固め具合といった地盤特性が異なる。したがって、本手引きでは形態や規模（高さ）だけでなく、形成営力を考慮して両者を区分して評価する。

砂丘の評価区分において、「液状化地域ゾーニングマニュアル」では砂丘のうち「砂丘末端斜面」と「切土部」等、地下水位が浅い部分について評価を2ランク高くするとしており、砂丘間低地は液状化の可能性が大きい微地形として区分している。小荒井ほか（2013）や中埜ほか（2015）では、“低地隣接砂丘縁辺部”と“砂州・砂丘間低地”を微地形として細分し、液状化発生可能性が「非常に大きい」微地形として評価している（図-1.5.7）。これは、過去の地震における砂丘地帯の液状化事例（例えば、図-1.5.8、図-1.5.9）から、砂丘砂の分布とその土質の特性、及び地下水位との関係に基づき、「液状化発生傾向が強い」箇所を条件化したものである。

本手引きでは、既存の評価区分に倣い、砂丘地帯の微地形について、“砂丘の頂部付近（砂丘）”と“内陸側の低地に隣接した箇所（砂丘縁辺部）”、“砂丘列の間の低地（砂丘間低地）”、“砂丘上の凹地”に区分して評価することとする。ただし、“砂丘上の凹地”は明確に区分しにくいことが多いため、地域の特徴に応じて、液状化発生傾向を示す上で重要度が低いと判断される場合は省略してもよい。なお、“砂丘間低地”に該当する地形は、既往の微地形分類図では、三角州・海岸低地や氾濫低地、後背低地等の微地形に区分されていることがあるため、既往の微地形分類図を参考にする際は留意しなければならない。

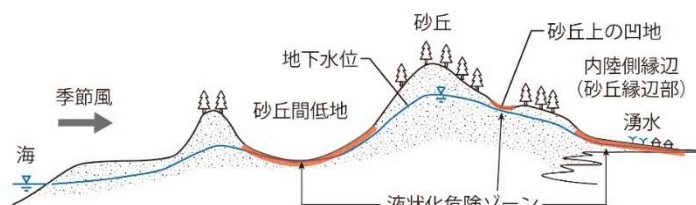


図-1.5.7 砂丘地帯の模式断面と液状化しやすい場所（液状化危険ゾーン）

若松（2018）に一部加筆

各地の砂丘を比較すると、日本海側の砂丘は規模が大きく、整然とした砂丘列をなすものが多い。このような砂丘では、砂丘砂が厚く堆積し、地盤特性も比較的均質であるため、微地形に基づく評価がしやすい。一方、太平洋側では砂丘の発達が悪く、微地形が不明瞭な場合がある。そのため、砂丘砂の分布にムラがあり、地盤特性が不均質になりやすい。例えば、遠州灘沿岸の砂丘では、過去の東南海地震で液状化が発生しているが、その発生地点は必ずしも砂丘内陸側の縁辺部に限らず、砂丘内に不規則に存在するくぼ地のように周囲と比べて相対的に地下水位が浅い場所（砂丘上の凹地）に点在したとされている。したがって、砂丘地帯の液状化発生傾向や液状化危険度は、地域における過去の液状化履歴等も参照し、地域性を考慮して検証することが望ましい。

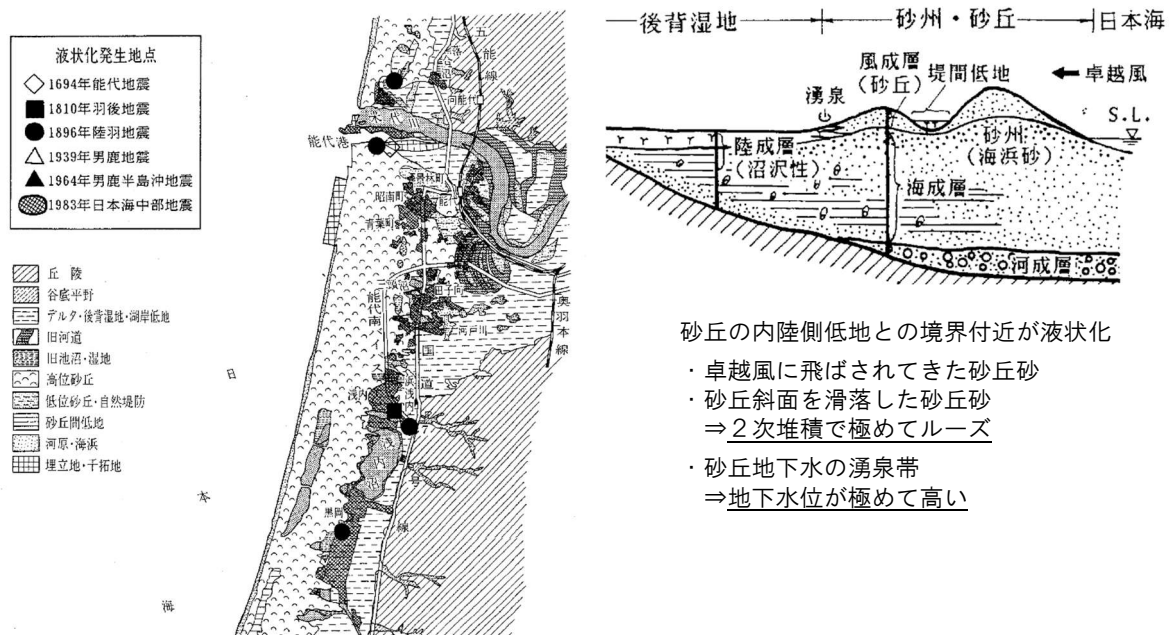


図-1.5.8 砂丘地帯における液状化発生地点と微地形の例（秋田県能代～八郎潟） 若松（1991）

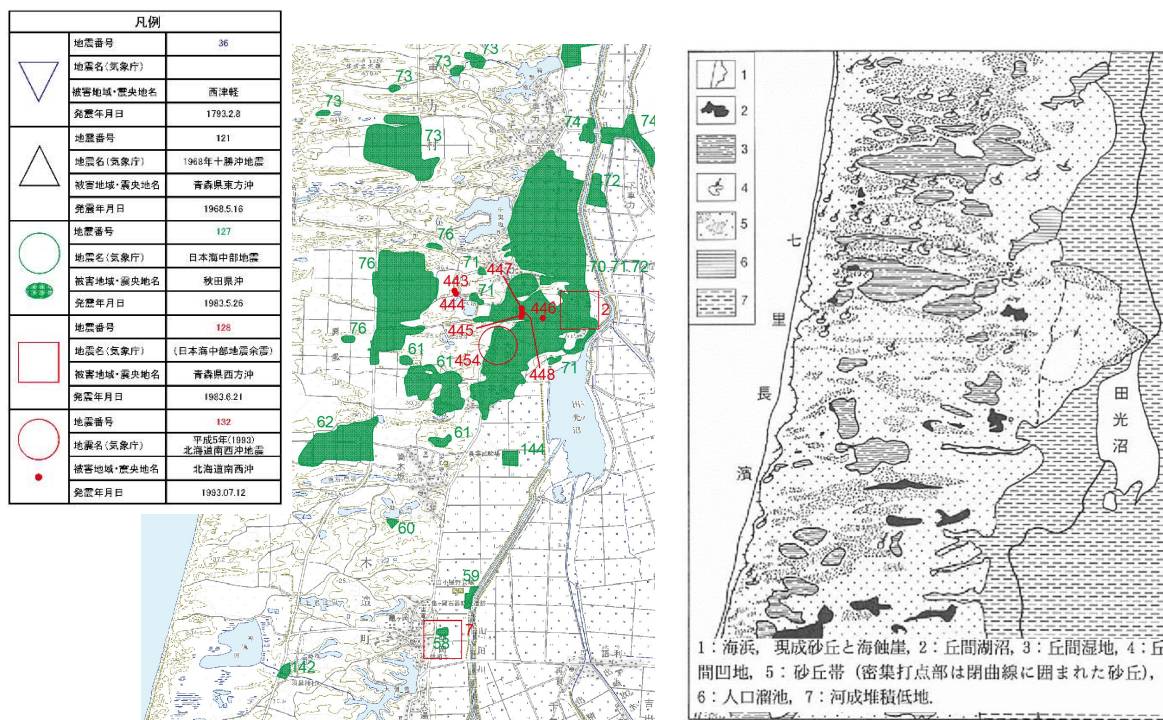


図-1.5.9 砂丘地帯における液状化発生地点と微地形の例（青森県津軽）

左：若松（2011）、右：鈴木（1998）

砂丘や砂州の「液状化発生傾向」を考える上での補足事項として、その形成時期の新旧が挙げられる。海岸線に沿って平行に複数の砂丘（砂州）が列をなす場合、一般的には内陸側の砂丘（砂州）ほど古く、海岸線に近いものほど新しい。したがって、海岸線に近い砂丘（砂州）ほど、表層には砂がゆるく堆積していることが多く、過去の地震の事例においても、砂丘（砂州）の液状化被害の多くは、現在の海岸線に近い部分で発生している。

関東地方では、利根川下流部の霞ヶ浦・北浦の沿岸や東京湾岸の台地麓にいわゆる縄文海進に対応して形成された古い砂州が分布しているが、これらの砂州は 2011 年東北地方太平洋沖地震をはじめ過去の地震においてほとんど液状化が発生していない。

参考文献：

- ・ 国土庁防災局震災対策課(1999)：「液状化地域ゾーニングマニュアル（平成 10 年度版）」。
- ・ 小荒井衛・中埜貴元・神谷泉・松岡昌志（2013）：地形分類情報を活用した液状化発生危険度の予測。日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿，HSC25-10。
- ・ 中埜貴元・小荒井衛・宇根寛(2015)：地形分類情報を用いた液状化ハザード評価基準の再考。地学雑誌，124(2)，pp.259-271。
- ・ 若松加寿江（1993）：わが国における地盤の液状化の履歴と微地形に基づく液状化危険度に関する研究。早稲田大学学位論文，244p。
- ・ 鈴木隆介（1998）：「建設技術者のための地形図読図入門 第 2 巻低地」古今書院，554p。
- ・ 若松加寿江（1991）：液状化問題の地形・地質的背景。応用地質，32(1)，pp.28-40。
- ・ 若松加寿江（2011）：「日本の液状化履歴マップ 745-2008」東京大学出版会 90p.+DVD。

(2) 地域特性等を考慮した“より高度な液状化発生傾向の評価”について

前述の扇状地や自然堤防の事例のように、過去の地震における液状化の発生状況をみると、同程度の揺れの大きさ、かつ、同一の微地形であっても“液状化が発生した場所”と“発生しなかった場所”が存在する。これは同一の微地形であっても地盤特性や地下水位にばらつきがあり、液状化発生傾向に違いがあるためである。

液状化発生傾向に違いをもたらす要因として、①形成時期の違い、②堆積物の供給源となる河川の流域特性や地質の違いに起因する土質・地盤特性の違い、③地下水位の違いなどが考えられ、同じ微地形であっても液状化発生傾向の評価を分けた方が、地域の液状化危険度を適切に示せる場合がある。これらは、微地形分類図に加え、ボーリング調査結果等の地盤情報、過去の液状化発生履歴等により、地域性を踏まえて検討することで、液状化発生傾向の評価・区分に反映することが可能な場合もある。

図-1.5.10 には、流域特性の違いが液状化発生差として現れた例として、1923 年関東地震における埼玉県越谷市・草加市付近の微地形と液状化発生地点を示す。

液状化発生地点は、古利根川や元荒川の旧河道に沿った自然堤防に集中し、荒川の旧流路である毛無川沿いにはあまり見られない。これは、荒川水系の毛長川では、利根川水系と比べて堆積物の粒子が細かく、自然堤防堆積物にシルト分が混入するため液状化しにくい土質であったことが一因と考えられている。

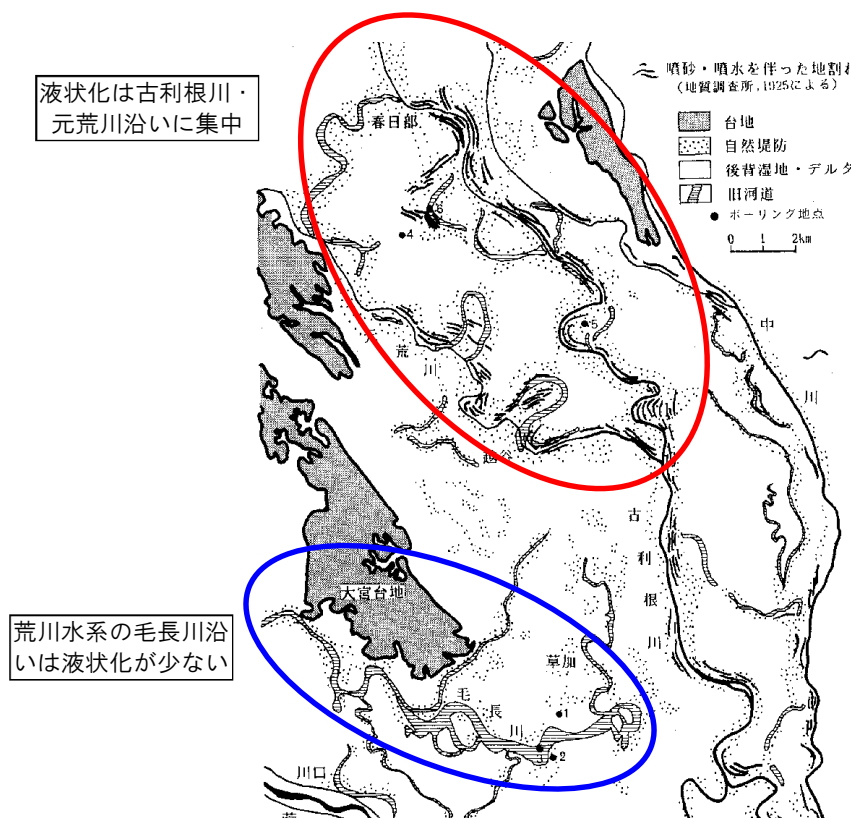


図-1.5.10 1923 年関東地震における埼玉県越谷市・草加市付近の微地形と液状化発生地点

若松加寿江 (1991) 液状化問題の地形・地質的背景. 応用地質, 32(1), pp.28-40.

このように、地域の中で微地形が示す地盤特性に違いがあり、そこから推定される「液状化発生傾向」が異なると判断される場合は、必要に応じて地区ごとに微地形を細分し、評価・区分することが望ましい。

地域特性を考慮した液状化しやすさの評価事例として、国土交通省北陸地方整備局・(公社)地盤工学会北陸支部(2012)が作成・公表した新潟県、富山県、石川県の「液状化しやすさマップ」が挙げられる。この事例では、過去の液状化発生状況に基づき微地形をグルーピングした上で、地盤の構成物質とその層厚、地盤のN値、地下水位の状況により「液状化しやすさ」を判定し区分している(図-1.5.11)。判定の考え方は、液状化しやすい地盤条件に基づき設定されており、新潟県、富山県、石川県それぞれの地域特性を踏まえ、考え方を整理している。これは、「ほくりく地盤情報システム」により集積された豊富なボーリング資料を有効に活用した例といえる。

なお、同一微地形範囲内に複数の異なる地盤情報(ボーリングデータ等)が存在した場合、微地形区域を細分化することになるが、その細分方法について一律の手法はなく、地域の地形・地質について相応の知識を有する技術者等が地質(地盤)断面図などを作成した上で検討することになり、高度な技術的判断が必要となる。

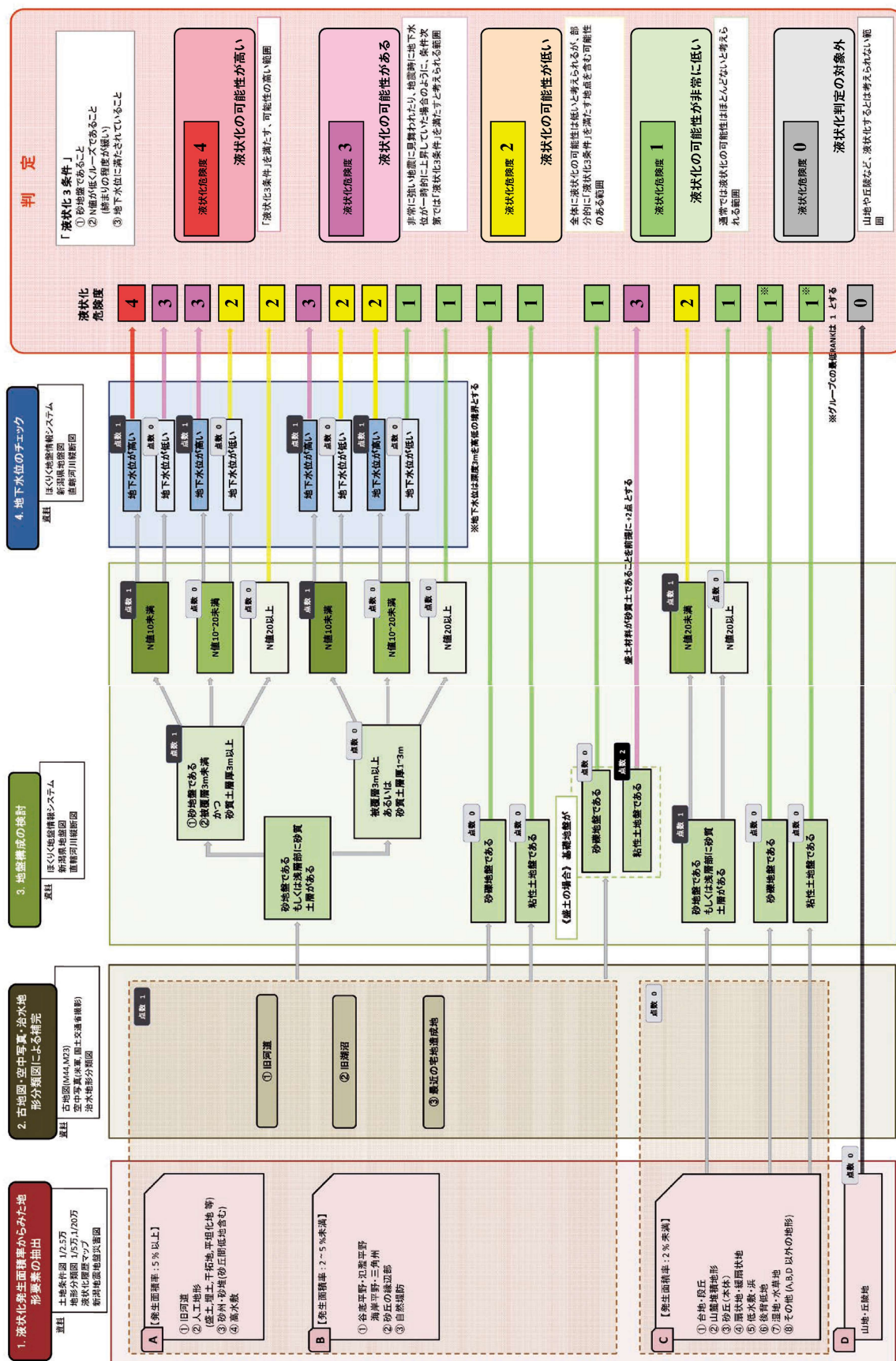


図-1.5.11 国土交通省北陸地方整備局・(公社)地盤工学会北陸支部 (2012) における液状化しやすさの判定フロー

1-6. 液状化発生傾向を検討するための参考資料

(1) 地域別にみた過去の地震で液状化が発生した箇所の主な特徴

過去に液状化が発生した地震については、液状化発生箇所の地盤特性等が調査され、様々な知見が得られている。各自治体で「地域の液状化発生傾向」を検討する際の参考として、表-1.6.1に、既往の研究論文等から液状化が発生した箇所の主な特徴を抽出し地域別に整理した。

各自治体での検討にあたっては、これらの知見を参考にしつつ、単に液状化発生傾向を5段階に区分するだけでなく地域特性を踏まえ、“どのような土地条件の場所で液状化発生傾向が強くなるのか”、また、“それがどこに分布しているのか”を把握することが望ましい。

表-1.6.1の整理に用いた参考文献を以下に示す。これ以外にも液状化発生地点の微地形や地盤特性について報告した文献は多数存在するので適宜参照されたい。

参考文献：

- ・ 青山雅史・小山拓志（2017）：2011年東北地方太平洋沖地震による茨城県神栖市、鹿嶋市の液状化発生域と砂利採取場分布の変遷との関係。地学雑誌，126(6)，pp.767-784.
- ・ 橋本隆雄・安田進・庄司学（2015）：東日本大震災による神栖市深芝・平泉地区の採掘跡地における液状化被害の分析。土木学会論文集，Vol.71，No.4（地震工学論文集 第34巻）I_376-I_386より
- ・ 大矢雅彦・古藤田喜久雄・若松加寿江・久保純子（1982）：庄内平野水害・地盤液状化予測地形分類図。建設省酒田工事事務所。
- ・ 古藤田喜久雄・若松加寿江（1984）：日本海中部地震による液状化現象と地形条件との関係。土と基礎，32(9)，pp.59-63.
- ・ 古藤田喜久雄・若松加寿江（1988）：千葉県東方沖地震による液状化現象とその被害。土と基礎，36(12)，pp.19-24.
- ・ 古藤田喜久雄・若松加寿江・久保純子（1989）：福井地震による液状化発生地点の地形・地盤条件。第24回土質工学研究発表会発表講演集，pp.891-894.
- ・ 地盤工学会（2019）：「平成30年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告書」。163p.
- ・ 先名重樹・長谷川信介・前田宣浩・藤原広行（2012）：東北地方太平洋沖地震における利根川流域の液状化被害。日本地震工学会論文集，12(5)特集号，pp.143-162.
- ・ 千葉県地質環境研究室・液状化防止技術研究会・（1993）楠田隆・香村一夫・風岡修（1993）：1993釧路沖地震による地質災害調査（概報），千葉県環境地質研究千葉県環境地質研究，24，pp.1-37.
- ・ 東北大学理学部地質学古生物学教室災害調査グループ（1979）：東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告，80，pp.1-97.
- ・ 土木学会鳥取県西部地震調査団（2000）：2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告。19p.
- ・ 土木学会芸予地震調査団（2001）：2001年3月24日芸予地震被害調査報告。21p.
- ・ 永瀬英生・廣岡明彦・安福規之・平松浩三・橋村賢次（2005）：2005年福岡県西方沖地震での液状化被害に関する調査報告。第28回地震工学研究発表会。
- ・ 阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会編（1998）：「阪神・淡路大震災調査報告書 解説編」。地盤工学会。594p.

- ・ 東日本大震災合同調査報告書編集委員会編(2014)：「東日本大震災合同調査報告 共通編 3 地盤災害 DVD」. 地盤工学会.
- ・ 安田進・柳畑亨・穴道玲・田上裕・千葉久志 (1993)：砂丘地における液状化分布特性. 地域安全学会論文報告集, 3, pp.16-23.
- ・ 若松加寿江 (1991)：液状化問題の地形・地質的背景. 応用地質, 32(1), pp.28-40.
- ・ 若松加寿江 (1991)：微地形による表層地盤の液状化特性の評価. 日本建築学会構造系論文報告集, 421, pp.29-37.
- ・ 若松加寿江 (1993)：わが国における地盤の液状化の履歴と微地形に基づく液状化危険度に関する研究. 早稲田大学学位論文, 244p.
- ・ 若松加寿江・吉田望・規矩大義 (2006)：2004 年新潟県中越地震による液状化現象と液状化発生地点の地形・地盤特性. 土木学会論文集 C, 62(2), pp.263-276.
- ・ 若松加寿江・先名重樹 (2014)：2011 年東北地方太平洋沖地震による東北地方の液状化発生と土地条件. 日本地震工学会論文集, 14(2), pp.124-143.
- ・ 若松加寿江・先名重樹 (2015)：2011 年東北地方太平洋沖地震による関東地方の液状化発生と土地条件. 日本地震工学会論文集, 15(2), pp.25-44.
- ・ 若松加寿江・先名重樹・小澤京子 (2017)：平成 28 年(2016 年)熊本地震による液状化発生の特徴. 日本地震工学会論文集, 17(4), pp.81-100.

表-1.6.1 過去の地震における液状化が発生した箇所の特徴 (1/4)

対象地域	着目した地域	液状化が発生した箇所の主な特徴	対象地震	主な出典
【北海道地方】	臨海部（デルタ地帯）	臨海部の新期埋立地。	1993年釧路地震 1993年北海道南西沖地震 1994年北海道東方沖地震 2003年十勝沖地震 2018年胆振東部地震	千葉県地質環境研究堂他(1993) 地盤工学会(2019)
	湿原と周辺の低地	地形に残されている新しい旧河道。 蛇行する河川のポイントバーにあたる沿岸地。 湿原上における火山灰質材料による盛土造成地。 泥炭層を掘削し砂で埋戻したマンホールの抜け上がり。		
	砂丘地帯	砂丘の内側の砂鉄採取跡の埋戻し地。		
	丘陵地とその周辺	未固結の火山砕屑物（クルミ坂岩屑など堆積物）の流動化。（地山部分含む） 谷埋め盛土造成地（火山灰質材料）の液状化、流動化。		
【東北地方】	砂丘地帯	砂丘間低地、沖積段丘、砂丘地帯に隣接するデルタで液状化。 砂丘砂の二次堆積又は砂丘砂を用いた盛土からなり、地下水位が浅い沖積段丘の表層。 砂丘地帯に近接するデルタは、表層に分布する砂丘砂の二次堆積物が液状化。	1968年十勝沖地震 1983年日本海中部地震	古藤田・若松(1984) 安田他(1993) 若松(1993)
	デルタ地帯	干拓地、自然堤防および砂丘や河川に近接するデルタで液状化。デルタ中央部は液状化なし。		
	自然堤防帯(氾濫低地)	旧河道、自然堤防およびその外延部の後背湿地で液状化した箇所がある（少ない）。		
	扇状地帯	1884年以前の地震のみで液状化の記録がある。		
	砂丘地帯	砂丘の中で標高の低い部分（低位砂丘）、高位砂丘の末端部、砂丘と裏側の低地の境界付近に液状化が集中。 砂丘頂部（液状化なし）の地下水位はGL-4m、砂丘の末端部ではGL-1～-3m。		
能代・八郎潟平野	デルタ地帯	液状化は米代川の旧河道に集中。砂丘から離れたデルタや後背湿地の液状化はなし。 造成後間もない埋立地で液状化が発生。	1896年陸羽地震 1939年男鹿地震 1964年男鹿半島沖の地震 1964年新潟地震 1983年日本海中部地震	古藤田・若松(1984) 安田(1993) 若松(1991) 若松(1993)
		八郎潟干拓地では、干拓堤防（埋立部分）に多く発生し、干拓地内での液状化は少ない。		
	砂丘地帯	砂丘の末端部（東側の低地との境界付近）に集中。標高が高い砂丘の液状化はなし。 砂丘に隣接する旧河道は砂丘砂で埋立てられた箇所で液状化が顕著。		
	デルタ地帯	旧河道、自然堤防に集中。 後背湿地のうち、盛土造成して宅地化した箇所の液状化が点在。		
	扇状地帯	赤川扇状地は平均縦断勾配4/1000の掃流型扇状地。扇端部で局所的に液状化。 今野川、笹川扇状地は17/1000と急勾配の土石流扇状地で液状化なし。 谷底低地は扇状地性の堆積物からなり液状化していない。		
秋田平野	砂丘地帯	鳥状に点在する自然堤防の所々が新潟地震の際に液状化。砂層が薄く軽微。 最上川の蛇行流路、砂丘と低地の境界の旧河道が顕著に液状化（1600年以降の河道変遷からは新旧による液状化発生の差異無し）。	1896年陸羽地震 1939年男鹿地震 1964年男鹿半島沖の地震 1964年新潟地震 1983年日本海中部地震	古藤田・若松(1984)、 若松(1991) 若松(1993)
	デルタ地帯	最上川河口部の埋立地（1913～1934年造成）は新潟地震で液状化。		
	砂丘地帯	砂丘と内陸側の低地との境界付近が液状化。 砂丘頂部の地下水位はGL-9m、末端部ではGL-0.5mと浅い。 砂丘と低地の境界にあった谷地（湿地）を砂丘砂で埋め立てた宅地は液状化。 砂丘間低地は地下水位が浅い場所を選択的に液状化。		
庄内平野	砂丘地帯	砂丘間低地は地下水位が浅い場所を選択的に液状化。	1894年庄内地震 1964年男鹿半島沖の地震 1964年新潟地震 1983年日本海中部地震	大矢他(1982) 若松(1993)

表-1.6.1 過去の地震における液状化が発生した箇所の主な特徴 (2/4)

対象地域	着目した地域	液状化が発生した箇所の主な特徴	対象地震	主な出典
仙台平野	沿岸地域	海岸低地及びその臨海部の人工改変地。 砂州の間の低地部および低地部に隣接する砂州の縁辺部。	1978年宮城県沖地震 2008年岩手宮城内陸地震 2011年東北地方太平洋沖地震	東北大学理学部地質学古生物学教室災害調査グループ(1979) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会編(2014) 若松・先名(2014)
	自然堤防帯(氾濫低地)	河川沿いの旧河道、自然堤防。 旧河道上に位置する宅地造成地。 旧地沼の埋め立て造成地。 後背低地や湿地上の宅地造成地。		
	丘陵部	丘陵部の造成地における谷埋め盛土造成箇所の液状化、流動化。 軽石を含む盛土。		
【関東地方】				
東京低地～ 利根川中流平野	デルタ地帯	臨海部の埋立地、干拓地に液状化被害が集中。 中川、古隅田川沿いでは、自然堤防、旧河道に沿って液状化が発生。 デルタでは液状化の履歴が少ない。	1881年濃尾地震 1894年東京湾北部の地震 1895年霞ヶ浦付近の地震 1923年関東大地震 1931年西埼玉地震 1987年千葉県東方の地震 2011年東北地方太平洋沖地震	先名(2012) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会編(2014) 若松(1993) 若松・先名(2015)
	自然堤防帯(氾濫低地)	旧河道、自然堤防、ポイントバーに集中。後背湿地は極めて少ない。 古利根川、元荒川沿いの自然堤防は、砂質土厚く液状化が多く発生している。 現在の荒川は自然堤防堆積物が薄く、シルト質土質からなるため、液状化被害は少ない。 河道の滑走斜面側で液状化が発生しており、攻撃斜面側はほとんど液状化が発生していない。 干拓地や湿地上の盛土造成地に液状化被害がみられる。		
	扇状地帯	【熊谷扇状地】液状化は扇端部のみ。 【本庄・妻沼】河道に沿うくさび状の分布。扇状地面、旧河道。 表層を粘性土で薄く覆われた箇所が液状化(過剰間隙水圧が上昇しやすい)。湧泉がある場所。 後背湿地、地下水水位が深い扇状地は液状化なし。		
	東京湾岸の低地部	N値が小さい埋立層のみが液状化。 東京湾岸の台地麓の砂州はほとんど液状化なし。	1895年霞ヶ浦付近の地震 1923年関東大地震 1987年千葉県東方の地震 2011年東北地方太平洋沖地震	
房総地域	九十九里平野	【後背湿地】台地や丘陵麓下の後背湿地(水田)上の盛土造成地(軽微)。 【砂州】砂鉄探掘跡の埋戻し地。 砂州間の低地、低地に隣接する砂州の縁辺部。 【旧河道】砂丘背後の旧河道の埋立地。		
	利根川下流平野	旧河道・旧地沼の埋立地。 湖沼干拓後の盛土造成地。 旧河道の滑走斜面側のデルタ(ポイントバー)。 台地・丘陵の麓下の谷底低地で湧水により地下水水位が浅い箇所の盛土造成地。 砂丘地帯の砂利採取後の埋戻し地。 利根川や霞ヶ浦・北浦沿岸の砂州はほとんど液状化なし。		

表-1.6.1 過去の地震における液状化が発生した箇所の主な特徴 (3/4)

対象地域	着目した地域	液状化が発生した箇所の主な特徴	対象地震	主な出典
相模川下流平野	谷底平野、扇状地帯等	【麓肩面、谷底平野】地表近くにゆるい砂が堆積する所で局所的に液状化。 【扇状地】小規模な扇状地（沖積錐）液状化なし。	1923年関東大地震	若松(1993)
	自然堤防帯(氾濫低地)	【相模川沿い】自然堤防・旧河道が液状化（N値≦10のゆるい砂が表層に分布）。 【洪模川沿い】液状化少。表層3m程度が粘性土。 【デルタ】液状化なし。表層は粘性土、下位はN値≧50の海浜砂礫層。 【後背湿地】液状化少。表層の粘性土厚く、下位の砂層は比較的締まっている。		
	砂丘地帯	【砂州】液状化少。沿岸流や波浪により締め固められている。 【砂丘頂部】液状化少。地下水位が相対的に深い。 【砂丘末端・縁辺・堤間低地】液状化。地下水位が浅い。 砂丘や堤間低地の砂は、砂州堆積物のうち比較的怪い（細かい）粒子のみが風に吹き上げられゆる詰めに再堆積したもの。		
【濃尾・東海地方】				
濃尾平野	扇状地帯	扇端湧泉帯に集中。	1881年濃尾地震 1909年姉川地震 1944年東南海地震 1945年三河地震	若松(1991) 若松(1993)
	自然堤防帯(氾濫低地)	【大垣付近】後背湿地。揖斐川およびその分流派川（1530年頃までの揖斐川本流付近）の河床堆積物、自然堤防堆積物が液状化。湧泉位置との明確な関係なし。 被災地下水による潜在的な間隙水圧、粘性土による排水性の低さも要因の一つ。		
	デルタ地帯	自然堤防、旧河道、埋立地、干拓地に集中。デルタ一般面の液状化は少ない。		
	扇状地帯 (天竜川低地)	【天竜川低地上流域】 天竜川に近接した旧河道や旧中州が液状化。後背湿地は1地点のみ。 表層が細粒分の少ない砂で地下水位が浅い。 後背湿地は表層の粘性土が薄いところで、下位の砂礫層の液状化が地表に現れた。 【天竜川低地中流域】 天竜川東側の自然堤防に集中（形成時期が新しい自然堤防や旧河道）。 天竜川から離れた箇所や後背湿地では液状化なし。 【天竜川低地下流域】 天竜川東側の自然堤防、旧河道に集中。		
天竜川下流平野	自然堤防帯・氾濫低地 (太田川低地)	【大田川低地中流域】 大田川に近い自然堤防およびその周縁部に集中。 【大田川低地下流域】 旧河道および自然堤防に集中。後背湿地は液状化なし。 後背湿地の表層5～10mは軟弱な粘性土地盤。	1881年濃尾地震 1944年東南海地震	若松(1993)
	砂州・砂丘地帯	【大田川河口部】 砂州、堤間湿地および砂丘の縁辺に集中。旧河道や自然堤防の一部。後背湿地は液状化なし。 海浜砂ないし後背湿地堆積物上に分布するゆるい河成砂層が液状化。 砂丘はN値30～50の海浜砂礫層の上に厚さ4m前後の砂丘砂（風成砂）が堆積。 砂州は海浜砂層の上に分布する厚さ2m程度の極めてゆるい砂が液状化（成因不明）。		

表-1.6.1 過去の地震における液状化が発生した箇所の主な特徴 (4/4)

対象地域	着目した地域	液状化が発生した箇所の主な特徴	対象地震	主な出典
狩野川・黄瀬川 下流平野	海岸部の低地帯	砂礫州の縁辺、愛鷹山麓の谷の出口で液状化。	1854年安政東海地震	若松(1993)
	デルタ地帯	自然堤防など河岸沿いで液状化。	1881年濃尾地震	
	谷底低地	腐植土を挟む砂泥互層が液状化。谷両側の山地崖からの湧水により地下水位浅い。	1923年関東大地震	
	火山山麓扇状地	扇端部の湧泉や旧河道付近が選択的に液状化。	1930年北伊豆地震	
【北陸地方】				
新潟平野	デルタ地帯・ 海岸部の低地帯	旧蛇行河川沿いのポイントバー。又は旧河筋に面した自然堤防と後背湿地の境界付近。 河道の付け替えによって廢川となった場所。その埋立地。	1964年新潟地震	国土地理院(1965) 若松他(2006)
	砂丘地帯	砂丘縁辺の後背湿地に接する部分。 砂丘内陸側の低地（後背湿地）上の盛土造成地。	2004年新潟県中越地震	
	自然堤防帯(氾濫低地)	旧河道。灌漑用水路の周辺。 河川沿いの自然堤防。 砂利採取後の埋戻し地。	2007年新潟県中越沖地震	
	扇状地帯	砂利採取後の埋戻し地。		
	扇状地帯	液状化が発生した扇状地の平均縦断勾配は、横手盆地（秋田県）の芥内川を除いて5/1000以下。 九頭竜川の扇状地末端部に液状化（噴砂）が集中。	1881年濃尾地震 1948年福井地震	
	自然堤防帯(氾濫低地)	兵庫川やその旧河道は、地表から5m程度までシルト・粘土（デルタ、後背湿地堆積物）で覆われ、 液状化なし。		
砂丘地帯	砂丘末端部（低地との境界）と砂丘間低地が液状化。			
【近畿地方】				
神戸地区	臨海部	まさ土による埋立地（埋立材料による液状化発生の多い）。 岸壁の水平方向変位（はらみだし）。橋脚の損傷。 河川付近及び旧河道。	1995年兵庫県南部地震	阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会編 (1998)
	丘陵地	谷埋め盛土造成地。 内陸の古池（ため池）を埋立てた場所またはその周辺。		
【中国地方】				
中海周辺	臨海部	臨海部の新期埋立地に被害が集中。	2000年鳥取県西部地震	土木学会鳥取県西部地震調査団(2000)
広島平野	デルタ地帯	臨海部の埋立地。	2001年芸予地震	土木学会芸予地震調査団(2001)
【九州地方】				
福岡平野	デルタ・海岸低地	臨海部の埋立地。	2005年福岡県西方沖地震	永瀬他(2005)
熊本地域	デルタ地帯	臨海部の埋立地、干拓地。 旧河道及びその沿岸地や自然堤防（主に水路沿い）。 砂利採取後の埋戻し地。 後背湿地上の盛土地。	2016年熊本地震	若松他(2017)
	自然堤防帯(氾濫低地)			
	阿蘇カルデラの低地部	旧河道沿い。後背湿地。 火山山麓扇状地の浅い谷の盛土地。		

(2) 過去の地震における液状化発生地点と微地形の関係に関する資料

a) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会編(2014)「東日本大震災合同調査報告 共通編 3 地盤災害 DVD」, 地盤工学会.

2011年東北地方太平洋沖地震における関東地方の液状化発生地点を250mメッシュごとに整理して地形区分ごとの発生割合であらわすと、埋立地 22.6%、三角州・海岸低地 22.3%、旧河道 21.5%、干拓地 16.4%の順となる。液状化発生メッシュに占める割合では三角州・海岸低地、埋立地、後背湿地及びローム台地の順となり、このうちローム台地の液状化は谷埋め造成盛土地盤で発生したものである。一方、東北地方では丘陵、砂礫質台地、ローム台地、火山性丘陵など低地以外の地形でも液状化が発生しており、谷埋め盛土部での液状化が特徴的である。

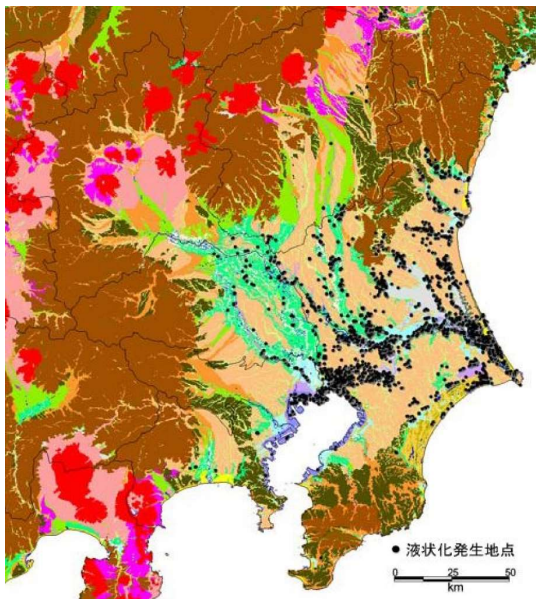


図-1.6.1(a) 関東地方の微地形分類図と液状化発生地点の分布

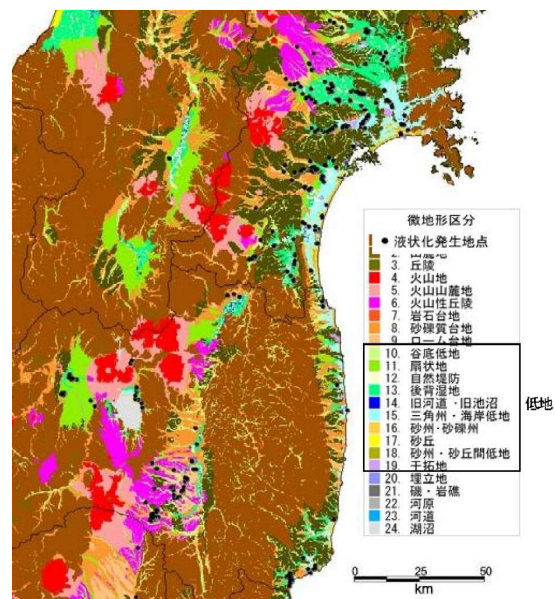


図-1.6.1(b) 東北地方の微地形分類図と液状化発生地点の分布

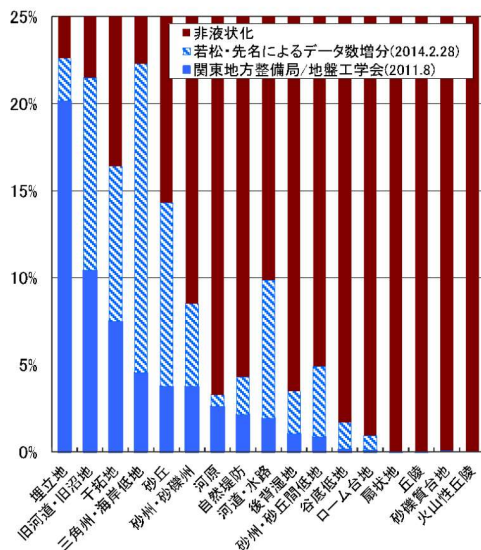


図-1.6.1(c) 関東地方全体の微地形区分ごとの総メッシュ数を分母とした液状化発生割合

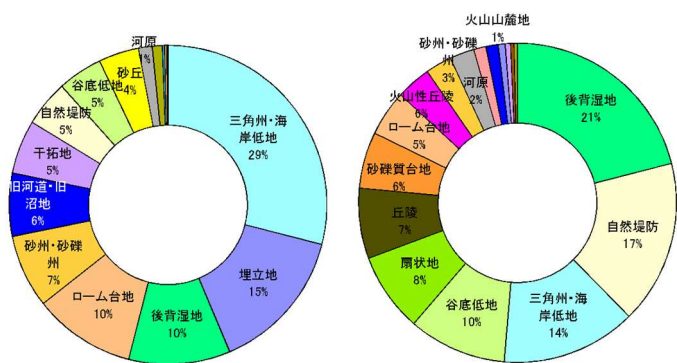


図-1.6.1(d) 液状化発生総メッシュ数を分母とした微地形区分ごとの液状化発生割合 (左: 関東地方、右: 東北地方)

b) 中埜貴元・小荒井衛・宇根寛(2015)地形分類情報を用いた液状化ハザード評価基準の再考、
地学雑誌, 124(2), pp.259-271.

2011 年東北地方太平洋沖地震における関東地方の液状化発生地点と「土地条件図」の地形分類データにより、微地形毎の液状化発生地点数、面積を求め、それぞれの微地形の総面積に対する割合を整理した。その結果に基づき、微地形毎の評価区分案を提案している。

表-1.6.2 地形分類ごとの液状化発生割合一覧表

地形分類名	面積 (km ²)	液状化 (点状)			液状化 (線状)			液状化 (面状)			正規化 割合 合計 (%)
		個数	割合 (%)	正規化 割合 (%)	距離 (km)	割合 (%)	正規化 割合 (%)	面積 (km ²)	割合 (%)	正規化 割合 (%)	
山地斜面等	1875.98	20	0.6	0.1	0.12	0.0	0.0	0.06	0.1	0.0	0.1
崖	2.79	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
地すべり (滑落崖)	0.78	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
地すべり (移動体)	2.52	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
更新世段丘	3739.05	30	1.0	0.1	0.00	0.0	0.0	0.25	0.3	0.0	0.1
完新世段丘	218.98	5	0.2	0.2	0.00	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0	0.3
山麓堆積地形	46.08	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
谷底平野・氾濫平野	1975.60	324	10.4	1.7	0.97	0.2	0.0	3.61	4.5	0.8	2.6
海岸平野・三角州	432.55	200	6.4	4.8	7.03	1.7	1.5	5.55	7.0	5.8	12.1
後背低地	169.95	27	0.9	1.7	2.43	0.6	1.3	0.34	0.4	0.9	3.9
旧河道	50.09	198	6.4	41.4	0.00	0.0	0.0	1.26	1.6	11.3	52.7
凹地・浅い谷	381.27	2	0.1	0.1	0.00	0.0	0.0	0.13	0.2	0.2	0.2
扇状地	19.57	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
自然堤防	559.49	213	6.8	4.0	2.26	0.5	0.4	1.95	2.5	1.6	5.9
砂州・砂堆・砂丘	505.91	158	5.1	3.3	1.85	0.4	0.3	4.91	6.2	4.4	8.0
天井川・天井川沿いの微高地	0.26	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
高水敷・低水敷・浜	294.43	165	5.3	5.9	8.21	1.9	2.5	2.92	3.7	4.5	12.9
湿地	18.86	1	0.0	0.6	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.6
河川・水涯線及び水面	3099.94	102	3.3	0.3	3.79	0.9	0.1	2.60	3.3	0.4	0.8
農耕平坦化地	24.33	0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.01	0.0	0.1	0.1
切土地	809.37	76	2.4	1.0	0.00	0.0	0.0	1.15	1.4	0.6	1.6
高い盛土地	367.22	487	15.6	13.9	346.75	81.9	86.1	39.26	49.3	48.1	148.0
盛土地・埋立地	1190.28	994	31.9	8.7	44.18	10.4	3.4	12.15	15.3	4.6	16.7
干拓地	118.16	54	1.7	4.8	5.64	1.3	4.3	1.49	1.9	5.7	14.8
改変工事中の区域	80.35	58	1.9	7.6	0.01	0.0	0.0	1.98	2.5	11.1	18.6
合計	15983.83	3114	100.0	100.0	423.21	100.0	100.0	79.64	100.0	100.0	300.0

点状、線状、面状の液状化地点について、それぞれ地点数、距離、面積を求めた。「割合 (%)」はそれぞれの総数に対する液状化発生割合、「正規化割合 (%)」は「割合 (%)」を地形分類の面積で正規化した液状化発生割合。

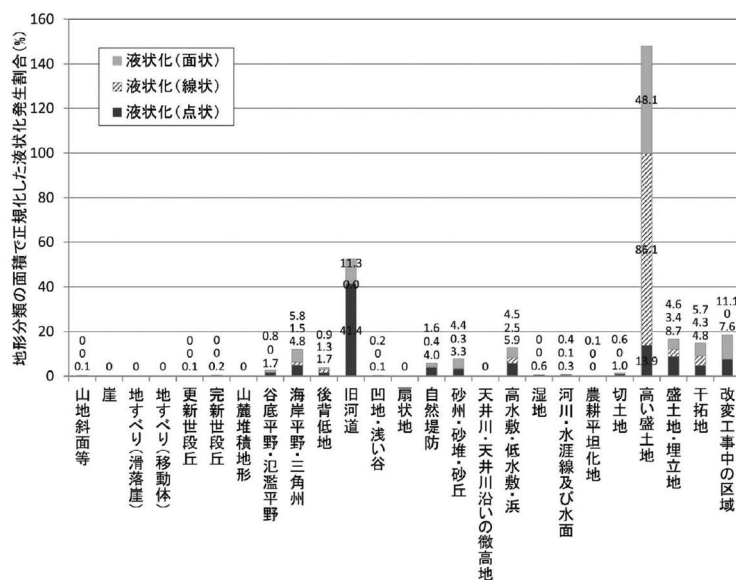


図-1.6.2 各地形分類の面積で正規化した地形分類ごとの液状化の割合

c) 若松加寿江・先名重樹・小澤京子(2017) 平成 28 年(2016 年)熊本地震による液状化発生の特性, 日本地震工学会論文集, 17(4), pp.81-100.

2016 年熊本地震では、後背湿地・自然堤防など河川沿いの氾濫地形、沿岸部の干拓地で液状化による被害が多く見られた。また、阿蘇地域では河川沿いの後背湿地と阿蘇火山山麓の扇状地に液状化発生地点が集中した。液状化の発生地点は偏在しており、河川の氾濫地形、地形改変・砂利採取など近年の人工改変地形とその材料、地下水条件が液状化の発生に大きく影響していたと考えられている。なお、阿蘇地域の扇状地は、表層に火山碎屑物の二次堆積物が分布し、通常の扇状地と比べて砂分を多く含み地下水位が高い。また、扇状地表面上の谷地形を圃場整備で埋めて平坦化した箇所（谷埋め盛土）で液状化被害が集中した事例が報告されている。

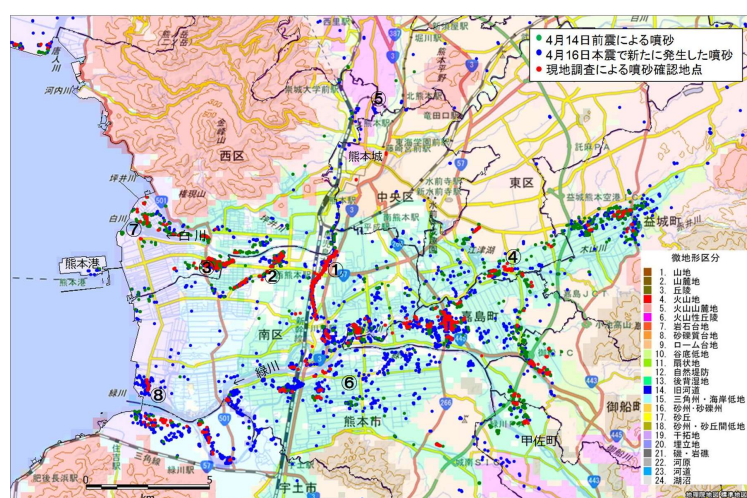


図-1.6.3(a) 熊本平野の微地形区分と液状化発生地点

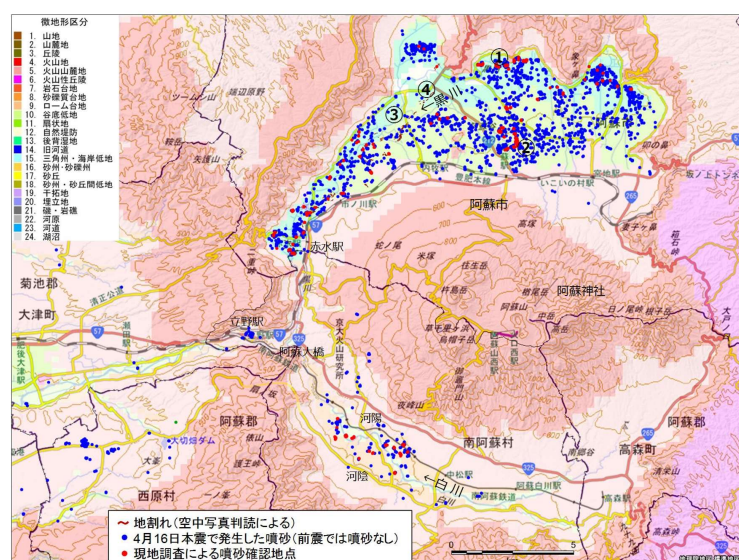


図-1.6.3(b) 阿蘇地域における微地形区分と液状化発生地点

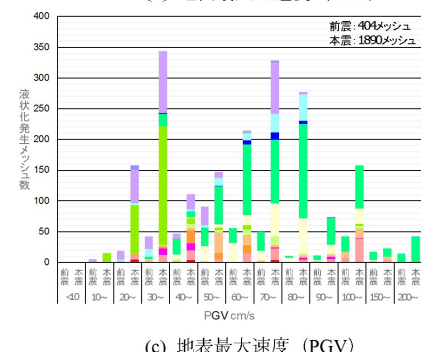
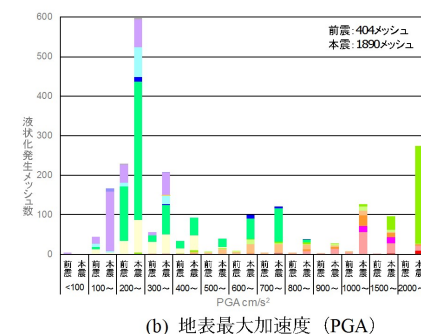
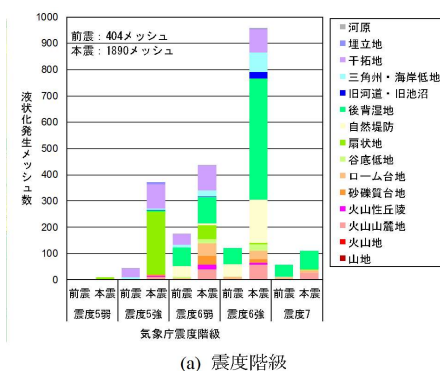


図-1.6.3(c) 地震動強さと液状化発生メッシュ数(微地形区分別)

d) その他過去の地震における液状化発生面積率に関する資料

地震ごとに、微地形区別の液状化発生面積率を報告した例を見ると、概ね類似する低地の微地形で液状化が発生していることがわかる。しかし、その面積率は当該地域における微地形分布の特徴や計算方法に左右される。したがって、検討対象地域に分布する微地形の特徴を踏まえて、「液状化発生傾向」を評価し、液状化が発生した場合の影響を検討する必要がある。

<1964 年新潟地震>

地盤工学会（1988）「土質基礎工学ライブラリー24 土質地震工学」, pp.84-86.

各地形区分に含まれる液状化発生率を整理し、その結果をもとに液状化可能性ランクごとの発生面積率（例えば液状化可能性ランク A の面積中で実際に液状化した面積率）が推定されている。

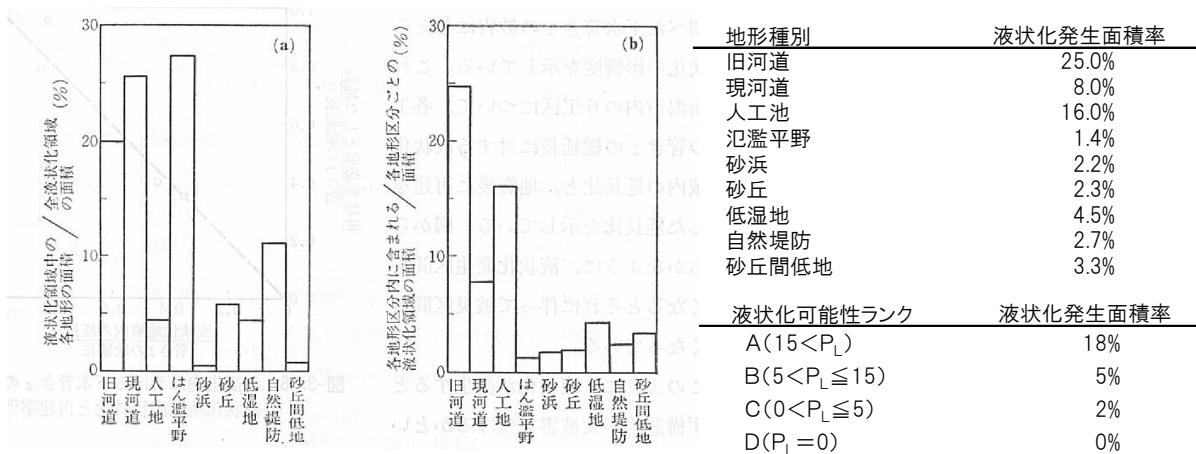


図-1.6.4 新潟平野における液状化面積と地形の関係

<1978 年宮城県沖地震>

岩崎俊男・常田賢一・安田進・佐藤弘行（1982）液状化履歴地点における地形・地質の特徴，第 17 回土質工学研究発表会講演集その 2, pp.1921-1924.

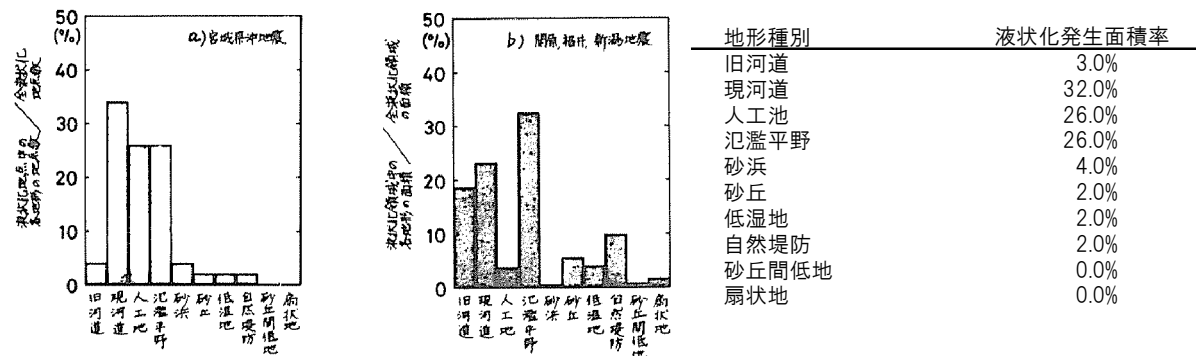


図-1.6.5 液状化履歴地点と地形の関係

（左：1978 年宮城県沖地震、右：関東・福井・新潟地震）

<1995 年兵庫県南部地震>

建設省国土地理院（1996）「1 万分の 1 地震防災土地条件図作成作業（神戸地区）」。

地形種別	液状化発生面積率
埋立地	20～30%
自然堤防	1%以下
緩扇状地	1%以下
海岸平野・三角洲	1%以下

e) 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, 日本地震工学会論文集, 11(2), pp.20-39.

9つの地震について、計測震度の分布と液状化発生日点の微地形を比較し、震度と液状化発生率の関係を微地形区分ごとに検討している。その結果にもとづき、微地形を液状化しやすいの傾向が類似するグループに分け、地震時の震度分布に対する液状化発生率の分布を推定するモデルを提案している。

表-1.6.3(a) 微地形の区分表

微地形区分	ID
山地	MTN
山麓地	MFT
丘陵	HIL
火山地	VLC
火山山麓地	VFT
火山性丘陵	VHL
岩石台地	RST
砂礫質台地	GVT
ローム台地	TVA
谷底低地	VBP
谷底低地（傾斜<1/100）	VPS
扇状地	ALF
扇状地（傾斜<1/100）	AFS
自然堤防	NTL
後背渚地	BKM
旧河道	ARC
三角洲・海岸低地	DEL
砂州・砂礫州	BAR
砂丘	DUN
砂丘末端緩斜面	LSD
砂丘間低地	LDB
干拓地	REC
埋立地	FLL
礫・岩礁	RSR
河原	DRB
河原（傾斜<1/100）	DRS
河道	RIV
湖沼	WAT

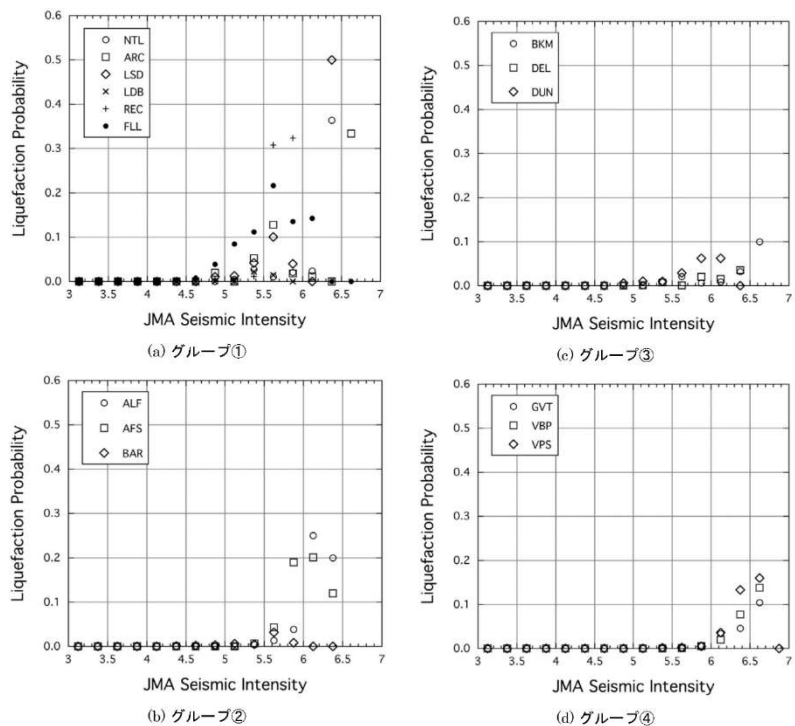


図-1.6.6(a) 計測震度と液状化発生確率の関係

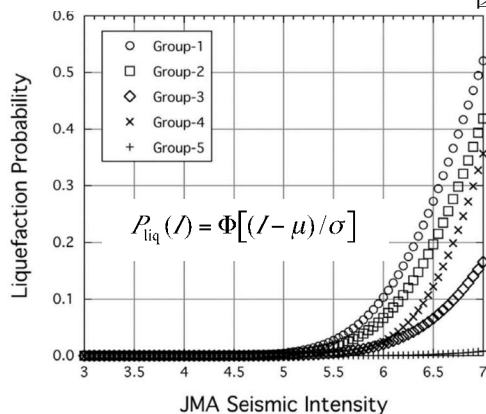


図-1.6.6(b) 液状化発生確率推定の回帰式

表-1.6.3(b) グループごとに得られた回帰パラメータ

グループ	微地形区分	平均値 μ	標準偏差 σ
①	NTL, LSD, LDB, ARC, REC, FLL	6.960	0.761
②	ALF, AFS, BAR	7.160	0.773
③	BKM, DEL, DUN	7.906	0.933
④	VBP, VPS, GVT	7.231	0.628
⑤	上記以外	9.873	1.197

2-1. 宅地の液状化被害の可能性判定

「宅地の液状化被害の可能性判定」は、ボーリング調査結果等の地盤情報に基づき各層の液状化に対する安全率（ F_L ）を算定し、これを基に算定される非液状化層厚（ H_1 ）と地表変位量（ D_{cy} 値）、または液状化指標値（ P_L 値）から図-2.1.1(a)、(b)に示す判定図・判定表を使用し、液状化被害の可能性を5区分3段階で判定するものである。

本手引きにおける「宅地の液状化被害の可能性判定」に係る基本的な作業は、『国土交通省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成25年4月』に従うことを標準とする。なお、液状化安全率（ F_L ）の算定にあたっては、最新版の「建築基礎構造設計指針」及び「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」の液状化判定手法に従うこととし、対象地域の液状化に対するニーズや地域特性に応じ、最適と思われる判定手法を利用されたい。ただし、判定に用いた手法については、宅地の液状化危険度マップ等に明示することが必要となる。

- ・「建築 H_1 — D_{cy} 法」：「建築基礎構造設計指針（2019 改定）」を基本とし、非液状化層厚（ H_1 ）と地表変位表（ D_{cy} 値）との関係から判定する手法
- ・「建築 H_1 — P_L 法」：「建築基礎構造設計指針（2019 改定）」を基本とし、非液状化層厚（ H_1 ）と液状化指標値（ P_L 値）との関係から判定する手法
- ・「道示 H_1 — P_L 法」：「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編(H29.11)」を基本とし、非液状化層厚（ H_1 ）と液状化指標値（ P_L 値）との関係から判定する手法

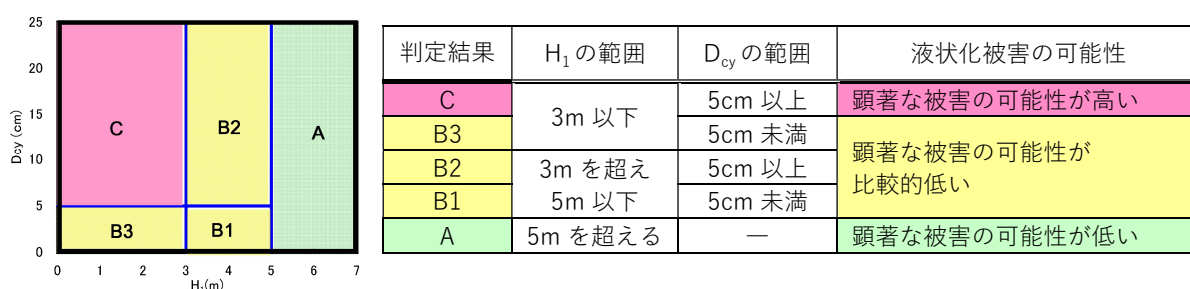


図-2.1.1(a) H_1 — D_{cy} 判定図・数値表



図-2.1.1(b) H_1 — P_L 判定図・数値表

「国交省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成25年4月」より

(1) 対象とする地震動の強さ

『液状化による宅地の被害リスク』では、戸建て住宅等の供用期間中に発生する可能性の高い地震動レベルや、2011年の東北地方太平洋沖地震での液状化被害の実態（震度5弱～5強程度から液状化被害が発生）を踏まえ、対象とする地震動は震度5程度の中地震を基本とする。なお、中地震程度の地震動条件は、地表面最大加速度： $\alpha=200\text{gal}$ 、マグニチュード： $M=7.5$ を標準とする。

■「建築基礎構造設計指針（2019改定）」を基本とする場合

- ・マグニチュード : 7.5
- ・想定最大加速度 $\alpha_{\max}$: 200 (gal)

■「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（H29.11）」を基本とする場合

- ・想定震度 k_{hgl} : 0.20
(k_{hgl} : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度)

一方、各々の市区町村では地域防災計画等を策定する際、各地域で発生が想定される地震や地震動を設定している。本手引きでは、『液状化による宅地の被害リスク』の評価に際し、中地震程度の地震動を標準とするが、地域防災計画等において各地域で設定している地震動を用いて評価することを妨げるものではない。このため、上記の中地震程度の地震動条件を対象とした「宅地の液状化被害の可能性判定」を実施したうえで、さらに、中地震程度の地震動を上回る地震動を対象とした検討・評価を行う必要がある場合には、検討条件等を慎重に設定する必要がある。

(2) 宅地の液状化被害の可能性判定に必要となる情報

「宅地の液状化被害の可能性判定」では、各層の液状化に対する安全率 (F_L)、非液状化層厚 (H_1)、地表変位量 (D_{cy} 値)、液状化指標値 (P_L 値) を算定することから、ボーリング調査結果等から得られる地盤情報が必要となる。これら地盤情報の収集については、手引き本編4章「4-3. 資料の収集」を参照されたい。本節では、液状化に対する安全率 (F_L) の算定において、必要となる地盤情報の一般的なものを示す。なお、以下に示す各地盤情報が十分に収集できない場合は、既往の研究成果等を参照するなど、地域特性に応じた地盤情報の設定を検討されたい。

- 地層構成
- 地下水位
- 標準貫入試験 (N 値)
- 粒径加積曲線の 50%通過粒径 (D_{50})、10%通過粒径 (D_{10})
- 細粒分含有率 (F_c)
- 塑性指数 (I_p)
- 土の単位体積重量

(3) 液状化判定を行う判定対象層

「建築基礎構造設計指針（2019 改定）」及び「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（H29.11）」に記載されている沖積層、埋立て地盤及び盛土地盤の判定対象層の規定を表-2.1.1 及び表-2.1.2 に示す。

表-2.1.1 「建築基礎構造設計指針（2019 改定）」による判定対象層

基本とする基準	地表面から 20m 程度以浅の土層		
	沖積層	埋立て地盤・盛土地盤	
	細粒分含有率が 35%以下の土層	細粒分含有率が 35%以上の低塑性シルト 液性限界に近い含水比を持ったシルト	
		粘土分含有率が 10%以下の土層	塑性指数が 15 以下の土層
「建築基礎構造設計指針」	○	○	○

※○印：判定対象層となる

表-2.1.2 「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（H29.11）」による判定対象層

基本とする基準	沖積層の砂質土層で下記の条件に該当する場合	
	地下水位が地表面から 10m 以内にあり、かつ、 地表面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層	
	50%粒径 10mm 以下で、かつ 10%粒径が 1mm 以下の土層	
	細粒分含有率が 35%以下の土層	細粒分含有率が 35%を超える土層 塑性指数が 15 以下の土層
「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」	○	○

※○印：判定対象層となる

本手引きで行う「宅地の液状化被害の可能性判定」は、『宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）』に従うことを標準とする。表-2.1.3 に当該指針における判定対象層の規定を示す。

表-2.1.3 「宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）」による判定対象層

基本とする基準	地表面から 20m 程度以浅の沖積層・埋立土・盛土				
				50%粒径 10mm 以下で、かつ 10%粒径が 1mm 以下の土層	
	細粒分含有率が 35%以下の土層	細粒分含有率 35% を超える土層		細粒分含有率が 35%以下の土層	細粒分含有率 35% を超える土層
		粘土分含有率が 10%以下の土層	塑性指数が 15 以下の土層		塑性指数が 15 以下の土層
「建築基礎構造設計指針」	○	○	○	-----	
「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」	-----			○	○

※○印：判定対象層となる

(4) 液状化に対する安全率 (F_L) の算定

液状化に対する安全率 (F_L) は、最新版の「建築基礎構造設計指針」及び「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に準拠し算定する。なお、『国土交通省：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説、平成 25 年 4 月』より、沖積層で圧密時間が 400～500 年以上経過していることが明らかな場合には、地盤生成年代効果を考慮することができるものとする。ただし、地盤の生成年代による補正係数 (C_h) は、 $C_h=1.4$ を上限とする。

a) 「建築基礎構造設計指針（日本建築学会：2019 改定）」を基本とする場合

各深さにおける液状化発生に対する安全率 F_L は次式により算定する（地盤生成年代効果については『宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説』に準拠）。

$$F_L = C_h \cdot (\tau_L / \sigma_z') / (\tau_d / \sigma_z')$$

ここで、 F_L : 液状化に対する安全率

τ_L / σ_z' : 液状化抵抗比

τ_d / σ_z' : 等価な繰返しせん断応力比

C_h : 地盤生成年代による補正係数 (C_h)

① 液状化抵抗比の算出方法

液状化抵抗比 (τ_L / σ_z') は、図-2.1.2 のせん断ひずみ振幅 5% の曲線を用いて求める。

また、 N_a は以下の式により算定する。

$$N_a = N_I + \Delta N_f$$

ここで、 N_a : 補正 N 値

N_I : 換算 N 値 $N_I = C_N \cdot N$

ΔN_f : 細粒分含有率 F_c に応じた補正 N 値増分で図-2.1.3 による

$$C_N : \text{拘束圧に関する換算係数 } C_N = \sqrt{100 / \sigma_z'}$$

σ_z' : ボーリング調査時の有効土被り圧 (kN/m^2)

② 等価な繰返しせん断応力比の算出方法

検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比は次式により算定する。

$$(\tau_d / \sigma_z') = \gamma_n \cdot (\alpha_{\max} / g) \cdot (\sigma_z / \sigma_z') \cdot \gamma_d$$

ここで、 τ_d : 水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅 (kN/m^2)

σ_z' : 検討深さにおける有効土被り圧（鉛直有効応力）(kN/m^2)

γ_n : 等価な繰返し回数に関する補正係数で、 $\gamma_n = 0.1 \cdot (M - 1)$

ただし、 M は地震のマグニチュード ($M=7.5$ を標準とする)

$\alpha_{\max}$: 地表面における設計用水平加速度 ($\alpha_{\max}=200\text{gal}$ を標準とする)

g : 重力加速度 (980gal)

σ_z : 検討深さにおける全土被り圧（鉛直全応力）(kN/m^2)

γ_d : 地盤が剛体でないことによる低減係数で、 $\gamma_d = 1 - 0.015z$

z はメートル単位で表した地表面からの検討深さ

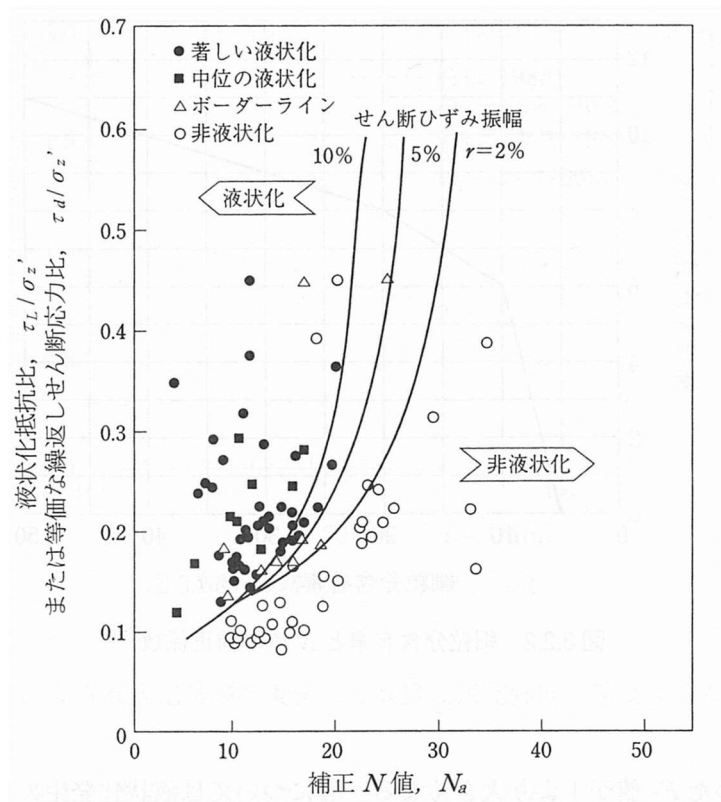


図-2.1.12 補正 N 値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係

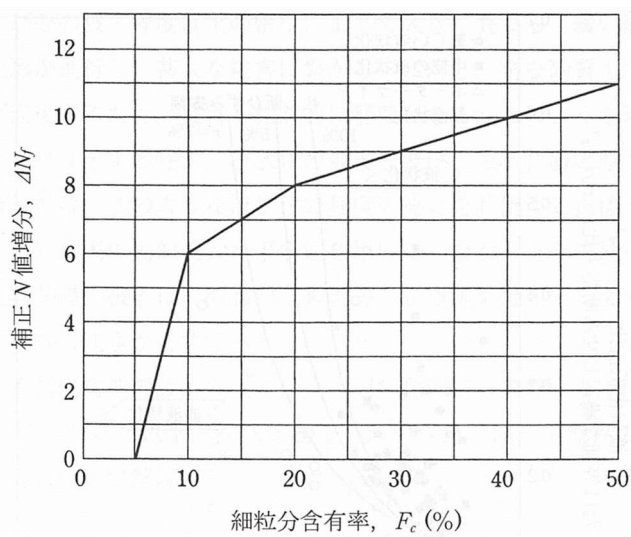


図-2.1.13 細粒分含有率と N 値の補正係数

(「建築基礎構造設計指針 (日本建築学会：2019 改定)」より)

b) 「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（（公社）日本道路協会：H29.11）」を基本とする場合

液状化の判定を行う必要がある土層に対しては、液状化に対する安全率 F_L を算出し、この値が 1.0 以下については液状化が生じると判定する。なお、地盤生成年代効果については、『宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説』に準拠し、考慮できるものとする。

$$F_L = C_h \cdot R / L$$

$$R = c_w \cdot R_L$$

$$L = \gamma_d \cdot k_{hgL} \cdot (\sigma_v' / \sigma_v') \quad \gamma_d = 1.0 - 0.015x$$

ここで、 F_L : 液状化に対する安全率

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

C_h : 地盤生成年代による補正係数 (C_h)

c_w : 地震動特性による補正係数

(レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動 (タイプ I) の場合)

$$c_w = 1.0$$

(レベル 2 地震動 (タイプ II) の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3 R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$$

R_L : 繰り返し三軸強度比 R_L は次式で算定する

$$R_L = 0.0882 \sqrt{(0.85 N_a + 2.1) / 1.7} \quad (N_a < 14)$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{N_a / 1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 \leq N_a)$$

$$N_a = c_{FC} \cdot (N_I + 2.47) - 2.47 \quad (D_{50} < 2\text{mm})$$

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10} \cdot (D_{50} / 2)\} N_I \quad (D_{50} \geq 2\text{mm})$$

$$N_I = 170 N / (\sigma_{vb}' + 70)$$

$$c_{FC} = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 20) / 30 & (10\% \leq FC < 40\%) \\ (FC - 16) / 12 & (40\% \leq FC) \end{cases}$$

N : 標準貫入試験から得られる N 値

N_I : 有効上載圧 100kN/m² 相当に換算した N 値

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値

σ_{vb}' : 標準貫入試験を行ったときの地表面からの深さにおける有効上載圧 (kN/m²)

c_{FC} : 細粒分含有率による N 値の補正係数

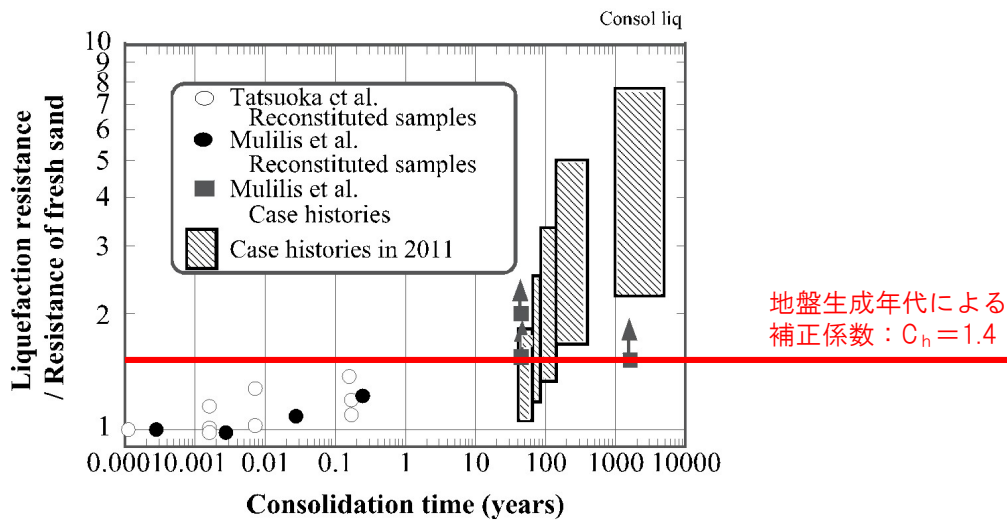
FC : 細粒分含有率 (%) (粒径 75 μ m 以下の土粒子の通貨百分率)

D_{50} : 50% 粒径 (mm)

- γ_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数
 k_{hgl} : 液状化の判定に用いる地盤面の設計水平震度 ($k_{hgl}=0.2$ を標準する)
 σ_v : 地表面からの深さ x (m) における全上載圧 (kN/m^2)
 σ_v' : 地表面からの深さ x (m) における有効上載圧 (kN/m^2)
 x : 地表面からの深さ (m)

c) 地盤生成年代効果の評価

沖積層で圧密時間が 400～500 年以上経過していることが明らかな場合には、最新の技術的知見を反映し、地盤生成年代効果を考慮することができるものとする。液状化強度増加率の経時変化を図-2.1.4 に示す。なお、地盤生成年代による補正係数 (C_h) は、 $C_h=1.4$ を上限とする。



出典：「田口・東畑・青山・大坪：東北地方太平洋沖地震による東京湾周辺地帯の液状化に基づく年代効果の検討、第 47 回地盤工学研究発表会（八戸）、pp.1603-1604、2012 年 7 月」

図-2.1.4 液状化強度増加率の経時変化

（「国土交通省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成 25 年 4 月」より）

(5) 非液状化層厚 (H_1) の設定

非液状化層厚 (H_1) とは、表-2.1.4 に示す条件を満足する連続した層厚のことを指す。非液状化層厚 (H_1) と液状化層厚 (H_2) の関係を図-2.1.5 に示す。なお、埋立土・盛土内にある N 値が 2 以下の粘性土層は非液状化層厚 (H_1) に含めないものとする。

表-2.1.4 非液状化層厚 (H_1)

	地下水位より浅い層	地下水位より深い層				
		液状化安全率 (F_L 値) が 1.0 より大きい層	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)		50% 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)
				粘土分含有率 10% 以上の層	塑性指数 15 以上の層	
「建築基礎構造設計指針」を基本とする場合	○	○	○	○	○	-----
「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」を基本とする場合	○	○	○	-----	○	○

※○印：非液状化層 (H_1) となる

※ 1：粘性土層とは、細粒分含有率が 50% 以上の地盤を想定している。

※ 2：粘土分含有率が 10% ちょうど、あるいは、塑性指数が 15 ちょうど層に関しては、液状化判定の対象層として F_L を計算したうえで、非液状化層厚に加えるか判定する。

※ 3：粘性土層（細粒分含有率が 50% 以上の層）であっても、 N 値が 2 以下の層、または、液状化判定の対象層として F_L を計算しその結果が 1.0 より小さい層については、非液状化層厚に加えないこととする。

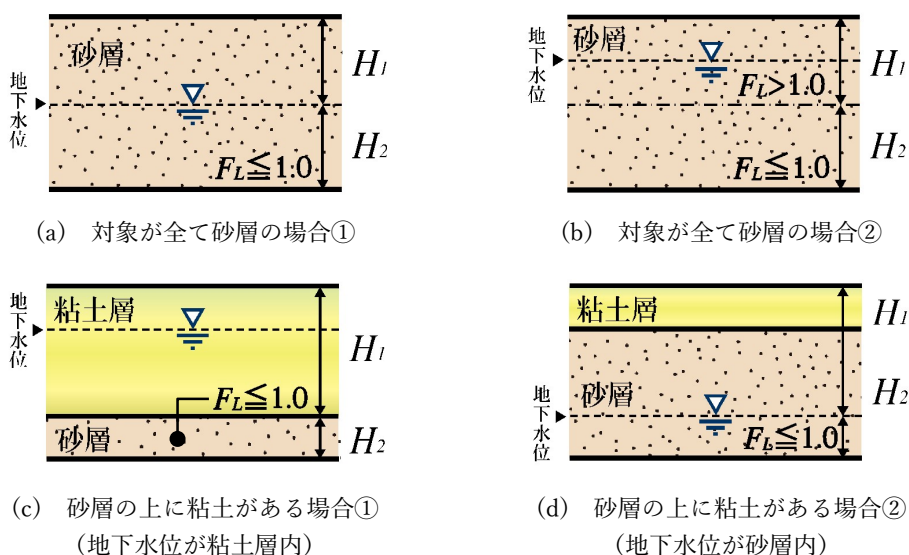


図-2.1.5 非液状化層厚 (H_1) と液状化層厚 (H_2) の関係

(「国土交通省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説 (案)、平成 25 年 4 月」より)

(「国土交通省都市局都市安全課：市街地液状化対策推進ガイダンス、令和元年 6 月」より)

(6) 地表変位量 (D_{cy} 値) の算定

水平成層地盤における動的水平変位、残留水平変位、沈下量などの液状化程度の前測は、地盤応答解析によるほか、液状化判定の後、以下の手順によることができる。このため、本手引きにおける地表変位量 (D_{cy} 値) は、「建築基礎構造設計指針 (2019 改定)」内の『3.2 節 地盤の液状化』、“2. 液状化に伴う地盤物性と地盤変形量の前測”に準拠し算定する。

- ① 図-2.1.6 から、 N_a 、(τ_d/σ_z') に対応する各層の繰返しせん断ひずみ γ_{cy} を推定する。
- ② 各層のせん断ひずみが同一方向に発生すると仮定し、これを次式により下層から鉛直方向に積分して振動中の地表最大水平変位 D_{cy} (m) を算定する。

$$D_{cy} = \sum (\gamma_{cyi} \cdot H_i / 100)$$

ここで、

γ_{cyi} : i 層の繰返しせん断ひずみ (%)

H_i : i 層の層厚 (m)

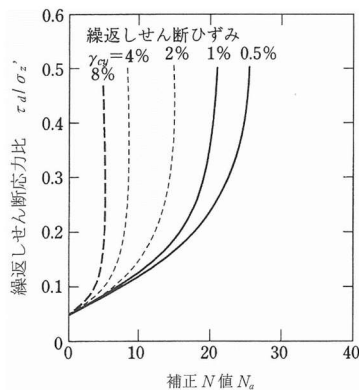


図-2.1.6 補正 N 値と繰返しせん断ひずみの関係

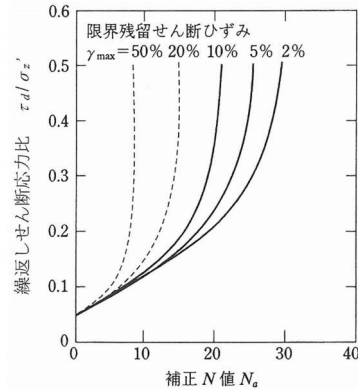


図-2.1.7 補正 N 値と限界残留せん断ひずみの関係

- ③ 地表最大水平変位 D_{cy} を液状化程度の指標とする場合、表-2.1.5 のように評価するのが一般的となる。

表-2.1.5 地表最大水平変位 D_{cy} と液状化程度の関係

D_{cy} (m)	液状化の程度
0	なし
~0.05	軽微
0.05~0.10	小
0.10~0.20	中
0.20~0.40	大
0.40~	甚大

同様に、沈下量 S (m) を求めたいときは、図-2.1.6 をそのまま使い、 γ_{cy} を体積ひずみ ε_v と読みかえればよい。

(「建築基礎構造設計指針 (日本建築学会：2019 改定)」より)

(7) 液状化指標値（ P_L 値）の算定

液状化指標値（ P_L 値）とは、浅い部分の液状化が特に構造物に大きな影響を与えることを考慮して、図-2.1.8 に示すように深さに対する重みを考慮し、 $(1 - F_L)$ の値を 20m の深さまで積分することで定義したものとなり、次式により算定する。また、液状化指標値（ P_L ）の評価は、表-2.1.6 のように示されるのが一般的である。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \cdot W(z) \cdot dz$$

ここで、

F_L : 液状化に対する安全率

$W(z)$: 深さ方向の重み関数（図-2.1.8）

判定深度 20m $W(z) = 10.0 - 0.5 \cdot z$

z : 地表面からの深さ（m）

dz : ある深度の F_L が分布すると想定される土層厚（m）

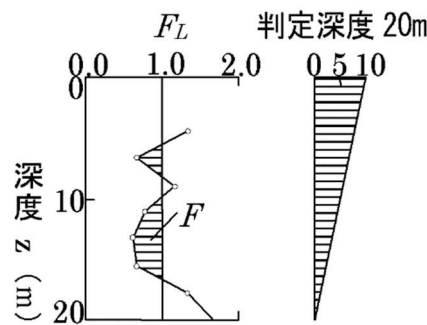


図-2.1.8 判定深度と重み関数の関係

表-2.1.6 液状化指標値（ P_L ）と液状化による影響の関係

$P_L = 0$	液状化による被害発生の可能性はない
$0 < P_L \leq 5$	液状化による被害発生の可能性は低い
$5 < P_L \leq 15$	液状化による被害発生可能性がある
$15 < P_L$	液状化による被害発生の可能性が高い

（「国土交通省都市局都市安全課：市街地液状化対策推進ガイダンス、令和元年6月」より）

<参考： P_L 値の判定深度を 10m とした場合の「宅地の液状化被害の可能性判定」の評価事例>

2011 年東北地方太平洋沖地震で液状化被害が集中した地区を対象とした“住宅被害の調査結果”によると、表層付近に存在する液状化層（特に深度 10m までの液状化層）が、戸建て住宅の液状化被害に大きな影響を与えたことが報告されている。そのため、深度 20m 以上の地盤情報に加え、深度 10m 程度の地盤情報（スクリーウエイト貫入試験結果等）も活用し、「宅地の液状化被害の可能性判定」を実施することができれば、地盤情報の空白域における被害リスク評価の精度も向上する。以下、液状化被害集中地区における地盤情報を収集し、液状化の判定深度を 20m 及び 10m とした場合の「液状化指標値（ P_L 値）」を算定し、それぞれの値を指標とした場合の「宅地の液状化被害の可能性判定」の評価結果を参考例として示す。なお、液状化の判定深度を 10m とした場合、元来の判定方法（判定深度 20m）の結果と異なる場合があるので、両者の比較検証を行うなど、その扱いには留意して頂きたい。

① 検討対象地区の概要

液状化被害を受けた住宅に対する傾斜量や沈下量の調査結果※1が収集できた「千葉県我孫子市（都～布佐西地区）」、「茨城県潮来市（日の出地区）」、「千葉市美浜区（磯辺 8 丁目）」、「茨城県神栖市（堀割地区）」を対象とし検討を行った。検討対象地区の代表例として、図-2.1.9 に千葉県我孫子市（都～布佐西地区）、図-2.1.10 に茨城県潮来市（日の出地区）の代表的な地盤状況をそれぞれ示す。

図-2.1.9 及び図-2.1.10 に示すように、2011 年東北地方太平洋沖地震で液状化被害が集中した地区では、地表から概ね GL-10.0m 程度以浅に位置する「砂質土地盤」が液状化し戸建て住宅に被害を及ぼしたと考えられている※2、※3。

※1：橋本、安田、山口（2012）：東北地方太平洋沖地震による液状化被災地区における住宅の傾斜とめり込み沈下量の関係、第 47 回地盤工学研究発表会（八戸）、2012 年 7 月。

※2：千葉県我孫子市（2014.11）：我孫子市市街地液状化対策事業計画策定業務 報告書。

※3：茨城県潮来市：日の出地区液状化対策検討委員会 報告書。

記号	地層名	特徴	N 値（平均値）
Bs	埋土	細砂主体、小礫の混入	1～14（6.3）
Bc	埋土	黒ボク主体、草根の混入	1～3（2.1）
As	沖積砂質土	細砂、シルト質細砂、シルト混り細砂主体	1～9（3.9）
Ac	沖積粘性土	層厚：3m～30m シルト、砂混りシルト、砂質シルト主体	0～4（1.4）
Ds	洪積砂質土	-	-
Dc	洪積粘性土	-	-

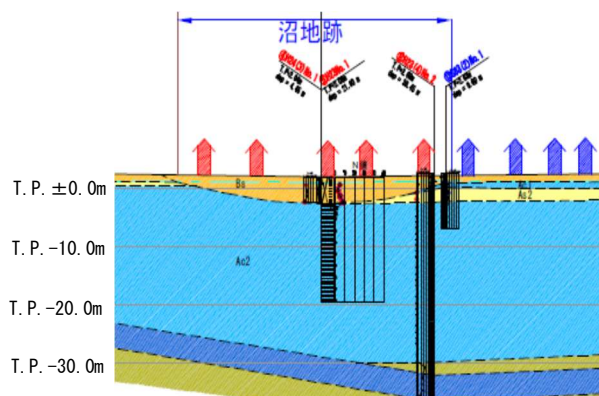


図-2.1.9 千葉県我孫子市（都～布佐西地区）の代表的な地盤状況

（「千葉県我孫子市：我孫子市市街地液状化対策事業計画策定業務 報告書、平成 26 年 11 月」より）

地質時代区分	地質名	地層記号	上層	N値 (平均値)	主な構成土質
現 世	表土、盛土	B F	砂質土 粘性土	1/35~10 (5.7)	細砂、粘土
	埋土（浅深土）		砂質土	1/40~26 (12.1)	シルト混じり細砂 細砂
第四紀	完新世 (沖積層)	As1	砂質土	2/35~19 (9.7)	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細砂
		Ac	粘性土	0(自沈)~4 (0.5)	シルト 砂質シルト
			挟在 砂質土	2~9 (4.2)	シルト質細砂
		As2	砂質土	3~50以上 (31.9)	シルト混じり細砂 細砂
	更新世 中期~後期	Ds	砂質土	9~50以上 (36.4)	シルト混じり細砂 シルト質細砂 細砂
			挟在 粘性土	19~26 (21.3)	シルト 砂質シルト

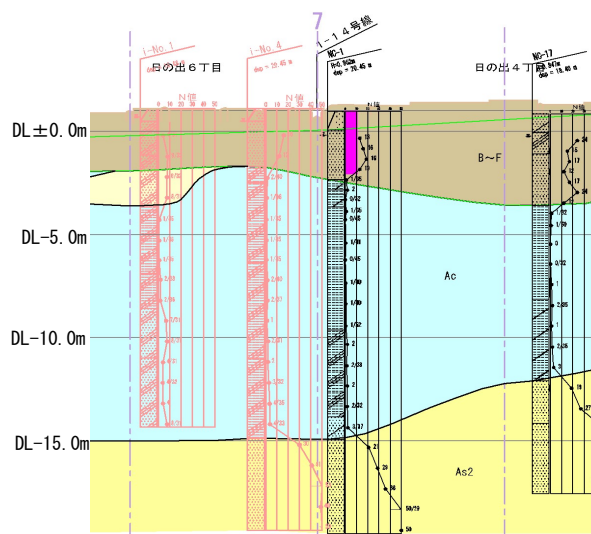


図-2.1.10 茨城県潮来市（日の出地区）の代表的な地盤状況
 （「茨城県潮来市：日の出地区液状化対策検討委員会 報告書、第3章」より）

また、2016 年熊本地震により液状化被害を受けた「熊本市（近見地区）」も検討対象地区とした。図-2.1.11 に熊本市（近見地区）の代表的な地盤状況を示す。図-2.1.11 より、熊本市（近見地区）では、地表から概ね GL-20.0m 程度までに砂質土が堆積し、震災時には、主に氾濫原堆積物である砂質土（As1）が液状化し戸建て住宅に被害を及ぼしたと考えられている※4。

※4：熊本市（H29.6）：熊本市液状化対策技術検討委員会（第1回）議事資料

地質年代	地層区分		N値 [※]					
	地層名	記号	個数	分布	平均			
完新世 第四紀	氾濫原堆積物	沖積第1粘性土	Ac1	17	0 ～ 5	1.1	+10.00m	
		沖積第1砂質土	As1	56	1 ～ 27	8.8		
	有明粘土層	沖積第2砂質土	As2	73	2 ～ 37	10.9	EL=0.00m	
	アカホヤ火山灰層	火山灰質砂質土	K-Ah	15	3 ～ 25	14.3	-10.00m	
	有明粘土層	沖積第2粘性土	Ac2	35	0 ～ 4	0.8	-20.00m	
		沖積第3砂質土	As3	15	2 ～ 9	4.9		
	更新世	島原海浜層	沖積第3粘性土	Ac3	2	2 ～ 4	3.0	-30.00m
			沖積第4砂質土	As4	4	6 ～ 27	15.5	
		託麻礫層	洪積礫質土	Dg	6	50 ～ 300	113.8	

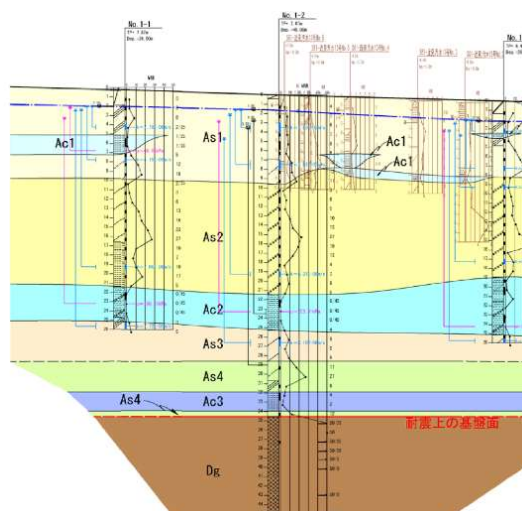


図-2.1.11 熊本市（近見地区）の代表的な地盤状況
 （「熊本市：熊本市液状化対策技術検討委員会（第1回）議事資料、平成29年6月」より）

② 液状化の判定深度を 20m 及び 10m とした場合の液状化指標値 (P_L 値) の算定

各検討対象地区において、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 ((公社)日本道路協会：H29.11)」に準拠し液状化安全率 (F_L) を求め、その値から判定深度を 20m 及び 10m とした場合の『液状化指標値 (P_L 値)』を算定した。図-2.1.12 に、判定深度 20m 及び 10m それぞれの場合における『液状化指標値 (P_L 値)』の算定方法を示す (以降、判定深度 20m の液状化指標値を「 P_{L20} 」、判定深度 10m の液状化指標値を「 P_{L10} 」と称す)。図-2.1.12 に示すように、液状化安全率 (F_L) に対する深度方向の重みについては、両者の重みの面積が等しくなるよう重み関数を設定している。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \cdot W(z) \cdot dz$$

ここで、

F_L : 液状化に対する安全率

$W(z)$: 深さ方向の重み関数 (図-2.1.12)

・判定深度 20m : $W(z) = 10.0 - 0.5 \cdot z$

・判定深度 10m : $W(z) = 20.0 - 2.0 \cdot z$

Z : 地表面からの深さ (m)

dz : ある深度の F_L が分布すると想定される土層厚 (m)

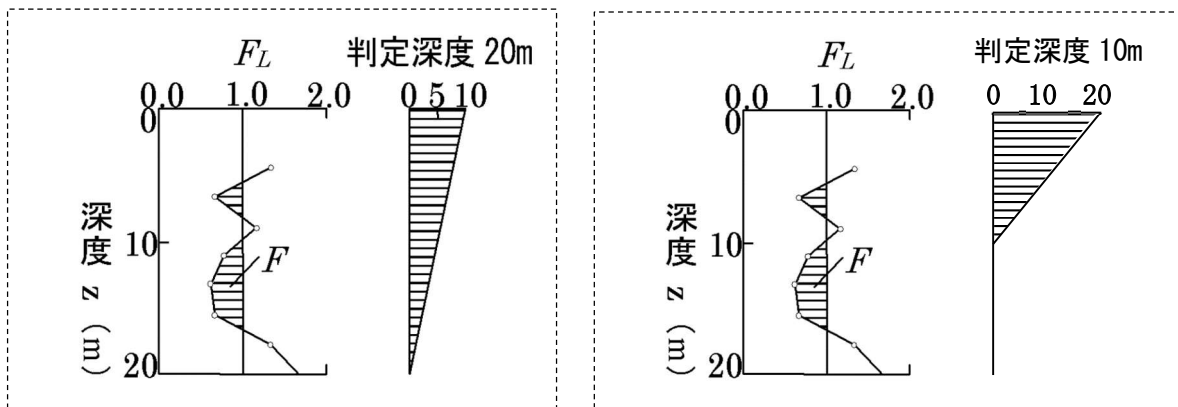


図-2.1.12 判定深度と重み関数の関係 (左側：判定深度 20m、右側：判定深度 10m)

③ 液状化指標値 P_{L10} による「宅地の液状化被害の可能性判定」の評価

③-1 東北地方太平洋沖地震の液状化被害地区に対する検討結果

図-2.1.13 に、判定深度を 20m とした場合の「道示 H_1-P_{L20} 判定図」を、図-2.1.14 に判定深度を 10m とした場合の「道示 H_1-P_{L10} 判定図」を示す。両図を比較すると、判定深度 10m の結果（図-2.1.14）において全体の約 80% のプロットが、判定深度 20m の結果（図-2.1.13）と比較し上方に移動することが認められる。ただし、それぞれの判定結果（C 判定、B3 判定、B2 判定）に差異は認められない。

判定深度 10m の結果が判定深度 20m の結果と比較し上方へ移動する要因は、我孫子市や潮来市の代表的な地盤状況（図-2.1.9、図-2.1.10）で示したように、東北地方太平洋沖地震の被害地区では、地表から概ね GL-10.0m 程度以浅に位置する「砂質土地盤」が液状化し、GL-10.0m 程度以深は粘性土層が堆積する、または、砂質土層が堆積していてもその N 値は大きく、液状化安全率（ F_L ）が 1.0 を超えるためである。

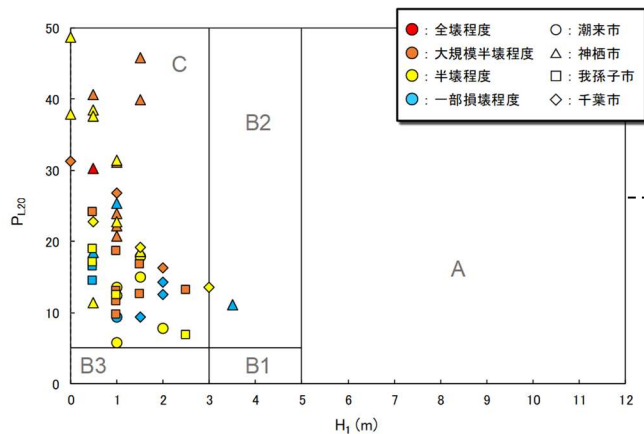


図-2.1.13 道示 H_1-P_{L20} 判定図（判定深度 20m）
【2011 年東北地方太平洋沖地震】

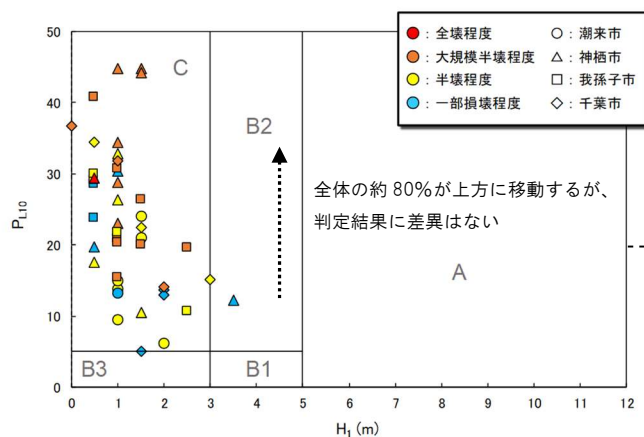


図-2.1.14 道示 H_1-P_{L10} 判定図（判定深度 10m）
【2011 年東北地方太平洋沖地震】

P_{L20} と P_{L10} の差分（個数）	
・両者の差分が±1.0以内	4
・ P_{L10} の方が小さい （差分1.0より小さい）	5
・ P_{L10} の方が大きい （差分1.0より大きい）	40
計	49

③-2 熊本地震の液状化被害地区に対する検討結果

図-2.1.15 に、判定深度を 20m とした場合の「道示 H_1-P_{L20} 判定図」を、図-2.1.16 に判定深度を 10m とした場合の「道示 H_1-P_{L10} 判定図」を示す。両図を比較すると、判定深度 10m の結果（図-2.1.16）において全体の約 75% のプロットが、判定深度 20m の結果（図-2.1.15）と比較し下方に移動することが認められる。なお、それぞれの判定結果（C 判定、B3 判定、B2 判定）にほぼ差異は認められないが、1 プロットのみランクダウン（C 判定→B3 判定）する。

判定深度 10m の結果が判定深度 20m の結果と比較し下方へ移動する要因は、熊本市（近見地区）の代表的な地盤状況（図-2.1.11）で示したように、熊本地震の被害地区では、地表から概ね GL-20.0m 程度まで連続して砂質土が堆積し、 P_L の算定にあたっては、GL-10m 程度以深の $F_L \leq 1.0$ の値も加算するため P_{L20} の値が大きくなり、深度 10m 以浅に対し改良した F_L の重み係数の影響があまり効かなかったためである。

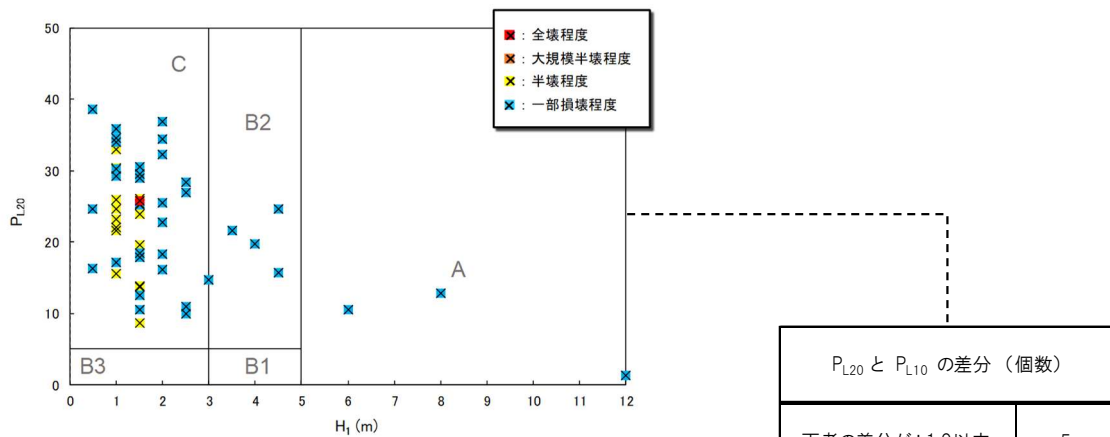


図-2.1.15 道示 H_1-P_{L20} 判定図（判定深度 20m）
【2016 年熊本地震】

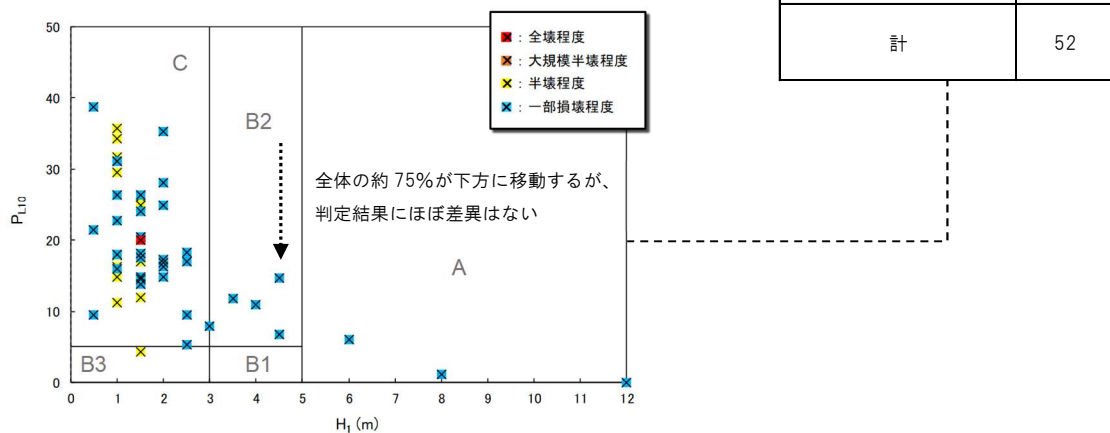


図-2.1.16 道示 H_1-P_{L10} 判定図（判定深度 10m）
【2016 年熊本地震】

④ 深度 10m 程度までの地盤情報及び液状化指標値 P_{L10} の活用方法

既存ボーリング調査結果等の地盤情報が充実していない自治体では、深度 20m 程度以上の地盤データは集まりにくく、深度 10m 程度の地盤情報も活用することでその評価精度は高まる。そのため、判定深度 10m の液状化指標値 P_{L10} を評価指標として用い、深度 20m 程度以上のボーリング調査結果のみならず、建築確認申請時の地盤データ、下水道施設等の設計に際して実施されたボーリング調査結果、また、スクリーウエイト貫入試験等、判定深度 10m 程度までの地盤データも活用することが望ましい。

ただし、前述した評価事例で示したように、液状化対象層が位置する深度の状況に応じて液状化指標値 P_{L10} による評価結果に違いが生じることから、液状化被害に起因する土層が主に深度 10m 以浅に存在する場合に限るなど、検討対象地区における液状化対象層の分布状況を確認することが必須となる。なお、液状化指標値 P_{L10} を指標とし「宅地の液状化被害の可能性判定」を評価する場合は、液状化指標値 P_{L20} による評価結果との比較検証を行う、また、地盤工学の有識者等から検証結果に対する意見聴取を行う、さらに、「宅地の液状化危険度マップ」への反映にあたっては凡例表現を変更するなど、慎重な扱いに留意して頂きたい。

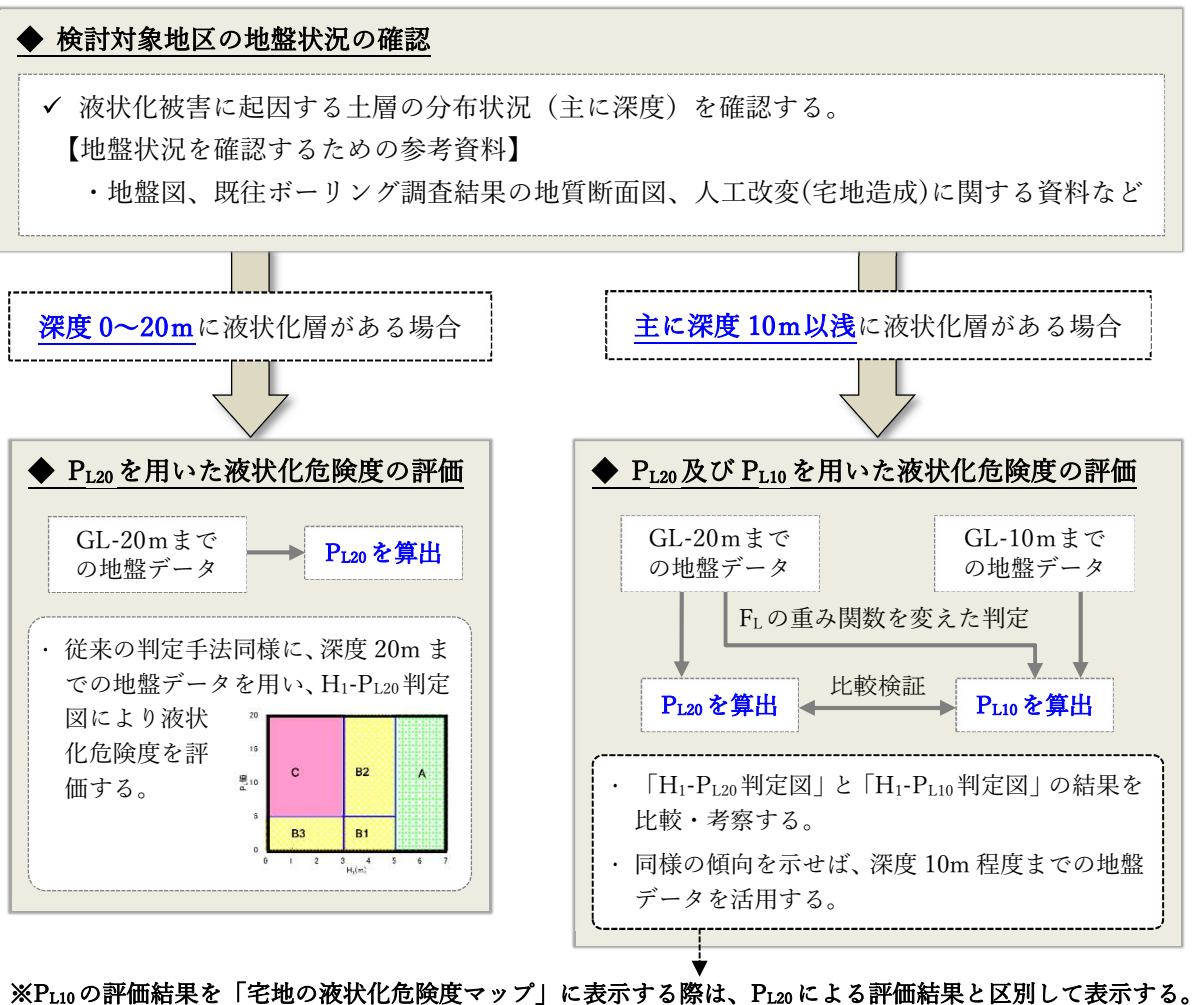


図-2.1.17 深度 10m 程度までの地盤情報及び液状化指標値 P_{L10} の活用フロー案

⑤ 液状化指標値 P_{L10} を活用した「宅地の液状化危険度マップ」の作成イメージ

深度 20m 以上の地盤データを収集しようとする場合、それらは主に、道路や橋梁、また、河川堤防等の土木構造物を対象とした調査・設計で実施されたものとなる。これらの地盤データは数に限りがあり、対象範囲全域を網羅的に把握できるほどの地点で行われていないことから、「宅地の液状化危険度マップ」において空白表示となる箇所が多くなり、リスクコミュニケーションツールとして十分な情報を満たさないことも考えられる。そのため、深度 10m 程度までの地盤データを有効活用し、空白表示を減らした「宅地の液状化危険度マップ」を作成できるよう、工夫を図ることが重要となる。

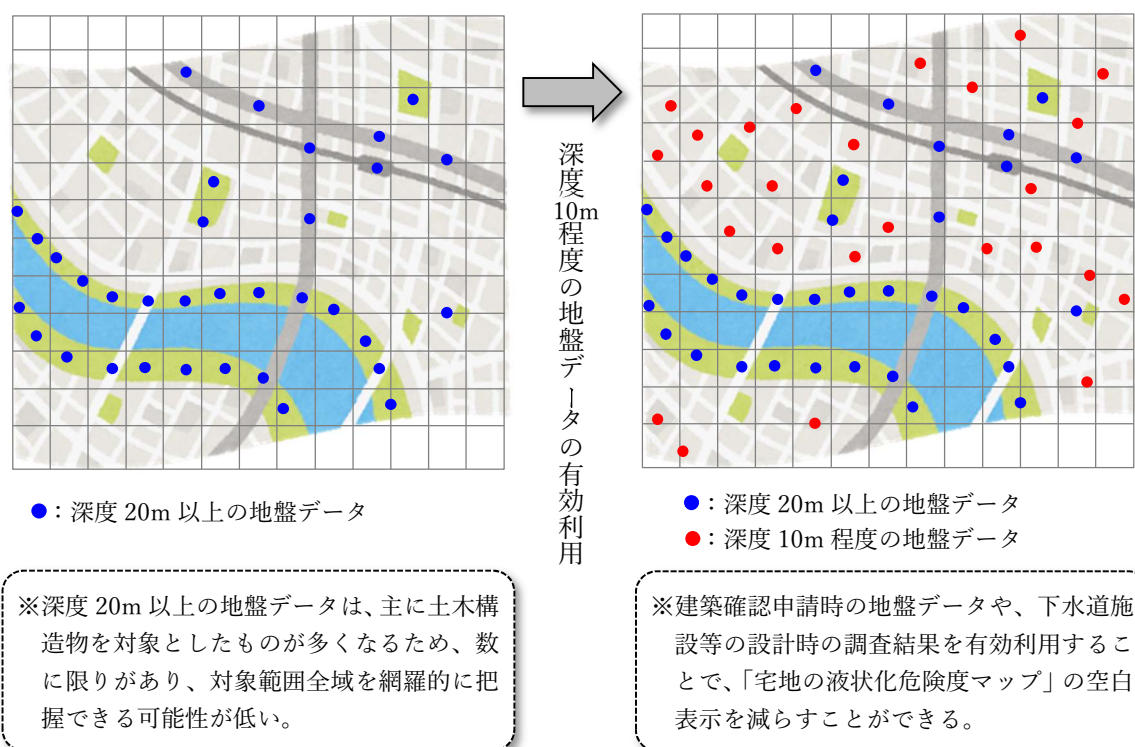


図-2.1.18 深度 10m 程度までの地盤情報の有効活用による

「宅地の液状化危険度マップ」の作成例(イメージ)

(8) 「宅地の液状化危険度マップ」の作成

本手引きで作成する液状化ハザードマップは、「地域の液状化発生傾向」に関する情報を示した地図情報と、「宅地の液状化危険度マップ」並びに「液状化被害と対策・対応の理解を促す情報」を示した災害学習情報との2面での構成を標準とする。しかし、臨海部に位置し大半が埋立地からなる地域では、微地形区分や人工改変地の分布から評価した「地域の液状化発生傾向図」だけでは、対象地域内のどこで液状化発生傾向が強くなり、液状化危険度にどの程度の違いがあるのかが表れにくい場合がある。

本節では、微地形区分や人工改変地の分布のみでは一様の評価結果となる地区を対象とし、既往ボーリング調査による地盤情報を用いて宅地の液状化被害の可能性判定を行い、『宅地の液状化危険度マップ』を作成した事例を示す。

<参考：大半が埋立地からなる地域における「宅地の液状化危険度マップ」の作成例>

千葉市美浜区磯辺8丁目地区は、2011年東北地方太平洋沖地震で甚大な液状化被害を被った地区である。当該地区は、昭和33年～50年代初頭に造成された比較的新しい臨海部の埋立地であり、埋め立て前は海底であった(図-2.1.19)。埋立地の施工方法に関する資料は残っておらず、施工方法から土質を推定することは困難であるが、「千葉市(2013.12):千葉市液状化対策推進委員会-第4回資料-」によると、震災時には、盛土及び浚渫土の砂層部分が主に液状化したと考えられており、これら盛土及び浚渫土の分布状況は磯辺8丁目地区内で大きくばらついている(図-2.1.20)。また、当該地区の住宅は、概ね“木造2階建ての布基礎”であるにも関わらず被災程度もばらついている(図-2.1.21)。

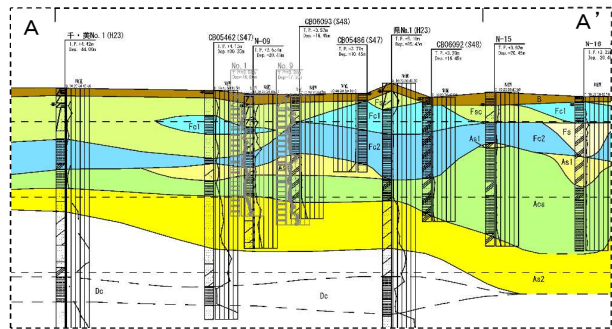


図-2.1.20 地質断面図

図-2.1.19 土地条件図(昭和44年、国土地理院)(千葉市:千葉市液状化対策推進委員会-第4回資料-、平成25年12月)

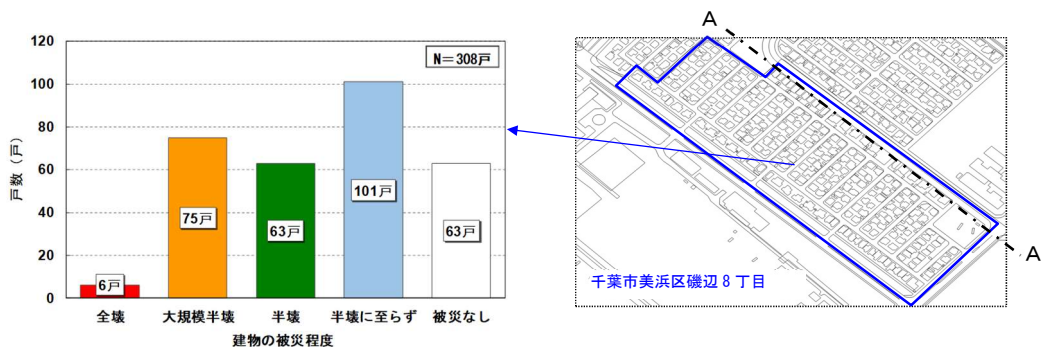


図-2.1.21 建物被災程度の頻度分布(千葉市美浜区磯部8丁目)

図-2.1.22 に千葉市美浜区磯辺 8 丁目を対象とした『液状化発生傾向図』を、図-2.1.23 に『宅地の液状化危険度マップ』をそれぞれ示す。当該地区全体は埋立地であることから、図-2.1.22 に示すように、地形情報に基づく評価のみでは液状化発生傾向の違いが把握できず、また、事前液状化対策の優先度検討も実施できない。一方、図-2.1.23 に示すよう、地盤情報に基づく『宅地の液状化危険度マップ』によると、ボーリングデータから得られる地盤情報の違いによって液状化被害の可能性判定結果度の違いが把握でき、また、事前液状化対策の優先度検討も実施できる。

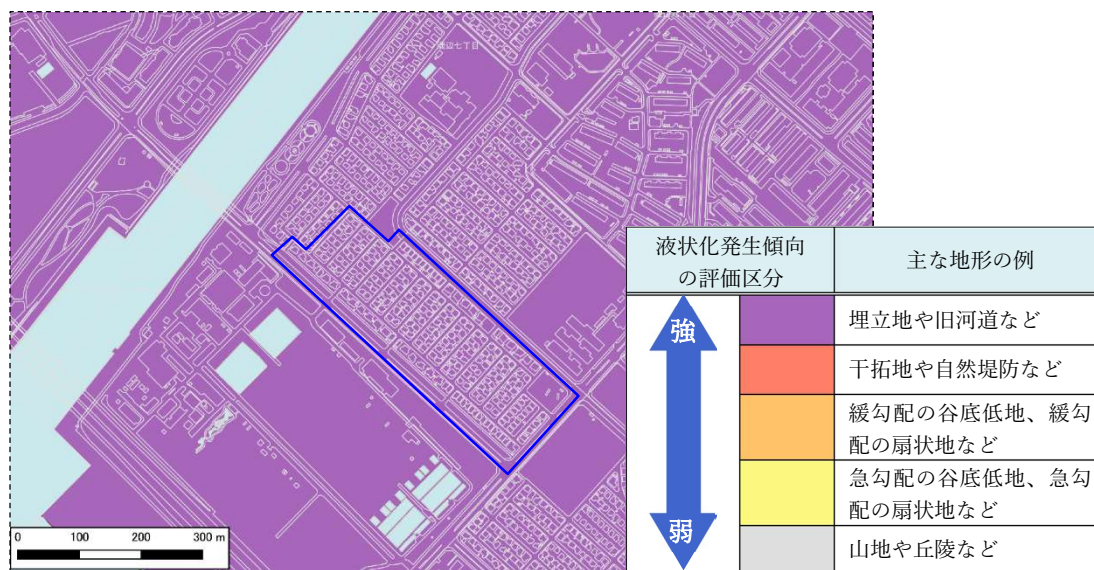


図-2.1.22 液状化発生傾向図（千葉市美浜区磯辺 8 丁目）

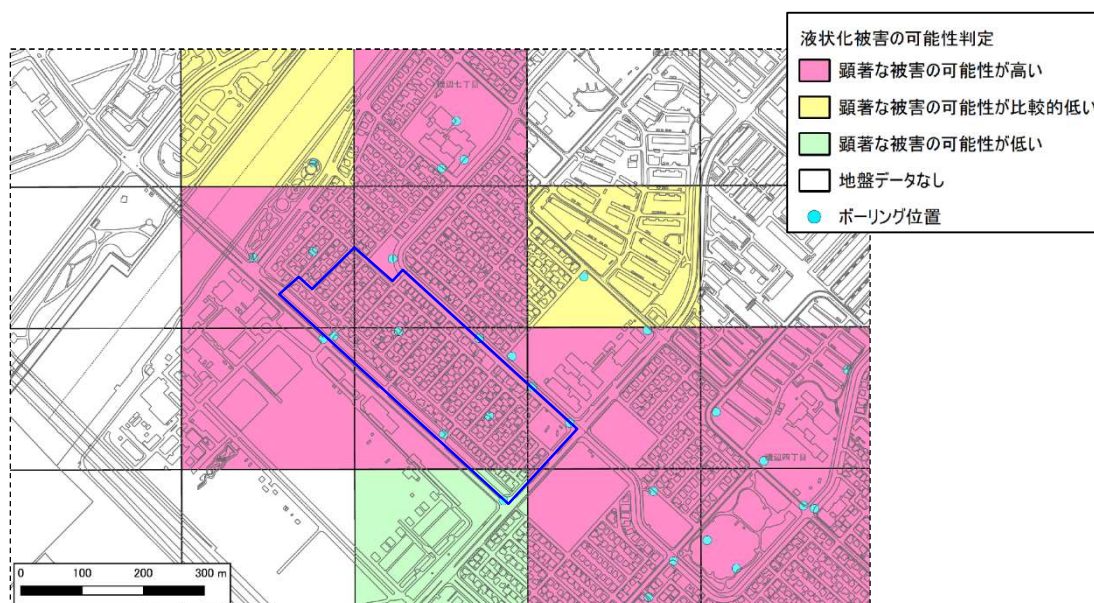


図-2.1.23 宅地の液状化危険度マップ（千葉市美浜区磯辺 8 丁目）

2-2. 戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価方法

「戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価」は、地盤を弾性体とみなし、建物荷重が作用している地盤が液状化した時の弾性沈下量を“戸建て住宅のめり込み沈下量”として簡易的に評価するものである。また、めり込み沈下量が大きいほど住宅の傾斜量も大きくなることから、過去の地震における液状化被害調査結果から、地盤が液状化した際の“戸建て住宅の傾斜量”も推定可能となる。なお、本手引きにおける「戸建て住宅のめり込み沈下の簡易評価」に係る基本的な作業は、『日本建築学会：建築基礎構造設計指針（2019 改定）』に示される多層地盤の即時沈下量の算定方法を標準とする。

(1) めり込み沈下量及び傾斜量による戸建て住宅の液状化による宅地の被害リスクの評価

住宅の液状化被害については、過去の地震における液状化被害から、1/100 程度以上の変位勾配で傾いた住宅に住んでいると、めまいや吐き気等の健康障害が生じることが報告されており（表-2.2.1）、沈下量よりは傾斜量の方が問題となる。しかし、液状化による住宅の傾斜量を直接推定できる方法は今まで開発されておらず、液状化による宅地の被害リスクの評価にあたって傾斜量を指標とすることは難しい。ただし、地震時および常時において一般に、沈下量自体が大きいほど傾斜量が大きくなる傾向にある（図-2.2.1 及び図-2.2.2）。このため、本手引きでは、液状化による住宅のめり込み沈下量を簡易的に算定し、めり込み沈下量から推定できる傾斜量とあわせて、液状化による宅地の被害リスクの評価を行うこととした。図-2.2.1 及び図-2.2.2 に、2011 年東北地方太平洋沖地震の際の住宅の液状化被害を調査※1 し、平均めり込み沈下量と傾斜角の関係を整理した図を示す。

※1：橋本、安田、山口（2012）：東北地方太平洋沖地震による液状化被災地区における住宅の傾斜とめり込み沈下量の関係、第 47 回地盤工学研究発表会（八戸）、2012 年 7 月。

表-2.2.1 床の傾斜角と健康障害

（「国土交通省都市局都市安全課：市街地液状化対策推進ガイダンス【資料編】、平成 28 年 2 月」より）

傾斜角		健康障害	文献
度	分数(ラジアン)		
0.29°	5/1000 (=1/200)	傾斜を感じる。	藤井ほか(1998)
0.34°	6/1000 (=1/167)	不同沈下を意識する。	藤井ほか(1998)
0.46°	8/1000(=1/125)	傾斜に対して強い意識、苦情の多発。	藤井ほか(1998)
0.6° 程度	1/100 程度	めまいや頭痛が生じて水平復元工事を行わざるを得ない。	安田・橋本(2002) 安田(2004)
～1°	～1/60	頭重感、浮動感を訴える人がある。	北原・宇野(1965)
1.3°	1/44	牽引感、ふらふら感、浮動感などの自覚症状が見られる。	宇野・遠藤(1996)
1.7°	1/34	半数の人に牽引感。	宇野・遠藤(1996)
2° ～3°	1/30～1/20	めまい、頭痛、はきけ、食欲不振などの比較的重い症状。	北原・宇野(1965)
4° ～6°	1/15～1/10	強い牽引感、疲労感、睡眠障害が現れ、正常な環境でものが傾いて見えることがある。	北原・宇野(1965)
7° ～9°	1/8～1/6	牽引感、めまい、吐き気、頭痛、疲労感が強くなり、半数以上で睡眠障害。	北原・宇野(1965)

$$\text{傾斜角 } \theta (1/1,000) = 0.13 \times \text{平均めり込み沈下量 } S_{av} \text{ (mm)}$$

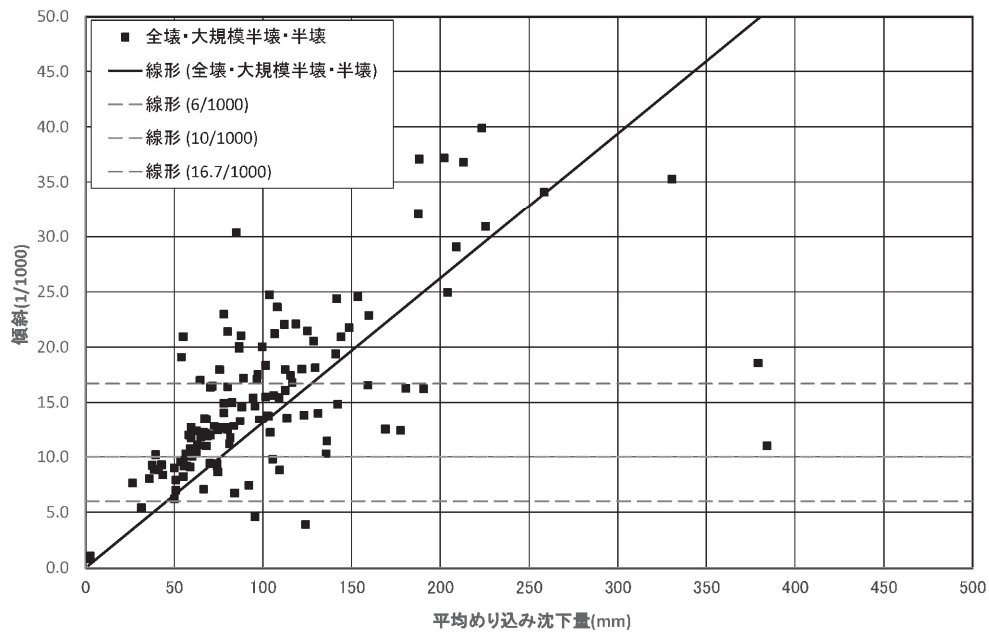


図-2.2.1 2011年東北地方太平洋沖地震における戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の関係
(千葉市と習志野市【住宅が密集している地区】のデータのみ)

$$\text{傾斜角 } \theta (1/1,000) = 0.07 \times \text{平均めり込み沈下量 } S_{av} \text{ (mm)}$$

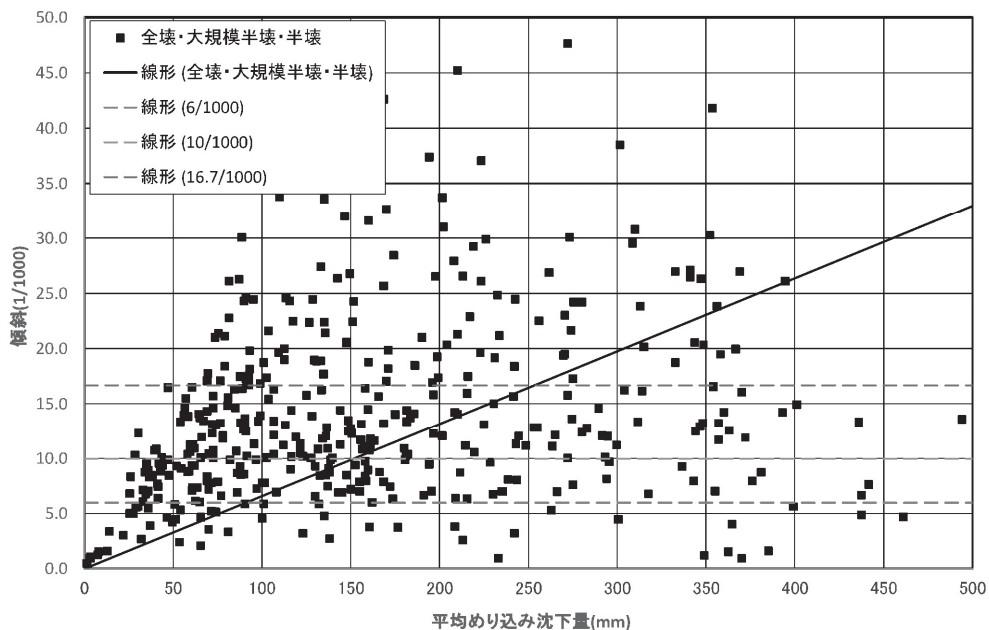


図-2.2.2 2011年東北地方太平洋沖地震における戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の関係
(神奈川市と潮来市【住宅があまり密集していない地区】のデータのみ)

(「造成宅地の耐震対策に関する研究委員会報告書 ー液状化から戸建て住宅を守るための手引きー (公社)地盤工学会関東支部」より)

(2) めり込み沈下量の算定

戸建て住宅のめり込み沈下量は、対象地点における地盤情報や建物情報を基に、液状化安全率（ F_L ）と液状化強度比（ R_L ）に応じたせん断剛性低下率から“液状化後地盤の弾性係数”を求め、『日本建築学会：建築基礎構造設計指針（2019 改定）』に示されている多層地盤の弾性沈下量の算定式に準拠し求める。

① 多層地盤の弾性沈下量の算定式

図-2.2.3 に示すような多層地盤の弾性沈下量は、「スタインブレナーの近似解」を用い近似的に求めることができる。なお、「スタインブレナーの近似解」では、載荷幅に対して層厚が極端に薄いとき解の精度が低下する傾向があるため、弾性沈下量算定用の地層を設定する際は、地層分割を細かくし過ぎないように注意する。

$$S_E = \left\{ \frac{I_s(H_1, \nu_{s1})}{E_{s1}} + \sum_{k=2}^n \frac{I_s(H_k, \nu_{sk}) - I_s(H_{k-1}, \nu_{sk-1})}{E_{sk}} \right\} qB$$

$$I_s = (1 - \nu_s^2)F_1 + (1 - \nu_s - 2\nu_s^2)F_2$$

$$F_1 = \frac{1}{\pi} \left[l \cdot \log_e \frac{\left(1 + \sqrt{l^2 + 1}\right) \sqrt{l^2 + d^2}}{l \left(1 + \sqrt{l^2 + d^2 + 1}\right)} + \log_e \frac{\left(l + \sqrt{l^2 + 1}\right) \sqrt{1 + d^2}}{l + \sqrt{l^2 + d^2 + 1}} \right]$$

$$F_2 = \frac{d}{2\pi} \tan^{-1} \frac{l}{d \sqrt{l^2 + d^2 + 1}}$$

ここで、

- S_E : 弾性沈下量 (m)
- I_s : 係数
- q : 基礎に作用する荷重度 (kN/m²)
- B : 基礎の短辺長さ (m)
- L : 基礎の長辺長さ (m)
- l : L/B
- d : H/B
- H : 地表面から対象層下端までの距離 (m)
- ν_s : 地盤のポアソン比
- E_s : 地盤の弾性係数 (kN/m²)

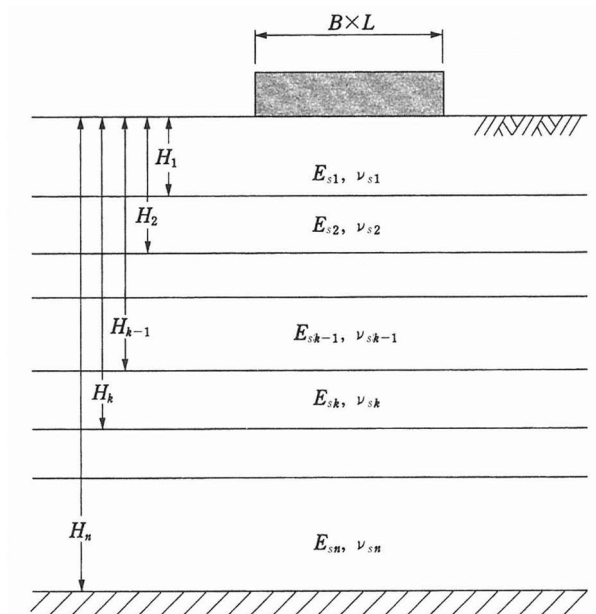


図-2.2.3 多層地盤における弾性沈下量の算定式

（『建築基礎構造設計指針（日本建築学会：2019 改定）』より）

なお、図-2.2.3 で示す弾性沈下量は隅角部の沈下量であるため、図-2.2.4 に示すような矩形内部の点 N における沈下量は、矩形載荷面 I ～IVの隅角部の沈下量を合計した次式で得られる。

$$S_E = \frac{q}{E_s} (I_{sI} B_I + I_{sII} B_{II} + I_{sIII} B_{III} + I_{sIV} B_{IV})$$

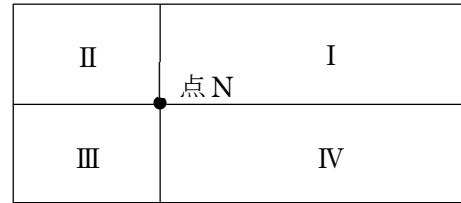


図-2.2.4 矩形載荷面

(「建築基礎構造設計指針 (日本建築学会：2019 改定)」より)

② 液状化後地盤のせん断剛性低下率の設定

液状化した地盤のせん断剛性の低下割合は、地盤の性質（粒径や液状化強度）や液状化の程度によって異なる。繰返しねじりせん断試験により液状化を発生させ、さらに一定の繰返し載荷を続けた後に単調載荷試験を行い、液状化後のせん断応力－せん断ひずみの関係を求めると図-2.2.5※1 ようになる。このような試験から、液状化した地盤のせん断剛性の低下割合（せん断剛性低下率）と液状化安全率 F_L 、細粒分含有率 F_C の関係をまとめた例を図-2.2.6※1 に示す。図-2.2.6 は、液状化した土の応力－ひずみ関係を図-2.2.5 に示すバイニリアーモデルで仮定し、この第1勾配の G_1 を液状化前のせん断剛性（N 値から求めた G_N や $\gamma=10^{-3}$ 時の $G_{0,i}$ ）で除した値と、細粒分含有率 F_C 、並びに、液状化安全率 F_L との関係を整理したものである。

また、図-2.2.6 に広範囲な条件の試験データを付け加え、液状化後のせん断剛性 G_1 を液状化強度比 R_L 、液状化安全率 F_L 、有効拘束圧 σ'_c と関係付けたものが図-2.2.7※1 となる。図-2.2.7 で示される液状化後地盤のせん断剛性比は、自重応力下の砂質土地盤がせん断剛性の低下によって変形すると仮定した“静的な FEM 地盤変形解析 (ALID)”による建物などの沈下量の推定に用いられる。

※1：安田、吉田、安達、規矩、石川（2016）：液状化に伴う残留変形の静的評価法，日本地震工学論文集、第16巻、第10号、2016年。

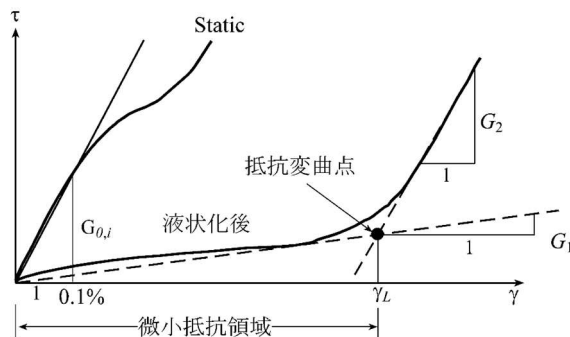


図-2.2.5 液状化に伴うせん断応力－せん断ひずみ、せん断剛性の低下の概念図

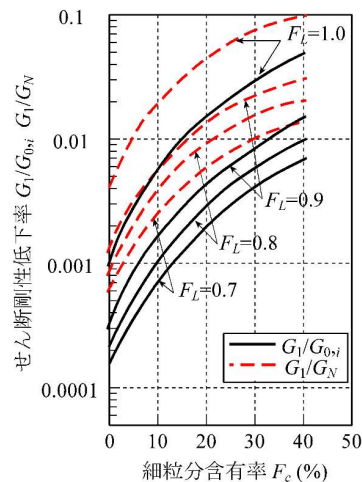
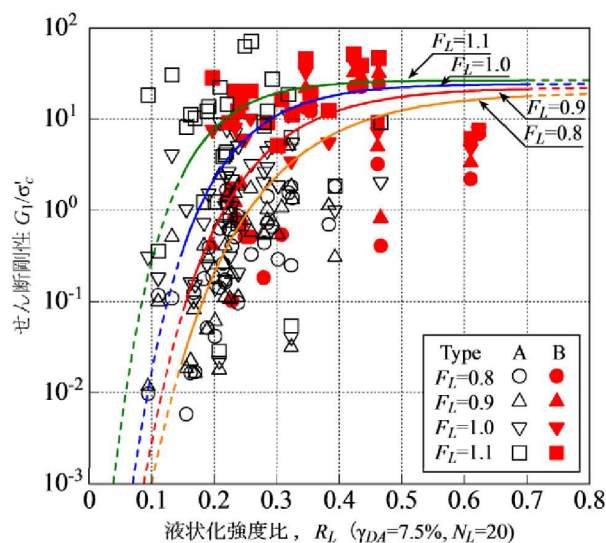


図-2.2.6 せん断剛性低下率と F_C 、 F_L の関係

(「造成宅地の耐震対策に関する研究委員会報告書－液状化から戸建て住宅を守るための手引き－(公社)地盤工学会関東支部」より)



$$G_1/\sigma_c' = ae^{(-\exp(-b(R_L-c)))} \quad \text{ただし } 0.8 < F_L < 1.1 \text{ の範囲}$$

ここで、 $a = 23.6F_L + 0.98$ 、 $b = 9.32F_L^3 - 10.8F_L^2 + 13.27F_L - 0.806$ 、 $c = -1.40F_L^3 + 3.87F_L^2 + 4.14F_L + 1.95$

図-2.2.7 F_L ごとの液状化強度比とせん断剛性比の関係（安田ら※1）

図-2.2.7 に示した繰返しねじりせん断試験の結果では、液状化安全率 F_L が 0.8 程度以上のせん断剛性比しか得られない。これは、試験装置と試験方法の制約上生じているものである。しかし、中地震程度の地震動条件で液状化判定を実施する場合、0.8 程度より小さい液状化安全率 F_L が算定されることもある。そこで、 F_L が 0.8 程度より小さい範囲まで、図-2.2.7 に示す式の適応範囲を拡大させる必要があるが、これは繰返しねじりせん断試験で求めることは無理であり他の方法から求めるしかない。

その一つの方法として被災事例からの逆算があり、豊田ら※2 は河川堤防の被災事例に対する逆解析から、 F_L が 0.8 程度より小さい範囲におけるせん断剛性を推定している。なお、逆解析に用いられた被災事例は、1994 年北海道南西沖地震及び 1995 年兵庫県南部地震で沈下した 10 か所の河川堤防の被災事例となる。この方法によると、液状化に伴う河川堤防の沈下量の実測値に合う F_L が小さい範囲におけるせん断剛性比を求めると、図-2.2.8 の曲線に示すような結果となる。この図は、図-2.2.7 に示す式の間係を、せん断剛性比 G_1/σ_c' と液状化強度比 R_L との間係ではなく、液状化安全率 F_L との間係で整理し、かつ、 F_L が 0.8 以上では図-2.2.7 に示す式と一致させてある。

以上より、本手引きによって算定する戸建て住宅のめり込み沈下量は、多層地盤の弾性沈下量を「スタインブレナーの近似解」を用い近似的に求めることとし、液状化後地盤のせん断剛性の低下割合は図-2.2.7 及び図-2.2.8 に示す考え方を標準とする。これらの方法によって、めり込み沈下量を試算した事例を P.82～P.84 に示すので参照されたい。

※2：豊田、杉田、石原（2005）：河川堤防の地震被災事例に基づく液状化地盤の剛性に関する検討、日本地震工学・200 大会－梗概集、pp.226-227、2005 年。

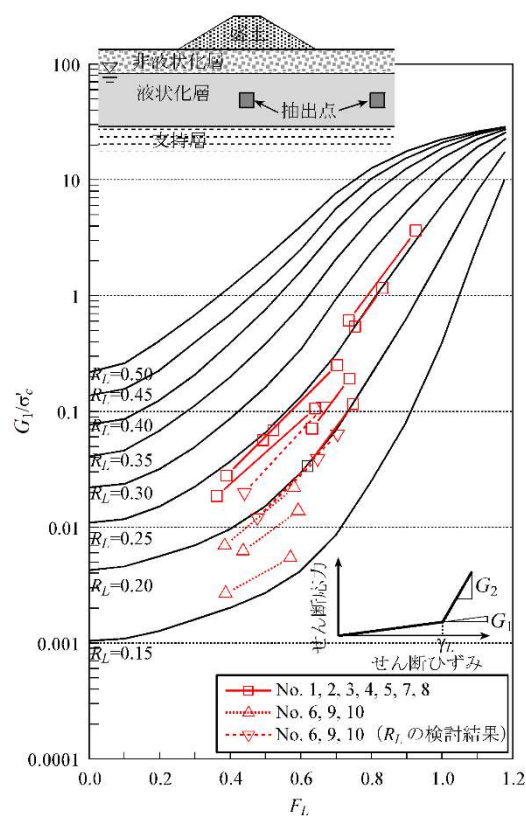


図-2.2.8 F_L が 0.8 より小さい範囲のせん断剛性比と F_L 、 R_L の関係（豊田ら※2）

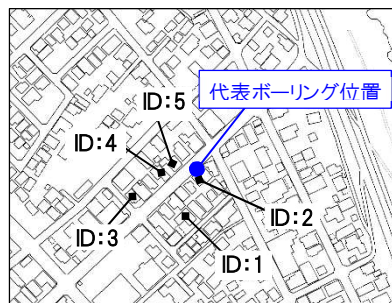
<参考： F_L 、 R_L に応じたせん断剛性比 (G_1/σ'_c) の参考値>

		F_L							
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
G_1/σ'_c	$R_L=0.15$	0.00100	0.00110	0.00129	0.00160	0.00205	0.00274	0.00422	0.00861
	$R_L=0.20$	0.00393	0.00459	0.00562	0.00698	0.00964	0.01510	0.02944	0.06871
	$R_L=0.25$	0.01000	0.01153	0.01486	0.02208	0.03648	0.06486	0.13335	0.30761
	$R_L=0.30$	0.01905	0.02399	0.03236	0.05012	0.08770	0.16368	0.34754	0.95060
	$R_L=0.35$	0.03631	0.04539	0.06683	0.11092	0.19409	0.37154	0.80538	2.04174
	$R_L=0.40$	0.06531	0.08610	0.12445	0.20654	0.38905	0.75858	1.63305	3.71535
	$R_L=0.45$	0.12023	0.15382	0.22387	0.39355	0.67608	1.27350	2.48313	5.62341
	$R_L=0.50$	0.18621	0.26792	0.41976	0.69663	1.21619	2.17771	4.04576	7.94328

③ せん断剛性低下率の下限値の設定

図-2.2.7 及び図-2.2.8 に示した液状化後地盤のせん断剛性低下率をそのまま用い、スタインブレナーの近似解により戸建て住宅のめり込み沈下量を算定すると、過大な沈下量が算定される場合があるという点に注意が必要となる。静的な FEM 地盤変形解析 (ALID) では図-2.2.5 に示すよう、液状化した土の応力-ひずみ関係をバイニリアーモデルと仮定し、その第 1 勾配を G_1 として求めると同時に微小抵抗領域と第 2 勾配の G_2 も設定し解析に用いる。このため、 F_L や R_L が小さな値を示しせん断ひずみが大きく発生する場合であっても、せん断剛性が G_2 に移行することで、ひずみが極端に大きくならないようになっている。これに対し、スタインブレナーの近似解では、液状化した土の応力-ひずみ関係を線形と考え、せん断剛性 G_1 のみを用いることから、 F_L や R_L が小さな値を示す場合には、算定されたせん断ひずみが微小抵抗領域を超えてしまい、実情よりも算定される沈下量が過大となる可能性がある。このため、スタインブレナーの近似解による戸建て住宅のめり込み沈下量の算定においては、図-2.2.7 及び図-2.2.8 に示す考え方を踏まえたうえで、液状化後地盤のせん断剛性低下率の下限値を設定する必要がある。

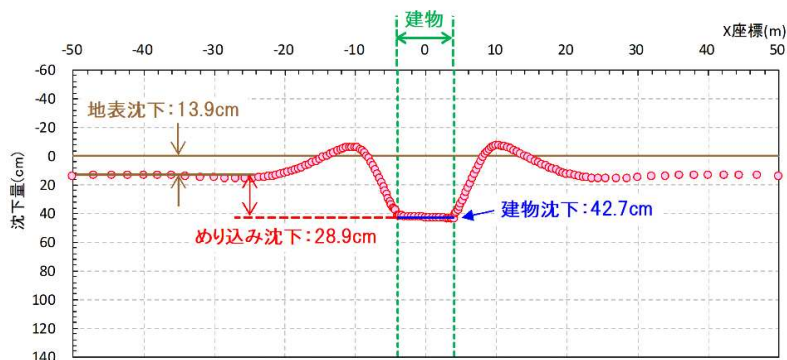
そこで、2011 年東北地方太平洋沖地震で液状化被害が集中した「千葉県我孫子市 (都～布佐西地区)」、「茨城県潮来市 (日の出地区)」、「千葉市美浜区 (磯辺 8 丁目)」、「茨城県神栖市 (堀割地区)」並びに、2016 年熊本地震で液状化被害が発生した「熊本市近見地区」を対象とし、建物調査から求めためり込み沈下量と、静的自重 FEM 解析 (ALID) 及びスタインブレナーの近似解それぞれの方法により算定しためり込み沈下量について比較検証を行った。なお、スタインブレナーの近似解によるめり込み沈下量の算定にあたっては、液状化後地盤のせん断剛性低下率 (G_1/G_0) の下限値を 1/500、1/300、1/200 の 3 種類と設定した。



(a) 代表ボーリング位置と建物調査の位置

建物 ID	めり込み沈下量(調査結果)
1	28.1cm
2	30.3cm
3	20.1cm
4	17.8cm
5	4.8cm

(b) 建物調査※3 から求めためり込み沈下量



(c) 静的自重 FEM 解析 (ALID) の結果

図-2.2.9 千葉県我孫子市 (都～布佐西地区) におけるめり込み沈下量の算定例

※3: 橋本、安田、山口 (2012): 東北地方太平洋沖地震による液状化被災地区における住宅の傾斜とめり込み沈下量の関係. 第 47 回地盤工学研究発表会 (八戸)、2012 年 7 月.

表-2.2.2 に、建物調査から求めためり込み沈下量、静的自重 FEM 解析（ALID）及びスタインブレナーの近似解それぞれから求めためり込み沈下量との比較結果を示す。この比較結果より、スタインブレナーの近似解から求めためり込み沈下量は、液状化後地盤のせん断剛性低下率の下限値を 1/300、もしくは、1/200 とした場合に、建物調査から求めためり込み沈下量及び静的自重 FEM 解析（ALID）結果と近い値を示すことが確認できた。

表-2.2.2 算定しためり込み沈下量の比較結果

検討地区名	F _L 値 (液状化層厚)	めり込み沈下量(cm)				
		調査結果	静的自重 FEM 解析 (ALID)	スタインブレナーの近似解		
				剛性低下率の 下限値 1/500	剛性低下率の 下限値 1/300	剛性低下率の 下限値 1/200
我孫子市(都～布佐西)	0.37 (3.70m)	20～30 程度	28.9	27.4	16.6	11.0
潮来市(日の出)	0.55 (4.85m)	10 程度	8.0	24.8	16.2	11.7
千葉市(磯部8丁目)	0.55 (4.00m)	10 程度	6.5	13.0	7.9	5.2
神栖市(堀割)	0.39 (2.70m)	10～20 程度	33.9	25.3	15.3	10.1
熊本市(近見)	0.70 (8.00m)	10～20 程度	18.8	52.5	31.8	21.0

「戸建て住宅のめり込み沈下量」は、『宅地の液状化危険度マップ』により液状化による宅地の被害リスクを感じた住民や事業者が自ら地盤調査等を実施し、より具体的な宅地の液状化被害をイメージするために活用することを想定している。住民や事業者の宅地液状化に対する危機意識を高めるためにも、本手引きでは、沈下量がやや大きく算定される『せん断剛性低下率の下限值：1/300』により、戸建て住宅のめり込み沈下量を算定することを標準とする。

ただし、『せん断剛性低下率の下限值：1/200』を用い、戸建て住宅のめり込み沈下量を算定することを妨げるものではなく、戸建て住宅の“平均的なめり込み沈下量”を算定したい場合には『せん断剛性低下率の下限值：1/200』を用いるなど、住民や事業者との宅地液状化に関するリスクコミュニケーションの場面に応じ、せん断剛性低下率の下限值の値を使い分けることが重要となる。

(3) 液状化による戸建て住宅の被害程度の推定

戸建て住宅のめり込み沈下の算定結果、及び、めり込み沈下量から推測される傾斜量を内閣府公表の被害認定フローに適用することで、戸建て住宅の液状化による被害程度を推定することができる（図-2.2.10）。そのため、住民や事業者との宅地液状化に関するリスクコミュニケーションにおいては、めり込み沈下量の算定結果及び傾斜量の推定結果とあわせ、推定される被害程度も情報として活用することが良い。

<被害認定フロー（液状化等の地盤被害による被害）>

【第1次調査】

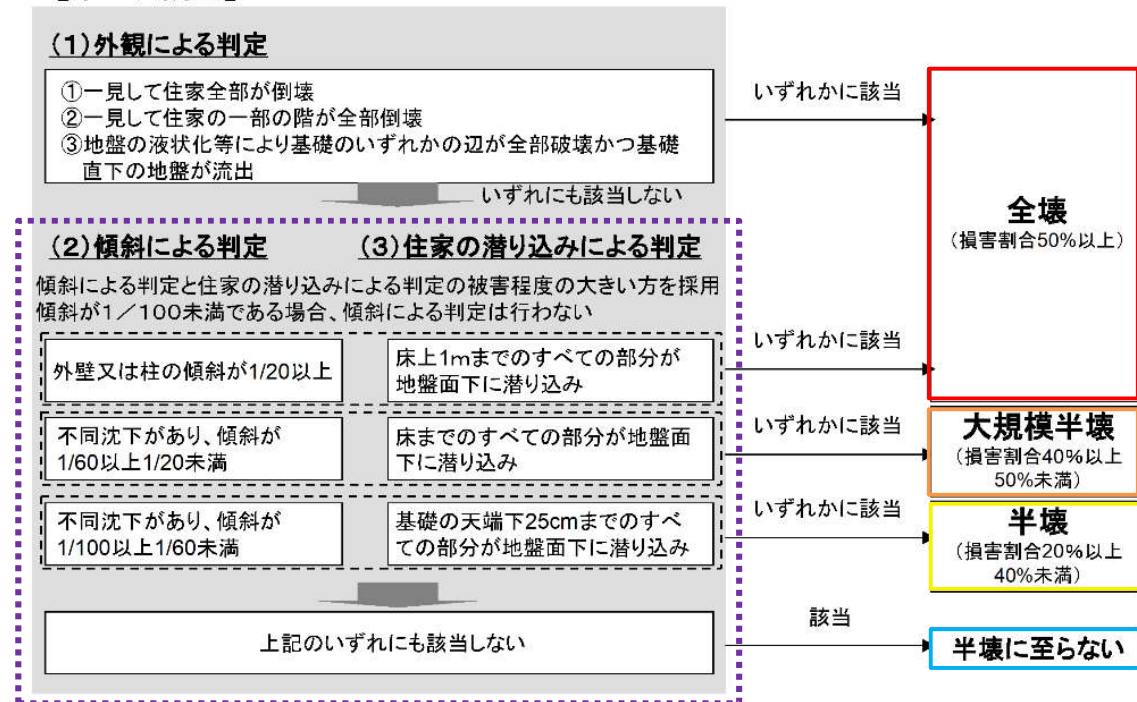


図-2.2.10 液状化等の地盤災害による被害認定フロー

(「内閣府（防災担当）：災害に係る住家の被害認定基準運用指針（平成30年3月）」に一部加筆)

(4) 戸建て住宅のめり込み沈下量の試算事例

図-2.2.11 に示す建物条件及び地盤条件について、戸建て住宅のめり込み沈下量を試算する。試算にあたっては、想定する地震を中地震程度（設計水平震度： $k_{hGL}=0.20$ 、地震動タイプ：タイプ I）とし、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（（公社）日本道路協会：H29.11）」に準拠し液状化判定を実施した。なお、液状化判定対象層とならない「地下水位より上位の砂質土」と「GL-5.0m～20.0m 粘性土層」は、めり込み沈下量の算定対象としていない。また、せん断剛性低下率の下限値は 1/300 とし試算を行った。

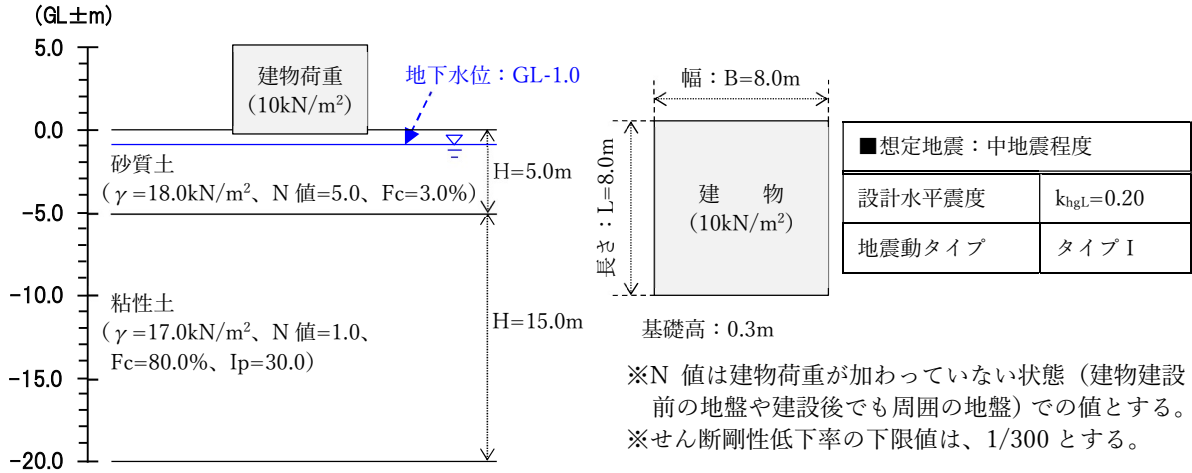
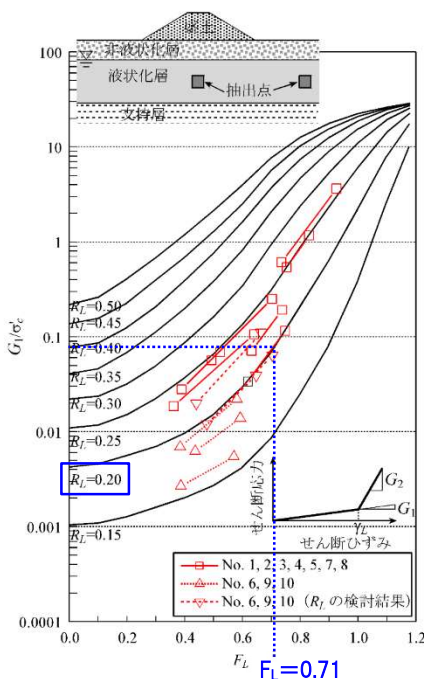


図-2.2.11 試算事例の条件図

<砂質土に対する液状化判定結果（GL-3.0m で試算）>

- ・液状化強度比： $R_L=0.20$
- ・液状化安全率： $F_L=0.71$

<液状化安全率と液状化強度比の値に応じたせん断剛性低下率>



- ・ $R_L=0.20$ 、 $F_L=0.71$ （ <0.8 ）なので左図より、

$$G_1/\sigma'_c \doteq 0.0825$$

- ・建物直下の地盤において、 $K_0=0.5$ と仮定すると、有効上載圧 $\sigma'_v=44.0\text{kN/m}^2$ より有効拘束圧 σ'_c は、

$$\sigma'_c = (1+2 \times 0.5) / 3 \times 44.0 = 29.3 \text{ kN/m}^2$$

- ・液状化後のせん断剛性 G_1 は、

$$G_1 = 0.0825 \times 29.3 = 2.4 \text{ kN/m}^2$$

- ・地下水位以下の砂質土のせん断剛性低下率 G_1/G_0 は、

$$E_0 = 2800 \times N = 2800 \times 5.0 = 14,000 \text{ kN/m}^2$$

$$G_0 = E_0 / 2 (1 + \nu_0) = 14,000 / 2 (1 + 0.33) \doteq 5,263 \text{ kN/m}^2$$

$$G_1/G_0 = 2.4 / 5,263 \doteq 0.00046 \text{ (} 0.5/1,000 \text{)}$$

- ・上記で算定されたせん断剛性低下率 G_1/G_0 は、1/300 より小さな値であるため、本試算に用いるせん断剛性低下率は、

$$G_1/G_0 = 1/300 \text{ と設定する。}$$

<例：せん断剛性低下率を 1/300 とした場合のめり込み沈下量の試算結果>

建物荷重	q	10.0	(kN/m ²)	—
基礎の短辺長さ	B	8.0	(m)	計算時は (8.0/2=4.0m) とする
基礎の長辺長さ	L	8.0	(m)	〃
地表から地層下端までの距離 (地下水位より上)	H_1	1.0	(m)	地表面から当該地層下端までの距離
地表から地下端までの距離 (液状化層：砂質土)	H_2	5.0	(m)	〃
液状化層の液状化強度比	R_L	0.20		道路橋示方書 (H29.11) より算定
液状化層の液状化安全率	F_L	0.71		〃
液状化層の有効拘束圧	σ'_c	29.3	(kN/m ²)	〃
地盤のポアソン比 (非液状化層)	ν	0.33	—	砂質土の一般値
地盤のポアソン比 (液状化前の液状化層)	ν_0	0.33	—	〃
地盤のポアソン比 (液状化後の液状化層)	ν_1	0.50	—	液状化後は $\nu=0.5$ とする
地盤のヤング係数 (地下水位より上)	E	14,000	(kN/m ²)	$E=2800 \cdot N$ で算定 ($N=5.0$)
地盤のヤング係数 (液状化前の液状化層)	E_0	14,000	(kN/m ²)	$E=2800 \cdot N$ で算定 ($N_0=5.0$)
地盤のせん断剛性 (液状化前の液状化層)	G_0	5,263	(kN/m ²)	$G_0=E_0/(2 \times (1 + \nu_0))$ で算定
地盤のせん断剛性 (液状化後の液状化層)	G_1	17.54	(kN/m ²)	$G_1/G_0=1/300$ より算定
地盤のヤング係数 (液状化後の液状化層)	E_1	52.62	(kN/m ²)	$G_1=E_1/(2 \times (1 + \nu_1))$ で算定

沈下係数 (I_{s1}) 【地下水位より上】	F_1	0.014	—	非液状化層
	F_2	0.049	—	〃
	I_s	0.034	—	〃
沈下係数 (I_{s2}) 【液状化層：砂質土】	F_1	0.186	—	液状化層
	F_2	0.080	—	〃
	I_{s1}	0.139	—	〃

・めり込み沈下量：

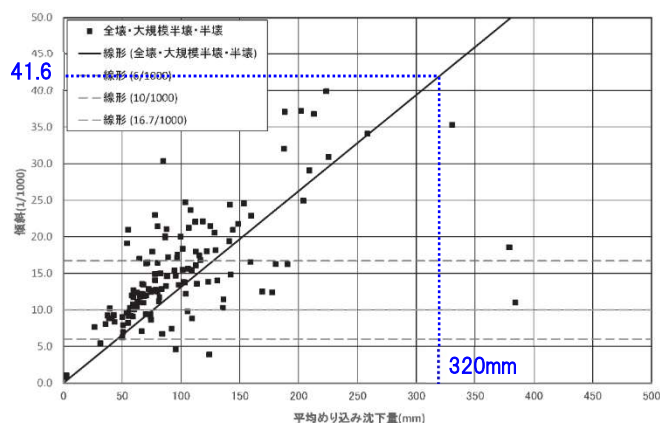
$$S_E = \{(0.034/14,000) + ((0.139 - 0.034)/52.62)\} \times 10 \times 4 \times 4 = 0.32 \text{ (m)}$$

・住宅の潜り込みによる被災程度の推定：

- ・住宅の基礎高：30cm、算定しためり込み沈下量：32cm
- ・30cm－32cm＝－2cm
- ・床までのすべての部分が地盤面下に潜り込む (図-2.2.10 より)
- ・予測される被害程度 ⇒ 大規模半壊

・傾斜角による被災程度の推定：

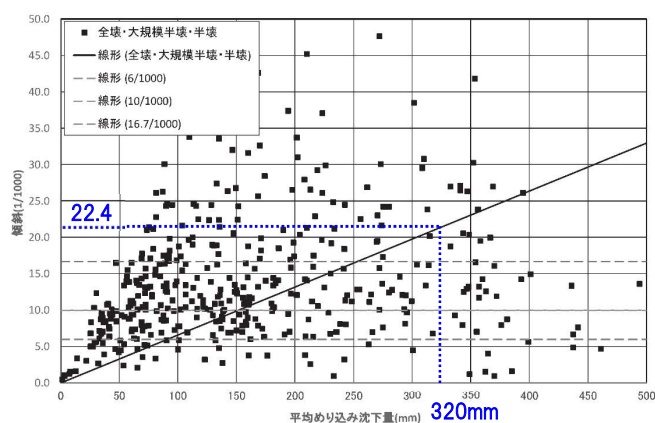
①対象建物の周辺に住宅が密集している場合



・傾斜角 θ は

$$\begin{aligned}\theta (1/1,000) &= 0.13 \times \text{めり込み沈下量} \\ &= 0.13 \times 320\text{mm} \\ &= 41.6 / 1,000\end{aligned}$$

②対象建物の周辺に住宅が密集していない場合



・傾斜角 θ は

$$\begin{aligned}\theta (1/1,000) &= 0.07 \times \text{めり込み沈下量} \\ &= 0.07 \times 320\text{mm} \\ &= 22.4 / 1,000\end{aligned}$$

③傾斜角による被災程度の推定

- ・上記①の場合：41.6／1,000
- ・上記②の場合：22.4／1,000
- ・内閣府の被害判定フローより予測される被害程度 ⇒ 大規模半壊

<被害認定フロー（液状化等の地盤被害による被害）>

【第1次調査】

(1)外観による判定

- ①一見して住家全部が倒壊
- ②一見して住家の一部の階が全部倒壊
- ③地盤の液状化等により基礎のいずれかの辺が全部破壊かつ基礎直下の地盤が流出

いずれかに該当

全壊
(被害割合50%以上)

(2)傾斜による判定

傾斜による判定と住家の潜り込みによる判定の被害程度の大きい方を採用

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

(3)住家の潜り込みによる判定

傾斜による判定と住家の潜り込みによる判定の被害程度の大きい方を採用

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

傾斜が1/100未満である場合、傾斜による判定は行わない

いずれかに該当

大規模半壊
(被害割合40%以上50%未満)

いずれかに該当

半壊
(被害割合20%以上40%未満)

いずれかに該当

上記のいずれにも該当しない

該当

半壊に至らない

2-3. 簡易評価結果を活用するうえでの留意点

(1) せん断剛性低下率の下限値の設定

戸建て住宅のめり込み沈下量や傾斜量の簡易評価は、住民や事業者が宅地の液状化被害をより具体的にイメージし、宅地液状化に対する危機意識を高めるために活用されることを目的としている。そのため、本手引きでは、「スタインブレナーの近似解」を用い、沈下量がやや大きく算定される『せん断剛性低下率の下限値：1/300』を用いることを標準とする。

ただし、戸建て住宅の“平均的なめり込み沈下量”を算定したい場合においては『せん断剛性低下率の下限値：1/200』を用いるなど、住民や事業者との宅地液状化に関するリスクコミュニケーションの場面に応じ、せん断剛性低下率の下限値の値を使い分けることを妨げるものではない。

(2) 簡易的な評価であることを理解したうえでの活用

本手引きで示す「戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価」は、戸建て住宅の液状化被害を簡易に評価することを目的としたものであり、液状化に伴う住宅の沈下・傾斜対策に係わる実務的な計画・設計検討に活用できるほどの精度が確保されていないことに留意されたい。なお、地震応答解析や静的自重 FEM 解析（ALID など）を活用すれば、液状化の発生や住宅の沈下量を詳細に解析することができ、より信頼度の高い沈下量を求めることができる。ただし、地震応答解析や静的自重 FEM 解析（ALID など）を活用する際には、高度な技術的判断が必要となることから、有識者等から解析結果に対する意見聴取を行うなど、慎重な扱いに留意して頂きたい。

3-1. カラーユニバーサルデザイン等の必要性

色彩は液状化ハザードマップにおける重要な情報伝達要素であり、各色の持つ意味を考慮して設定する。一般的な色彩に関する事項としては、本編5章「5-4. 表現にあたっての留意点」に示すよう、河川や海・湖沼などの水部については青色系で着色し、液状化危険度の高い領域は赤色系で描くなど、人々の一般的なイメージに沿う色を用いる方が理解しやすい。一方で、色の多用はハザードマップの読図が困難になる場合があるため避けるべきである。また、カラーユニバーサルデザインの観点から、高齢者や色弱者（色覚に障がいのある方）にも見やすいハザードマップとするため、色数や色相、明度差、色の組み合わせに配慮することも必要となる。

(1) カラーユニバーサルデザインのチェックツール

一般の色覚の人には、色弱者が持つ色の見分けにくさの感覚はどうしても理解しにくく、これをカバーするのがカラーユニバーサルデザインのチェックツールとなる。このチェックツールは、色弱者の見え方を疑似的にシミュレートし、色の見分けがつきにくい箇所を特定するものとなる。最も簡単な方法は白黒コピーで確認する（図-3.1.1）ことであり、インターネット等で公開されているソフトウェアを用い簡易的に色彩チェックを行い、見分けにくい箇所があれば修正を加えることもできる。ただし、これらのチェックツールは、色弱者にとって混同しやすい色を同じ色に表示するツールであって、実際の見え方を示しているわけではない。そのため、チェックツールに頼るだけでなく、色弱者に実際に見てもらうことが重要となる。

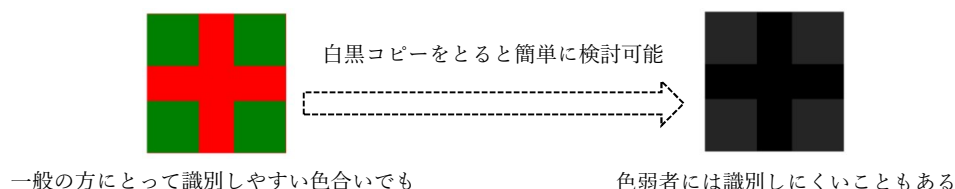


図-3.1.1 不適切な色の組み合わせの例

【色覚障がいのある人の見え方】
○色覚障がいのある人の見え方の一例 ①（見分けにくい色の組み合わせの例）



出典：「大阪府 色覚障がいのある人に配慮した色使いのガイドライン」

図-3.1.2 色弱者の見え方

（「国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課水防企画室：水害ハザードマップ作成の手引き（平成28年4月）」より）

① 携帯電子機器を利用したチェックツール

携帯電子機器を利用したチェックツールとして、様々な色覚特性を持つ人の色の見え方を体験するための色覚シミュレーションツールとなる「色のシミュレーター」というアプリが提供されている。これは、スマートデバイスの内蔵カメラまたは画像ファイルから得た画像をリアルタイムに変換し、色覚タイプごとにどの色が見にくいかをシミュレートし確認を行うものである。なお、アプリは無料でダウンロードできるので、最も安価なツールとなる。

・色のシミュレーター : <https://asada.website/cvsimulator/j/>

② パソコンを利用したチェックツール

グラフィックソフト等で作成した画像をチェックするには、パソコン上のソフトが便利となる。デザイン業界の定番になっている Adobe Photoshop や Adobe Illustrator には、印刷時の色変化を見る校正機能と同じ「ビュー → 校正設定」のメニューに、標準で色弱者用のチェック機能が提供されている。また、パソコン版の様々なフリーのソフトウェアも公開されている。

・ Adobe Photoshop、Adobe Illustrator : <https://www.adobe.com/jp/>

・ UDing™ デイザ : https://www.toyoink.jp/ja/products/color/products_uding.html

・ Visccheck J : <http://dp32016005.lolipop.jp/simulation/vischeck/index.html>

(2) 色以外の違いを組み合わせた情報伝達

色覚の違いは多様となるため、どんなに配慮しても全ての人に同じように見分けやすい配色となるとは限らない。そこで、見分けられる必要がある箇所は、色以外のデザイン要素でも違いをつけて情報が伝わるようにすることが重要となる。以下、色以外の違いを組み合わせた情報伝達の例^{※1}を示す。

※1: 伊藤 (2012): カラーユニバーサルデザイン 色覚バリアフリーを目指して、情報管理、Vol.55、no.5、pp.307-317、2012 年。

① 線は太く、面積は広くする

人間の目は、色がついている場所の面積が広いほど色の差を認識しやすい。色のついた線の幅はなるべく太くし、シンボルなどはなるべく大きくする (図-3.1.3)。また、文字はなるべく太い書体を用いる。文字の色を変えるだけではなく、書体や太さを変えたり、下線や斜体を併用したり、文字の周りに色つきの背景を付けたりすると分かりやすい (図-3.1.4 A、B)。

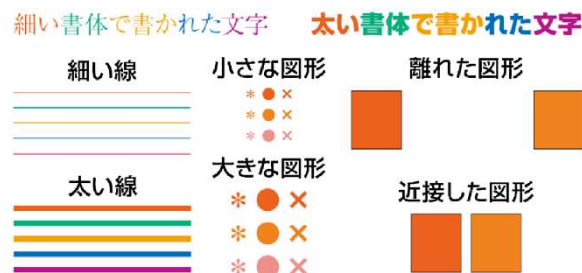


図-3.1.3 色の面積と分かりやすさ (伊藤 (2012) より引用)

② 色と色の境界にはフチ取りを入れる

紛らわしい色が並んでいると、その間に境界があることすら分かりにくくなる。黒や白の境界線を入れるだけで違いが鮮明になる（図-3.1.4 C）。また、同系色の濃色を入れることでも違いが鮮明になる。

③ 色の上に色を重ねない

アイボリーやクリームなどごく淡い色の上に濃色を重ねるのは構わないが、赤の上に緑、青の上に赤などの組み合わせは、非常に見にくくなることがある。水色や黄色などの明るい色の上には黒い文字やサインを、赤や青などの濃い色の上には白い文字やサインを載せると、その違いが分かりやすくなる（図-3.1.4 D）。

④ 色つきサインの周りにはなるべく白くする

上記とも関連するが、色分けしたサインの周りに他の色が接していると、サインの色の違いが分かりにくくなる。そのため、サインの周りに白い余白を作ると分かりやすくなる（図-3.1.4 E）。また、サインは色を変えるだけではなく、形を変えたり文字を組み合わせたりすると、なお分かりやすくなる。

A 時刻表の塗り分けの例

5 13 19 25 32 40 48 53 59 ✕ 細い書体
 5 13 19 25 32 40 48 53 59 △ 太い書体
 5 13 19 25 32 40 48 53 59 ○ 斜体や下線
 5 13 19 25 32 40 48 53 59 ○ 背景に着色

B 文字の色だけでなく背景の色で強調

本品は他の製品と混ぜないように注意してお使い下さい
 本品は他の製品と混ぜないように注意してお使い下さい

✕ 現在位置 ○ 現在位置

C 塗り分けには境界線



D 色の上に色を重ねない



E 色つきサインの周りには白い余白



図-3.1.4 形の違いによる分かりやすさへの配慮
 （伊藤（2012）より引用）

(3) メディアユニバーサルデザイン

カラーユニバーサルデザインという考え方のほかにも、「色の使い方」のみならず、「デザイン」や「文字の使い方」などにも様々な配慮や工夫を加えることで、一般の人はもちろん高齢者・障がい者・色弱者など、誰もが使いやすく、見やすいメディアを提供するという『メディアユニバーサルデザイン（MUD）※』という考え方もある。

そのため、液状化ハザードマップの作成にあたっては、『カラーユニバーサルデザイン』という考え方に加え、『メディアユニバーサルデザイン』にも配慮するなど、伝えたい情報が伝わるような工夫を行うことが重要となる。

※：NPO 法人 メディア・ユニバーサル・デザイン協会 <https://www.media-ud.org/>

ここでは、本手引きに従って作成した「液状化ハザードマップ」の作成事例（2地区の作成事例）を示す。以下、液状化ハザードマップを作成するための“各作業内容のケーススタディ”について解説を行っているが、各自治体における実際の作業内容は、液状化ハザードマップ作成対象範囲の地形・地盤特性等に応じて異なる。そのため、本手引きの“ケーススタディ”を参考として活用して頂き、作成対象範囲の地形・地盤特性等に応じた検討結果を踏まえ、液状化ハザードマップを作成されたい。

<液状化ハザードマップ作成のケーススタディ>

- 4-1. 液状化ハザードマップの作成準備
- 4-2. 資料の収集
- 4-3. 地域の液状化発生傾向図の作成
- 4-4. 宅地の液状化危険度マップの作成
- 4-5. 液状化ハザードマップの作成

4-1. 液状化ハザードマップの作成準備

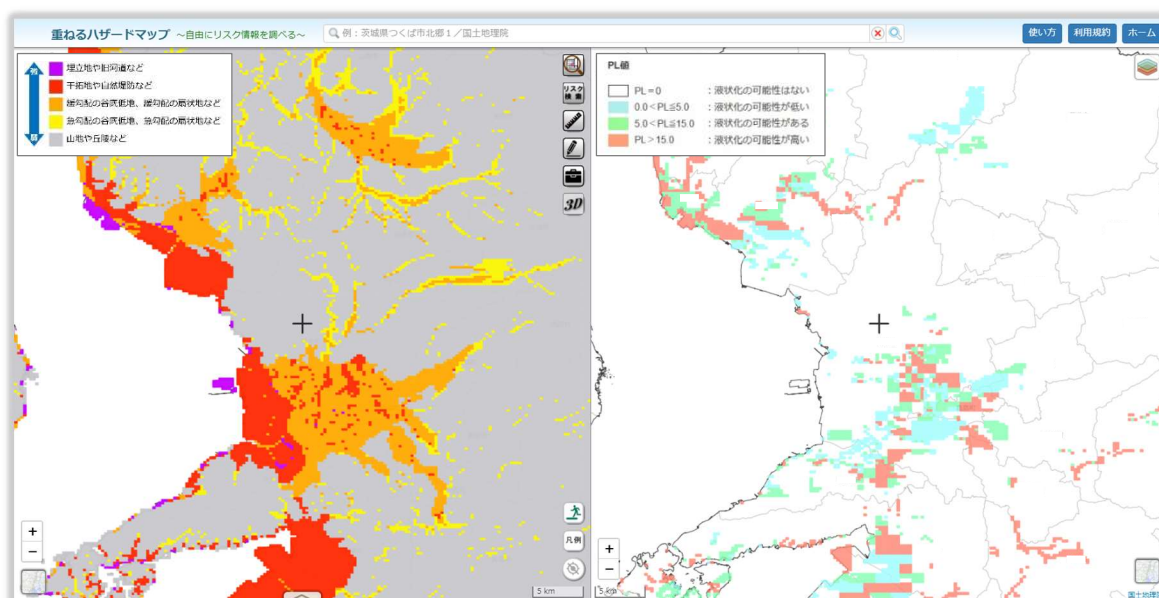
液状化ハザードマップの作成準備として、国土交通省による「地形区分に基づく液状化の発生傾向図※¹」と都道府県による「液状化危険度分布図※¹」を活用し、行政区域内の液状化発生傾向を概略的に把握し、液状化ハザードマップの作成範囲を設定した。

※1 「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」と「液状化危険度分布図」の公開 URL

：（ハザードマップポータルサイト）<https://disaportal.gsi.go.jp/index.html>

(1) A 市の事例

ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』で公開している、A 市の「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」と「液状化危険度分布図」を図-4.1.1 に示す。図-4.1.1 より、A 市では沿岸部の干拓地と河川沿いの平野部を中心に液状化発生傾向が強く、かつ、液状化危険度も高くなることが把握できる。また、A 市においては、過去の地震で河川沿いの平野部を中心に甚大な液状化被害が発生している。このため、液状化ハザードマップの作成にあたっては、市域全体の液状化被害リスクを確認・共有するための『全市域版』と、顕著な液状化被害が予測される河川沿いの平野部を包括する区域を対象とした『A 地区版』の2種類を作成することとした。



(a) 地形区分に基づく液状化発生傾向図

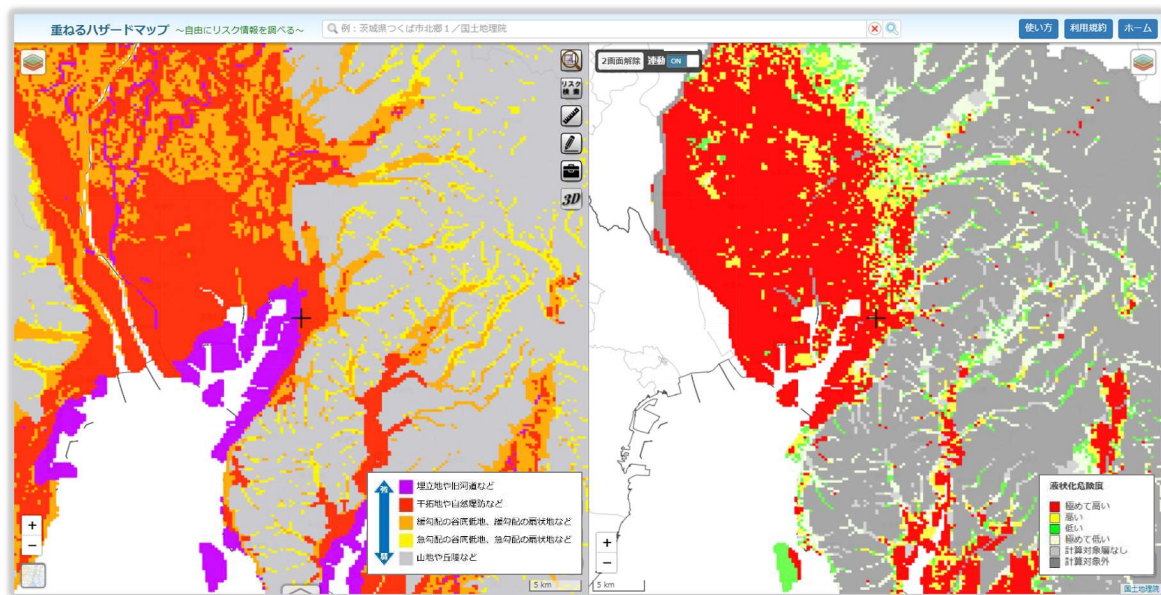
(b) 液状化危険度分布図

図-4.1.1 A 市の「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」と「液状化危険度分布図」

（ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』より）

(2) B市の事例

ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』で公開している、B市の「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」と「液状化危険度分布図」を図-4.1.2に示す。図-4.1.2より、B市では沿岸部の埋立地と干拓地を中心に液状化発生傾向が強く、かつ、液状化危険度も高くなることが把握できる。行政区域全体の面積がさほど広くないことから、液状化ハザードマップの作成にあたっては、市域全体の液状化被害リスクを確認・共有するための『全市域版』を作成することとした。



(a) 地形区分に基づく液状化発生傾向図

(b) 液状化危険度分布図

図-4.1.2 B市の「地形区分に基づく液状化の発生傾向図」と「液状化危険度分布図」

(ハザードマップポータルサイト『重ねるハザードマップ』より)

4-2. 資料の収集

液状化ハザードマップの作成にあたっては、『地域の液状化発生傾向図』の作成に必要となる「既往微地形分類図」や「人工改変の有無を確認するための資料」、『宅地の液状化危険度マップ』の作成に必要となる「ボーリング調査結果等の地盤情報」、また、『液状化ハザードマップ』の作成に必要となる「背景地図データ」や「避難場所や避難所に関する情報」等、様々な資料及びデータの収集が必要となる。このため、液状化ハザードマップの作成対象範囲の特性にあわせ、なるべく多くの資料やデータを収集することに努めた。

(1) 『地域の液状化発生傾向図』の作成にあたって収集した資料及びデータ

『地域の液状化発生傾向図』の作成にあたって、収集した資料及びデータとその使用用途を表-4.2.1に示す。なお、資料及びデータの主な収集先は「自治体」及び「国土地理院」となる。

表-4.2.1 収集した資料・データとその使用用途（液状化発生傾向図の作成）

分 類	収集した資料及びデータ	使用用途
既往微地形分類	・ ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」 ・ ベクトルタイル「地形分類（人工地形）」	・ 微地形分類図の作成
空中写真	・ 空中写真（1845年～2016年）	・ 人工改変地の抽出・整理
地形図、旧版地図、古地図	・ 旧版地図（1920年、1926年、1971年、1977年）	・ 人工改変地の抽出・整理
DEM（数値標高モデル）	・ 5m メッシュ（標高）：航空レーザー測量、写真測量	・ 微地形分類図の作成 ・ 人工改変地の抽出・整理
埋立地・干拓地等の造成資料	・ 公有水面埋立実績に関する資料	・ 人工改変地の抽出・整理
砂鉄（砂利）採取や圃場整備、小規模宅地開発等の人工改変に関する資料	・ 開発許可区域に関する資料 ・ 土地改良履歴に関する資料 ・ 砂利採取跡地に関する既往文献	・ 人工改変地の抽出・整理
大規模盛土造成地に関する資料	・ 大規模盛土造成マップ	・ 人工改変地の抽出・整理
過去の液状化発生履歴に関する資料	・ 当該自治体の震災記録誌 ・ 当該自治体の市史 ・ 全国遺跡報告総覧 ・ 日本の液状化履歴マップ（若松 2011） ・ 液状化履歴図（J-SHIS Labs）	・ 液状化発生履歴の調査
ボーリング資料等の地盤情報	・ 当該自治体が保有するボーリングデータ ・ KuniJiban データ ・ 都道府県が作成した地盤モデル（250m メッシュ） ・ （公社）地盤工学会が公開しているボーリングデータ	・ 微地形分類図の作成 ・ 液状化発生傾向の評価

(2) 『宅地の液状化危険度マップ』の作成にあたって収集した資料及びデータ

『宅地の液状化危険度マップ』の作成にあたって、収集した資料及びデータとその使用用途を表-4.2.2 に示す。なお、資料及びデータの主な収集先は、「自治体」及び「地盤情報の公表機関」となる。

表-4.2.2 収集した資料・データとその使用用途（宅地の液状化危険度マップの作成）

分 類	収集した資料及びデータ	使用用途
ボーリングデータ	・ 当該自治体が保有するボーリングデータ ・ KuniJiban データ ・ (公社)地盤工学会が公開しているボーリングデータ	・ 宅地の液状化被害の可能性判定
土質試験結果	・ 当該自治体が保有する土質試験結果 ・ KuniJiban データ	・ 宅地の液状化被害の可能性判定
地盤モデルデータ	・ 都道府県が作成した地盤モデル(250m メッシュ)	・ 宅地の液状化被害の可能性判定

(3) 『液状化ハザードマップ』の作成にあたって収集した資料及びデータ

『液状化ハザードマップ』の作成にあたって、収集した資料及びデータとその使用用途を表-4.2.3 に示す。なお、資料及びデータの主な収集先は「自治体」となる。

表-4.2.3 収集した資料・データとその使用用途（液状化ハザードマップの作成）

分 類	収集した資料及びデータ	使用用途
背景地図データ	・ 当該自治体の都市計画図（DM データ） ・ 基盤地図情報	・ 液状化ハザードマップの基図として利用
指定緊急避難場所、指定緊急避難所に関する情報	・ 指定緊急避難場所、指定緊急避難所の一覧表や GIS データ ・ 当該自治体の既存ハザードマップ	・ 地図情報面への掲載情報の検討
防災関連施設に関する情報	・ 防災関連施設の一覧表や GIS データ ・ 当該自治体の既存ハザードマップ	・ 地図情報面への掲載情報の検討
緊急輸送道路、避難経路に関する情報	・ 緊急輸送道路、主要道路の位置情報 ・ 当該自治体の既存ハザードマップ	・ 地図情報面への掲載情報の検討
液状化対策事例に関する情報	・ 当該自治体を実施した液状化対策事例に関する資料（住民説明会資料など）	・ 災害学習情報面への掲載情報の検討

4-3. 地域の液状化発生傾向図の作成

『地域の液状化発生傾向図』とは、過去の地震における液状化発生地点と微地形との関係に基づき、微地形ごとの液状化発生傾向を評価・区分したものであり、“地域内のどのような場所で液状化の発生傾向が強くなるのか”、また、“それがどこに分布しているのか”を確認・共有するための情報となる。『地域の液状化発生傾向図』の作成においては、微地形に基づき地表付近の地盤条件を推定し地域の液状化発生傾向を評価・区分するとともに、近年の地震において顕著な液状化被害が発生している埋立地等の人工改変地の抽出を重視する。液状化ハザードマップの作成工程における『地域の液状化発生傾向図』の位置付けを図-4.3.1に示す。本節では、本編3章[3-4.微地形分類図及び人工改変地等の情報による液状化発生傾向の評価・区分]で解説しているよう、扇状地帯、氾濫低地帯、砂州・砂丘帯における具体的な液状化発生傾向の評価・区分方法の事例を示す。

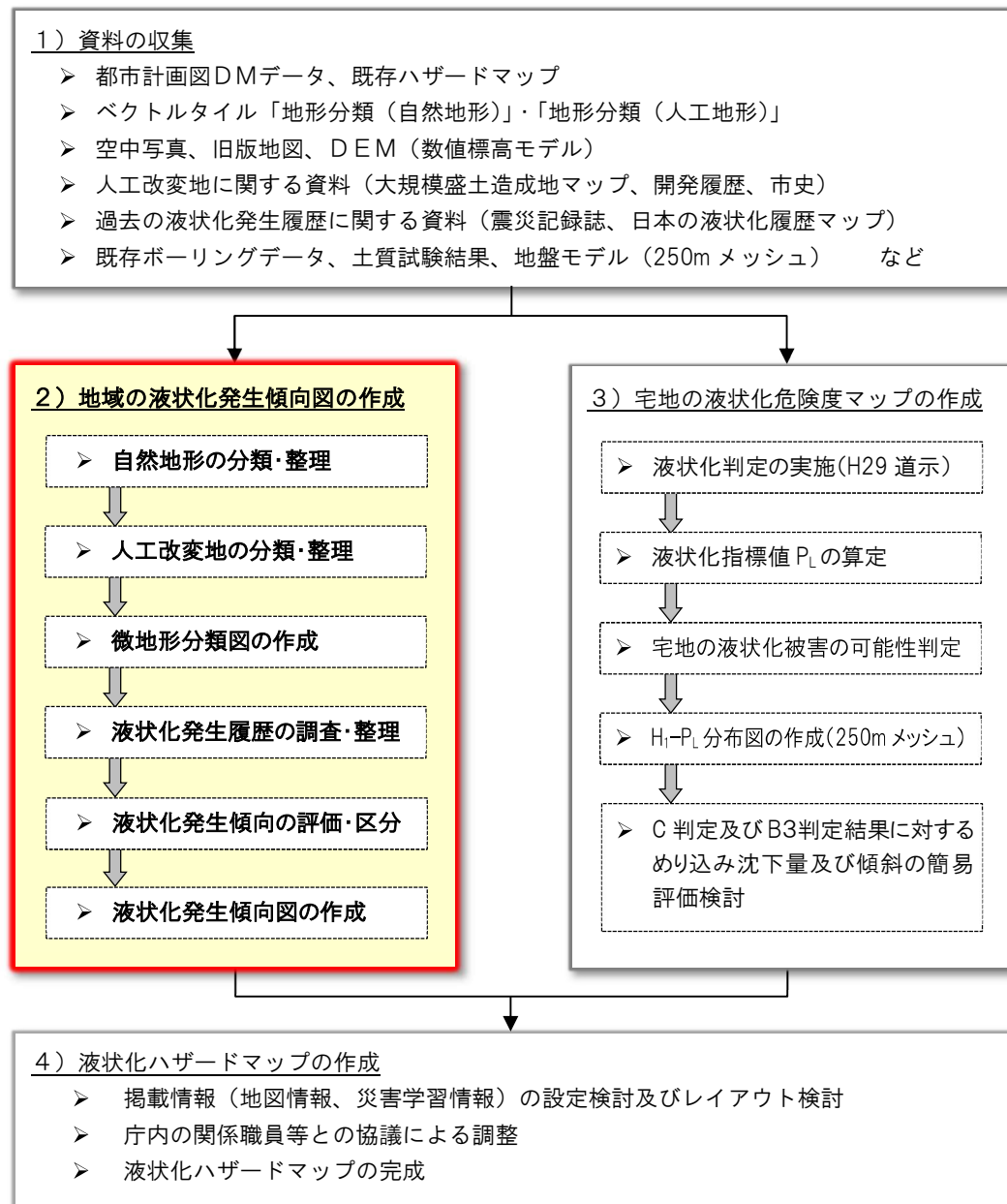


図-4.3.1 液状化ハザードマップの作成工程における「地域の液状化発生傾向図」の位置付け

(1) 自然地形の分類・整理

液状化ハザードマップの作成対象地区である A 市及び B 市においては、国土地理院が公開しているベクトルタイル「地形分類（自然地形）」※が整備されていることから、自然地形の分類・整理にあたっては、このベクトルタイルデータを基礎データとした。ただし、ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」は、既往の土地条件図や治水地形分類図から作成されているため、本手引きで標準としている微地形区分〔本編 3 章 p.21 参照〕と完全一致しない（表-4.3.1）。そのため、標高データや既存ボーリングデータ等の情報を活用し、それぞれの地域に応じた微地形区分を行う必要があり、特に、「扇状地の細分化」、「谷底低地と氾濫低地の区分」、「海岸低地、後背低地、氾濫低地の区分」、「砂州と砂丘の判断」に注視して分類・整理を行った。

※ベクトルタイル地形分類（自然地形）の公開サイト http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/lfc_index.html

表-4.3.1 ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」と本手引きで標準とする微地形区分の比較

ベクトルタイル「地形分類」(自然地形)			対象微地形	一般的な特徴	
土地条件図	治水地形分類図	属性コード		場所・形態等	
(数値地図25000(土地条件))	(更新版)	(code)			
山地斜面等／斜面(山地)		10101	山地・丘陵	山地や丘陵の斜面。	
	山地	1010101			
崖／壁岩		10202	山麓堆積地形	土石流や落石等により形成された岩屑からなる緩斜面。	
	崖(段丘崖)	2010201			
山麓堆積地形		10406	台地	河岸段丘や海岸段丘、火山砕屑物の堆積面など。	
	山麓堆積地形	3010101			
台地・段丘		10306	台地上の浅い谷・凹地	台地の一般面より低い谷状ないし凹地状の部分。	
岩石台地		10310			
	段丘面	2010101	扇状地	河川が山地から平地に移る場所に主に砂礫が堆積した地形。扇端部では湧水することがある。	
扇状地		10501			
	扇状地	3020101	扇状地上の浅い谷・凹地	扇状地上の旧河道及び浅い開析谷など浅い谷状ないし凹地状の部分。	
谷底平野・氾濫平野		10701	氾濫低地	網状または蛇行流路をなす河川の堆積作用により形成された平坦地。	
海岸平野・三角州		10702	谷底低地	山地や丘陵・台地間の谷底に分布する平坦地ないし緩傾斜の堆積面。	
	氾濫平野	3030101	三角州・海岸低地	過去の浅海堆積面が海退により陸化した平坦地。河口付近に広がりが極めて低平。	
自然堤防		10503			
	微高地(自然堤防)	3040101	自然堤防	洪水で越流した土砂が河川沿いに形成した微高地。	
砂丘		10504			
砂(礫)堆・州		10505	砂州・砂礫州	海岸線と平行に伸びる浜堤など、波浪や沿岸流により形成された砂・礫からなる微高地。	
砂州・砂堆・砂丘		10512			
	砂州・砂丘	3050101	砂丘	海岸・河畔の砂が風により巻き上げられて堆積した小高い丘。	
後背低地		10703			
	後背湿地	3030201	砂州上・砂丘上の凹地	砂州や砂丘の一般面と比べ相対的に低い部分、凹地。	
凹地・浅い谷		10601			
	浅い谷	2010301	砂丘縁辺部	砂丘のうち内陸側の低地に隣接する部分。砂丘砂の二次移動により砂がゆるく堆積し、地下水位が浅い。	
旧河道		10704			
	旧河道(明瞭)	3040201	砂丘間低地・砂州間低地	砂州・砂丘列に挟まれた低地。低湿地をなす。	
	旧河道(不明瞭)	3040202			
一	落堀	3040301	後背低地	自然堤防の外側の低平地。湿地をなすこともある。	
旧水部		10904			
	旧水部	5010301	旧河道	蛇行による流路変遷や河川の付け替えにより破棄された流路跡。	
			旧水部	(埋立地)	水域を人工的に埋めて造成した新しい地盤。
				(干拓地)	中・近世以降に干潟を閉め切り陸化した新しい地盤。

① 扇状地の細分化

過去の地震における扇状地での液状化被害をみると、以下のような特徴を有す。

- ✓ 過去に地震が発生した扇状地の縦断地表面勾配は大半が $5/1,000$ 以下であり、縦断地表面勾配が $10/1,000$ 以上の扇状地では液状化はほとんど発生していない
- ✓ 扇状地の扇端付近は細かい砂分を多く含み、地下水位が高い場所や湧水が生じているような場所では、過去の地震において液状化した事例があり注意が必要となる

上記のような特徴を踏まえ、本事例では、DEM（数値標高モデル）から算出する「縦断地表面勾配」と、既往ボーリングデータによる「地盤特性」を参考データとし、液状化発生傾向の評価区分を目的とした“扇状地の細分化”について検討を行った。

a) 縦断地表面勾配による扇状地の細分化検討（A市の場合）

図-4.3.2（A-A'断面）に示すように、扇状地内を流れる河川の上流から下流方向への縦断地表面勾配を確認すると、扇状地内の縦断地表面勾配に大きな変化はなく、その値は $2/1,000$ 程度であった。そのため、縦断地表面勾配から扇状地を細分化することはできないと判断した。なお、縦断地表面勾配 $2/1,000$ は、過去の液状化被害から報告されている『液状化が発生した縦断地表面勾配 $5/1,000$ 以下』よりも小さな値となるため、液状化発生傾向はやや強くなると推察されるが、近年発生した地震において、扇状地内でほとんど液状化被害が発生しなかったことから、液状化発生傾向の評価を変更しないこととした。

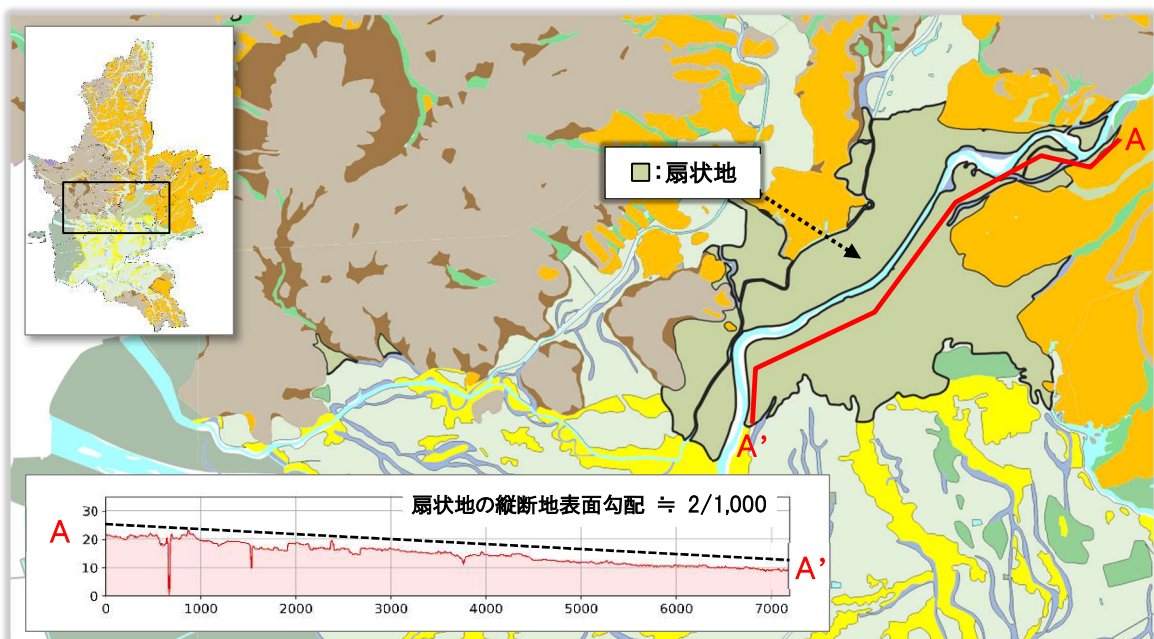
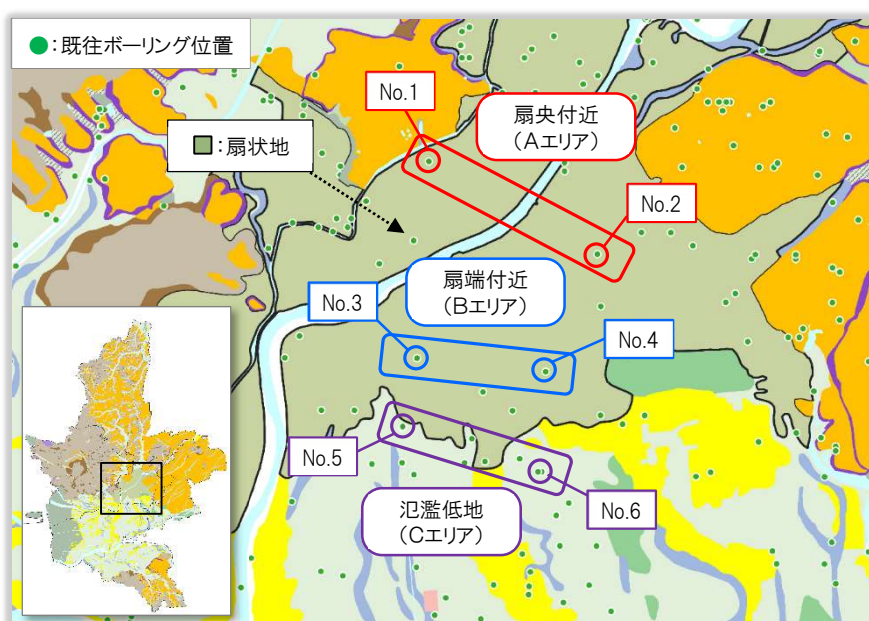


図-4.3.2 DEM から算出した扇状地内の縦断地表面勾配（A市）

b) 地盤特性による扇状地の細分化検討 (A 市の場合)

扇状地内及び扇状地周辺の既往ボーリング位置と抽出した地盤情報の比較結果を図-4.3.3 に示す。地盤データの比較にあたっては、扇央付近 (A エリア)、扇端付近 (B エリア)、B エリアに近接する氾濫低地 (C エリア) における既往ボーリングから得られる地盤情報を用いた。

図-4.3.3 より、扇央付近 (A エリア) と扇端付近 (B エリア) を比較すると、どちらも砂礫や N 値の高い砂が堆積しており、扇状地を細分化する根拠データとならない。一方、扇端付近 (B エリア) と氾濫低地 (C エリア) を比較すると、氾濫低地 (C エリア) にはシルトやシルト質粘土が堆積しており、扇端付近 (B エリア) とは異なる地盤特性を示すことが確認できる。以上より、扇端付近 (B エリア) は、扇央付近 (A エリア) と同等の地盤特性を示す扇状地であり、扇状地は細分化できないと判断した。



深度 (GL-m)	扇央付近 (Aエリア)				扇端付近 (Bエリア)				氾濫低地 (Cエリア)			
	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6	
	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値
1	玉石混じり砂礫	-	シルト質砂	1	玉石混じり砂礫	-	表土	3	盛土	-	シルト	3
2	粘質砂	5	砂	15	砂質シルト	28	砂混じりシルト	5	盛土	6	シルト	3
3	砂礫	22	砂	12	砂質シルト	1	砂混じりシルト	3	盛土	5	砂	-
4	砂礫	50	シルト質粘土	3	砂	9	礫混じり粗砂	-	砂	11	砂質シルト	12
5	砂礫	50	シルト質粘土	5	砂	14	細砂	18	シルト質粘土	22	砂	8
6	ローム	1.5	粘土	5	砂	15	砂混じり粘土	24	シルト質砂	4	砂	8
7	粘質砂	0.9	砂礫	17	砂	29	砂混じり粘土	5	シルト質粘土	10	シルト	3
8	粘質砂	15	砂礫	18	シルト	18	砂混じり粘土	6	シルト質粘土	2	シルト	2
9	粘質砂	26	砂礫	10	シルト	19	砂混じり粘土	5	シルト質粘土	2	シルト	1
10	砂・礫	50	玉石混じり砂礫	16	シルト	3	砂混じり粘土	5	砂	12	シルト	10
11	砂・礫	50	玉石混じり砂礫	22	シルト	5	砂混じり粘土	3	砂	41	シルト	2
12	砂・礫	48	玉石混じり砂礫	8	シルト	23	砂混じり粘土	4	砂	29	シルト	3
13	砂・礫	11	玉石混じり砂礫	15	シルト	23	砂混じり粘土	-	砂	48	シルト	-
14	砂	36	砂質シルト	5	砂	46	砂混じり粘土	18	砂	25	砂	50
15	砂	48	砂質シルト	5	砂	31	砂混じり粘土	22	砂	18	砂	50
16	砂	-	砂質シルト	4	砂	11	砂混じり粘土	9	砂	5	砂	43
17	シルト質粘土	2	シルト質砂	6	砂	38	砂混じり粘土	12	砂	-	砂	42
18	シルト質粘土	1	シルト質砂	8	シルト質砂	10	砂混じり粘土	13	シルト	8	砂	9
19	粘土	1	シルト混じり砂	7	シルト質砂	2	粘土混じり砂礫	14	砂	15	砂礫	47
20	砂礫	50	シルト混じり砂	9	シルト質砂	2	粘土混じり砂礫	30	砂	21	砂礫	50

図-4.3.3 既往ボーリング位置と地盤情報の比較結果 (A 市)

以上のように、本事例では、縦断地表面勾配や地盤特性の比較結果から、扇状地を細分化する必要はないと判断したが、扇状地の区分における着目点として扇状地上の旧河道の存在がある。そのため、縦断地表面勾配や地盤データのみならず、空中写真や旧版地図も活用し、旧河道が抽出できるかどうかの検討を行う必要があることに留意されたい（本事例の場合は、空中写真や旧版地図から旧河道の存在を確認できなかった）。

② 谷底低地と氾濫低地の区分

谷底低地と氾濫低地は、ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」では同じカテゴリとして分類される。しかし、液状化の発生傾向に対して以下のような特徴を有することから、液状化発生傾向の評価を行う際は、それぞれの区分を明確にする必要がある。

- ✓ 谷底低地と氾濫低地を比較すると、谷底低地の方が粒径の大きい礫質の堆積物からなる地盤特性を示すため、液状化発生傾向の評価を分ける必要がある

上記のような特徴を踏まえ、本事例では、DEM（数値標高モデル）から算出する「地表面勾配」を参考データとし、液状化発生傾向の評価区分を目的とした“谷底低地と氾濫低地の区分”について検討を行った。

a) 地表面勾配による谷底低地と氾濫低地の区分検討（A市の場合）

前述したように、ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」においては、谷底低地と氾濫低地は区分されておらず、『谷底低地・氾濫低地』というカテゴリとして分類される（図-4.3.4）。そのため、『谷底低地・氾濫低地』を対象とし、DEM（数値標高モデル）を用い地表面勾配を算定した。地表面勾配の段彩図を図-4.3.5に示す。本手引きでは、『山地・丘陵又は台地間に分布し表面勾配 1/100 程度以上 1/10 未満の谷底面を谷底低地とする』とその適用範囲を示していることから（[詳細資料編：p.13 参照]）、1/100（10/1,000）を一つの目安値として色分けを行い、谷底低地と氾濫低地の区分を行った。

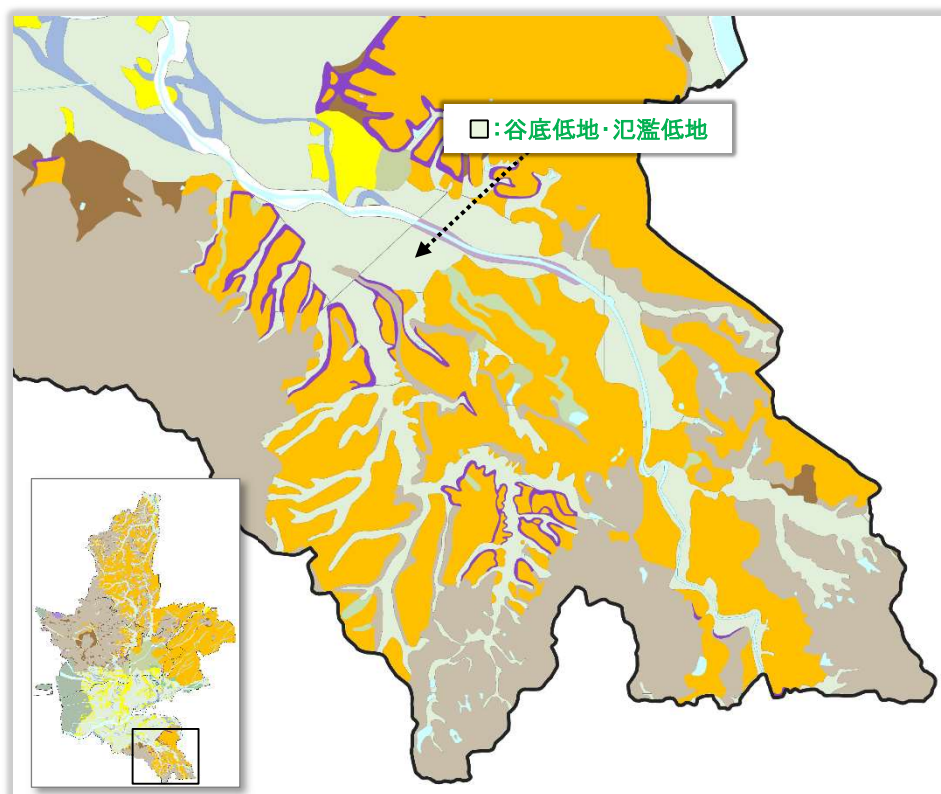


図-4.3.4 ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」における『谷底低地・氾濫低地』（A市）

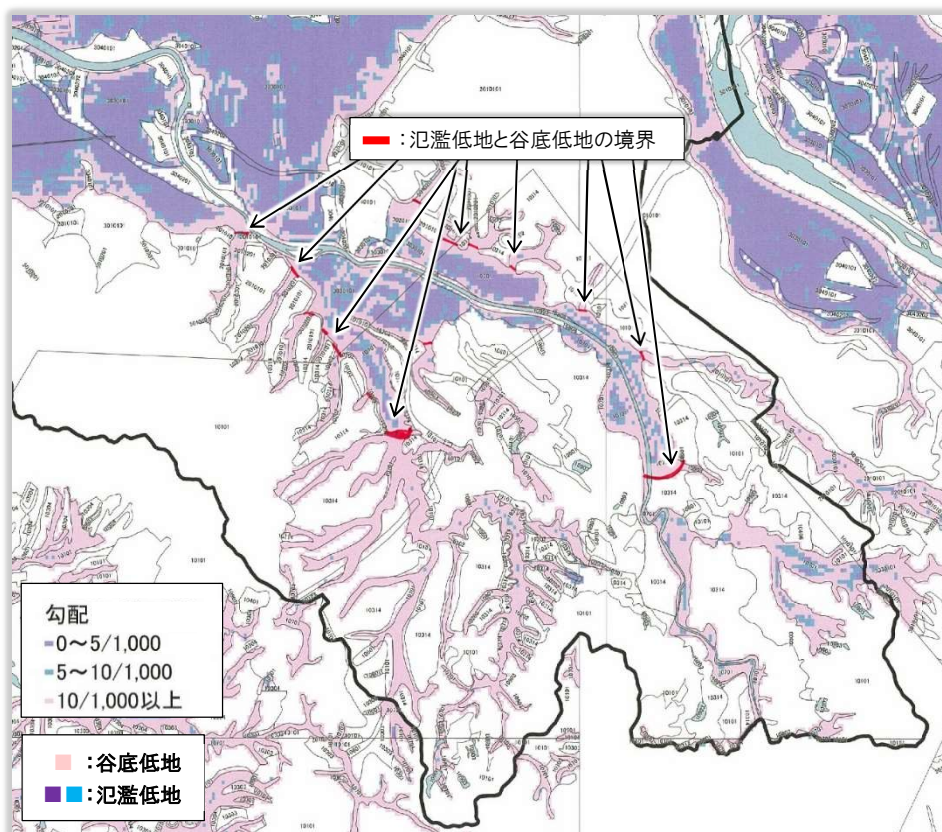


図-4.3.5 『谷底低地・氾濫低地』の地表面勾配の段彩図（A市）

b) 縦断地表面勾配による谷底低地と氾濫低地の区分検討 (B 市の場合)

谷筋に沿って縦断地表面勾配を算出することにより、谷底低地と氾濫低地の区分検討を行った事例を示す。DEM (数値標高モデル) を用い縦断地表面勾配を算定し、 $1/100$ ($10/1,000$) を一つの目安値として色分けを行った結果を図-4.3.7 に示す。図-4.3.7 より、赤線と青線の境界部より谷底低地と氾濫低地の区分を行った。

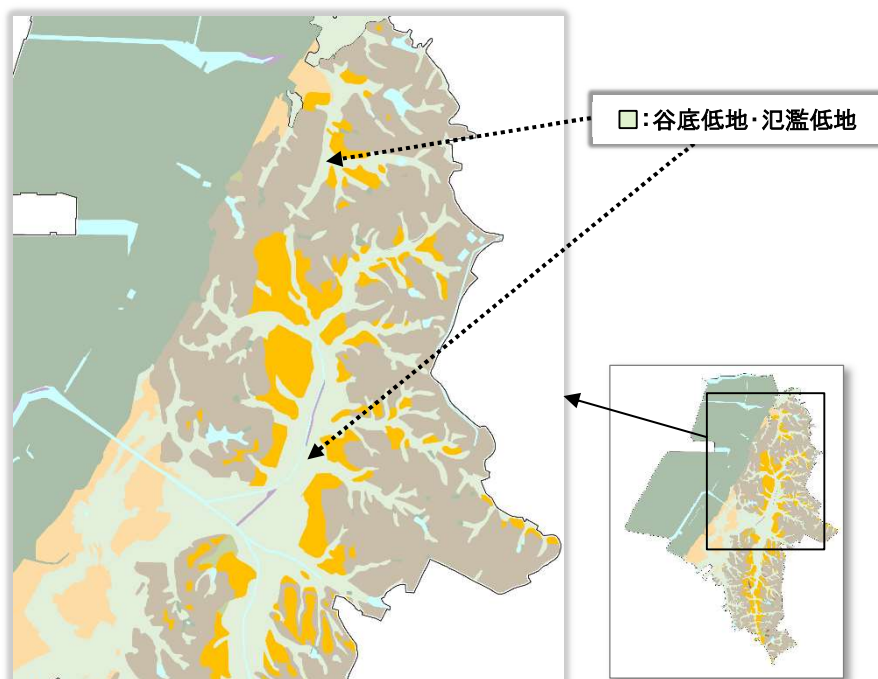


図-4.3.6 ベクトルタイル「地形分類 (自然地形)」における『谷底低地・氾濫低地』(B 市)

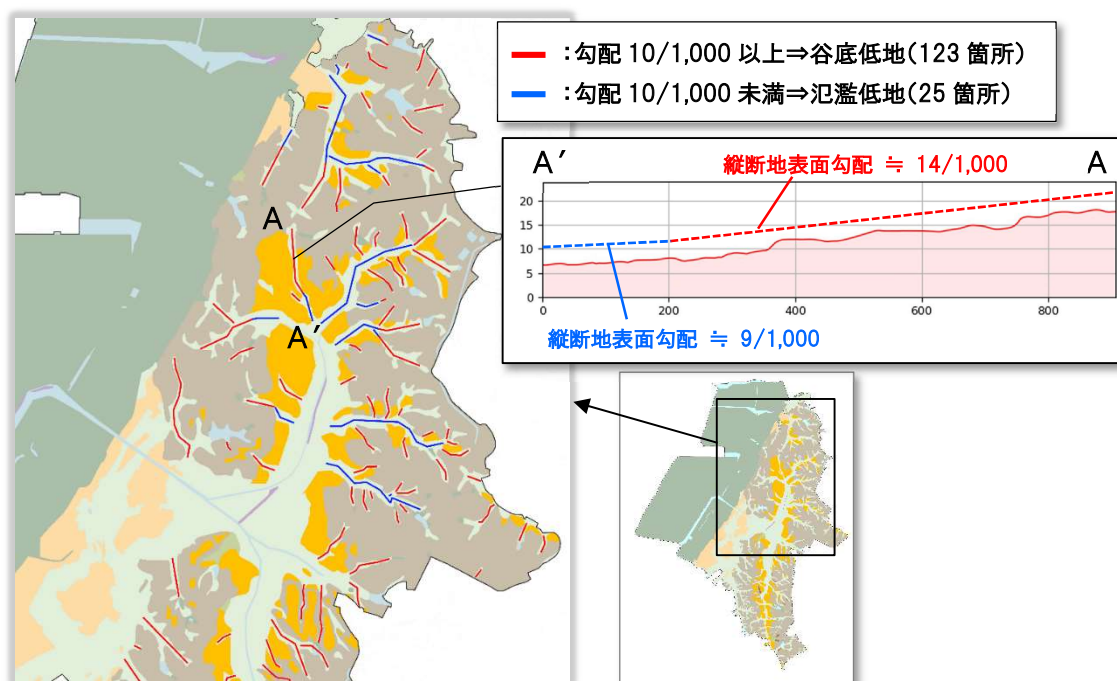


図-4.3.7 『谷底低地・氾濫低地』の縦断地表面勾配の色分け図 (B 市)

③ 海岸低地、後背低地、氾濫低地の区分

海岸低地、後背低地、氾濫低地は、液状化の発生傾向に対して以下のような特徴を有することから、液状化発生傾向の評価を行う際はそれぞれの区分を明確にする必要がある。

- ✓ 海岸低地は、過去の浅海堆積面が海退により陸化した平坦地であり、波の作用により土砂が緩く堆積しているため、液状化発生傾向が強いと考えられる
- ✓ 後背低地は一般に表層地盤が粘性土からなるが、後背低地上に盛土造成した宅地は地下水位が高く、盛土部分が液状化する可能性が高いと考えられる

上記のような特徴を踏まえ、本事例では、既往ボーリングデータによる「地盤特性」とDEM（数値標高モデル）から算出する「標高データ」を参考データとし、液状化発生傾向の評価区分を目的とした“海岸低地、後背低地、氾濫低地の区分”について検討を行った。

a) 海岸低地と後背低地の区分検討（B市の場合）

図-4.3.8 に示す赤枠範囲の低地部に着目すると、この低地部はベクトルタイル「地形分類（自然地形）」においては、『氾濫平野』というカテゴリとして分類される。しかし、赤枠範囲周辺には、海岸線に沿って『砂州・砂堆・砂丘』が発達しており、台地（丘陵）を刻む谷は溺れ谷であったことが推定されるため、台地（丘陵）より海側に分布する低地を海岸低地と考えた。そこで、図-4.3.8 に示すよう、「砂州・砂堆・砂丘（Aエリア：緑色点線）」、「海岸低地と思われる範囲（Bエリア：青色点線）」、さらに内陸側の「台地・丘陵（微高地）に囲まれた低地部（Cエリア：橙色点線）」を概略的にエリア分けし、それぞれのエリアにおける地盤特性の比較を行った（図-4.3.9）。

図-4.3.9 より、砂州・砂堆・砂丘（Aエリア）では、地表付近に細砂や礫混じり砂が一様に堆積する特性を示し、海岸低地と思われる範囲（Bエリア）では、砂州・砂堆・砂丘（Aエリア）と比較し盛土の下に砂層が薄く堆積する特性が確認できる。一方、台地・丘陵（微高地）に囲まれた低地部（Cエリア）では、盛土の下に砂層が存在せずシルト層が堆積する特性を示す。従って、これら地盤特性の比較結果より、台地・丘陵（微高地）に囲まれた低地部（Cエリア）は、小河川からの堆積作用の影響が小さい後背低地であると判断した。

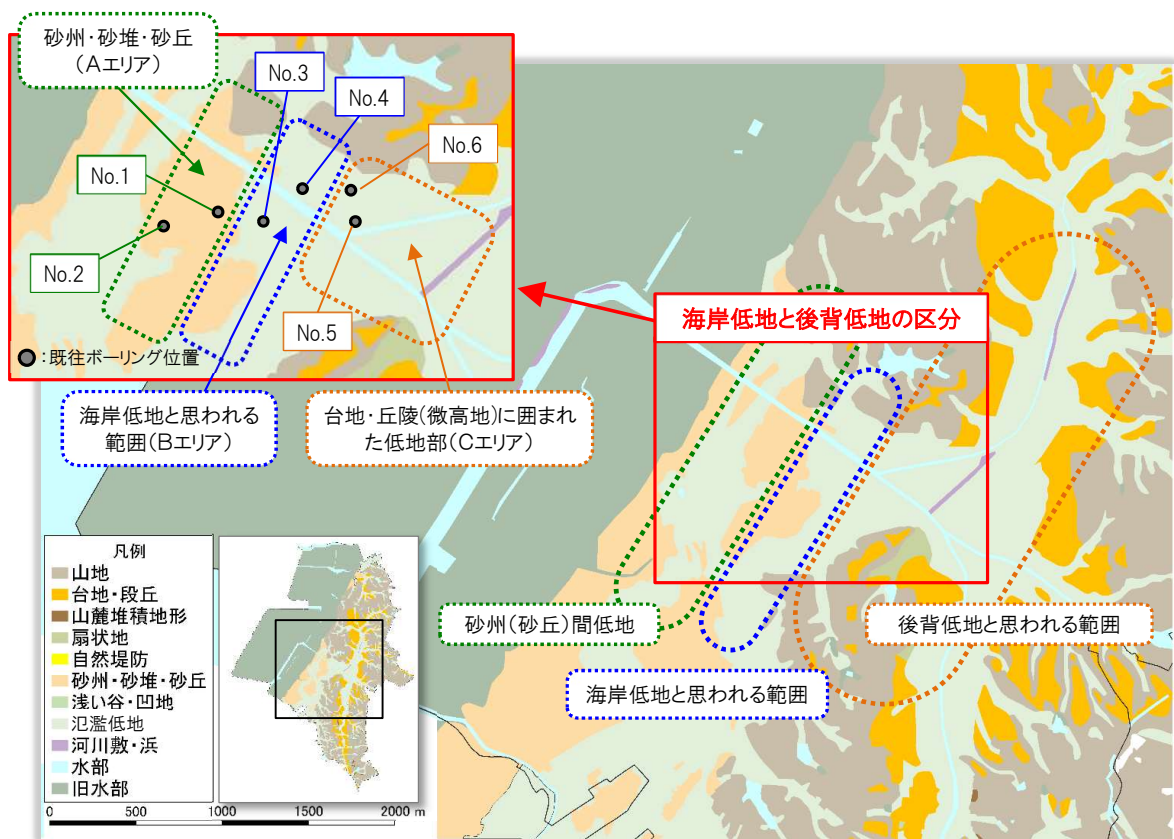


図-4.3.8 ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」による地形区分の状況（B市）

深度 (GL-m)	砂州・砂堆・砂丘（Aエリア）		海岸低地と思われる範囲（Bエリア）				台地・丘陵(微高地)に囲まれた低地部（Cエリア）			
	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5	
	地下水位: GL-1.7m		地下水位: GL-1.2m		地下水位: GL-4.7m		地下水位: GL-1.9m		地下水位: GL-1.3m	
	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値
1	細砂	6	粗砂	3	盛土	3	盛土	—	埋土	3
2	粗砂	14	粗砂	13	礫混じり粗砂	7	シルト混じり細砂	2	—	0
3	—	—	礫混じり粗砂	10	—	2	—	3	シルト	0
4	シルト混じり微細砂	3	—	32	砂質シルト	0	シルト	0	—	0
5	—	2	—	—	—	1	—	0	—	0
6	—	3	シルト	3	—	1	—	0	—	0
7	—	3	—	0	—	0	砂質シルト	4	—	0
8	—	0	—	—	—	0	—	4	砂質シルト	0
9	—	0	—	0	—	0	硬質粘土	21	—	0
10	—	0	—	0	—	0	—	44	砂質シルト	25
11	—	0	—	0	—	0	シルト質細砂	42	砂礫	39
12	—	0	—	0	—	0	硬質粘土	54	—	46
13	—	0	—	0	—	0	—	90	固結シルト	62
14	—	0	—	1	—	0	—	—	シルト質微細砂	—
15	—	0	—	0	—	0	—	—	固結シルト	64
16	—	1	—	0	—	1	—	—	—	40
17	砂質シルト	5	—	2	—	2	—	—	—	46
18	—	32	—	4	シルト質砂	9	—	—	—	56
19	粗砂	27	砂質シルト	6	粗砂	21	—	—	—	—
20	—	16	—	13	砂礫	23	—	—	—	—

図-4.3.9 A エリア、B エリア、C エリアの地盤特性の比較結果（B市）

b) 後背低地と氾濫低地の区分検討（B市の場合）

後背低地は、周辺低地の一般面と比較し比高が低いという特徴を有することから、図-4.3.10に示す青枠範囲について標高データの確認を行った。図-4.3.10より、周辺低地と比較し標高が低くなる箇所の境界を目安とし、後背低地と氾濫低地を区分した。なお、当該区域の後背低地は、沿岸部に位置し地下水が非常に浅いこと、また、その上に盛土して市街地が形成されていることから、液状化発生傾向は強くなると考えられる。

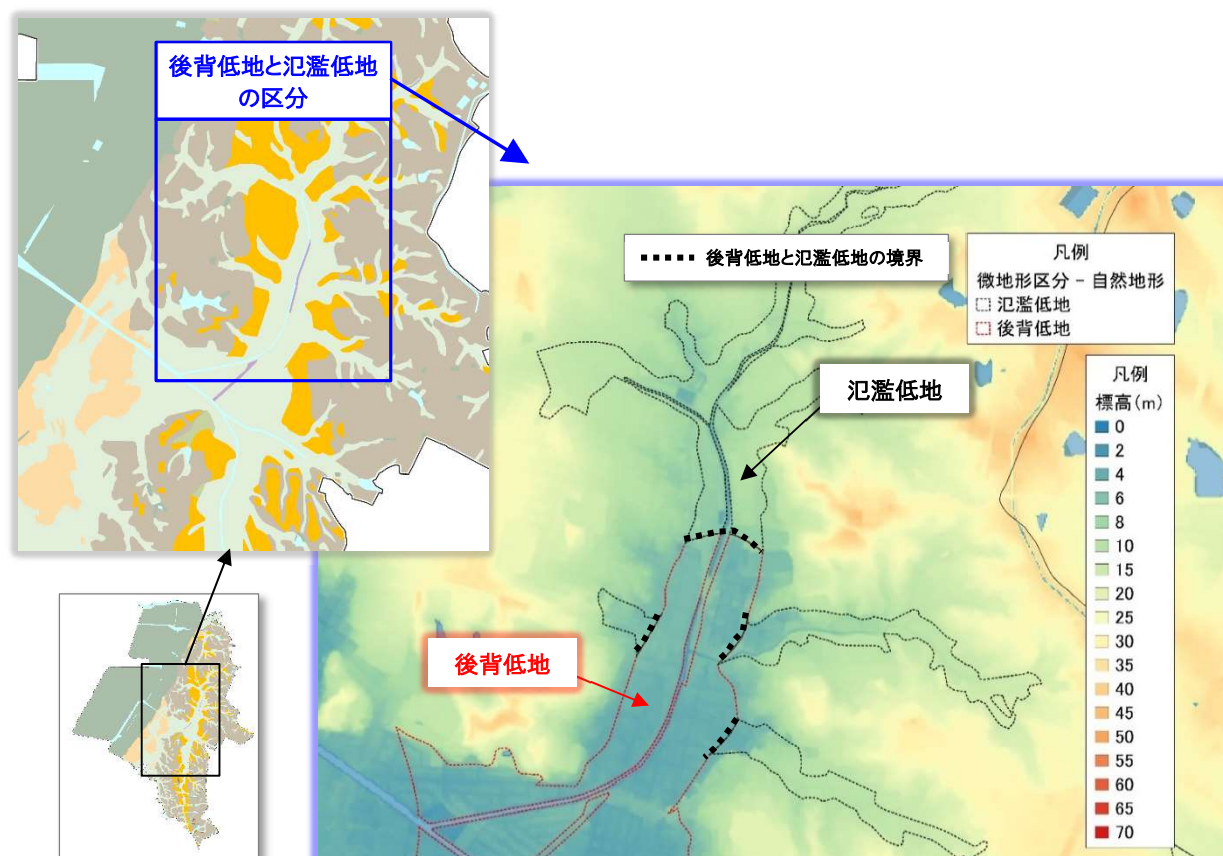


図-4.3.10 後背低地と氾濫低地の境界付近における標高段彩図（B市）

④ 砂州と砂丘の判断

砂州と砂丘の地盤特性は異なり、そこから推定される液状化発生傾向には違いがあるため、液状化発生傾向の評価を行う際はそれぞれの区分を明確にする必要がある。

- ✓ 主に風の作用により形成される砂丘と、波浪や流水の作用を受けて形成される砂州(砂礫洲)とでは、粒度組成や締め固め具合といった地盤特性が異なるため、液状化発生傾向の評価を分ける必要がある

上記のような特徴を踏まえ、本事例では、DEM(数値標高モデル)から算出する「標高データ」と既往ボーリングデータによる「地盤特性」を参考データとし、液状化発生傾向の評価区分を目的とした“砂州と砂丘の判断”について検討を行った。

a) 標高データによる砂州と砂丘の判断検討(B市の場合)

図-4.3.11に示すよう、ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」では、砂州と砂丘の区別はなく『砂州・砂堆・砂丘』というカテゴリとして分類される。そのため、『砂州・砂堆・砂丘』の周辺地形を対象とし、DEM(数値標高モデル)から標高段彩図を作成した(図-4.3.12)。図-4.3.12より、『砂州・砂堆・砂丘』に区分される箇所は、周辺低地の一般面との比高差が最大でも約3m程度以下であることから、当該地形は『砂丘』ではないと判断した。

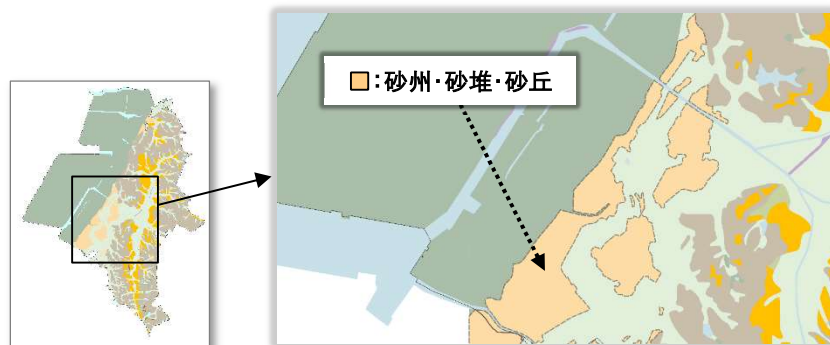


図-4.3.11 ベクトルタイル「地形分類(自然地形)」の『砂州・砂堆・砂丘』(B市)

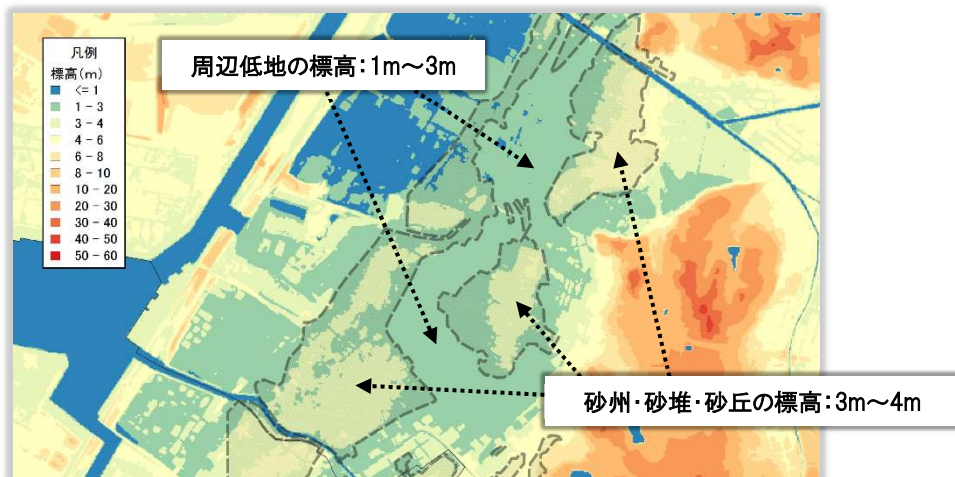
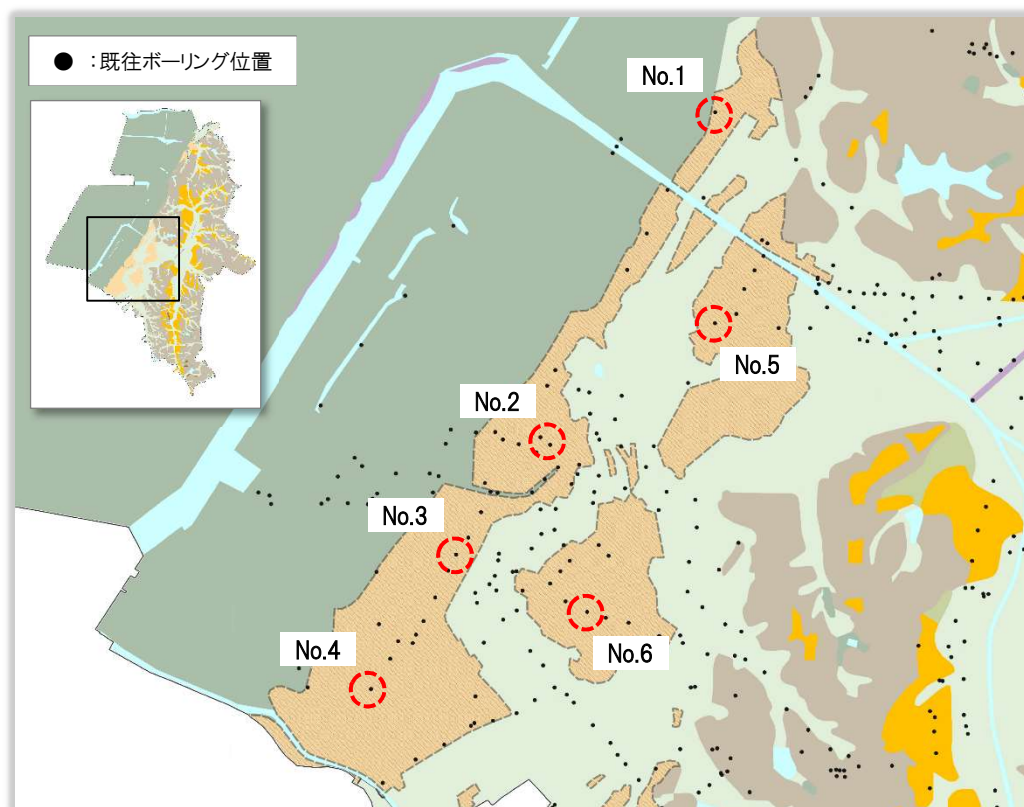


図-4.3.12 『砂州・砂堆・砂丘』周辺の標高段彩図(B市)

b) 地盤特性による砂州と砂丘の判断検討（B市の場合）

図-4.3.13 に、『砂州・砂堆・砂丘』地内における既往ボーリングの位置と抽出した地盤情報の比較結果を示す。図-4.3.13 より、抽出したいずれの地盤情報においても、砂礫から礫混じり砂（礫混じり細砂）が表層付近に堆積する特性を示すことから、風成によるものではないと判断され、当該地形を『砂州』と判断した。



深度 (GL-m)	砂州・砂堆・砂丘											
	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6	
	地下水位:GL-1.6m		地下水位:GL-1.5m		地下水位:GL-2.2m		地下水位:GL-1.7m		地下水位:GL-1.2m		地下水位:GL-2.1m	
	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値	土質区分	N値
1	シルト混じり砂	—	—	—	—	—	粗砂	—	粗砂	3	盛土	—
2	礫混じり砂	7	礫混じり粗砂	8	—	—	砂礫	5	—	13	—	—
3	—	10	—	13	礫混じり粗砂	16	—	10	礫混じり粗砂	10	—	9
4	—	20	シルト混じり砂	16	—	16	—	10	—	32	礫混じり中粗砂	8
5	シルト混じり砂	21	粘土	2	—	16	粗砂	20	—	—	—	13
6	—	—	—	23	シルト混じり粗砂	11	細砂	24	—	3	—	18
7	固結シルト	60	砂	25	—	39	—	—	—	0	—	27
8	—	56	—	16	—	7	砂	30	—	—	—	21
9	砂混じり固結シルト	63	—	—	—	2	—	27	—	0	—	—
10	固結砂質シルト	54	—	21	—	2	シルト混じり細砂	18	—	0	—	—
11	—	63	シルト質細砂	21	—	0	砂	12	—	0	—	—
12	シルト質砂	—	—	46	—	0	砂質シルト	5	—	0	シルト質粘土	—
13	—	33	—	42	—	0	—	—	—	0	—	—
14	固結砂質シルト	40	礫混じり砂	41	シルト質粘土	0	細砂	47	—	0	—	0
15	—	37	礫混じり粗砂	45	—	0	シルト混じり細砂	10	—	1	砂混じりシルト	11
16	—	—	—	50	—	0	—	—	—	0	—	25
17	—	—	—	—	—	0	シルト	1	—	2	砂礫	—
18	—	—	—	—	—	0	—	1	—	4	—	28
19	—	—	—	—	—	0	—	1	砂質シルト	6	—	47
20	—	—	—	—	—	0	—	2	—	13	細中砂	44

図-4.3.13 既往ボーリング位置と地盤情報の比較結果（B市）

⑤ 微地形分類図（自然地形のみ）の作成

前述した①～④の検討結果を踏まえ、A市、及び、B市における「微地形分類図（自然地形のみ）」を作成した。

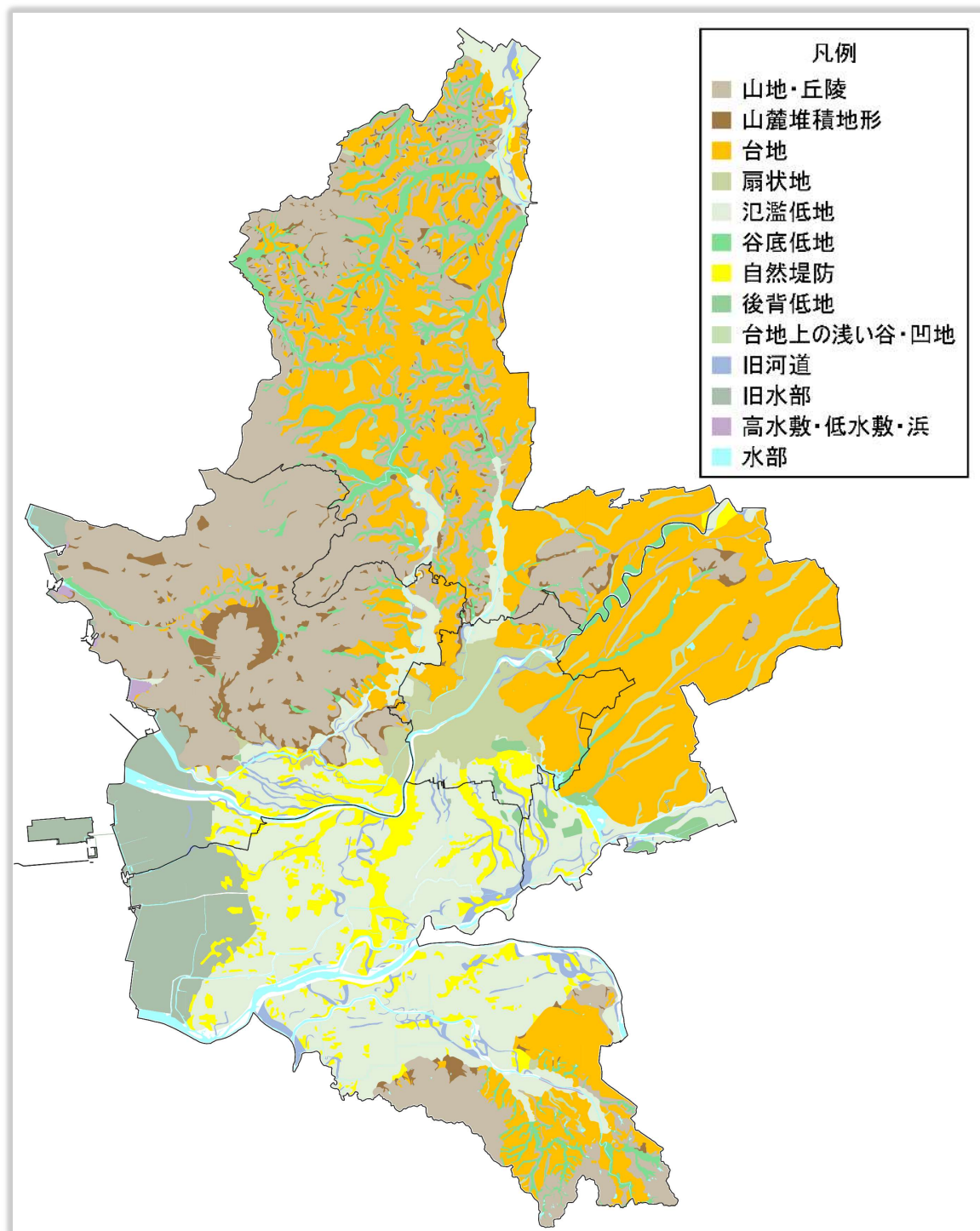


図-4.3.14 自然地形のみの微地形分類図（A市）

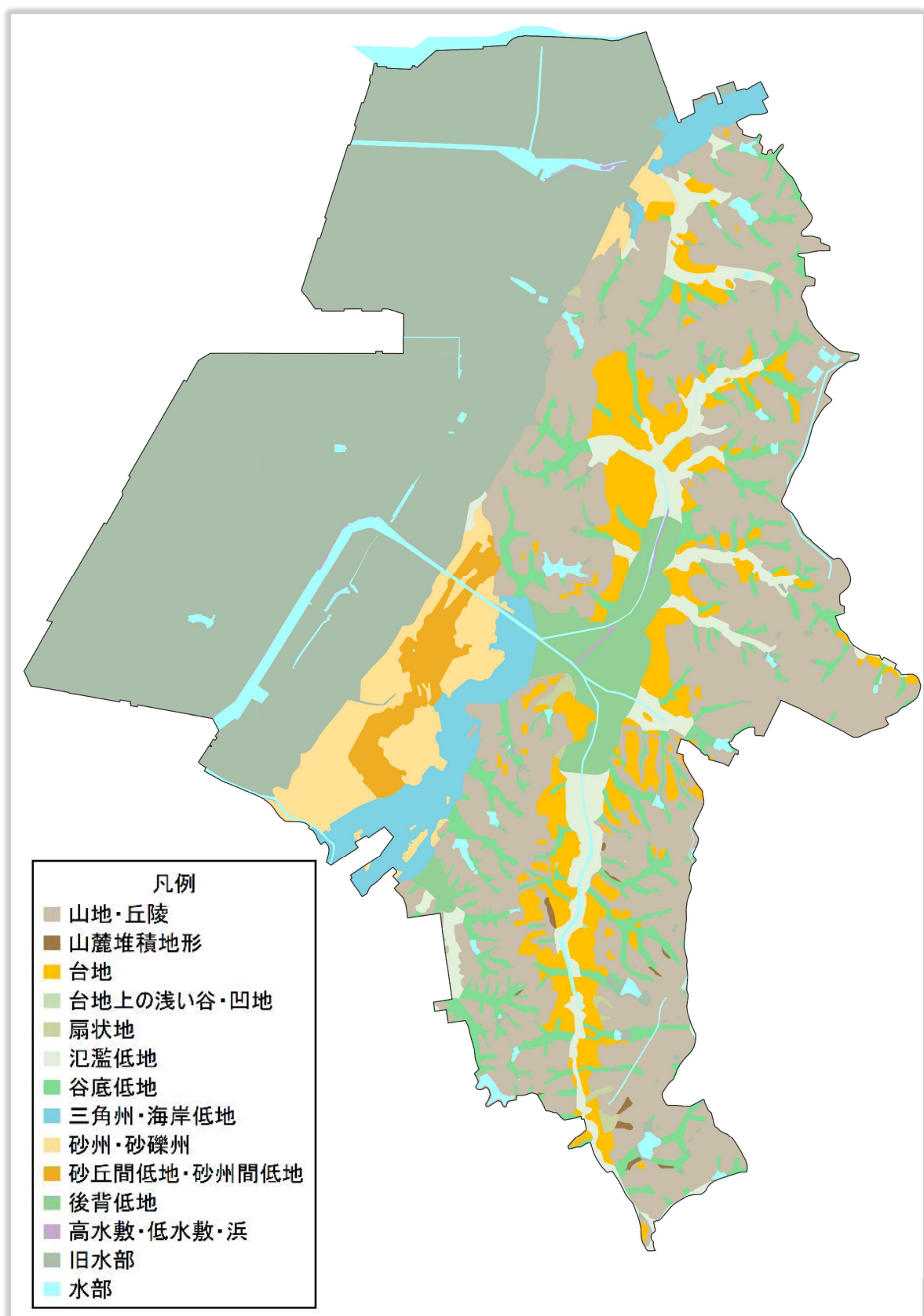


図-4.3.15 自然地形のみの微地形分類図（B市）

(2) 人工改変地の分類・整理

液状化ハザードマップの作成にあたって収集した資料及びデータのうち、以下に示すものを主に活用し人工改変地の分類・整理を行った。

- ベクトルタイル「地形分類（人工地形）」
- 空中写真
- 旧版地図
- 大規模盛土造成地マップ
- その他、人工改変地に関する資料（開発許可区域、小規模開発許可履歴など）

人工改変地は本編 3 章 [3-3.微地形分類図等の作成] に従い、「埋立地」、「干拓地」、「砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地」、「低地（湿地）上の盛土造成地」、「浅い谷や凹地の盛土地」、「谷埋め盛土造成地」に整理・分類することになる。本事例では、「谷埋め盛土造成地」及び「砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地」の整理・分類例を示す。

① 谷埋め盛土造成地の整理・分類（B 市の場合）

ベクトルタイル「地形分類（人工地形）」と自治体から提供を受けた大規模盛土造成地マップを基に、谷埋め盛土造成地の分類・整理を行った。図-4.3.16 に、B 市における分類・整理結果を示す。なお、局所的に谷の一部を埋め立てて造成している場合は「谷埋め盛土造成地」として分類しないこととした。

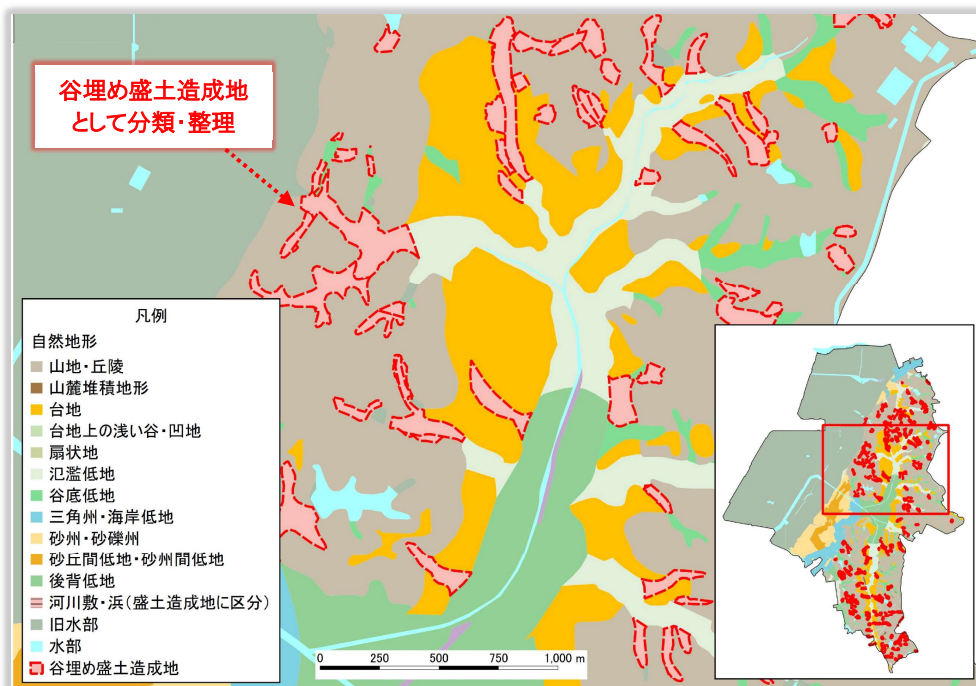


図-4.3.16 「谷埋め盛土造成地」の分類・整理（B 市）

② 浅い谷や凹地の盛土地の整理・分類（A市の場合）

ベクトルタイル「地形分類（自然地形）」と「地形分類（人工地形）」を基に、自然地形で『浅い谷や凹地』と分類される箇所に、人工地形の『盛土地・埋立地』が重なる部分を抽出し、浅い谷や凹地の盛土地として分類・整理を行った（図-4.3.17）。

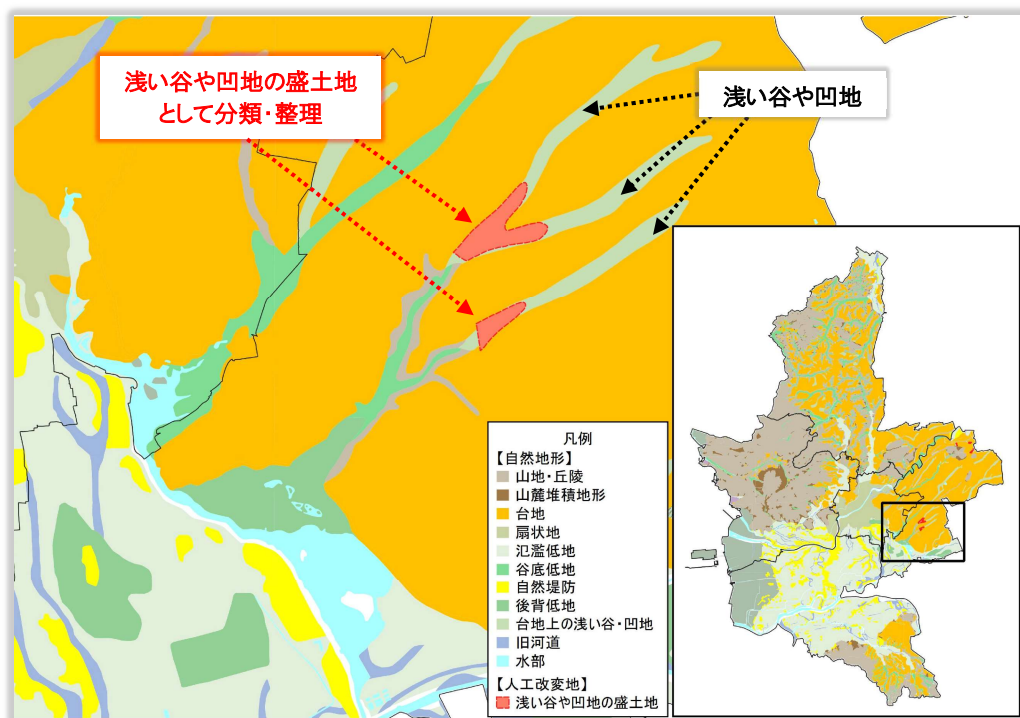
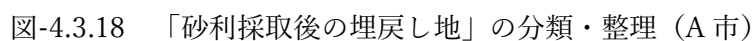
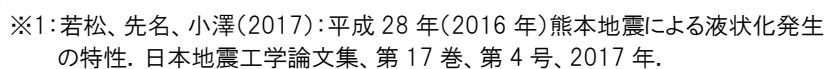


図-4.3.17 「浅い谷や凹地の盛土地」の分類・整理（A市）

旧版地図や空中写真、また、液状化被害に関する研究報告論文を基に、砂利採取後の埋戻し地を抽出し分類・整理を行った。図-4.3.18 に、砂利採取後の埋戻し地の分類・整理結果を示す。なお、B 市においては、自治体職員へのヒアリングにより、“砂利（砂鉄）採取後の埋戻し地がない”ということを確認した。



④ 微地形分類図（人工改変地のみ）の作成

前述した①～③の分類・整理結果を踏まえ、A市及びB市における「微地形分類図（人工改変地のみ）」を作成した。

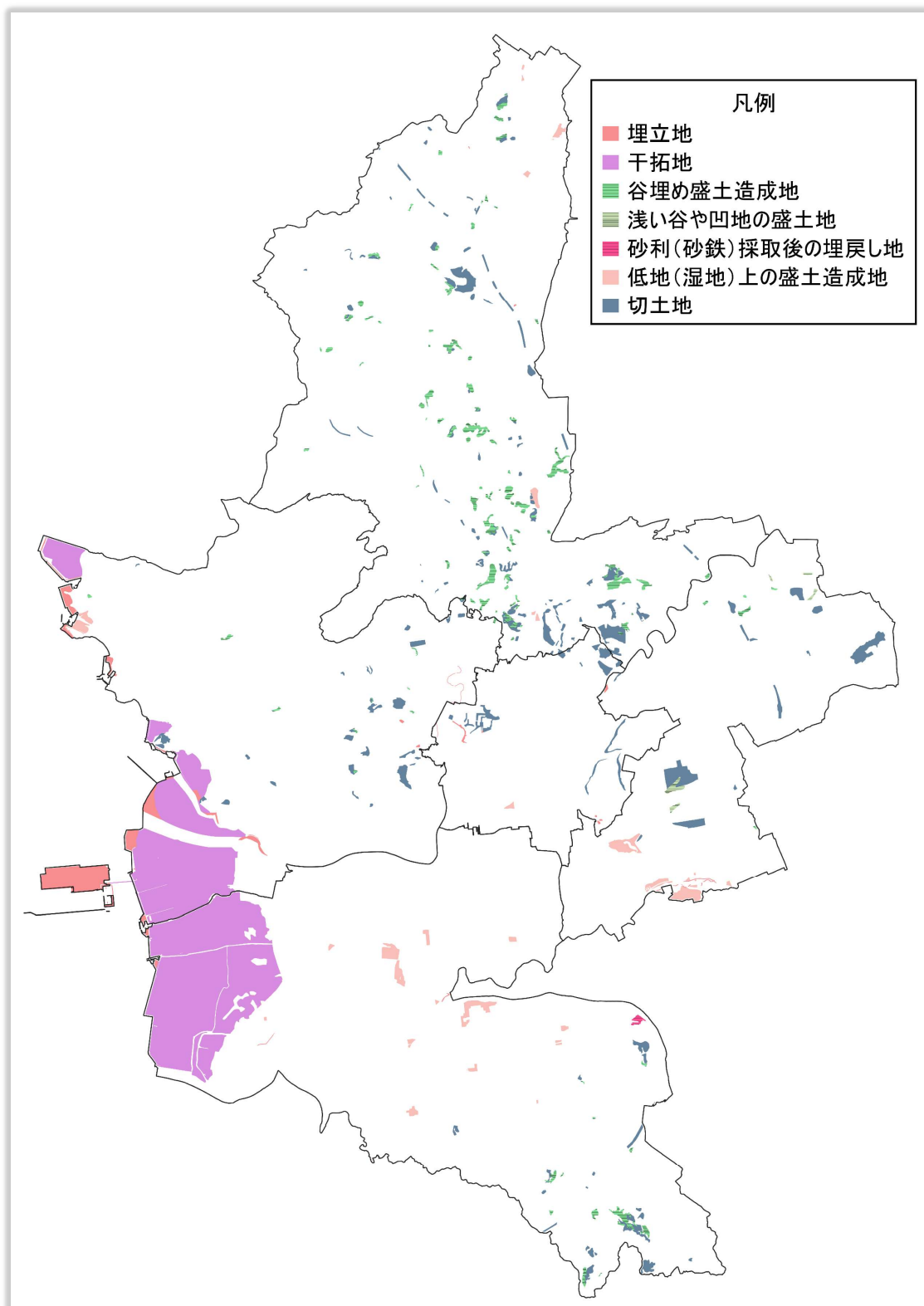


図-4.3.19 人工改変地のみの微地形分類図（A市）

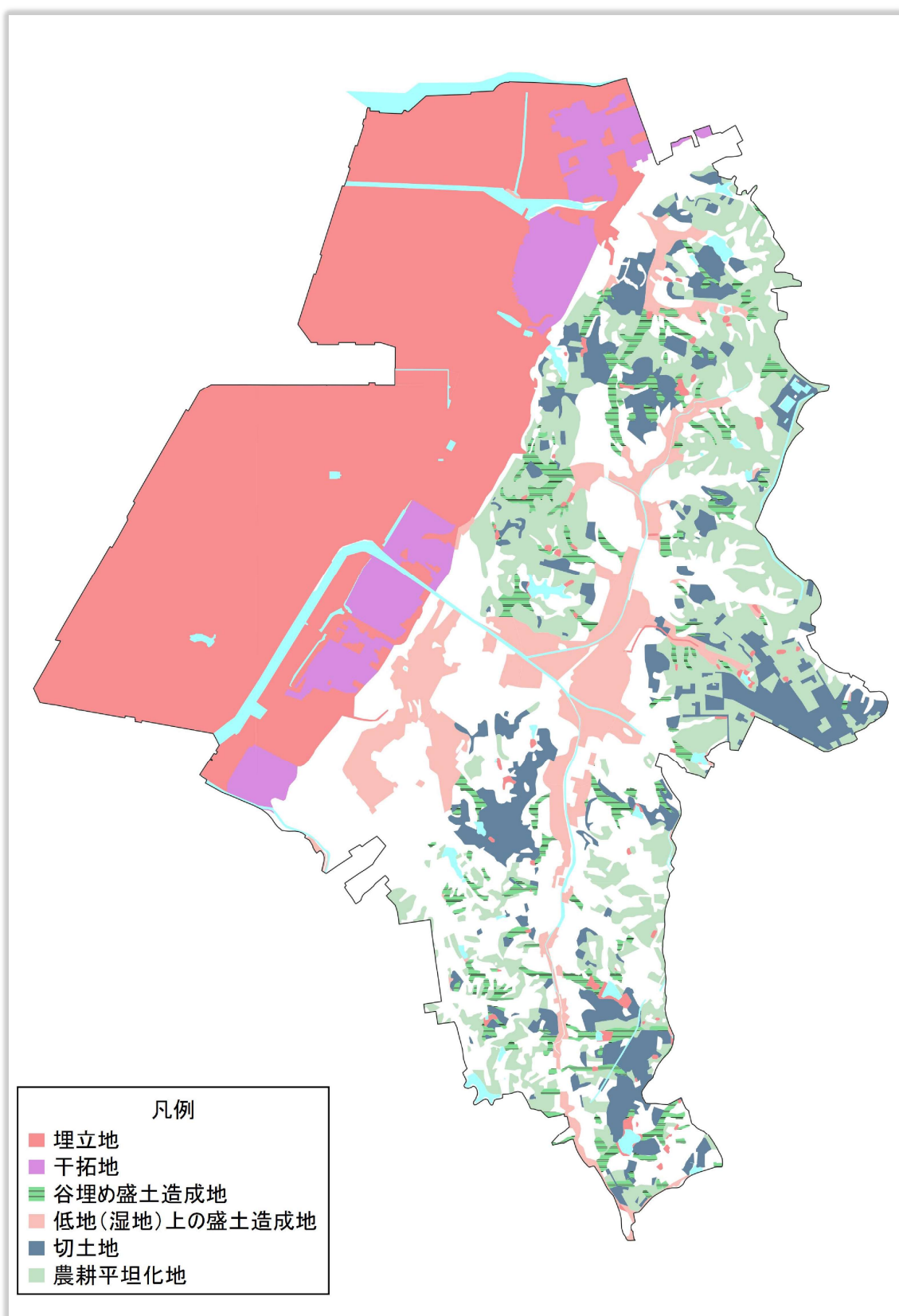


図-4.3.20 人工改変地のみの微地形分類図 (B 市)

(3) 微地形分類図の作成

「(1) 自然地形の分類・整理」及び「(2) 人工改変地の分類・整理」で検討した結果を基に、A市及びB市における『微地形分類図』を作成した。

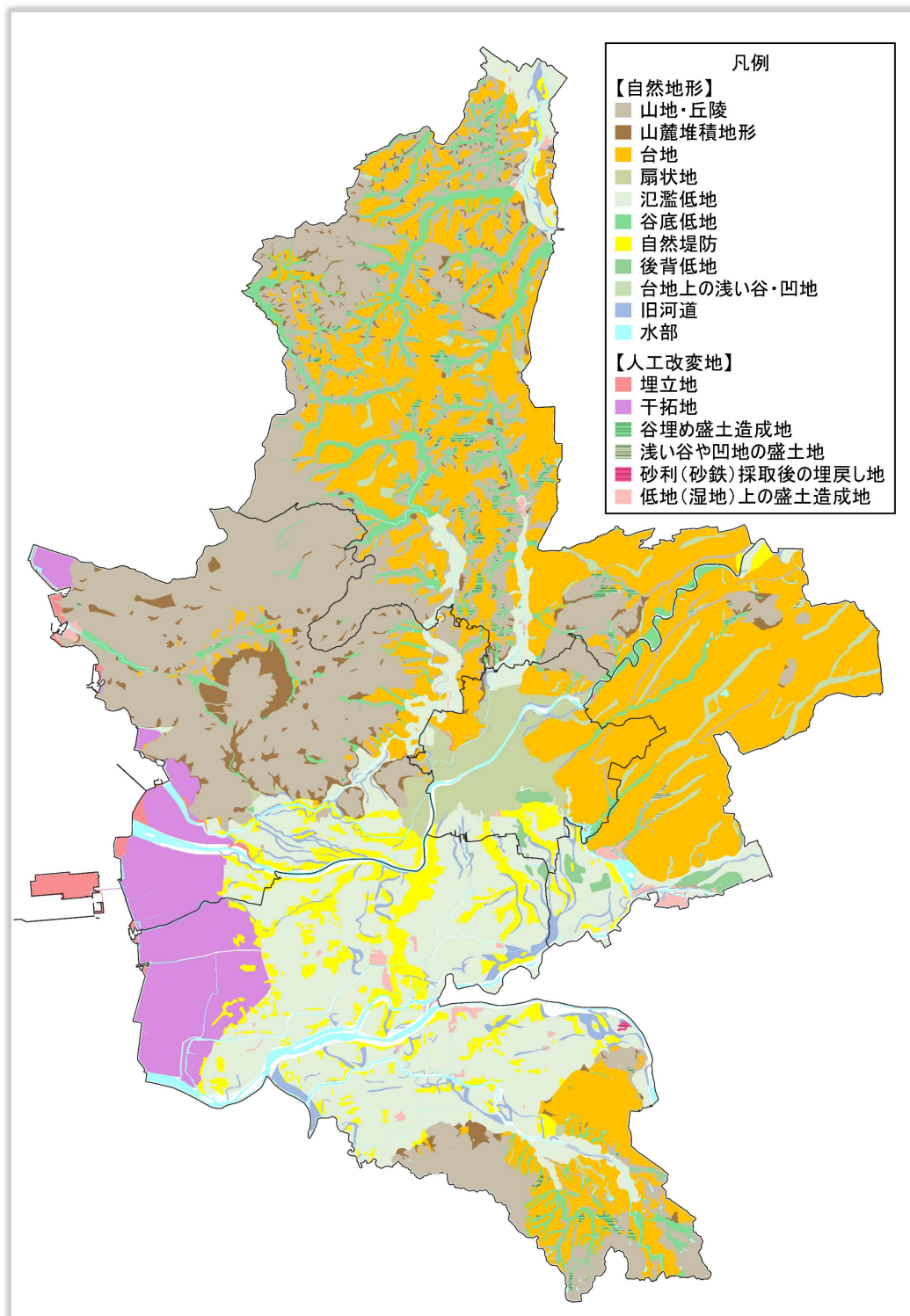


図-4.3.21 微地形分類図 (A市)

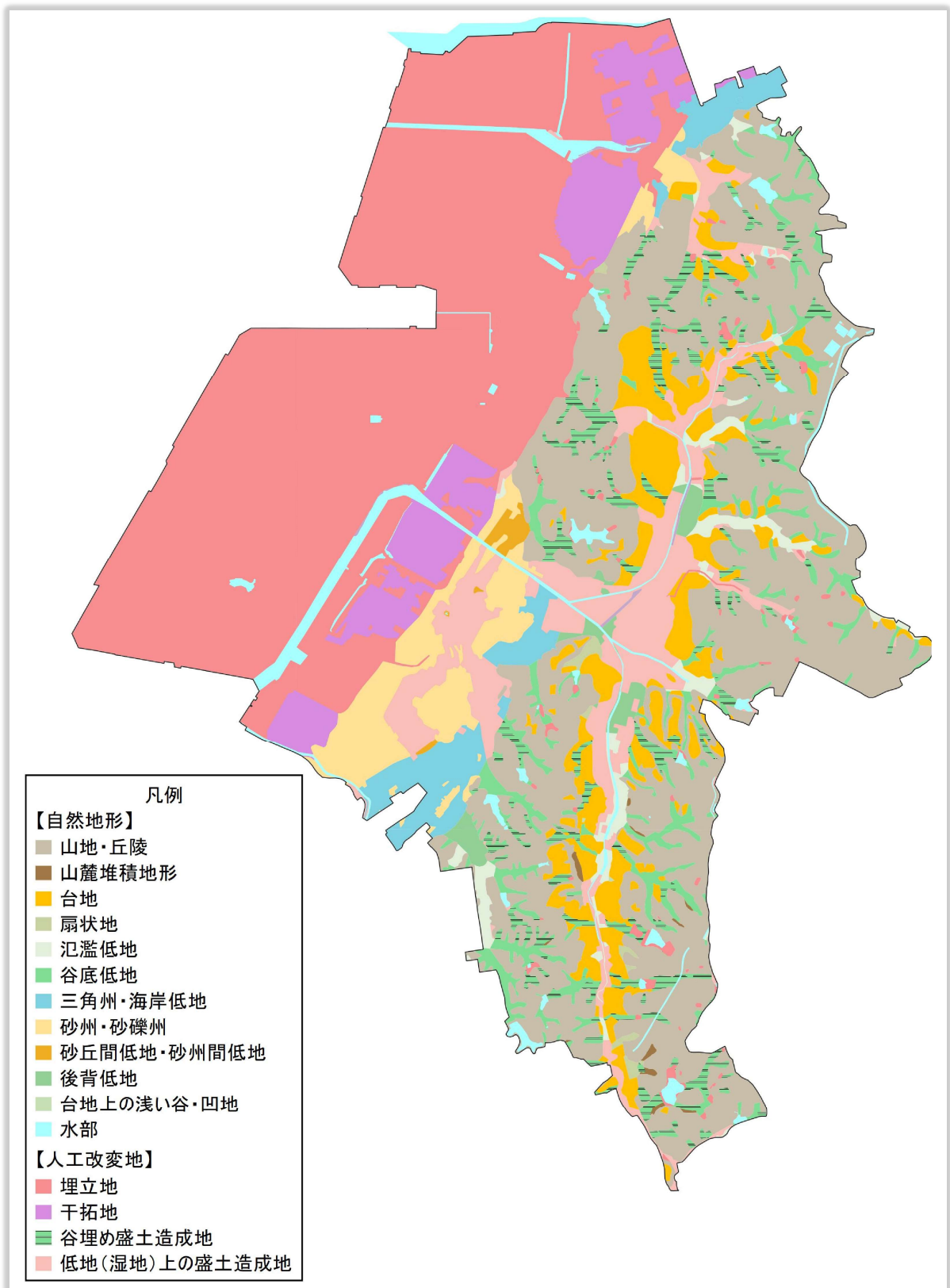


図-4.3.22 微地形分類図（B市）

(4) 液状化発生履歴の調査・整理

過去に液状化が発生した場所は、将来の地震でも再び液状化する可能性が高いため、対象地域において液状化発生履歴の調査・整理を行った。液状化発生履歴の調査・整理にあたって収集した資料及びデータは以下となる。

- 当該自治体が作成した「震災記録誌」や「市史」
- 若松加寿江（2011）：日本の液状化履歴マップ 745-2008
- 防災科学研究所：液状化履歴地図（地震ハザードステーション J-SHIS Labs）
- 全国遺跡報告総覧（<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja>）

① 液状化発生履歴の整理結果（A 市の場合）

当該自治体が作成した「震災記録誌」や「若松加寿江（2011）：日本の液状化履歴マップ 745-2008」、また、「防災科学研究所：液状化履歴地図（地震ハザードステーション J-SHIS Labs）」を基に液状化発生履歴を調査・整理し、その位置や範囲を地図上にとりまとめた（図-4.3.23）。

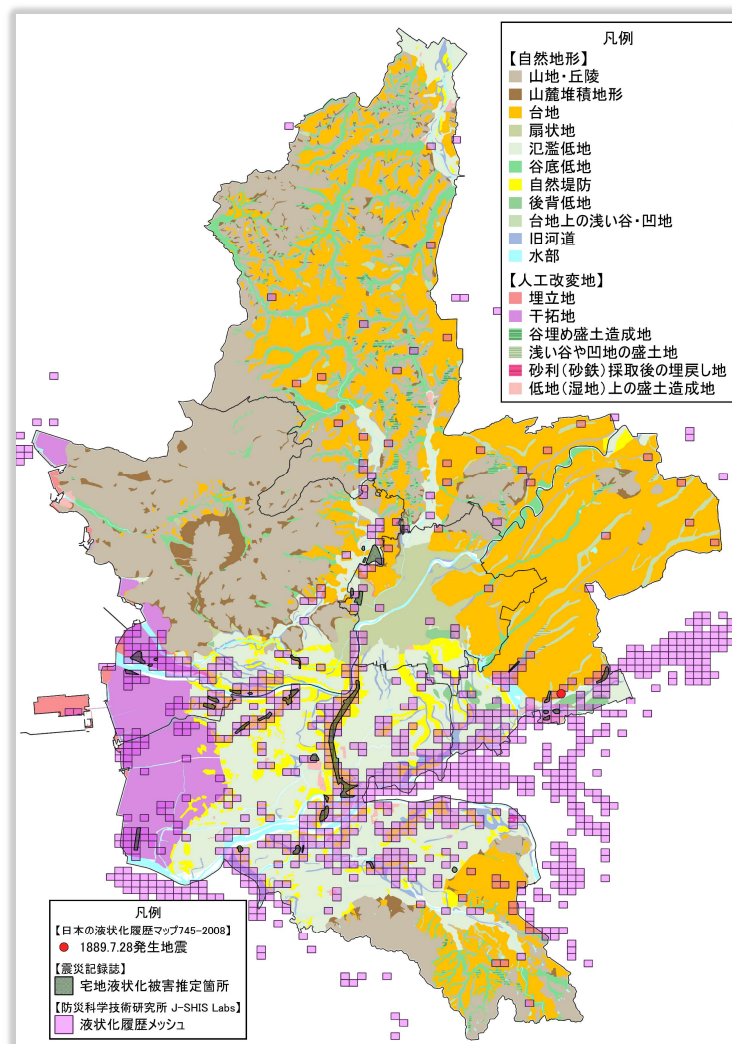


図-4.3.23 液状化発生履歴図（A 市）

② 液状化発生履歴の整理結果（B市の場合）

「若松加寿江（2011）：日本の液状化履歴マップ 745-2008」や、液状化に関する研究論文によると、B市を含む広域な範囲で過去に大きな地震が発生し、液状化被害のいくつかが記録されているが、B市域内の液状化被害に関する記録は確認できない。そのため、「全国遺跡報告総覧（<https://sitereports.nabunken.go.jp/ja>）」を基に、B市における液状化発生履歴を調査・整理し、その位置や範囲を地図上にとりまとめた（図-4.3.24）。

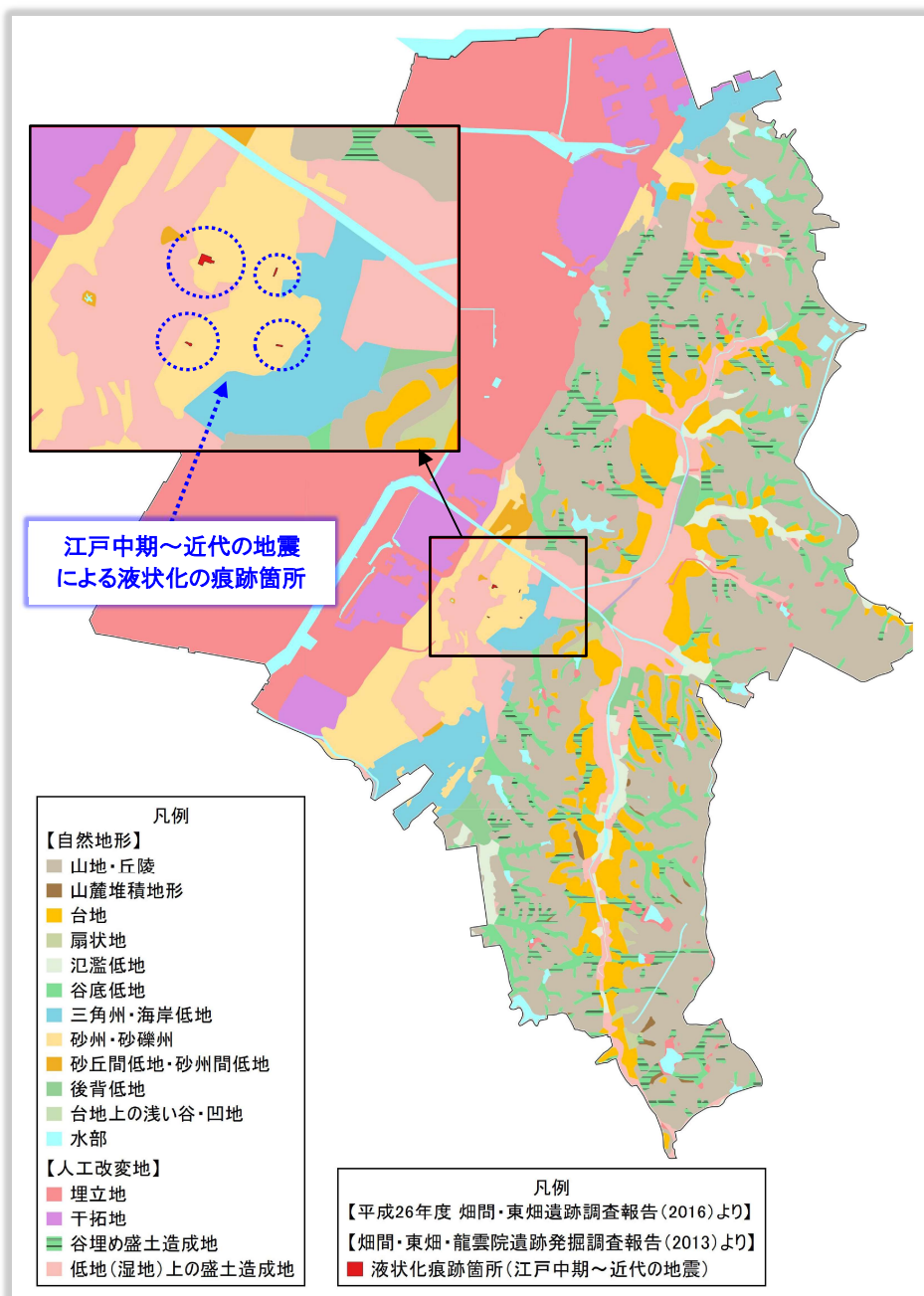


図-4.3.24 液状化発生履歴図（B市）

③ 液状化発生履歴のマップへの反映・活用

本事例で調査・整理した液状化発生履歴に関する情報は、“液状化発生履歴の明確な範囲を示すほどの精度が保たれていない”ことや、“液状化発生履歴をマップに反映すると煩雑になる”との理由から、一般公開する液状化ハザードマップへは反映せず、行政が液状化被害リスクを把握するための基礎資料として整理した。しかし、過去に液状化が発生した箇所は将来の地震でも再び液状化する可能性が高いことから、対象地域の液状化に対する情報ニーズを踏まえて、ハザードマップへの範囲是非を判断されたい。

(5) 液状化発生傾向の評価・区分及び液状化発生傾向図の作成

前述した(1)から(4)の結果を基に本編 3 章 [3-4.微地形分類図及び人工改変地等の情報による液状化発生傾向の評価・区分] に従い、液状化発生傾向の評価・区分を行い、その結果を液状化発生傾向図としてとりまとめた。

<参考：低地（湿地）上の盛土造成地の扱いについて>

過去の液状化被害に関する調査結果から、宅地などの盛土造成地は液状化危険度が強くなることが指摘されている。そのため、本手引きでは、低地上（砂丘間低地・砂州間低地、三角州・海岸低地、氾濫低地、後背低地）の盛土造成地については、液状化発生傾向の評価区分を元の自然地形よりも液状化評価区分を高くすることを基本としている。

表-4.3.2 盛土造成地における液状化評価区分の考え方

	元の自然地形	元の自然地形に対する液状化評価区分	盛土をした場合の液状化評価区分
低地(湿地)上の盛土造成地	砂丘間低地・砂州間低地	非常に強い	非常に強い
	三角州・海岸低地	強い	
	後背低地	やや強い	
	氾濫低地	やや強い	
			強い

しかし、氾濫低地上の盛土造成地については、地下水位の状況等に応じ液状化発生傾向が異なる場合もある。そのため、氾濫低地上にある盛土造成地については、地下水位や液状化発生履歴等の地域特性に応じ、その液状化発生傾向を判断されたい。なお、本事例（A市、B市）においては、地下水位や液状化発生履歴等の地域特性を踏まえ、氾濫低地上の盛土造成地の液状化発生傾向を「強い」と評価・区分した。

① 液状化発生傾向の評価・区分及び液状化発生傾向図の作成（A市の場合）

A市における「微地形区分と液状化発生傾向の対応表」を表-4.3.3に、「液状化発生傾向図」を図-4.3.25に示す。

表-4.3.3 微地形区分と液状化発生傾向の対応表（A市）

◆自然地形

ベクトルタイルデータ				「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」による地形区分(小分類)【2020.03版】	本手引きによる微地形区分		液状化発生傾向図	
土地条件図	治水地形分類図	属性コード	配色		微地形区分	配色	発生傾向区分	配色
(数値地図25000(土地条件))	(更新版)	(code)						
山地斜面等／斜面(山地)		10101		山地斜面等			傾向が弱い	
	山地	1010101		地すべり地形(滑落崖)				
地すべり(滑落崖)／地すべり(崩壊部)		10205	地すべり地形(移動体)					
地すべり(移動体)／地すべり(堆積部)		10206	崖	随伴する地形に準ずる	—		随伴する地形に準ずる	—
崖／壁岩		10202						
	崖(段丘崖)	2010201		山麓堆積地形			傾向が弱い	
麓肩面		10401						
山麓堆積地形		10406						
	山麓堆積地形	3010101	台地 (完新世段丘面、更新世段丘面)	台地			傾向が弱い	
中位面		10303						
完新世段丘／低地面		10305						
更新世段丘		10314	扇状地	扇状地			傾向がやや弱い	
	段丘面	2010101						
扇状地		10501	谷底平野・氾濫平野	谷底平野・氾濫原			傾向がやや強い	
	扇状地	3020101						
谷底平野・氾濫平野		10701	自然堤防	自然堤防			傾向が強い	
	氾濫平野	3030101						
自然堤防		10503	後背低地	後背低地			傾向がやや強い	
	微高地(自然堤防)	3040101						
後背低地		10703	凹地・浅い谷	凹地・浅い谷			傾向が弱い	
	後背湿地	3030201						
凹地・浅い谷		10601	旧水部	旧水部(埋立地・干拓地)			傾向が強い	
	浅い谷	2010301						
旧水部		10904	旧河道	旧河道			傾向が非常に強い	
	旧水部	5010301						
旧河道		10704	河川敷・浜	河川敷・浜			判別対象としない	—
	旧河道(明瞭)	3040201						
	旧河道(不明瞭)	3040202	水部	水部			—	—
高水敷・低水敷・浜		10808						
水部		10901						
河川・水涯線及び水面		10903	現河道・水面	現河道・水面				
		5010201						

◆人工改変地

▼大規模盛土造成地									
切土地／平坦化地		11001		切土地	原地形に準ずる	—	原地形に準ずる	—	
切土斜面		11003							
	切土地	4010301							
干拓地		11008		干拓地	干拓地		傾向が強い		
	干拓地	4010101							
盛土地・埋立地		11014		盛土地・埋立地	浅い谷や凹地の盛土地		傾向が強い		
盛土地		11006			谷埋め盛土造成地				
	盛土地・埋立地	4010201			低地(湿地)上の盛土造成地		傾向が非常に強い		
大規模盛土造成マップ		—			埋立地				
旧版地図や空中写真から抽出した旧河道		—			砂利(砂鉄)等採取後の埋戻地				
			旧河道						
改変工事途中の区域／改変工事中		11010		改変工事途中の区域	判別対象としない	—	判別対象としない		

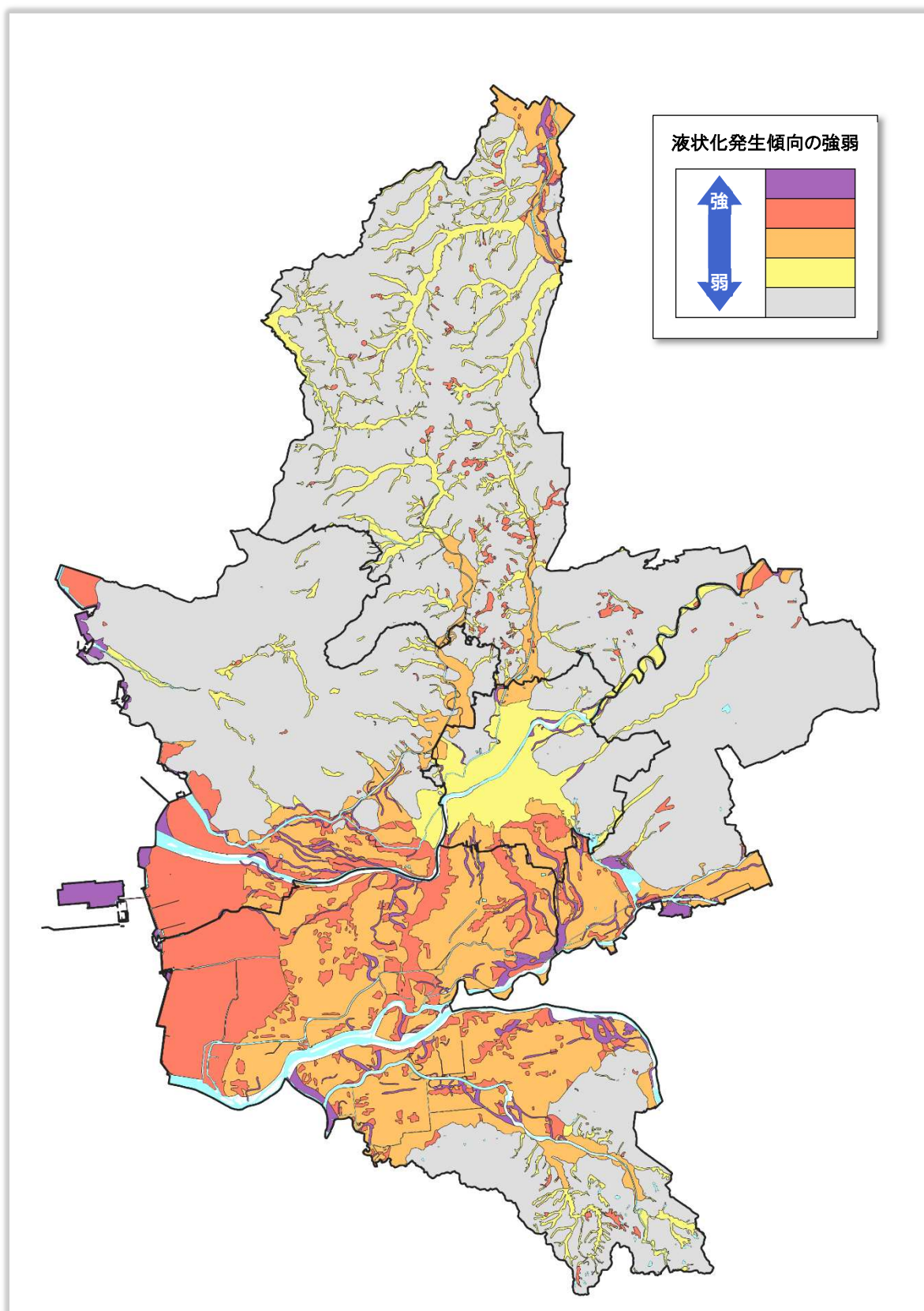


図-4.3.25 液状化発生傾向図（A市）

② 液状化発生傾向の評価・区分及び液状化発生傾向図の作成（B市の場合）

B市における「微地形区分と液状化発生傾向の対応表」を表-4.3.4に、「液状化発生傾向図」を図-4.3.26に示す。

表-4.3.4 微地形区分と液状化発生傾向の対応表（B市）

◆自然地形

ベクトルタイルデータ				「土地条件データ整備・更新作業要領及び同運用基準」による地形区分（小分類） 【2020.03版】	本手引きによる微地形区分		液状化発生傾向図	
土地条件図 （数値地図25000（土地条件））	治水地形分類図 （更新版）	属性コード （code）	配色		微地形区分	配色	発生傾向区分	配色
山地斜面等／斜面（山地）		10101		山地斜面等	山地・丘陵		傾向が弱い	
山麓堆積地形		10406		山麓堆積地形	山麓堆積地形		傾向が弱い	
完新世段丘／低地面		10305		台地（完新世段丘面、更新世段丘面）	台地		傾向が弱い	
更新世段丘		10314		扇状地	扇状地		傾向がやや弱い	
扇状地		10501			氾濫低地		傾向がやや強い	
谷底平野・氾濫平野		10701		谷底平野・氾濫原	谷底低地		傾向がやや弱い	
					後背低地		傾向がやや強い	
					三角州・海岸低地		傾向が強い	
海岸平野・三角州		10702		海岸平野・三角州	砂丘間低地・砂州間低地		傾向が非常に強い	
砂州・砂堆・砂丘		10512		砂州・浜堤	三角州・海岸低地		傾向が強い	
凹地・浅い谷		10601		凹地・浅い谷	砂州・砂礫州		傾向がやや強い	
旧水部		10904		旧水部（埋立地・干拓地）	台地上の浅い谷・凹地		傾向が弱い	
高水敷・低水敷・浜		10808		河川敷・浜	干拓地		傾向が強い	
水部		10901		水部	埋立地		傾向が非常に強い	
河川・水涯線及び水面		10903			判別対象としない	—	判別対象としない	—
					水部		—	—

◆人工改変地

切土地		11011		切土地	原地形に準ずる	—	原地形に準ずる	—
農耕平坦化地		11002		農耕平坦化地	原地形に準ずる	—	原地形に準ずる	—
干拓地		11008		干拓地	干拓地		傾向が強い	
盛土地・埋立地		11005		盛土地・埋立地	谷埋め盛土造成地		傾向が強い	
		11014			低地（湿地）上の盛土造成地		傾向が非常に強い	
大規模盛土造成マップ		—	—		埋立地		傾向が非常に強い	
旧版地図や空中写真から抽出した旧河道		—	—		旧河道		判別対象としない	—
改変工事中の区域／改変工事中		11010		改変工事途中の区域	判別対象としない	—	判別対象としない	—

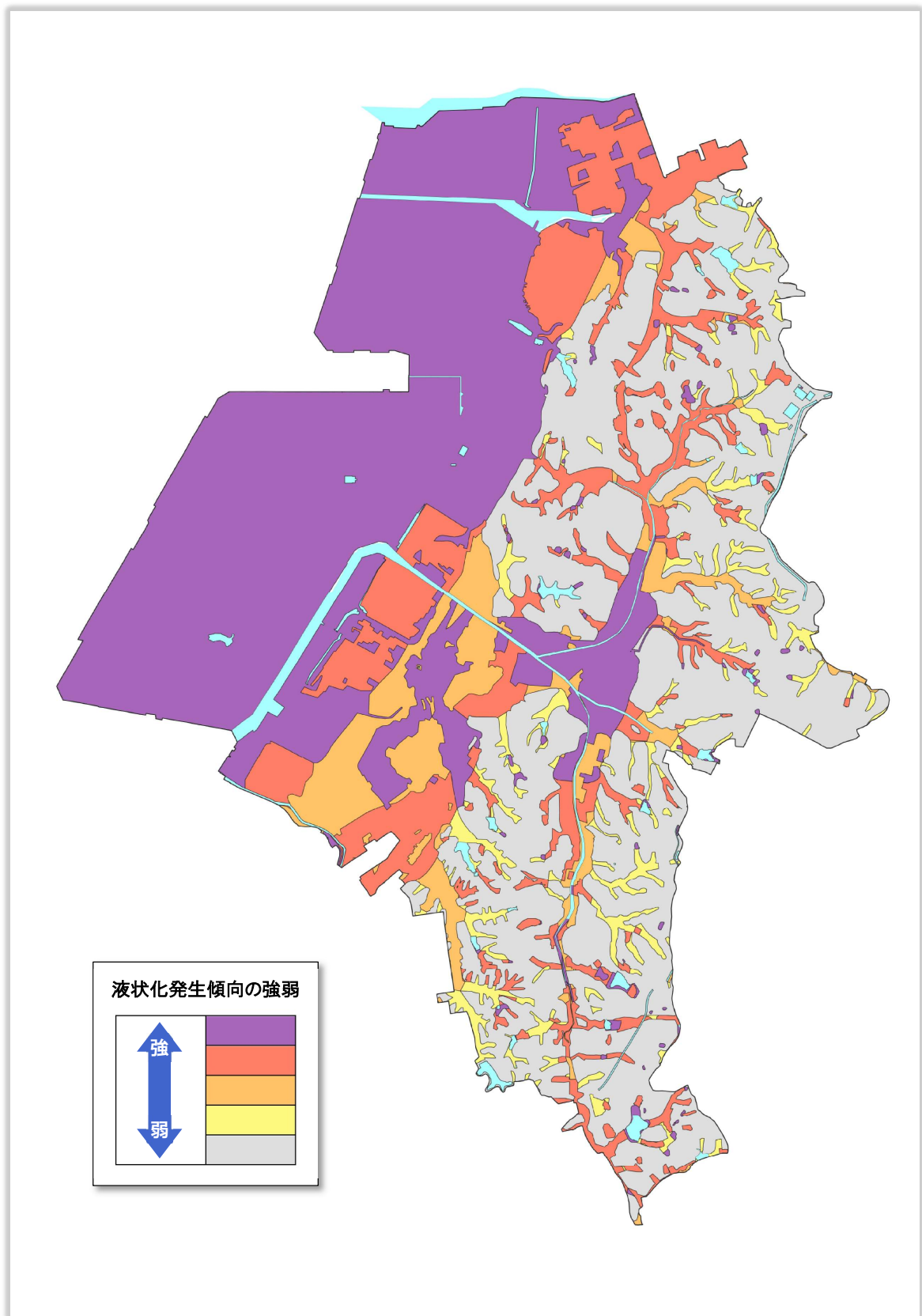


図-4.3.26 液状化発生傾向図 (B 市)

4-4. 宅地の液状化危険度マップの作成

『宅地の液状化危険度マップ』とは、中地震程度の地震動を対象とし、「国土交通省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成25年4月」に準じた方法により求めた「宅地の液状化被害の可能性判定」結果をとりまとめた地図であり、“液状化によって宅地地盤が被害を受ける可能性はどの程度あるのか”を確認・共有するための情報となる。液状化ハザードマップの作成工程における『宅地の液状化危険度マップ』の位置付けを図-4.4.1に示す。本節では、本編4章「4-4. 宅地の液状化被害の可能性判定及び宅地の液状化危険度マップの作成」で解説している作成方法のうち、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」の液状化判定手法により求めた液状化安全率（ F_L ）を基に、非液状化層厚（ H_1 ）と液状化指標値（ P_L 値）から、『宅地の液状化危険度マップ』を作成した事例を示す。また、本編4章「4-5. 戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価」で解説している簡易評価事例もあわせて示す。

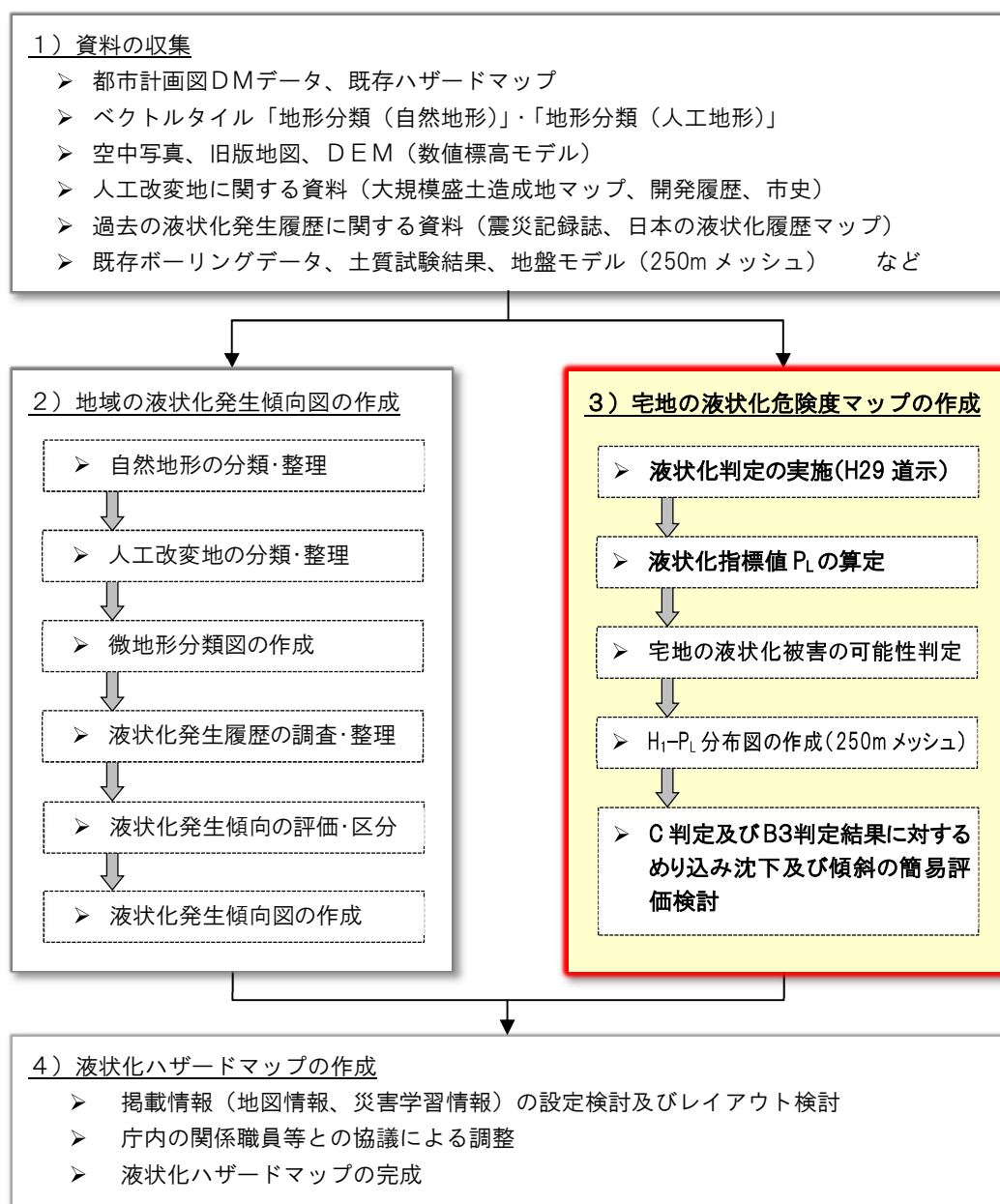


図-4.4.1 液状化ハザードマップの作成工程における「宅地の液状化危険度マップ」の位置付け

(1) 検討に用いた地盤データ

『宅地の液状化危険度マップ』の作成にあたって、A市及びB市それぞれにおいて収集した資料及びデータを表-4.4.1に示す。A市においては既往ボーリング調査結果を、B市においては地盤モデルデータを用い、『宅地の液状化危険度マップ』を作成した。

表-4.4.1 収集した資料・データの一覧

項目	収集した資料・データ	
	A市	B市
ボーリング調査結果	・ A市保有データ (367 本) ・ 地盤工学会公開データ (735 本)	・ B市保有データ (905 本) ・ KuniJiban データ (71 本)
土質試験結果	・ A市保有データ (233 本) ・ KuniJiban データ (77 本)	※収集せず
地盤モデルデータ	※収集せず	・ 都道府県作成データ【250m メッシュ】

(2) 液状化判定の実施

(1)で収集した地盤情報を基に、「(公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、平成 29 年 11 月」により液状化判定を実施した。液状化判定方法については、[詳細資料編：p.62～p.63]を参照されたい。

① 土質区分、単位体積重量、50%粒径の設定

a) A市の場合

A市においては、地盤データの収集にあわせて液状化ハザードマップ作成対象範囲の「地質調査報告書」も収集している。このため、収集した「地質調査報告書」と「(公社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編に関する参考資料、平成 27 年 3 月」を参考とし、土質区分、単位体積重量、50%粒径を設定した(表-4.4.2)。

表-4.4.2 土質区分、単位体積重量、50%粒径

土質区分	単位体積重量(kN/m ³)		50%粒径 D ₅₀ (mm)	液状化層 としての判断
	地下水面下	地下水面上		
粘性土	16.0	14.0	0.006	非液状化層
シルト	17.5	15.5	0.025	非液状化層
シルト質砂	18.0	16.0	0.040	液状化層
砂質土	19.0	17.0	0.125	液状化層
砂	20.0	18.0	0.475	液状化層
礫、砂礫	21.0	19.0	2.000	液状化層
火山灰質砂質土	15.5	13.5	0.085	液状化層

b) B市の場合

B市においては、該当の県が作成している「地震被害想定調査報告書」に従い、土質区分、単位体積重量、50%粒径を設定した（表-4.4.3）。

全メッシュdatの説明.txt - メモ帳									
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)									
5136779943	21	136.99531555	34.66562653	7	-9999.00	(メッシュコード, 微地形番号, 経度, 緯度, 層数, 地下水位: -9999.00はダミーデータ)			
1	1.010	1.010	1.00	134.503	1500.000	1.400	3	Ac	
2	1.670	0.656	1.00	134.503	1500.000	1.400	3	Ac	
3	3.030	1.363	50.00	399.657	1500.000	2.100	9	R	
4	5.180	2.153	50.00	428.882	1500.000	2.100	9	R	
5	6.340	1.158	50.00	428.882	1500.000	2.100	9	R	
6	15.720	9.379	50.00	428.882	1500.000	2.100	9	R	
7	30.000	1.000	999.00	400.000	1700.000	1.900	9	R1	
層番号	層厚(m)	下端深度(m)	N値	S波速度(m/s)	P波速度(m/s)	密度(tf/m ³)	土質番号	土質名	

以下メッシュ分が入っております。

図-4.4.2 都道府県が作成している地盤モデルデータのサンプル

表-4.4.3 土質区分、単位体積重量、50%粒径

代表的な土質記号	土質名	単位体積重量 (kN/m ³)	50%粒径 D ₅₀ (mm)	液状化層 としての判断
B、As	沖積砂($\sigma_v' < 150\text{kN/m}^2$)	各土質に応じ 図-4.4.2 に示 す地盤モデル データに基づき 、単位体積重 量を設定	0.350	液状化層
B、As	沖積砂($\sigma_v' > 150\text{kN/m}^2$)		0.350	液状化層
Ac、Ap	沖積粘土		0.025	非液状化層
Ds	洪積砂($\sigma_v' < 150\text{kN/m}^2$)		0.350	液状化層
Ds	洪積砂($150\text{kN/m}^2 < \sigma_v' < 300\text{kN/m}^2$)		0.350	液状化層
Ds	洪積砂($\sigma_v' > 300\text{kN/m}^2$)		0.350	液状化層
Dc、Lm	洪積粘土		—	非液状化層
Ag、Dg	沖積及び洪積の礫		2.200	液状化層
Ds、R	岩		—	非液状化層

② N 値と細粒分含有率の整理 (A 市、B 市の場合)

『宅地の液状化危険度マップ』の作成にあたって収集する地盤データのうち、液状化判定に必要な土質試験データ全てを入手できる可能性は低い。このため本事例では、収集できた N 値と細粒分含有率の関係を整理し、N 値による細粒分含有率の推定式を設定した。なお、N 値による細粒分含有率の推定にあたっては、細粒分含有率のデータが入手できない等やむを得ない場合に限り検討すること、また、検討にあたっては対象範囲における地盤堆積環境が同様の場合に限り成り立つ関係であることに留意しなければならない。以下、N 値から細粒分含有率の推定を行っている既往文献等の事例を示すので参考とされたい。

<N 値と細粒分含有率の関係を整理した既往文献等>

- (1) 亀井、安田ら (2002) : 「東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響」、地盤工学論文報告集, Vol.42, No.4, 101-110, 2002.8.
- (2) 春日井、大島ら (2009) : 「地盤情報データベース活用による大阪地域の沖積砂層の土質特性と地域性」、第 44 回地盤工学研究発表会論文集, pp.151-152, 2009.8
- (3) 浦安市液状化対策技術検討調査委員会 (2012) : 「平成 23 年度 浦安市液状化対策技術検討調査報告書」、第 2 編 地盤特性の把握・液状化の要因分析 1, pp.17, 2012.3

A 市における「N 値と細粒分含有率の関係」を図-4.4.3 に示す。ここでは、砂質土主体となる土質試験データ (576 個) を抽出し検討に用いた。図-4.4.3 より、N 値と細粒分含有率の關係にばらつきがあるものの、N 値が大きくなるほど細粒分含有率は小さくなる傾向を示す。この傾向は、上述した既往文献等と同様の傾向を示すことから、N 値による細粒分含有率の推定式を【 $F_c = 27.9 N^{-0.4}$ 】として設定した。

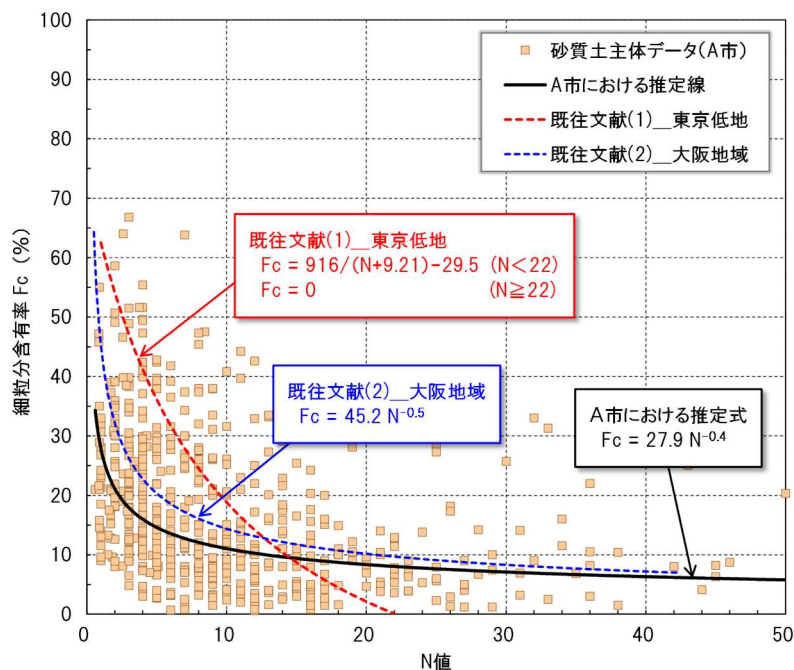


図-4.4.3 N 値と細粒分含有率の関係図 (A 市)

一方、B 市においては、当該の県が作成している「地震被害想定調査報告書」で、N 値と細粒分含有率の関係が整理され、N 値による細粒分含有率の推定式が設定されていることから、この推定式に従い細粒分含有率の設定を行った（図-4.4.4）。

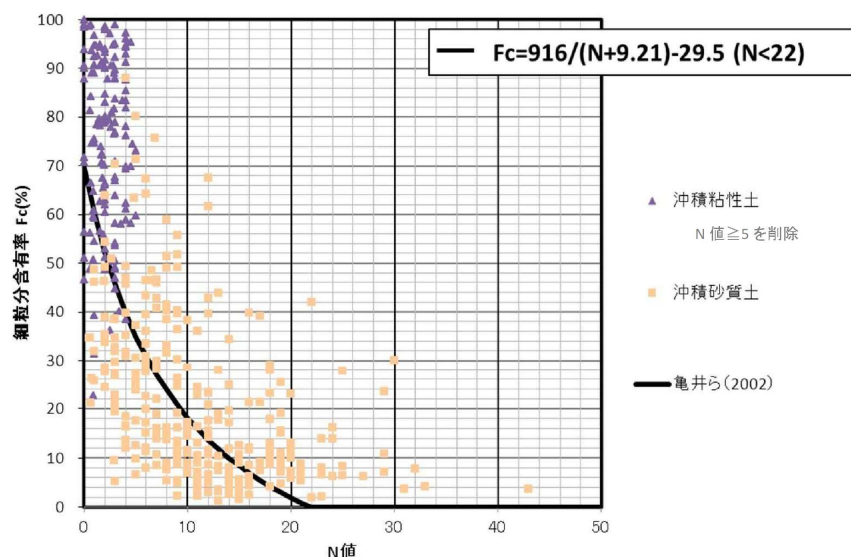


図-4.4.4 N 値と細粒分含有率の関係図（B 市：「地震被害想定調査報告書」より）

③ その他、液状化判定を行う条件

A 市及び B 市どちらにおいても、液状化判定は「(公社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、平成 29 年 11 月」の方法に従い、対象とする地震動の強さは、震度 5 程度の中地震（設計水平震度： $k_{hGL}=0.20$ 、地震動タイプ：タイプ I）とし検討を行った。

(3) 液状化指標値 P_L の算定

前述(2)で示した液状化判定より液状化安全率 (F_L)、液状化指標値 (P_L 値) を算定した。なお、液状化指標値 (P_L 値) の判定深度は全て 20m としている。図-4.4.5 に A 市における P_L 分布図、図-4.4.6 に B 市における P_L 分布図を示す。なお、A 市における空白域は地盤情報が収集できなかった区域である。『宅地の液状化危険度マップ』は、この P_L 分布図に非液状化層厚 (H_1) を考慮し、宅地の液状化被害の可能性判定結果をとりまとめたものとなる。そのため、『宅地の液状化危険度マップ』の確からしさを確認するためにも、液状化指標値 (P_L 値) の分布状況を地図上に整理しておくことが望ましい。

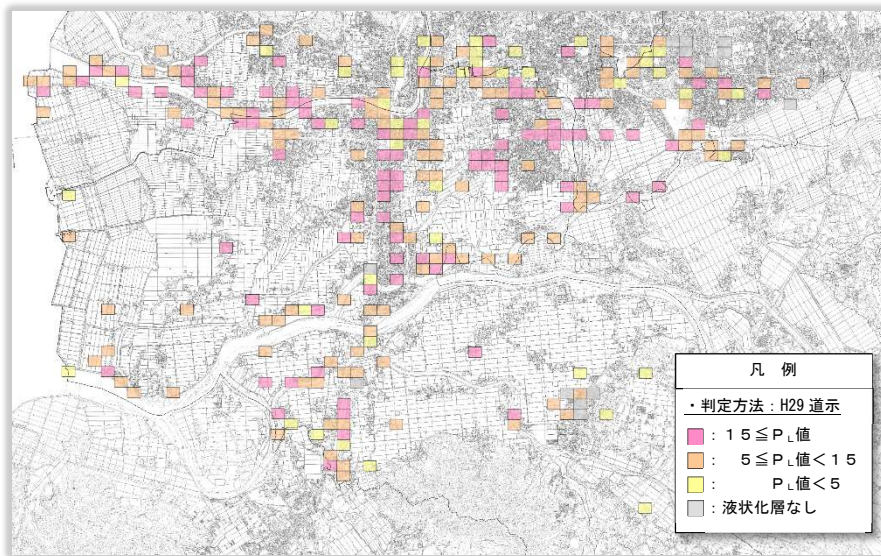


図-4.4.5 P_L 分布図 (A 市 : A 地区版)

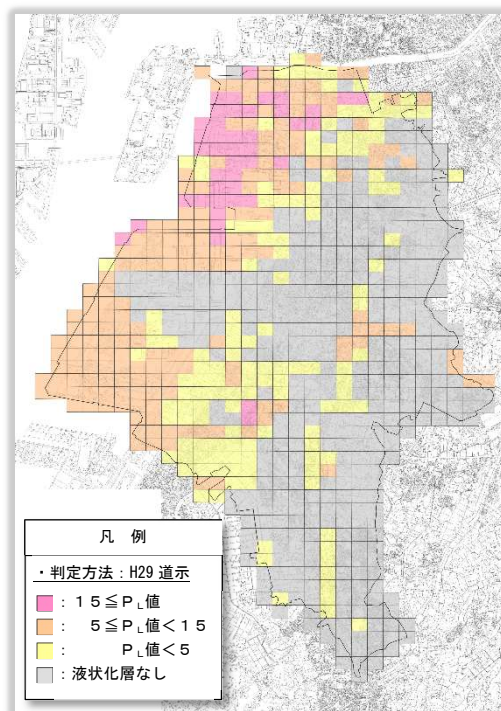


図-4.4.6 P_L 分布図 (B 市)

図-4.4.5 及び図-4.4.6 に P_L 分布図を示したが、 P_L 分布図 (H_1-P_L 分布図も同様) の作成にあたって留意すべき事項を以下に示す。

① 同メッシュ内に複数の地盤データが存在する場合

『宅地の液状化危険度マップ』は、住民・事業者と行政との間で、また行政職員間での宅地液状化に関するリスクコミュニケーションツールとして、“液状化によって宅地地盤が被害を受ける可能性はどの程度あるのか”を確認・共有するための情報となる。また、このマップにより事前の液状化対策を推進することも目的の一つとなる。このため、同メッシュ内に複数の地盤データが存在する場合は、それぞれのデータに対し液状化判定等を実施し、最も液状化危険度が高くなる地盤データを当該メッシュの代表値としてマップ化する必要がある。

② 堤防上で実施しているボーリング調査結果の扱い

『宅地の液状化危険度マップ』の作成にあたって収集する地盤データのうち、既往ボーリング調査結果は、主に道路や橋、また、河川堤防等の土木構造物を対象とした調査・設計で得られたものとなる。本手引きで作成する液状化ハザードマップは、液状化による宅地の被害リスクの把握を目的とするため、堤防周辺箇所における液状化被害の可能性判定においては、堤防上で実施したボーリングは判定に用いず、堤内地のボーリングデータを判定に用いることを基本とする。ただし、堤防上に宅地が存在する場合（例：スーパー堤防）は、この限りではないので留意が必要となる。

<補足>

メッシュ内に堤防上のボーリングデータしか存在せず、そのデータを援用して堤内市街地の液状化被害の可能性判定を行う必要がある場合は、堤防上のボーリングデータから求めた「動的せん断強度比 R 」と、堤内地で求めた「せん断応力比 L 」を用いて液状化判定を実施することも考えられる（図-4.4.7）。しかし、その判定結果の妥当性については、有識者等の意見を踏まえて判断されたい。

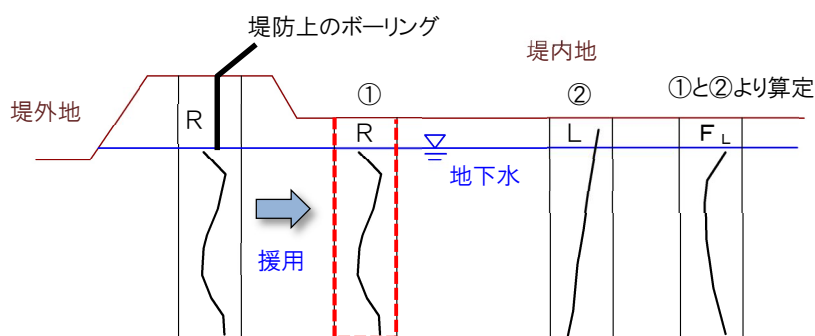


図-4.4.7 堤防上のボーリングデータを援用した堤内市街地の液状化判定のイメージ図

(4) 「宅地の液状化被害の可能性判定」結果をとりまとめた H_L-P_L 分布図の作成

前述した(1)～(3)の結果を踏まえ「宅地の液状化被害の可能性判定」を実施し、その結果を『宅地の液状化危険度マップ (H_L-P_L 分布図)』としてとりまとめた。

① 宅地の液状化危険度マップ (H_L-P_L 分布図) の凡例

宅地の液状化危険度マップ (H_L-P_L 分布図) については、本編 5 章 [5-4. 表現にあたっての留意点] に示す凡例を参考とし地図上に表現することになるが、“液状化層が存在しないメッシュ”や“ $P_L=0$ となるメッシュ”をどのように表現するかという課題が残る。このため、本事例では以下の凡例で示すこととした。

a) 液状化層がある場合

「国土交通省都市局都市安全課：宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針・同解説（案）、平成 25 年 4 月」に従い、図-4.4.8 に示す判定図・判定表より色分けを行い地図上に示す。

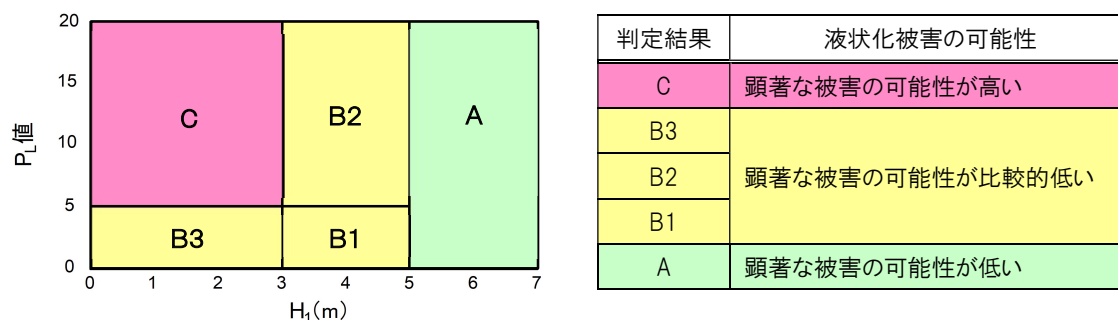


図-4.4.8 H_L-P_L 判定図・判定表 [詳細資料編：pp.57]

b) 液状化層がない場合

『液状化層なし』と判定し、地図上ではグレー表記とする。以下に、『液状化層なし』と判断されるケースを示すが、それぞれについては各自治体で判断されたい。

- ✓ 液状化判定を実施した結果「 $P_L=0$ 」となる
- ✓ 液状化対象層が存在しない（粘性土層や岩のみ等で構成された地盤）
- ✓ 「山地や丘陵」等、都道府県が実施している地震被害想定調査において“液状化しない”と判断されている場合

c) 地図上での表現

■ C	： 顕著な被害の可能性が高い
■ B1、B2、B3	： 顕著な被害の可能性が比較的低い
■ A	： 顕著な被害の可能性が低い
■	： 液状化層なし(理由※)

※(理由)： 必要に応じ、「 $P_L=0$ 」や「液状化対象層が存在しない」等の理由を記載する

図-4.4.9 及び図-4.4.10 に、A 市、B 市それぞれの「宅地の液状化危険度マップ (H₁-P_L分布図)」を示す。

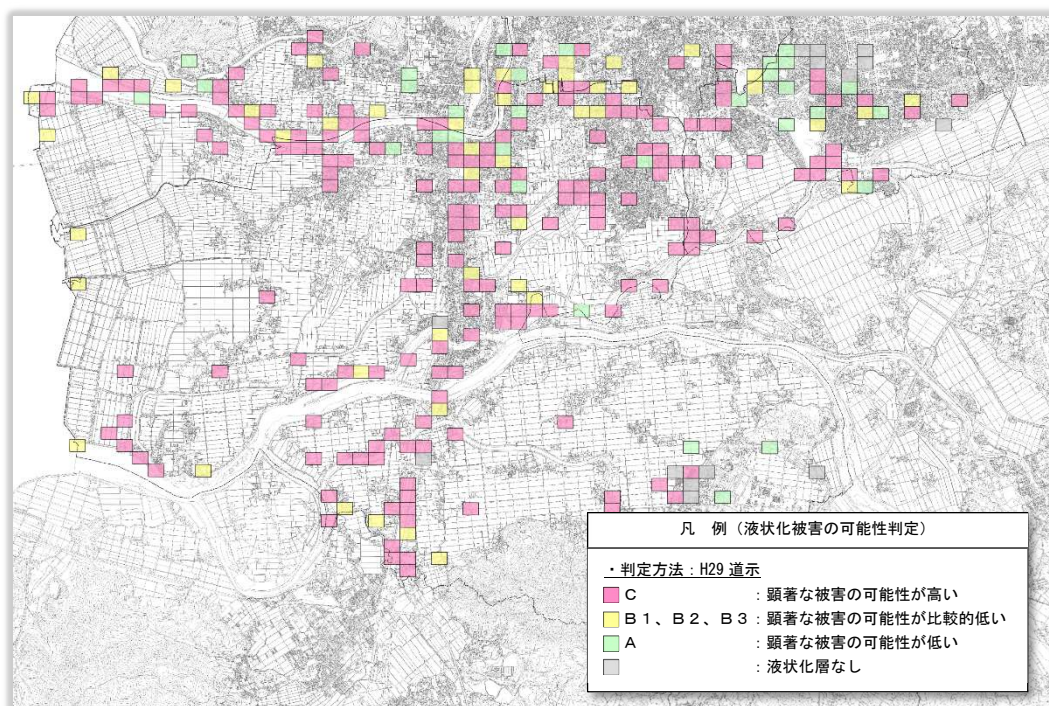


図-4.4.9 H₁-P_L分布図 (A 市: A 地区版)

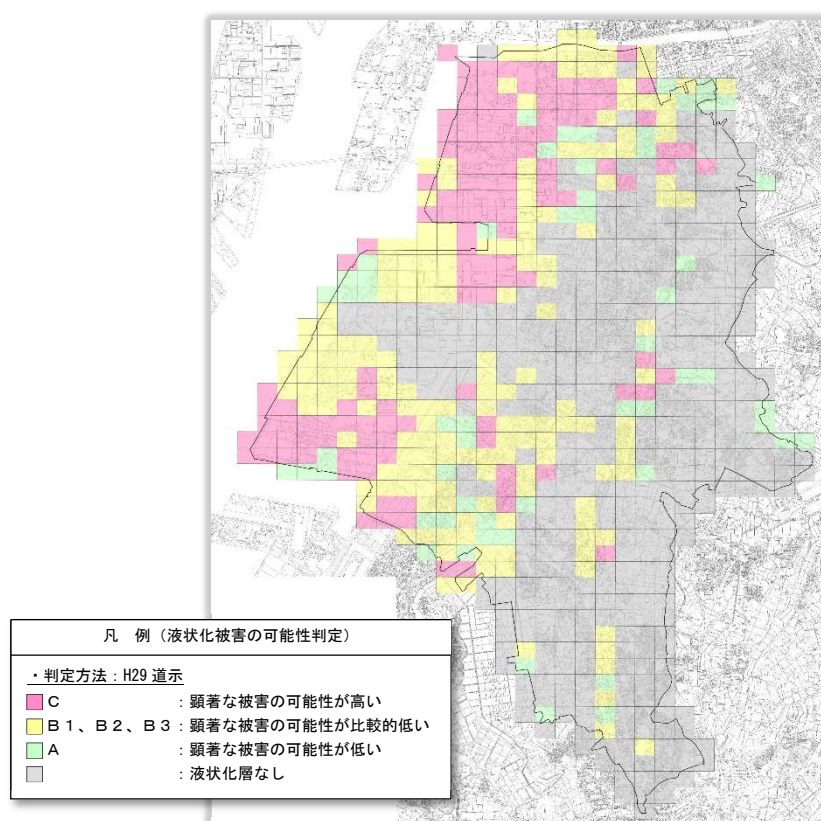


図-4.4.10 H₁-P_L分布図 (B 市)

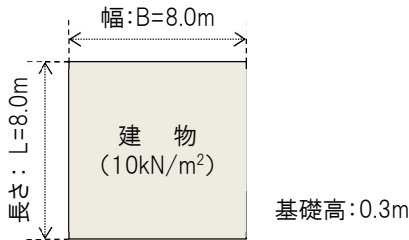
(5) りり込み沈下及び傾斜の簡易評価

作成した「宅地の液状化危険度マップ (H_L — P_L 分布図)」より、B3 判定となる箇所の一部を抽出し、りり込み沈下及び傾斜の簡易評価を実施した。この簡易評価結果は、液状化ハザードマップへ掲載するための情報ではなく、液状化が発生した場合に、戸建て住宅がどの程度の被害を受けるのかを具体的にイメージするための情報であり、行政が住民・事業者と宅地液状化に関するリスクコミュニケーションを図るうえで活用することになる。以下、りり込み沈下及び傾斜の簡易評価の検討事例を示す。

① 簡易評価の検討条件

表-4.4.4 に示す検討条件により、りり込み沈下及び傾斜の簡易評価を実施した。

表-4.4.4 りり込み沈下及び傾斜の簡易評価を行うための検討条件

項 目	具体的な検討条件
地震外力	● [本編:4-2 対象とする地震動の強さ]に従い、中地震程度の地震動とした。 ✓ 地震動タイプ : タイプ I ✓ 設計水平震度 : $k_{hgl}=0.20$ ✓ 地表面最大加速度 : 200gal ✓ マグニチュード : $M=7.5$
建物条件	● [詳細資料編:pp.85]の試算事例同様に、一般的な木造住宅を想定した。 
液状化地盤の剛性低下率	● [詳細資料編:pp.88]の解説内容を参考とし、本検討ではりり込み沈下量の値がやや大きく算定される『せん断剛性率の下限値:1/300』とした。

② 傾斜量の算定

傾斜量の算定にあたっては、「(公社) 地盤工学会関東支部：造成宅地の耐震対策に関する研究委員会報告書 ―液状化から戸建て住宅を守るための手引き― 平成 25 年 5 月」に掲載されている「東日本大震災における戸建て住宅のりり込み沈下量と傾斜角の関係」(図-4.4.11、図-4.4.12) を用い、算定したりり込み沈下量から『住宅密集』と『住宅散在』の 2 ケースにおける傾斜量をそれぞれ算定した。

・密集：傾斜角 $\theta (1/1,000) = 0.13 \times \text{平均めり込み沈下量}$

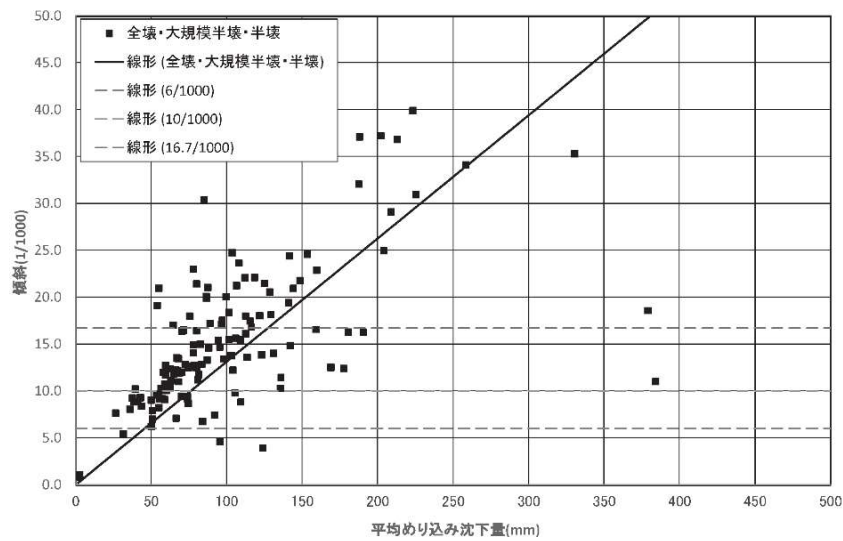


図-4.4.11 2011 年東北地方太平洋沖地震における戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の関係
(千葉市と習志野市【住宅が密集している地区】のデータのみ)

(「(公社)地盤工学会関東支部：造成宅地の耐震対策に関する研究委員会報告書 ー液状化から戸建て住宅を守るための手引きー 平成 25 年 5 月」より)

・散在：傾斜角 $\theta (1/1,000) = 0.07 \times \text{平均めり込み沈下量}$

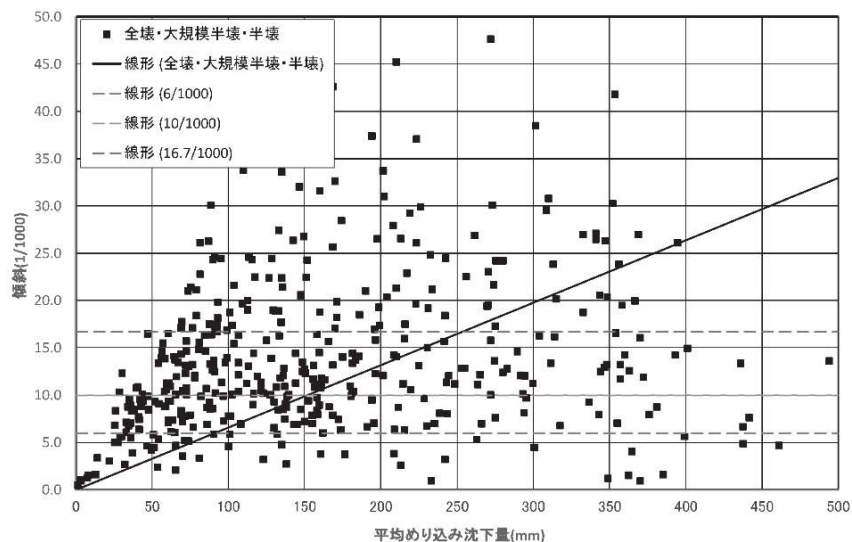


図-4.4.12 2011 年東北地方太平洋沖地震における戸建て住宅のめり込み沈下量と傾斜角の関係
(神栖市と潮来市【住宅があまり密集していない（散在）地区】のデータのみ)

(「(公社)地盤工学会関東支部：造成宅地の耐震対策に関する研究委員会報告書 ー液状化から戸建て住宅を守るための手引きー 平成 25 年 5 月」より)

③ 被害程度の推定

試算しためり込み沈下量及び傾斜量（『住宅密集』と『住宅散在』の2ケース）の値を基に、図-4.4.13に示す「内閣府：被害認定フロー」に従い、めり込み沈下量と傾斜量それぞれの値に応じた被害程度を推定した。なお、住家の潜り込みによる判定においては、建物基礎高は0.3mとして推定を行った。

<被害認定フロー（液状化等の地盤被害による被害）>

【第1次調査】

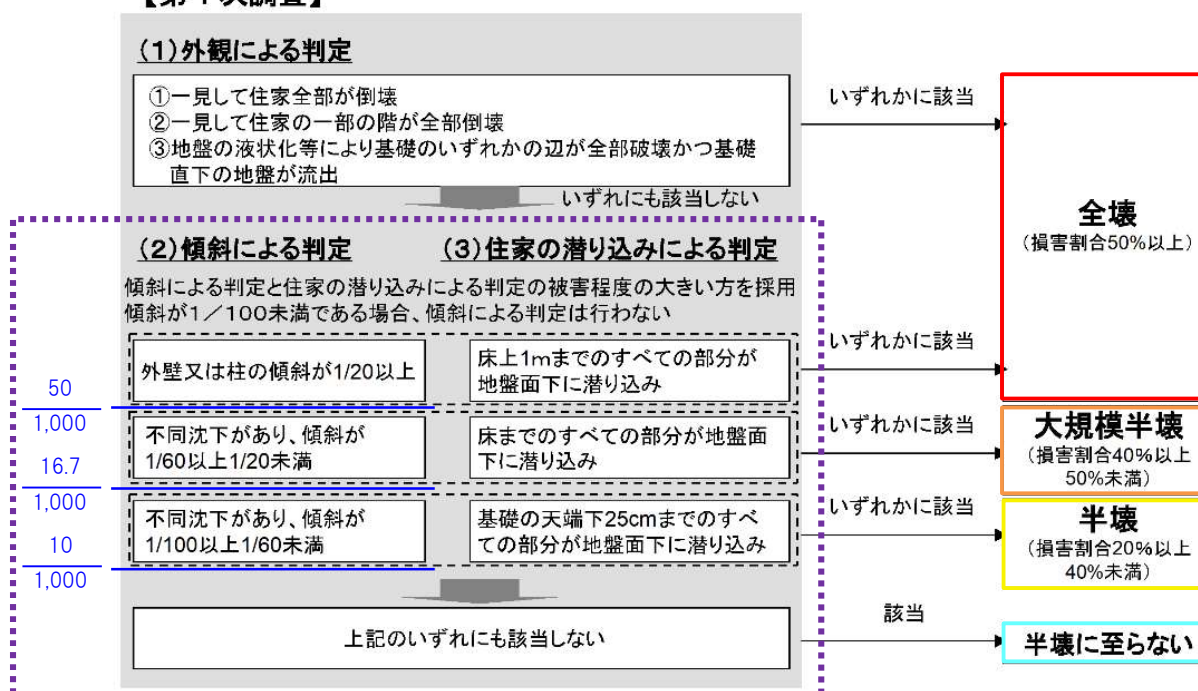


図-4.4.13 被害認定フロー（液状化等の地盤被害による被害）

（「内閣府（防災担当）：災害に係る住家の被害認定基準運用指針、平成30年3月」）

④ りり込み沈下及び傾斜の簡易評価結果（A市の場合）

図-4.4.14 にりり込み沈下量及び傾斜量の簡易評価を実施した位置（図中：①～⑨）を示す。また、表-4.4.5 にはりり込み沈下量、傾斜量、また、それぞれの値から推定した被害程度の一覧を示す。なお、A市においては、宅地の液状化被害の可能性判定結果がC判定となる箇所の一部についても試算を行った。表-4.4.5 より、C判定となる箇所については、りり込み沈下量、及び、傾斜量それぞれから推定した被害程度は「半壊」以上を示す。一方、B3判定となる箇所については、りり込み沈下量や傾斜量それぞれの値を境に、推定される被害程度が「半壊に至らない」と「半壊」以上に分類される。

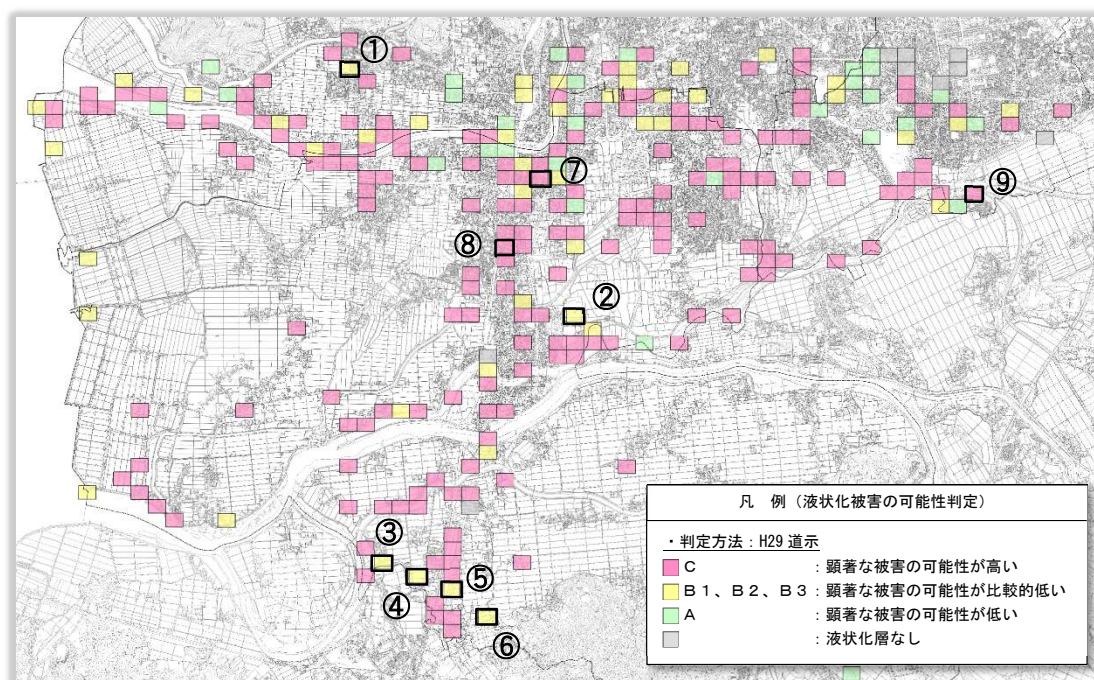


図-4.4.14 りり込み沈下量、傾斜量、被災程度の簡易評価位置（A市）

表-4.4.5 りり込み沈下量、傾斜量、被災程度の簡易評価結果一覧（A市）

No.	液状化被害の 可能性判定結果	H_L (m)	P_L	りり込み沈下量		傾斜量(密集) $\theta / 1000$		傾斜量(散在) $\theta / 1000$	
				沈下量(cm)	被害程度	傾斜量(密集) θ	被害程度	傾斜量(散在) θ	被害程度
①	B3	0.5	1.3	1.6	半壊に至らない	2.1	半壊に至らない	1.1	半壊に至らない
②	B3	0.0	2.7	3.1	半壊に至らない	4.0	半壊に至らない	2.2	半壊に至らない
③	B3	2.0	3.9	8.7	半壊	11.3	半壊	6.1	半壊に至らない
④	B3	1.5	4.5	10.2	半壊	13.3	半壊	7.1	半壊に至らない
⑤	B3	1.0	4.3	19.1	半壊	24.8	大規模半壊	13.4	半壊
⑥	B3	2.5	4.5	18.1	半壊	23.5	大規模半壊	12.7	半壊
⑦	C	2.5	19.3	36.4	大規模半壊	47.3	大規模半壊	25.5	大規模半壊
⑧	C	1.5	12.2	20.1	半壊	26.1	大規模半壊	14.1	半壊
⑨	C	0.0	25.5	62.4	大規模半壊	81.1	全壊	43.9	大規模半壊

⑤ り込み沈下及び傾斜の簡易評価結果（B市の場合）

図-4.4.15 にり込み沈下量及び傾斜量の簡易評価を実施した位置を示す（図中：①～⑦）。また、表-4.4.6 にはり込み沈下量、傾斜量、また、それぞれの値から推定した被害程度の一覧を示す。表-4.4.6 より、干拓地におけるり込み沈下量は大きな値を示し、推定される被害程度も大きくなる。一方、内陸の平野部におけるり込み沈下量はいずれも 6.0cm 程度未満と小さな値を示し、その被害程度は「半壊」または「半壊に至らない」と推定される。

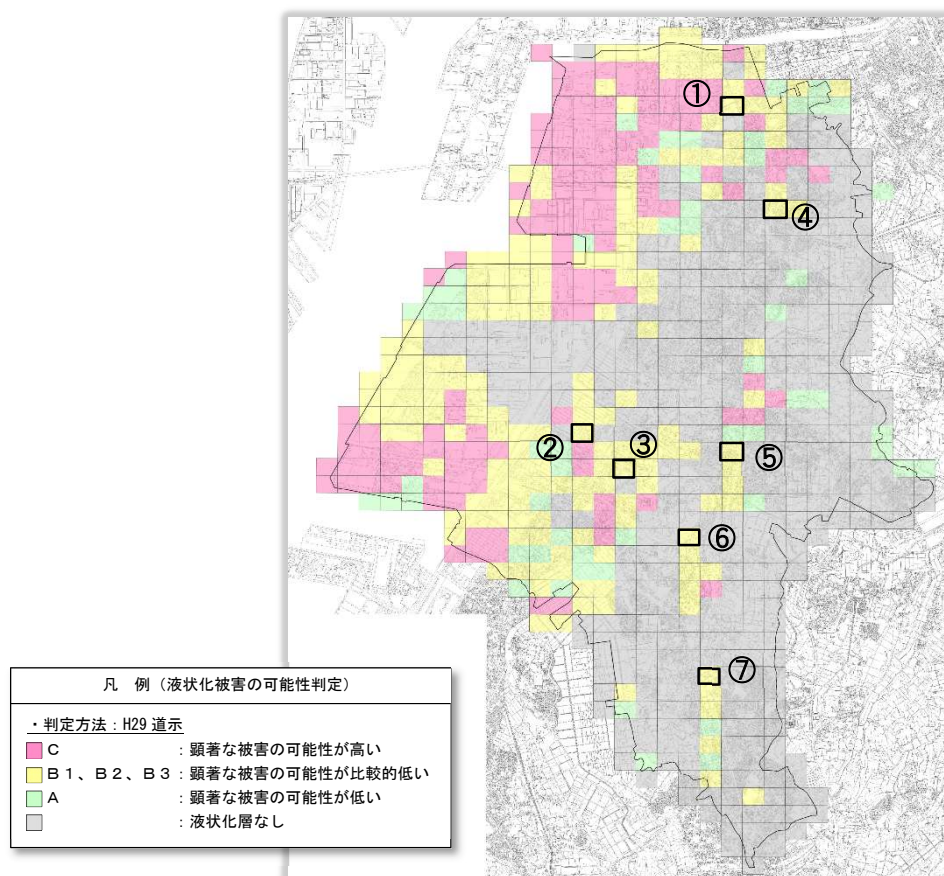


図-4.4.15 り込み沈下量、傾斜量、被災程度の簡易評価位置（B市）

表-4.4.6 り込み沈下量、傾斜量、被災程度の簡易評価結果一覧（B市）

	No.	液状化被害の 可能性判定結果	H_L (m)	P_L	り込み沈下量		傾斜量(密集) $\theta / 1000$		傾斜量(散在) $\theta / 1000$	
					沈下量(cm)	被害程度	傾斜量(密集) θ	被害程度	傾斜量(散在) θ	被害程度
干 拓 地 内 陸 の 平 野 部	①	B3	1.0	4.8	29.7	半壊	38.6	大規模半壊	20.8	大規模半壊
	②	B3	2.5	4.7	58.0	大規模半壊	75.4	全壊	40.6	大規模半壊
	③	B3	1.0	3.5	4.8	半壊に至らない	6.2	半壊に至らない	3.4	半壊に至らない
	④	B3	1.5	4.1	5.9	半壊	7.7	半壊に至らない	4.1	半壊に至らない
	⑤	B3	2.9	4.3	3.1	半壊に至らない	4.0	半壊に至らない	2.2	半壊に至らない
	⑥	B3	2.8	3.9	6.3	半壊	8.2	半壊に至らない	4.4	半壊に至らない
	⑦	B3	1.5	0.1	0.0	半壊に至らない	0.0	半壊に至らない	0.0	半壊に至らない

4-5. 液状化ハザードマップの作成

本手引きで作成する「液状化ハザードマップ」には、『地域の液状化発生傾向図』や『宅地の液状化危険度マップ』の情報と合わせ、液状化の被害事例や液状化被害が地震後の生活に及ぼす影響等の“液状化の知識に関する情報”、また、液状化の発生傾向が強い土地条件や対象地域の土地の成り立ち等の“液状化と関わりの深い土地の履歴情報”など、『液状化被害と対策・対応の理解を促す情報』を掲載する。液状化ハザードマップの作成工程における「液状化ハザードマップ」の位置付けを図-4.5.1に示す。本節では、本編5章「液状化ハザードマップの作成」により作成した「液状化ハザードマップ」の作成事例を示す。

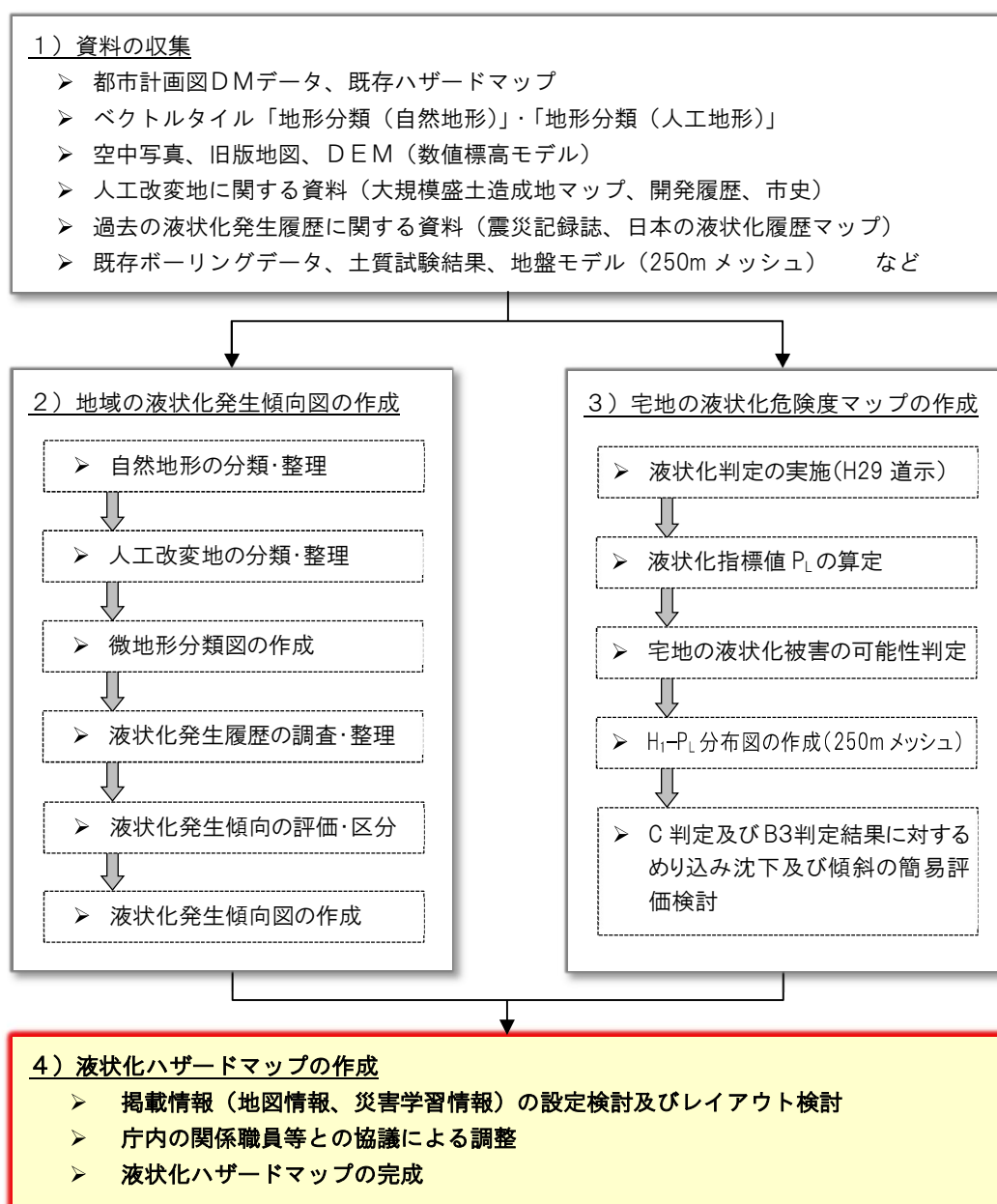


図-4.5.1 液状化ハザードマップの作成工程における「液状化ハザードマップ」の位置付け

(1) 液状化ハザードマップの作成条件

a) 収集資料及びデータ

「液状化ハザードマップ」の作成にあたって、A市及びB市それぞれにおいて収集した資料及びデータを表-4.5.1に示す。

表-4.5.1 収集した資料・データ

項目	収集した資料・データ	
	A市	B市
背景地図データ	・都市計画図(DM データ) ・基盤地図情報	・都市計画図(DM データ)
指定緊急避難場所、指定緊急避難所に関する情報	・避難場所、避難所 GIS データ ・既存ハザードマップ(液状化、洪水)	・避難場所、避難所一覧表 ・既存防災マップ
防災関連施設に関する情報	・既存ハザードマップ(液状化、洪水)	・既存防災マップ
緊急輸送道路、避難経路に関する情報	・既存ハザードマップ(液状化、洪水)	・道路位置に関するCAD データ ・既存防災マップ
液状化対策事例に関する情報	・住民説明会資料	※収集せず

b) 行政内のハザードマップ作成体制

宅地防災部局の職員のみならず、地域防災部局の職員とも連携を図り、液状化ハザードマップの作成を行った。

c) 液状化ハザードマップの仕様

一般的な広報・周知方法となる印刷物による配布を念頭に置き、地域の液状化発生傾向に関する「地図情報」と、宅地の液状化危険度マップ、並びに、液状化被害と対策・対応の理解を促す情報を掲載した「災害学習情報」との2面構成とした。

表-4.5.2 液状化ハザードマップの仕様

対象地区	作成面	作成範囲	サイズ	図面縮尺	備 考
A市	地図情報	市全域	A1縦	1/45,000	・既往ハザードマップと同縮尺
		A地区	A1横	1/25,000	・手引きに示す標準縮尺
	災害学習情報	—	A1横	—	—
B市	地図情報	市全域	A1縦	1/15,000	・公表済の既往都市計画図と同縮尺
	災害学習情報	—	A1横	—	—

(2) 地図情報の作成

a) 掲載情報の設定

本編 5 章 [5-2.地図情報としての掲載事項] で示す掲載事項を基にした、それぞれの事項に対する掲載是非の調整結果を表-4.5.3 に示す。表-4.5.3 より、特筆すべき事項として、A 市及び B 市ともに『指定緊急避難場所、指定緊急避難所』は掲載しないという結果となった。これは、“避難所を掲載することで最寄りの避難所への避難を誘導してしまうことになりかねない”、“地図が煩雑になることから自分の住む地区を探すための最低限の目印（ランドマーク）のみを表示したい”という理由からである。このように、地図情報への掲載事項については、対象地域の液状化に対する情報ニーズや地域特性を踏まえ決定されたい。

表-4.5.3 地図情報の掲載事項に関する調整結果

	地図情報の掲載事項	自治体との調整結果	
		A市	B市
共通項目	・ 地域の液状化発生傾向図	● 掲載する	● 掲載する
	・ 指定緊急避難場所、指定緊急避難所	● 掲載しない(誤った避難誘導の可能性があるため)	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)
	・ 緊急輸送道路等の主要交通網(道路・鉄道等)	● 掲載する	● 掲載する
	・ 役場、警察、消防等の防災関係機関	● 掲載する	● 掲載する
	・ 災害時の問合せ先	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)
選択項目	・ 過去の地震による液状化発生箇所	● 掲載しない(発生箇所の範囲が確定できないため)	● 掲載しない(発生履歴情報の信用性が薄いため)
	・ 避難場所や避難所等の安全性(耐震性)	● 掲載しない(避難所等を掲載しないため)	● 掲載しない(避難所等を掲載しないため)
	・ 避難経路の位置と安全性(耐震性)	● 掲載しない(避難経路を設定していないため)	● 掲載しない(避難経路を設定していないため)
	・ 給水所、仮設トイレ、利用可能な井戸等	● 掲載しない(事前計画がないため)	● 掲載しない(事前計画がないため)
	・ 災害ゴミ(土砂含む)の収集・廃棄場所	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)	● 掲載しない(事前計画がないため)
	・ 防災倉庫や消防団車庫等	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)	● 掲載しない(地図情報が煩雑となるため)
	・ 既存のボーリングデータ情報(ウェブ地図の場合)	● 掲載しない(掲載是非については今後検討する)	● 掲載しない(掲載是非については今後検討する)

b) 指定緊急避難場所、指定避難所の掲載について

本事例では各自治体との調整結果より、指定緊急避難場所と指定緊急避難所を地図情報として掲載しないことになった。しかし、指定緊急避難所等の避難に関する情報は、事前の液状化対策において重要な情報となる。このため、地図情報として指定緊急避難所等の情報を掲載しない場合は、液状化ハザードマップの利用者が、それらの位置や連絡先、また安全性などを確認するための補足解説を地図情報内に掲載することが重要となる。

◆指定緊急避難場所や指定緊急避難所に関する補足解説例

- ●●市が指定している避難場所及び避難所の位置や連絡先等の情報については、●●市ホームページ『●●市統合型ハザードマップ』でご確認下さい。

図-4.5.2 指定緊急避難場所及び指定緊急避難所に関する補足解説例

c) 液状化発生傾向の凡例と注意点

地図情報に関する各自治体との調整において“液状化発生傾向の凡例”が分かりにくいという意見が挙げられた。このため、本事例では、液状化発生傾向の強弱に応じ「想定される地盤条件」や「予測される被害」、また「液状化発生傾向区分に応じた代表的な地形（微地形）の例」を凡例の説明として示すこととした（図-4.5.3）。また、“一般的に馴染みのない用語（N 値）”の説明や、“液状化発生傾向の評価区分に対する注意事項”についての説明を入れて欲しいとの意見も挙げられたため、注釈に N 値の説明、及び、液状化発生傾向の評価区分に対する注意事項を示すこととした（図-4.5.3）。

液状化発生傾向の強弱と予測される被害				
液状化発生傾向の評価区分	説 明			液状化発生傾向の評価区分別の地形（微地形）の例
	想定される地盤条件	予測される被害	予測される被害程度	
強	・液状化発生傾向が強い地盤条件※をほぼすべて有していることが予測される地形。	・噴砂や地割れが至る所で発生。 ・大きな宅地被害、道路被害、埋設管等のインフラ被害の発生可能性が極めて高い。	・被害程度は非常に大きい。	・埋立地、旧河道、低地(湿地)上の盛土造成地など
	・地下水位が高く砂地盤であることが予測される地形	・噴砂や地割れがところどころで発生。 ・宅地被害、道路被害、埋設管等のインフラ被害の発生可能性が高い。	・被害程度は大きい。	・干拓地、谷埋め盛土造成地など
	・砂地盤または砂質土を含む地盤でその大半が構成されると予測される地形。	・部分的に分布する地下水位が高いところで噴砂や地割れが発生。 ・宅地被害、道路被害、埋設管等のインフラ被害の発生可能性がある。	・被害程度はやや大きい。	・砂州・砂嘴洲、氾濫低地など
	・砂地盤または砂質土を含む地盤であるが地下水位が低いと予測される地形。	・小規模な噴砂や地割れが発生。 ・宅地被害、道路被害、埋設管等のインフラ被害の発生可能性が低い。	・被害程度は小さい。	・砂丘(頂部付近)、扇状地など
弱	・液状化発生傾向が強い地盤条件※を有していない地形。	・噴砂や地割れ、宅地被害、道路被害、埋設管等のインフラ被害がほぼ発生しない。 (ただし、谷埋め盛土造成地等の人工改変地で液状化被害が発生する可能性もある。)	・ほぼ被害は発生しない。 (人工改変地では場合によっては被害程度が大きくなる。)	・山地・丘陵、台地など

※液状化発生傾向が強い地盤条件：①砂地盤または砂質土を含む地盤、
②ゆるい（締め固まっていない、N値が小さい）
③地下水位が高い

N値とは土の硬さや締め具合の程度を表すもので、N値が大きいほど地盤は固く締め固まっていることを示しています。
注意：水部（河道、湖沼）については、陸部がないことから液状化発生傾向を評価しません。

<液状化発生傾向の評価区分に対する注意事項>
過去の地震では、震度5弱程度から液状化が発生した事例があり、揺れが大きいほど、また、揺れる時間が長いほど液状化被害の範囲も程度も大きくなります。このため、液状化発生傾向の弱い区域においても、発生する地震の特徴により、液状化する可能性もあるので注意してください。

図-4.5.3 液状化発生傾向の凡例（B市）

前述した a)～c)の結果を踏まえ、A 市及び B 市において「液状化ハザードマップ：地図情報」を作成した。

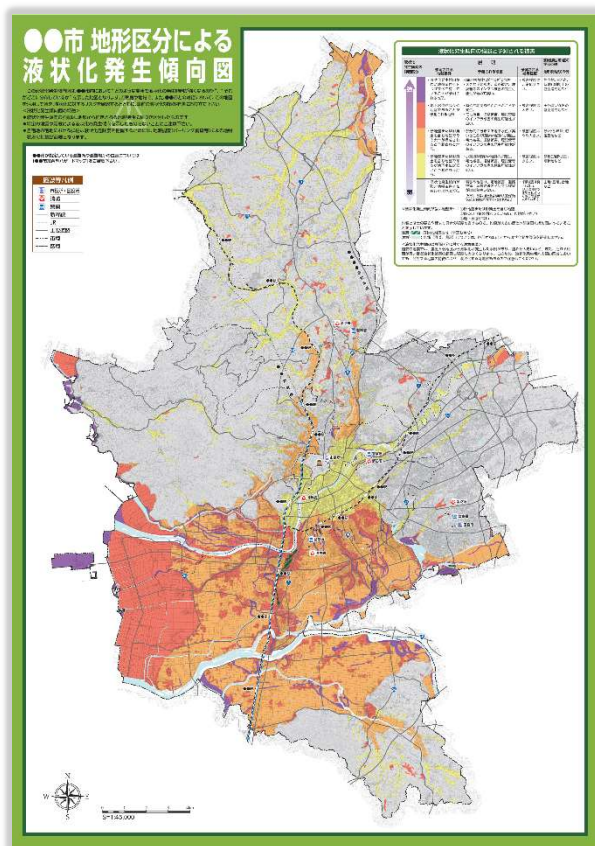


図-4.5.4 液状化ハザードマップ：地図情報（A 市全域版）

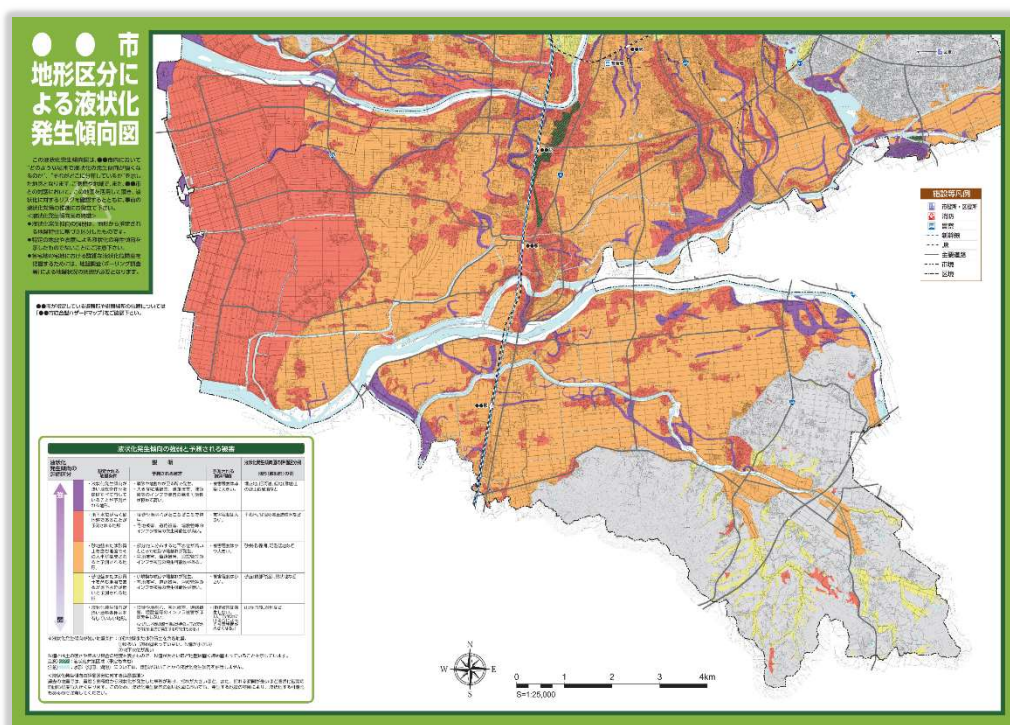


図-4.5.5 液状化ハザードマップ：地図情報（A 市：A 地区版）

(3) 災害学習情報の作成

a) 掲載情報の設定

本編 5 章 [5-3.災害学習情報としての掲載事項] で示す掲載事項を基にした、それぞれの事項に対する掲載是非の調整結果を表-4.5.4 に示す。表-4.5.4 より、特筆すべき事項として、A 市及び B 市ともに『個人のできる日頃からの備え』や『防災・避難情報の入手先や入手方法』を掲載しないという結果となった。これは、“地震被害全般に関する情報よりも液状化被害に特化した情報を掲載したい”という理由からである。地図情報同様に災害学習情報においても、その掲載事項については、対象地域の液状化に対する情報ニーズや地域特性を踏まえ決定されたい。

表-4.5.4 災害学習情報の掲載事項に関する調整結果

	災害学習情報の掲載事項	自治体との調整結果	
		A市	B市
共通項目	・ 宅地の液状化危険度マップ	● 掲載する	● 掲載する
	・ 液状化ハザードマップの見方や活用方法	● 掲載する	● 掲載する
	・ 液状化被害に関する基礎知識	● 掲載する	● 掲載する
	・ 過去に発生した液状化の被害事例	● 掲載する	● 掲載する
	・ 液状化被害が地震後の生活に及ぼす影響と影響期間の目安	● 掲載する	● 掲載する
	・ 液状化が発生しやすい土地の条件	● 掲載する	● 掲載する
	・ 個人や地区で行う液状化対策の事例	● 掲載する	● 掲載する
	・ 個人のできる日頃からの備え	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)
選択項目	・ 対象地域内で発生した液状化の位置や被害内容	● 掲載する(被害写真の例として掲載)	● 掲載しない(液状化被害に関する資料がないため)
	・ 自分が住んでいる土地の移り変わりが分かる情報	● 掲載する	● 掲載する
	・ 戸建て住宅のめり込み沈下や傾斜の簡易評価手法の紹介	● 掲載する	● 掲載する
	・ 地震発生時の「防災・避難情報」の入手先や入手方法	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)
	・ 非常持ち出し品リスト、備蓄品リスト	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)	● 掲載しない(液状化被害に特化した情報でないため)

b) 具体的な掲載情報の例

表-4.5.4 に示した掲載事項の事例を示す。

＜宅地の液状化危険度マップ＞

分かりやすく簡易な解説を加え、宅地の液状化危険度マップを掲載した。

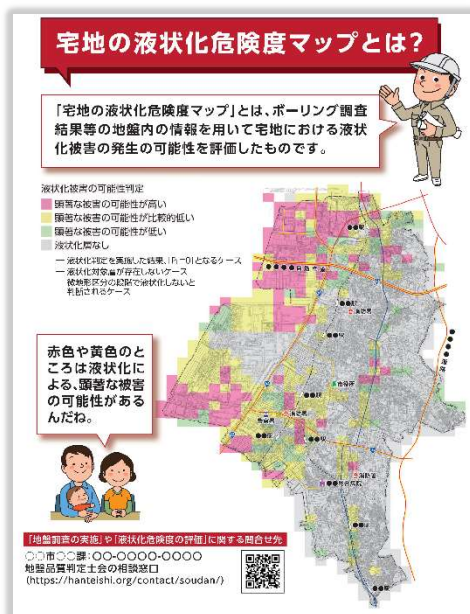


図-4.5.7 宅地の液状化危険度マップ（B市）

＜液状化ハザードマップの見方や活用方法＞

「①地域全体の液状化被害リスクを確認しよう！」→「②宅地の液状化被害リスクを確認しよう！」→「③液状化による住宅の被害程度を予測しよう！」という3段階での見方・活用方法を示した。



図-4.5.8 液状化ハザードマップの見方や活用方法（A市・B市共通）

<液状化被害に関する基礎知識>

液状化発生メカニズムについてイラスト入りの解説を加え、液状化被害に関する基礎知識を掲載した。

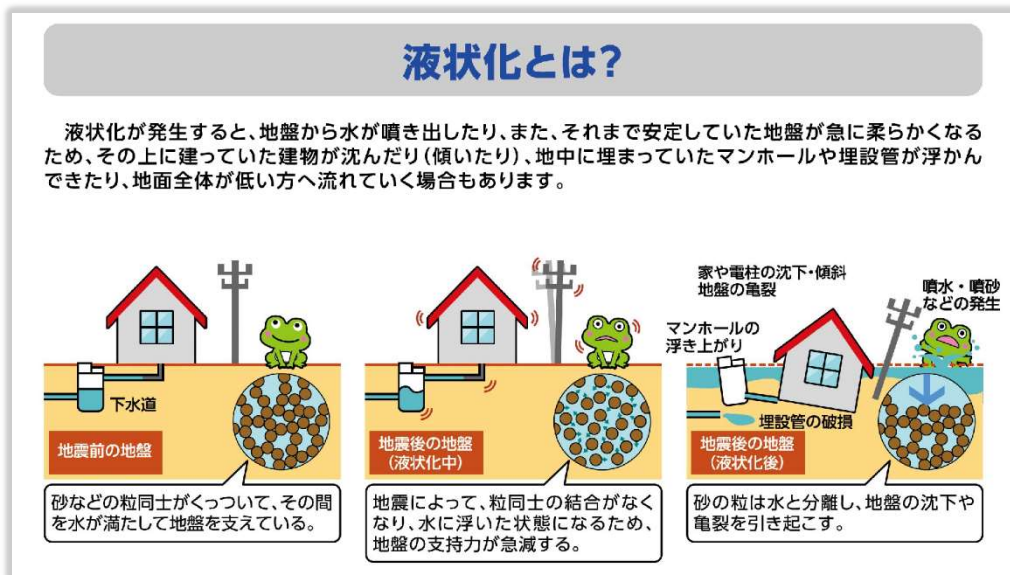


図-4.5.9 液状化被害に関する基礎知識 (A市・B市共通)

<過去に発生した液状化被害の事例>

過去の地震において液状化によりライフライン施設が被害を受け、地震後の生活に大きな影響を及ぼした例を、写真・図を交えて掲載した。



図-4.5.10 過去に発生した液状化被害の事例 (A市)

<液状化被害が地震後の生活に及ぼす影響と影響期間の目安>

2011 年東北地方太平洋沖地震における千葉県浦安市での被害を基に作成した「液状化被害が生活に及ぼす影響」を掲載した。なお、液状化による主な被害として、“噴砂・噴水の発生”、“宅地や建物の被害”、“道路の被害”、“ライフライン施設の被害”を抽出している。

液状化による被害は地震後の生活に与える影響が大きく、長期間に及びます。				
主な被害	被害事例			影響を及ぼす期間の目安
噴水・噴砂の発生				● 自転車の埋没による緊急避難の遅れ ● 宅地や生活道路内に堆積した土砂の撤去 ● 乾いた土砂の飛散による粉塵被害 3日 1週間 1ヶ月 乾いた土砂の粉塵被害を含めると1か月程度
宅地や建物の被害				● 宅地地盤の沈下による上下水道管などの損傷 ● 住宅の機能障害(戸の開け閉めの不具合など)や傾いた家に住み続けることによる健康被害(めまいや吐き気など) 被害の程度により長期間に及ぶ場合もある
道路の被害				● 道路の損傷に伴う緊急避難・救助活動の支障 ● 通行障害に伴う物流の停止 ● 道路の損傷による転倒や事故の発生 応急復旧までは約1か月程度
ライフライン施設の被害				● 上水(飲料水、洗濯水、トイレ水、風呂水など)の供給停止による生活障害 ● 下水道管の破損による生活障害(トイレ水や洗濯水などが排水できない) ● 電気やガスの供給停止による生活障害 被害規模によるが長くて1か月程度

図-4.5.11 液状化被害が地震後の生活に及ぼす影響と影響期間の目安 (A 市・B 市共通)

<液状化しやすい土地の条件>

液状化しやすい場所に関する模式図を掲載し、液状化しやすい代表的な地形を箇条書きで掲載した。



図-4.5.12 液状化しやすい土地の条件 (A 市・B 市共通)

<個人や地区で行う液状化対策の事例>

個人で行う液状化対策事例として一般的な対策工法を掲載した。また、地区で行う液状化対策事例としては、「国土交通省都市局都市安全課：市街地液状化対策推進ガイダンス、令和元年6月」より代表的な対策工法を掲載した。



図-4.5.13 個人や地区で行う液状化対策の事例 (A市・B市共通)

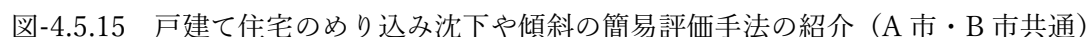
<自分が住んでいる土地の移り変わりが分かる情報>

土地の移り変わりがわかる情報として、旧版地図と現在の地図との比較例や撮影年代の異なる空中写真の比較例を掲載した。A市では「旧河道」と「砂利・砂鉄採取後の埋戻し地」の抽出事例を、B市では「海岸部の埋立地」と「ため池の埋立造成地」をそれぞれ掲載している。



図-4.5.14 自分が住んでいる土地の移り変わりが分かる情報 (左側：A市・右側：B市)

日本建築学会の『住まい・まちづくり支援建築会議』の復旧・復興支援 WG「液化化被害の基礎知識」を参考とし、傾いた家に住むことによる健康障害の解説を掲載するとともに、液化化による戸建て住宅の沈下や傾斜の簡易予測手法を掲載した。



対象地区の地形的な特徴を示す地図として、液状化発生傾向図を作成するための基礎情報となる微地形分類図とその地区の地形的な特徴を掲載した。



前述した a)～b)の結果を踏まえ、A 市及び B 市の「液状化ハザードマップ：災害学習情報」を作成した。なお、B 市においては『宅地の液状化危険度マップ』を大きく表示するケースと、小さく表示するケースの 2 ケースを作成した。



図-4.5.17 液状化ハザードマップ：災害学習情報（A 市）



図-4.5.18 液状化ハザードマップ：災害学習情報（B 市：宅地の液状化危険度マップ大）



図-4.5.19 液状化ハザードマップ：災害学習情報（B市：宅地の液状化危険度マップ小）