

熊本市液状化対策技術検討委員会 (第1回)

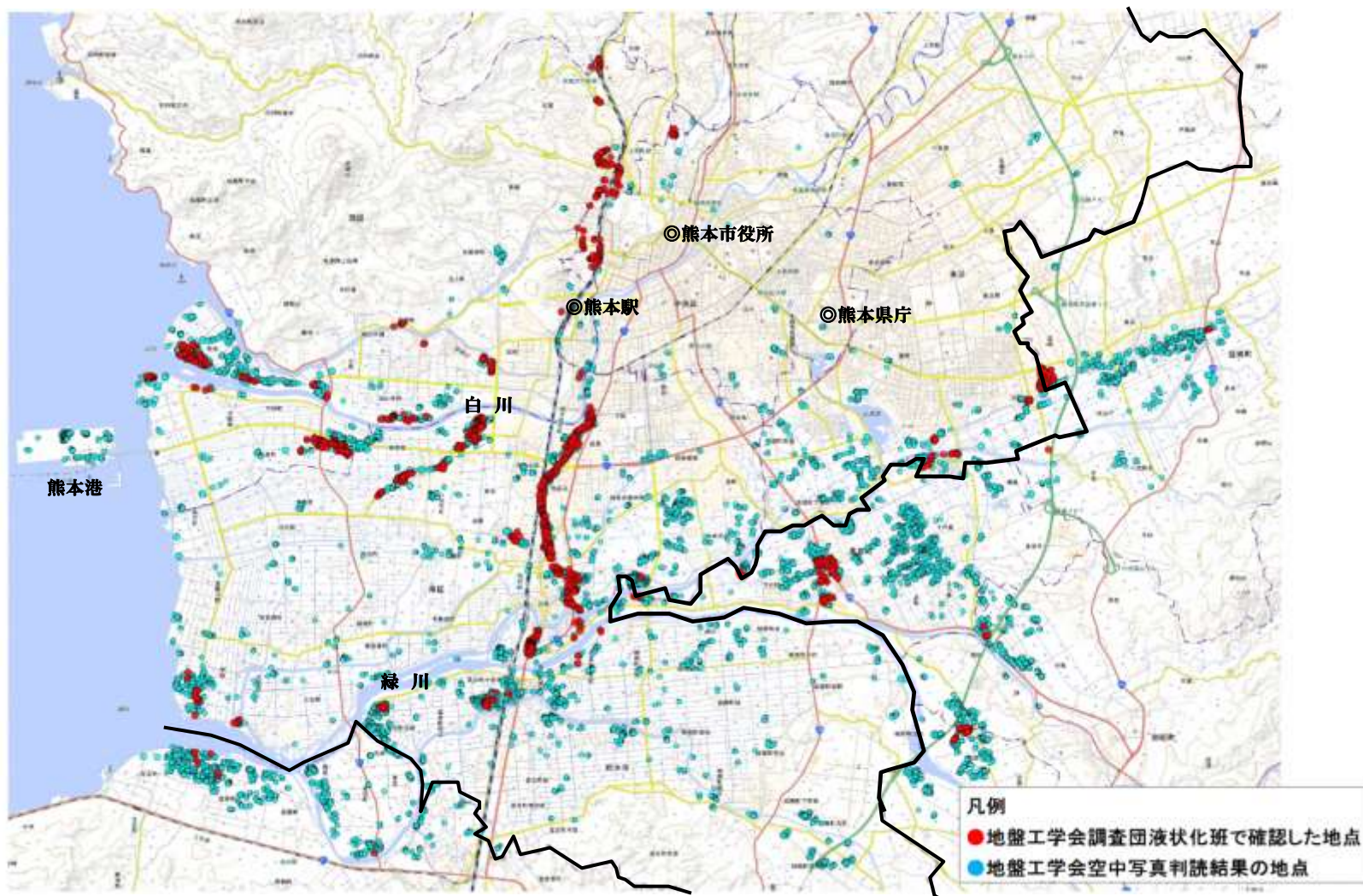
- 1.熊本市の液状化被害の状況
- 2.事業候補地区の選定について
- 3.近見地区の調査報告

1.熊本市の液状化被害の状況

1.熊本市の液状化被害の状況

熊本市内の液状化発生箇所(P3)

熊本地震による液状化による噴砂発生箇所をプロットしたもの

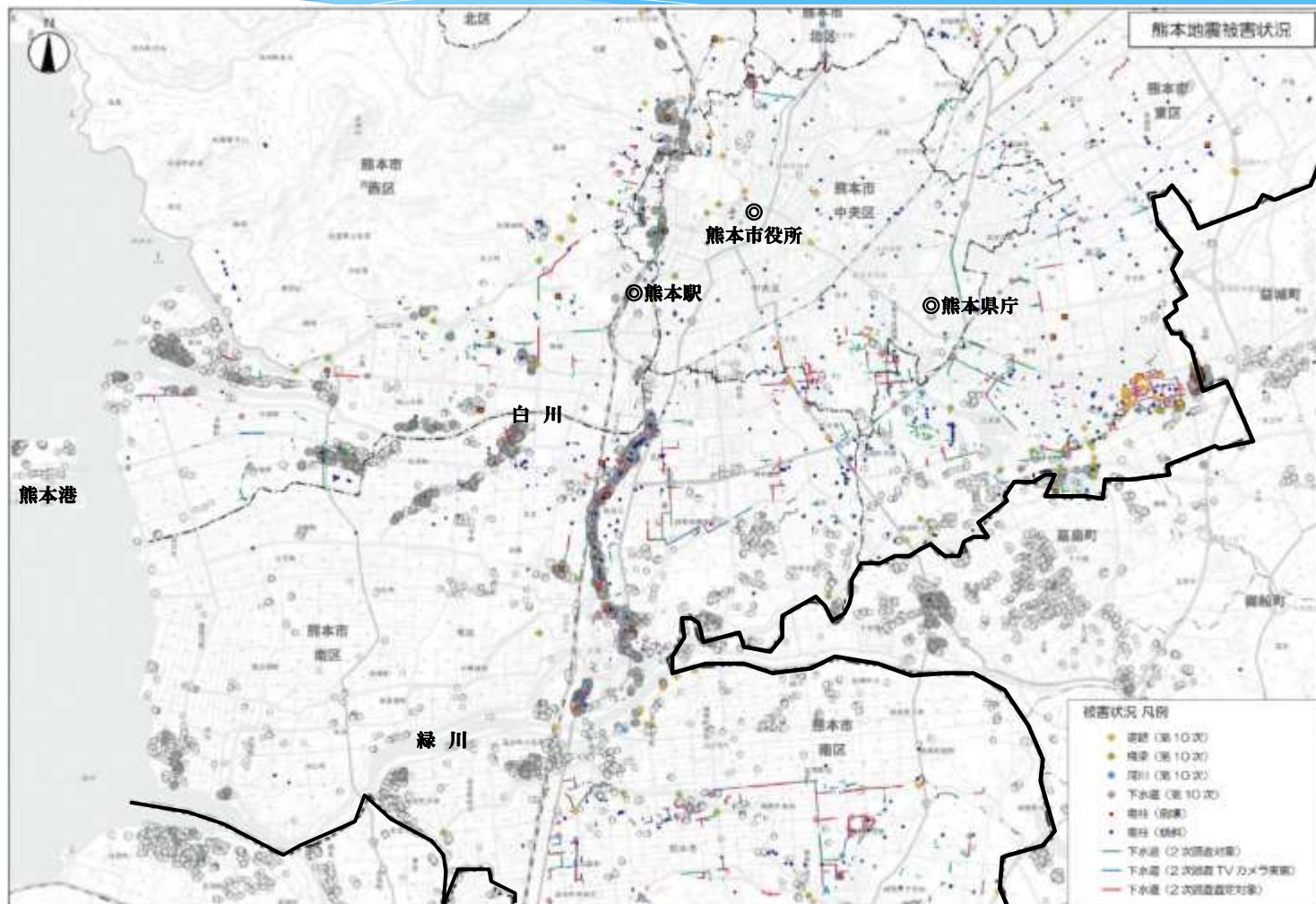


地盤工学会平成28年度熊本地震地盤災害調査団液状化班報告(平成28年5月11日)

1.熊本市の液状化被害の状況

熊本地震発生による公共施設の被害状況(P4)

道路、下水道、電柱等の公共施設被害箇所と液状化発生箇所は、完全には一致しないが、液状化被害箇所は、公共施設被害箇所に含まれていることがわかる。

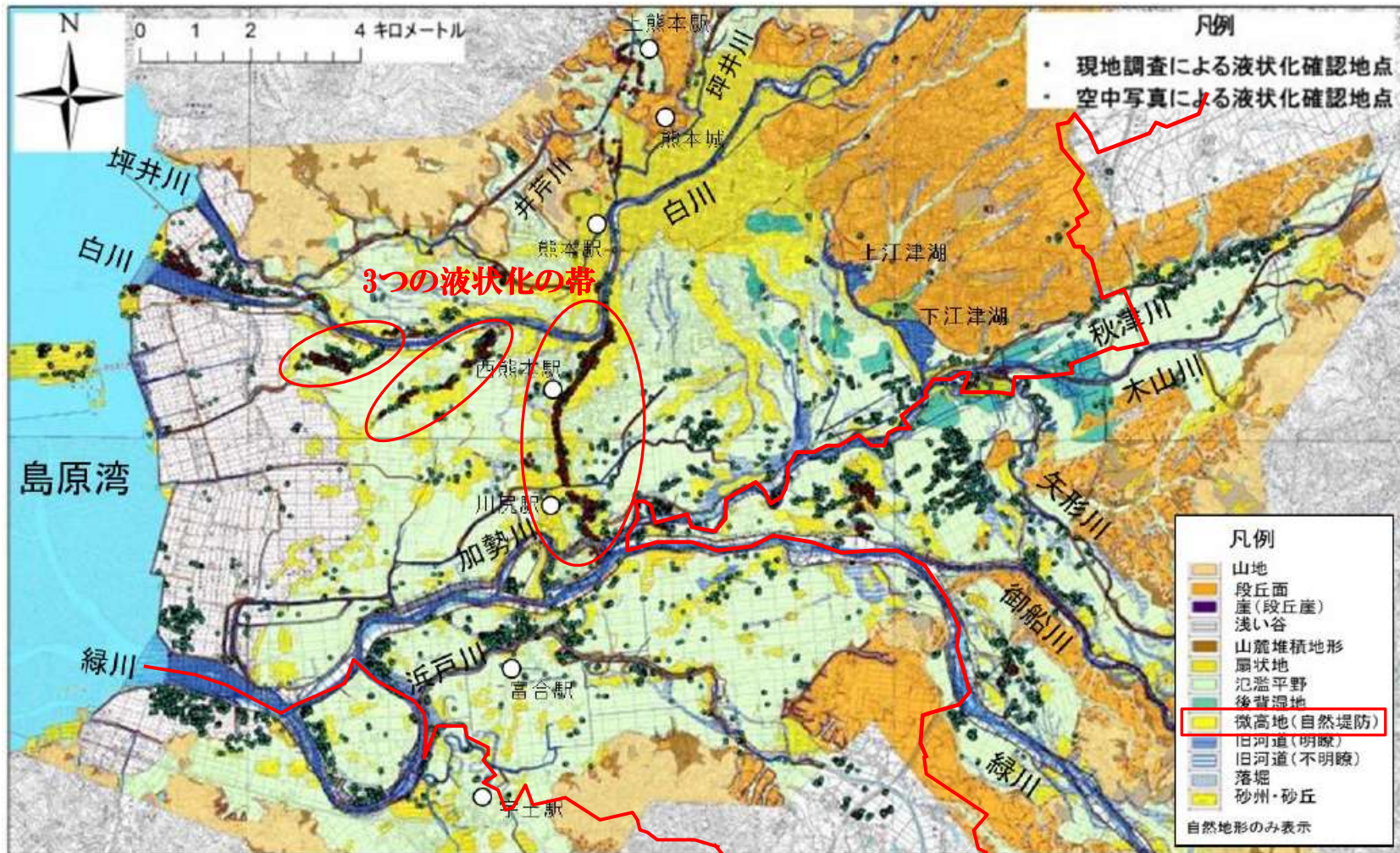


1.熊本市の液状化被害の状況

白川沿岸に表れた液状化の帯(P5)

白川沿岸部で枝分かれするように、3つの液状化の帯が見える。

一部で旧河道が確認される箇所があるが、ほとんどが微高地(自然堤防)の一部で帯として生じている。



地盤工学会平成28年度熊本地震地盤災害調査団液状化班報告(平成28年5月11日)

治水地形分類図と噴砂箇所の重ね図

1.熊本市の液状化被害の状況

被害状況写真(基礎調査箇所)(P6)

中原地区



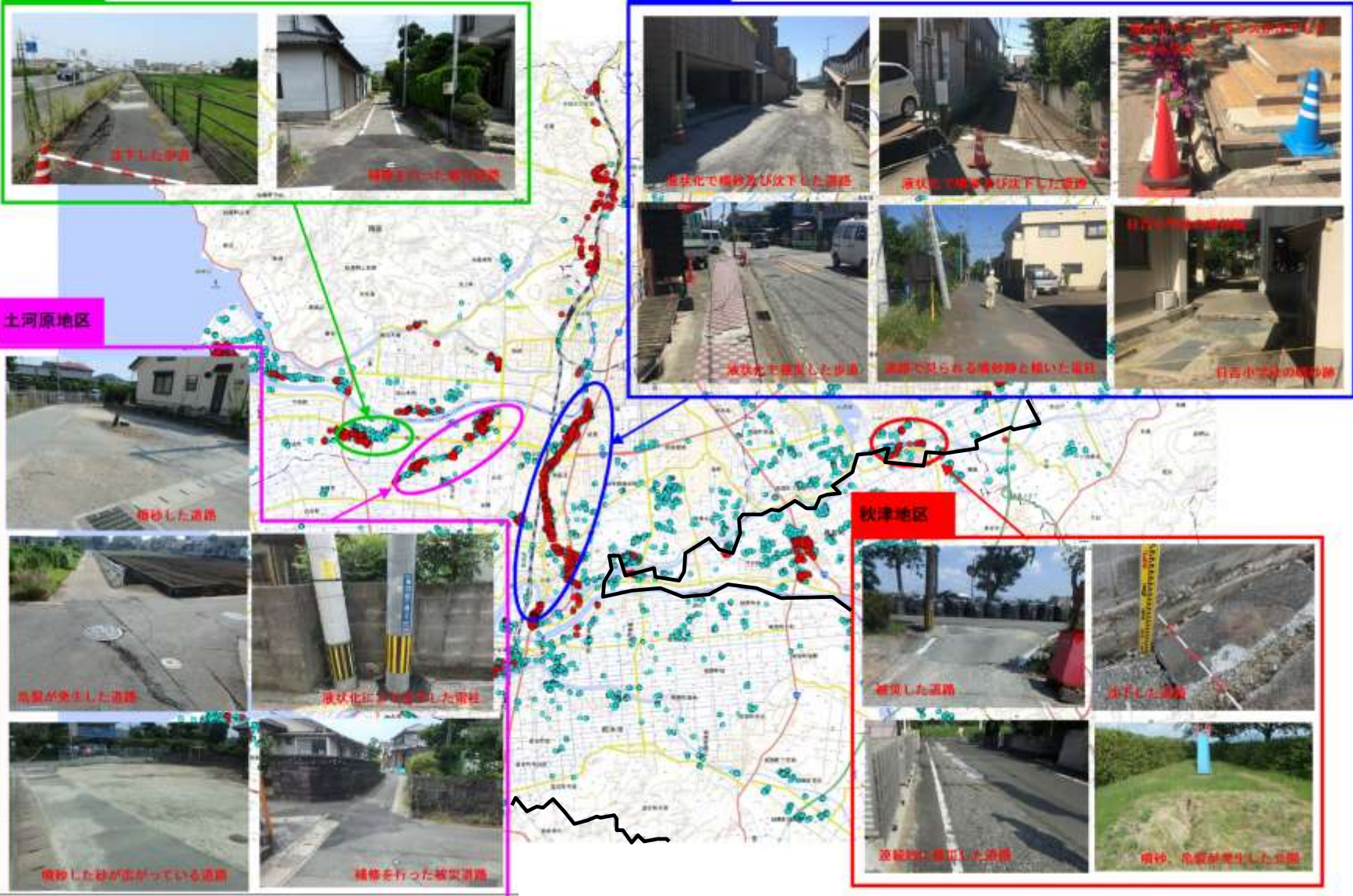
近見地区



土河原地区



秋津地区



1.熊本市の液状化被害の状況

被害状況写真(P7)

噴 砂



電 柱 沈 下



家 屋 被 害



1.熊本市の液状化被害の状況

液状化被害箇所(推定)(P8)

熊本地震 液状化被害(推定)箇所図



1.熊本市の液状化被害の状況

熊本市の液状化被害の状況まとめ

1. 白川沿岸部で液状化による帯状の被害が白川から枝分かれするように発生している。
2. 埋立てた土地や旧河道など、内陸部でも多くの液状化被害が発生している。
3. 噴砂が確認できた地区では、家屋の沈下・傾斜や公共施設（道路の亀裂・陥没、電柱の沈下・傾斜）の被害などが見られた。
4. 噴砂が確認できなくても、液状化被害と見られる建物周りの沈下被害が見受けられた。
5. 基礎調査結果から、熊本市の液状化とみられる被害戸数は約2,900戸と推定している。

2.事業候補地区の選定について

2.事業候補地区の選定について

防災・減災への対応

災害に迅速に対応し、被害を最小限に止めるためには、市民自らが常日頃の防災意識を高めるとともに、地域の方々の連携やお互いを助け合う地域防災力の強化が特に重要である。

防災意識の向上

- ハザードマップ等から防災知識を習得
- 非常持出品・備蓄品等の準備
- 家具等転倒防止・消火器の備え
- 各戸での建築物の耐震化・地盤改良 等

自助

共助

公助

地域防災力の強化

- 自主防災クラブの防災活動
- 避難誘導・災害時要援護者支援
- 避難所の運営(炊き出し等)
- 初期消火、救出・救助
- 訓練や普及・啓発活動 等

公共施設等の耐震

- 道路、河川、上下水道等公共施設の整備
- 災害情報の伝達体制の整備
- 避難体制の整備、避難所の指定
- 災害用備蓄品の備え
- 補助支援制度の運用 等

2.事業候補地区の選定について

液状化被害への対応

自助及び共助での対応を基本とし、公共施設の復旧は公助で対応を進める。
公共施設と宅地との一体的な液状化対策が可能な箇所は宅地液状化防止事業として実現性を検討。

宅地液状化被害推定箇所：約2,900戸

※ 宅地液状化被害が推定される箇所であり、調査の結果液状化被害と異なる可能性あり

【共助】

市民の地域防災力強化

震災対処実動訓練や、地域版ハザードマップの作成等を実施

【自助・公助】

復興基金による支援

宅地の地盤改良工事(液状化対策)に対して
工事費の2/3を補助(※)
(住宅の応急修理制度や生活再建支援制度等の支援)

【公助】

道路・上下水道等の復旧・改良

各管理者が復旧・改良工事を実施
ex) 下水道管布設替は液状化防止の観点から「リフ管碎石埋戻」としている

【公助】

宅地液状化防止事業

液状化被害の抑制・軽減

※ 対象工事費から50万円を控除した額に2/3を乗じた額を補助、対象工事費は1,000万円を上限とする。

2.事業候補地区の選定について

宅地液状化防止事業候補地区

公共施設と宅地との一体的な液状化対策が可能な地区を宅地液状化防止事業候補地区とする

事業候補地区選定要件

1. 液状化による顕著な被害の可能性が高いと判定された3,000㎡以上の一団の土地の区域であり、且つ区域内の家屋が10戸以上であること

2. 公共施設と宅地との一体的な液状化対策が可能であること

※「公共施設」とは、道路、公園、下水道、河川、水路その他公共の用に供する施設をいう。（社会資本整備総合交付金 宅地耐震化推進事業）

※「宅地」とは、原則、建築物、工作物又はその他の施設の敷地で公共施設の用に供するもの以外のものとする。（社会資本整備総合交付金 市街地液状化対策事業 準用）

地域住民が事業を推進する意向があること

※自治会長等との協議により意向を確認する。

事業候補地区

宅地液状化防止事業の実現性を検討 ※事業候補地区で3分の2以上の住民同意を得る。最終的には地元同意100%を目標とする。

※ 近見地区については、特に液状化被害が顕著であったこと、地域で液状化対策協議会を組織・活動していることから、先行して地質調査を開始している。

2. 事業候補地区の選定について

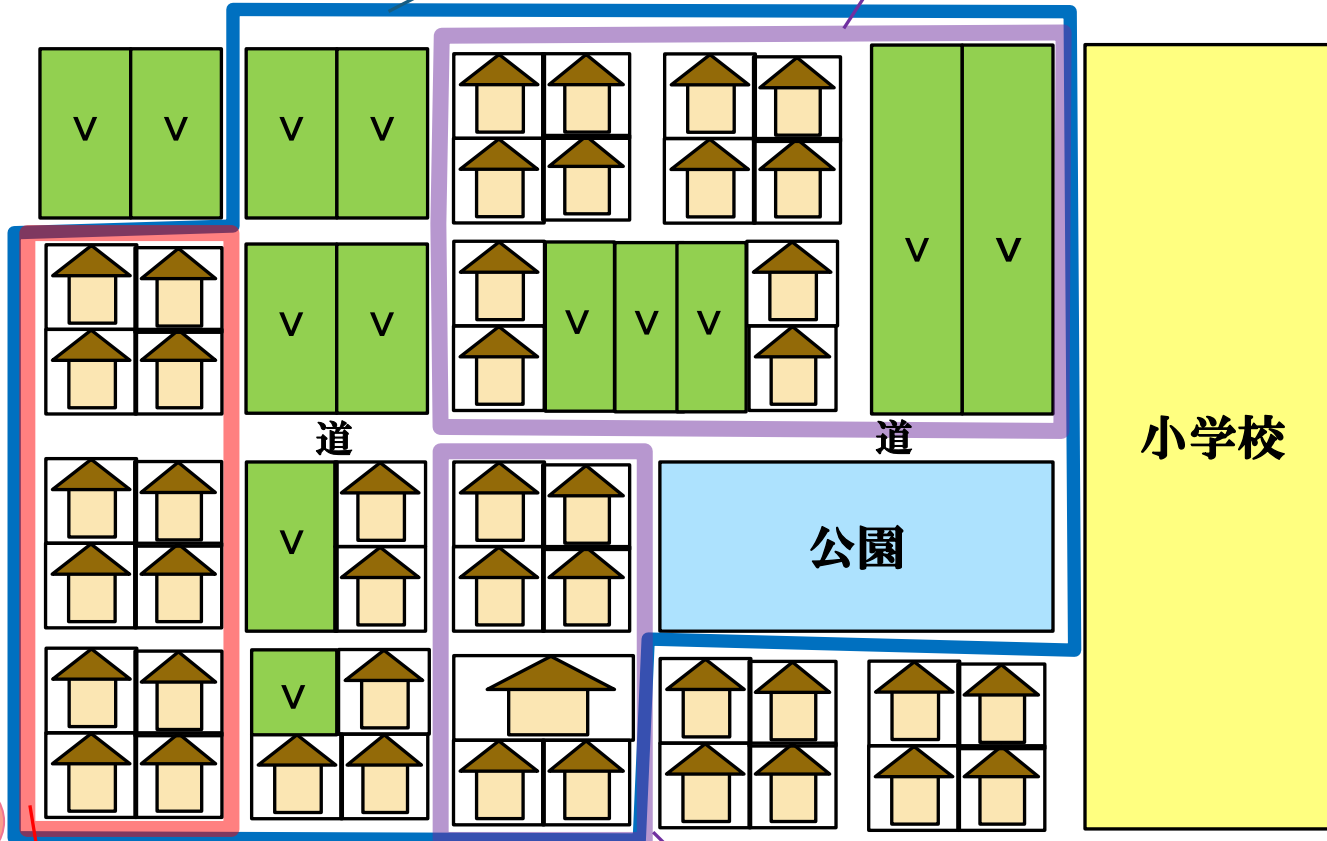
事業候補地区選定イメージ

青囲みの内、公共施設(道路)で囲み、選定要件に合致するか検討

液状化被害箇所(推定)

対象外

3,000㎡及び10戸以上を満たしているが、宅地以外の土地が存している



事業候補地区

3,000㎡及び10戸以上を満たし、公共施設と宅地で一体的な区画を形成できる

対象外

公共施設と宅地で一体的な区画を形成できるが、3,000㎡及び10戸以上を満たしていない

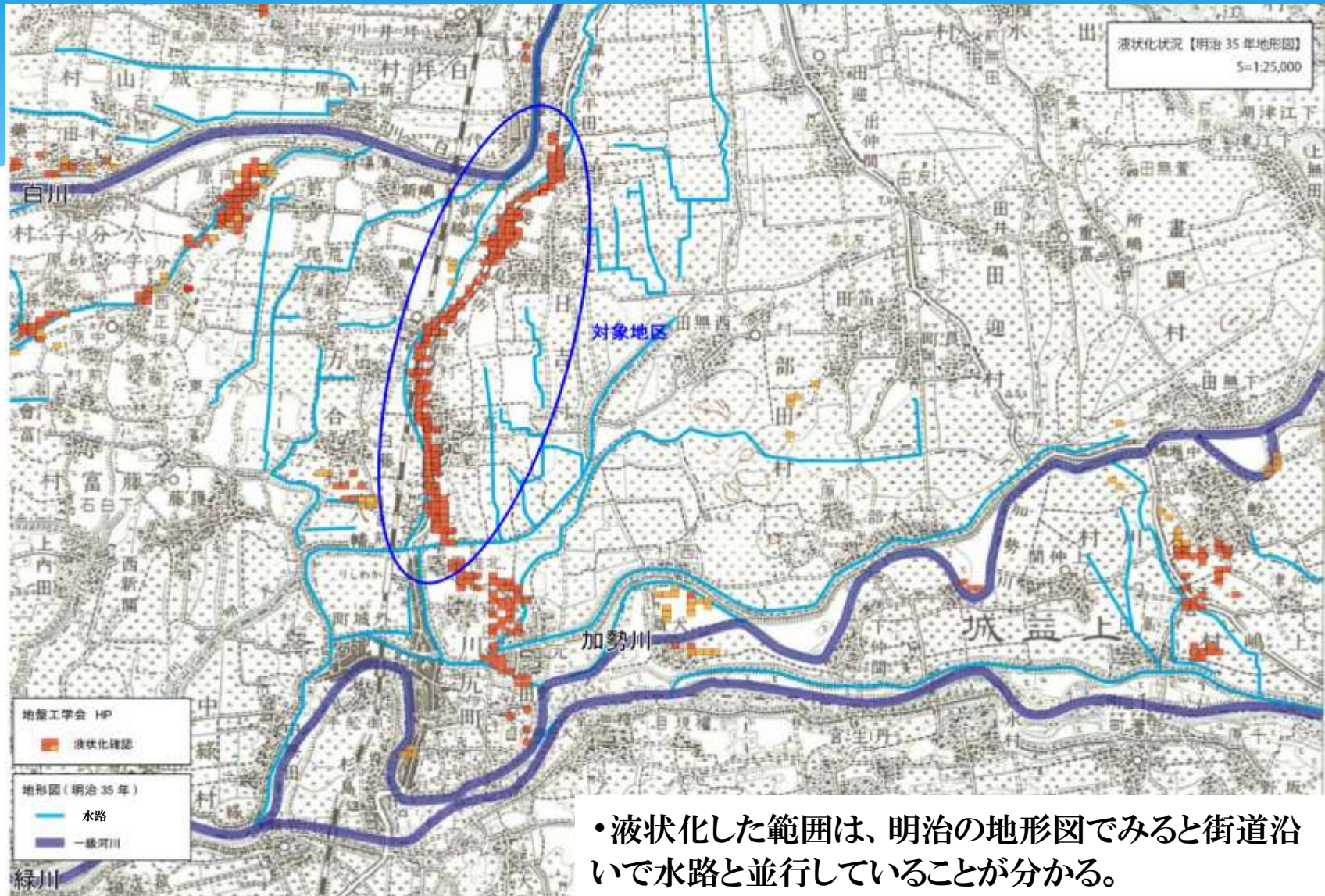
凡例

-  : 宅地
-  : 農地

3.近見地区の調査報告

3.1 近見地区の被害状況

3.1 近見地区の被害状況 明治35年の地形図(P9)



明治35年地形図と液状化被害の重ね図

3.1 近見地区の被害状況

公共施設の被害状況(P11)



近見①地区、近見②地区

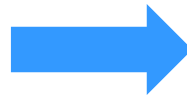
・公共施設の被害箇所がほぼ噴砂跡と一致している。



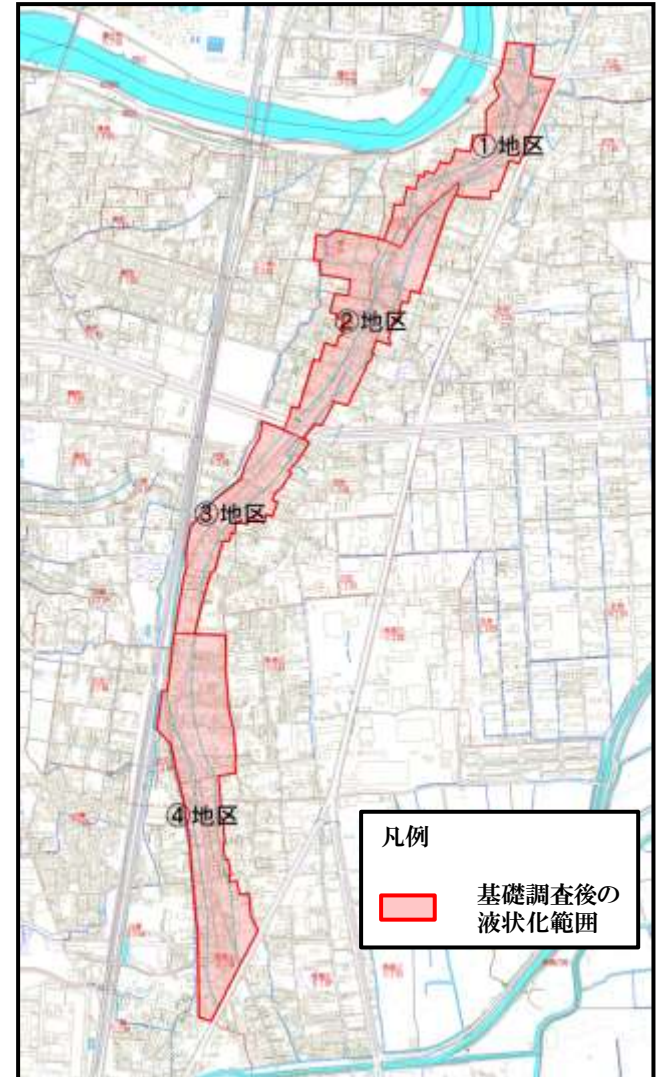
近見③地区、近見④地区

3.1 近見地区の被害状況

液状化被害範囲(P14)

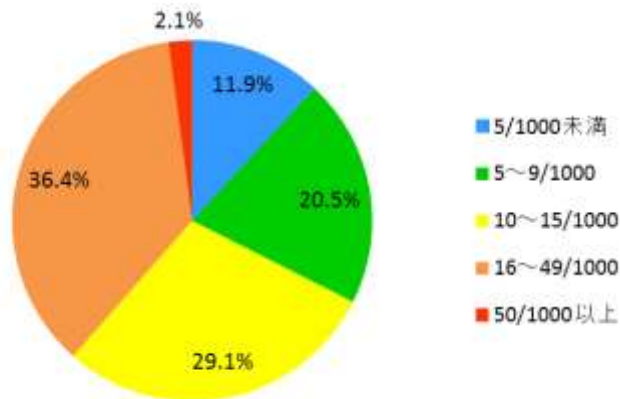


•基礎調査前に液状化範囲を想定していたが、基礎調査で被害のあった液状化範囲は内側であった。

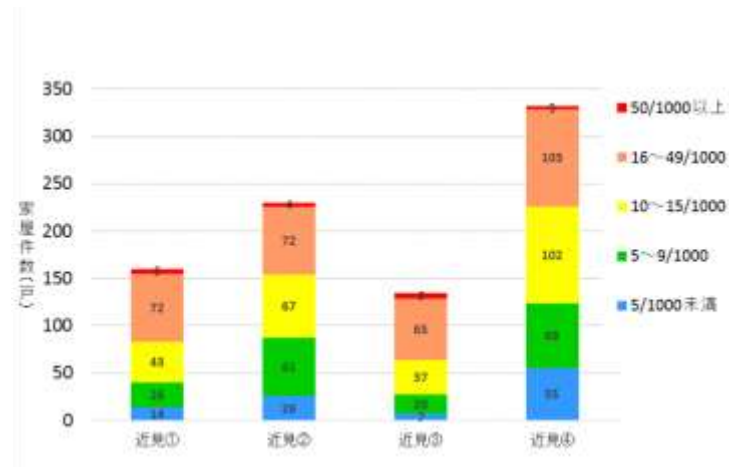


3.1 近見地区の被害状況 調査結果一覧(P15)

地区		家屋調査			公共施設	備 考
		傾斜	地盤沈下	家屋めり込み沈下		
近見	①	160	59	17	64	
	②	230	64	5	115	
	③	135	36	15	70	
	④	332	90	18	116	
合 計	-	857	249	55	365	



近見地区全体の傾斜量の割合



地区毎の傾斜量の割合

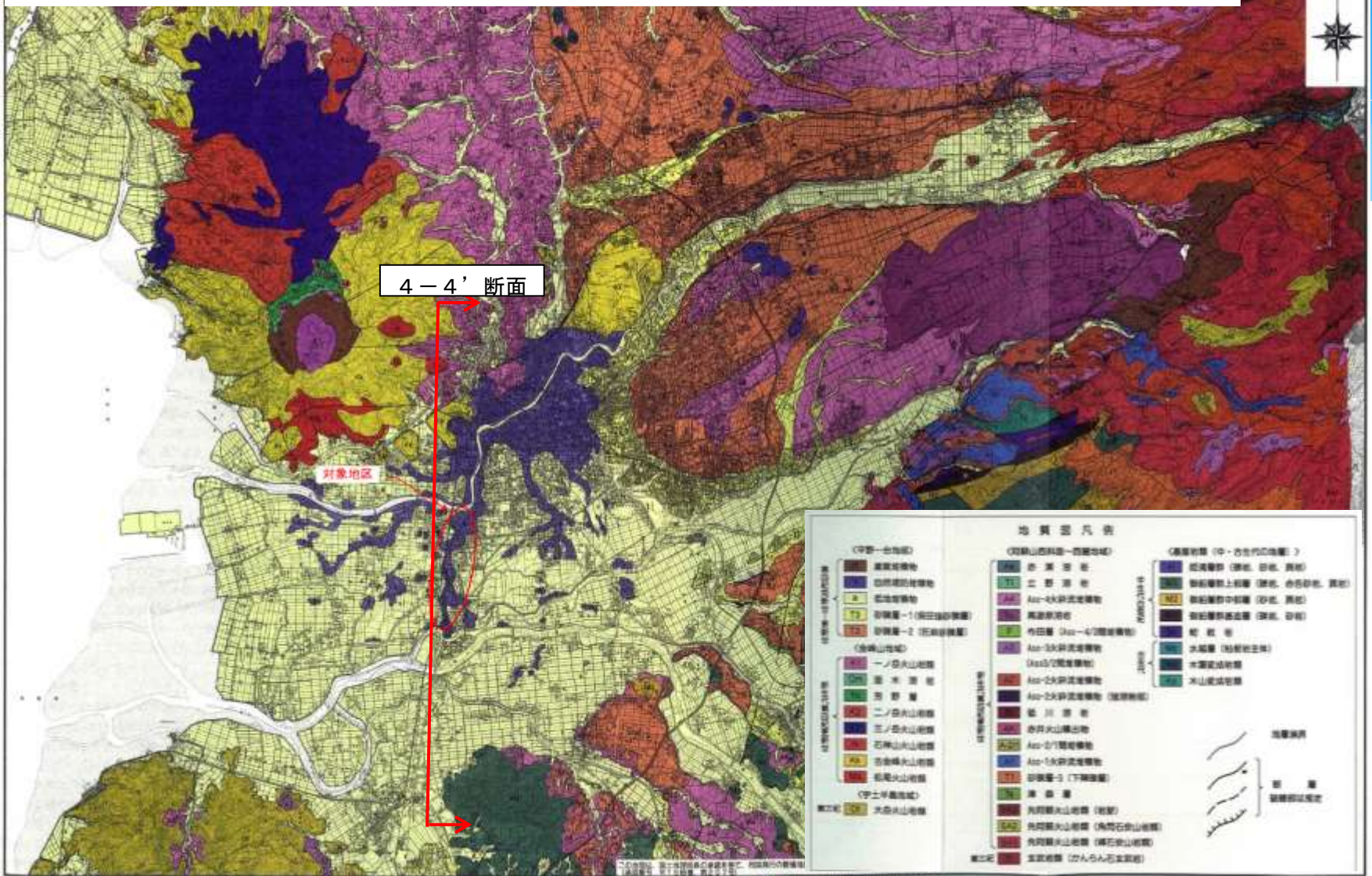
※近見①地区と近見③地区は16~49/1000が約50%程度と多く
近見②地区と近見④地区は16~49/1000が約30%程度である

3.近見地区の調査報告

3.2 地質状況

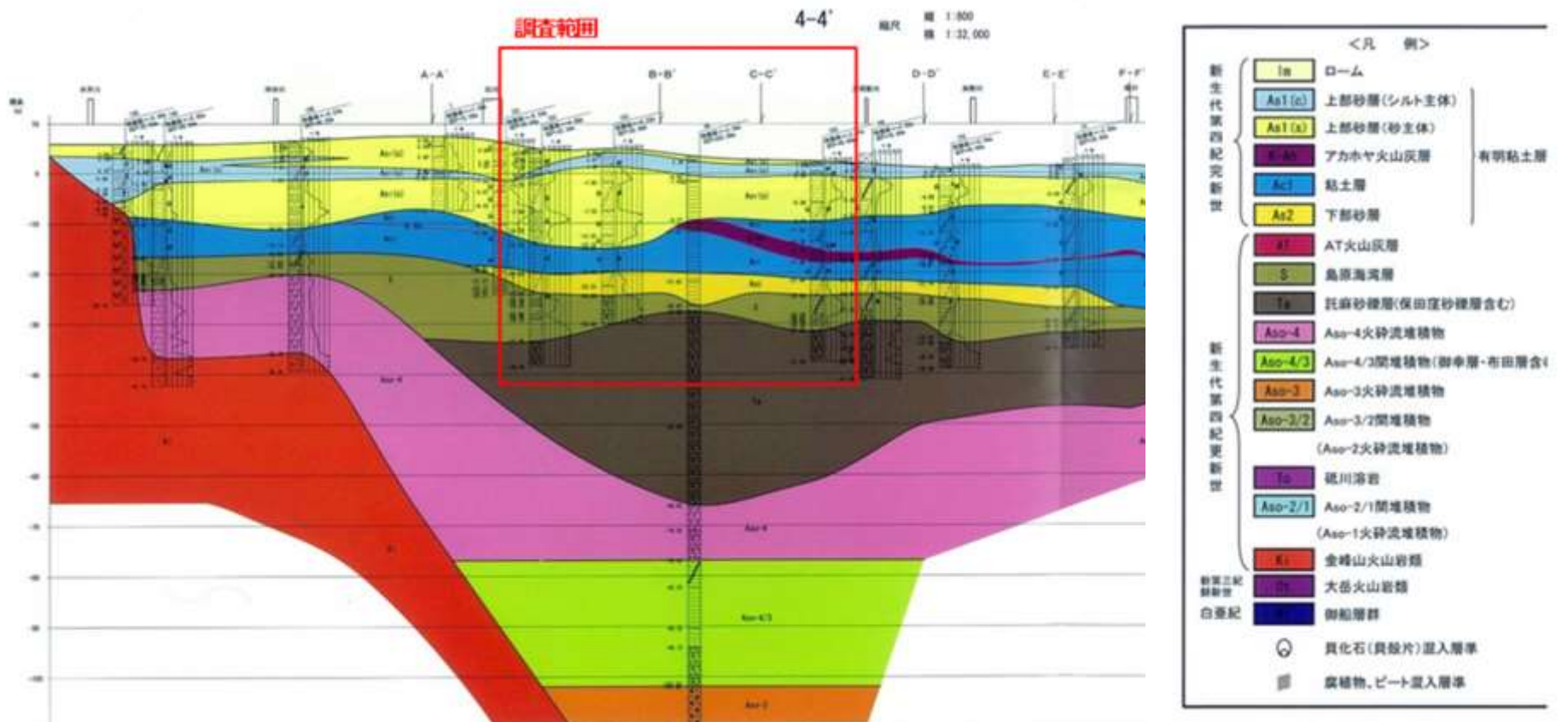
3.2 地質状況 周辺の表層地形図(P19)

• 地形分類図同様に表層地質図においても南北方向に帯状の自然堤防が発達しているのがわかる



3.2 地質状況

近隣の地質断面図 縮小版 (P20)



熊本県地質調査業協会「熊本地盤図 2003」

- 調査区域南北方向の地質縦断面図
- 今回の調査範囲は、更新世後期の託麻砂礫層以浅の地質状況を確認した。
- 上図では沖積層の未固結層を「有明粘土層」で一括しているが、最上部は陸成の氾濫原堆積物からなる。

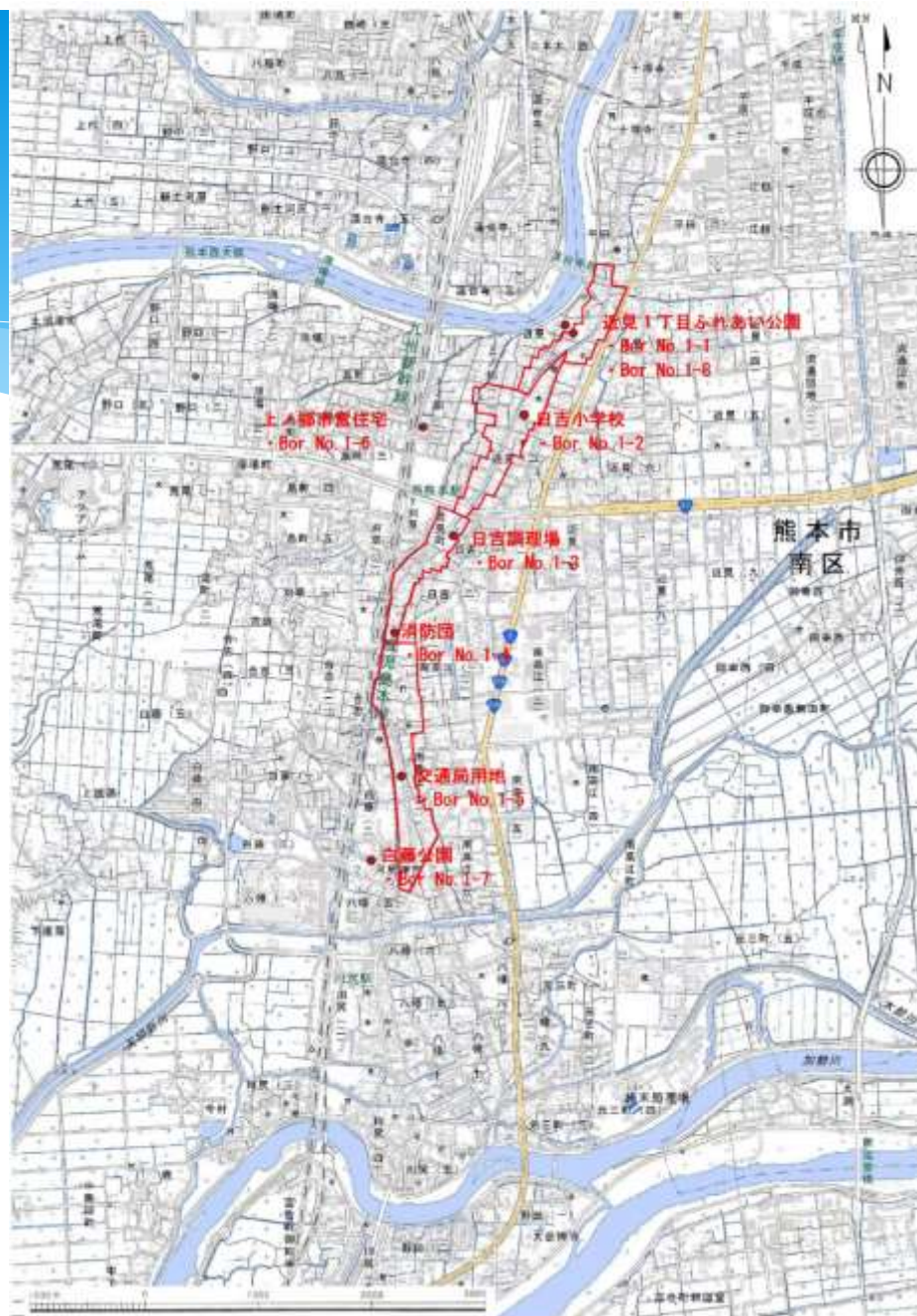
3.近見地区の調査報告

3.3 調査結果

3.3 調査結果

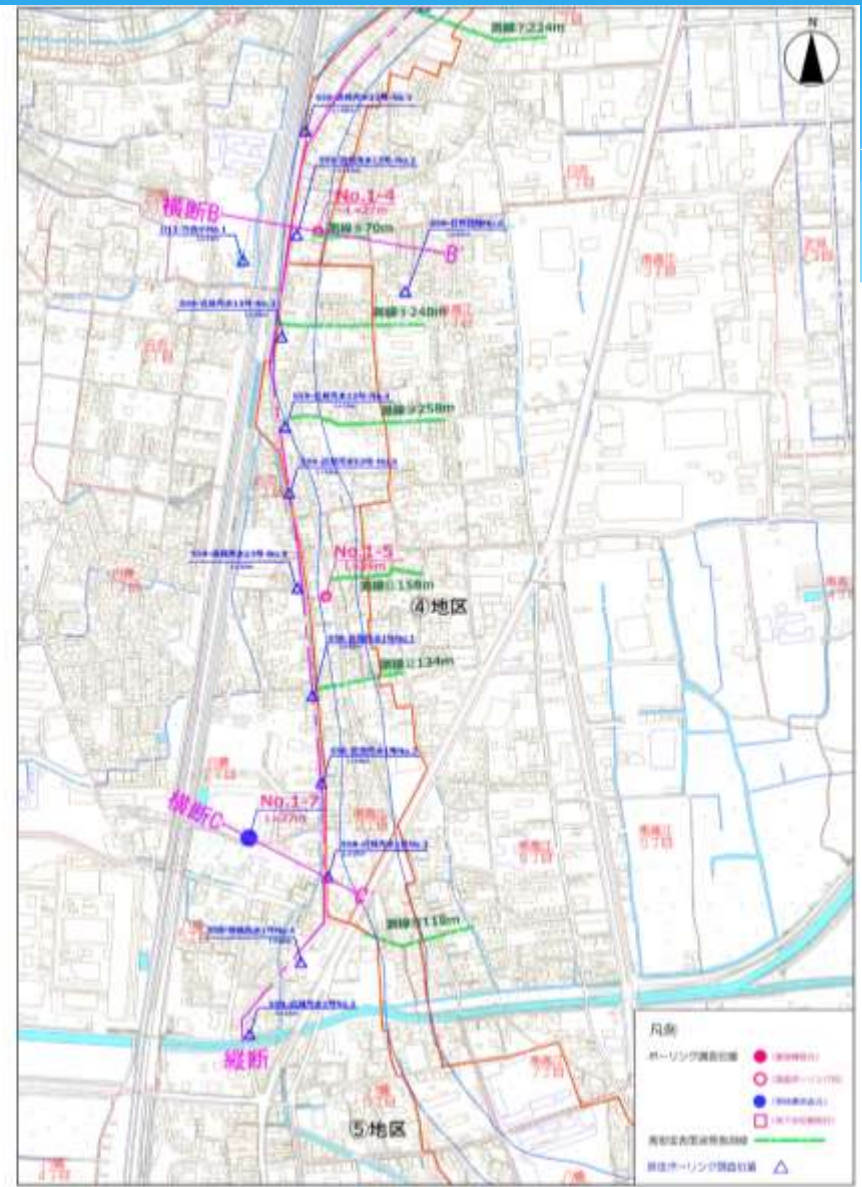
調査位置案内図(P22)

- 被害箇所の調査地点
No.1-1~No.1-5
- 被害の少ない箇所の調査地点
No.1-6、No.1-7
- 地下水位観測孔の設置(深度5m)
日吉小学校敷地内
- No.1-2地点を代表断面とし
「耐震性の基盤(N値 ≥ 50)」まで確認
各地層の動的特性値を把握した

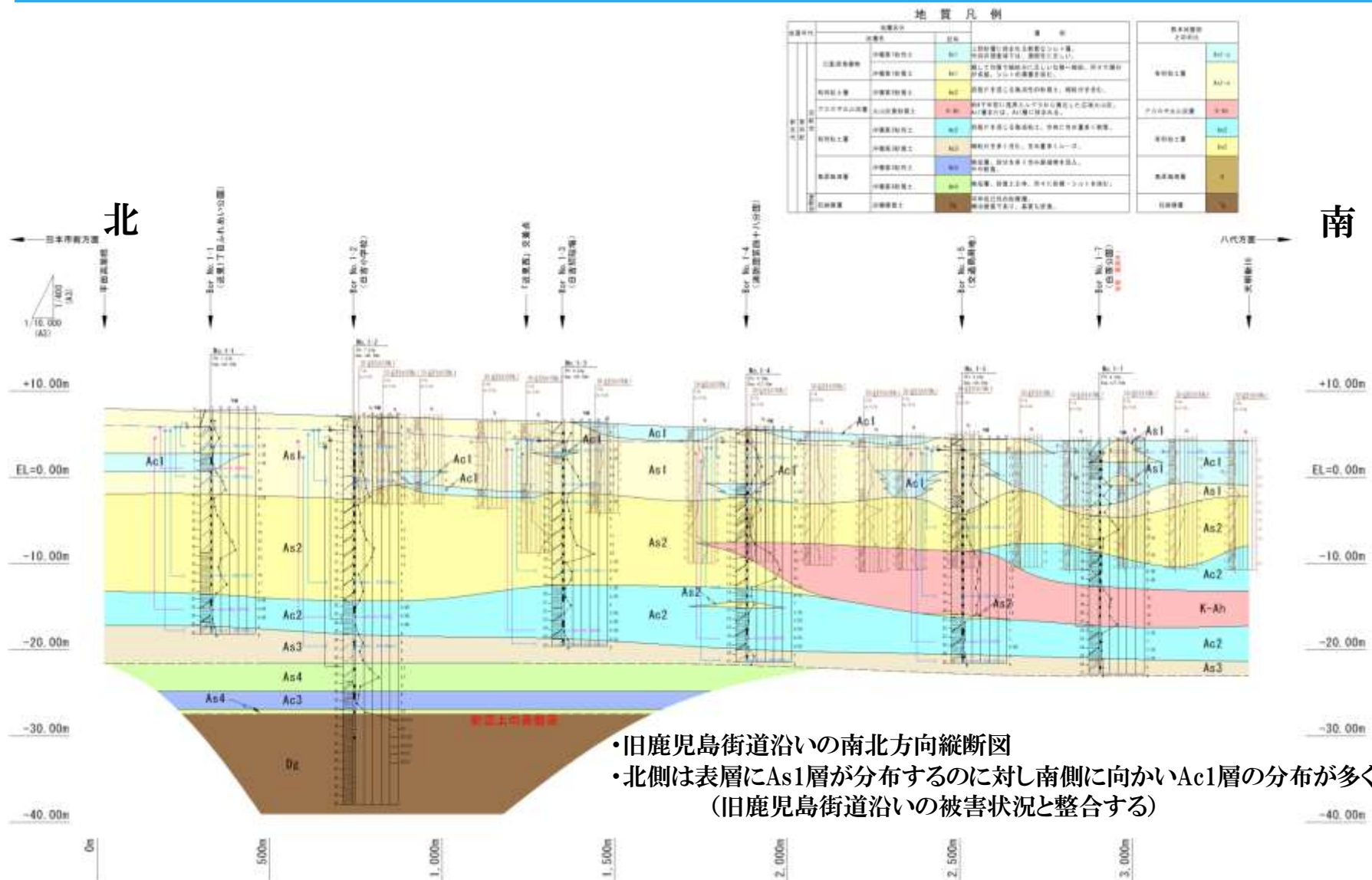


3.3 調査結果

調査位置平面図：震災前データも含む(P23)

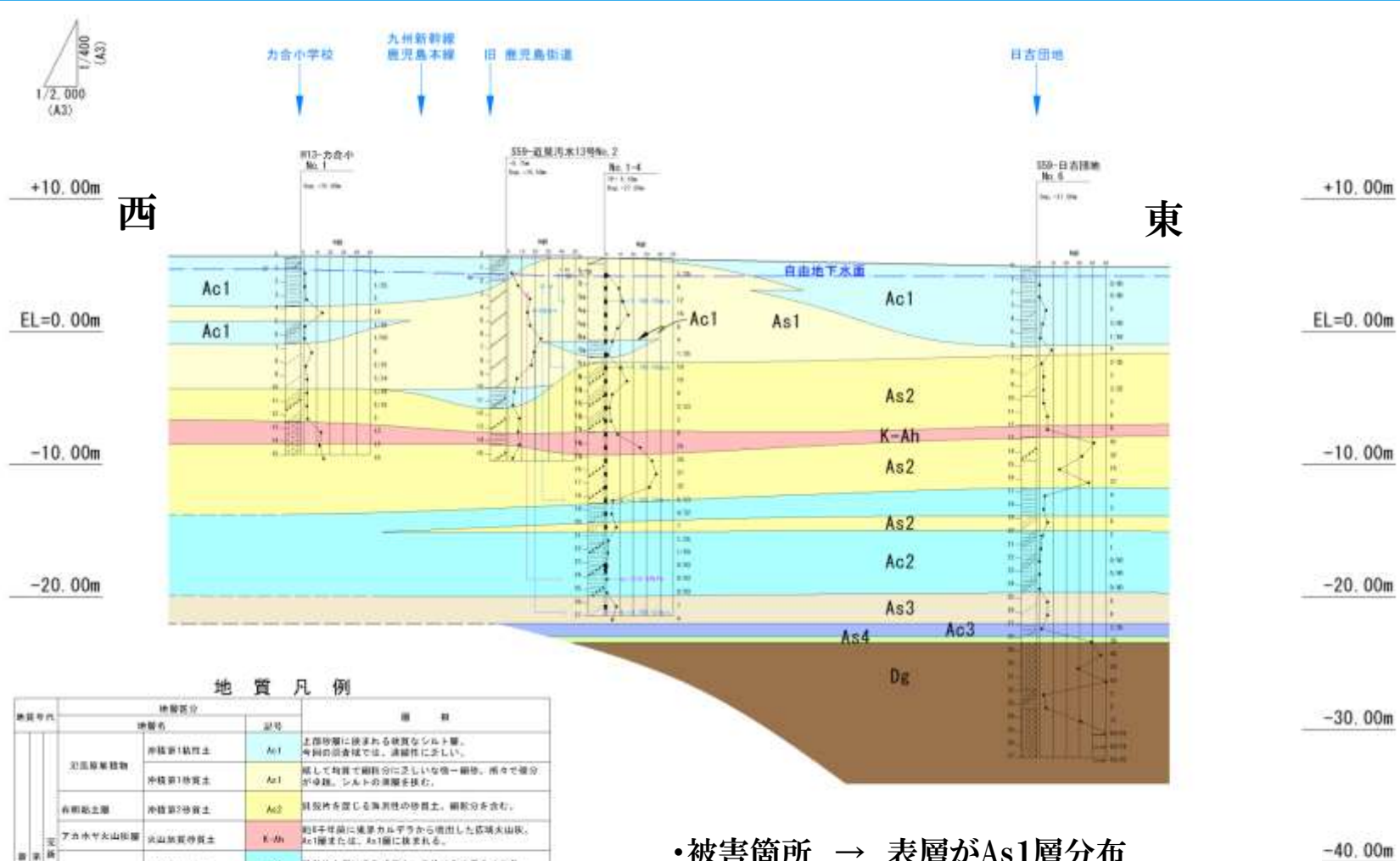


3.3 調査結果 推定地質縦断図 「南北方向」(P25)



3.3 調査結果

推定地質横断図「東西方向B-B'」(P27)



地質凡例

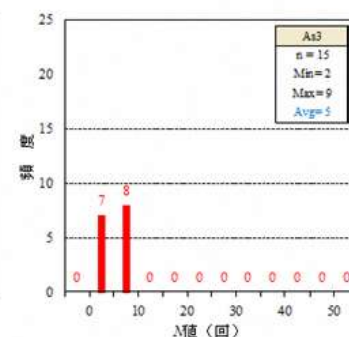
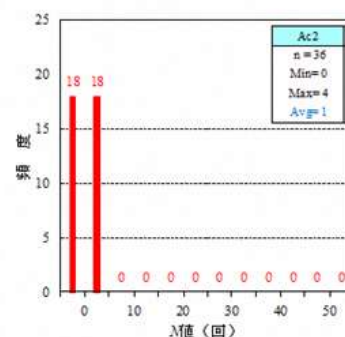
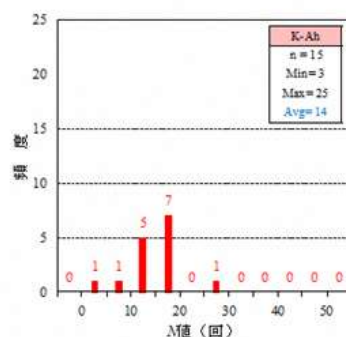
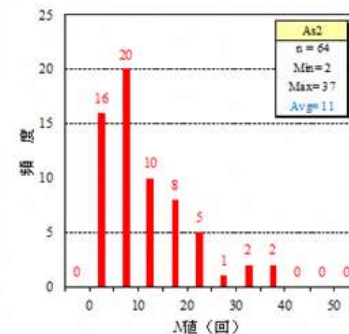
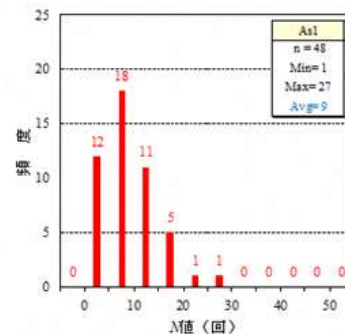
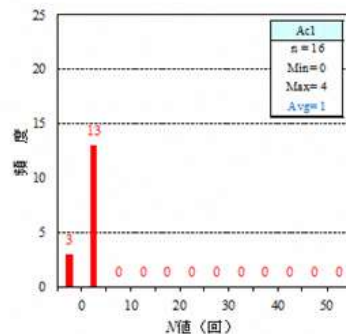
地質年代	地層区分		層 名
	地層名	記号	
更新世	沖積第1粘性土	Ac1	上部砂層に挟まれる硬質なシルト層。今回の調査域では、連続性に乏しい。
	沖積第1砂質土	Ac1	層して均質で細粒分に乏しいなめらかな砂。雨やで硬分が卓越。シルトの混入を伴う。
有期粘土層	沖積第2砂質土	Ac2	貝殻片を散らした海相性の砂質土。細砂分を含む。
	火山灰質砂質土	K-Ah	約8千年前に鹿児島県平野から噴出した萩城火山灰。Ac1層またはAc2層に挟まれる。
有期粘土層	沖積第2粘性土	Ac2	貝殻片を散らした海成粘土。全体に含水量が多く軟弱。
	沖積第3粘性土	Ac3	細砂分が多く含む。含水量多くA-1。
島原高砂層	沖積第3粘性土	Ac2	無底層、砂分多く含む凝結物を混入。やや軟弱。
	沖積第4砂質土	Ac4	細砂層、砂質土主体。層々に砂礫・シルトを挟む。
第四紀	洪積砂質土	Dg	河床直下性の砂礫層。砂は粗粒であり、基盤を形成。

- 被害箇所 → 表層がAs1層分布
- 被害の少ない箇所 → 表層がAc1層分布 (被害状況と概ね整合する)

3.3 調査結果

各地層のN値の分布 (P29)

- As1層 N値 ≒ 9
- As2層 N値 ≒ 11
- Ac1層、Ac2層 N値 ≒ 1



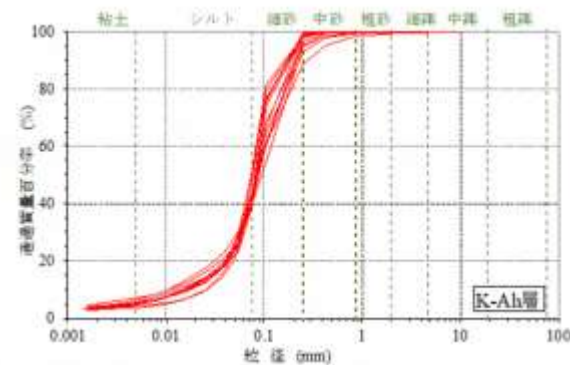
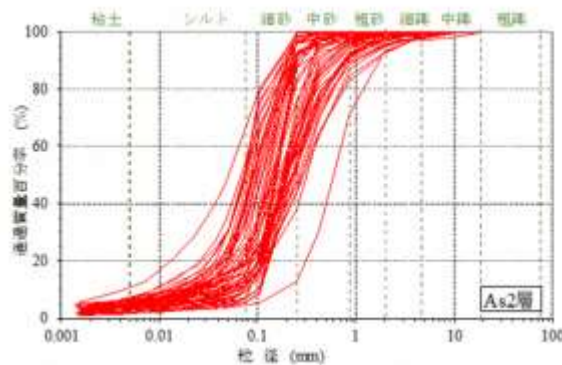
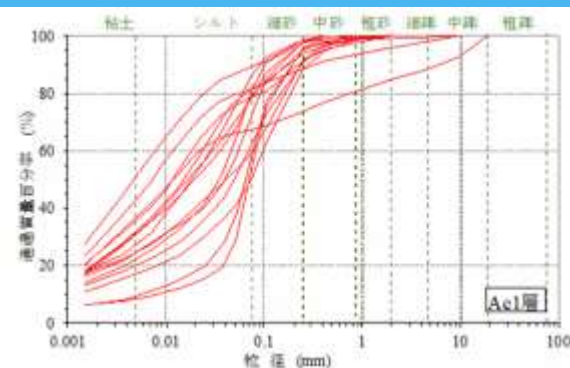
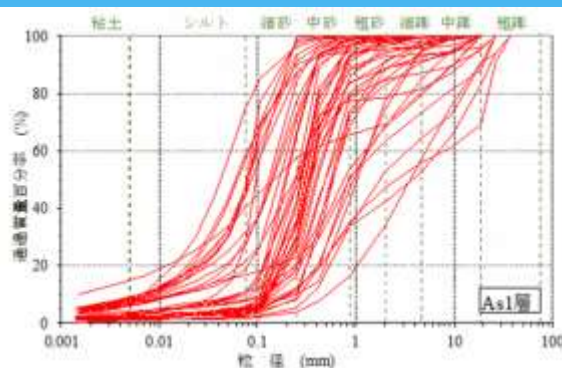
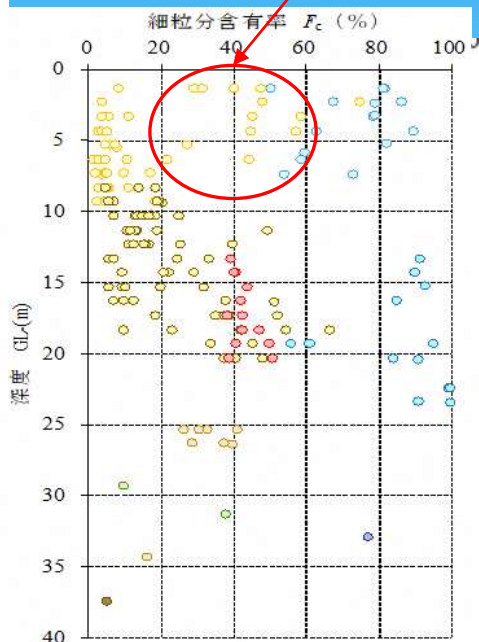
層別・N値のヒストグラム

- 各層の平均値は概ね頻度グラフの最大頻度を示す
- As2層はバラツキが大きい

3.3 調査結果

細粒分含有率 F_c および 粒度分布図 (P29)

As1層の細粒分が多い個所



◇細粒分含有率(F_c)

- As1層→細粒分の多い個所(No.1-1、No.1-3)を除いた場合 $F_c=10\%$ 未満
- As2層→深度方向に増加傾向にあるが全体平均では概ね $F_c=20\%$ 程度

3.3 調査結果

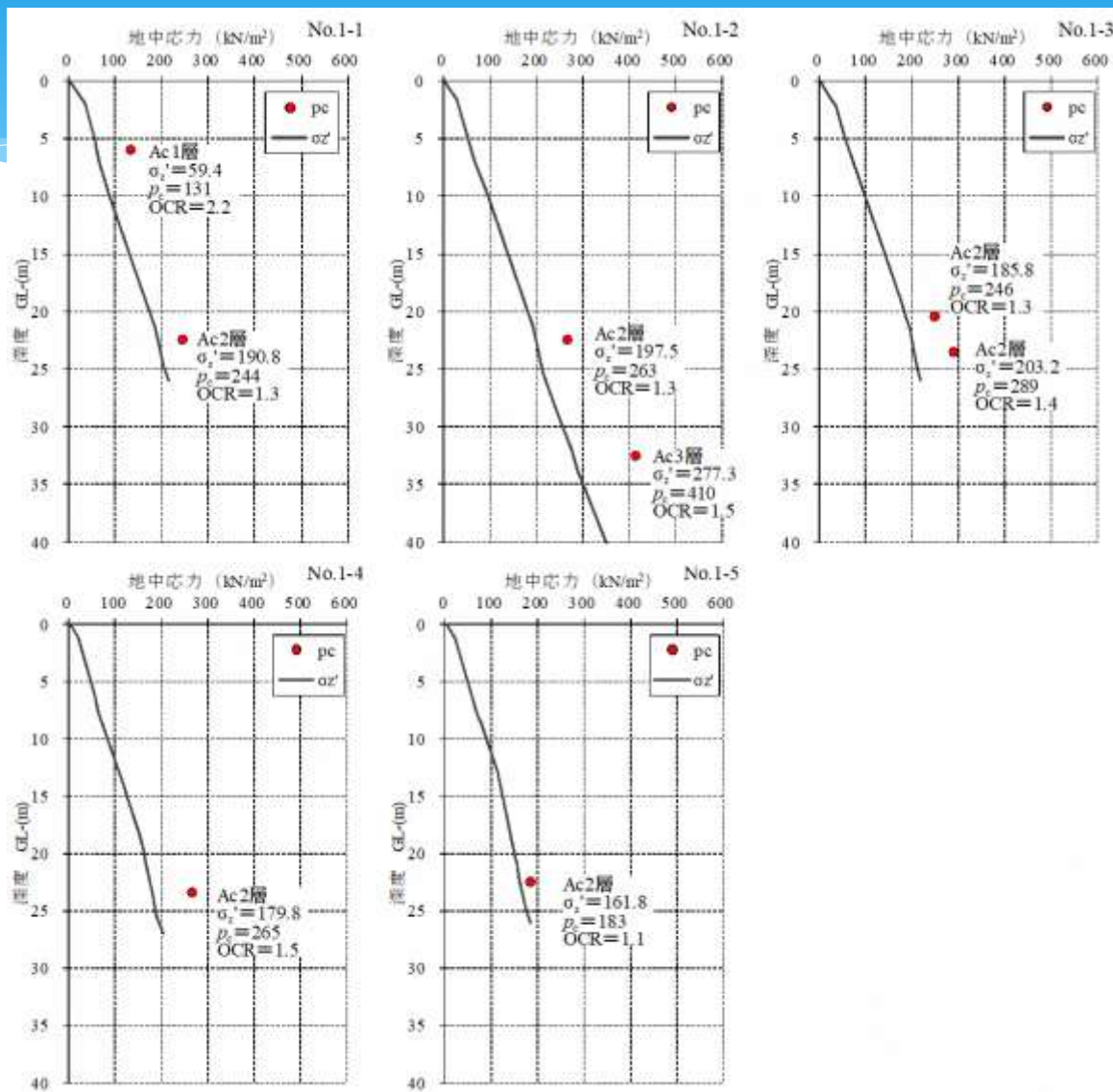
地点別・圧密降伏応力 p_c －有効土被り圧 σ_z' の比較図(P32)

• P_c は深度方向への増加

• $P_c > \sigma_z'$ を示す“過密粘土”である



圧密沈下を起こしにくい層



3.3 調査結果

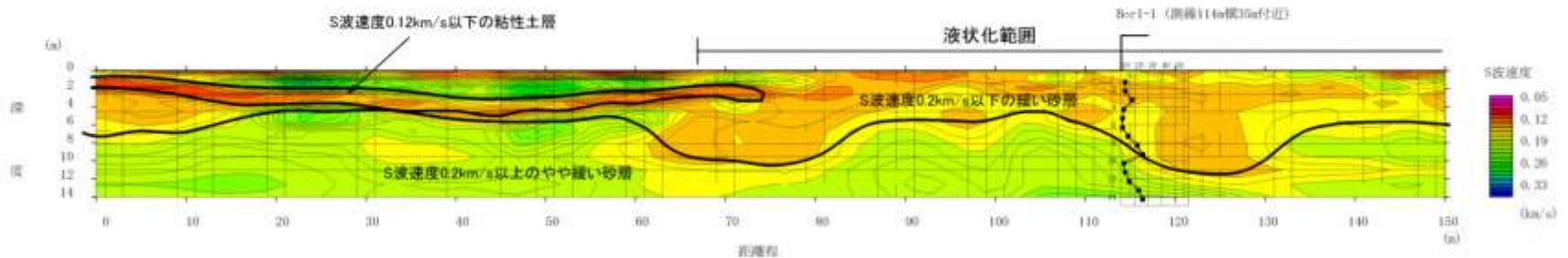
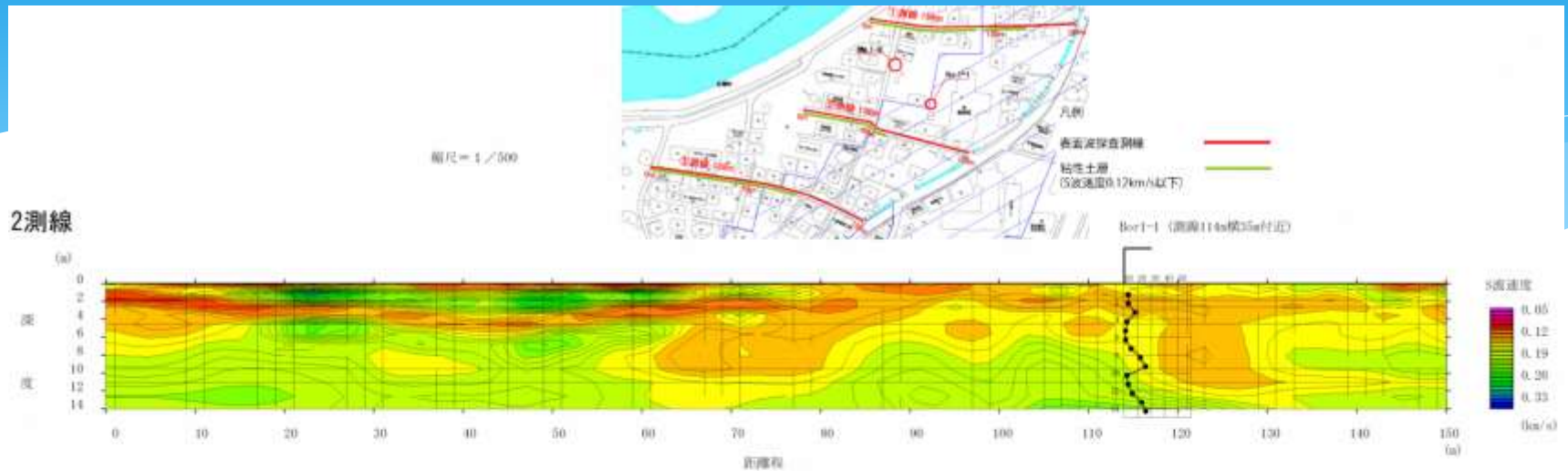
表面波探査結果による地層区分 (P32)

- P波を扱う屈折法探査では挟在する低速度逆転層をとらえることはできない。
しかし、表面波探査は低速度層を容易に検出することができる
- 各測線ともに表層部以外を概ね3層構造(2~4)に区分できる

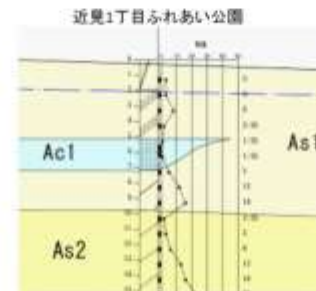
	埋土	深度(m)	層厚(m)	S波速度(km/s)
1	表土・埋め土	0~1.0	0.5~1.0	0.1~0.24
2	粘性土層	0~4.0	0~3.0	0.06~0.12
3	緩い砂層	0.5~14 以深	1.0~	0.1~0.2
4	やや緩い砂層	3.0~14 以深		0.2~0.26

3.3 調査結果

表面波探査結果(P34)



- ・測線距離 0m～75m区間で低速度の粘性土層が2.0～4.0mの程度の層厚で分布が想定される。
- ・粘性土層の分布箇所では被害が少ないと想定した場合、現地の被害状況と概ね一致した結果と推定できる。
- ・No.1-1地点は調査=10m付近でAs1層とAs2層が区分され、表面波探査からも同様に区分される



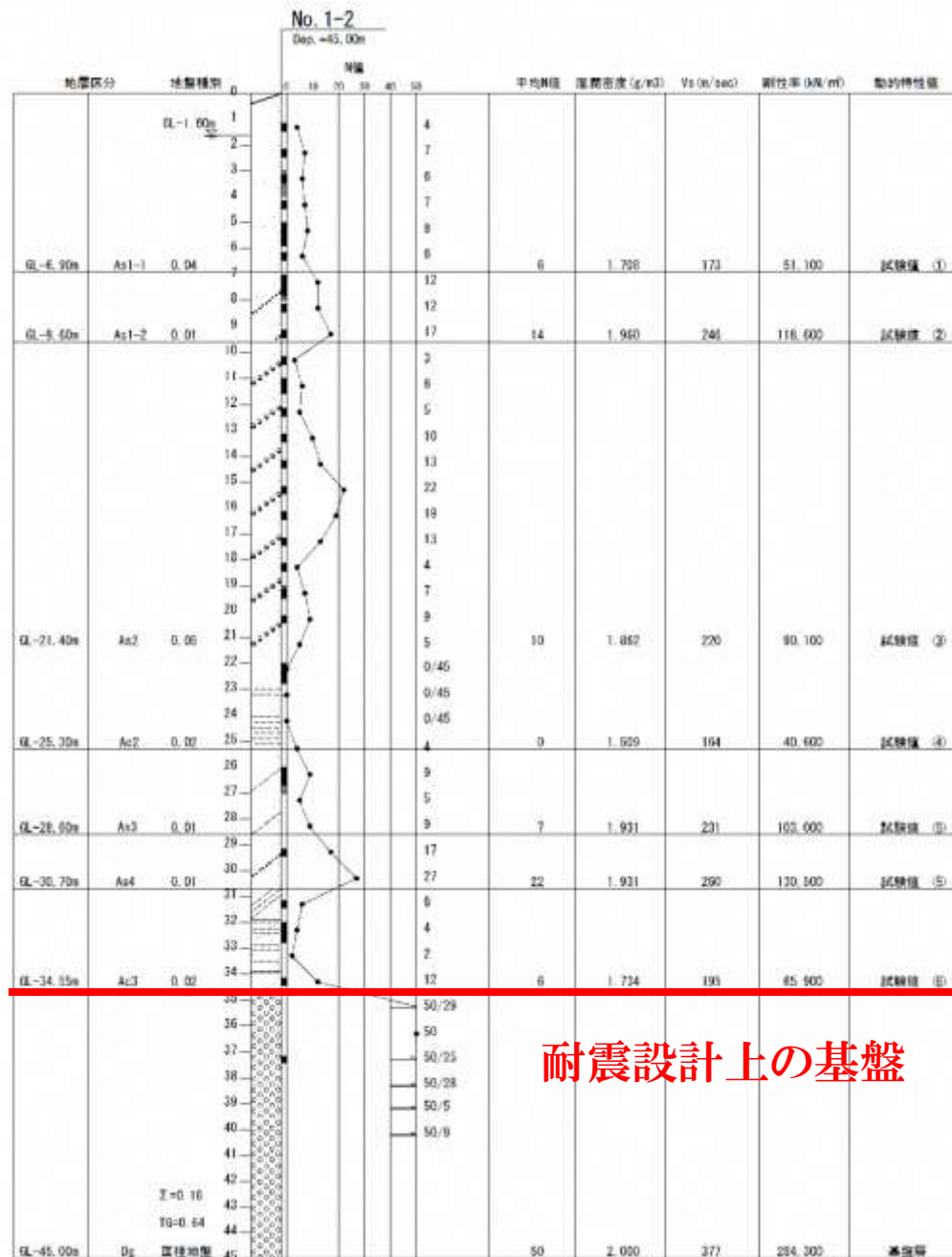
3.近見地区の調査報告

3.4 再液状化の検討

3.4 再液状化の検討

地震応答解析に用いる 地盤モデル(P41)

- 日吉小学校No.1-2を代表断面
- PS検層結果より耐震設計上の
基盤面は深度35m以深
- 各地層の動的変形特性値より
地盤をモデル化
- 入力地震動波形
「KiK-net 益城(地中で観測され
た波形)」で観測された地震波形
前震:M6.5(4月14日)
本震:M7.3(4月16日)
を耐震設計上の基盤層に入力
- 解析コード:SHAKE



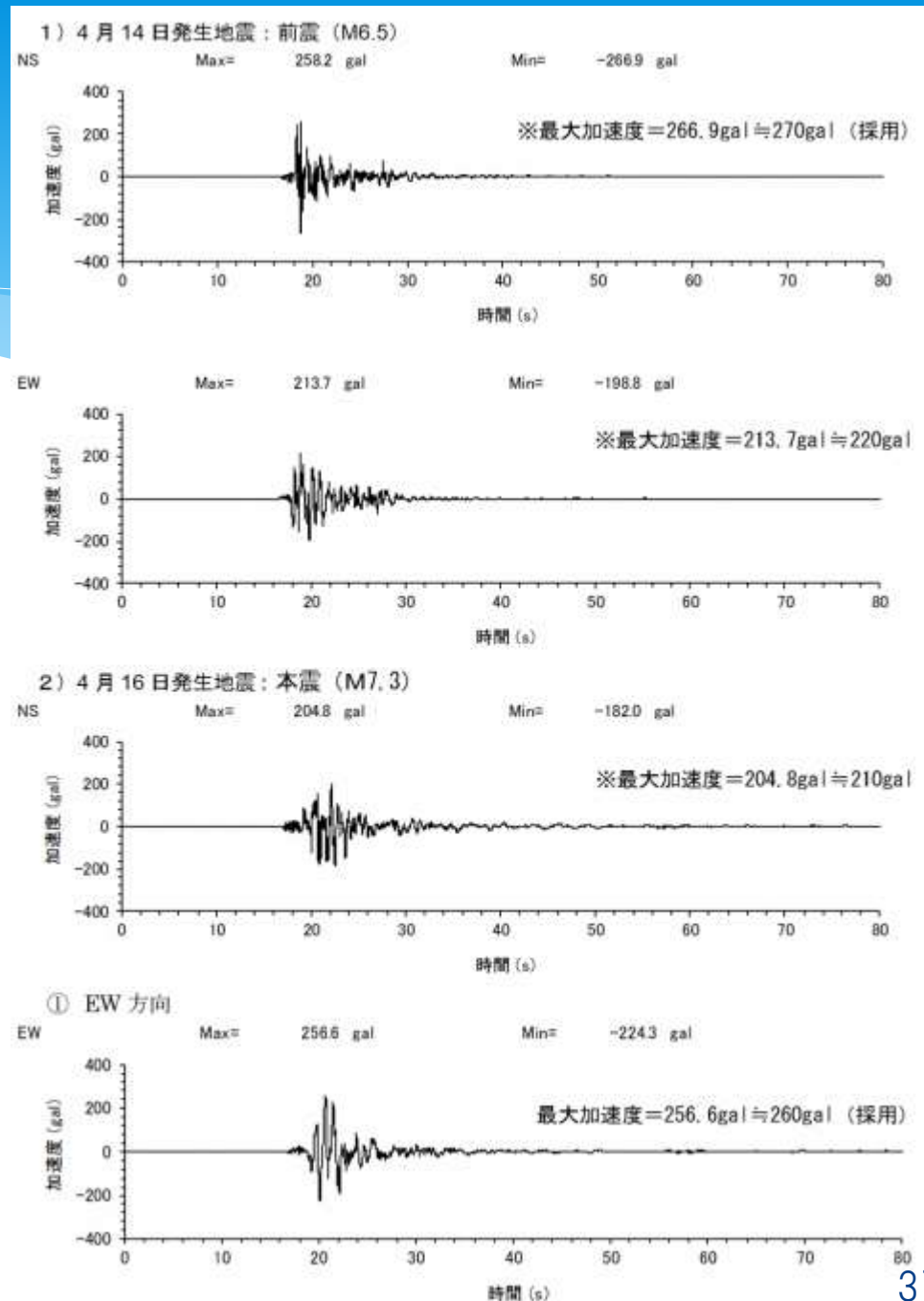
3.4 再液状化の検討

地表面応答加速度時刻歴結果(P42)

•地震応答解析結果より
以下の 2caseを想定地震動とする

①前震:M6. 5, 270gal

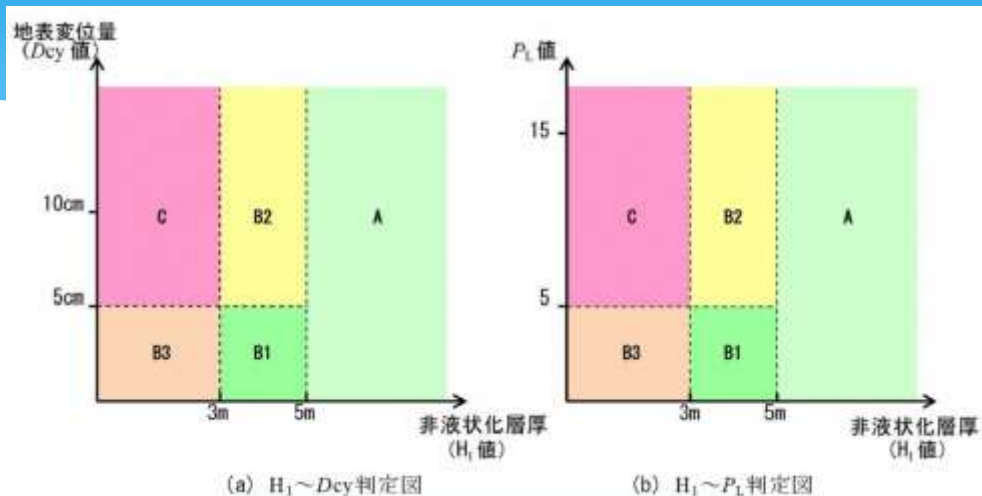
②本震:M7. 3, 260gal



3.4 再液状化の検討

公共施設・宅地一体型液状化対策工法の判定基準 (P44)

「マグニチュード7.5 200gal (タイプ1) の条件における判定基準



判定結果	液状化被害の可能性
C	顕著な被害の可能性が高い
B3	顕著な被害の可能性が比較的低い
B2	
B1	
A	顕著な被害の可能性が低い

表 3.4.1 地表変位量 (Dcy) と液状化の程度の関係

Dcy(cm)	液状化の程度
0	なし
~ 05	軽微
05 ~ 10	小
10 ~ 20	中
20 ~ 40	大
40 ~	甚大

表 3.4.2 P_L 値と液状化による被害の可能性の関係

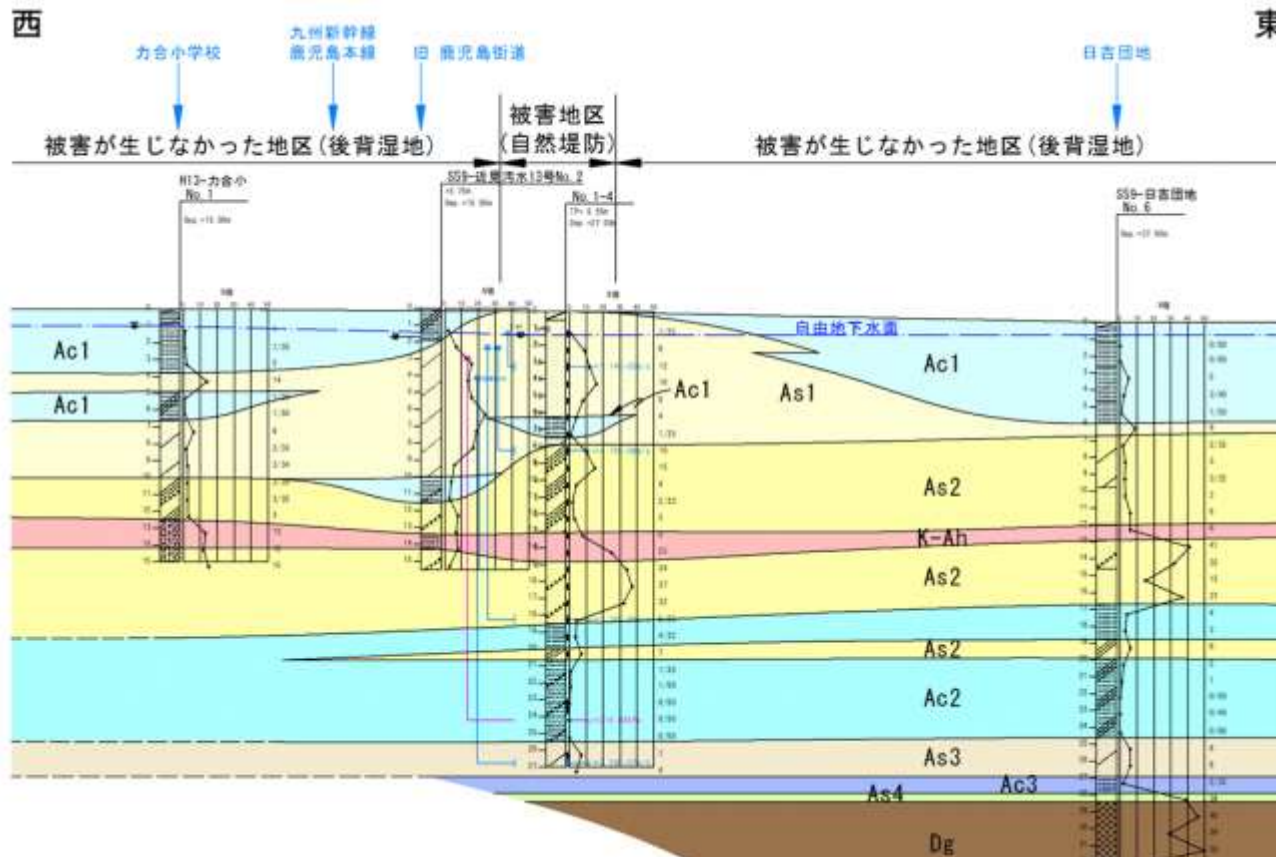
$P_L = 0$	液状化による被害発生の可能性がない
$0 < P_L \leq 5$	液状化による被害発生の可能性が低い
$5 < P_L \leq 15$	液状化による被害発生のある可能性がある
$15 < P_L$	液状化による被害発生の可能性が高い

※ P_L 値の重み係数: $W_2(20m) = 10 - 0.5 \times Z_2$

3.4 再液状化の検討

液状化対象層の取扱い－1 (P44)

- 近見地区において、液状化被害が生じた箇所は「自然堤防」、液状化被害が生じなかった箇所は「氾濫原平野」に区分される。
- 自然堤防の表層にはAs1層が分布、氾濫原平野の表層にはAc1層が分布。
- As2層は自然堤防～氾濫原平野の下部に広く分布する。
- As2層が液状化した場合、氾濫原平野でも被害が生じることになるが、現状では被害が生じていない。
- As2層は海成層(貝殻片混入)、As1層は陸成層。

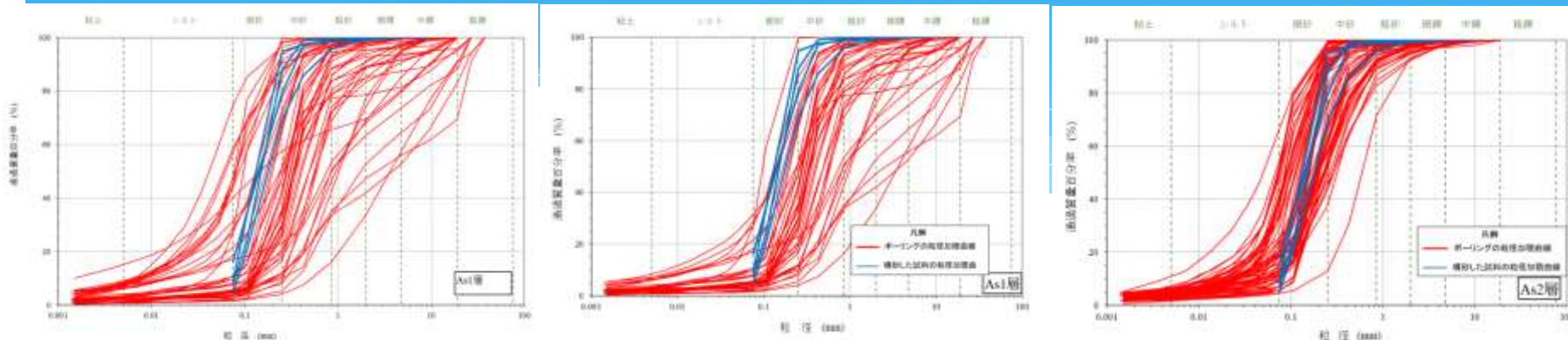


3.4 再液状化の検討

液状化対象層の取扱い－2(P45)

※噴砂の粒度試験結果は
福岡大学:村上先生より提供

As1層とAs2層におけるボーリングと噴砂試料の粒度分布対比

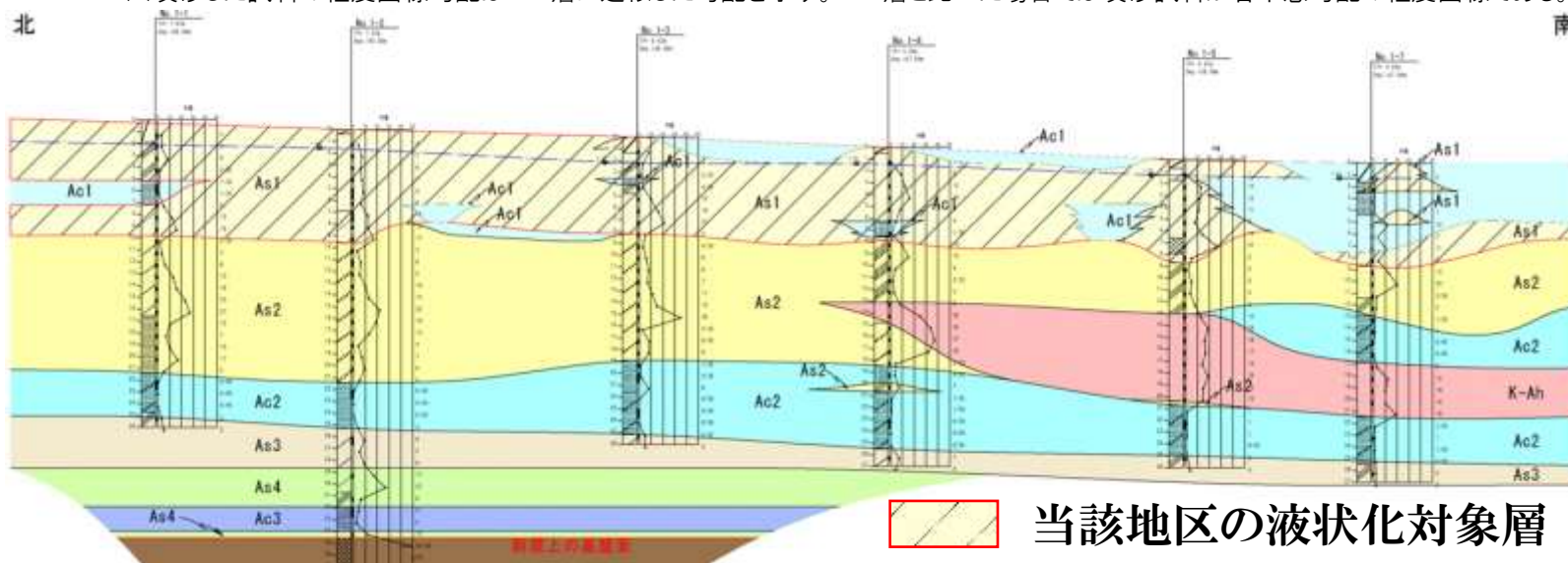



As1層(全層の曲線)

As1層(細粒分35%以上の試料を除外した曲線)

As2層(全層の曲線)

※噴砂した試料の粒度曲線勾配はAs1層に近似した勾配を示す。As2層と比べた場合では噴砂試料が若干急勾配の粒度曲線である。

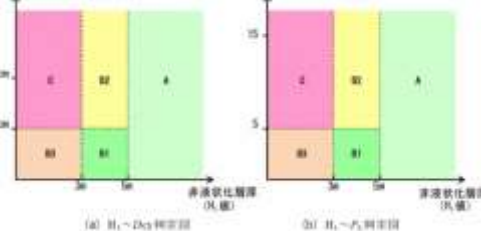
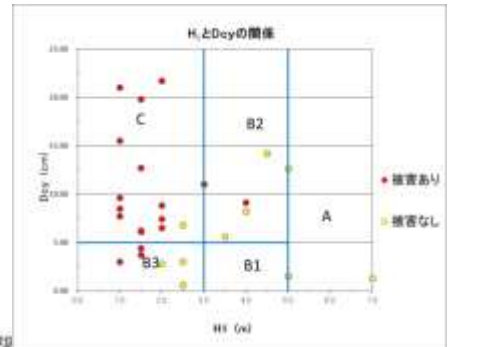
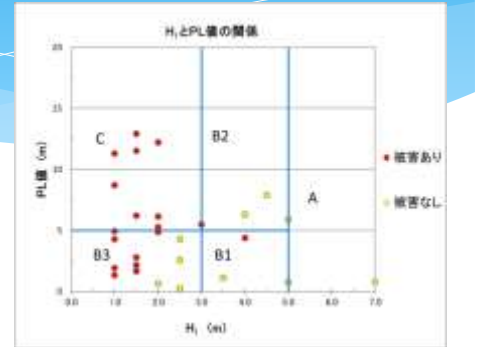
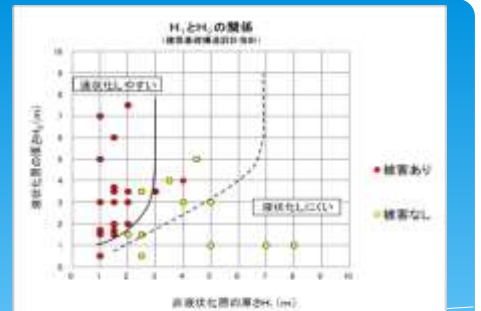


 当該地区の液状化対象層

・地盤年代効果を考慮し、熊本地震においてはAs2層は液状化しない地層と評価

3.4 再液状化の検討 震災前後のボーリングデータによる 再液状化被害可能性の判定(P48)

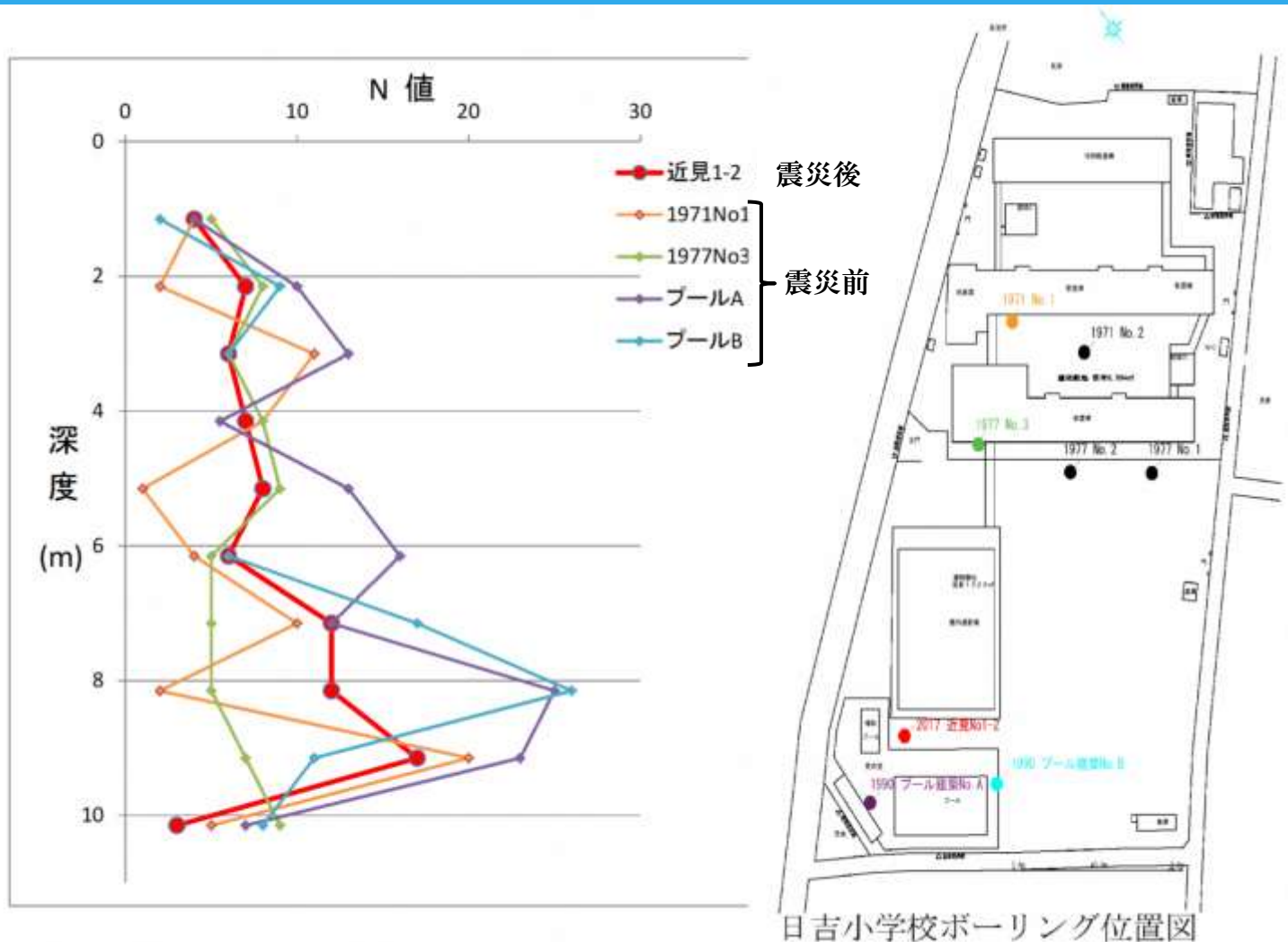
検討地点	実施箇所	ボーリング地点の 液状化被害の有無	前震:M6.5 270gal					本震:M7.3 260gal					備考		
			非液状化層		地表変位量		液状化指数値		非液状化層		地表変位量			液状化指数値	
			H1(m)	Dey(cm)	判定	PL値	判定	H1(m)	Dey(cm)	判定	PL値	判定			
震災後データ	No.1-1	ふれあい公園	4.5	7.6	B2	2.5	B1	4.0	9.1	B2	4.4	B1	GL-5.0m間の砂層は細粒分Fc=40~50%を含有する。		
	No.1-2	日吉小学校	2.5	19.7	C	8.3	C	2.0	21.7	C	12.2	C			
	No.1-3	日吉調理場		0	A	0	A		0	A	0	A	GL-5.0m間の砂層は細粒分Fc=50%以上含有する。		
	No.1-4	消防団48分団	1.5	5.5	C	2.9	B3	1.0	7.7	C	4.3	B3			
	No.1-5	交通局用地	1.5	13.9	C	6.1	C	1.0	15.5	C	8.7	C			
	No.1-6	白藤公園	4.0	8.1	B2	4.8	B1	4.0	8.2	B2	6.3	B2			
	No.1-7	上ノ郷団地	5.0	12.4	A	4.6	A	5.0	12.6	A	5.9	A			
	No.1-8	ふれあい公園	8.0	2.5	A	1.0	A	8.0	2.5	A	1.0	A			
震災前データ	日吉小学校 プールA	被害あり	1.5	3.5	B3	0.76	B3	1.5	3.7	B3	1.67	B3			
	日吉小学校 プールB		4	8.7	B2	3.75	B1	3	11	B2	5.5	B2			
	1971 日吉小学校 No1		1.5	24.7	C	8.55	C	1.5	25.6	C	12.91	C			
	1977 日吉小学校 No2		1	8.3	C	4.33	B3	1	8.5	C	4.95	B3			
	1977 日吉小学校 No3		1	15.8	C	6.14	C	1	21	C	11.31	C			
	近見汚水1号S58 No.1		1	2.9	B3	1.02	B3	1	3	B3	1.34	B3			
	近見汚水1号S58 No.3		1	9.3	C	4.03	B3	1	9.6	C	1.93	B3			
	近見汚水13号1 No.4		2.5	6.6	C	4.63	B3	2	7.4	C	6.15	C	GL-4.0m間の砂層は細粒分Fc=50%以上含有する。		
	近見汚水13号1 No.6		2.5	7.9	C	3.79	B3	2	8.8	C	4.88	B3			
	近見汚水13号2 No.1		1.5	5.8	C	1.5	B3	1.5	6.1	C	2.81	B3			
	近見汚水13号2 No.5		1.5	11.3	C	3.9	B3	1.5	12.7	C	6.21	C			
	近見汚水13号2 No.6		1.5	19.1	C	8.39	C	1.5	19.8	C	11.54	C			
	宅地-1	1.5	1.8	B3	0.18	B3	1.5	4.4	B3	1.7	B3				
	宅地-3	1.5	5	C	1.44	B3	1.5	6.2	C	2.2	B3				
	宅地-4	2	5.2	C	3.62	B3	2	6.5	C	5.27	C				
	1971 日吉小学校 No2	2.5	2	B3	1.37	B3	2.5	3	B3	2.58	B3				
	1977 日吉小学校 No1	4.5	10.5	B2	5.75	B2	4.5	14.2	B2	7.9	B2				
	近見汚水1号S58 No.2	5.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A				
	近見汚水13号1 No.1	7	1.2	A	0.24	A	7	1.3	A	0.8	A				
	近見汚水13号1 No.2	15	0	A	0	A	2.5	0.6	B3	0.26	B3				
近見汚水13号1 No.3	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A					
近見汚水13号1 No.5	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A					
近見汚水13号2 No.2	6.5	0.7	A	0.03	A	3.5	5.6	B2	1.11	B1					
近見汚水13号2 No.3	5	5.6	A	2.47	A	2.5	6.8	C	4.29	B3	GL-2.4m間にシルト層が存在する。				
近見汚水13号2 No.4	2.5	1	B3	0.09	B3	2	2.8	B3	0.68	B3					
宅地-2	5	1.4	A	0.14	A	5	1.5	A	0.78	A					
宅地-5	20	0	A	0	A	20	0	A	0	A					



- 地盤年代効果を考慮し、As2層は液状化しない地層と評価すると概ね被害状況と判定結果が一致
- 被害あり箇所では再液状化によって「顕著な被害の可能性が高い」ことから何らかの対策工が必要である

3.4 再液状化の検討

震災前後のN値の比較図：日吉小学校 (P50)



- 一般的に液状化後は砂地盤が締まるためN値が増加すると考えられているが、今回の結果からは増加傾向は認められずあまり変化のない結果となることから再液状化の可能性がある

3.近見地区の調査報告

3.5 液状化対策工法について

3.5 液状化対策工法について

液状化対策の基本的考え方(P51)

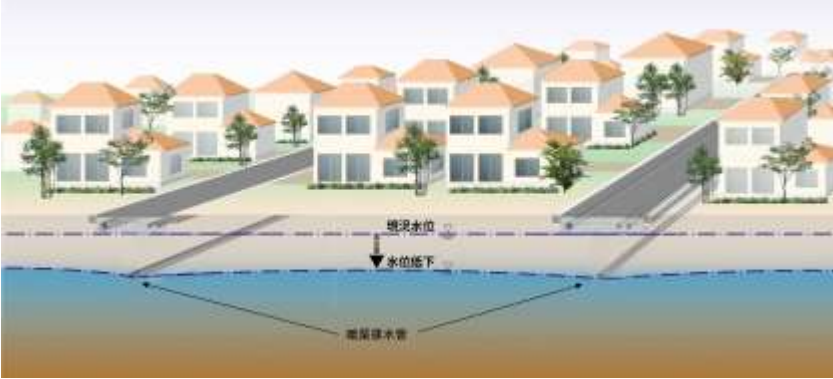
ガイドンス並びに「公共施設・宅地一体型対策工法」の施工実績より以下の4工法が想定される。

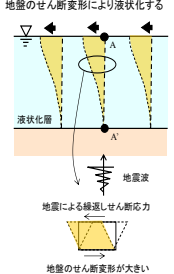
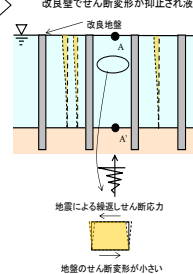
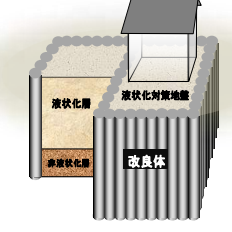


なお、地下水位低下工法においては「排水管方式」と「汲み上げ井戸方式」がある

工法名	地下水位低下工法 (排水管方式)	地下水位低下工法 (汲み上げ井戸方式)	格子状地中壁工法	側方流動対策工法
対策の考え方	地下水位を低下させめり込み沈下を軽減する		地震による地盤の変形を抑える	液状化に伴う側方流動を防止する
他地域での 施工実績	・茨城県神栖市 ・茨城県鹿嶋市 ・千葉県千葉市 ・埼玉県久喜市	・千葉県我孫子市 ※委員会での検討のみ	・千葉県浦安市	・千葉県香取市

3.5 液状化対策工法について

対策工法の比較検討－1 (P52)

工法	地下水位低下工法－1(排水管方式)
工法イメージ図	 <p style="text-align: right;">※図はガイダンスより抜粋</p>
課題点	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位低下によるAc1層とAc2層の圧密沈下が懸念。 対策外地域からの地下水の流入を防ぐため対策区域を止水壁で囲う。 自然堤防(砂質土分布)と氾濫原平野(粘性土分布)の境界が不明確。 止水壁を設置しても地下水低下できるか確認が必要。 道路幅が狭いため立坑設置と既設埋設管の位置を把握し事前に概略検討。
評価	<p>◇上記課題点を解決するため、実証実験が必要。</p> <p style="text-align: center;">○</p>

工法	格子状地中壁工法 ※図はガイダンスより抜粋	
工法イメージ図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>未改良地盤</p>  <p>地盤のせん断変形により液状化する</p> <p>液状化層</p> <p>地震による繰返しせん断応力</p> <p>地震のせん断変形が大きい</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>格子状改良地盤</p>  <p>改良壁でせん断変形が抑止され液状化も抑止される</p> <p>改良地盤</p> <p>地震による繰返しせん断応力</p> <p>地震のせん断変形が小さい</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>液状化層</p> <p>液状化対策地盤</p> <p>改良地盤</p> <p>非液状化層</p> <p>格子状改良壁</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>小型機械攪拌工法</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>小型高圧噴射攪拌工法</p> </div> </div>	
課題点	<ul style="list-style-type: none"> 区画整理されていないため宅地背割り部分は異形となり検証解析がより複雑。 南北方向の道路以外は「高圧噴射攪拌工法」の適用となり工事費が増大。 No.1-2地点で実施した液状化強度比は「$R_{L20}=0.155$」と小さい値を示している。広い宅地幅では対策後も液状化する恐れが高い。 (他地域の液状化強度比: $R_{L20}=0.25\sim0.35$) 格子状地中壁工法の「効果の簡易判定シート」での判定結果では「OUT」。 	
評価	<p>◇他地域の検討実績: 格子状幅=17m(最大幅)、液状化対象層=5m~7m。</p> <p>◇近見地区: 格子状幅=20m(最少幅)、液状化対象層=10m。</p> <p>◇上記検討実績より有効応力解析を行っても適用困難な可能性が非常に高い。</p> <p style="text-align: center;">△</p>	

3.5 液状化対策工法について

対策工法の比較検討－2 (P53)

工法	地下水位低下工法－2 (汲み上げ井戸方式)	工法	側方流動対策工法 ※図は香取市HPより抜粋
工法イメージ図		工法イメージ図	
課題点	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水位低下によるAc1層とAc2層の圧密沈下が懸念。 ・対策外地域からの地下水の流入を防ぐため対策区域を止水壁で囲う。 ・揚程高が小さくとも地下水位低下が可能か現地で揚水試験を実施し確認。 ・道路の間隔が広いため宅地内にもポンプが必要。 ・ポンプの設置台数が多くなることが想定されるためメンテナンス費用が高額。 ・水中ポンプでの水位調整が困難。 	課題点	<ul style="list-style-type: none"> ・南北方向に設置されている水路の両サイド(宅地および道路)の液状化に伴う側方流動は防止できる。 ・水路から離れた箇所では、液状化による宅地のめり込み沈下は抑制できない。
評価	<ul style="list-style-type: none"> ◇ガイドランスでは地下水位が下がらなかった場合の補助工法。 ◇上記課題点より単独工法では不経済である。 	評価	<ul style="list-style-type: none"> ◇側方流動対策単独工法では、近接した家屋、道路が対象となる。 ◇側方流動対策を用いた場合、別途「家屋の個別対策」が必要となる。

3.5 液状化対策工法について

地下水位低下工法における対策効果の目標値の設定 (P54)

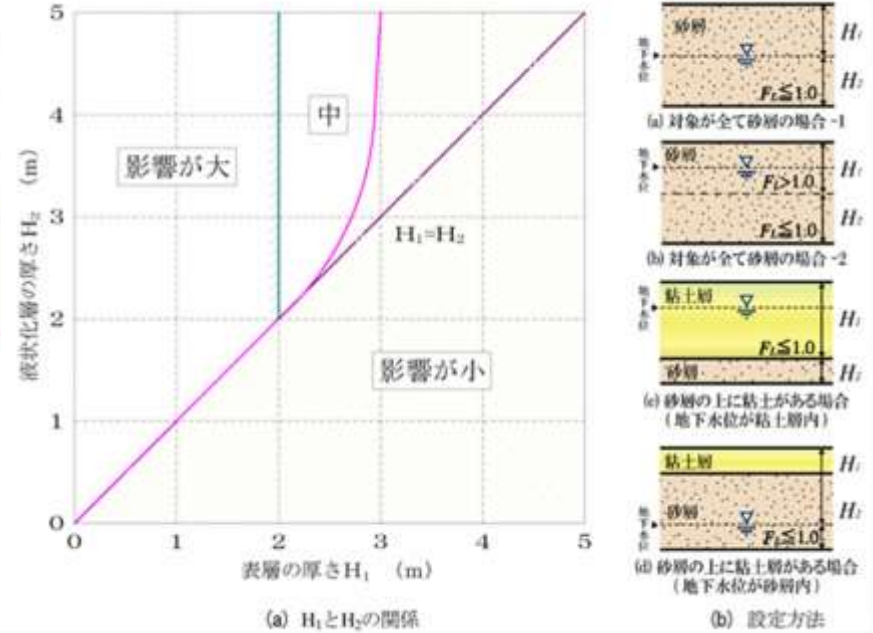
マグニチュード7.5 200gal (タイプ1) の条件における判定基準

判定結果	H_f の範囲	D_{cy} の範囲	P_L 値の範囲	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
C	3m 未満	5cm 以上	5 以上	不可	不可
B3		5cm 未満	5 未満	不可(※)	不可
B2	3m 以上	5cm 以上	5 以上	液状化被害軽減の 目標として可	不可
B1	5m 未満	5cm 未満	5 未満	液状化被害抑制の目標として可	
A	5m 以上	-	-		

(※) 原則不可であるが、専門家からなる委員会等で詳細、目づ、高度な検討を行った結果の判断についてはこの限りではない。

◇近見地区の液状化被害の特徴

- 被害が少なかった箇所: 表層部に粘性土層(Ac1層)が分布
非液状化層(H_f)が $H_f=2.5\text{m}\sim 4.0\text{m}$
- 被害が大きかった箇所: 表層に砂質土層(As1層)が分布
非液状化層厚(H_f)が $H_f=1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$



◇被害の特徴から、「小規模建築物基礎設計指針(日本建築学会)」に示されている簡易判定法「 H_f (非液状化層厚)と H_2 (液状化層厚)」の関係も有効な判定手法である

3.5 液状化対策工法について

地下水位低下工法における対策効果の目標値の方針 (P55)

◇地下水位低下深度と液状化被害の判定結果から

- ・ GL-2.0mまでの地下水位低下では対策効果が得られない
- ・ GL-2.5mまでの地下水位低下では一部B3に区分されるが「 P_L 値=5未満」を確保できる
- ・ GL-3.0mまで水位低下できた場合 ⇒ 液状化被害の抑制効果が期待できる
「顕著な被害の可能性が高い」 ⇒ 「被害の可能性が比較的低い～可能性が低い」

※地表変位量 (D_{ey}) については、近見地区の液状化対象層が厚いため被害と D_{ey} による変位量が整合しない場合があることから参考値とする。

◇今回の液状化対策の目標値の方針

■公共施設

- ・ 想定地震動 (今次災害) : M7.3 260gal (タイプ2相当)
- ・ 非液状化層厚 : $H_f \geq 3.0\text{m}$
- ・ 判定結果区分 : A区分、B1区分、B2区分

■宅地部

- ・ 想定地震動 (今次災害) : M7.3 260gal (タイプ2相当)
- ・ 非液状化層厚 : $H_f \geq 2.5\text{m}$
- ・ 判定結果区分 : B3区分
- ・ 数値目標 : P_L 値 < 5

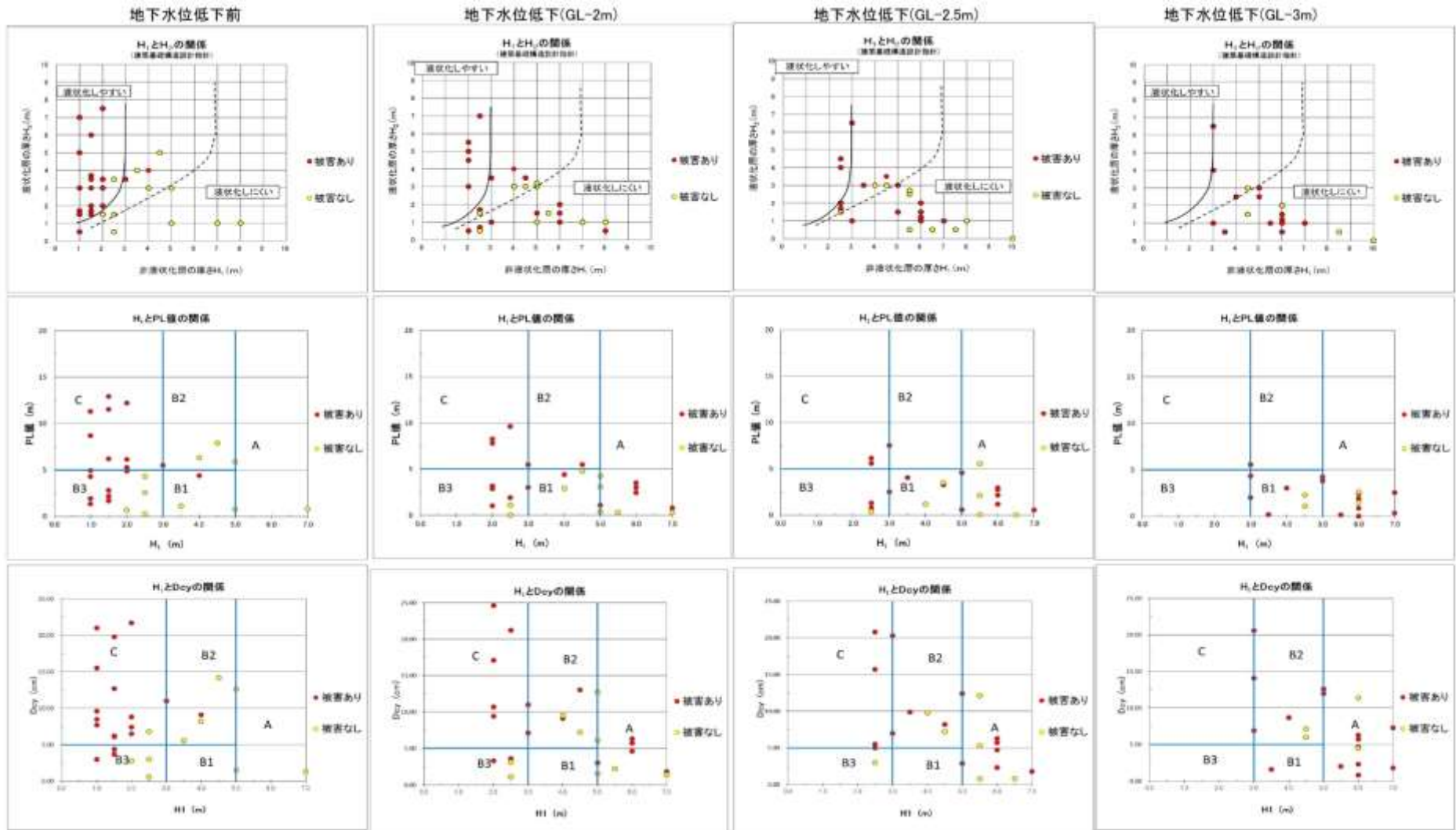
3.5 液状化対策工法について

地下水位低下深度における液状化被害の判定結果表(P56)

検討地点	実施箇所	ボーリング地点の液状化被害の有無	水位低下前(本震:M7.3 260gal)					地下水位低下(GL-2.0m)					地下水位低下(GL-2.5m)					地下水位低下(GL-3.0m)					
			非液状化層		地表変位量		液状化指数値	非液状化層		地表変位量		液状化指数値	非液状化層		地表変位量		液状化指数値	非液状化層		地表変位量		液状化指数値	
			H1(m)	Dcy(cm)	判定	PL値	判定	H1(m)	Dcy(cm)	判定	PL値	判定	H1(m)	Dcy(cm)	判定	PL値	判定	H1(m)	Dcy(cm)	判定	PL値	判定	
震災後データ	No.1-1	ふれあい公園	被害あり	4.0	9.1	B2	4.4	B1	4.0	9.1	B2	4.42	B1	4.5	8.2	B2	3.26	B1	7.0	7.3	A	2.55	A
	No.1-2	日吉小学校		2.0	21.7	C	12.2	C	2.5	21.2	C	9.63	C	3.0	20.3	B2	7.53	B2	3.0	20.6	B2	5.57	B2
	No.1-3	日吉調理場		0	0	A	0	A	0	0	A	0	A	0	0	A	0	A	0	0	A	0	A
	No.1-4	消防団48分団		1.0	7.7	C	4.3	B3	6.0	4.6	A	2.4	A	6.0	4.7	A	2.2	A	6.0	4.7	A	1.9	A
	No.1-5	交通局用地	被害なし	1.0	15.5	C	8.7	C	4.5	13.0	B2	5.5	B2	5.0	12.4	A	4.6	A	5.0	12.6	A	3.8	A
	No.1-6	白藤公園		4.0	8.2	B2	6.3	B2	4.0	9.5	B2	2.9	B1	4.0	9.8	B2	1.8	B1	4.5	6.0	A	1.1	A
	No.1-7	上ノ郷団地		5.0	12.6	B2	5.9	B2	5.0	12.7	A	4.2	A	5.5	12.1	A	3.4	A	6.0	11.4	A	2.6	A
	No.1-8	ふれあい公園		8.0	2.5	A	1.0	A	8.0	2.6	A	0.7	A	8.0	2.6	A	0.3	A	8.5	1.3	A	0.0	A
震災前データ	日吉小学校 プールA	被害あり	1.5	3.7	B3	1.67	B3	7	1.8	A	0.8	A	7	1.8	A	0.55	A	7	1.8	A	0.34	A	
	日吉小学校 プールB		3	11	B2	5.5	B2	3	11	B2	5.5	B2	3.5	9.9	B2	4.07	B1	4	8.7	B2	3.05	B1	
	1971 日吉小学校 No1		1.5	25.6	C	12.91	C	2	24.6	C	7.8	C	2.5	20.8	C	5.59	C	5	12	A	4.22	A	
	1977 日吉小学校 No2		1	8.5	C	4.95	B3	6	5.7	A	3.01	A	6	5.7	A	2.75	A	6	5.7	A	2.45	A	
	1977 日吉小学校 No3		1	21	C	11.31	C	2	10.7	C	2.88	B3	2.5	5	C	0.8	B3	6	0.8	A	0	A	
	近見汚水1号S58 No.1		1	3	B3	1.34	B3	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	
	近見汚水1号S58 No.3		1	9.6	C	1.93	B3	2	3.3	B3	1.05	B3	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A	
	近見汚水13号1 No.4		2	7.4	C	6.15	C	6	6.3	A	3.5	A	6	6.3	A	2.95	A	6	6.3	A	2.44	A	
	近見汚水13号1 No.6		2	8.8	C	4.88	B3	3	7.1	B2	3	B1	3	7	B2	2.52	B1	3	6.9	B2	1.99	B1	
	近見汚水13号2 No.1		1.5	6.1	C	2.81	B3	5	3	A	1.11	A	5	2.9	A	0.59	A	5.5	2	A	0.17	A	
	近見汚水13号2 No.5		1.5	12.7	C	6.21	C	2	9.4	C	3.16	B3	2.5	5.5	C	1.32	B3	3.5	1.6	B1	0.2	B1	
	近見汚水13号2 No.6		1.5	19.8	C	11.54	C	2	17.1	C	8.26	C	2.5	15.7	C	6.16	C	3	14.1	B2	4.33	B1	
	宅地-1		1.5	4.4	B3	1.7	B3	8	0.6	A	0.06	A	17.5	0	A	0	A	17.5	0	A	0	A	
	宅地-3		1.5	6.2	C	2.2	B3	2.5	1.1	B3	0.04	B3	20	0	A	0	A	20	0	A	0	A	
	宅地-4	2	6.5	C	5.27	C	2.5	3.6	B3	1.9	B3	6	2.3	A	1.19	A	6	2.3	A	0.86	A		
	1971 日吉小学校 No2	被害なし	2.5	3	B3	2.58	B3	2.5	3.1	B3	1.1	B3	2.5	3	B3	0.39	B3	20	0	A	0	A	
	1977 日吉小学校 No1		4.5	14.2	B2	7.9	B2	4.5	7.2	B2	4.79	B1	4.5	7.2	B2	3.54	B1	4.5	7.1	B2	2.3	B1	
	近見汚水1号S58 No.2		15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	
	近見汚水13号1 No.1		7	1.3	A	0.8	A	7	1.4	A	0.31	A	7.5	0.7	A	0.06	A	15	0	A	0	A	
	近見汚水13号1 No.2		2.5	0.6	B3	0.26	B3	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A	
近見汚水13号1 No.3	15		0	A	0	A	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A	15	0	A	0	A		
近見汚水13号1 No.5	15.5		0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A	15.5	0	A	0	A		
近見汚水13号2 No.2	3.5		5.6	B2	1.11	B1	5.5	2.2	A	0.3	A	6.5	0.8	A	0.03	A	10	0	A	0	A		
近見汚水13号2 No.3	2.5		6.8	C	4.29	B3	5	6.1	A	3.07	A	5.5	5.3	A	2.11	A	6	4.5	A	1.49	A		
近見汚水13号2 No.4	2		2.8	B3	0.68	B3	2.5	1.1	B3	0.04	B3	10	0	A	0	A	10	0	A	0	A		
宅地-2	5		1.5	B1	0.78	B1	5	1.5	A	0.39	A	5.5	0.8	A	0.07	A	20	0	A	0	A		
宅地-5	20		0	A	0	A	20	0	A	0	A	20	0	A	0	A	20	0	A	0	A		

3.5 液状化対策工法について

地下水位低下深度における液状化被害の判定結果図 (P57)



3.5 液状化対策工法について

地下水位低下に伴う沈下検討結果(P58)

■液状化被害地域沈下検討結果

検討地点	No. 1-1	No. 1-2	No. 1-3	No. 1-4	No. 1-5	
対策工	地下水位低下工法					
現況水位	GL-1.00m					
対策後水位	GL-3.00m					
低下期間	30日					
圧密最終 沈下量 S (cm)	As1	3.133	3.868	2.799	2.570	2.446
	Ac1	1.472	-	-	0.967	-
	As2	-	-	-	-	-
	K-Ah	-	-	-	-	-
	Ac2	1.965	2.033	2.466	2.668	4.595
	As3	-	-	-	-	-
総計	6.570	5.901	5.265	6.205	7.041	
粘性土層沈下量 (cm)	3.437	2.033	2.466	3.635	4.595	
砂質土層沈下量 (cm)	3.133	3.868	2.799	2.570	2.446	
放置期間 t (日)	U=90%	35	56	71	58	87
	残沈10cm	-	-	-	-	-

■被害の少ない地域沈下検討結果

検討地点	No. 1-6	No. 1-7	No. 1-8	
対策工	地下水位低下工法			
現況水位	GL-1.00m			
対策後水位	GL-3.00m			
低下期間	30日			
圧密最終 沈下量 S (cm)	Ac1	0.000	1.052	2.802
	As1	3.714	3.388	1.905
	As2	-	-	-
	K-Ah	-	-	-
	Ac2	-	-	-
	As3	-	-	-
総計	3.714	4.440	4.707	
粘性土層沈下量 (cm)	0.000	1.052	2.802	
砂質土層沈下量 (cm)	3.714	3.388	1.905	
放置期間 t (日)	U=90%	-	28	29
	残沈10cm	-	-	-

- 粘性土層： $e \sim \log P$ 曲線は試験結果を採用
- 砂質土層： $e \sim \log P$ 曲線はB.K.Houghより対応するN値の曲線を採用 (As1層を対象)
- 地下水位低下量：GL-1.0m～GL-3.0mに低下
- 地下水位低下に伴う各地点の総沈下量
Sc=5.3cm～7.1cm程度
- その内、粘性土層の圧密沈下量
Sc=2.0cm～4.6cm程度
- 「小規模建築物基礎設計指針」に示される、沈下の種類・基礎形式等の許容される値の参考値を示した

■許容沈下量の参考値

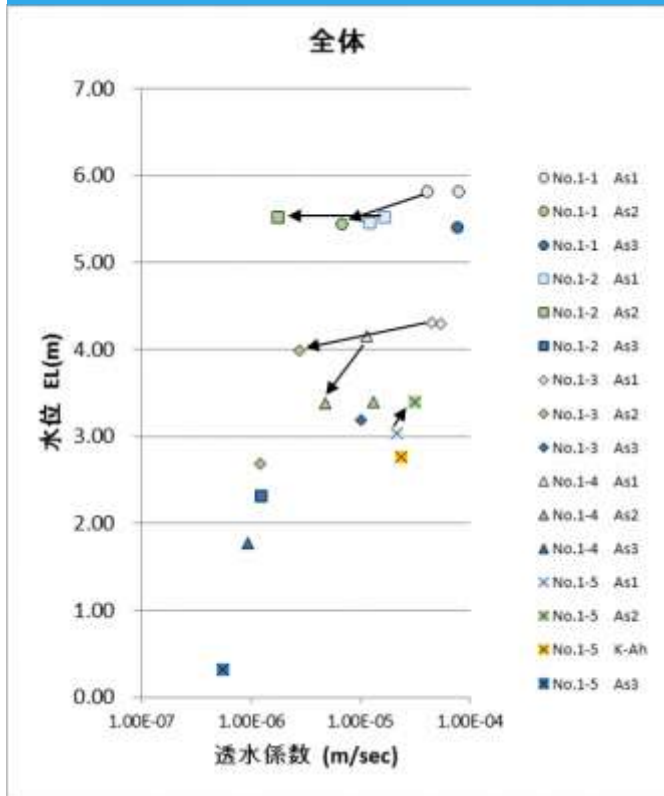
沈下の種類	即時沈下		圧密沈下	
	基礎形式	布基礎	べた基礎	布基礎
標準値	2.5	6～(8)	10	10～(15)
最大値	4	3～(5)	20	20～(30)

標準値：不同沈下による亀裂がほとんど発生しない限度値

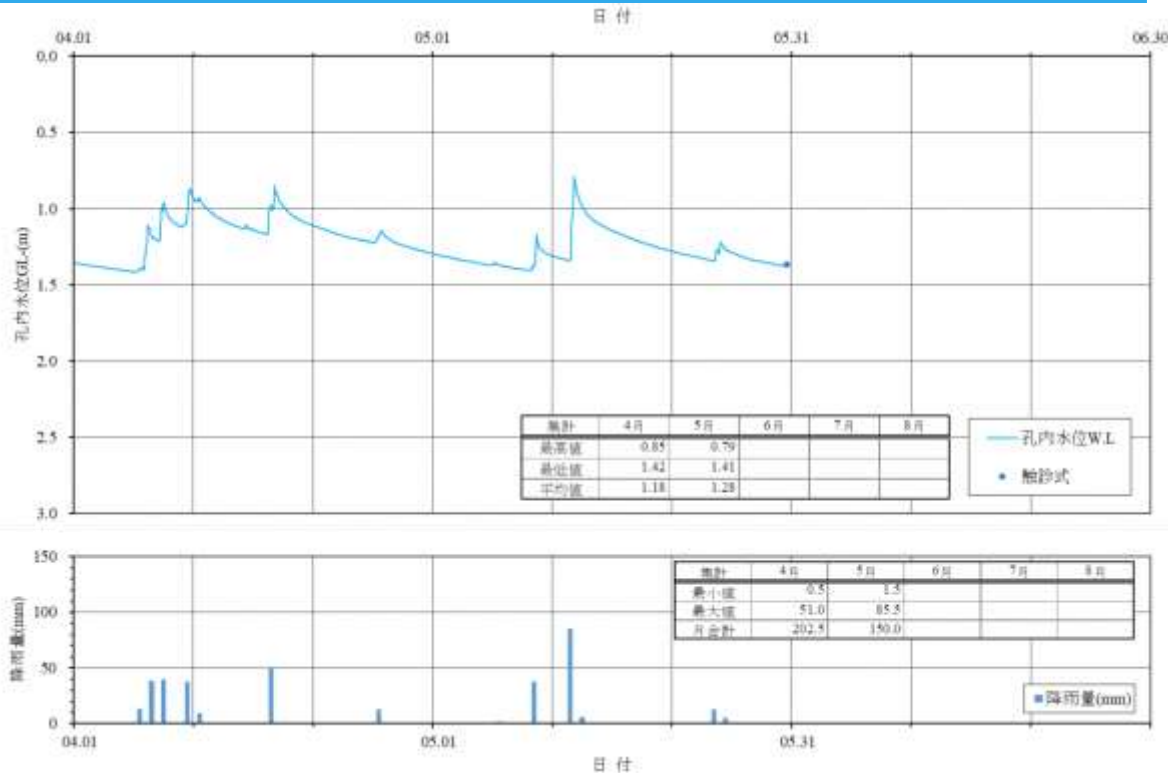
最大値：幾分か不同沈下亀裂が発生するが障害に至らない限度値

() 剛性の高いべた基礎の値

3.5 液状化対策工法について 地下水観測結果 (P58、59)



調査箇所の水頭分布図



日吉小学校地下水位観測結果

- As1層とAs2層の層境不透水層が確認できていないことから
As1層とAs2層の地下水位は同一帯水層と評価
- 日吉小学校に設置した観測井の水位観測結果は降雨に敏感に反応し自由地下水の可能性が高い
- As1層とAs2層の水位変化を観測することで異なる帯水層として評価できる可能性がある

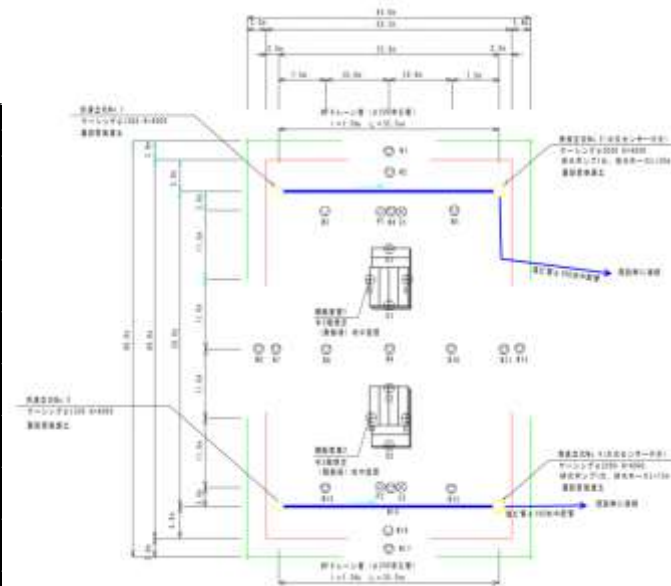
3.5 液状化対策工法について 実験サイトの候補地と比較 (P61、67)

実験サイトの条件

1. 対象区域内にあること
2. 液状化被害が発生していること
3. 地区を代表する地層状態であること
4. 実験サイトのスペースが確保できること

実験サイトの例

条件 \ 場所	公園	学校	民有地	市営団地
1. 対象区域内	対象区域 ○	対象区域 ○	対象区域でない ×	対象区域でない ×
2. 液状化被害	一部あり ○	一部あり ○	不明瞭 ×	なし ×
3. 地層状態	エリア内で表層部に砂質土と粘性土が混在して分布 △	エリア内で表層部に砂質土と粘性土が混在して分布 △	表層部に砂質土が2~3mの層厚で分布するが不明確 △	表層部に砂質土が5~6mの層厚で分布するが不明確 △
4. 実験サイトのスペース	なし ×	あり ○	あり ○	なし ×
順位	2	1	3	4



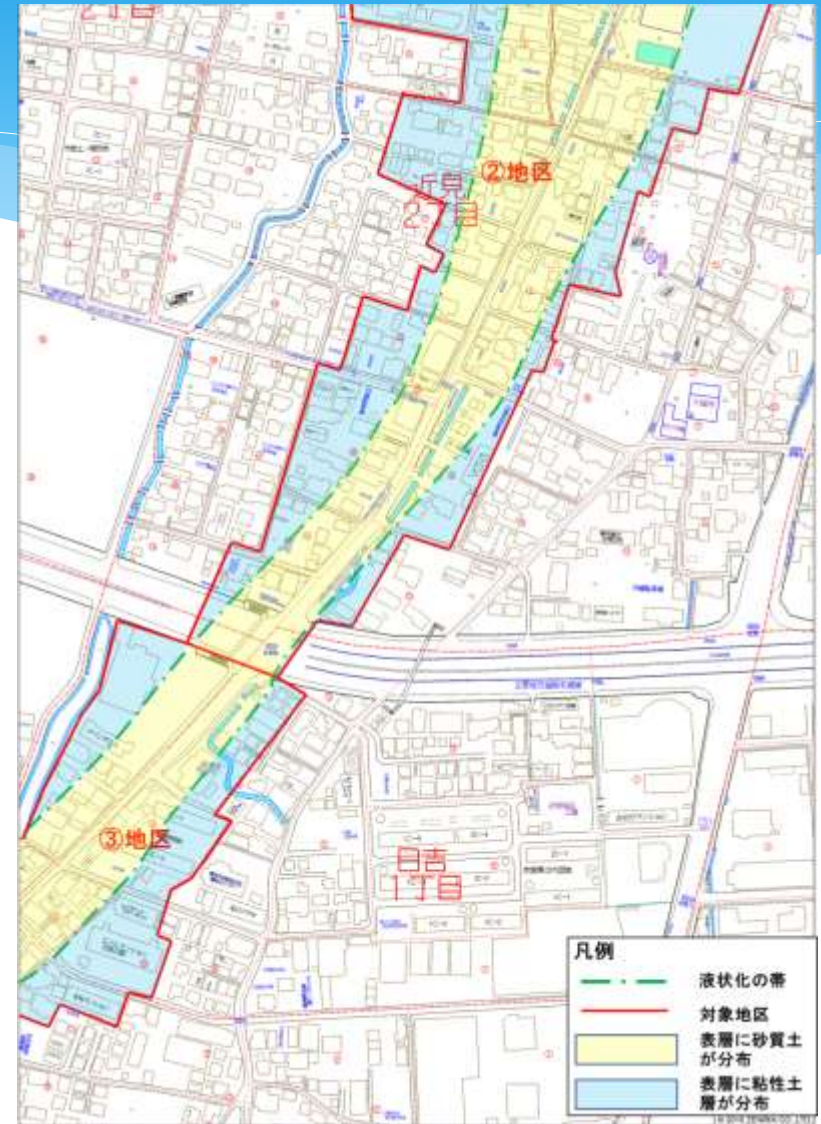
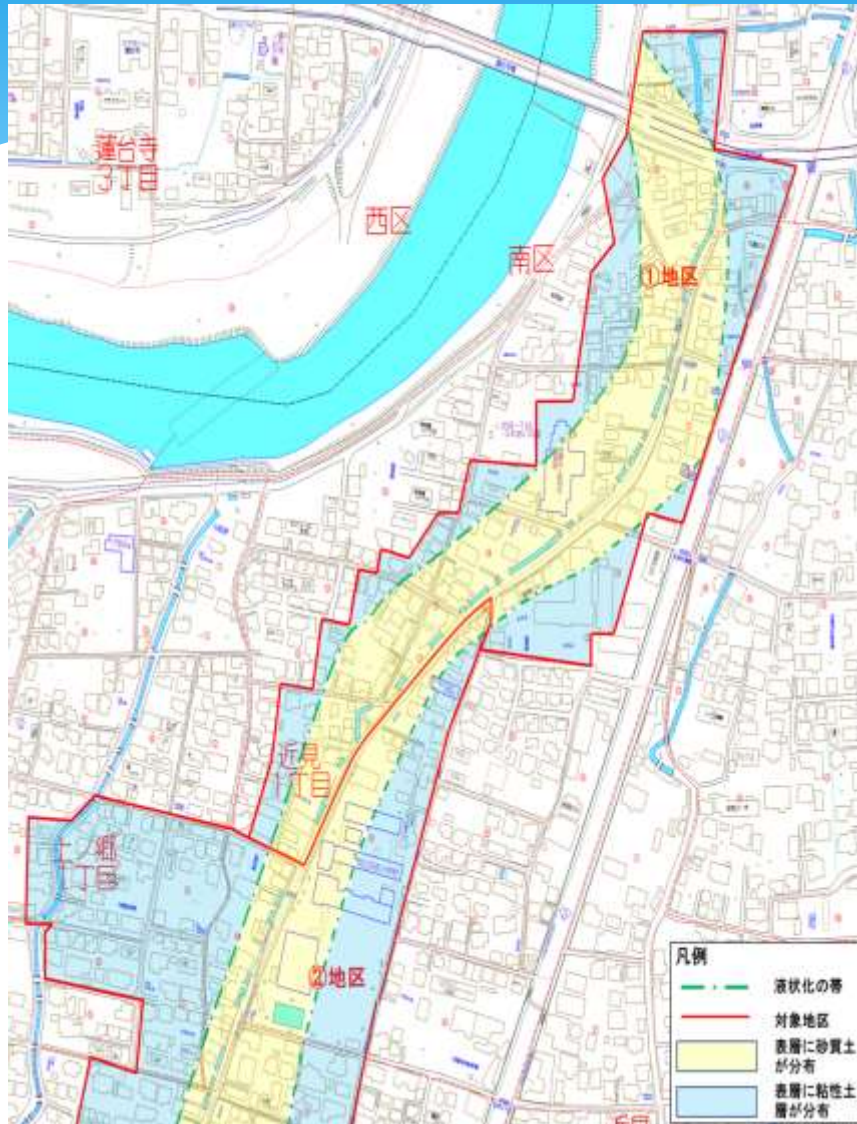
⊙	水位観測井(井)
⊗	簡易水準計(計)
⊘	簡易沈下計(計)
⊕	地盤(傾斜)計(計)

※上記実験サイトでの実験が困難な場合、別の候補地を更に探していく必要がある

(例) 空き地、事業化する箇所での試験施工等

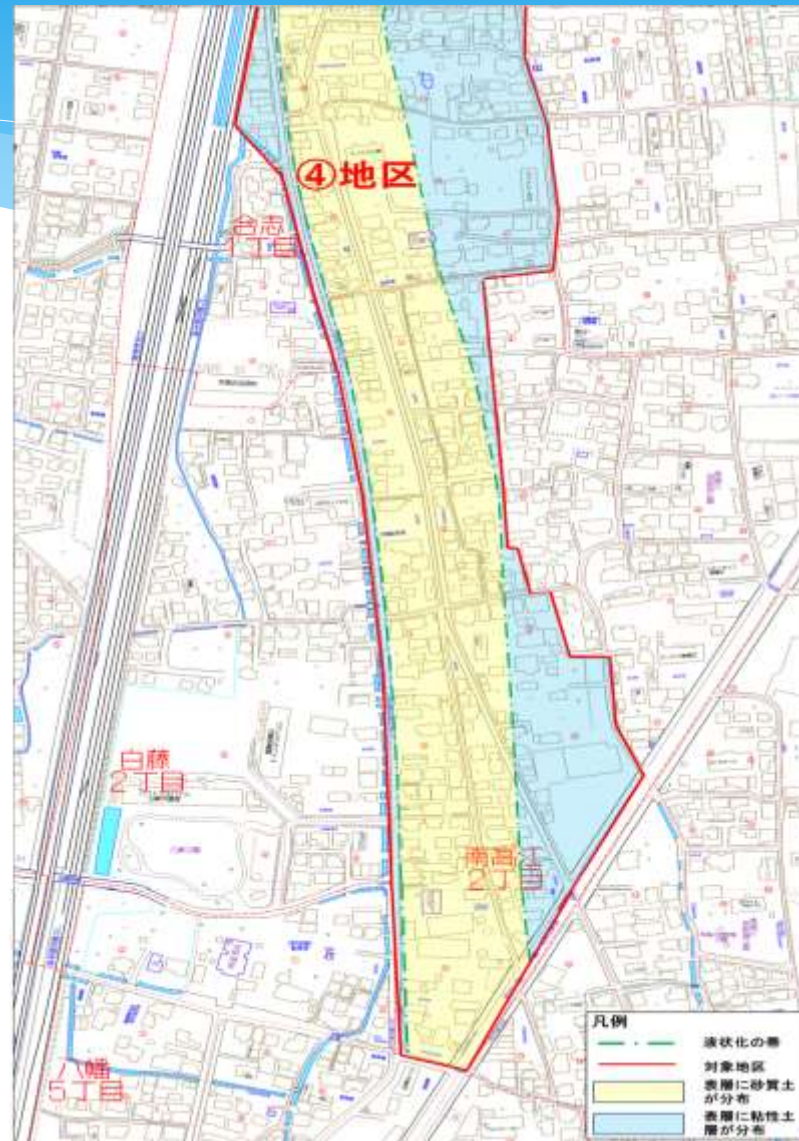
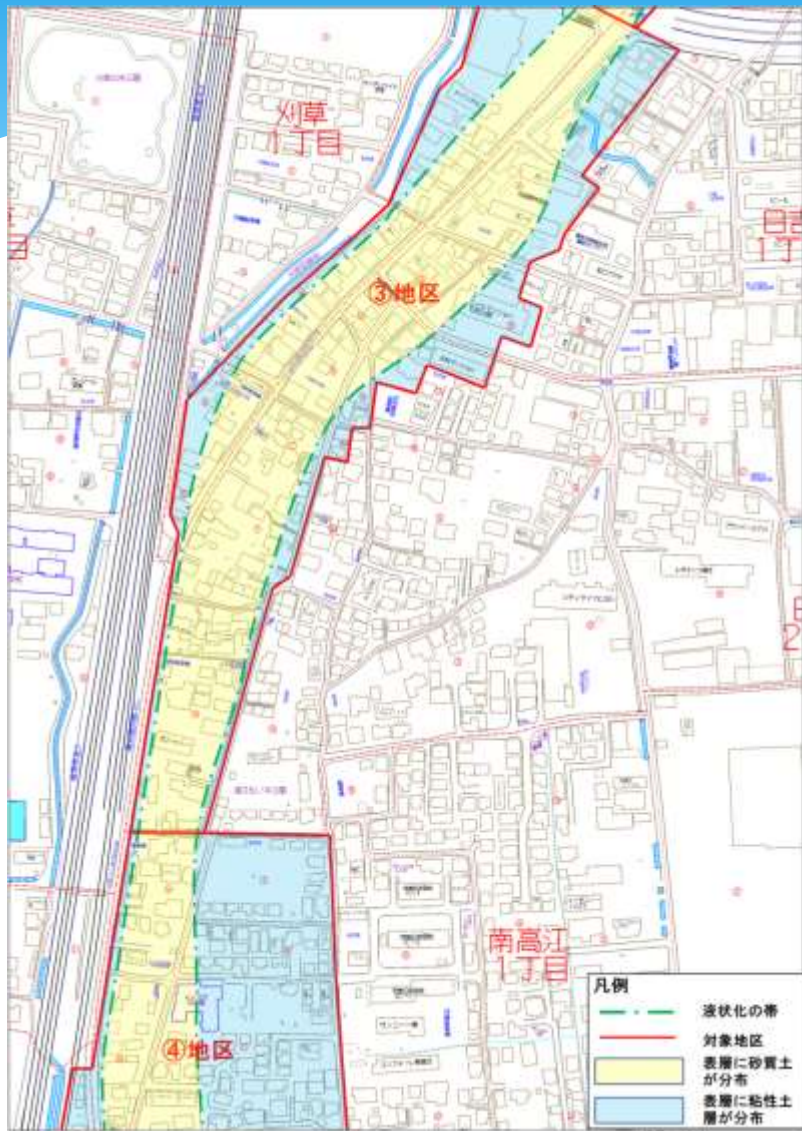
3.5 液状化対策工法について

現段階における対策可能区域－1 (P68)



3.5 液状化対策工法について

現段階における対策可能区域－2 (P69)



今回の調査結果による課題点

1. 液状化対象層の取扱いについて(As1層、As2層)
2. As1層とAs2層の同一帯水層について

※今後の調査の必要性

3. 対策効果の目標値の方針について
(対策工法の選定)
4. 実証実験候補地について
5. 現段階における対策可能区域について

今後のスケジュール(案)

