

3.3 液状化 (報告書pp.124~151)

関東学院大学 若松 加寿江

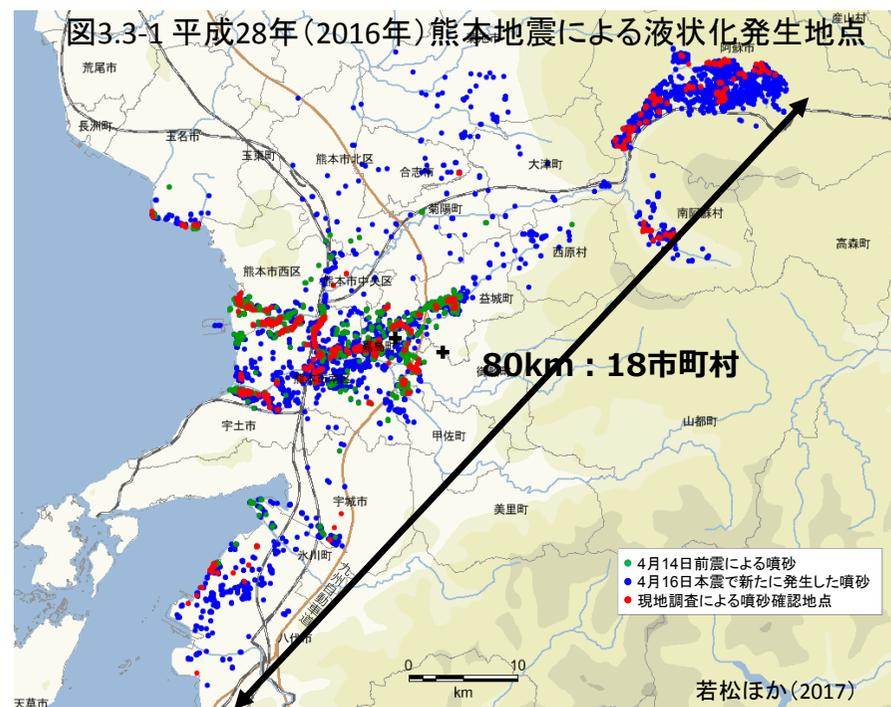
本日の内容

- 液状化発生地点の分布と被害の概要: pp.124-125
- 気象庁震度階級の震度と液状化発生との関係:
pp.126-127
- 熊本平野における液状化: pp.126-138
- その他の地域における液状化(玉名市、八代市):
pp.142-144
- 阿蘇地域における液状化: pp.138-142
- 阿蘇市的石の大正橋付近における液状化被害:
pp.145-148
- 熊本地震における噴砂の物理特性: pp.148-149
- 液状化による建物被害: 追加情報
- 宅地液状化防止事業(3地区): 追加情報

2

スライドの図と写真の出典

- 若松ほか(2016a)
若松加寿江、先名重樹、小澤京子:平成28年(2016年)熊本地震 液状化調査報告(第1報)
http://www.jaee.gr.jp/wp-content/uploads/2016/09/liq_survey_2016kumamoto.pdf
(2016/5/14公開, 2016/9/11更新)
- 若松ほか(2016b)
若松加寿江、先名重樹、小澤京子:平成28年(2016年)熊本地震 液状化調査報告(第2報)
http://www.jaee.gr.jp/wp-content/uploads/2016/07/liq_survey_2016kumamoto2.pdf
(2016/5/30公開, 2016/7/19更新)
- 若松ほか(2016c)
若松加寿江、先名重樹、小澤京子:平成28年(2016年)熊本地震 液状化調査報告(第3報)
http://www.jaee.gr.jp/wp-content/uploads/2016/07/liq_survey_2016kumamoto3.pdf, 2016/9/11公開.
- 若松ほか(2017)
若松加寿江、先名重樹、小澤京子:平成28年(2016年)熊本地震による液状化発生の特性、日本地震工学学会論文集 第17巻、第4号、pp.81-100、2017.
- 原ほか(2016)
原 忠、田所佑理佳、中澤博志、竹澤請一郎、中根久幸:平成28年熊本地震で被災した液状化地盤の特徴、日本地震工学学会・大会-2016梗概集、P3-4、pp.1-9、2016.



4

高解像度空中写真による噴砂の判読

地理院地図で公開の最大拡大時画像(4/16撮影)



同一写真の高解像度画像(4/16撮影)
地上画素寸法:約20cm



嘉島町下六嘉付近
32.748939N 130.772287E

Google Earthによる画像判読 (前震後と本震後の比較)

4月16日の画像(本震後)



阿蘇市湯浦地区

嘉島町上島の大型ショッピングモール駐車場における 前震後と本震後の噴砂の比較

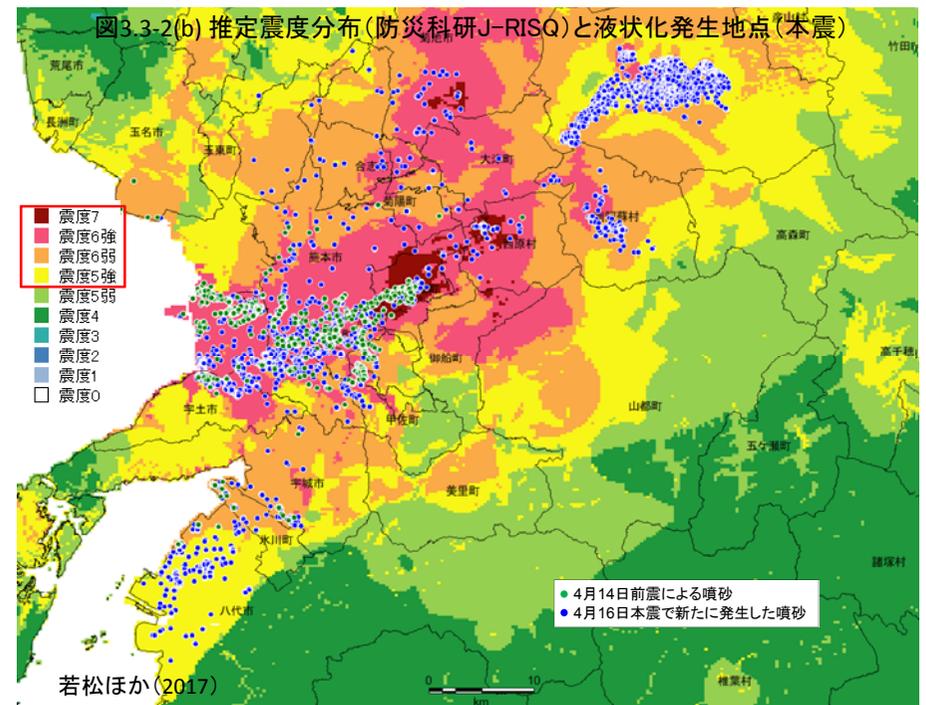
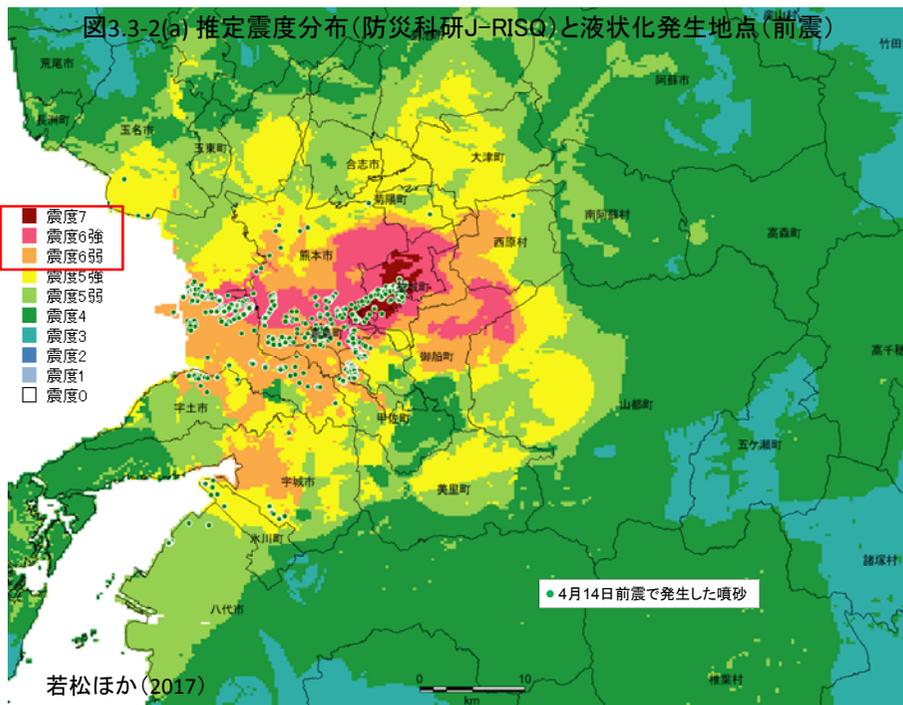
(a) 14日前震後(4月15日Google Earth画像)

(b) 16日本震後(4月16日国土地理院
高解像度画像)



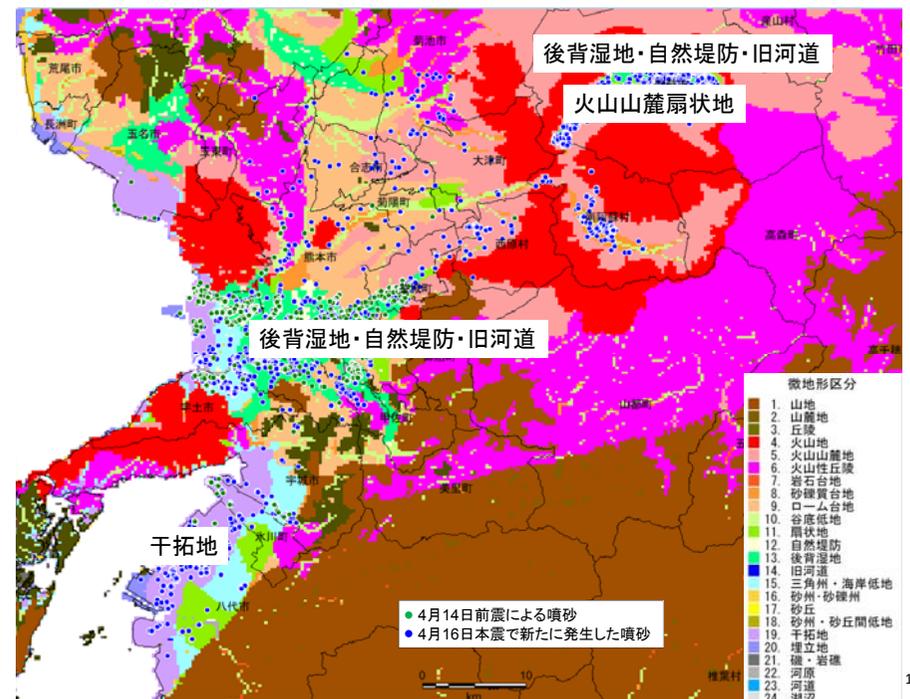
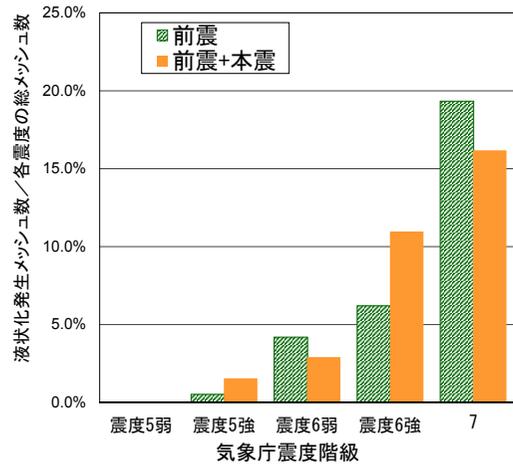
噴砂がなかった地割れ・段差(液状化に含めず)





低地+埋立地+火山山麓地+ローム台地における推定震度ごと液状化発生メッシュの割合(液状化発生メッシュ数/総メッシュ数)
震度5強から大きくなり、震度7を除いて前震<本震

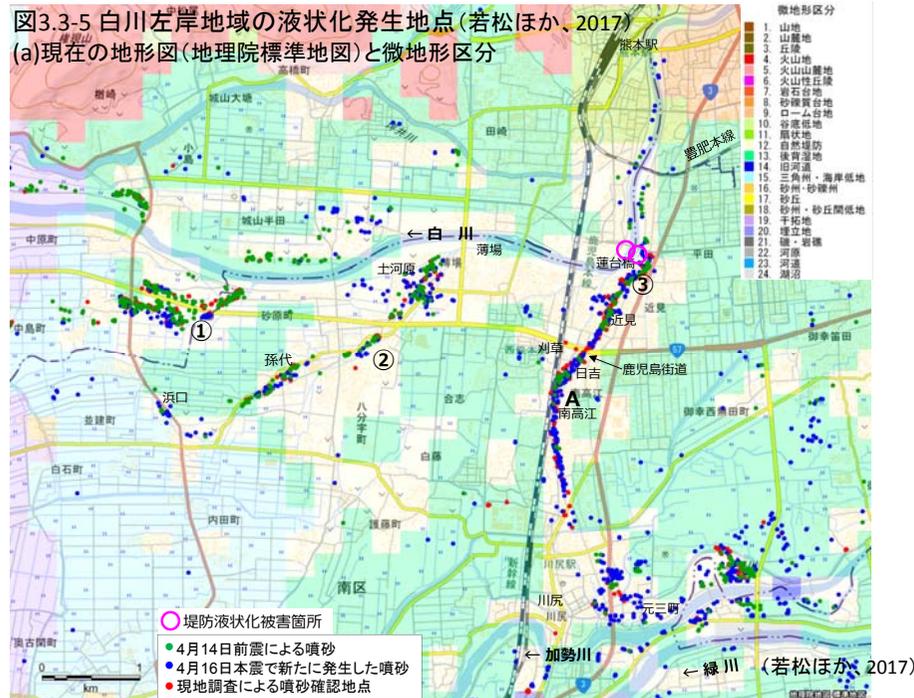
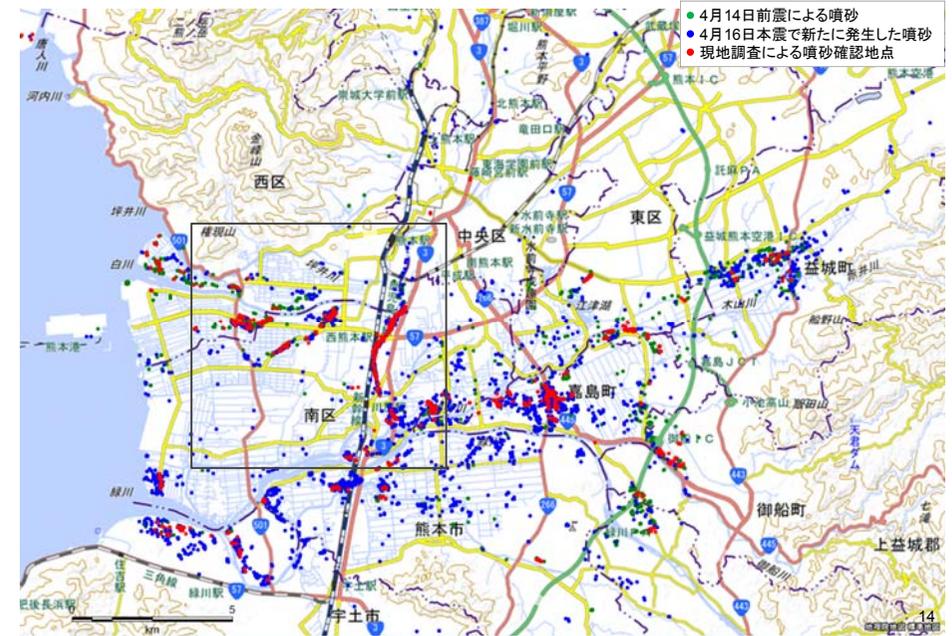
- ▶ 前震による液状化地点が再液状化
- ▶ 前震で液状化しかかっていた



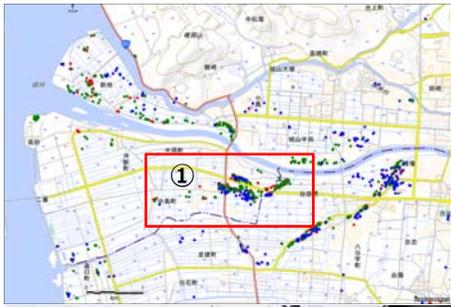
熊本平野における液状化発生地点



白川河口地域(熊本市南区)



熊本市南区今町・西区中島町・中原町の被害



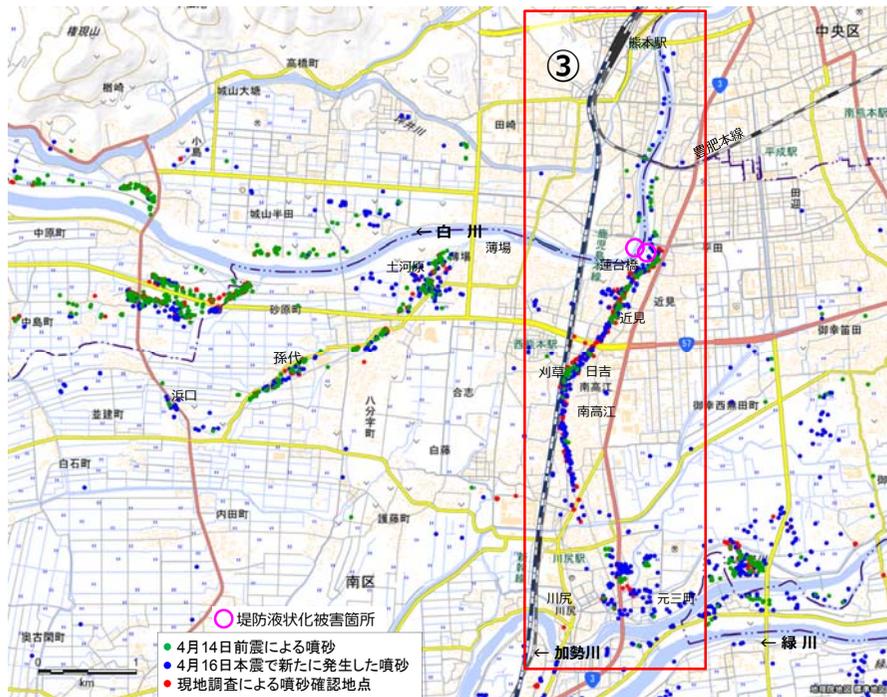
若松ほか(2016a)



熊本市南区土河原町・砂原町・孫代町の被害



若松ほか(2016a)



白川左岸地域(熊本市南区近見～刈草)



近見1丁目



近見1丁目



近見2丁目



刈草1丁目(三輪滋氏撮影)

南区近見1-16 病院(3年前に新築)



地盤沈下が最大(1m)
杭が抜け上がる

病院敷地南西隅

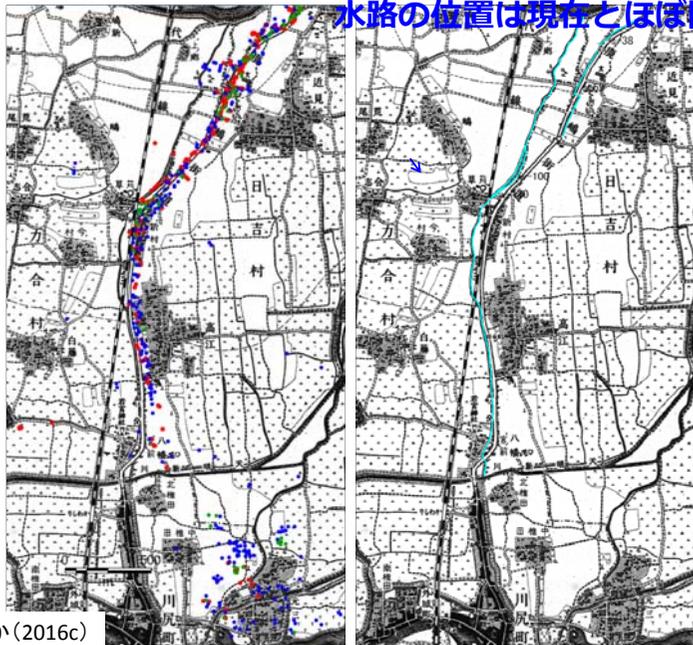
③熊本市南区近見～川尻の
旧鹿兒島街道沿いの
液状化の帯は旧河道か？

噴砂地点は、熊本駅付近から、加勢川まで旧鹿兒島街道の両側に約7kmにわたって連続している。



近見1丁目の水路 (右手が旧鹿兒島街道)

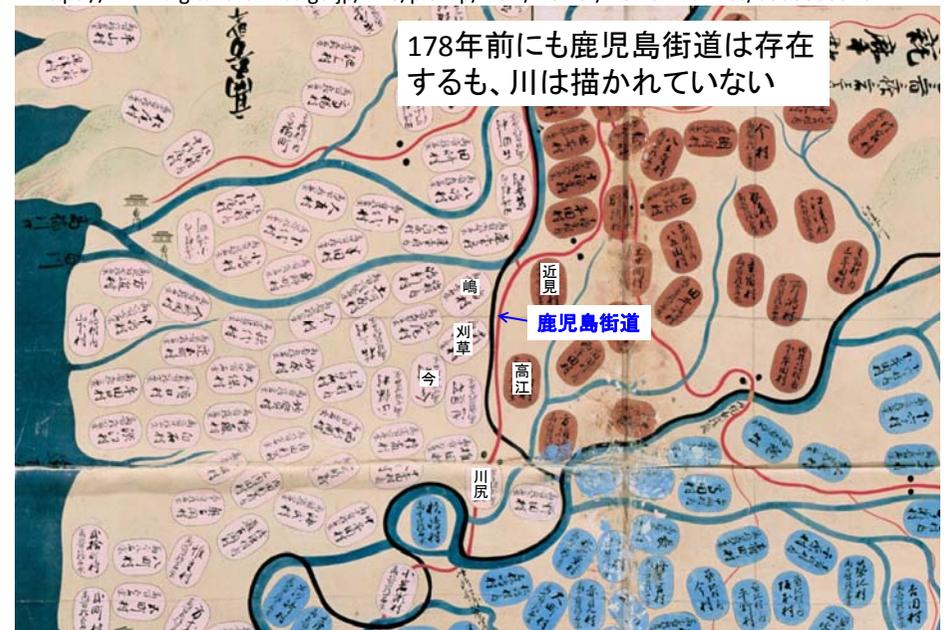
1901年測量1/2万に旧河道地形は見当たらない
水路の位置は現在とほぼ同じ



若松ほか(2016c)

1838年肥後国天保国絵図 (国立公文書館デジタルアーカイブ)

<https://www.digital.archives.go.jp/DAS/pickup/view/viewer/viewerArchives/0000000316>



178年前にも鹿兒島街道は存在するも、川は描かれていない

近見
鹿兒島街道

川尻

高江

川尻

慶長国絵図 (1600年代初頭、永青文庫所蔵)

川村博忠編: 慶長国絵図集成、柏書房(2000)に加筆



400年前にも鹿児島街道は存在

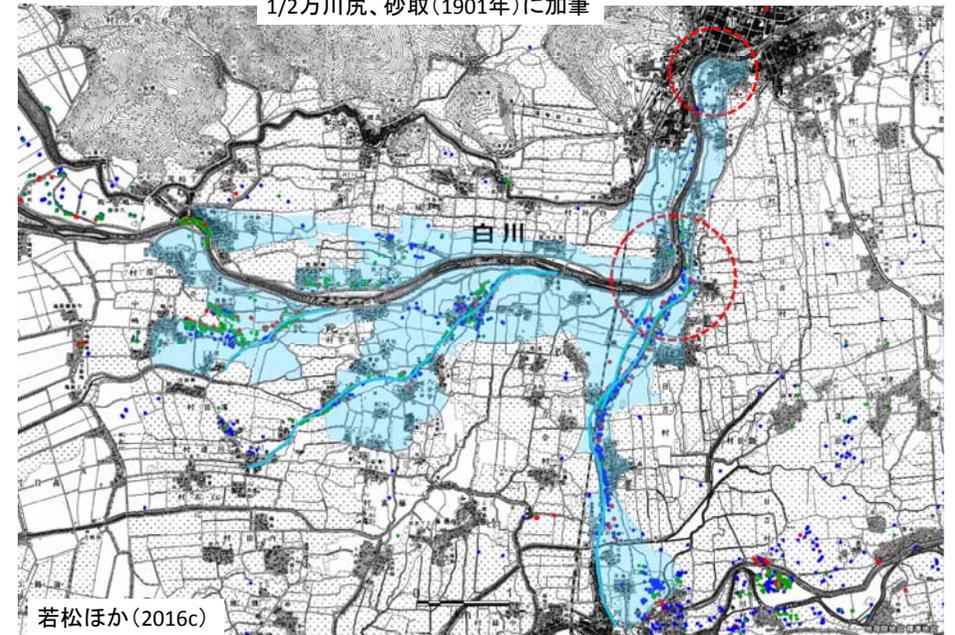
鹿児島街道(幕府巡見使 国廻りのルート)

若松ほか(2016c)

25

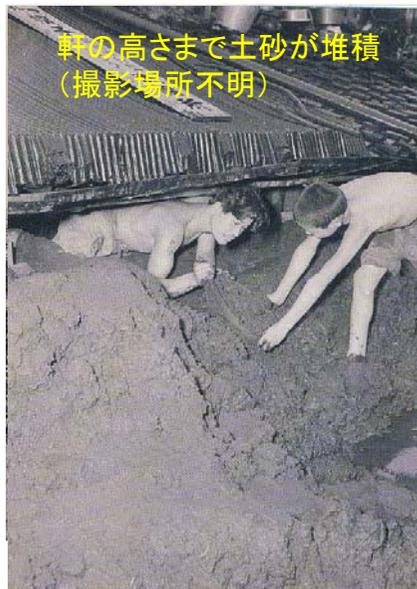
空色部分は自然堤防 (氾濫土砂が形成した砂質の微高地)

1/2万川尻、砂取(1901年)に加筆



若松ほか(2016c)

昭和28年白川水害でも



軒の高さまで土砂が堆積 (撮影場所不明)

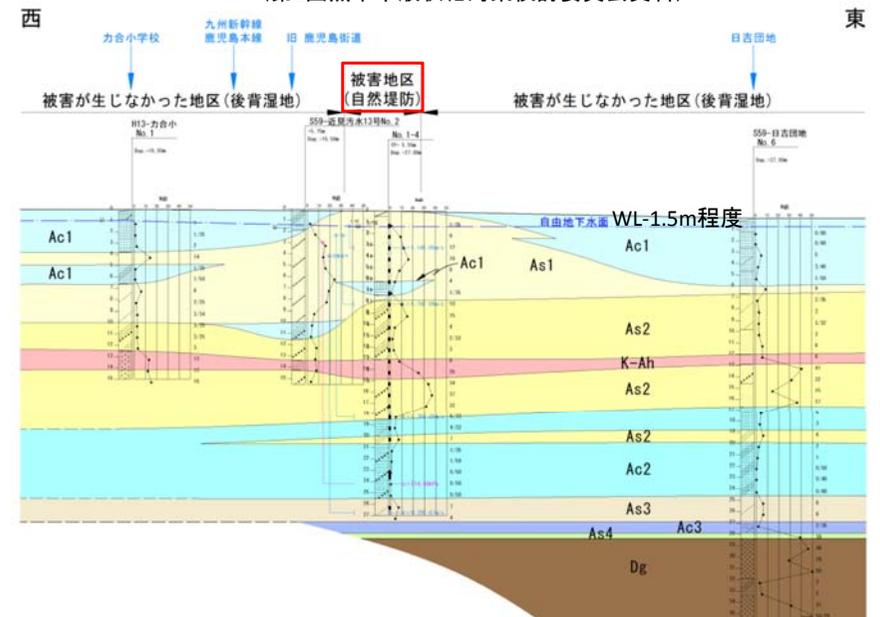


②熊本市南区土河原

熊本日日新聞: 6.26白川水害50年(2003) 27

熊本市南区近見1丁目の想定断面

(第1回熊本市液状化対策検討委員会資料)



28

緑川河口付近(熊本市南区、宇土市笹原町・走潟町)

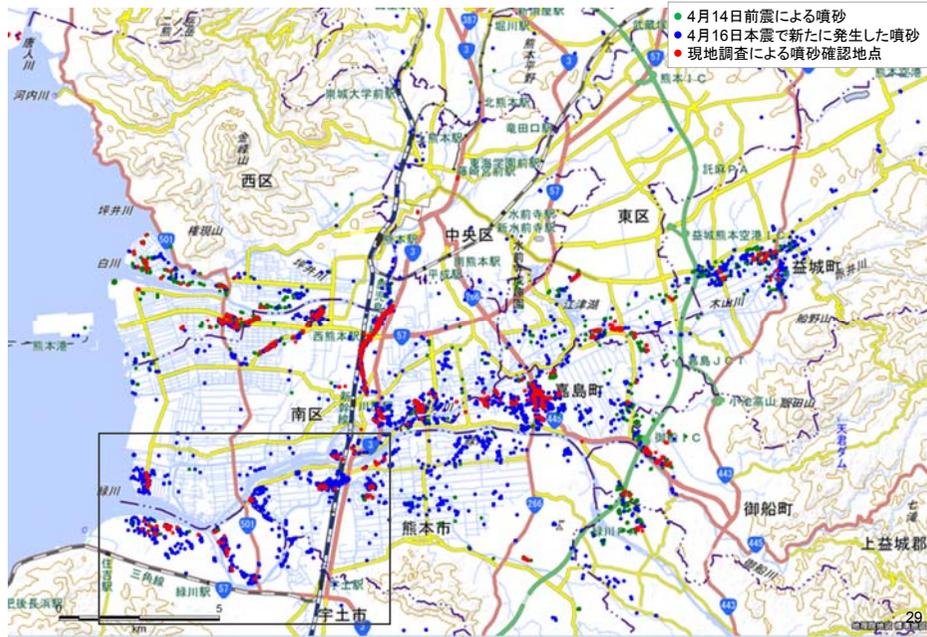
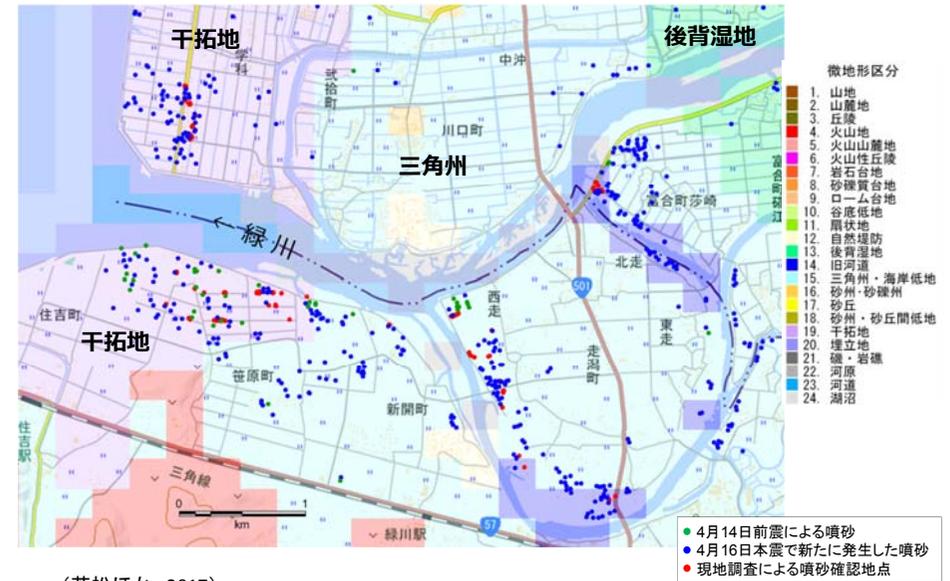
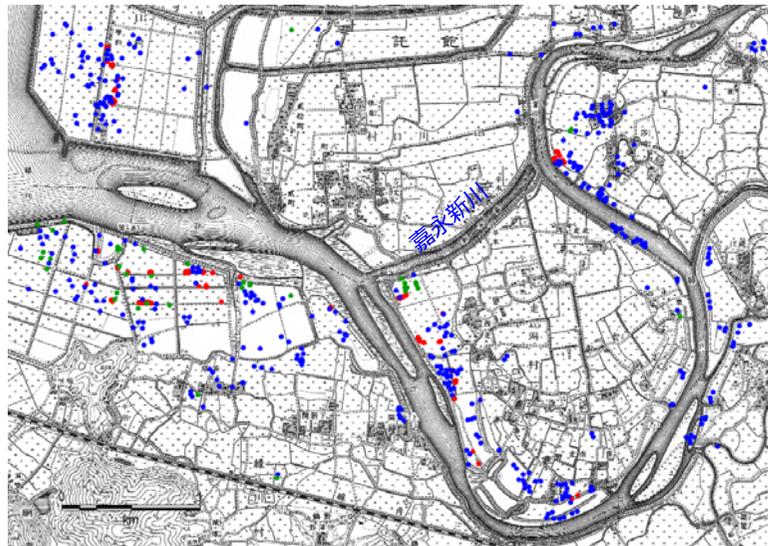


図3.3-7 緑川河口付近(熊本市南区、宇土市笹原町・走潟町)



(若松ほか、2017)

115年前の緑川河口付近(熊本市南区、宇土市笹原町・走潟町)



(若松ほか、2017)

1/2万宇土(1901年)、1/2.5万網津(1926)

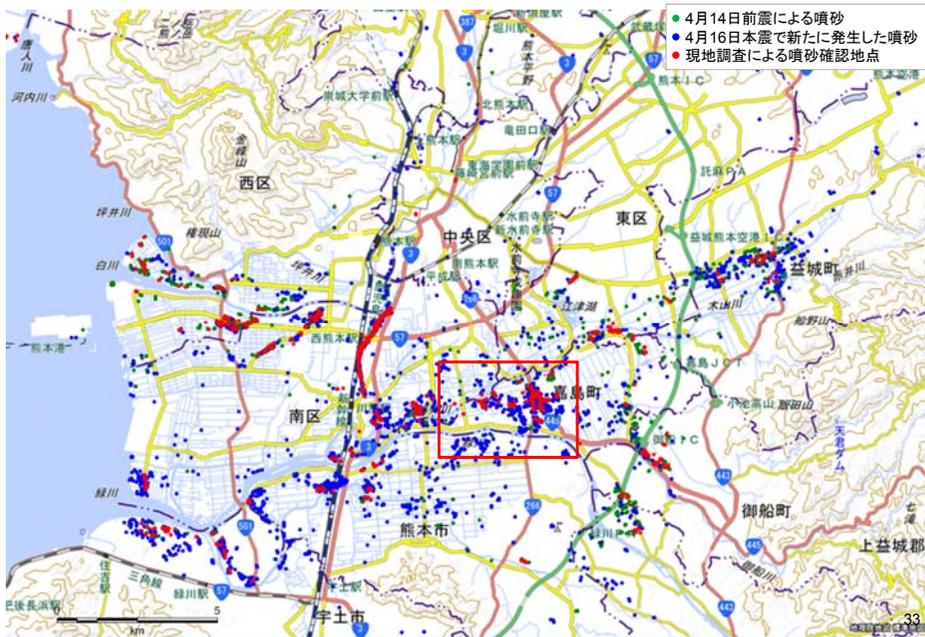
宇土市笹原町・走潟町の被害



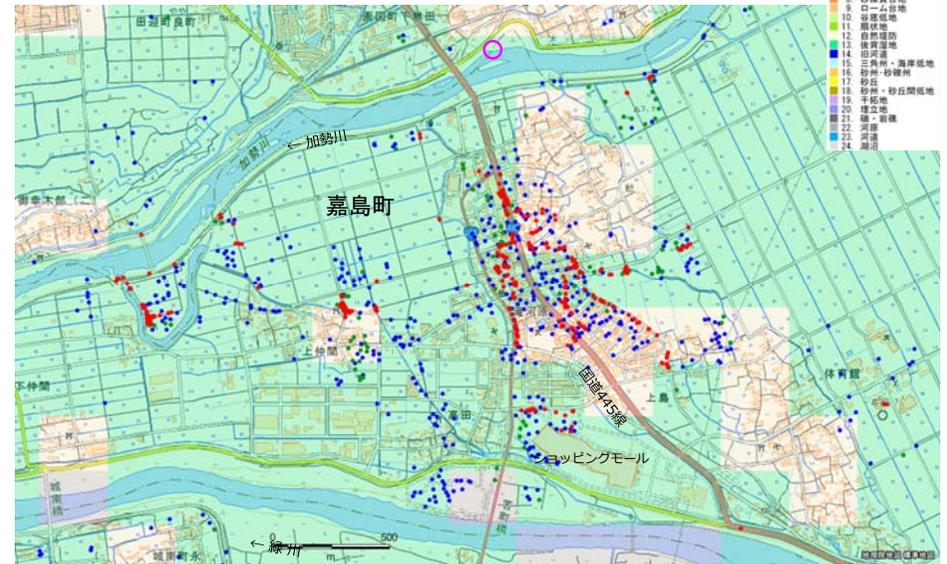
直径110cm、深さ60cmの噴砂孔

若松ほか(2016a)

加勢川・緑川沿岸地域(嘉島町)

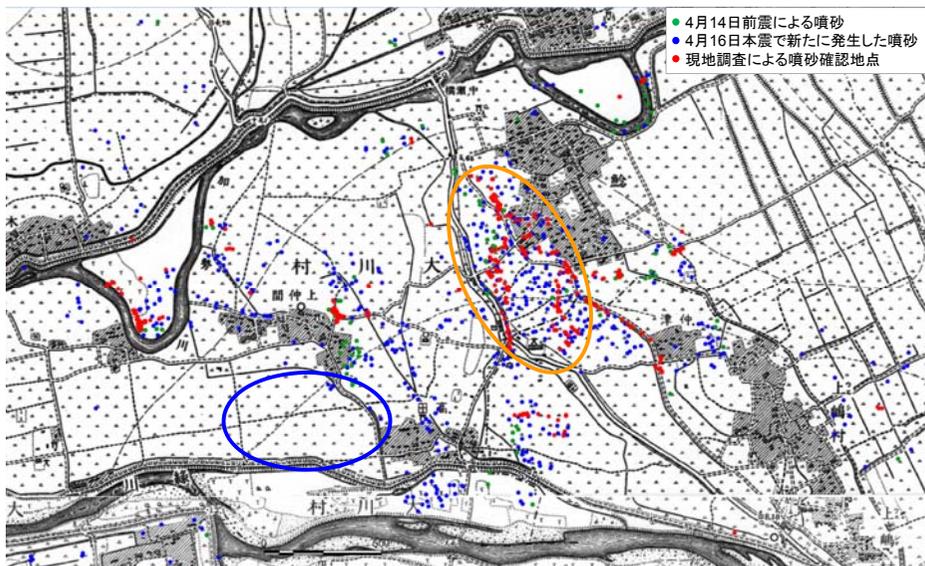


3.3-8 嘉島町付近における液状化発生地点



(若松ほか、2017)

液状化発生地点と1901年測量地形図の重ね合わせ



(若松ほか、2017)

1901年1/2万砂取・御船 35

嘉島町鯨・上島の被害(古い集落でも噴砂)



若松ほか(2016a)

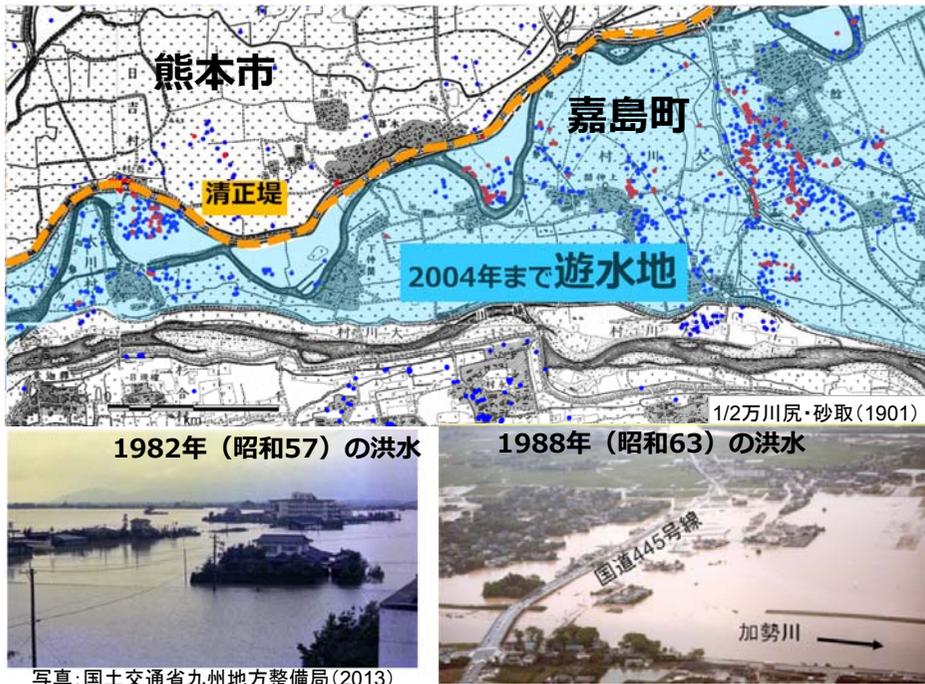
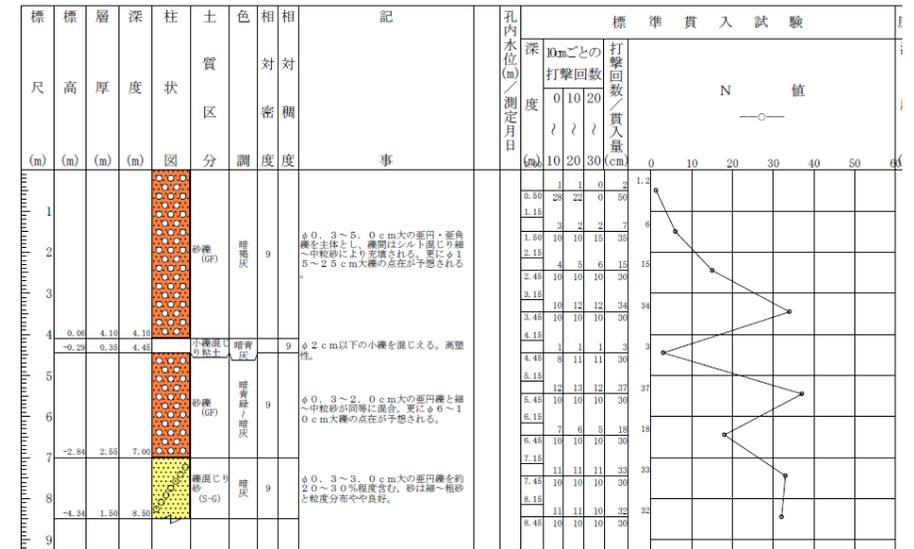


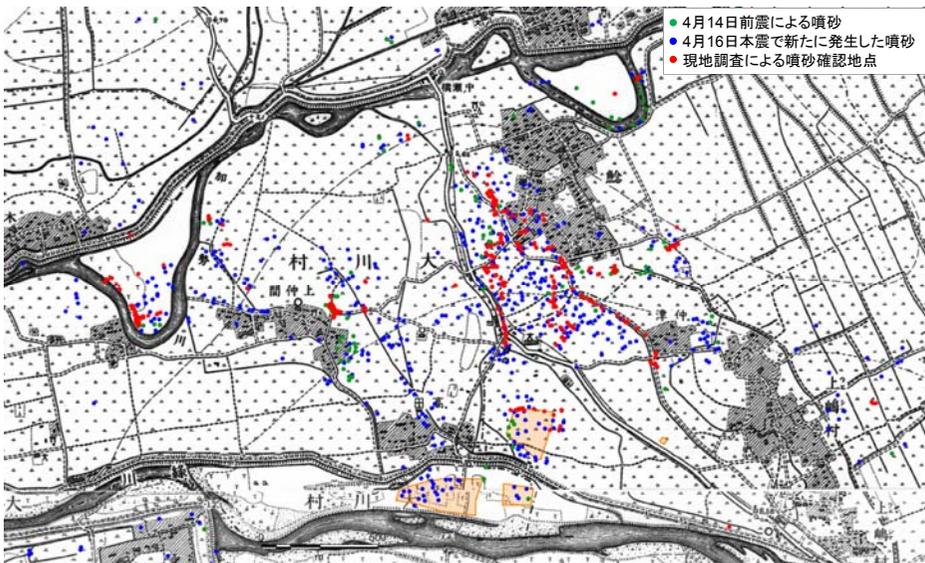
写真: 国土交通省九州地方整備局(2013)

緑川に近い地域の柱状図



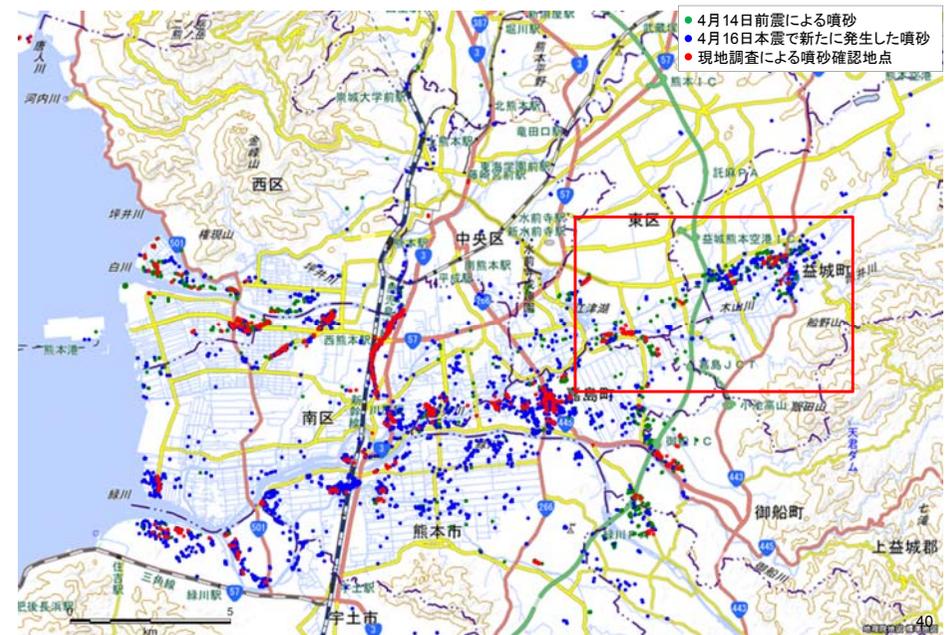
出典: 九州地盤情報共有データベース

液状化発生地点と1901年測量地形図の重ね合わせ

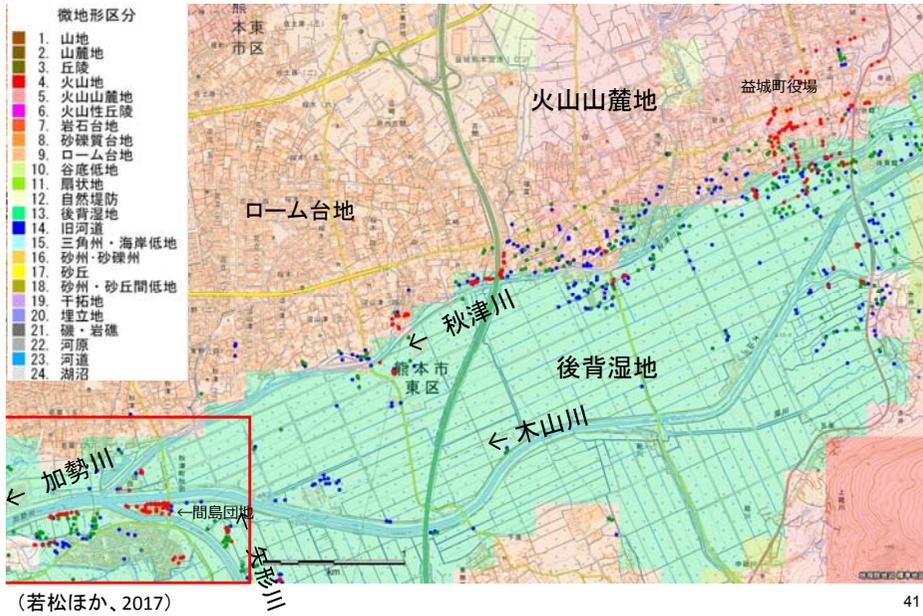


1901年1/2万砂取・御船

木山川沿岸地域(東区秋津・益城町)



東区秋津町・益城町



家屋の被害（安田進氏撮影）

木山川堤防の被害（清田隆氏撮影）



若松ほか（2016a）

2017.3（若松撮影）

図3.3-6 熊本市東区秋津付近の液状化発生地点

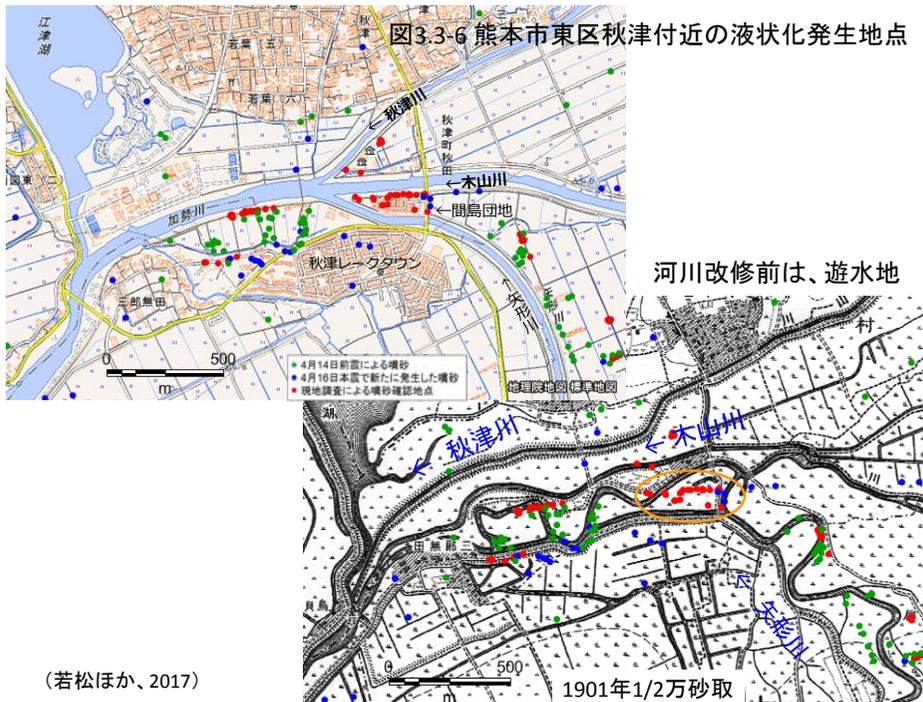
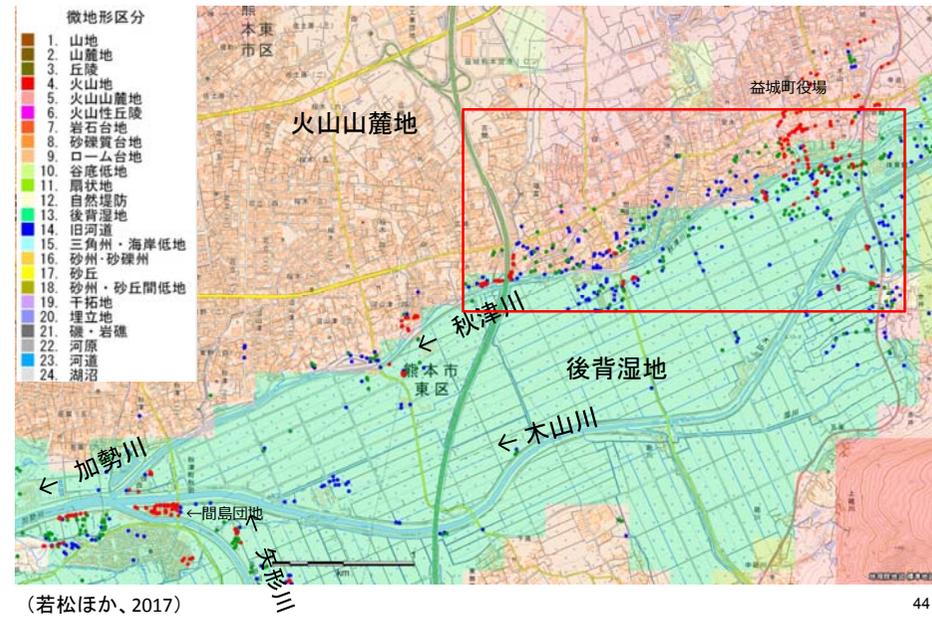


図3.3-10 益城町における液状化発生地点



（若松ほか、2017）

益城町における液状化被害



益城町広崎(若松撮影)



益城町町民グラウンド(若松ほか、2016a)



益城町農地(若松ほか、2016a)



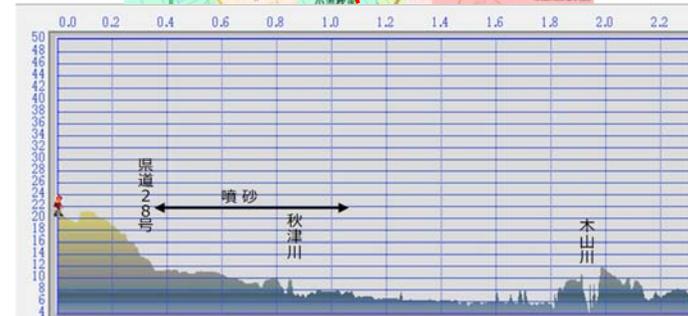
秋津川堤防の被害(清田隆氏撮影)

45

益城町における噴砂集中地区の断面

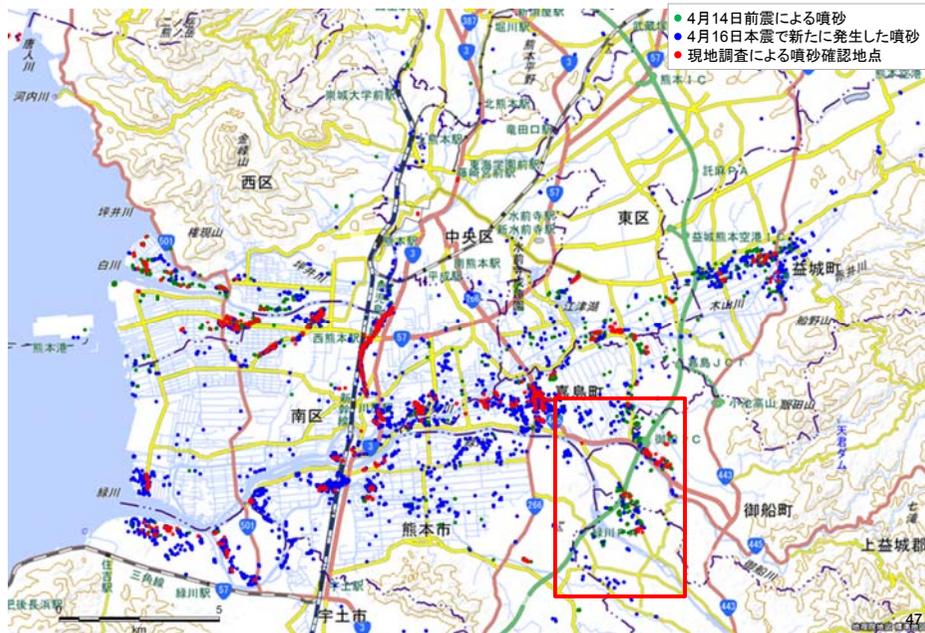


(若松ほか、2017)



46

甲佐町・御船町付近

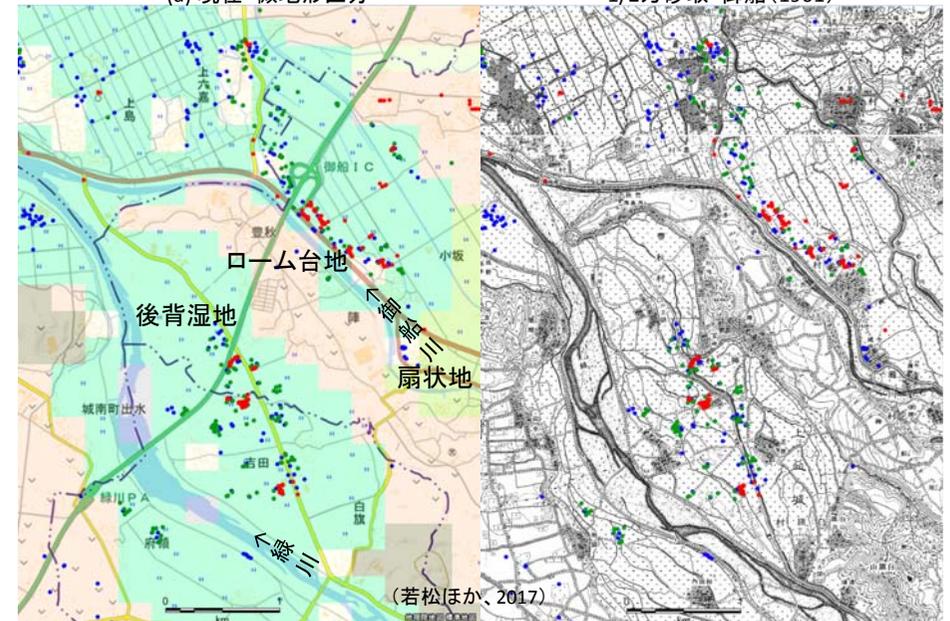


47

図3.3-9 甲佐町・御船町における液状化発生地点

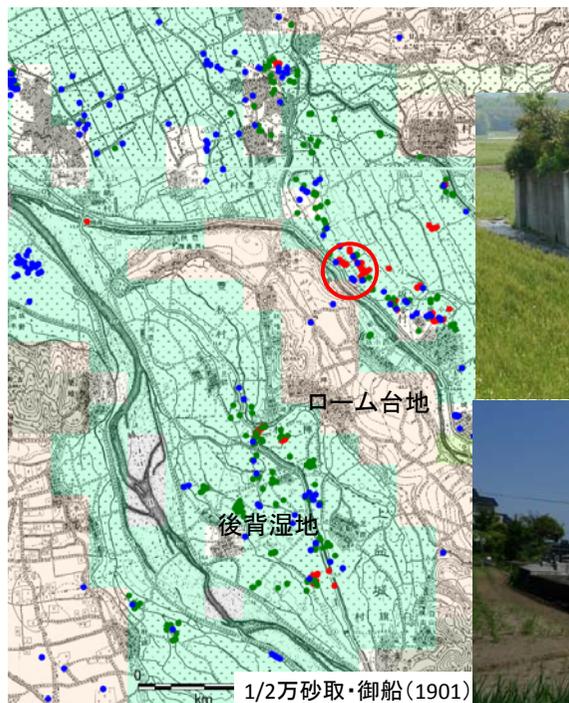
(a) 現在・微地形区分

1/2万砂取・御船(1901)



(若松ほか、2017)

御船町小坂

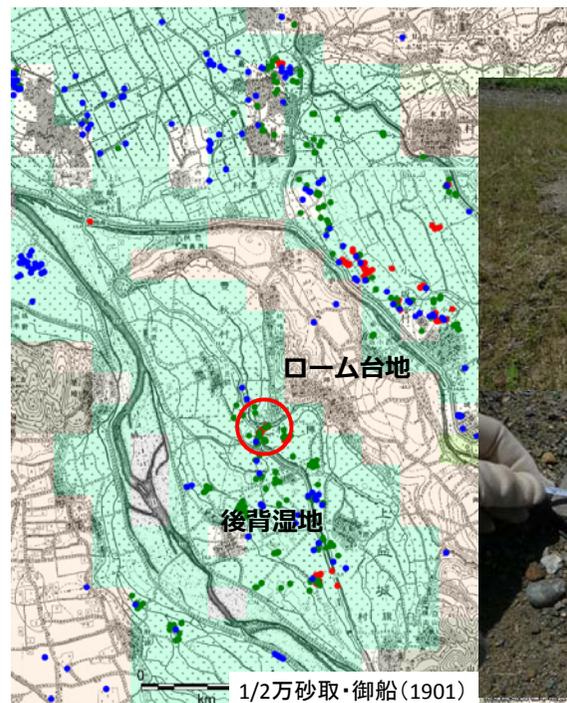


墓地の周囲で噴砂



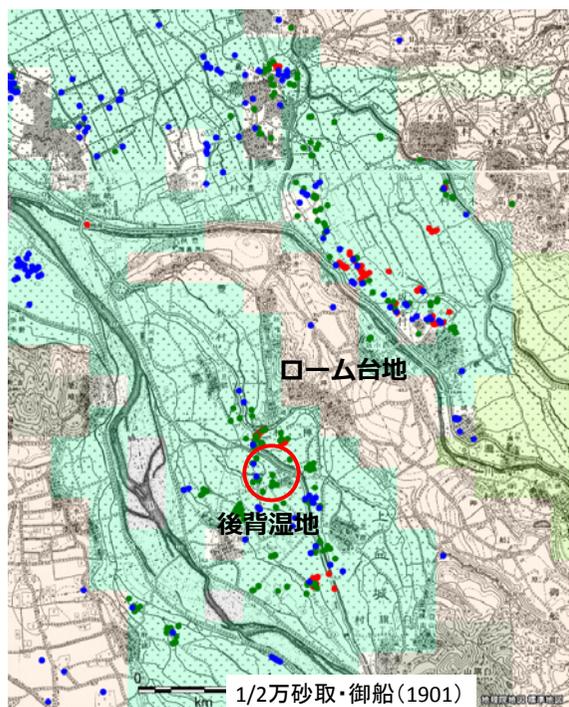
若松ほか(2016a)

御船町陣



若松ほか(2016a)

甲佐町芝原
新興住宅地(約40戸)
で液状化被害



B地区南側道路 右側の住宅が軒並み傾斜



2016.10 若松撮影



2016.10 若松撮影



甲佐町における
液状化発生地点は
■砂利の採掘跡地

(若松ほか、2017)

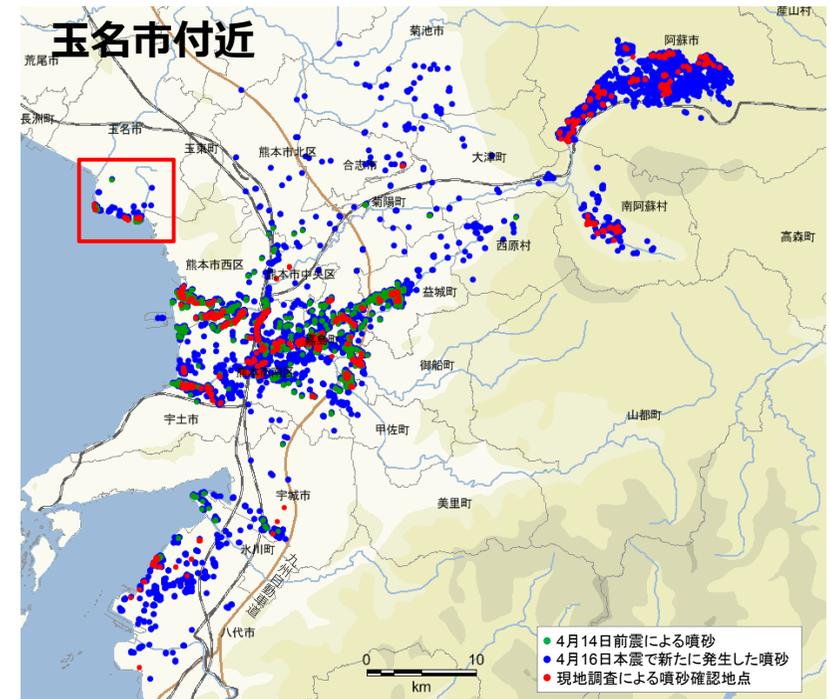
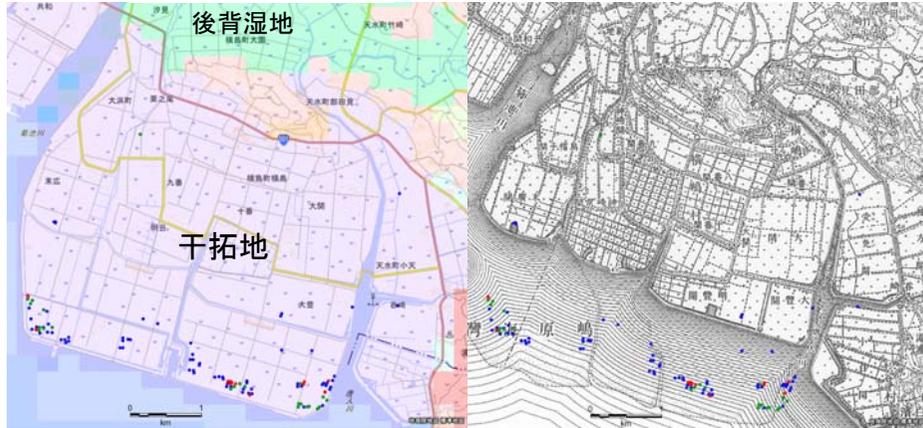


図3.3-14 玉名市における液状化発生地点

前震の震央から最も遠い液状化地点: 29.6km(大浜町)

地理院地図・微地形区分

1/5万高瀬(1900)



玉名市の被害



若松ほか(2016a)

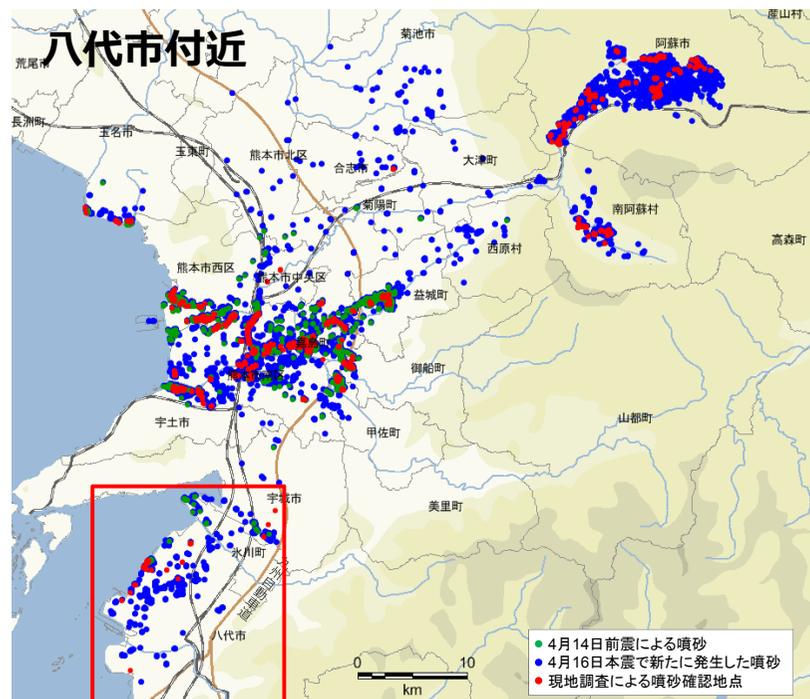
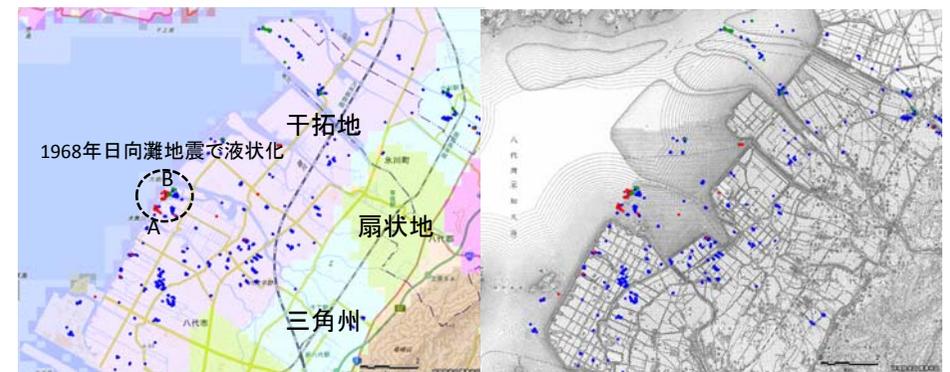


図3.3-15 八代市における液状化発生地点

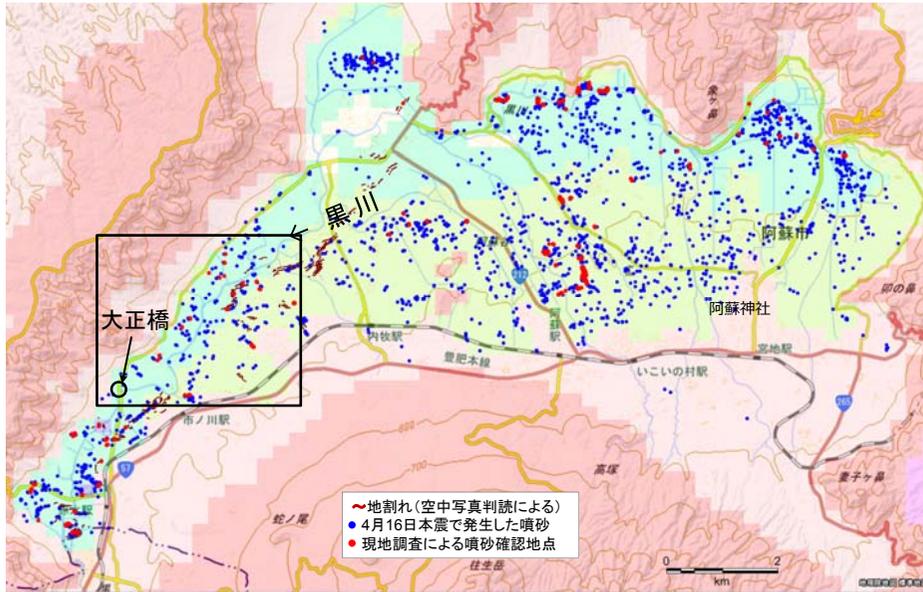
地理院地図・微地形区分

1/5万八代(1901)



(若松ほか、2017)

阿蘇市永草付近



65

阿蘇市永草付近の被害



若松ほか(2016b)

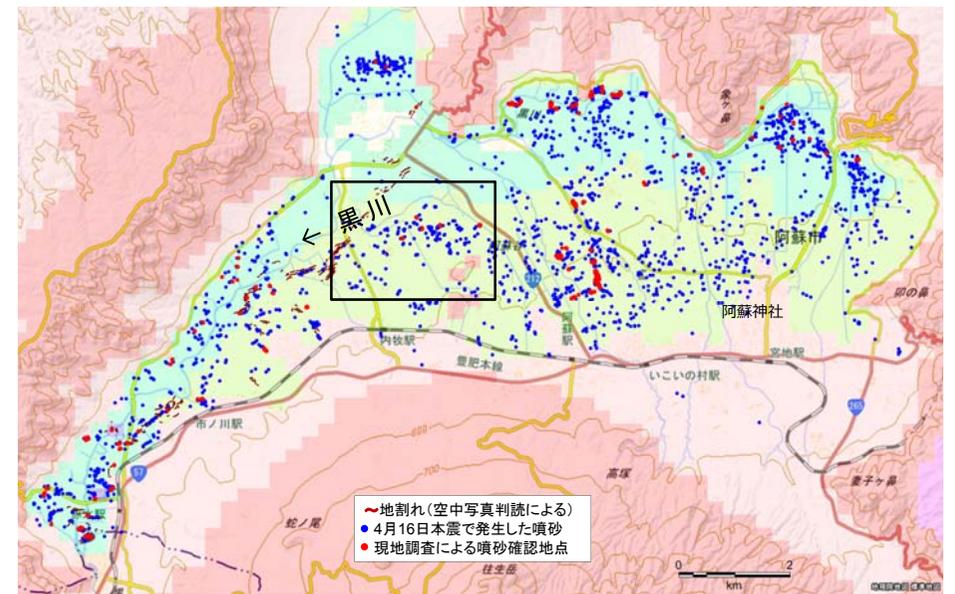
66

阿蘇市の石大正橋付近



原忠ほか(2016)

阿蘇市三久保付近

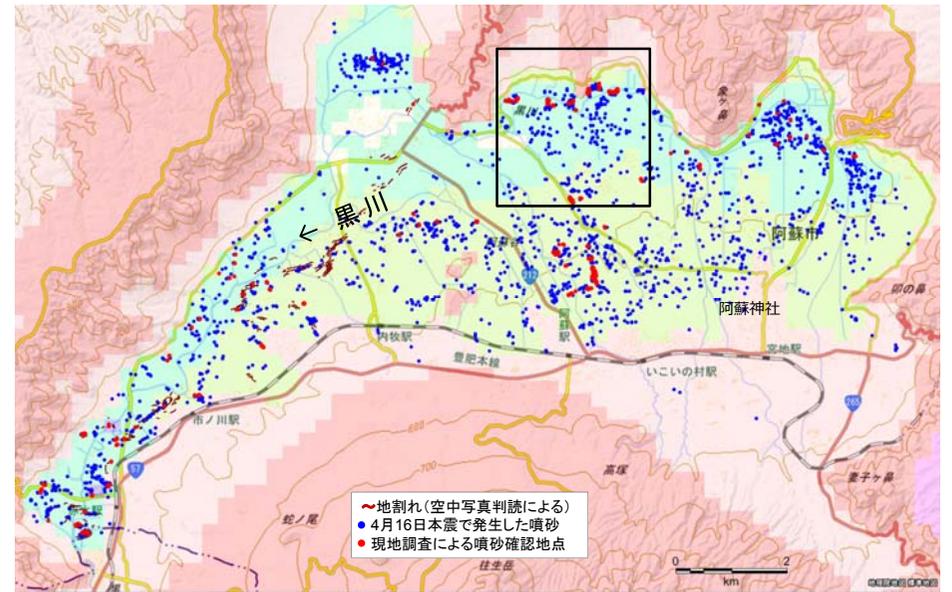


68

阿蘇市三久保付近の被害



阿蘇市小倉付近

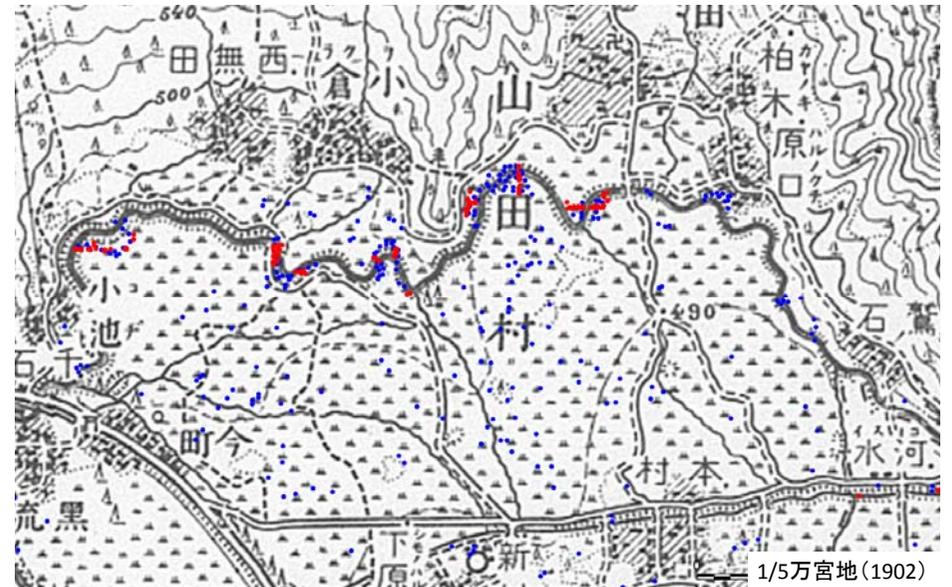


阿蘇市小倉付近の被害

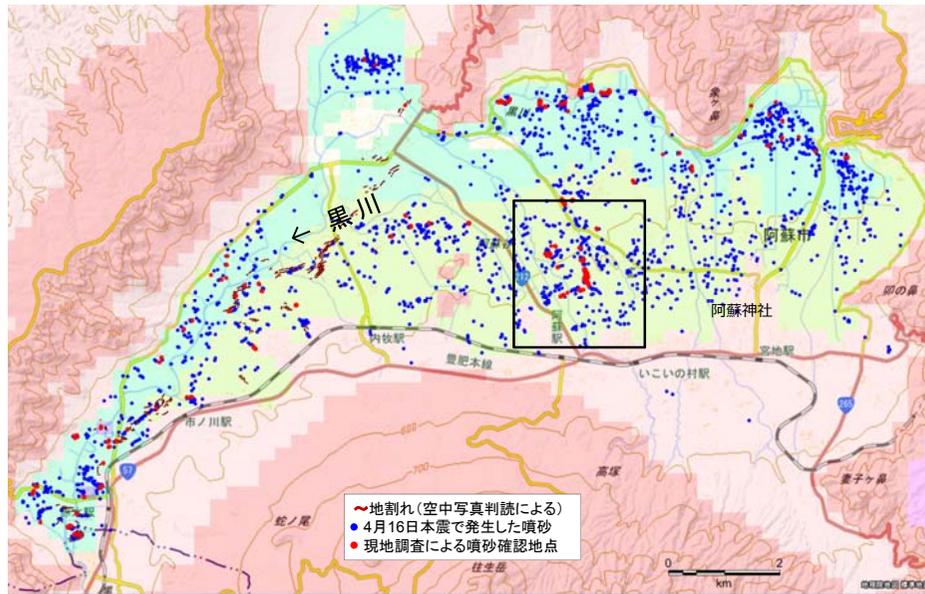


噴砂集中地点は、黒川の蛇行跡(旧河道)

(若松ほか、2017)



阿蘇市役犬原付近

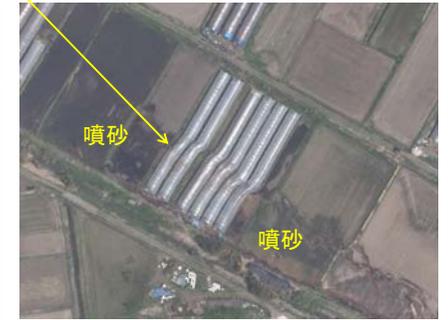


1/5万限府(1901)宮地(1902) 73

図3.3-12(b)国土地理院4/16撮影正射画像に加筆



阿蘇市役犬原



地理院地図2016/4/16撮影正射画像

阿蘇市役犬原付近の被害

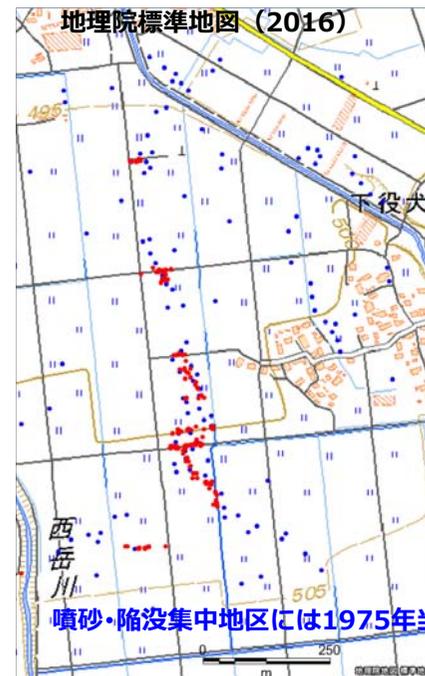
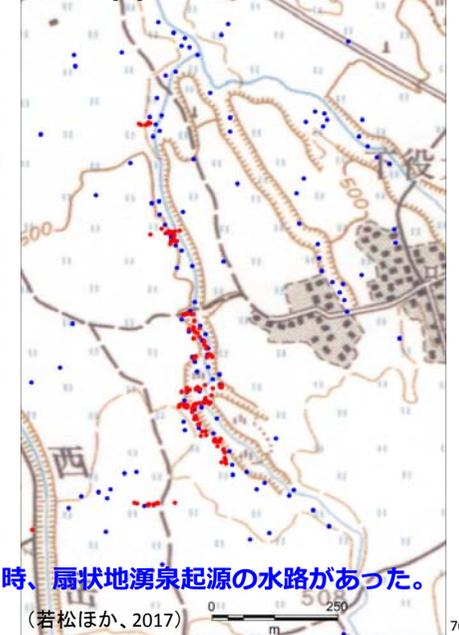


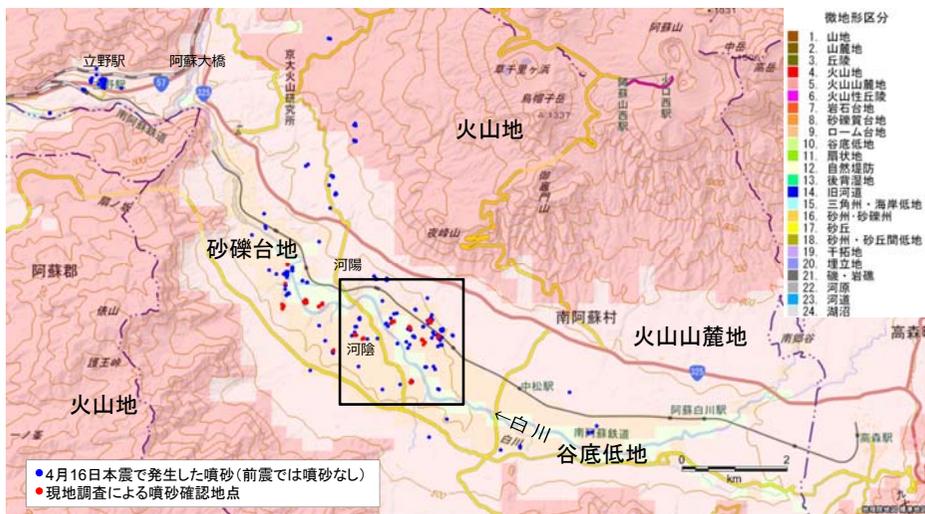
図3.3-12(a) 1975年測量1/2.5万坊中



噴砂・陥没集中地区には1975年当時、扇状地湧泉起源の水路があった。

(若松ほか、2017)

図3.3-13 南阿蘇村における噴砂の分布と微地形区分



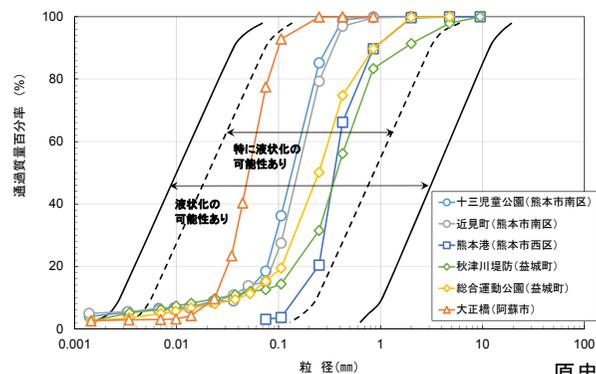
かよ
南阿蘇村河陽付近



若松ほか(2016)

熊本地震における噴砂の物理特性

地点名	ρ_s (g/cm^3)	D_{max} (mm)	D_{50} (mm)	U_c	F_c (%)	I_p
熊本市南区八分字町十三児童公園	2.725	4.75	0.14	4.0	18.50	2.9
熊本市南区近見	2.730	2.0	0.16	7.2	15.07	NP
熊本市西区熊本港	2.750	9.5	0.35	2.2	3.00	NP
益城町秋津川堤防	2.704	9.5	0.37	18.5	12.50	NP
益城町総合運動公園	2.653	4.75	0.25	8.6	15.30	NP
阿蘇市の場大正橋	2.655	0.425	0.05	4.5	77.50	NP



原忠ほか(2016)



2016/12/14
熊本日日新聞1面

近見～川尻:1300戸
30cm以上沈下:38戸

熊本市の液状化による家屋被害分布 (第2回熊本市液状化対策検討委員会資料に基づき作成)



液状化被害建物の修復

- 家屋の10cmの沈下も30cmの沈下も修復費用には大差なく、耐圧版工法の場合(地盤改良なし)、少なくとも400-500万円の費用、アンダーピニング800-1000万円を要した。
- 鋼管杭で支持されたため沈下しなかった家(無被害と見なされ、被災者生活再建支援金などの公的支援金が交付されず)でも、杭が抜け上がり、基礎下と地盤面との間に生じた。隙間の充填費用にかなりの費用を要した。

(株)WASC基礎地盤研究所:活動報告第12号(2017.10.1)を参考に作成

82

秋津町間島団地の地震約1年後



83

ぎんなん砂利の採掘跡地 甲佐町芝原

- 10年前に甲佐町が分譲した土地を購入し家を建てた。
- ベタ基礎、地盤は砂利混じりで良好とのことで地盤改良せず。
- 北西隅で30cm沈下、傾きは1.4%
- 現在アンダーピニングを施工予定(工事費は800万円)



2016年10月若松撮影

新築時の対策と液状化被害 (熊本市南区の住宅の事例)

	A邸	B邸	E邸
新築時の対策	なし	摩擦杭基礎(先端以深も液状化)	杭基礎(非液状化層に支持)
①対策費用	0	100万円	300万円
液状化被害	不同沈下90mm	不同沈下160mm	不同沈下なし、杭の抜け上がり
②被災者生活再建支援金	150万円 大規模半壊・補修	150万円 大規模半壊・補修	0
③修復費用	400万円 (耐圧版工法)	700万円(アンダーピニング工法)	500万円(抜け上がり部への重点、宅盤嵩上げ、外構・給排水やり替え)
総支出 (①+③-②)	250万円	650万円	800万円

(株)WASC基礎地盤研究所:活動報告第12号(2017.10.1)に基づき作成

宅地液状化防止事業(平成25年4月創設)

目的:液状化の再発を防止

当初は8地区→3地区(3000m²以上で10戸以上の密集地、区域内にある宅地の地権者の3分の2以上が事業に同意)、熊本市は住民負担ゼロ。

- ・熊本市南区近見(857戸、約40ha)
- ・東区秋津町間島団地(60戸、約2ha調査を5月開始予定)
- ・甲佐町芝原(約40戸):4月中に地下水位低下工法による対策工事を着手予定(実証実験をしないで対策工事実施)
- ・上記以外の被害宅地の復旧:県の復興基金による宅地復旧事業で対応(熊本市の場合:修復費から50万円を控除した金額×2/3:仮に修復費500万円の場合は300万円の補助)

86

宅地の液状化被害可能性の判定に係わる技術指針による 熊本市南区近見における判定結果(第3回熊本市液状化対策検討委員会資料)

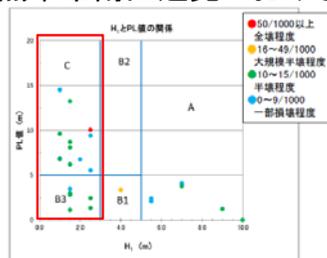


図2-5 H1とPL値の関係(水位低下前)

地下水位低下
(GL-3m)

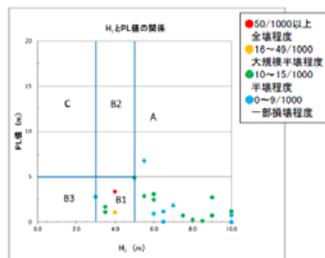


図2-7 H1とPL値の関係(水位低下後 GL-3.0m)

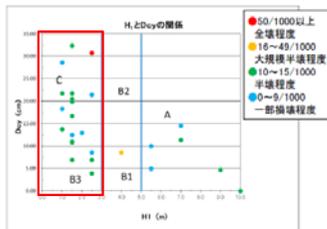


図2-6 H1とDcyの関係(水位低下前)

地下水位低下
(GL-3m)

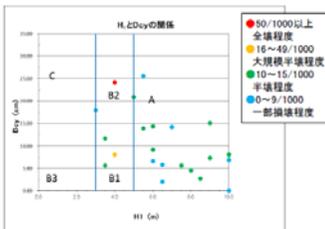


図2-8 H1とDcy値の関係(水位低下後 GL-3.0m)

地下水位をGL-3.0mまで低下させると効果があることが確認された

15

地下水位低下工法の実証実験(2018.4~2019.1)

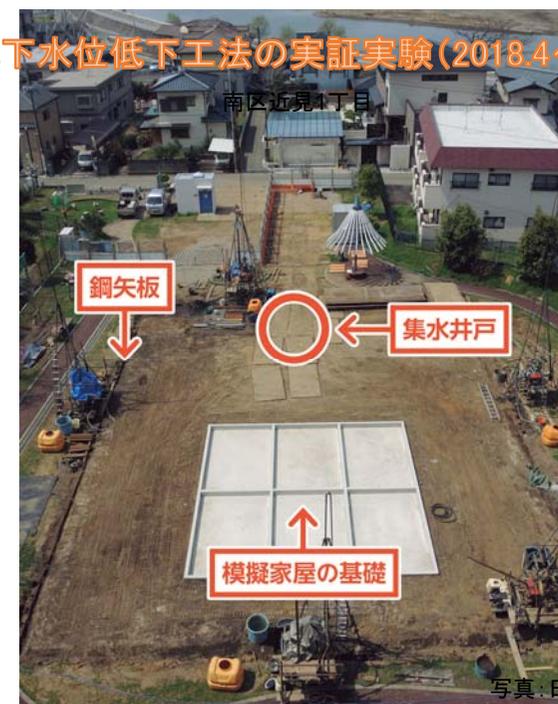
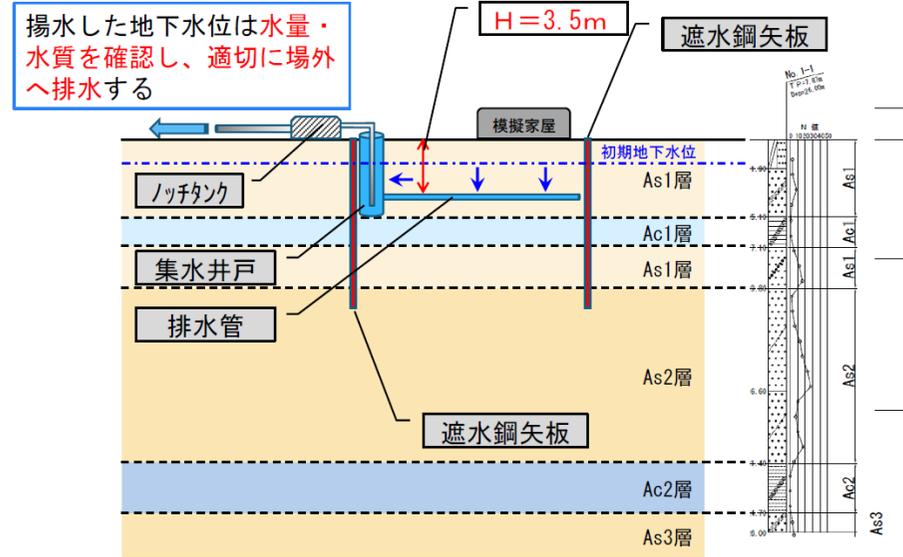


写真:日経ホームビルダー

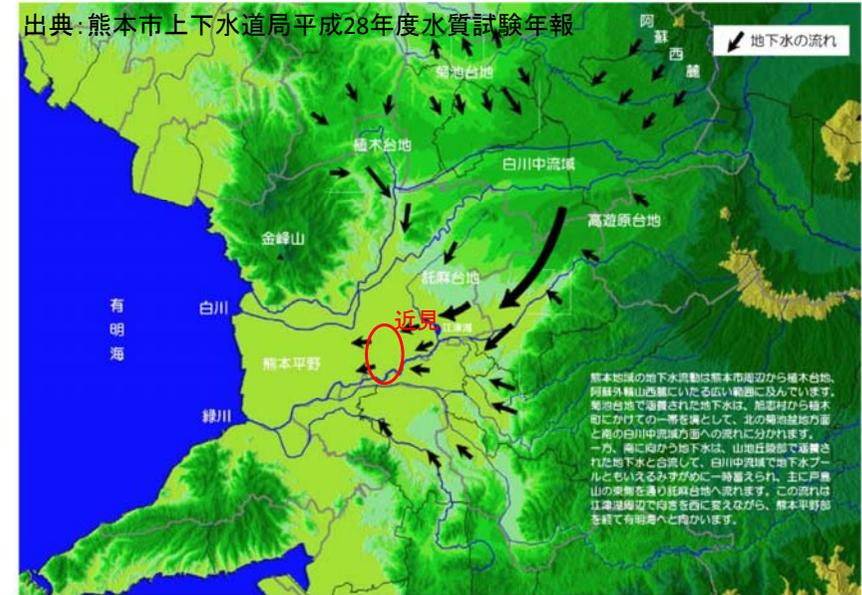
南区近見地区の実証実験の模式断面図

井戸または排水管から集水した地下水は、道路側溝に排水



(第3回熊本市液状化対策検討委員会資料)

地下水位低下による弊害も心配される 熊本地域の地下水の流れ



90

熊本地震による液状化の特徴(1)

- 液状化の発生は熊本県下の18市町村に及び、熊本平野と阿蘇カルデラ内の低地に集中していた。
- 熊本平野とその周辺地域について、14日前震直後と16日本震後の画像を比較すると、前震による噴砂地点の大部分は、本震で噴砂範囲が拡大しており、本震により再液状化したと推測される。
- 液状化発生地点の微地形区分は、熊本平野では自然堤防・後背湿地・旧河道などの河川の氾濫原のほか干拓地で多かった。阿蘇地域では、後背湿地と阿蘇火山山麓の扇状地で多かった。
- 液状化による被害は全地域を通じて農地、農業用施設、農道、河川堤防・護岸に多く、熊本平野では、電柱の沈下、建物の不同沈下、基礎杭の抜け上がりなどの建物被害が認められた。
- 噴砂は、白川流域ではヨナと呼ばれる阿蘇の火山碎屑物の2次堆積物と推測される砂が多かった。海岸部では海成砂、緑川水系の河川沿岸では細礫や直径15cmの礫の噴出が見られた。

91

熊本地震による液状化の特徴(2)

- 250mメッシュ単位の震度分布との関係性を調べた結果、震度5以上の地域において液状化発生率が急増していた。
- 同一震度における液状化発生割合を前震と本震で比較すると、概して前震に比べて本震の方が高かった。理由としては、前震で液状化し緩んでいた地盤が多かったこと、前震で地表に噴砂等が表れなかった地点においても、過剰間隙水圧が上昇し液状化し易い状態になっていたことなど考えられる。
- 液状化発生が集中した地域における土地条件を調べた結果、河川の氾濫、地形改変履歴、埋土・盛土とその材料、砂利採掘履歴、地下水条件が液状化の発生に大きく影響していたと推察された。
- 家屋の液状化被害は、熊本市では2900戸(12/13熊本市発表)、それ以外の市町村は一部地域を除いて不明。東日本大震災の浦安市や千葉市のように車両が噴砂に潜り込むような規模の液状化は発生していない。

92