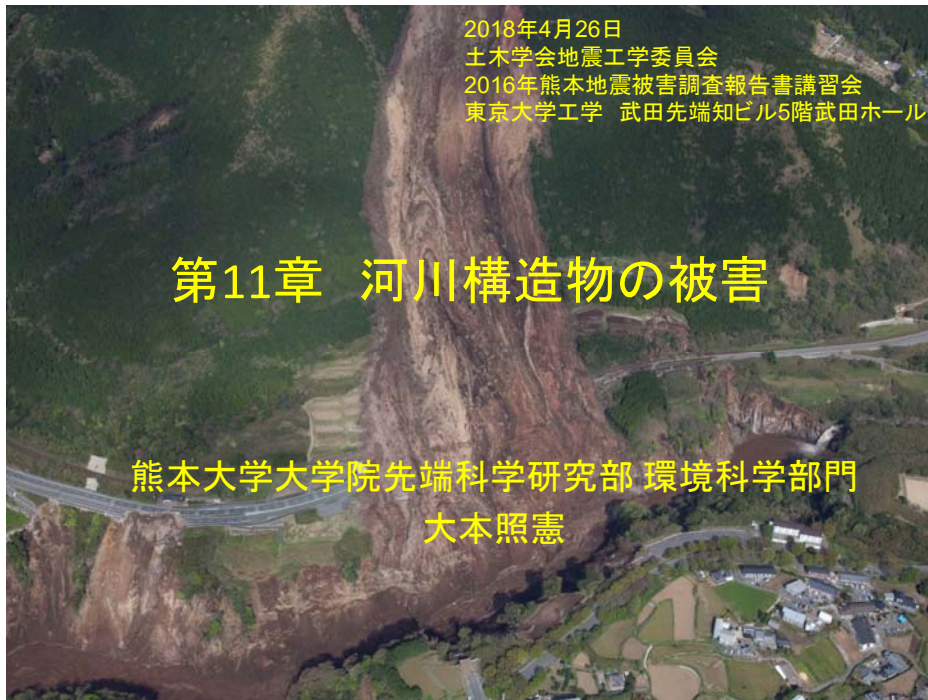




2018年4月26日
土木学会地震工学委員会
2016年熊本地震被害調査報告書講習会
東京大学工学 武田先端知ビル5階武田ホール

第11章 河川構造物の被害

熊本大学大学院先端科学研究部 環境科学部門
大本照憲

熊本大学大学院先端科学研究部 環境科学部門
大本照憲

団長: 大本照憲(熊本大学)
 幹事: 矢野真一郎(九州大学)
 団員: 二瓶泰雄(東京理科大学)
 竹林洋史(京都大学)
 赤松良久(山口大学)
 田井明(九州大学)
 木村延明(九州大学)
 平川隆一(前橋工科大学)
 田代喬(名古屋大学)
 石藏良平(九州大学:地盤工学)
 特別団員(非会員):
 小森田智大(熊本県立大学)

2

3

4

1. 熊本地震の概要(3):被害状況

- 人的被害:
死者:225名(直接死50名, 熊本県関連死167名, 6月豪雨死者5人
大分県関連死3人)
負傷者:2,673名[2017.4.14現在]
- 物的被害:
住家 全 壊 8,413棟(熊本), 9棟(大分)
半 壊 32,932棟(熊本), 202棟(大分)
一部損壊 141,218棟(熊本), 7,239棟(大分)
被害額 3兆7945億円[2016年10月, 西日本新聞]
- 公共土木施設の被害:
1,902億円(熊本のみ)
- 農林水産関連被害:
1,345億円(熊本のみ)

地域	人数	土砂災害
益城町	20	死者 15名
南阿蘇村	16	内, 6月梅雨前線豪雨
西原村	5	土砂災害による関連死
熊本市	4	5名
嘉島町	3	
御船町	1	
八代市	1	
合計	50	

5

1. 熊本地震の概要(4):河川等の被害状況

- 河川堤防の亀裂・地割れ, 河川敷の液状化や亀裂・段差の発生などの変状が多数発生した。
- 一級河川の直轄区間 <- 緊急復旧箇所 白川3ヶ所 緑川11ヶ所
緑川水系 127箇所 で堤防天端の亀裂・陥落, 堤体の沈下, 堤体の滑り崩壊, 特殊堤の損傷
特に変状が大きかった11箇所は緊急復旧工事
- 白川水系 44箇所
菊池川 1箇所 これらは全て応急対策が施された。
- 県管理・熊本市管理区間
大分県 1箇所
熊本県 318箇所
熊本市 3箇所 これらも応急対策が全て施された。
- ダム
地震発生後の4月14日~6月13日に点検
5つのダム(国管理:4, 利水:1)で小規模な被災
応急対策が施された。

6

3. 河川災害の実態

国土交通省熊本河川国道事務所のまとめ

国直轄河川の被害総額:70億円 (河床上昇に対する土砂撤去費用は含まれていない)

熊本地震によって影響を受けた国直轄区間の河川堤防の被害額

白川 : 20億円
緑川本川: 36億円
御船川 : 10億円
加勢川 : 4億円
計 70億円

熊本県土木部河川課のまとめ

平成28年熊本地震及び豪雨災害について

公共土木施設災害(県河川) 地震災害+豪雨災害 県管理河川 637箇所 229億円

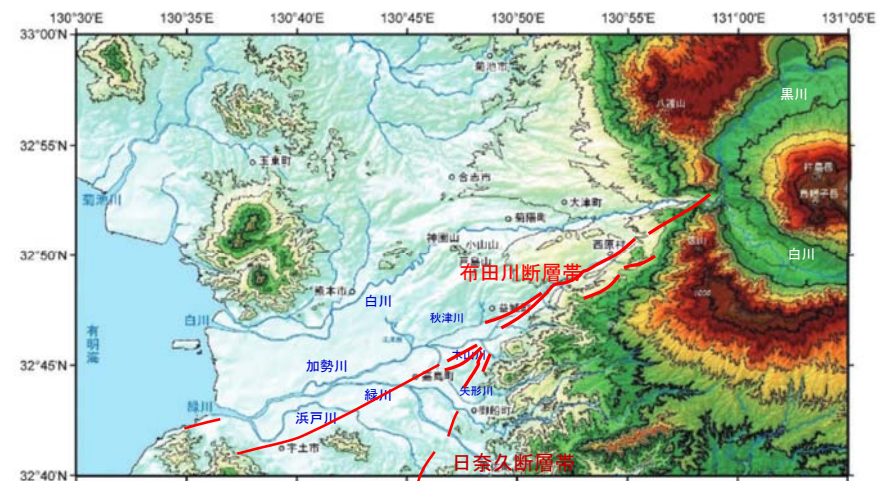
- 緑川水系 282箇所(県河川被害箇所数の44%) 138億円 (県河川被害額の60%)
・ 緑川水系のうち、木山川、秋津川、矢形川の3川で53箇所
県河川被害箇所数の8.3% 97億円(県河川被害額の42%)
- 白川水系で107箇所(県河川被害箇所数の17%) 47億円(県河川被害額の21%)
- 緑川、白川水系以外 248箇所(県河川被害箇所数の39%) 44億円(県河川被害額の19%)

- ① 震源及び活断層に近い、緑川、白川水系の被害が大きかったことがわかります。
- ② 特に、加勢川上流3川だけで、県河川被害額の4割程度を占めています。(なお、被害が河川の縦断方向に連続していたことから、1箇所あたりの復旧延長が長くなったため箇所数は少なくなっています。)

7

熊本平野の全景

白川: 幹川流路延長74km, 流域面積 480km²
緑川: 幹川流路延長76km, 流域面積 1,100km²



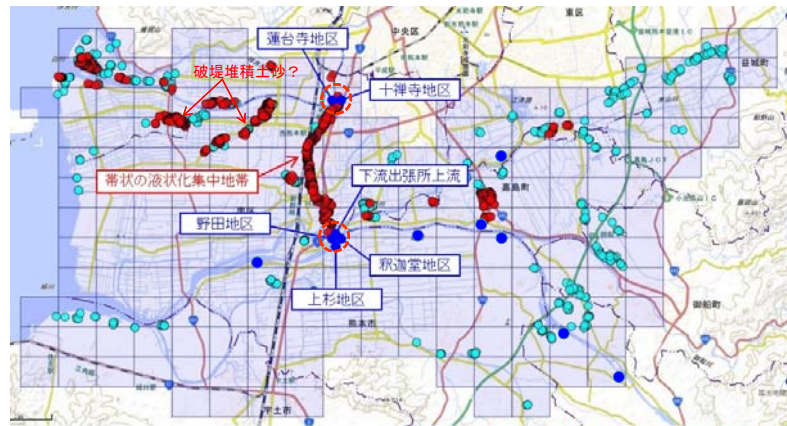
第1図 熊本地域の全景 (国土地理院 基礎地図情報データより作成 世界測地系 平面直角座標II系)。

白川・緑川の水系

活断層(国土地理院出典)

8

堤内地の液状化



出典:

「地盤工学会平成28年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)」

- 緊急復旧箇所 白川3ヶ所(新地、蓮台寺、十津寺)、
緑川11ヶ所(左岸7ヶ所 津志田、田口、永、高、釈迦堂、上杉、小岩瀬
右岸4ヶ所 下仲間、野田上流、野田下流、)加勢川下無田

9

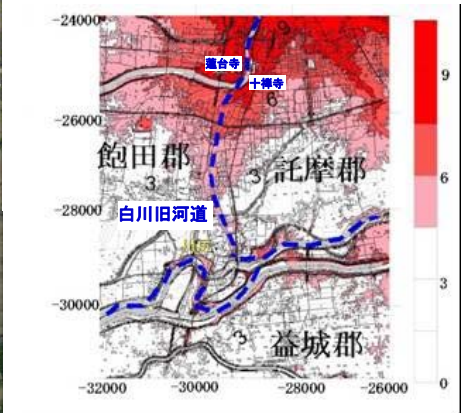
旧河道と液状化・噴砂・沈下(2016年)との関係 1/2

液状化集中地帯: 白川蓮台寺地先から緑川川尻地先に至る幅50-100m、長さ5kmに及び液状化



地盤の液状化

(福岡大・村上教授, 九工大・永瀬教授)

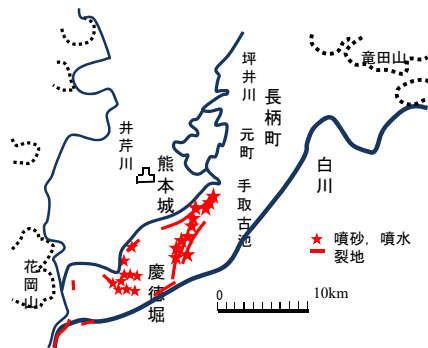


白川旧河道

大本照憲・富本和也・澤田誠一
加藤清正による流水制御法「白川の石塘」の機能評価
河川技術論文集, 第16巻, pp. 415-420, 2010. 6

10

旧河道と液状化・噴砂・沈下(1889年)との関係 2/2



熊本地震(1889年, M2.2年)における熊本市旧城下町の液状化

出典: 宮崎雅徳, 尻無演昭三: 地盤災害から見た熊本地震(1889年)の再評価, 日本建築学会中国・九州支部研究報告8号, 1990. 3

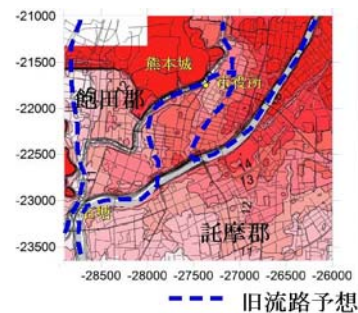


図-4 熊本市中心市街地の白川旧河道

2) 大本照憲・富本和也・澤田誠一: 加藤清正による流水制御法「白川の石塘」の機能評価, 河川技術論文集, 第16巻, pp. 415-420, 2010. 6

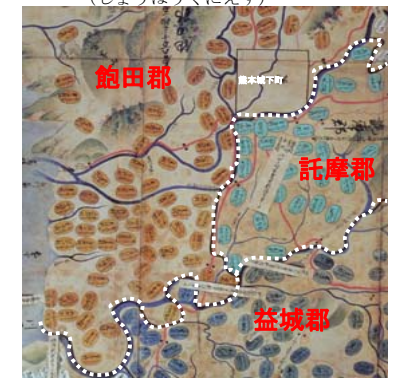
11

藩政時代の絵図

慶長国絵図(1605年)
(けいちょうくにえず)



正保国絵図(1644年)
(しょうほうくにえず)

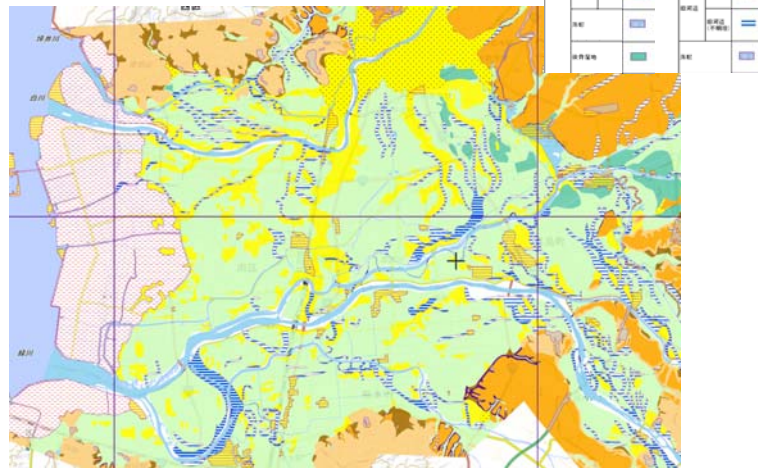


注) 「慶長国絵図」に較べ, 「正保国絵図」では熊本城付近にあった白川の蛇行は見られなくなっており, 直線化されていることが分かる。また, 両図に共通する蓮台寺から川尻に南下する郡界は, 小出博により指摘された蓮台寺で直角に曲がり, 南流から西流に変わる不自然な流れと対応している。(富田紘一氏指摘熊本市教育委員会)

12

治水地形分類図 (H19年度～)

一旧河道として認識されていない



13

白川・緑川の堤防被災箇所

(現地調査①-④: 4月22日, ⑤: 4月29日に実施)



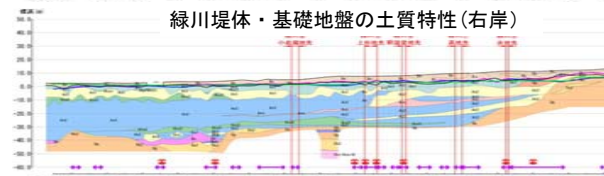
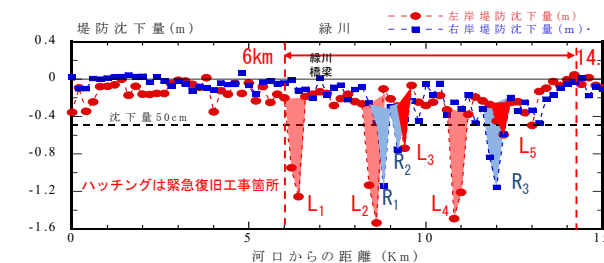
国直轄の白川・緑川堤防被災箇所(図中の番号は調査地点) (国土交通省出典)

平成28年6月上旬

国土交通省 171箇所 全て応急処置完了
熊本県 350箇所 2割対応
市町村 170箇所 1割対応

14

緑川の堤防損傷



緑川堤体・基礎地盤の土質特性(左岸)



大規模縦断亀裂箇所の特徴
・堤体材料が砂質土
・堤体下部が地下水位以下で飽和土
・同位置の細粒土砂含有率
Fcが35%以下
(国土交通省報告)

	緑川縦断亀裂	
	左岸	右岸
箇所数	25/36	10/31
累加距離	7.53 Km	5.34 Km
縦断亀裂発生率 (0km~22.4km)	34%	24%
緊急復旧工事箇所	7	3

緑川では右岸に比べて左岸堤防で被害大

原因として
・地震外力
・堤体の強度

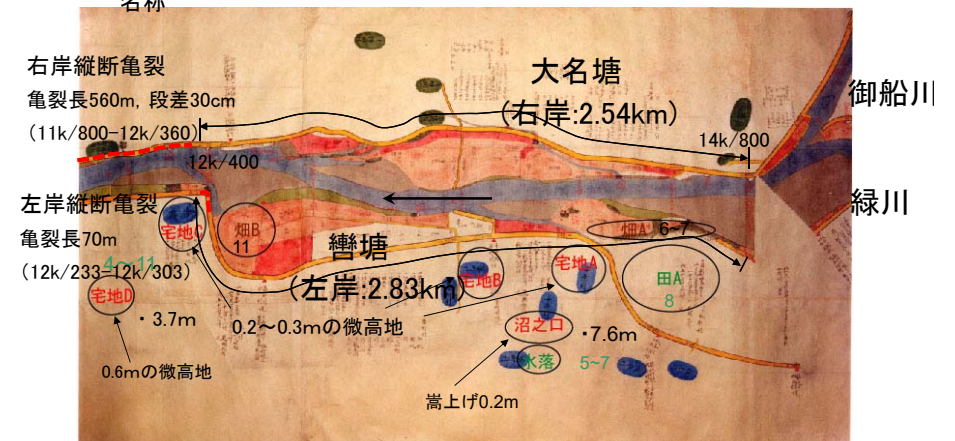
国土交通省資料提供

15

桑鶴の轡塘 土地の利用形態

- 御船川を加勢川から緑川に付替えた際に合流点処理として桑鶴の轡塘の堤防形態を考案。
- 右岸は、左岸に比べて堤体の強度を高め、大名塘と名称

	面積 (ha)
大名塘	26.65
桑鶴	87.89
計	114.54

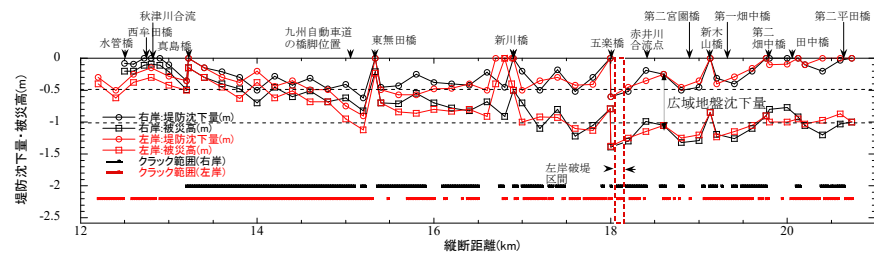


肥後藩絵図(江戸時代後期)にみられる桑鶴の轡塘

16

木山川堤防損傷

		縦断亀裂 累加距離 (km)	堤防総延長 (km)	縦断亀裂 発現率 (%)	地震前 堤頂高 (m)	地震後 堤頂高 (m)	堤頂高 位置 (km)
木山川	右岸	49	823	60	7.6	7.29	13.4
	左岸	598	8.53	70	7.6	7.29	
秋津川	右岸	292	6	49	8.4	6.86	0.6
	左岸	337	6	56	7.9	6.9	
矢形川	右岸	14	82	17	8.64	8.0	0.6
	左岸	13	82	16	8.65	8.11	



木山川・堤防沈下量の流下方向変化

熊本県土木資料提供

木山川の越流破堤

(2016年6月21日未明)

甲佐町 6月21日00:19

1時間最大降水量150mm/hr: 全国で史上4位



出典: 朝日新聞 6月21日午後1時32分



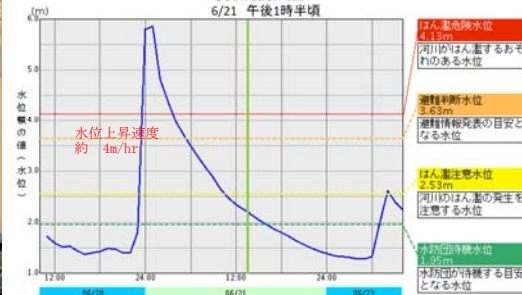
被災後の河道 6月23日17時頃



氾濫後の堤内 6月23日17時頃

木山川赤井観測所での水位変化

写真の撮影時点
6/21 午後1時半頃



出典: 名大・田代先生

18

破堤箇所の緊急復旧



右岸より照明



熊本県土木部は6月21日の木山川破堤に対し徹夜の復旧工事(6月23日17時)

加勢川水系の改修史 1/2



加勢川水系 1948年
1947年 21,332人



加勢川水系 1967年
1970年 18,918人

加勢川水系の改修史 2/2



加勢川水系 1978年
1980年 24,269人



加勢川水系 1999年
2000年 32,160人
2014年 33,386人

まとめ

2016年熊本地震と河川災害との関係は時間スケールを大きく取り、治水史的視点より考察した。得られた結果を要約すれば以下の通りである。

- 1) 白川の蓮台寺地先から緑川の川尻地先に亘る幅50-100m、長さ5kmに及ぶ帯状の液状化集中地帯と白川の旧河道の予測とはほぼ一致することが認められる。帯状の液状化集中地帯から白川が旧河道では蓮台寺付近から南流し川尻付近で緑川に合流していた可能性が更に高まった。
- 2) 白川右岸・蓮台寺、白川左岸・十禅寺地区の河口上流8.6km-8.8kmの区間で特に液状化が顕著であり、河口より8.6km上流の右岸堤防で最大沈下量64cmである。堤防の沈下量が大きい場所では明瞭な噴砂丘が確認され、堤体下部で液状化が発生したことが分かる。蓮台寺および十禅寺地区は急角度で蛇行する氾濫しやすい場所で且つ白川旧河道の上流端に当たり基礎地盤が相対的に緩い地盤であったことが考えられる。
- 3) 緑川の左右岸での堤防の損傷を河口上流6km-14.4kmの区間で比較すれば、堤防の損傷レベルは相対的に右岸に較べて左岸で大きいことが認められた。この原因として約400年前の緑川と御船川の合流点処理（桑鶴の轆塘）として、右岸側の大名塘に較べて左岸側の轆塘では越流を許容する堤防形態で左岸側は右岸側に較べて堤防は弱く造られていたことが示唆される。
- 4) 震度7を2回経験した木山川水系では堤防縦断亀裂の発生割合は、木山川では左岸70%、右岸60%、秋津川では左岸56%、右岸49%、矢形川では左岸16%、右岸17%であった。木山川においては橋梁がある場所では堤防沈下量および被災高はゼロに近く液状化の影響を小さいことが認められた。
- 5) 2016年6月21日未明、緑川水系の支川である木山川と赤井川の合流点より200m下流の左岸において越流破堤した。右岸では堤頂がアスファルトで舗装されているのに対して、左岸は土堤であり2016年熊本地震による堤体の損傷が左岸側で大きいことから、破堤の一因であったことが示唆される。
- 6) 住宅密集地である秋津川右岸側の洪水氾濫の危険性を低下させると共に、三川合流後の緑川支川である加勢川の治水安全度を改善するために木山川の堤防高さを相対的に低くし、更に、木山川の両岸の氾濫場所は市街化調整区域に設定している。現在の総合治水、流域治水の考えは昭和42年以前の河川改修で既に実践していたことが認められる。

謝辞

本調査・研究を遂行する上で、国土交通省熊本河川事務所および熊本県土木部河川課から堤防の液状化について貴重なデータを提供して頂いた。ここに記して、深甚の謝意を表します。