

## 7. 河川・港湾被害

### 7.1 河川災害

#### 7.1.1 2016年4月熊本地震と河川災害

2016年4月14日および4月16日の2度にわたり熊本県益城町においては震度7、熊本市では震度6強および6弱の直下型地震に見舞われた。このため、国直轄の白川水系および緑川水系、さらには熊本県の管理河川である秋津川、木山川および矢形川では堤防に大きな損傷を受けた。出水期までに若干の時間的余裕が在ったことが幸いし、国土交通省および熊本県は河川管理施設の緊急点検を行い、被害の大きい箇所に対しては緊急復旧工事を実施した。出水前に堤体の損傷が大きい箇所数は、国土交通省171箇所、熊本県350箇所、市長村170箇所であり、平成28年6月上旬に応急処置が完了したのは、国土交通省100%、熊本県20%、市町村10%であった。

国土交通省および熊本県では、河川堤防に対する緊急復旧工事を実施すると共に、河川の監視体制に加えて、堤防の損傷および白川の河床上昇により治水安全度が低下したことに對して水防警報および洪水予報の基準水位の暫定的引き下げを実施しソフト対策の強化を図った。

これらの対策が功を奏し、幸いにも河川災害による人的被害としての死者は無く、後述する木山川の破堤氾濫による物的被害が挙げられる。なお、熊本地震による堤防の被害額は以下の通りである（表7.1.1）。

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

熊本県土木部のまとめ

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%）注）

- ・震源及源及び活断層に近い、緑川、白川水系の被害  
が大きい。
- ・加勢川上流3川だけで、県河川被害額の4割程度を  
占める。

（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比較的少い。）

表7.1.1 国土交通省熊本河川国道事務所のまとめ

#### 7.1.2 堤内地の液状化と旧河道

図7.1.1は、国土地理院による熊本平野および活断層を示す。図7.1.2および図7.1.3は、地盤工学会平成28年熊本地震地盤調査団液状化班<sup>1)</sup>による堤内地の液状化した場所を示す。現地調査および空中写真判読から熊本平野では広範囲に液状化集中地帯が確認出来る。

ところで熊本平野は、白川と緑川の氾濫土砂によって形成された沖積平野であり、熊本市の上水の100%が地下水で賄われていることから分かる様に、地下水の豊かな場でもある。また、白川は、幹川流路延長74km、流域面積480km<sup>2</sup>であり、阿蘇火山のカルデラは流域面積の8割を占め、北側である阿蘇谷を流れる黒川と南側の南郷谷を流れる白川が南阿蘇村河陽で合流し、急流の多い上・中流域を抜けると熊本市を貫流し、有明海に注ぐ一級河川である。その特徴は出水に伴って大量の土砂が排出されることで、1953年（昭和28年）6月26日の白川水害では市街地に大量の泥（新規火山灰ヨナ）が流入したことで知られている。一方の緑川は、阿蘇外輪山の南側に位置する熊本県上益城郡清和村の三方山（標高1578m）を水源とし、流域面積1100km<sup>2</sup>（山地793km<sup>2</sup>、平地307km<sup>2</sup>）、幹川流路延長76kmの一級河川である。上流域では河床勾配1/250で高峻な山岳地帯を流下し、中流域では1/600～1/1000、下流域では1/2500～1/3000の勾配を有し、右支川の御船川、加勢川、天明新川および左支川の

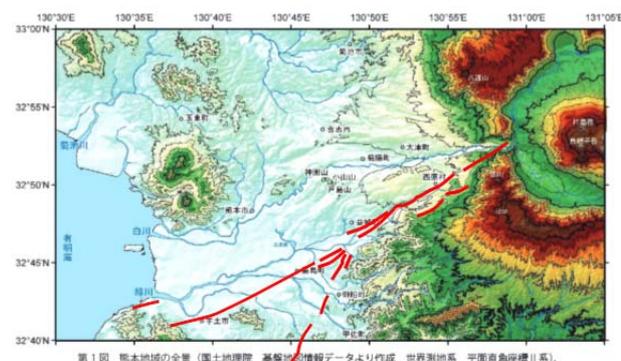


図7.1.1 熊本平野と熊本地震（出典：国土地理院）



図 7.1.2 堤内地の液状化  
(出典：地盤工学会 H28 年熊本地震災害調査団)



図 7.1.3 帯状の地盤変状  
(出典：地盤工学会 H28 年熊本地震災害調査団)

津留川（旧名：佐俣川），浜戸川と合流して有明海に注ぐ一級河川である。

小出博は、「日本の河川-自然史と社会史-」（1972）の中で白川と緑川の河道について

「・・・白川は緑川とともに，熊本平野の北側と南側を平行して東西に流れている．・・・1つの共通した平野の中を並行して別々に流れる河川は，西南日本では熊本平野の白川と緑川だけである。」と記し，更に続けて，

「・・・現在の白川の流路は地形的にいかにも不自然な流れである．ことに平田町（蓮台寺）で直角に曲がり，南流から西流に変わるあたりで，このことが強く感ぜられ，この流路が自然にできたものかどうか疑問を抱かせる．しかしこれは疑問に止まって，それ以上の進展はいまのところ望めない。」と述べている。

著者らは，古文書や絵図の文献調査に加えてレーザー・プロファイラーのデータを基に地形解析を実施し，白川，坪井川および井芹川の旧河道を検討した<sup>2)</sup>。

図 7.1.4 は 1605 年に徳川幕府の命により加藤家に作らせた「慶長国絵図」<sup>3)</sup>の一部である。この絵図には，熊本城，郡名，郡高，田方面積，畠方面積を朱書している。また，国堺は黄土色，郡堺薄紫色に近い。図より，白川は本庄付近で大きく北に湾曲し，その頂部で坪井川に合流後，本山付近で現在の河道に戻る。井芹川は熊本城の西側を通り，古町のあたりで大きく西に曲がり，高橋方面へ流れている。現在の河道と大きく異なる点は白川が北に蛇行して熊本城に迫り，その直南，現在の熊本市付近で坪井川と合流して流れていること，井芹川が現在の花岡山の西側では無く，東側を通る河道となっていることである。

図 7.1.5 は，幕府が正保元年（1644 年）に加藤氏に代わって細川氏に作成を命じた「正保国絵図」<sup>3)</sup>の

一部である。図中には，郡界を白色の波線で示し，郡名を記している。

図 7.1.4 の「慶長国絵図」に比べ，図 7.1.5 の「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，図 7.1.4 および図 7.1.5 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。

郡界は，川を郡境とする場合が多く，白川の旧河道は蓮台寺から川尻に向かって南流し川尻で緑川に合流していた可能性を有している。この様に解釈すれば川尻の地名は白川の末端を意味することが窺われる。この点については，さらにレーザー・プロファイラーのデータを地形解析した。

図 7.1.6 は，「熊本城下絵図」（1819 年以前）<sup>3)</sup>の一部を示したもので，熊本城下における街路，武家屋敷，寺社，町屋の配置状況を概括的に知ることが出来る。図中の波線は，後述のレーザー・プロファイラーのデータから地形高の低い部分を白川旧河道と見立て，図中に落とした線である。図の波線上では，田圃や川掘りがある。

なお，富田<sup>4)</sup>は，「慶長国絵図」と郡界を基に，熊本城周辺で大きく湾曲した白川旧河道を推定しており，レーザー・プロファイラーから推定された図中の波線に近い形状であることが認められた。

図 7.1.7 は熊本平野の等高線をメートル単位で示す。平野の北側に白川，南側に緑川が東から西に向かって流れている。地形高は，全般的に北東から南西に向かって低くなっており，地形は大まかに東西方向で 1/600，南北方向に 1/400 の勾配である。

図 7.1.8 は白川が南流から西流に急激に向きを変

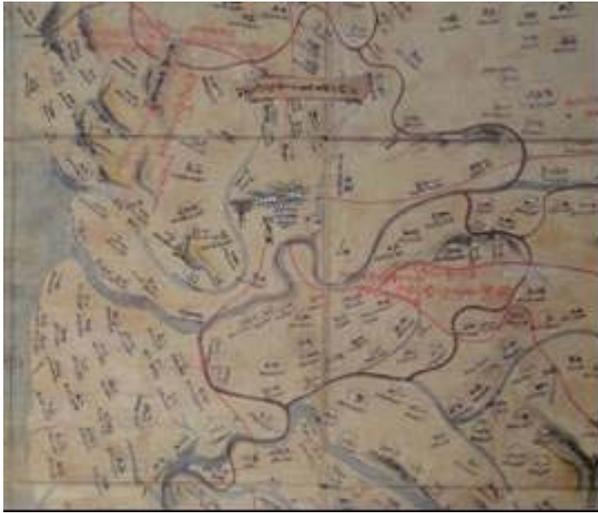


図 7.1.4 慶長国絵図 (1605)



図 7.1.5 正保国絵図 (1644)



図 7.1.6 「熊本城城下絵図」(1819年以前)

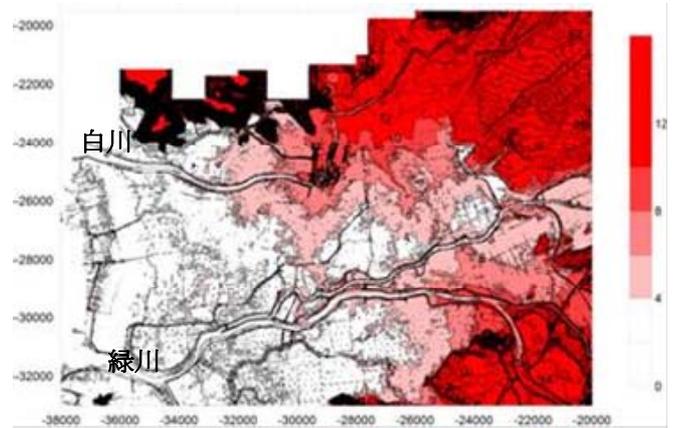


図 7.1.7 熊本平野の地形高

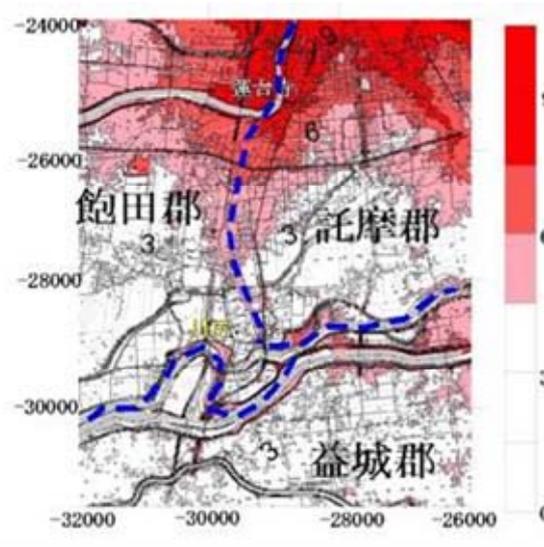


図 7.1.8 旧流路と地形高

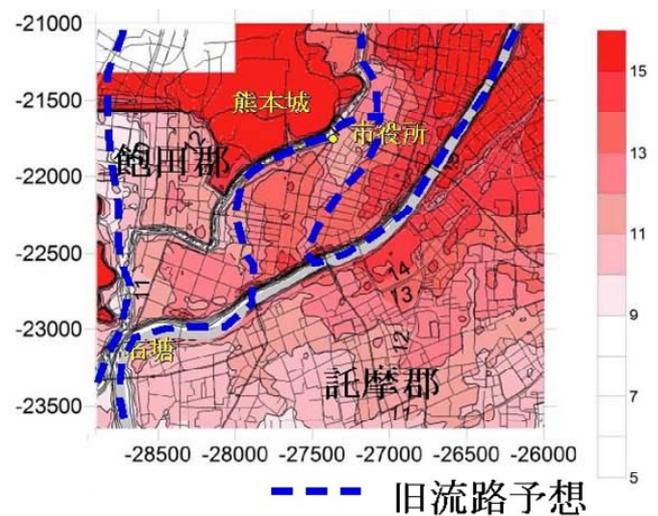


図 7.1.9 旧流路と地形高

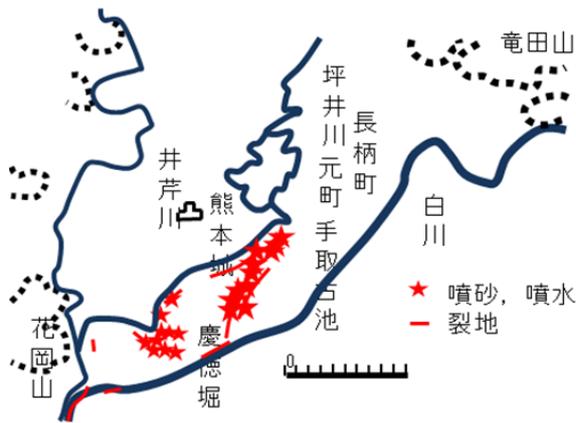


図 7.1.10 熊本地震(1889年)における  
熊本市旧城下町の液状化

える蓮台寺から川尻の間の等高線を示す。白川は洪水時には阿蘇の新規火山灰“ヨナ”を大量に含んで(昭和28年6月26日水害では試算された体積土砂濃度10%)流下し、下流域は氾濫土砂によって自然堤防が形成されるために天井川と成りやすく、堤防周辺で地形が高く、堤防から離れるに従って低くなる傾向がある。

図より地形は蓮台寺付近で高く川尻に向かって低くなることが読み取れる。また蓮台寺付近を起点とすれば、東西方向の勾配が約1/750であるに対して、南北方向の勾配が約1/350であることから南北方向の地形勾配が大きい。また、図中の波線は「正保国絵図」の郡界を示す。

図中の郡界線は、地形高の峰部に当たることが分かる。白川の右岸は飽田郡、左岸側は詫摩郡であり、緑川の左岸側は益城郡と考えれば、川は郡界として利用されていた可能性が高い。また、菊池川の高瀬と緑川の川尻は近世においては肥後における代表的な年貢米等の物資集積港であった。川尻の地名は、緑川との位置関係から不自然であり白川の末端から名付けられたことが想像される。

図 7.1.9 は現在の熊本市の中心市街地の地形高を示す。図中の波線は「慶長国絵図」から白川が本庄付近で大きく北に湾曲し、その頂部で坪井川に合流後、本山付近で現在の河道に接続していることを参考に、地形高の低い箇所から旧流路を推定したものである。また、この河道湾曲部を図 7.1.6 の「熊本城下絵図」にプロットしたのが図中の波線である。図より大きく湾曲した波線上の旧流路に着目すれば、現在の熊本市役所付近で最も地形高が低く、白川と坪井川が合流していた可能性が高く、さらに図 7.1.6 の「熊本城下絵図」からその上流側では田圃が、さらにその下流側では川掘りが見出される。上記より、白川の旧流路は、

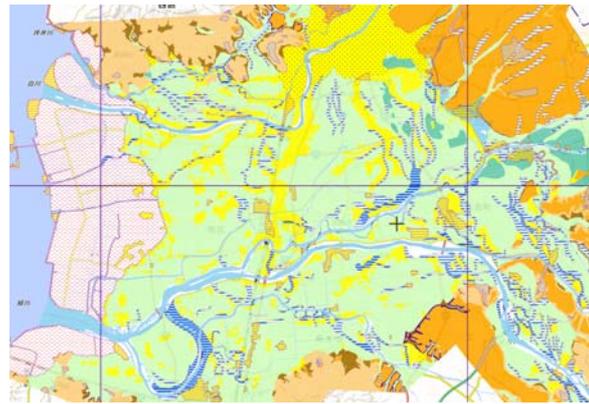


図 7.1.11 治水地形分類図(H19年度)  
黄色のハッチング：微高地（自然堤防）

図 7.1.9 の波線で示された可能性が高く、清正時代はこの湾曲部の括れ部分を短絡させたものと解釈出来る。

図 7.1.3 に示された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図 7.1.9 に示された白川の旧流路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ことが窺える。

一方、図 7.1.9 で予想した熊本市中心市街地における旧河道には液状化は見出されていない。しかし、明治22年(1889年)熊本地震<sup>5)</sup>においては熊本市旧城下町で噴砂、噴水、裂地で表された液状化地帯(図 7.1.10)と図 7.1.9 で予想した熊本市中心市街地における旧河道とは一致することが分かる。

図 7.1.11 は平成19年度版の治水地形分類図である、帯状の液状化集中地帯は微高地(自然堤防)とはあるが、旧河道とは認識されていないことが分かる。

活断層近傍において旧河道の可能性のある地域では液状化の発生する可能性が高いことを周知することが必要であることを教訓として得られた。

### 7.1.3 堤体の損傷

#### (1) 白川および緑川の堤体損傷

図 7.1.12 および図 7.1.13 は、各々、広域地盤沈下量を除いた白川および緑川の堤防沈下量を示す。図 7.1.12 から白川においては河口上流 0 km-10km の区間で沈下が大きく、特に白川右岸・新地地区の河口上流 0km-2km および白川右岸・蓮台寺、白川左岸・十禅寺地区の河口上流 8.6km-8.8km の区間で特に顕著であり、各区間では河口より 0.2km 上流の左右岸堤防で極大沈下量 50cm、河口より 8.6km 上流の右岸堤防

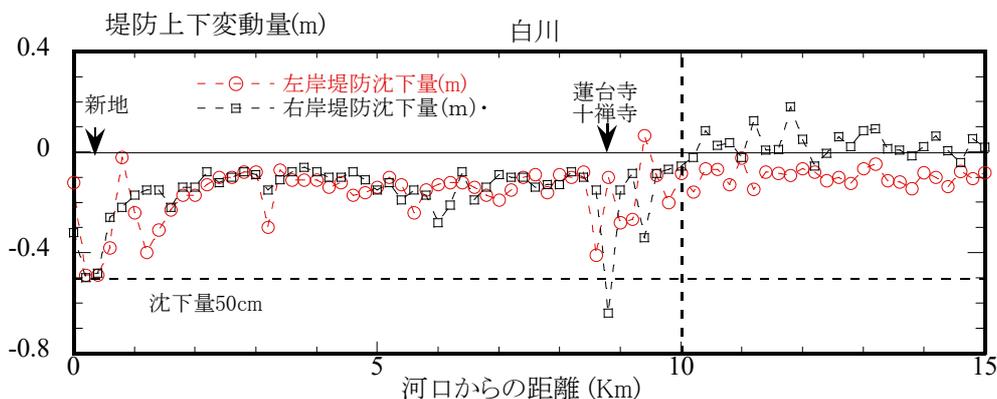


図 7.1.12 白川の堤防沈下量の流下方向変化

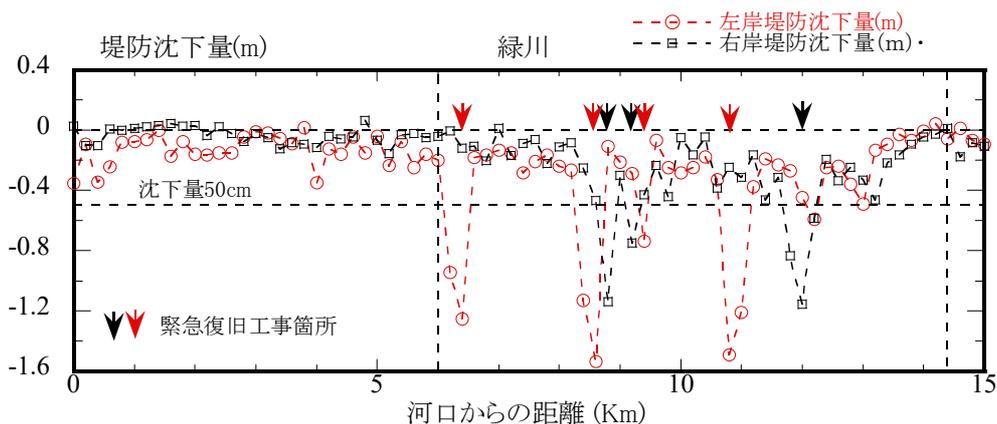


図 7.1.13 緑川の堤防沈下量の流下方向変化

で極大沈下量 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。

なお、国土交通省九州地方整備局では緊急復旧箇所は土堤区間の堤防沈下量が 50cm 以上、特殊堤区間の堤防沈下量 20cm 以上としている。前者は液状化によって堤防法面のはらみ出し、堤防全体の緩みが大きくなり、後者は液状化とコンクリート構造物の変状が発生し、堤防機能が損なわれるとの判断からである。

図 7.1.12 および図 7.1.13 は、各々、広域地盤沈下量を除いた白川および緑川の堤防沈下量を示す。図 7.1.12 から白川においては河口上流 0 km-10km の区間で沈下が大きく、特に白川右岸・新地地区の河口上流 0km-2km および白川右岸・蓮台寺、白川左岸・十禅寺地区の河口上流 8.6km-8.8km の区間で特に顕著であり、各区間では河口より 0.2km 上流の左右岸堤防で極大沈下量 50cm、河口より 8.6km 上流の右岸堤防で極大沈下量 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。

って堤防法面のはらみ出し、堤防全体の緩みが大きくなり、後者は液状化とコンクリート構造物の変状が発生し、堤防機能が損なわれるとの判断からである。

国土交通省九州地方整備局によって作成された緑川・白川堤防調査委員会資料によれば堤防の土質調査から河口より 10km 上流では盛土直下の基礎地盤 As 層は砂質土層厚さが平均 20m で地下水位も相対的に低く、N 値も比較的大きいことから堤防沈下量が低くなったことが指摘されている。また、新地地区は人工的な埋め立て地であり、蓮台寺および十禅寺地区は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。

一方、図 7.1.13 から緑川の堤防沈下量は白川に比べて遙かに大きく、河口上流 6km-14.4km の区間で顕著であることが認められる。この区間で 50cm 以上の堤防沈下量は、左岸では 4 箇所あり、河口上流 6km-6.6km の区間では 6.4km 位置で極大沈下量 1.25m、8.2km-8.8km の区間では 8.6km 位置で極大沈下量 1.53m、9.2km-9.8km の区間では 9.4km 位置で極大沈下量 0.73 m、10.6km-11.2km の区間では 10.8km 位置で極大沈下量 1.49m、河口上流 12km-12.4km の区間では 12.2km 位置で極大沈下量 0.59m である。

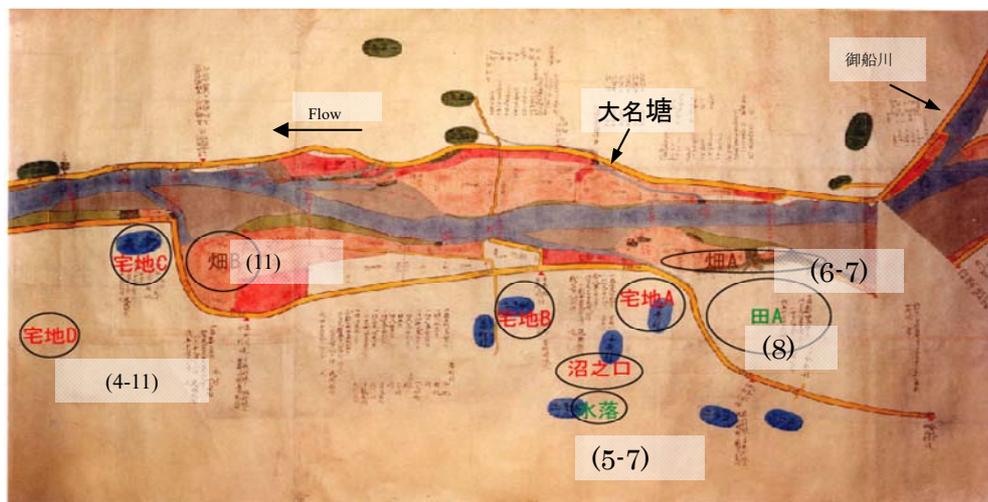


図 7.1.14 肥後藩絵図(江戸時代後期)にみられる桑鶴の轡塘

右岸では 50cm 以上の堤防沈下量は 3 箇所あり、河口上流 8.4km-9.0km の区間では 8.8km 位置で極大沈下量 1.14m, 9.0km-9.6km の区間では 9.2km 位置で極大沈下量 0.75m, 11.6km-12.4km の区間では 12.0km 位置で極大沈下量 1.15m である。

国土交通省九州地方整備局主催の堤防調査委員会の報告書によれば、ボーリング調査により大規模縦断亀裂箇所の特徴として

- 1) 堤体材料が砂質土,
- 2) 堤体下部が地下水位以下で飽和土,
- 3) 同位置の細粒土砂含有率  $F_c$  が 35% 以下

であることが挙げられた。また、堤防沈下量が比較的小さい河口から 0km-6km 区間の緑川下流域の堤体は、粒径が比較的小さい粘性土で構成されていた。更に、河口より上流 16km 以上の領域では、堤防は砂質土層ではあるが、直下の基盤が砂礫層であったために堤防下部で飽和状態になりにくく相対的に液状化の可能性小さくなったと指摘されている。

緑川の左右岸での堤防の損傷を比較すれば、堤防の損傷箇所数は左岸で 36 箇所、右岸で 31 箇所、その内の縦断亀裂は左岸では 25 箇所、右岸では 10 箇所であり、左岸では縦断亀裂、右岸では横断亀裂が卓越していた。また、縦断亀裂の累加距離は、左岸で 7.53km, 右岸では 5.34km に達し、緊急復旧箇所数は左岸で 7 箇所、右岸で 3 箇所であり、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。地震外力として国土交通省熊本河川国道事務所が管理する堤防近傍における加速度計によれば緑川右岸の美登里観測所で  $PGA412.6gal$ , 緑川右岸の加勢川水門で  $PGA425.9gal$  で大きな変化は無い。

図 7.1.14 に示す桑鶴の轡塘は、御船川と緑川との合流点に築造された堤防であり、右岸側の堤防は大名

塘とも呼ばれている<sup>6)</sup>。轡塘で囲まれた河道内の遊水効果を見積もるために、「籐公遺業記」の付図に較べてより詳細な江戸末期の作とされる肥後藩絵図<sup>7)</sup>、国土交通省熊本工事事務所所蔵の航空写真および縮尺 1/1000 の地図を基に算出した遊水地面積は 106ha であった。堤防高を約 3m に見積もれば、貯水容量は 318 万  $m^3$  となる。最大貯水量 4,600 万  $m^3$ , 満水時の水面面積 1.81 $km^2$ , 150 年確率の洪水に対するピークカット流量 650 $m^3/s$  である緑川ダムとの比較から分かるように、轡塘内の遊水地による洪水流量の低減効果に大きな期待は持てないことが予想される。

肥後藩絵図においては、轡塘の左岸本堤は連続堤として示されておらず、この一帯は現在の航空写真および現地踏査においても堤防の形跡が見当たらない。

そこで、前節において乗越堤からの距離と土地の等級に高い相関のあることが認められたことから、現存する最古の堤内地の等級<sup>8)</sup> および地盤高、宅地の嵩上げ<sup>9)</sup> を調査し、桑鶴の轡塘の機能について検討した。なお、等級の数値が小さいほど土地の生産性が高いことを意味する。その結果、緑川の合流点左岸側における高水敷の上流部では高水敷に開発された水田の等級は 8 であり、その周辺の堤内地では等級 5~7 であることから、顕著な差は見られない。さらに、その下流側の堤内地では等級 4~11 の範囲で分布している。このことから、轡塘は、その欠落部から堤内地に洪水流が導かれ、超過洪水対策として機能した可能性の高いことが予想される。

このため、右岸側の大名城に較べて左岸側では越流を許容する上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予想される。

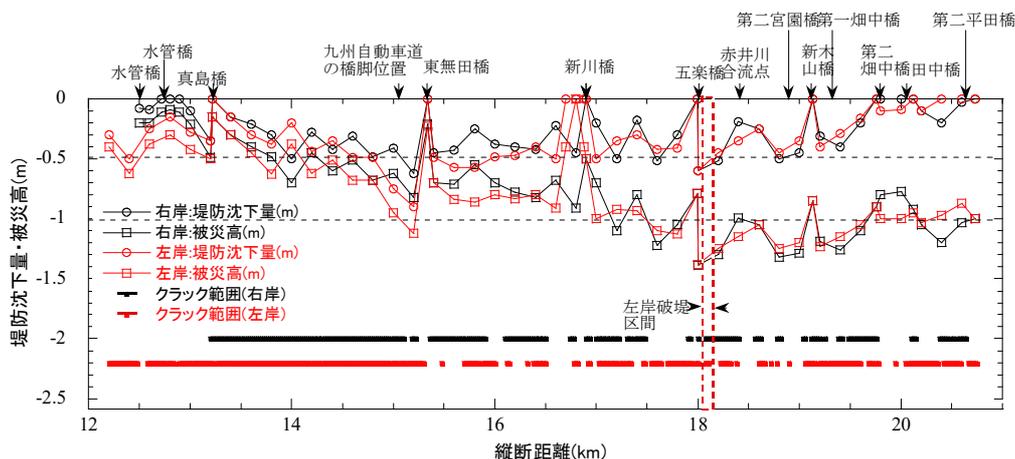


図 7.1.15 木山川の堤防沈下量の流下方向変化

表 7.1.1 木山川水系の堤体損傷

		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)	地震前 堤頂高 (m)	堤頂高 位置 (km)
木山川	右岸	49	823	59.5	7.6	7.29	13.4
	左岸	5.98	8.53	70.1	7.6	7.29	
秋津川	右岸	2.92	6	48.7	8.4	6.86	0.6
	左岸	3.37	6	56.2	7.9	6.9	
矢形川	右岸	1.4	8.2	17.1	8.64	8.0	0.6
	左岸	1.3	8.2	15.9	8.65	8.11	

## (2) 木山川の堤体損傷

図 7.1.15 は、緑川の右支川の upstream 側に位置する支々川である木山川の堤防沈下量の流下方向変化を示す。木山川は、加勢川との接続点より 12.5km upstream において北側の秋津川および南側の矢形川が合流する。堤防被災高は堤防沈下量と広域地盤沈下量の和である。平均堤防沈下量は、左岸で 29cm、右岸で 25cm、被災高は左岸で 78cm、右岸で 75cm であり、左右岸で堤防沈下量に極端な差違は無いが、若干左岸側で損傷が大きい。また、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受けていないことが分かる。

秋津川では平均堤防沈下量は、左岸で 38cm、右岸で 54cm、被災高は左岸で 71cm、右岸で 88cm であり、右岸側で堤防沈下量および被災高は大きい。

矢形川では平均堤防沈下量は、左岸で 5cm、右岸で 10cm、被災高は左岸で 4cm、右岸で 3cm であり、相対的に堤防沈下量および被災高は小さく、左右岸で変化は無い。

表 7.1.1 は、木山川、秋津川および矢形川の縦断亀裂の累加距離および縦断亀裂の発生割合を示す。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% である。

## 7.1.4 木山川の破堤氾濫

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。

図 7.1.16 は 6月21日午後1時32分における木山川氾濫の様子を示す。図 7.1.17 は堤内地の氾濫状況を示す。図 7.1.18 に木山川赤井観測所における水位ハイドログラフを示す。20日の22時ごろより水位が急激に増加し、20日24時には氾濫危険水位の 4.13m を大きく超過していることが分かる。図 7.1.19 に 6月23日17時における熊本県による復旧工事の様子を示す。破堤規模は、流下方向におよそ 50m、決壊部の深さは約 2m であった。被害状況として田植えを終えた水田の物的被害は大きいものの、木山川左岸側の堤内地では民家は少なく、その民家も盛土しているため、全般的に被害は比較的少ない。右岸では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とも考えられる。

## 7.1.5 秋津川および木山川の河川改修史

国土地理院によって作成された、昭和 23 年および 42 年の地図をそれぞれ図 7.1.20 および図 7.1.21 に



図 7.1.16 木山川氾濫 2016. 6. 21  
13 時 32 分 (出典：朝日新聞)



図 7.1.17 氾濫後の堤内地 2016. 6. 23 17 時頃

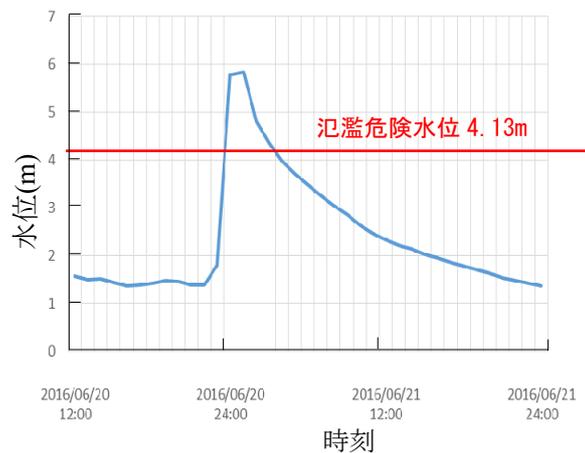


図 7.1.18 木山川水位ハイドログラフ  
(赤井観測所)



図 7.1.19 木山川左岸破堤の復旧 (6月 23 日 17 時)

示す。図中の青線は緑川の支川である秋津川、木山川および矢形川を表している。

両者の地図を比較すれば、木山川は付替えられ大幅な改変が加えられていることが分かる。昭和 42 年には、旧木山川は秋津川に名称変更され、その最上流端は益城総合運動公園付近となっている。また、益城運動公園より上流域は旧赤井川に付替えられ、名称を木山川に名称変更されている。昭和 53 年の地図では矢形川が改修され蛇行がショートカットされていることが認められた。

改修目的は、住宅密集地である現在の秋津川右岸側の洪水氾濫の危険性を低下させるためであると同時に

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での氾濫を想定したことが分かる。表 7.1.1 から分かる通り、木山川の堤防高さを相対的に秋津川右岸堤頂より 80cm 程低くし、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は既実践していたことが窺える。

なお、秋津川では合流点より上流 4.5km 地点において堤頂が、地震前と後で右岸では 8.40m から 6.89m、左岸では 7.90m から 6.90m に低下した。堤防沈下量は右岸側で 1.51m、左岸側で 1.0m である。地震前に

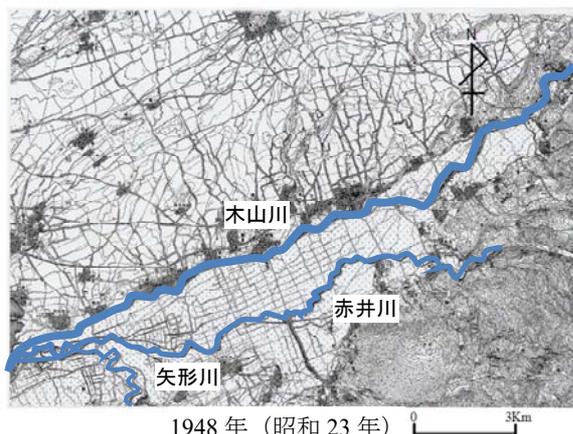


図 7.1.20 木山川・赤井川の旧河道

は右岸堤防は左岸堤防に対して 50cm 高くしていたが、堤防沈下により堤頂に変化は無くなり、秋津川右岸側の住宅密集地では危険な状況にあったことが分かる。ほぼ同位置における木山川 13.4km 位置においては堤頂が、地震前と地震後で右岸では 7.60m から 7.29m、左岸では 7.60m から 7.29m に変化した。堤防沈下量は右岸側で 0.31m、左岸側で 0.31m である。矢形川では合流点より上流 0.6km 地点において堤頂が、地震前と後で右岸では 8.64m から 8.0m、左岸では 8.65m から 8.11m に変化した。堤防沈下量は右岸側で 0.64m、左岸側で 0.54m である。

#### 7.1.6 まとめ

本章では、熊本地震と河川災害との関係について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白川旧河道予測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



図 7.1.21 秋津川・木山川の河道

-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（桑鶴の轡塘）として、右岸側の大名塘に較べて左岸側では越流を許容する上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予想される。

- 4) 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、国土交通省九州地方整備局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。

## 参考文献

- 1) 村上悟, 永瀬英生:平成 28 年熊本地震による熊本平野で生じた液状化とその被害について (速報), 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, 2016.5.11
- 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.
- 3) 熊本市:新熊本市史(別編第 1 巻絵図・地図), 2003.
- 4) 富田紘一:熊本の三河川と城下町の形成, くまもと市史研究, 第 11 号, pp.1-20, 2003.
- 5) 宮崎雅徳, 尻無濱昭三: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.
- 6) 鹿子木量平維善:「藤公遺業記」, 1832 (『肥後文献叢書第二巻』所収, pp.149-154, 隆文館発行, 1909)
- 7) 肥後藩絵図:江戸後期(熊本県立図書館所蔵).
- 8) 地引検地帳, 1885(城南町歴史民族資料館蔵).
- 9) 緑川南部地区県営圃場整備事業一般計画平面図, 1965(城南町建設課蔵)

## 7.2 港湾被害

### 7.2.1 熊本港

熊本港には地震計が設置されていないため, どの程度の地震動であったかは不明であるが, 熊本港に近い K-NET 熊本(水平距離約 18km)で 843gal, K-NET 宇土(水平距離約 11km)で 882gal を観測している. 今回の地震は内陸部であったことにより, 幸いにも津波は発生しなかったが, 地盤振動等による被害が見られた.

写真 7.2.1 は熊本大橋からの道路を西側から撮影したものである. 沈下の状況は不明であるが, 看板や電柱が傾斜していることが伺える.



写真 7.2.1 道路の沈下

写真 7.2.2～写真 7.2.4 は噴砂, 亀裂, 陥没等, 地盤表面で見られた被害を示す.



写真 7.2.2 舗道の変位



写真 7.2.3 舗道での噴砂



写真 7.2.4 交通標識の沈下

写真 7.2.5 はフェリーターミナルの地盤と道路の間に生じた約 50 cm 程度の段差であり、左側がフェリーターミナルである。道路は護岸上にあるため護岸自身の沈下が無かったことによる。



写真 7.2.5 道路との段差

写真 7.2.6 は駐車場の舗装の亀裂で、その延長線上の欄干が東西に変位している。(写真 7.2.7)

写真 7.2.8 はフェリーターミナル建屋の地盤沈下と乗船の専用通路である。通路の床が落下している。



写真 7.2.8 フェリーターミナル

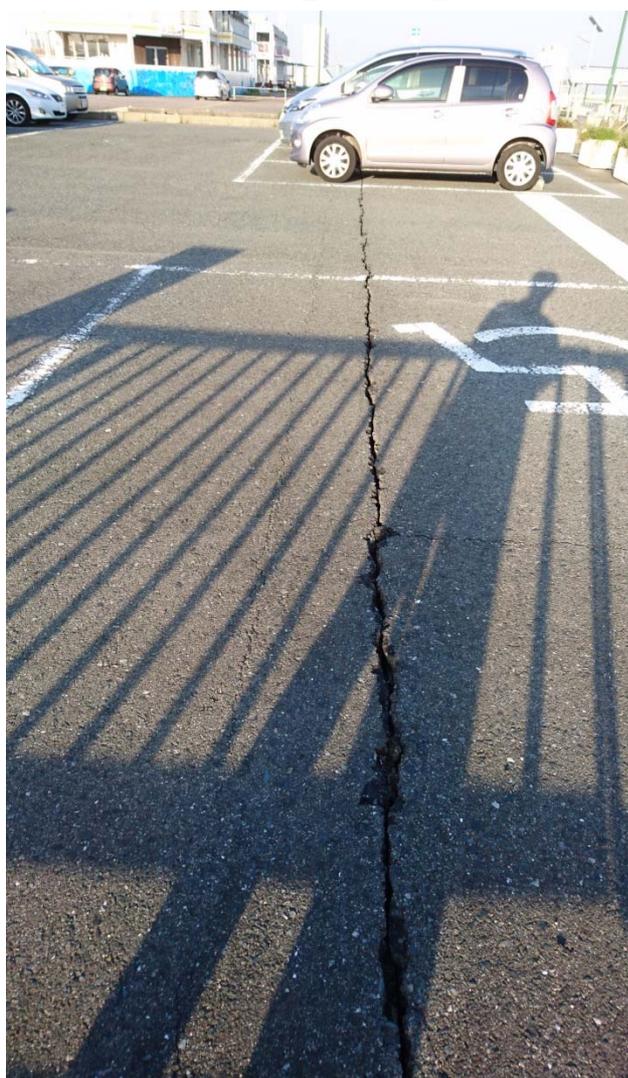


写真 7.2.6 駐車場の亀裂

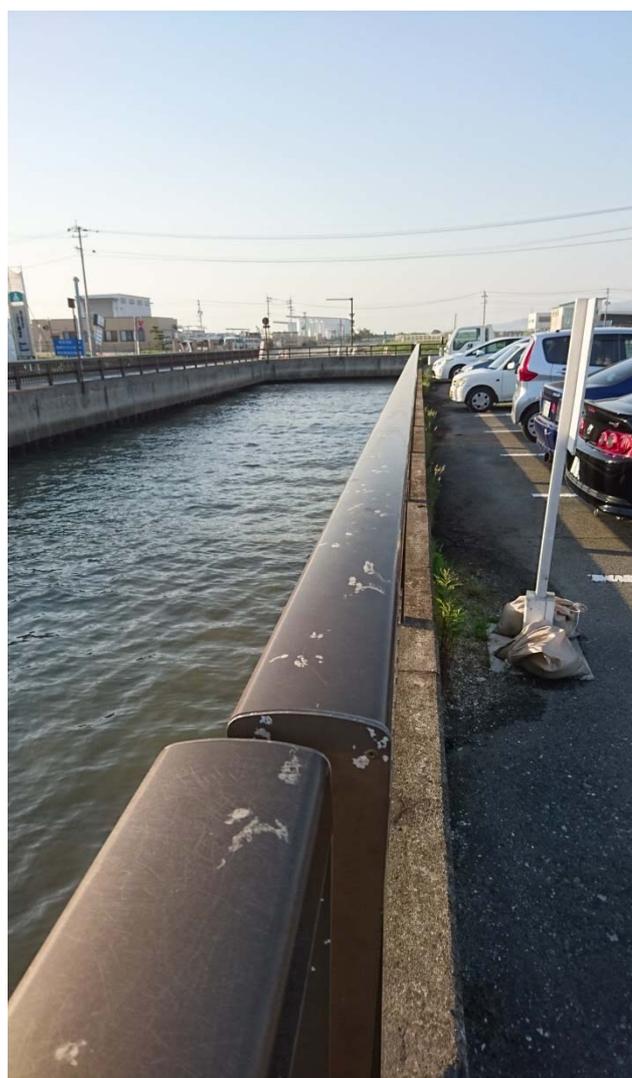


写真 7.2.7 欄干のずれ

### 7.2.2 塩屋漁港

西区河内町河内に位置する塩屋漁港の被害は、岸壁背後の亀裂、護岸の目地の拡大であった。(写真7.2.9～写真7.2.11)



写真7.2.9 護岸背後の亀裂



写真7.2.10 防波堤の目地の拡大

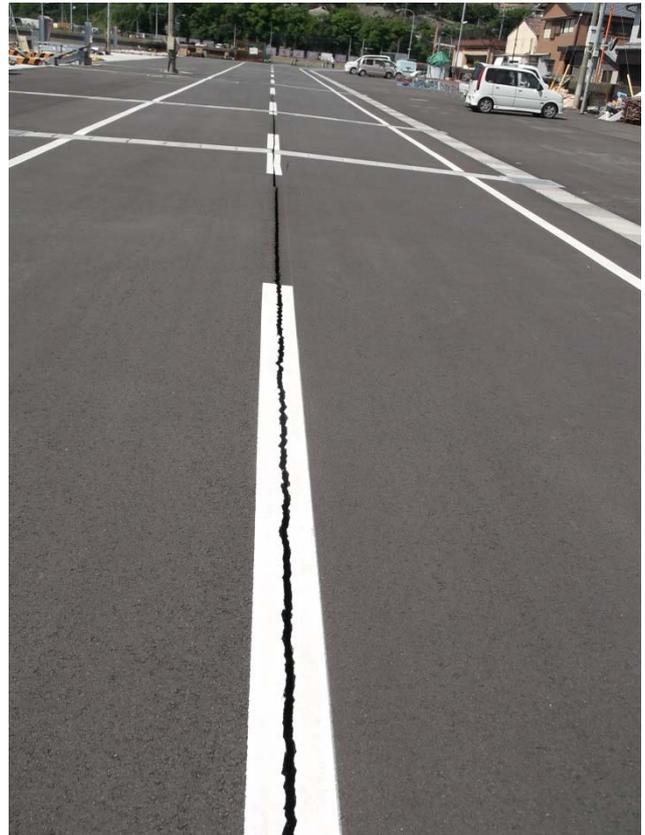


写真7.2.11 岸壁背後の駐車場の亀裂

### 7.2.3 港湾・漁港のまとめ

今回の熊本地震は内陸性であったことが幸いし、沿岸域の被害は軽微であった。しかしながら、本震の際には、一時、津波注意報が八代・有明海沿岸に出されたように、地震と津波は常に表裏一体であることを念頭に置く必要があり、今後も注意することが重要である。なお、本文で使用いたしました写真は、大阪市立大学大学院、重松孝昌教授、中條壮太講師、神戸市立工業高等学校宇野宏司准教授と現場調査の際に撮影した写真をお借りしており、ここに記して謝意を表します。