

□ 令和2年7月球磨川豪雨災害を考える

熊本大学大学院先端科学研究部環境科学部門水圏環境分野
教授 大本 照 憲

1. はじめに

令和2年7月には暖かく湿った空気が梅雨前線に流れ込み九州を中心に日本各地で豪雨を引き起こした。特に、7月4日には球磨川流域を中心に激しい豪雨が生じ、甚大な被害をもたらした。詳細は今後の解析を待つが、今回の球磨川流域における雨量の空間分布特性として、7月3日から4日の間で400mm～500mmの雨が一律に降ったことが挙げられる。人的・物的被害では、消防庁災害対策本部のまとめによれば2020年7月20日付けで、熊本県における令和2年7月豪雨によって死者65名、行方不明者2名、住家被害は全壊557棟、半壊43棟、床上浸水5895棟、床下浸水1990棟であった。特に、河道部と堤内地が一体となった球磨村渡地区、八代市坂本地区および下釜瀬地区においては住家の流失が顕著であった^{1,2)}。

また、先遣調査によれば洪水痕跡から人吉市における国宝・青井阿蘇神社の楼門では1.5mの浸水であった。人吉市史によれば寛文9年(1669年)8月に青井阿蘇神社の楼門が3尺(0.9m)余り浸水したとされている。境内の標高は近辺の道路より2.8m高い位置にあり、約350年間では今回の浸水が最大規模であることが認められた。一方、近年との比較では青井阿蘇神社の近傍における道路標識に記された洪水痕跡から浸水深は、昭和40年では2.3m、昭和57年では1.3mに対し、今次の水害では4.3mであり、人吉においては圧倒的に浸水被害が拡大したことが分かる。

球磨川水害では、2ヶ所の樋門箇所で盛土が欠損したが人的・物的被害に甚大な影響を与えておらず、堤防決壊ではなく越流氾濫による被害であったことが認められた。一般的には堤防決壊に較べて越流氾濫は被害が小規模であると見なされているが、堤内地が河道の一部となった流下型氾濫形態では、浸水深および氾濫流速が大きくなり住家流失に至ることからその実態解明と対策が必要となる。

今次の豪雨災害では、災害発生前のリスクマネジメント、発生後のクライシスマネジメントにおいて被害最小化と効率的復興に向けた多くの課題や教訓が含まれており、今後のわが国の防災・減災のあり方に及ぼすインパクトは大きい。

本報告では、球磨川流域の地形特、被害実態、降雨特性および氾濫形態について議論した。現在、球磨村渡地区の氾濫解析および人吉市における中川原公園および橋梁が人吉市中心部に与えた影響について検討している。

2. 流域地形³⁾

熊本県南部を流れる球磨川(図-1参照)は、その源を熊本県球磨郡銚子笠(標高1,489m)に発し、幹線流路延長115km、流域面積1880km²、九州では20本の一級河川の中で流域面積および幹線流路延長において3指に入る。また、古来には舟運が盛んで、最上川、富士川と並ぶ日本三大急流の一つに数えられている。



図-1 球磨川流域 (提供: 熊本大学・石田桂先生)

球磨川流域の地形は、河床勾配が約1/7000である遙拝堰下流部の沖積平野部、河床勾配が1/300～1/1000の遙拝堰から球磨村渡の間の山間狭窄部、河床勾配が約1/500相当の渡から川辺川合流点・西村の間の人吉・球磨村盆地、合流点・西村より上流の球磨川上流域、川辺川上流域に大別される。各区間の流域面積は、球磨川上流域で550Km²、川辺川上流域534Km²、人吉・球磨盆地380Km²、山間狭窄部と平野部で434Km²である。

球磨川には82本の中小河川が流入し、球磨川上流域では6本の代表的右支川に小川内川、牛繰川、宮ヶ野川、阿蘇川、田頭川、野間川、13本の左支川には湯山川、牧良川、都川、仁原川、鶴川、柳橋川、伊良川、井口川、免田川、水無川、大谷川、高柱川、小さで川がある。

川辺川は、本川上流の流路40kmに較べて長く61kmであり、深い谷を刻み、中小河川の数も6本であり相対的に少なく右支川に小原川、小鶴川、五木小川、左支川に縦木川、久連子川、梶原川が

ある。

球磨川沿いの渡から川辺川合流点・西村までの距離は14kmで、その間の人吉・球磨村盆地では、4本の右支川があり山田川、万江川、馬氷川、小川、5本の左支川に鳩胸川、胸川、永野川、鹿目川、鶴川がある。

球磨村渡から遙拝堰までの山間狭窄部の距離は約45kmであり、この間の東側分水嶺は約1000m程度に対し、西側分水嶺は500m以下である。この間の中小河川は、6本の右支川に中園川、川内川、市ノ俣川、油谷川、中谷川、深水川、7本の左支川に那良川、芋川、告川、漆川内川、天月川、大尼田川、百済木川がある。中小河川は、いずれも流路長5～10Km、勾配1/5～1/10であり急流支川であり、峡谷的流域を発達させた。

最下流の八代平野では、派川の前川、南川と共に不知火海（八代海）に注ぐ。

流域内には、下流部に熊本県第2の都市である八代市が、上流部に球磨地方の主要都市である人

吉市が存在する。人吉市は、鎌倉期に東国御家人相良氏が球磨の地に所領を獲得し、更には戦国期には戦国大名として八代まで進出、このことが両地方を結ぶ峻険な山岳道路の活用を促したことが指摘されている。近世には人吉一八代間の水運が林正盛により寛文年間（1661-73）に開発された⁴⁾。

3. 降水特性

(1) 雨量および水位の時系列

図-2は、7月3日0時から7月4日11時までの36時間における球磨川水系の各観測点における毎正時の1時間降水量および累積降水量の時系列を示す。球磨川流域には、気象庁の観測点が球磨川流域に6か所、川辺川水域に1か所、万江川水域に1か所存在する。

人吉観測所における最大降雨強度は68.5mm/hr、7月3日20時から7月4日9時の14時間雨量369mm、24時間雨量は410mmを観測した。球磨川下流の八代観測点を除いたほかの7つの観測点では、36時間の累加雨量が418.5mm～497mmとなっており、雨量の空間分布として球磨川流域では一様に雨が降ったことが考えられる。降水期間については球磨川本川の観測所では2時から9時にかけて1時間に30mmを超える激しい雨が降っている時間が多いが、途中で雨が弱まる時間帯がある。支流の川辺川流域の五木観測所と万江川流域の山江観測所では雨が弱まる時間はなく、2時から7時にかけて激しい雨が降り続けている。ピーク時間については、球磨川本川の観測点では2時と7、8時の2つのピークが現れており、支流の観測点においては、4時および5時にピークを迎えて

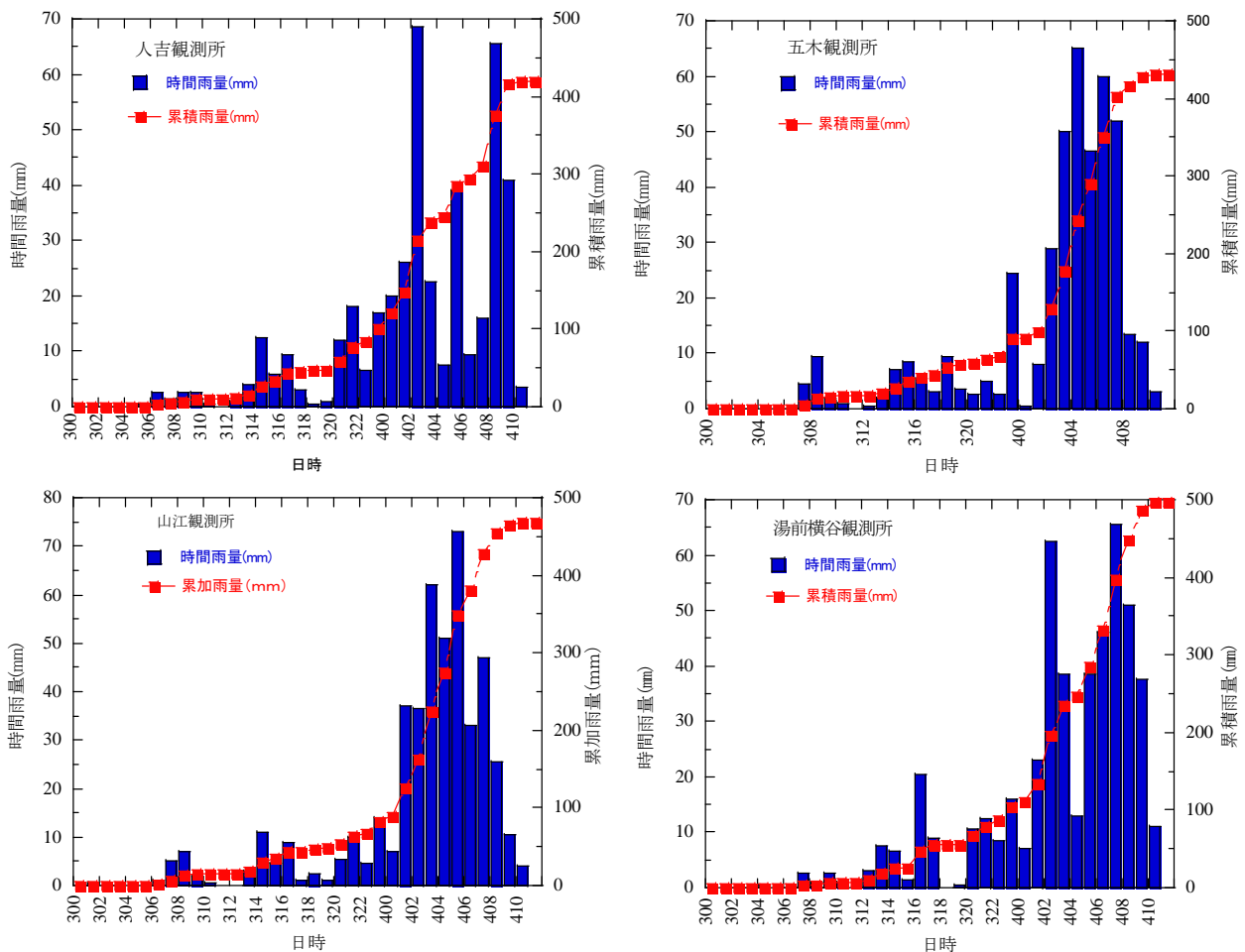


図-2 球磨川流域の雨量観測地点の時系列（2020年7月3日、4日）

いる。

図-3は、人吉市大橋および川辺川柳瀬地点における水位時系列を示す。なお、大橋地点における水位計は危機感型水位計である。

人吉市大橋地点における水位は、7月4日9時50分にピーク水位7.25mを記録した。このことは、球磨川特殊堤における越流水深は2mを超えたことを意味し、更に午前7時30分から8時の30分間で0.9mの水位上昇が見られる。後述するように、水位の急上昇は表面流が橋桁に衝突し、流速の急減、水位上昇に導いたことが予想される。

人吉水位観測所で観測史上最大だった1965年7月2日の5.05mを2.20m上回った。

図-4は、球磨川大橋地点における越流水深と合流点近傍における山田川の越流水深の水位時系列を示す。山田川は球磨川水位の上昇に伴うバック

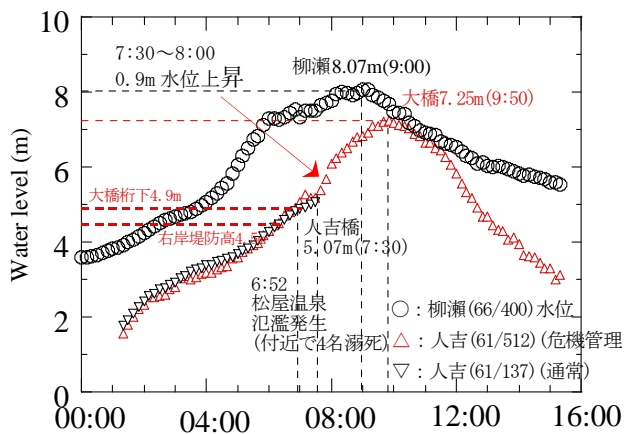


図-3 人吉市における水位時系列 (2020年7月4日)

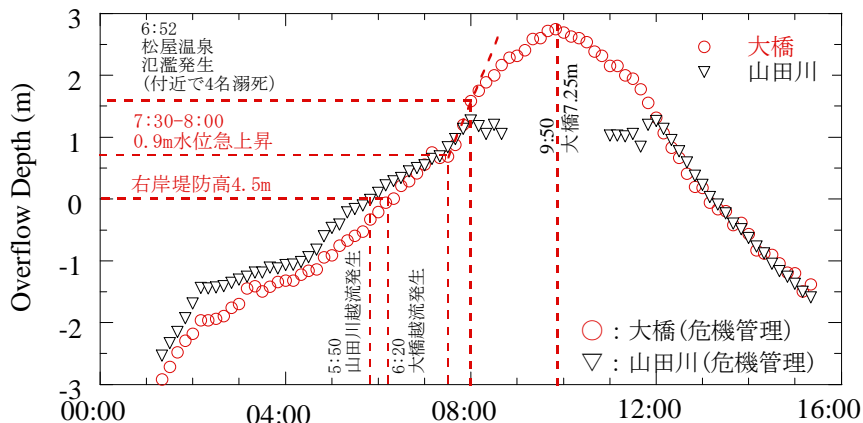


図-4 人吉市における水位時系列 (2020年7月4日)

ウォーターの影響により堤内地の氾濫が5時50分に発生した。更に、熊本県の監視カメラによれば球磨川の上昇により球磨川から山田川への逆流が6時50分頃から始まり、9時20分には球磨川鉄道橋の枕木が浸水していることが認められた。合流部近傍では山田川と球磨川の両者の越流の影響を受けた氾濫であったため被害が拡大したことが伺える。

(2) 降雨の確率年

図-5は人吉観測点における年最大6時間雨量、年最大14時間雨量、年最大24時間雨量の再現期間を示す。統計解析では、財団法人国土技術センターで公開されている水門統計ユーティリティを用いた。統計に用いたデータは、気象庁ホームページで公開された1950年から2020年までの毎正時の時間雨量である。

比較的適合度の高いガンベル分布 (Gumbel)、一般化極値分布 (Generalized Extreme Value distribution: Gev)、対数ピアソンⅢ型分布 (LogP3)、対数正規分布3母数クォンタイル法 (LN3Q)、対数正規分布2母数 (Slade I,L 積率法) (LN2LM)、対数正規分布2母数 (Slade I, 積率法) (LN2PM) の6種類の確率分布、および母数推定を行った。確率分布の適合度評価基準である標準最小二乗基準 SLSC (Standard Least-Square Criterion) によれ SLSC<0.04 (相関係数 COR>0.98) の条件

T=6hr R=184mm

確率年 38年

Gumbel : SLSC=0.020, COR=0.995

T=14hr, R=369mm

確率年 855年

Gumbel : SLSC=0.035, COR=0.986

T=24hr, R=410mm

確率年 214年

Gumbel : SLSC=0.019, COR=0.996

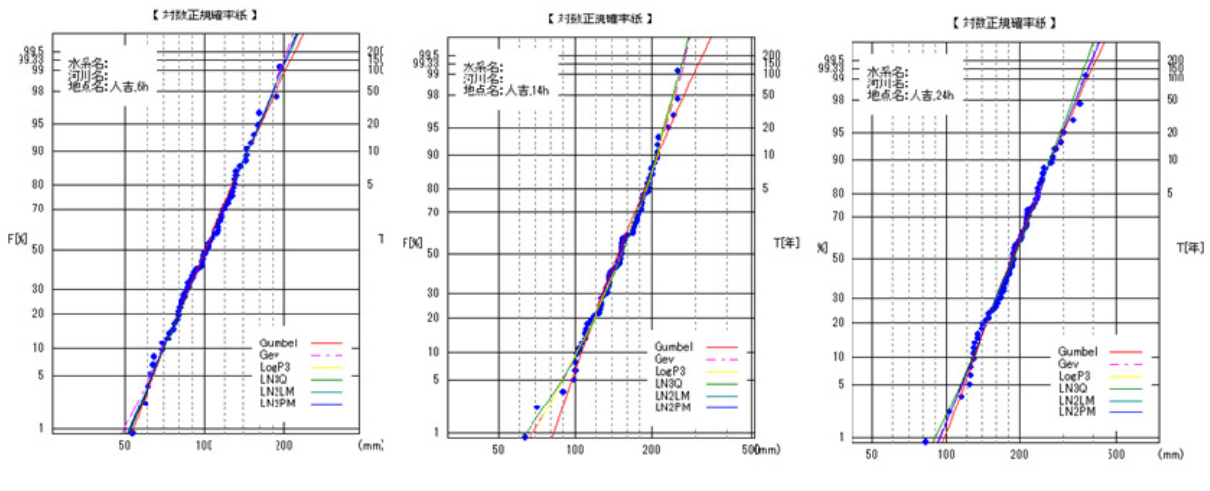


図-5 人吉市雨量観測所における確率年 (2020年7月水害)

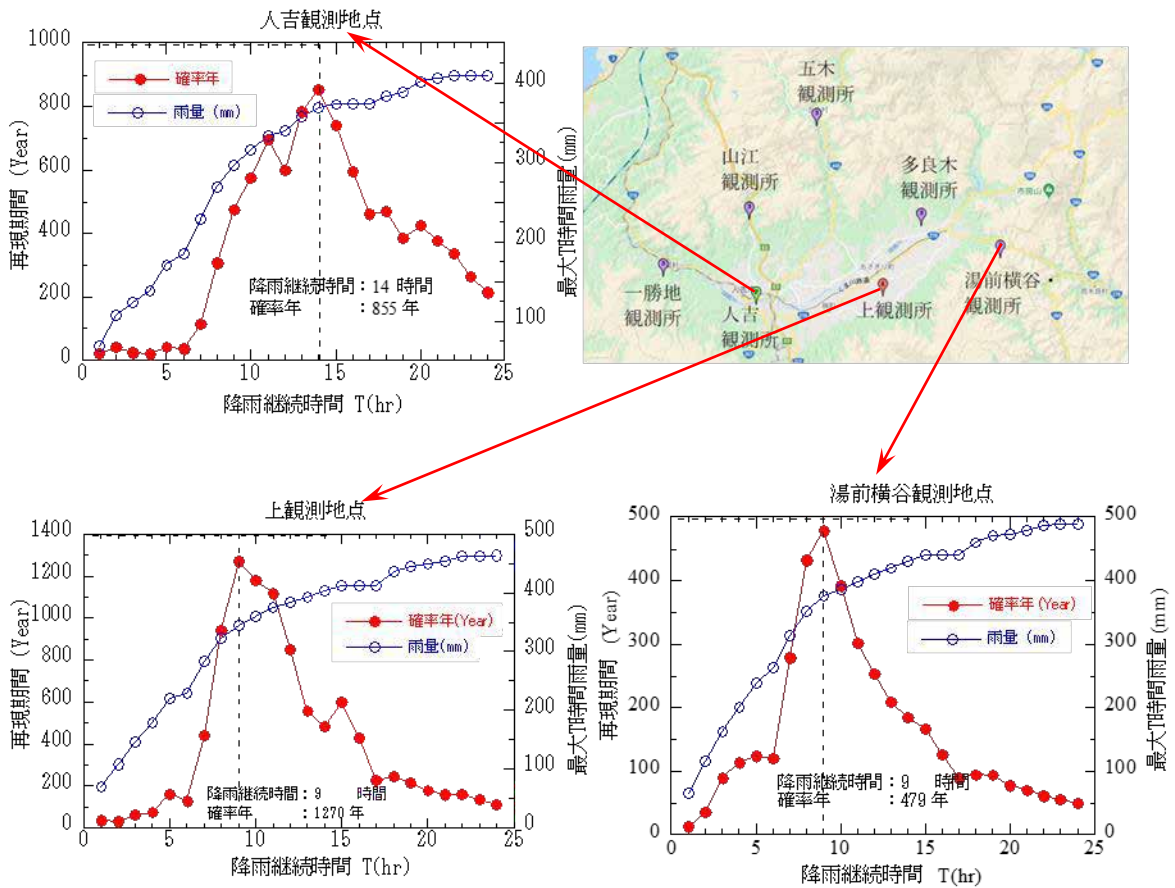


図-6 降雨継続時間における確率年 (2020年7月水害)

を満足する必要がある。

全体的に適合度の高かった一般化極値分布 (GEV) を用いて検討したが、超過確率が 0 とな

るところがある観測所の各年最大時間雨量の確率分布はガンベル分布 (Gumbel) を用いて検討する。再現期間は以下の関係式から得られる。

- 一般化極値分布 (Gev)

$$F(x) = \exp\{-[1 - (k/a)(x-c)]^k\}$$

- ガンベル分布

$$F(x) = \exp\{-\exp(-(x-c)/a)\}$$

ここに、x：雨量 (mm) a：尺度母数 c：位置母数 k：形状母数

- 超過確率 $W(x) = 1 - F(x)$

- 再現期間 $T = 1 / (W(x))$

Gumbel 分布を適用すれば、人吉観測地点における再現期間 T 年は、年最大 6 時間雨量で 38 年 (SLSC=0.020, COR=0.995)、年最大 14 時間雨量で 855 年 (SLSC=0.035, COR=0.986)、年最大 24 時間雨量で 214 年 (SLSC=0.019, COR=0.996) である。

図-6は、降雨継続時間に対する再現期間および累加雨量を示す。再現期間は一般化極値分布、ガンベル分布をもとに評価した。令和 2 年 7 月豪雨の降水量は人吉観測所で降雨継続時間が 14 時間において再現期間が最大値の 855 年を示すことが分かる。また、どの観測所も再現期間のピークが 400 年を上回る規模の降雨が発生したことが分かる。八代観測所では再現期間のピークが 7 年となっており、他の観測所と比較して規模の小さい降雨であった。球磨川本川の観測所の再現期間のピークにおける降雨継続時間は 9～14 時間、支川の 2 つの観測点の再現期間のピークにおける降雨継続時間は 6 および 7 時間となっており、球磨川本川の降雨継続時間が長い時間でピークに達している。

(3) 流域平均雨量の確率評価

図-7は、国土交通省九州地方整備局によって提供された人吉地点において降雨継続時間 12 時間、流域平均雨量における再現期間 80 年の計画雨量 262mm に対する根拠資料を示す。

同図を用いて令和 2 年 7 月豪雨の人吉地点における降雨継続時間 12 時間で最大の流域平均雨量 339mm の再現期間は Gumbel 分布を適用すれば 746 年であった。表 2 は、人吉観測点における降雨継続時間 10 から 15 時間までの累積雨量と再現期間で

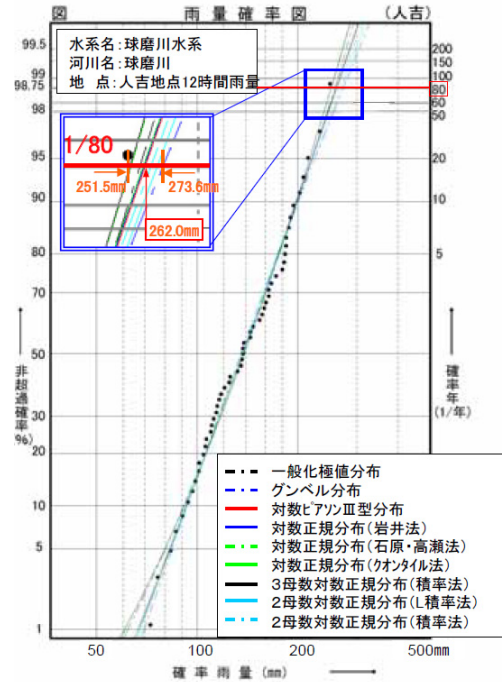


図-7 人吉市における流域平均雨量の確率 (出典：国土交通省)

ある。流域平均雨量の再現期間はおおむね人吉観測点の再現期間と近い値になっていることが分かる。このことから今回の降雨の特徴として球磨川流域に一樣に雨が降ったということが考えられる。

4. 人的・物的被害

(1) 災害の被害実態

熊本県危機管理防災課のまとめ (12月25日付) によれば、人的被害は熊本県全体で 67 人、うち球磨川流域で 50 人であった。表 3 は、球磨川流域の市町村別の死者数を示す。球磨川流域の人的被害は 50 人うち 36 人が人吉・球磨地区、14 名が遥拝堰から球磨村渡の間の山間狭窄部であり、流下型氾濫形態によって被害が生じた。住宅被害は全壊 1490 棟 (人吉市 (900 棟)、球磨村 (332 棟)、芦北町 (72 棟))、半壊 3092 棟 (人吉市 (1443 棟)、球磨村 (74 棟)、芦北町 (910 棟))、床上浸水 329 棟、床下浸水 561 棟、一部損壊 1940 棟であった。また、

熊本県の被害総額は5564億円、そのうち建築物1900億円、公共土木施設1554億円、農林水産関係1019億円、商工・観光関係699億円、廃棄物処理204億円に達した。被害総額の5564億円は、熊本地震の3兆8000億円につぐ戦後第2位の被害額である。

(2) 人的被害

図-8は、令和2年7月の人吉・球磨盆地の人的被害36名と浸水深の状況を示す。人吉地区では、20人の人的被害が発生している。その中で人吉市では地表高の低い右岸側堤内地で浸水の範囲が大きく、球磨川と山田川の合流点付近で浸水深が大きくなっていることが分かる。

球磨川右岸に沿って多くの人的被害が発生したのは、中川原公園および水の手橋、大橋、人吉橋の橋桁の表面流阻害による水位の急激な上昇、その結果として2mを超える越流水深が発生したことが主因と考えられる。この件については、今後の対策を含めた詳細な検討が必要である。

また、万江川と球磨川の合流点付近も同じように浸水深が大きい。

球磨村・渡地区では、16人の人的被害が発生し

ている。そのうち14名は介護老人施設の千寿園の入所者となっている。支川である小川からの氾濫流が主因であるが、この場所では小規模な土石流も発生した。

図-9は、遥拝堰から球磨村渡の間の山間狭窄部では、氾濫流によって溺死として14名の内の13名が犠牲になった場所を示す。球磨川沿いの芦北町簸瀬地区でも1名が溺死で亡くなった。谷底平野では、水位が大幅に増水したため河道の一部となり、浸水深および氾濫流速とも極めて大きく、川沿いの住家の多くは基礎工を残すのみで流失した。

犠牲者の年齢構成は、50歳代4名、60歳代7名、70歳代10名、80歳代22名、90歳代7名であった。70歳を超えた割合は78%であり、高齢者の方々の犠牲割合が高いことが分かる。

(3) 住家被害

球磨川の氾濫状況を象徴する箇所は、1)球磨川と山田川の合流部で地表高の低い青井阿蘇神社の近傍、2)万江川合流部の左岸側堤内地、3)万江川合流点から球磨村渡地区までの区間で連続した蛇行部および4)八代市坂本地区の家屋流失である。

図-10は、青井阿蘇神社境内の楼門が1.5mで

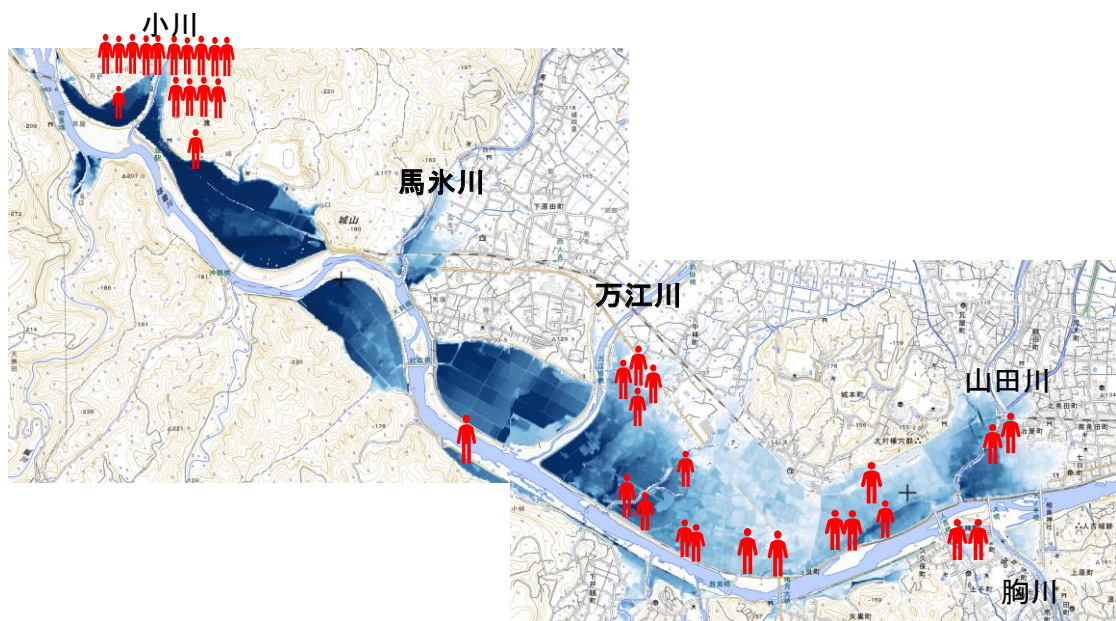


図-8 人吉・球磨盆地における人的被害場所（出典：国土地理院および朝日新聞）

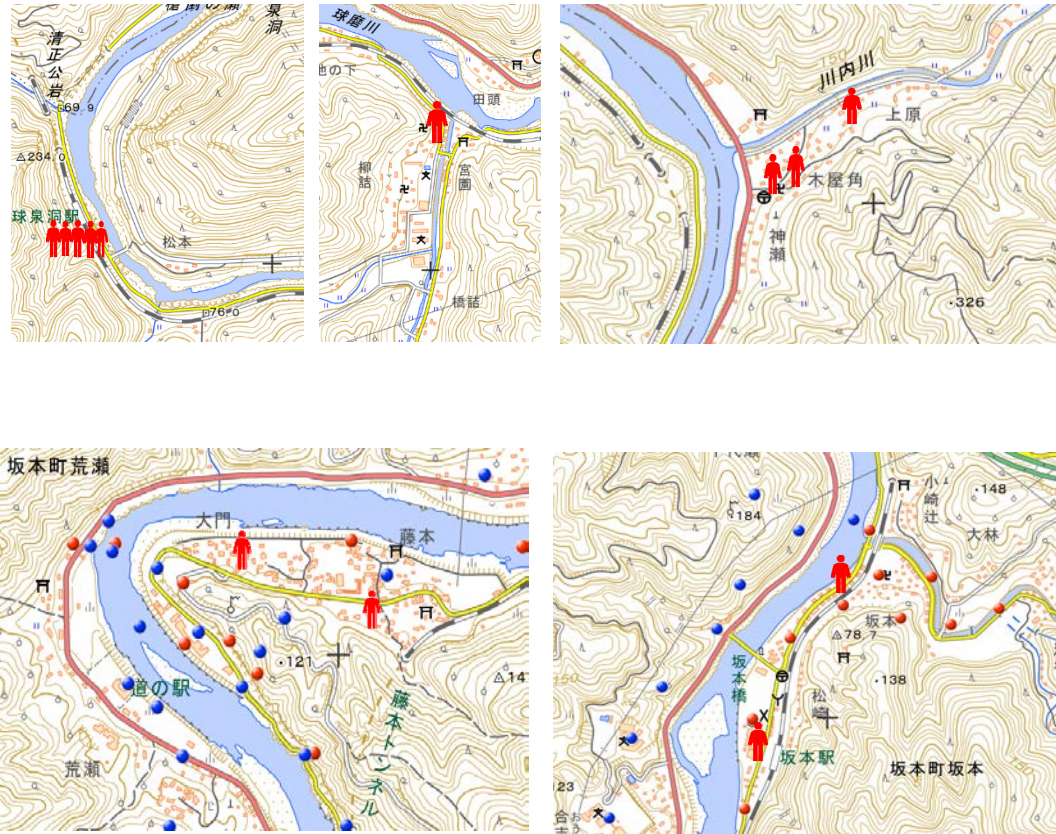


図-9 球磨川・山間狭窄部における人的被害場所

あったことを示す。人吉市史によれば寛文9年(1669年)8月に青井阿蘇神社の楼門が3尺(0.9m)余り浸水したことを示す。記録上、351年間の中で今次水害が最大の浸水深であったことが分かる。境内の地表高は周辺の道路より2.8m高い位置にあり、道路標識には昭和40年の浸水深2.3mに対して今次の令和2年水害では4.3mに達し、2mも浸水深が大きい。なお、同一場所で昭和57年水害では1.3mの浸水深であった。

図-11、万江川合流部近傍で球磨川に近い堤内地の洪水痕跡を示す。家屋の流失は発生していないが、道路上では大量の土砂が堆積した。浸水深は、4mに達し、いずれも昭和57年水害の浸水深1.2mを大幅に上回った。

図-12は、人吉・球磨盆地の出口である球磨村・渡地区の被害状況を示す。渡地区では、浸水深が6mを超えると同時に家屋の流失が顕著であり、基礎型柱のみが残る住家被害が目視された。また、

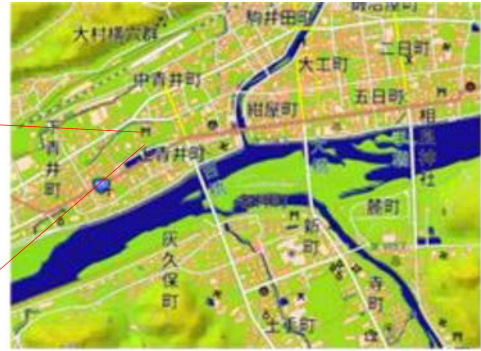
家屋は全壊で屋根瓦の多くが剥がれているのが分かる。また、小川が球磨川に合流する地点では流木が住家の屋根や道路上に散在し、家屋は大破していた。灌木や雑草による洪水痕跡から浸水深は6.2mであった。

図-13は、渡地区上流の蛇行部に沿った堤内地の被害状況を示す。沖鶴橋付近の国道219号では電線の洪水痕跡から浸水深は、6m近くに達していることが分かる。また、電柱や道路標識も転倒していることが分かる。なお、球磨川に近い沿道では電柱や道路標識は転倒していないことから219号線は氾濫流が短絡したことが考えられる。

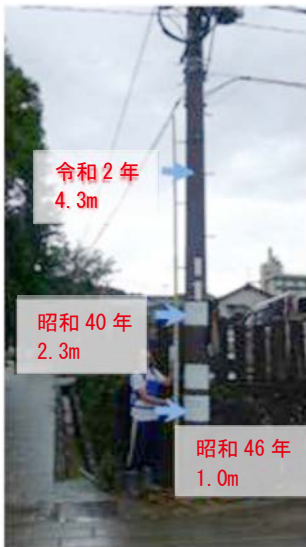
万江川合流点から球磨村渡地区までの区間では、連続した蛇行が続き、蛇行度Sは、下流から上流に向けて1.20、1.26、1.61であり、蛇行区間の堤内地の浸水深は何れも6mを超えた。災害時における河道部の代表水深が13~15.5mの範囲にあることから、相対水深は0.39~0.46の範囲にあり、



(a) 青井阿蘇神社楼門



(c) 青井阿蘇神社の位置

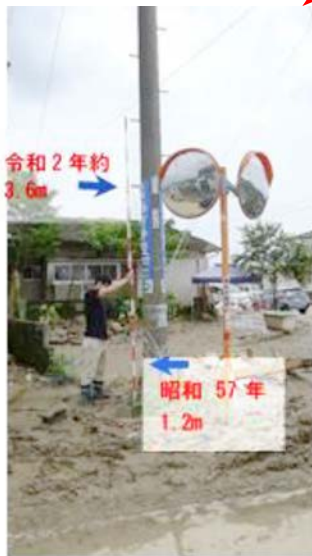


(b) 電柱の洪水痕跡



(c) 万江川合流部近傍

図-10 青井阿蘇神社周辺の浸水状況



(a) 昭和57年7月水害 浸水深 1.2m
令和2年7月水害 浸水深 3.6m



(b) 住家浸水深 4.0m



(c) 湯の神社・浸水

図-11 球磨川と万江川の合流部における浸水状況

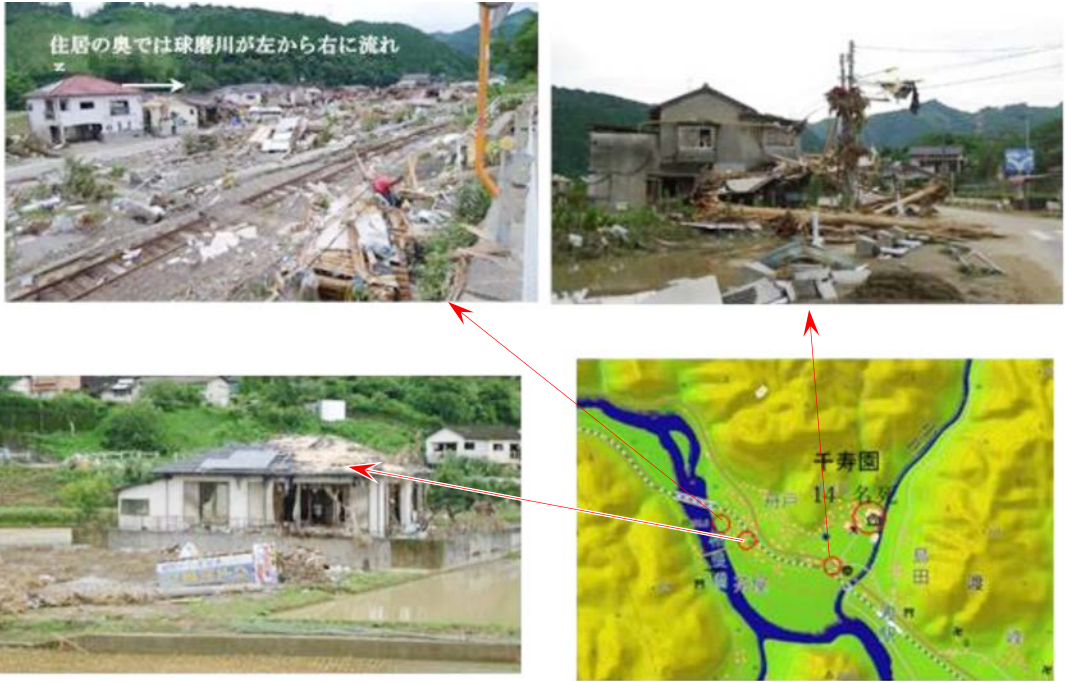


図-12 球磨村・渡地区における氾濫被害



図-13 球磨村・渡地区における氾濫被害



図-14 八代市・坂本市区における氾濫被害

相対水深が0.3を超えると複断面蛇行流れの流況を示す（福岡ら⁵⁾）。即ち、堤内地の浸水が低い場合には単断面蛇行流れとなるが、浸水深が大きくなれば堤内地から河道部への流れ込みによる影響が大きく河道部の二次流は堤内地の流れ込みに支配され、更に、堤内地の氾濫流は直進性が高まり高速化されたことが予想される⁶⁾。

図-14は、山間狭窄部の下流域にあたる、左岸側堤内の八代市坂本町合志野地区および右岸側堤内地の坂本駅近傍の住家被害を示す。国道219号線に沿った家屋は、多くの家屋は流失していることが分かる。球磨川の洪水流は、国道219号線を河道の一部として、高速で流下したことが伺える。特に、道路上は粗度が小さいことから住家への破壊力が高まったことが予想される。また、鉄筋コンクリートの建物は、その壁面に何本もの流木が突き刺さり大破した。現在、球磨川では、市房ダム上流域での山腹崩壊の他に小川および川内川の土石流が報告されている。この他にも土石流や河

畔林の流木の発生も考えられる。

5. まとめ

本報告では令和2年7月4日に発生した球磨川水害の人的・物的被害を取り纏めると共に、自然外力である雨量の降雨継続時間に応じた確率年を評価した。得られた知見は、以下の通りである。

- 1) 人吉市の水の手橋、大橋および人吉橋の橋桁および中川原公園は球磨川水洪水の水位が急上昇する可能性があることを指摘した。
- 2) 球磨川流域における各雨量観測所の雨量データから降雨継続時間に応じた確率年を算定した。確率年は、人吉観測地点では降雨継続時間14時間で855年、上観測地点では9時間1270年、湯前赤谷観測地点では9時間で479年であった。更に、人吉市における流域平均雨量は、降雨継続時間12時間で746年であった。

3) 人吉市における被害者20名は、球磨川氾濫が急激であり、その原因は球磨川支川からの流量ピークが重なったことに加えて中川原公園および橋梁の影響が大きいことが示唆された。

4) 球磨川水害では流下型氾濫形態を取り、人吉・球磨盆地の出口に発達した連続蛇行部では堤内地が複断面蛇行流の一部となったこと、山間狭窄部では谷底平野の氾濫流となり、人的被害および住家流失を惹起したことが考えられた。

なお、人吉市の中川原公園および橋梁が洪水流の水位上昇に与える影響や連続した複断面蛇行流の数値シミュレーションは今後の課題とした。

謝辞

資料提供等において、国土交通省八代河川国道事務所、熊本県土木部河川課から多大なご協力を頂いた。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

また、研究全般において、ご協力いただいた熊本大学工学部土木建築学科河川研究室の学生有志に重ねて謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土地理院：令和2年7月豪雨に関する情報，<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/>
- 2) 内閣府：令和2年7月豪雨による被害状況等について，
- 3) 国交省河川局（2006），球磨川水系の流域及び河川の概要．国交省，88pp.
- 4) 熊本県教育委員会：熊本県歴史の道調査－球磨川水運－，1988.3
- 5) 福岡捷二・小俣篤・加村大輔・平生昭二・岡田将治：複断面蛇行河道における洪水流と河床変動，土木学会論文集，621/II-47 (1999)11-22.
- 6) Shiono, K. & Muto, Y.: Complex flow mechanisms in compound meandering channels with overbank flow, J. Fluid Mech., 376 (1998)221-261