

令和2年7月豪雨における球磨川流域の 洪水氾濫・建物被災状況と人的被害の関係

尾形 勇紀¹・堀田 祥矢²・伊藤 毅彦³・井上 隆³・太田 皓陽³・
小野村 史穂⁴・二瓶 泰雄⁵

¹ 学生会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: 7620505@ed.tus.ac.jp (Corresponding Author)

² 非会員 元東京理科大学 理工学部土木工学科 (同上)

E-mail: 7617097@alumni.tus.ac.jp

³ 学生会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (同上)

⁴ 正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (同上)

E-mail: s.onomura@rs.tus.ac.jp

⁵ 正会員 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (同上)

E-mail: nihei@rs.tus.ac.jp

令和2年7月豪雨により、球磨川流域では死者50名を数える甚大な被害となった。本研究では、球磨川流域を対象に、洪水氾濫・建物被害状況や人的被害状況の関係を明らかにすることを目的とする。そのため、現地調査や情報収集、データ解析を行い、流域全体の浸水深・建物被災状況を整理すると共に、人的被害発生情報と比較・検討した。その結果、建物被害は狭隘な中流域や上流域 52kp~55kp で顕著であり、水平避難が遅れていればさらなる人的被害に繋がった可能性が示唆された。人的被害は、2階建ての2階で犠牲になる事例や家屋流失による事例など垂直避難が通用しないものも確認された。また、浸水開始は日の出以降が多かったが逃げ遅れが生じており、就寝前に早期の避難行動の呼びかけが必要であった。

Key Words: Kuma River, Reiwa 2 July heavy rain, flooding, human damage, building damage

1. 序論

令和2年7月3日から31日にかけて、梅雨前線の影響により九州地方や東北地方などをはじめとする日本各地で記録的な大雨となった。一連の大雨で、熊本県、鹿児島県、福岡県、佐賀県、長崎県、岐阜県、長野県の7県に大雨特別警報が発表され、河川の氾濫や人的・物的被害が相次いで発生した¹⁾。この一連の大雨はのちに気象庁により「令和2年7月豪雨」と名付けられた²⁾。

今次豪雨の中では、熊本県における被害が顕著であった。特に、7月3日夜間から4日にかけて、線状降水帯が形成され1時間に30mmを超える強い雨が8時間にわたり連続して記録された。熊本県ではこの大雨の影響により10地点で12時間雨量の最大値を更新した³⁾。それに伴い、球磨川や佐敷川などでは越水や溢水などの浸水被害が生じ⁴⁾住家被害は全壊1,491棟、半壊3,112棟、一部破損2,079棟、床上浸水287棟、床下浸水426棟を数えた⁵⁾。また熊本県の人的被害では、上記の河川氾濫や土砂災害の影響により今次豪雨における全国での死者84

名のうち65名(77%)を記録した¹⁾。熊本県の中でも、県南部に位置する球磨川流域では人的被害が50名と特に被害が顕著であった⁶⁾。

球磨川流域では、既に多くの災害調査が行われ、8mを超えるような大きな浸水深が記録されたことや氾濫流による多くの家屋流失が生じたこと⁷⁻⁹⁾、多数の橋梁が流失・損壊被害を受けたこと¹⁰⁾などが明らかになっている。一方、洪水氾濫流シミュレーションも精力的に進められている¹¹⁻¹³⁾。特に、田端ら¹³⁾は、球磨川本川(河口~市房ダム下流)と川辺川を対象に河川洪水流・氾濫流・河床変動の一体解析を実施した。その結果、洪水流が河道を低水路、堤内地を高水敷とする複断面的蛇行流れと類似の流動パターンとなることを示すと共に、複断面的蛇行流れと家屋被害の関連性を指摘した。

本研究では、球磨川流域の人的被害や浸水・建物被災状況を調査し、流域内で発生した50名の犠牲者において人的被害に及ぼす水理学的要因と、流域全体での建物被災状況を明らかにすることを目的とする。そのため、流域全体にわたる洪水氾濫状況(浸水深マップ)や建物

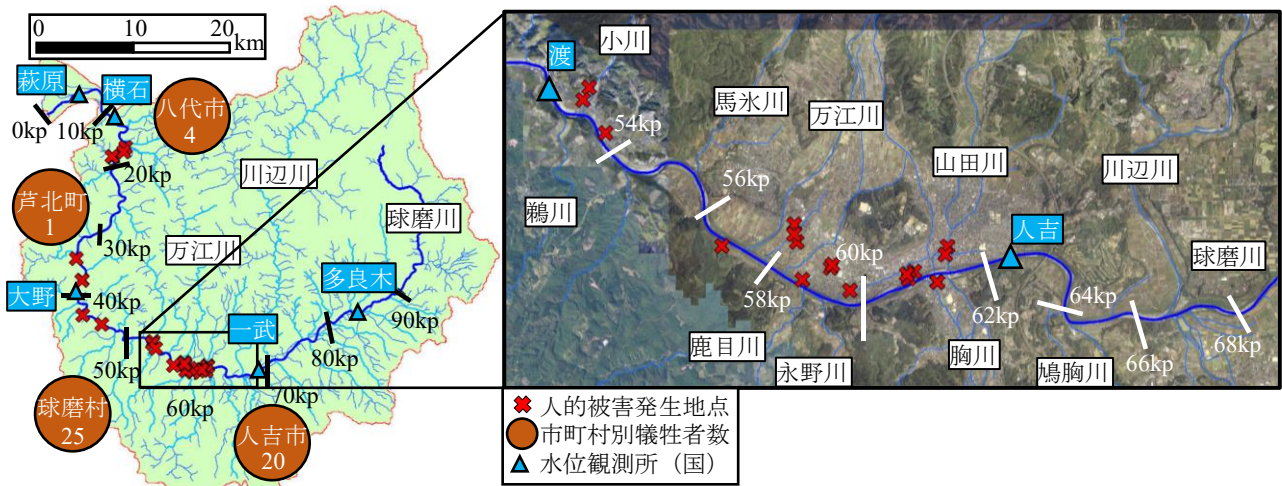


図-1 球磨川流域と今次災害の人的被害発生箇所

被災状況に関する情報収集・現地調査を行うと共に、人的被害発生地点における浸水・建物被害状況を整理する。

2. 研究方法

(1) 研究対象地域の概要

球磨川は、人吉市・球磨村・八代市などを流域に抱え、八代海へと注ぐ流域面積 1,880km²、流路延長 115km の一級河川である(図-1)。流域の土地利用は、大部分が山地であり(約 83%)、市街地が約 10%、農地が約 7%である。上流部(52kp～)は球磨盆地、中流部(10～52kp)は幅の狭い狭隘河道、下流部(0～10kp)は八代平野を有し、ボトルネックとなりやすい盆地と狭窄部が存在する。球磨川の河床勾配は、上流域では 1/200～1/600、中流域では 1/300～1/1000、下流部では 1/7000 である¹⁴⁾。支川は最大の川辺川を始め、胸川や山田川、万江川、小川、川内川、油谷川等がある。

(2) 遠隔での被害情報収集

今次水害では、COVID-19 の流行拡大を鑑み、発災直後は現地に行かずに、遠隔で情報収集した。人的被害については、熊本県公開資料¹⁵⁾より、死者氏名、年齢、住所等を収集した。浸水情報は、国土地理院・浸水推定図で公開している浸水範囲の輪郭¹⁶⁾を取得した。さらに、輪郭線上の標高を浸水位として内挿して、地盤標高との差を取り浸水深マップを作成した。建物被害については被災後の航空写真¹⁷⁾から「流失」家屋を特定した。

(3) 現地調査方法

球磨川流域における洪水氾濫・建物被害状況を調べるため現地調査を行った。調査日は 2020/11/12-13、11/25-26、12/16-17 の計 6 日である。調査では、VRS 方式 RTK-GNSS (Trimble R10, Trimble 社製) とスタッフを用い、浸水

深・浸水位を計測した。計測は上・中流部でそれぞれ 60、69 地点(計 129 地点)と球磨川全体で満遍なく行った。また、建物被害調査としては、本川の 9kp～62kp 区間において、国土地理院が公開する浸水範囲¹⁶⁾に基づき、範囲内に位置するゼンリン住宅地図に示されている建物(小屋等の住宅以外の建築物も含む)全てを対象に、目視で建物の状態を「流失」、「浸水有」、「浸水無」の 3 段階で評価した。ここでの「流失」とは、洪水流により家屋が完全に流されているケースだけでなく、原位置から離れて傾斜したケース、土砂で埋まっているケースとした。また、私有地等で目視での観測ができなかった範囲については、被災後の航空写真¹⁷⁾を基に判定を行った。流失でない場合は、浸水範囲¹⁶⁾に基づき、範囲内の場合は「浸水有」、それ以外は「浸水無」とした。また、橋梁被害状況も合わせて調査した。

3. 今次災害における洪水氾濫状況

(1) 今次災害における雨量・水位時間変動特性

今次豪雨の基本状況を把握するために、解析雨量より得られる流域平均の時間・累積雨量と水位観測所の水位の時間変化を図-2 に示す。これらのうち人吉地点(62.2kp)での水位は 7 時 40 分以降に欠測が生じたが、61.5kp に位置する大橋水位観測所(危機管理型水位計)での水位上昇量と一致すると仮定し補間した。まず、降雨としては 7 月 3 日より降雨が開始し、7 月 4 日の 2 時過ぎから 10 時にかけては時間雨量が 30mm を超える強い雨が降り続いたが、午前 11 時以降では雨が上がった。累積雨量としては、7 月 4 日 0 時時点で 108.5mm であったが、午前 6 時には 300mm を超え、最終的な積算雨量は 442.3mm に達した。また、12 時間雨量の最大値は 357.4mm となり、横石上流域の計画規模(1/100, 261mm)⁶⁾よりも大幅に上回った。水位については、上記の降雨

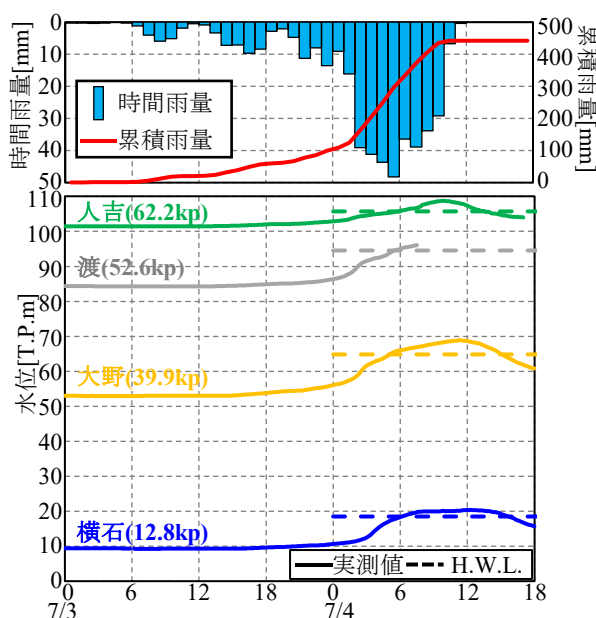


図-2 時間・累積雨量（流域平均）と河川水位の時間変化

影響により 7 月 4 日未明より急上昇し、ピーク時刻は人吉観測所で 9 時 50 分、大野観測所で 11 時 20 分、横石観測所で 12 時 00 分となった。また、横石地点ではピークの波形が台形の様相を示しているが、比較的流出の早い支川流入や中流部氾濫の影響を受けたと推測される¹³⁾。

次に、流域全域での洪水氾濫状況の時空間分布を把握するため、氾濫発生期間ならびに堤防高を基準としたピーク水位の縦断分布を図-3 に示す。この水位は堤防高を基準とする危機管理型水位計の観測データであるため、氾濫発生期間は堤防高を水位が上回っている期間とした。また、水位データの欠測が見られた地点を「欠測有」として明示している。これより、洪水氾濫開始時刻は中流域で最も早いもので 3 時 50 分を記録し、6 地点で 4 時台を記録した。その後徐々に上流域でも氾濫が開始したが、78kp に位置する川瀬橋を除いてはすべて日の出時刻（=5 時 15 分）以降であり、5 時台から 7 時台に集中している。洪水氾濫継続時間に関しては、川瀬橋やデータ欠測地点を除くと、上流域と比べて中流域の方が長く、最も長いものでは 11.3kp に位置する西部大橋において 5 時 10 分から 17 時まで 11 時間 50 分を記録した。ピーク水位に関しては、13.3kp に位置する深水橋地点で最も大きく 5.6m を記録したが、欠測が生じたため実際はより大きいと考えられる。一方、川辺川合流点（66kp）より上流地点の多くや下流域では負の値を記録し、洪水氾濫は主に川辺川合流点下流から中流域にて生じたものと思われる。なお、水位欠測箇所は多く、通常水位計では 8 地点中 5 地点で、危機管理型水位計では 24 地点中 13 地点で欠測が生じた。これより、洪水氾濫発生前の水位は計測できているものの、洪水氾濫発生後の水位観測に課題を残したといえる。また、上述の川瀬橋では、近傍の水位観測所と異なる挙動が見られ、今後の検証が必要である。

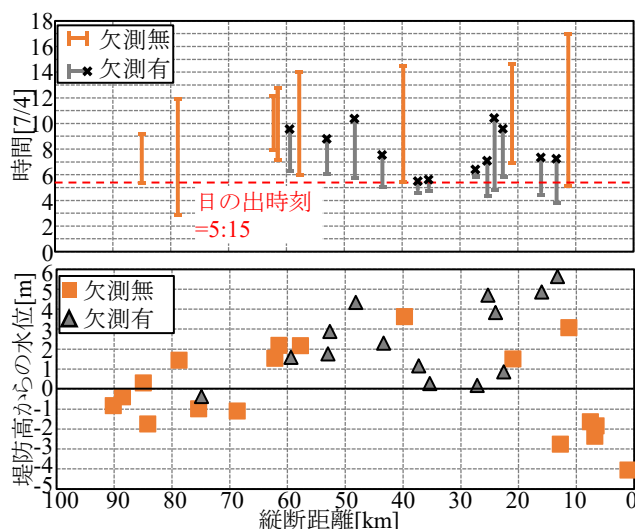


図-3 球磨川本川における氾濫発生期間（上）と堤防高を基準としたピーク水位の縦断分布（下）

(2) 氾濫原における浸水深・浸水位の分布

今次水害における洪水氾濫状況を把握するために、球磨川流域における浸水深ならびに浸水位のコンター図を図-4 に示す。ここでは、広範囲にわたり浸水被害が発生した 52kp～63kp までの範囲を示す。これらを求めるにあたり、本学調査結果に加え、不足箇所を国土地理院が公開している「浸水推定図の浸水範囲の輪郭線」¹⁶⁾での輪郭線上の標高を、周辺の浸水位と等しいと仮定し、その地点での浸水位で補った。また、一部箇所においては国交省による浸水範囲⁶⁾と比べ、国土地理院データが過小評価している箇所に関しては、国交省データと一致するように修正した。これらを ArcGIS Pro2.3 を用い逆距離加重法により内挿し浸水位の面データを作成したのち、地盤高（5mDEM）の差を取り浸水深コンターを作成した。なお、今次豪雨における上記の国土地理院作成データと本学調査結果の精度検証として、同図中範囲内の浸水位（42 地点）の差の RMSE は 0.63m であった。そのため、上記コンター作成では、本学の実測値を優先して使用し、不足部分について国土地理院データを援用した。

浸水深に関しては、52kp～63kp にかけて広い範囲で浸水しており、特に山間狭窄部の入り口である球磨村渡地区周辺では浸水深が他の地域と比べても比較的高く、7m を超えるエリアが点在している様子が伺える。また、馬氷川や万江川、山田川の合流点付近においても一部で浸水深は 3m を超える箇所が散見される。人吉市街地では、先述の山田川合流点付近では浸水深が 3m 以上と家屋 1 階部分（1 階を 3m と想定）が完全に浸水する規模であったが、その他の地域では本川沿いを除き最大でも 2m 程度であった。

浸水位に関しては、縦断方向の水位勾配は 59kp 付近を境に下流側では緩やかであるが上流側では急となっている。また、全体的には、河道の横断方向に対して一様

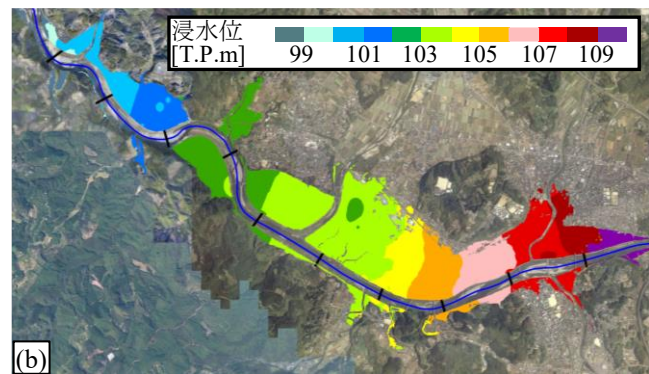
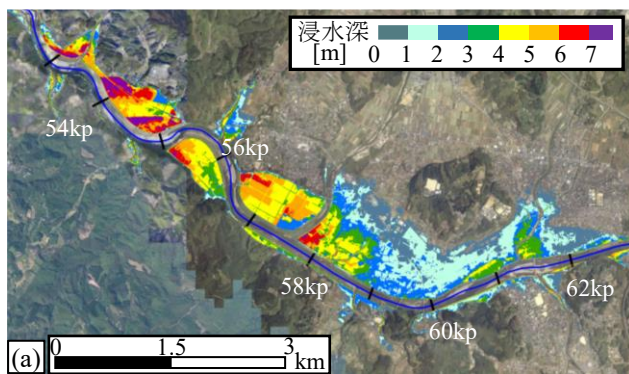


図4 52kp～63kpにおける浸水深 (a) と浸水位 (b) のコンター図

であり、本川と周辺の氾濫域全体が河道となり洪水流が流下したものを示していると考えられる。

また、この範囲における氾濫面積と氾濫水量は、各々 $5.56[\text{km}^2]$ 、 $1,598[\text{万 m}^3]$ であり、平均水深は 2.87m であった。これは、国交省による洪水痕跡調査結果で求められた平均浸水深 2.8m^6 と概ね一致している。

4 建物流失状況の全体像

建物被害を定量的に把握するため、流失建物数と流失率の縦断分布を図-5に示す。ここでは、縦断方向1km毎に右岸・左岸の建物流失数の和及び流失率（流失建物数を浸水範囲の建物数で除したものと共に、流入支川分も表示している。なお、主な被害が確認された10kp～60kpを対象範囲として図示する。これより、本川の流失建物数としては、52kp～55kpの上流域にて顕著となり、1km当たり40棟を超える箇所も存在する。また、10～52kpの中流域では、広い範囲に建物流失が発生したが、家屋自体が少ないため上流域よりは流失数は小さい。中流域の中では17～19kp（八代市坂本町）や24～26kpと比較的下流に近いエリアの被害が大きい。一方、本川沿いの流失率に関しては、中流域では20%を超える区間がみられ、建物数の多い上流域でも20%近くの値を示す区間があり、流失数と同様に大きい。また、川内川などの支川で流失数が多く、これは土砂埋没が多数であった。

今次災害で特に流失数が大きかった52～56kpの建物被害マップを図-6に示す。ここでは、観測で得られた流失及び、流失無かつ浸水有を表示している。これより、家屋の流失被害は、①蛇行している球磨川の内岸側、②氾濫原の幅が非常に狭いエリア、③その他、に分類できる。これらの範囲では、堤内地での浸水深も特に大きく、河道が低水路、氾濫原が高水敷となる「複断面的蛇行流れ」の様相を呈しており¹³⁾、①のタイプの建物被害に繋がったものと思われる。また、②では、蛇行部外岸側に位置しているが、氾濫原の幅自体が狭いため、高流速となり建物が流失したと考えられる。③に関しては、①、②

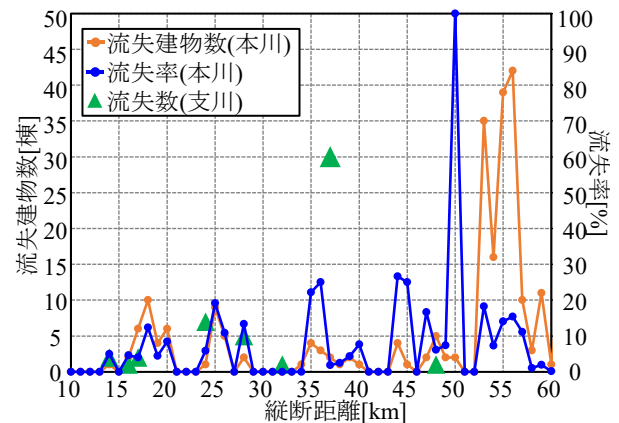


図5 流失建物数と流失率の縦断分布

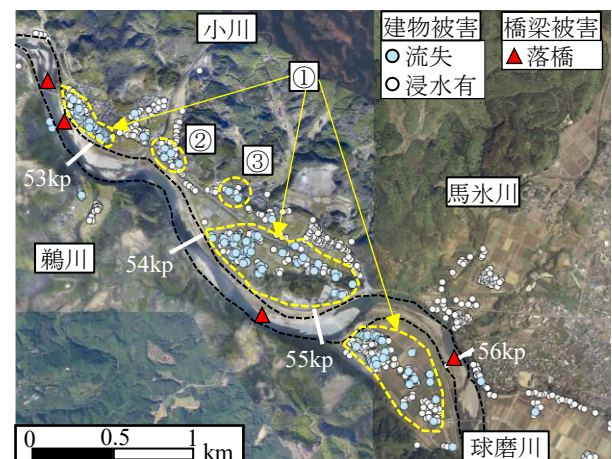


図6 狭窄部入り口における建物被害マップ

の条件には該当せず、浸水域の境界付近、かつ、浸水深は6～7mとなっているが、この場所の被災メカニズムは不明である。

これら流失の被害を受けた建物のうち、犠牲者が発生した建物は44kp左岸において2棟と、59kp右岸において1棟の計3棟で合計7名であったが、本調査結果により人家などの「主建物」99棟が流失の被害を受けたとの結果が得られたことから、避難の状況次第では、建物流失によってより多くの人的被害が発生していた可能性があることが分かり、同時に水平避難の重要性が示される結果となった。

5 人的被害発生地点での被害要因の検討

(1) 人的被害の全体像

今次災害では、球磨川流域内で犠牲者が 50 名確認され、いずれも河川氾濫に起因するものであった。犠牲者の発生位置は、図-1 に示す通り、中流部球磨村が最大の 25 名、上流部人吉市が 20 名と続く。球磨村では支川小川との合流点近くに位置する特別養護老人ホーム千寿園において入所者 14 名が亡くなった¹⁸⁾。中流の狭隘部の芦北町や八代市・坂本町でも計 5 名が亡くなった。

(2) 人的被害の発生状況

今次災害による人的被害の発生状況をまとめたものを図-7 に示す。ここでは、犠牲者の年齢、被災場所・要因、浸水開始時間、浸水深（被災場所）に関する犠牲者の内訳を示す。ここで、浸水深は著者らの実測値、浸水開始時間は、近隣の河川水位観測結果や国交省資料⁶⁾、著者らが入手した住民撮影映像より、判定した。まず、年齢としては、全員 50 歳以上であり、最も多い年代は 80 歳代の 22 名であった。また、65 歳以上の高齢者は 43 名、75 歳以上の後期高齢者は 35 名であり、過去の水害と同様に、高齢者が大半を占めていることが分かる。

被災場所（犠牲者が発災時にいたと思われる場所）は、自宅が 44 名、屋外（自宅前）が 4 名、不明は 2 名であった。これより自宅内やすぐそばが 48 名（全体の 96%）となり、犠牲者の屋外の割合が高い近年の風水害¹⁹⁾とは異なる傾向を示している。これより、大半の犠牲者が自宅に滞在し、水平避難をしなかった、もしくは試みたが間に合わなかったと考えられる。自宅や勤務先などの屋内で犠牲となった上述の 44 名に関する被災パターンとしては、①平屋家屋の 1 階で被災したもの、②2 階建て家屋の 1 階で被災したもの、③2 階建て家屋の 2 階で被災したもの、④家屋流失により被災したもの、の 4 つに大別される。自宅内の発見場所としては、44 名中 1 階が 35 名、2 階が 2 名、自宅流失が 7 名であった。このうち、1 階で発見された方の自宅は平屋が 15 名（①）、2 階建てが 20 名（②）である。垂直避難すらできなかった状況は 2018 年西日本豪雨²⁰⁾と同様に見られた。②の 20 名中 14 名は前述の千寿園の入所者であり、要支援者の事前避難はもちろんのこと、万が一に備えた効果的な避難誘導対策の重要性が示唆された。また今次水害では、③の 2 階建ての自宅 2 階で被害を受けた人が 2 名、④の自宅流失による犠牲者が 7 名、と多いことも大きな特徴である。③では、被災者発見地点の実測浸水深は 6.73m、5.80m であり、2 階まで浸水もしくは 2 階も全て水没する水深である。④の発生箇所は、44kp 左岸にて 2 軒と、59 kp 右岸にて 1 箇所の計 3 箇所である。特に中流部に位置

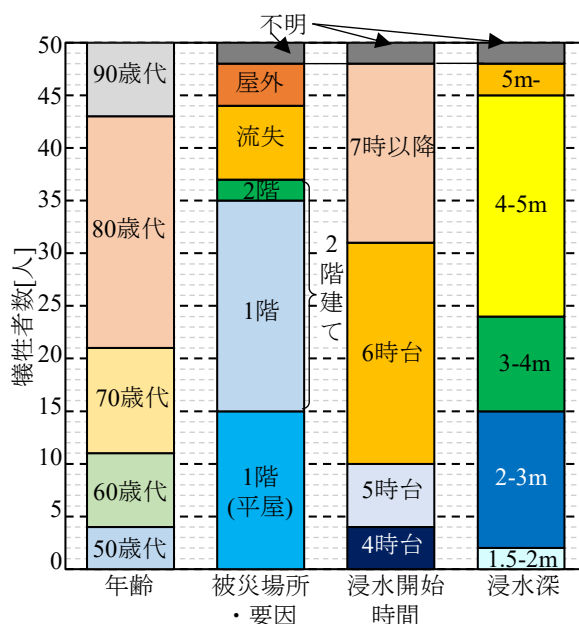


図-7 今次豪雨による人的被害の発生状況

する 44kp では、狭隘区間を洪水流が高流速で流下したことを裏付ける結果となった。以上より、今次豪雨は垂直避難が通用しない災害でもあったことが分かる。

次に、浸水開始時間としては、日の出前の 4 時台が 4 名（8%）おり、これはいずれも中流部の球磨村・芦北町であった。また、日の出頃に相当する 5 時台は 6 名（12%）存在し、場所は中流部や上流部（52～55kp）である。また、6 時台は 21 名（42%）、7 時台以降は 17 名（34%）、不明 2 名であり、5 時台も含めると全体の 88% は朝早い時間（AM5～8 時頃）から浸水したことが分かる。そのため、浸水時には真っ暗闇という状況ではなく、多少の光があったものと推測されるが、それでも垂直避難すらできなかった状況が発生した。この中には、就寝中で浸水発生に気づけなかった方もいるものと推測され、前日夜（就寝前）までに大雨予報が出れば住民の備えも変わると推察される。

最後に、被災場所の浸水深としては、浸水深 2m 以下も 2 名（4%）いるが、大多数は 2m 以上となっていることが分かる。このように、目安の下限値 2m は屋内の床面基準では 1.5m 程度の水深に相当しており、大人が立ててかどうかの浸水で人的被害が発生していることが分かる。また、今次水害では浸水深 5m 以上の犠牲者は 3 名おり、そのうち 2 名が自宅 2 階で発見された。このように、今次水害では、広範囲に 5m 以上の浸水が発生し、それによる人的被害が発生していることが確認された。

6 結論

本研究で得られた主な結論は以下の通りである。

(1) 球磨川からの洪水氾濫は、中流域の一部では午前

4時前後より開始し、上流域では日の出時刻 (=5時15分)以降であった。浸水深・浸水位コンターより、7mを超える浸水深や、河道横断方向に水位が一樣となり、氾濫域と河道が一体となり洪水流が流下したと思われる。

(2) 建物被害の流失は中流域や上流域 52kp~55kpで顕著であった。流失建物のうち「主建物」は99棟であり、水平避難が遅れていればさらなる人的被害に繋がった可能性が示唆された。

(3) 人的被害は、浸水深は2m以上が全体の96%を占め、2階建ての2階で犠牲になる事例や家屋流失による事例など、垂直避難が通用しないものも確認された。浸水開始は日の出以降が多かったが逃げ遅れが生じており、就寝前に早期の避難行動の呼びかけが必要であった。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費補助金・特別研究促進費（研究代表者：大本照憲）によって実施された。浸水状況や建物被害状況の情報収集には、九州大学・矢野真一郎教授、山口大学・赤松良久教授にご協力頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：令和2年7月豪雨による被害状況等について(令和3年1月7日14:00現在), http://www.bousai.go.jp/updates/t2_07oosame/pdf/r20703_oosame_40.pdf (閲覧日：令和3年5月24日)。
- 2) 気象庁：令和2年7月3日からの豪雨の名称について, http://www.jma.go.jp/jma/press/2007/09b/20200709_heavyrainname.pdf (閲覧日：令和3年5月24日)。
- 3) 気象庁：令和2年7月豪雨, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/jyun_sokuji20200703-0731.pdf (閲覧日：令和3年5月24日)。
- 4) 国土交通省：令和2年7月豪雨災害による被害状況等について(第52報), <https://www.mlit.go.jp/common/001352129.pdf> (閲覧日：令和3年6月11日)。
- 5) 熊本県：令和2年7月豪雨に関する被害状況について(令和3年(2021年)6月3日), https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/74612_141365_misc.pdf (閲覧日：令和3年6月4日)。
- 6) 国土交通省九州地方整備局八代河川国道事務所：令和2年7月球磨川豪雨検証委員会, <http://www.qsr.mlit.go.jp/yatusiro/river/index.html> (閲覧日：令和3年6月11日)。
- 7) 山本晴彦, 渡邊祐香, 兼光直樹, 坂本京子, 岩谷潔：2020

- 年7月の梅雨前線豪雨により熊本県球磨川の渡地区で発生した洪水災害の被害調査, 自然災害科学, Vol.40, No.1, pp.103-122, 2021.
- 8) 田井明, 橋本彰博, 押川英夫, 峯浩二, 鮎本健治, 佐野雄一, 齋田倫範, 鶴崎賢一, 杉原裕司：人吉市街地—球磨川渡地区における洪水痕跡調査, 令和2年7月九州豪雨災害調査団報告書, pp.57-62, 2021.
 - 9) 大本照憲：人吉市・中川原公園及び橋梁が洪水流に与えた影響, 令和2年7月九州豪雨災害の総合調査・研究報告書, pp.158-171, 2021.
 - 10) 松村政秀：球磨川流域における橋梁被害：令和2年7月九州豪雨災害の総合調査・研究報告書, pp.230-239, 2021.
 - 11) 赤松良久：球磨川における流出氾濫再現シミュレーション, 令和2年7月九州豪雨災害調査団報告書, pp.73-81, 2021.
 - 12) 重枝美鈴：球磨川流域の流量の推定と胸川流域の洪水氾濫プロセス, 令和2年7月九州豪雨災害の総合調査・研究報告書, pp.127-136, 2021.
 - 13) 田端幸輔, 後藤岳久, 竹村吉晴, 酒匂一樹, 福岡捷二：令和2年7月球磨川豪雨における洪水流と氾濫流の一体解析による人吉市街地と狭隘区間の集落の被害分析, 河川技術論文集, Vol.27, pp.597-603, 2021.
 - 14) 国土交通省九州地方整備局八代河川国道事務所：球磨川水系河川整備基本方針本文, http://www.qsr.mlit.go.jp/yatusiro/site_files/file/tiverhonbun.pdf (閲覧日：令和3年5月24日)。
 - 15) 熊本県：令和2年7月豪雨に係る災害対策本部会議(第13回), <https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/109914.pdf> (閲覧日：令和3年6月23日)。
 - 16) 国土地理院：令和2年7月豪雨に関する情報 球磨川流域球磨川(2020年7月4日20時作成), https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R2_kyusu_heavyrain_jul.html (閲覧日：令和3年6月23日)。
 - 17) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 総合防災情報センター：令和2年7月豪雨に関する防災科研クライシスレスポンスサイト, https://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?app_id=b80ae7c6baa4754914c1b8310be9c4c (閲覧日：令和3年6月23日)。
 - 18) 国土交通省：令和2年7月豪雨を踏まえた高齢者福祉施設の避難確保に関する検討会, 第1回検討会説明資料, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/koreisha_hinan/pdf/siryou1-7.pdf (閲覧日：令和3年6月23日)。
 - 19) 牛山素行, 本間基寛, 横幕早季, 杉村晃一：2019年台風19号による人的被害の特徴, 自然災害科学, Vol.40, No.1, pp.81-102, 2021.
 - 20) 篠原麻太郎, 二瓶泰雄：2018年西日本豪雨における小田川の洪水氾濫プロセス, 河川技術論文集, Vol.25, pp.327-332, 2019.

(Received June 30, 2021)

(Accepted September 3, 2021)

RELATION BETWEEN INUNDATION, BUILDING DAMAGE AND HUMAN DAMAGE, IN THE KUMA RIVER DUE TO REIWA 2 JULY HEAVY RAIN

Yuki OGATA, Yoshiya HOTTA, Takehiko ITO, Takashi INOUE,
Koyo OOTA, Shiho ONOMURA and Yasuo NIHEI

This study aims to analyze relationship between flood inundation, building damage and human damage in the Kuma River basin due to Reiwa 2 July heavy rain. For this, we conducted field surveys for the height of water mark and situation of building damages. The observed results showed that the outflow of buildings were remarkable in the middle and upper reach of the Kuma River in which the river width was narrow. The results showed that the human damage was caused by the high inundation more than 5 meters and outflow of buildings, suggesting that the vertical evacuation did not work in this disaster scale. Although the inundation started after sunrise, there was a delay in escape, and it was necessary to call early evacuation action before bedtime.