

土木学会水工学委員会 河川技術シンポジウム
日 程： 令和5年6月22日（木） 9：30～12：00
場 所： 土木学会講堂

令和2年7月球磨川水害の実態と残した課題

令和2年7月九州豪雨災害時の球磨川流域では7月3日の夜半から4日午前にかけて降雨継続時間12時間の流域平均雨量は上流の基準点・人吉地点で322mm/12hr，下流の基準点・横石地点では346mm/12hrであった。降雨継続時間12時間における流域平均雨量の確率年は，グンベル分布によれば人吉地点で622年，横石地点では1462年であった。想定最大外力（レベル2）に迫る歴史的洪水と言われる所以である。本講演では，流域に対してどのような破壊現象が生起するか，河川技術者にどのような課題が残されたかについて現場を調査した視点から議論する。

- ・ 球磨川流域における雨量特性
- ・ 令和2年7月九州豪雨災害人的被害
- ・ 球磨川の被害実態
- ・ 人吉球磨盆地における流下型氾濫形態
- ・ 人吉中心市街地における治水安全度

熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター

大本照憲

河川改修が治水安全度に安全度に与える影 (水害リスクカーブ)

A型河川改修 <-施設整備

- ・一律的な河道掘削
- ・一律的な堤間幅拡大
- ・放水路
- ・洪水調節施設(ダム、遊水池)
(既存ダム容量増強を含む)
- ・既存ダムの操作規則の高度化による
洪水調節能力の拡張

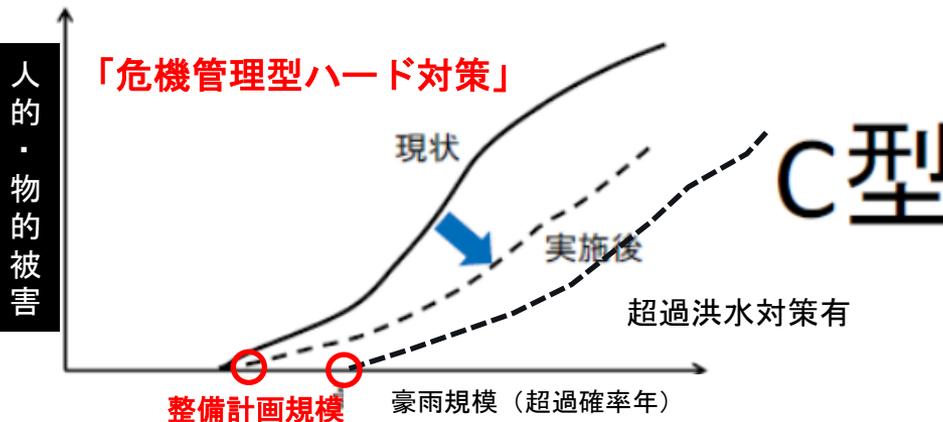
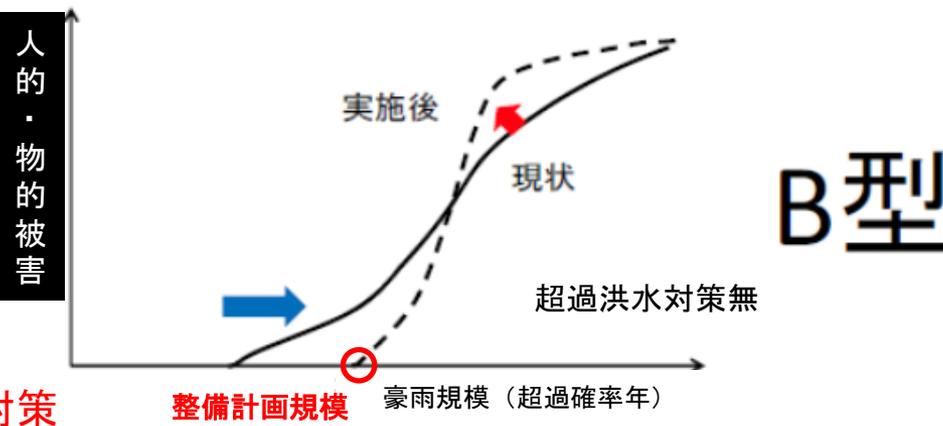
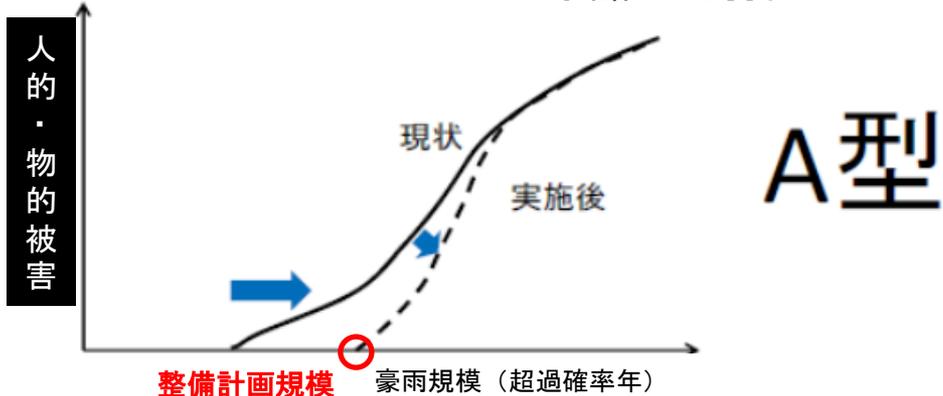
B型河川改修 <-施設整備+土地利用無策

- ・一律的な築堤
- ・流下能力が低い区間の河川整備
(掘削or築堤による流下能力増)

C型河川改修 <-流出抑制・氾濫制御・ソフト対策

- ・流下能力が低い区間に越流堤
- ・流下能力が低い区間に粘り強い堤防
- ・緊急的氾濫流制御・氾濫戻し策の実施
- ・都市部において、防災調節池、遊水地
(アクティブコントロール指向)
- ・不連続的(霞堤、轆塘、野越)、二線堤、
輪中堤(土地利用形態の規制)
- ・ソフト対策の強化

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{暴露} \times \text{脆弱性}$$



国土交通省による 流域治水のイメージ

1. 整備計画を上回る流量に対して**氾濫を想定した治水**
2. 土砂、流木を含んだ**氾濫流の制御手法**の開発
3. 氾濫域、集水域に関わる**人々の協働**による減災（上下流の合意形成）

「流域治水」の施策について

- 流域治水とは、気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域（雨水が河川に流入する地域）から氾濫域（河川等の氾濫により浸水が想定される地域）にわたる流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方です。
- 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。

①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

雨水貯留機能の拡大 集水域
 [国・市・企業、住民]
 雨水貯留浸透施設の整備、
 ため池等の治水利用

流水の貯留

河川区域
 [国・県・市・利水者]
 治水ダムの建設・再生、
 利水ダム等において貯留水を
 事前に放流し洪水調節に活用

[国・県・市]
 土地利用と一体となった遊水
 機能の向上

持続可能な河道の流下能力の 維持・向上

[国・県・市]
 河床掘削、引堤、砂防堰堤、
 雨水排水施設等の整備

氾濫水を減らす

[国・県]
 「粘り強い堤防」を目指した
 堤防強化等

②被害対象を減少させるための対策

**リスクの低いエリアへ誘導／
住まい方の工夫** 氾濫域
 [国・市・企業、住民]
 土地利用規制、誘導、移転促進、
 不動産取引時の水害リスク情報提供、
 金融による誘導の検討

浸水範囲を減らす
 [国・県・市]
 二線堤の整備、
 自然堤防の保全



③被害の軽減、早期復旧・復興 のための対策

土地のリスク情報の充実 氾濫域
 [国・県]
 水害リスク情報の空白地帯解消、
 多段型水害リスク情報を発信

避難体制を強化する
 [国・県・市]
 長期予測の技術開発、
 リアルタイム浸水・決壊把握

経済被害の最小化
 [企業、住民]
 工場や建築物の浸水対策、
 BCPの策定

住まい方の工夫
 [企業、住民]
 不動産取引時の水害リスク情報
 提供、金融商品を通じた浸水対
 策の促進

被災自治体の支援体制充実
 [国・企業]
 官民連携によるTEC-FORCEの
 体制強化

氾濫水を早く排除する
 [国・県・市等]
 排水門等の整備、排水強化

近年の河川災害

温暖化が、極端気象の増加を招くと予測

最近10 年間の水害

2020年 令和2年7月九州豪雨災害

2019年 令和元年8月佐賀豪雨災害

令和元年東日本台風災害

2018年 平成30年7月西日本豪雨災害

2017年 平成29年7月九州北部豪雨

2016年 平成28年8月北海道豪雨

(平成28年4月16 日熊本地震)

2015年 平成27年関東・東北豪雨

2014年 平成26年8月豪雨(広島土砂災害)

2012年 平成24年7月九州北部豪雨

2011年 平成23年台風12 号紀伊半島豪雨災害

平成23 年7 月新潟・福島豪雨

(2011 年3 月11 日東日本大震災)

注：朱書きは九州が中心となった災害

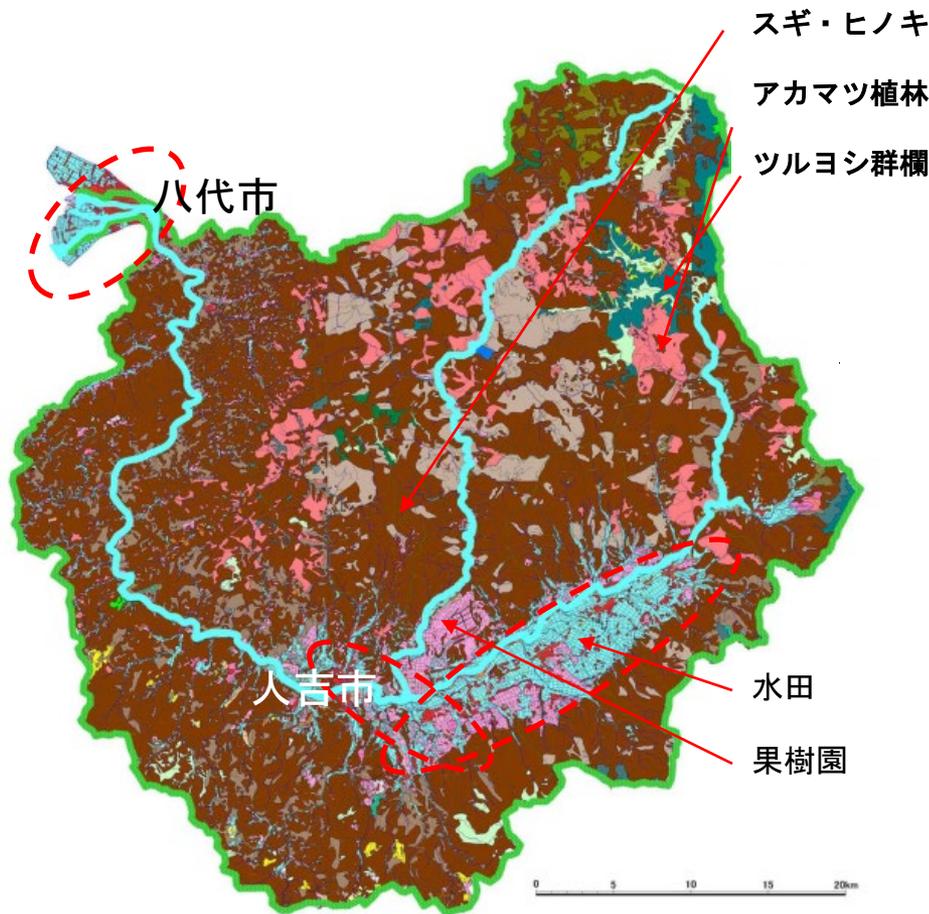
土地利用

人口 30万人(1980) → 22万人(2020)

人口減少・高齢化の進展

八代市 123千人 (56%)

人吉市 31千人 (14%)



河川名	流域面積 (km ²)	山林 (%)	農地 (%)	宅地 (%)
球磨川 (No. 3)	1,880	84	6	10
白川	480	60	29	11
緑川	1,100	61	29	10
菊池川	996	70	26	4
筑後川 (No. 1)	2,860	56	21	23
大淀川 (No. 2)	2,230	69	22	9
五ヶ瀬川 (No. 4)	1,820	91	7	2
川内川 (No. 5)	1,600	96	3	1

森林面積の割合から球磨川流域の保水機能は高いが、異常出水では流域が飽和状態となりピーク流量の低減を期待することは出来ない。(日本学術会議の低減)
 なお、球磨川流域では林業が盛んで、再上流域では皆伐が進み、土石流災害のあった小川および山内川で皆伐場所での崩落があったとの報告もある。

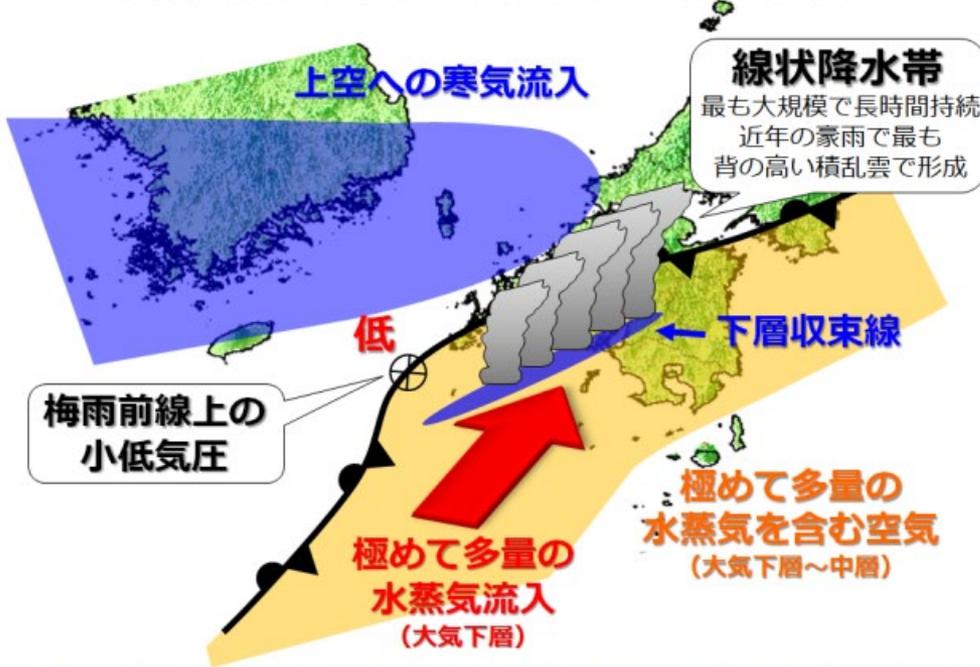
球磨川・水害史

発生日	発生原因	被害状況
1669年(寛文9年)		青井阿蘇神社楼門3尺余(約1m)浸水 、大橋・小俣橋流失、流失家屋1,432戸、死者11人)
1713年(正徳3年)		家屋全壊185戸、死者1名、市房山に山津波発生、巨岩が麓を埋める
1755年(宝暦5年)		6月8日～6月9日(旧暦)の豪雨、 瀬戸石山・崩落に伴う天然ダム発生・崩壊(高さ約50m) 、 山津波発生、萩原堤防決壊により死者560名 (八代藩506名、相良藩54名)、家屋流失・全壊 2,401戸 (八代藩 2,118戸 、相良藩 283戸) (6代藩主：細川重賢の時代)
1766年(明和3年)		田畑存亡12,988石、餓人456名
1927年(昭和2年)	－	家屋損壊・流出32戸、浸水家屋 500戸
1944年(昭和19年)	－	家屋損壊・流出507戸、床上浸水1,422戸
1954年(昭和29年)	台風	家屋損壊・流出106戸、床上浸水562戸
1963年(昭和38年)	前線	家屋損壊・流出281戸、床上浸水1,185戸、床下浸水3,430戸
1964年(昭和39年)	台風	家屋損壊・流出44戸、床上浸水753戸、床下浸水893戸
1965年(昭和40年)	梅雨	家屋損壊・流出1,281戸、床上浸水2,751戸、床下浸水10,074戸、 最大流量(人吉:5,700m³/s、横石:7,800m³/s)
1971年(昭和46年)	台風	家屋損壊・流出209戸、床上浸水1,332戸、床下浸水1,315戸、最大流量(人吉:5,300m ³ /s、横石:7,100m ³ /s)
1972年(昭和47年)	梅雨	家屋損壊・流出64戸、床上浸水2,447戸、床下浸水12,164戸、最大流量(人吉:4,100m ³ /s、横石:5,500m ³ /s)
1982年(昭和57年)	梅雨	家屋損壊・流出47戸、床上浸水1,113戸、床下浸水4,044戸、最大流量(人吉:5,500m ³ /s、横石:7,100m ³ /s)
1999年(平成11年)	台風	床上浸水3戸、床下浸水20戸
2004年(平成16年)	台風	床上浸水13戸、床下浸水36戸、最大流量(人吉:4,300m ³ /s、横石:5,800m ³ /s)
2005年(平成17年)	台風	床上浸水46戸、床下浸水73戸、最大流量(人吉:4,600m ³ /s、横石:6,700m ³ /s)
2006年(平成18年)	梅雨	床上浸水41戸、床下浸水39戸
2008年(平成20年)	梅雨	床上浸水18戸、床下浸水15戸
2011年(平成23年)	梅雨	床上浸水4戸、床下浸水4戸
2020年(令和2年)	梅雨	青井阿蘇神社楼門(1.5m)浸水 、家屋全壊557戸・半壊43戸、床上浸水5,949戸、床下浸水2,112戸、最大流量(渡:10,000m ³ /s?)

梅雨：8回、台風：6回

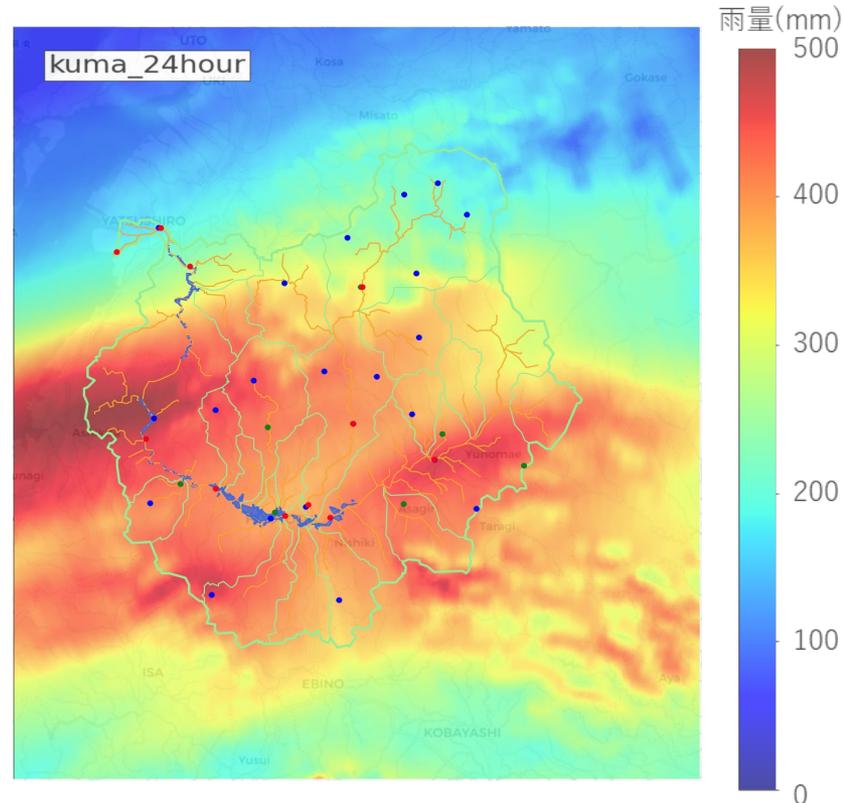
レーダ雨量計24時間雨量

球磨川流域での記録的な大雨の要因



令和2年7月3日～4日の球磨川流域における気象概念図 出典：気象庁

球磨川流域に記録的な大雨をもたらした線状降水帯は、梅雨前線南側に極めて多量の水蒸気を含む空気がある中、大気下層の収束線上で梅雨前線上の小低気圧*2の影響で極めて多量の水蒸気が流入して発生していました。これに加えて、上空への寒気流入の影響で非常に不安定な大気の状態になっていたため、近年の豪雨のなかでも最も背の高い積乱雲がこの線状降水帯を形成していた。



提供：九工大 重枝先生

9事例の線状降水帯のうち、多くの事例において梅雨前線上で低気圧が発達しており、

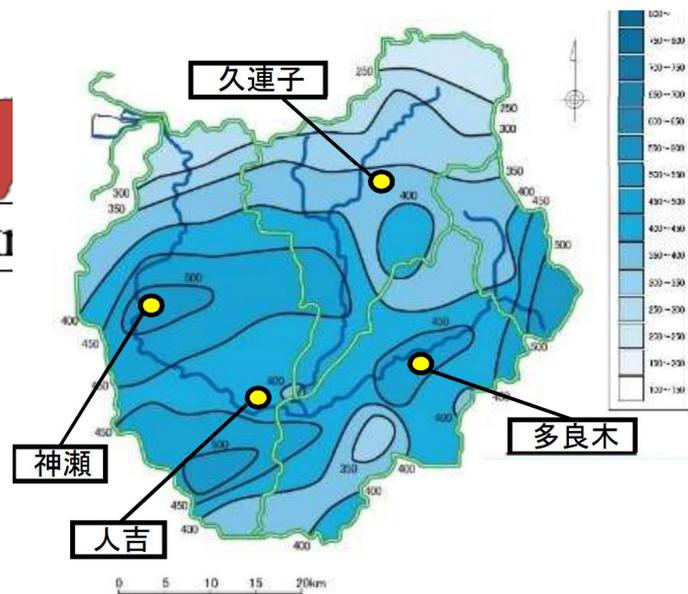
2020年7月3日～4日の間の各観測地点における累加雨量

流域地形
 流域面積：1,880Km²
 幹線流路延長：115km
 上流に球磨川流域(550km²,40km)と同規模の川辺川流域(534km²,61km)を有し、
 人吉地点上流の流域面積は全体の60%の大きさ
 球磨村渡地点の流域面積(1464km²) 全体の78%



令和2年7月豪雨 観測所雨量

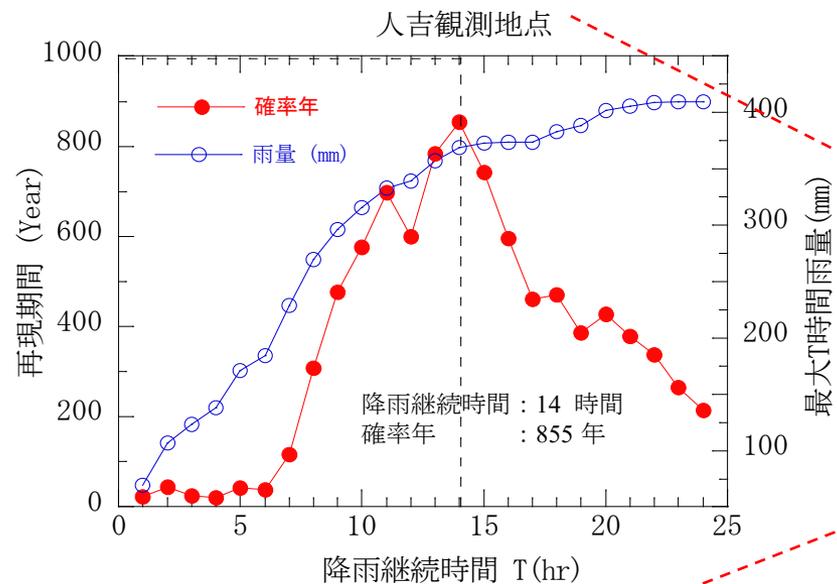
観測所名	12時間	24時間
神瀬(こうのせ)	489	534
人吉(ひとよし)	339	410
久連子(くれこ)	296	346
多良木(たらぎ)	408	483



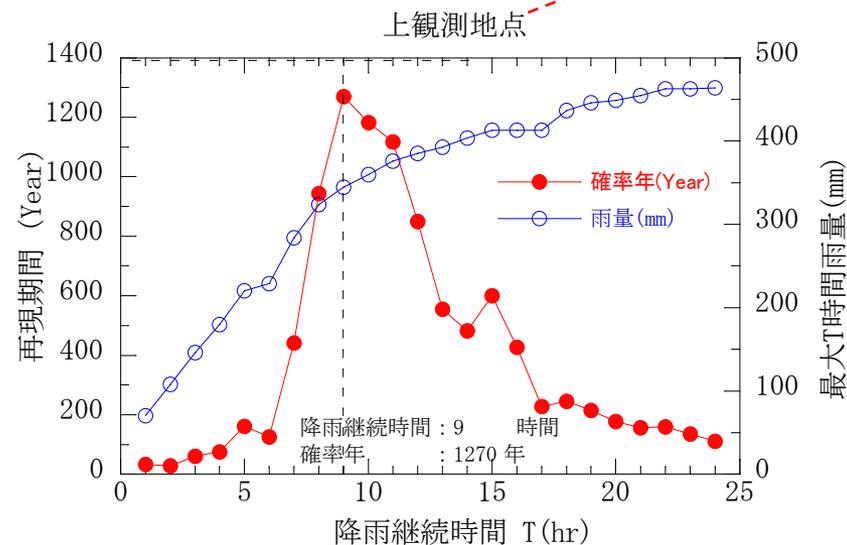
提供：熊大・石田桂先生

提供：国土交通省・八代河川国道事務所

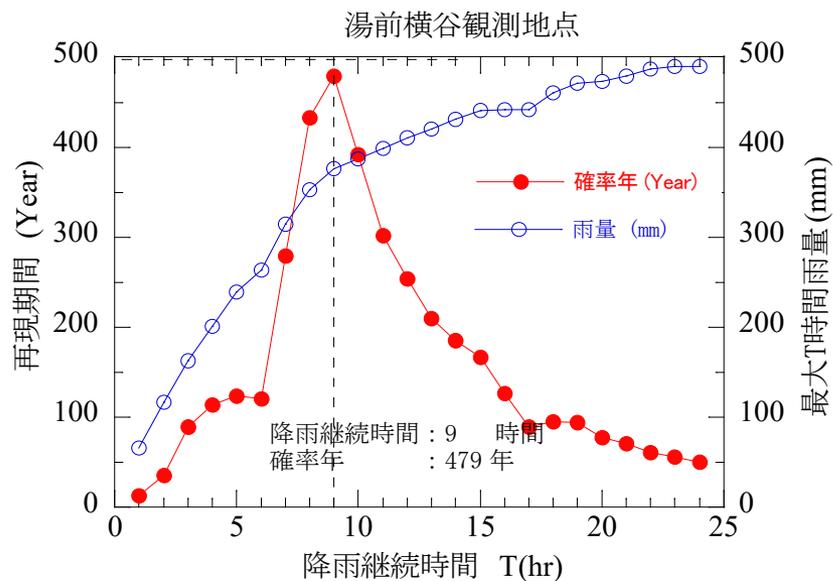
球磨川水系の雨量・確率年



国土交通省によれば、流域平均雨量の確率年は150年と発表

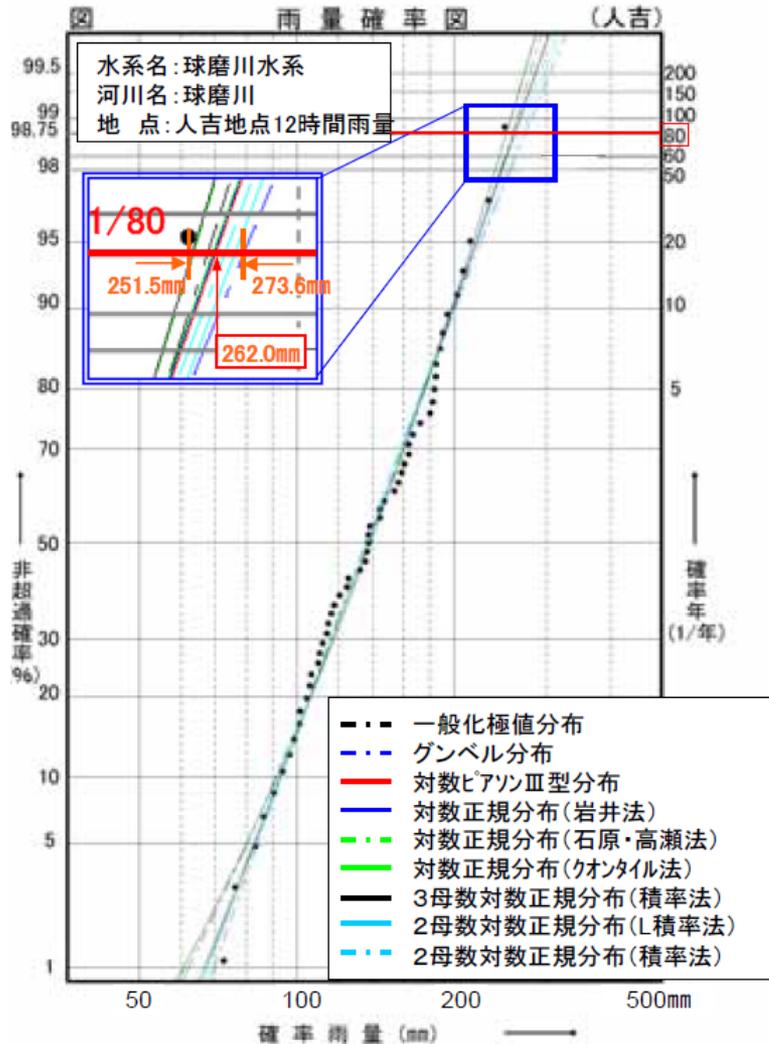


球磨川 (柳瀬上流)



球磨川 (柳瀬上流)

流域平均雨量の確率年 上流基準点 (人吉)



流域平均雨量の確率年
(降雨継続時間12時間)

流域平均雨量

R=322mm/12時間 (国土交通省八代河川国道事務所)

確率年T=622年

実績降雨/計画降雨=1.23

R=327mm/12時間 (日本気象協会)

確率年T=738年

実績降雨/計画降雨=1.25

計画雨量 (令和2年7月前)

R=262mm/12時間 確率年T=80年

想定最大規模降雨*) (九州北西部、1,031km²)

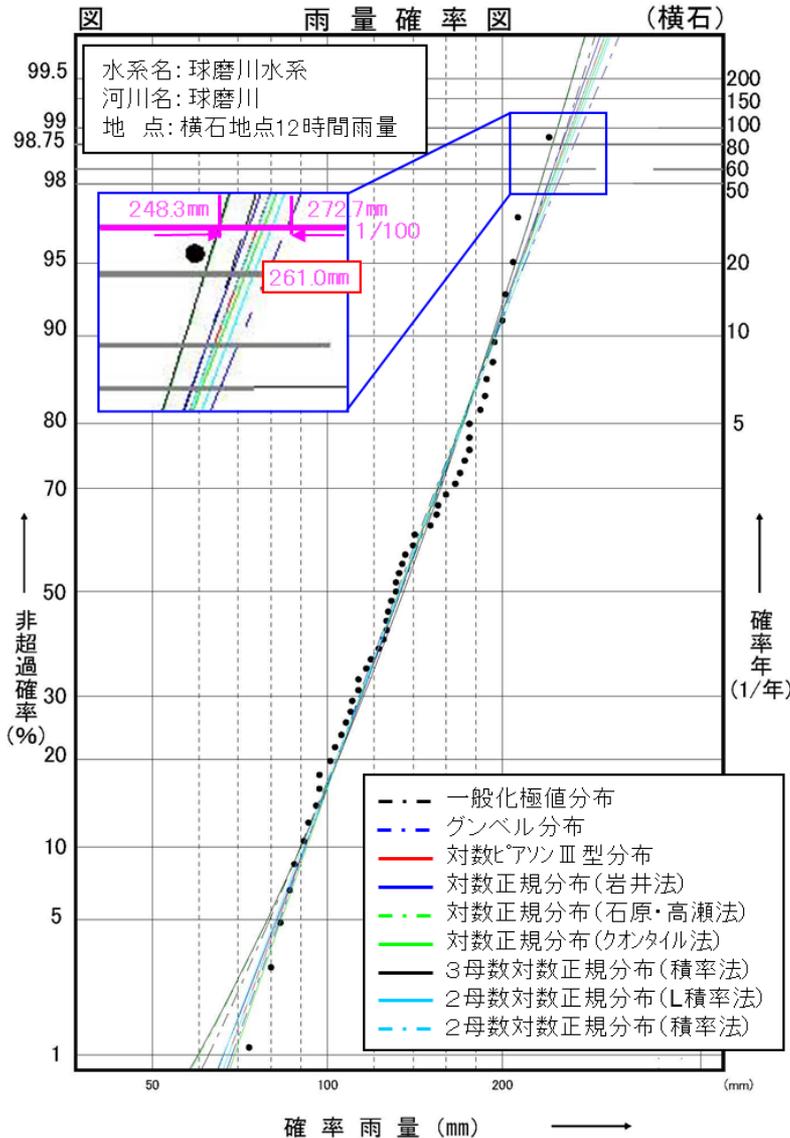
R=517mm/12時間

ガンベル分布

T(hr) (降雨継続時間)	R(mm)	T(Year) (累積雨量) 確率年
10.000	316.00	576.00
11.000	333.00	698.00
12.000	339.00	599.00
13.000	357.00	784.00
14.000	369.00	855.00
15.000	373.00	743.00

*)国土交通省 水管理・国土保全局：浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法,平成27年7月

流域平均雨量の確率年 下流基準点（横石）



R=346mm/12hr (国土交通省)

T=1, 482年 <-想定最大外力(レベル2)に近い
実績降雨/計画降雨=1.33

R=361mm/12hr (日本気象協会)

T=2, 388年
実績降雨/計画降雨=1.38

計画雨量

R=261mm/12時間 確率年T=100年

想定最大規模降雨*) (九州北西部、2,072km²)

R=383mm/12時間

ゲンベル分布

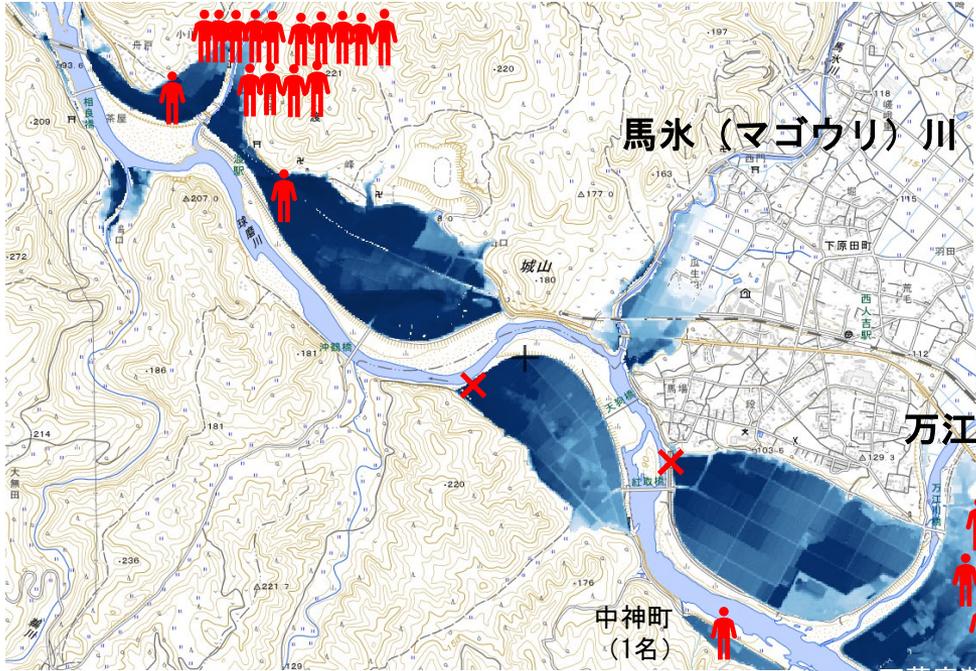
「平成29年7月九州北部豪雨」におけるAMeDAS 朝倉観測所では、降雨継続時間が1時間,3時間,6時間,12時間に対する1976年から2016年の50年間における過去最大降水量は、64mm,132mm,149mm,198mmであるのに対して、2017年7月5日の最大降水量は、106mm,220mm,353mm,512mmであった。7月5日の集中豪雨は、過去の記録から得られる可能最大降水量を大幅に超え、確率年を求めることが出来ない統計的に異常な雨であった。

*)国土交通省 水管理・国土保全局：浸水想定(洪水、内水)の作成等のための想定最大外力の設定手法,平成27年7月

人吉・球磨盆地における水死

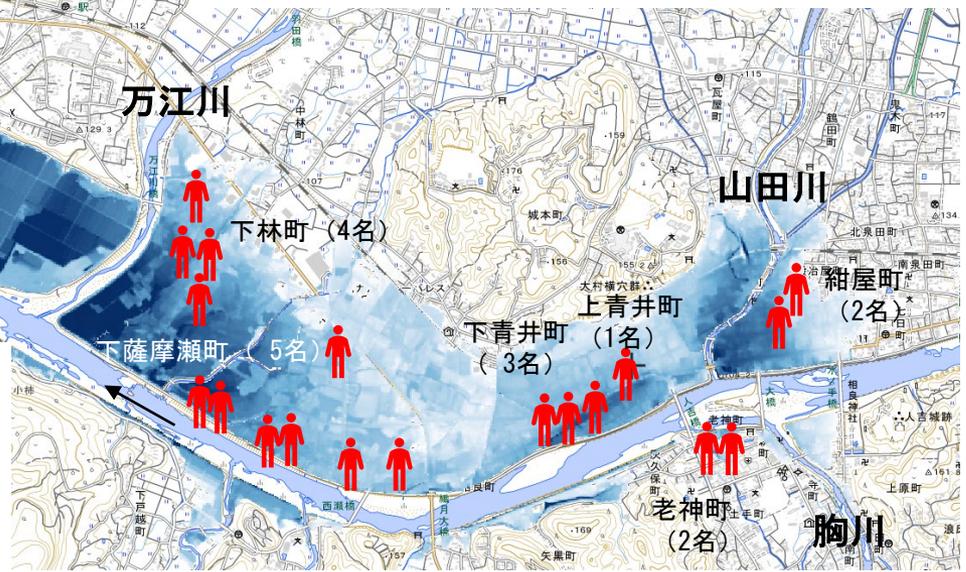
人吉市：(流路長10km, 氾濫幅1~1.5km, 河床勾配約1/550)

小川



- ・ 上流域・人吉・球磨盆地 **計36名**
 - 人吉市 20名
 - 球磨村 16名 (千寿園：14名)
- ・ 中流域・山間狭窄部 **計14名**
 - 球磨村・一勝地 6名
 - 球磨村・神瀬 3名
 - 芦北町 1名
 - 八代市坂本 4名
- ・ 下流域・八代平野 0名
- ・ 球磨川流域 **計50名 溺死**

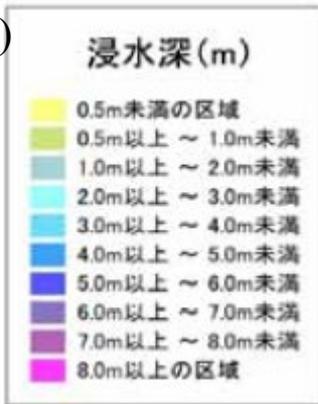
県内他流域の水死 5名
 芦北町(3名) 山鹿市(2名)
 計 水死 54名(65名中) 83%



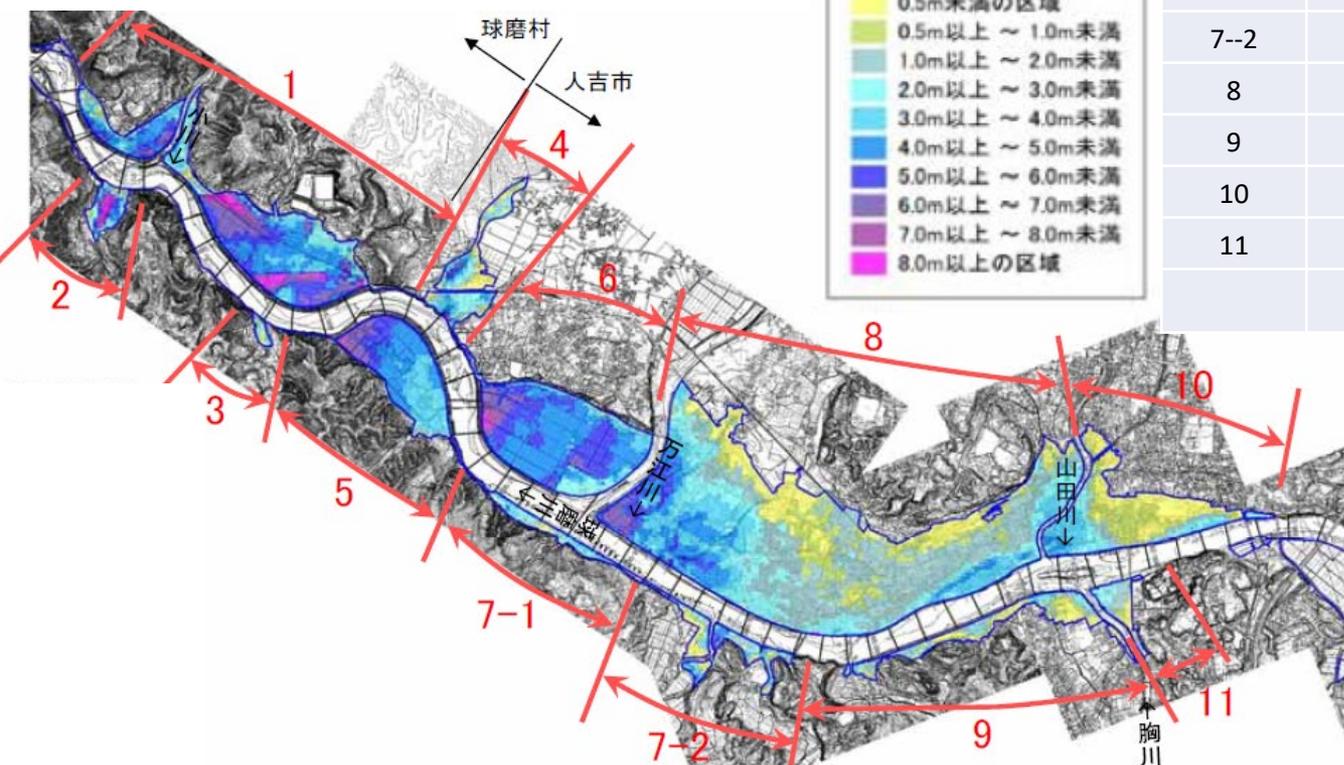
犠牲者の年齢構成は、50歳代4名、60歳代7名、70歳代10名、80歳代22名、90歳代7名であった。**70歳を超えた割合は78%**であり、高齢者の方々の犠牲割合が高い

人吉・球磨盆地の氾濫

市房ダム
 貯水容量 4,020万m³
 洪水流量 第1期850万m³ (6/11-7/21,10/1-10/20)
 第2期1,830万m³ (8/1-10/20)
 ピーク流量カット 650m³ (1,300m³-650m³)



Block No.	浸水深 (m)	氾濫面積 (ha)	貯水量 (万m ³)
1	4.6	72.6	333.96
2	3.9	6.9	26.91
3	1.7	1.7	2.89
4	2	19	38
5	4.5	33.4	150.3
6	4.7	64.6	303.62
7--1	2.4	6.2	14.88
7--2	1.7	13.6	23.12
8	2.2	245.1	539.22
9	1	18.5	18.5
10	1.4	46.8	65.52
11	1.3	7.2	9.36
	2.85	535.6	1526.3



人吉・球磨盆地
 氾濫面積 535.6 ha
 氾濫水容量 1,526 万m³

熊本県調査
 人吉市 518ha
 錦町 290ha
 相良村 220 ha
 あさぎり町 20ha
 球磨村 70ha

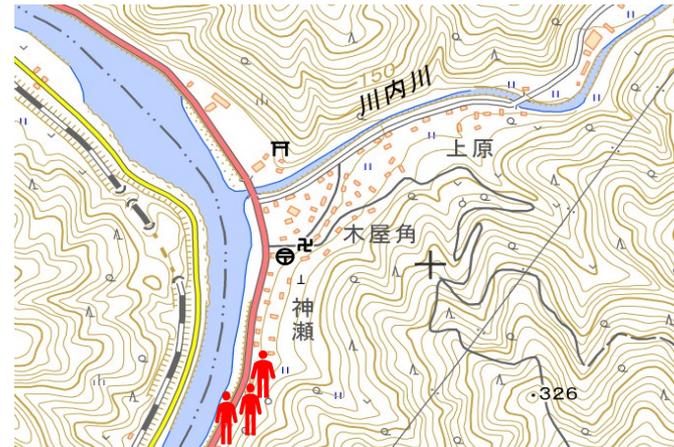
氾濫面積 : 1118ha
全浸水面積 : 1575ha

※洪水痕跡調査など浸水区域・浸水深調査結果より、今次出水の浸水深を推定。

(人吉上流の浸水面積含む, 熊日2020. 8. 21)

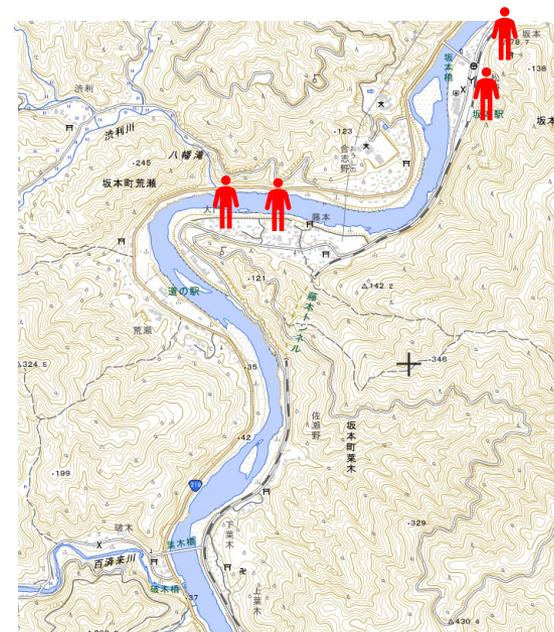
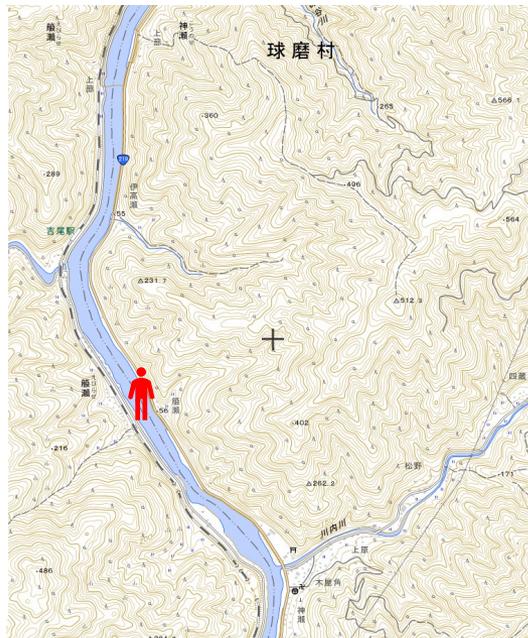
球磨川・山間狭窄部における人的被害場所（溺死14名）

球泉洞駅
5名水死



(a) 球磨村一勝地地区 6人水死

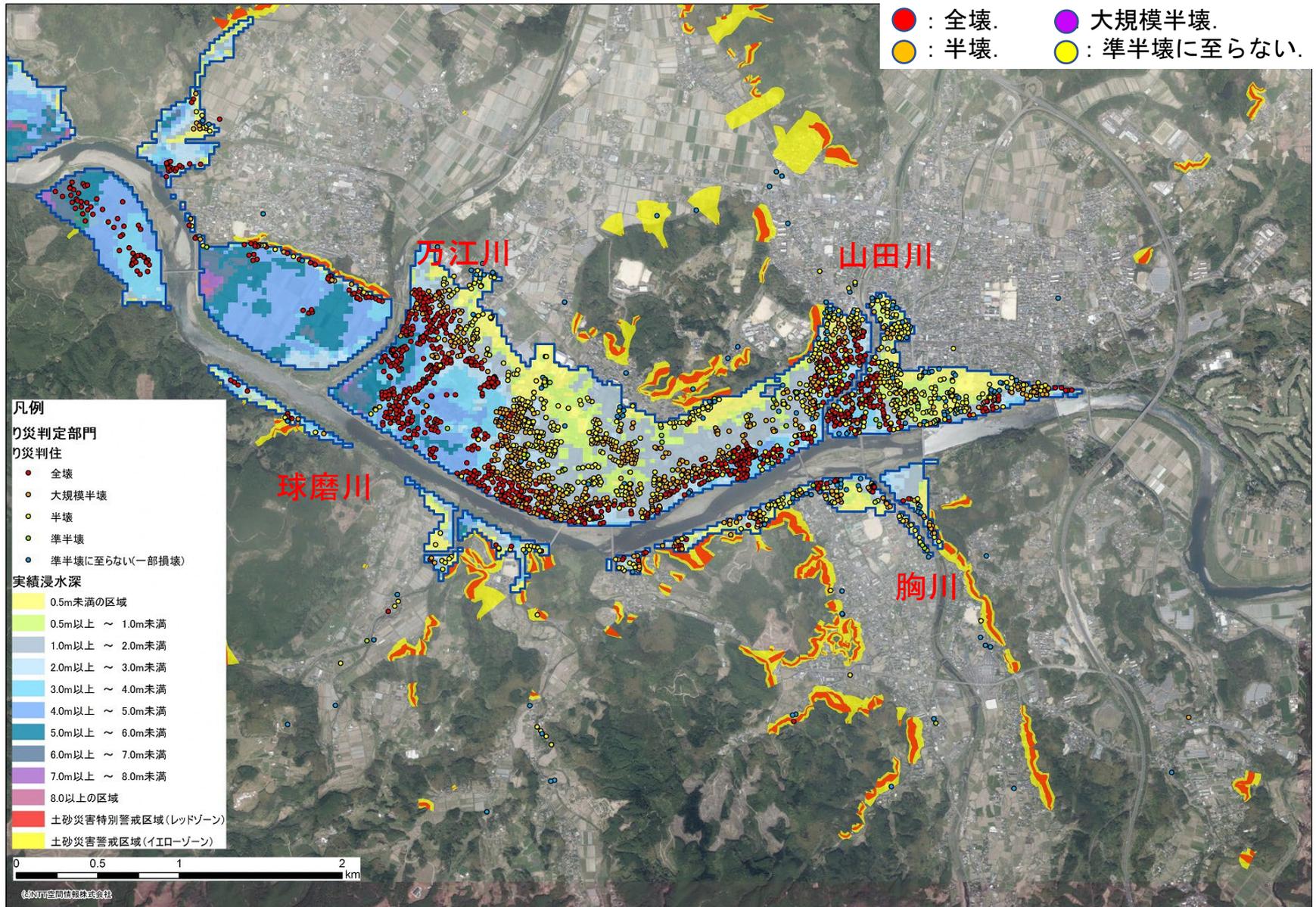
(b) 球磨村神瀬 3人水死



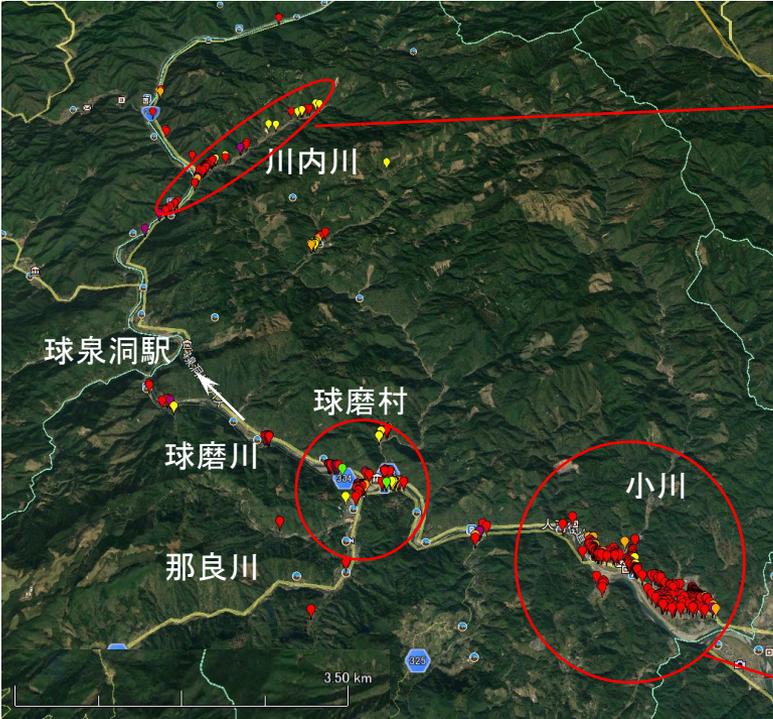
(c) 芦北町簸瀬（エビラセ） 1人水死

(d) 八代市坂本町 4人水死

令和2年7月球磨川水害における人吉市の住家被害



令和2年7月球磨川水害における球磨村の住家被害



- 全壊.
- 大規模半壊.
- 半壊.
- 準半壊に至らない.

球磨村資料提供 罹災証明書を基にした住家被害
(2021. 3. 16)

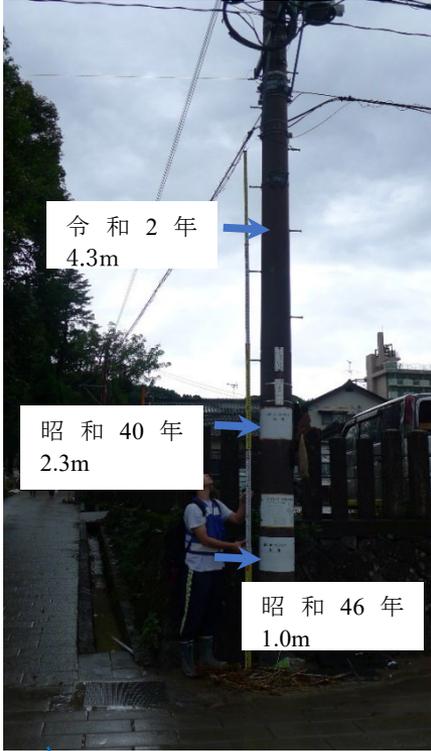
- 赤 : 全壊.
- 紫 : 大規模半壊.
- 橙 : 半壊.
- 黄 : 準半壊に至らない.

茶屋集落 : 16戸流失
小川 (土砂崩壊)
今村集落 : 5戸流失
地下集落 : 25戸流失

国宝・青井阿蘇神社の浸水



- ・青井阿蘇神社境内の浸水深1.5m
- ・道路面を基準にした境内の標高2.8m
- ・昭和40年の洪水では浸水せず



青井阿蘇神社前面の道路
 令和2年7月浸水深4.3m
 昭和40年洪水2.3m
 昭和46年洪水1.0m



青井阿蘇神社前面の道路
 令和2年7月浸水深4.3m
 昭和57年洪水1.3m

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。



図-13 国宝・青井阿蘇神社の浸水

球磨川 樋管部周辺の決壊

右支川の万江川(57/600)から下流



(出典:Google Earth)



紅取橋下流の右岸決壊(決壊幅30m, 深さ2.4m)
出典: 朝日新聞7月4日15:44



国土交通省によって大型土嚢による決壊部の修復
7月8日15:21撮影



洪水痕跡 浸水深 6m
堤防天端より2.2m高い位置にゴミ
7月8日15:21撮影

浸水深 6m
堤防天端より2.2m

球磨川 沖鶴橋(流失) 周辺



(2020年7月14日 撮影)



電柱の洪水痕跡
電線に洪水痕跡
(2020年7月14日 撮影)

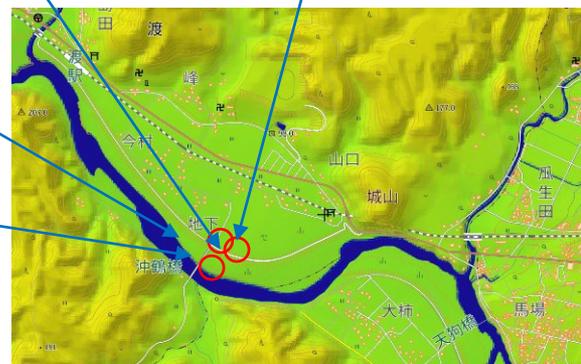
浸水深5.4m
浸水深5.8m
(撮影)



道路標識転倒
(2020年7月14日 撮影)
流速6-7m/s



(2020年8月28日 撮影)



球磨村渡地区の氾濫



住家流失
国道219号線上方から撮影(2020年7月8日19:03 撮影)



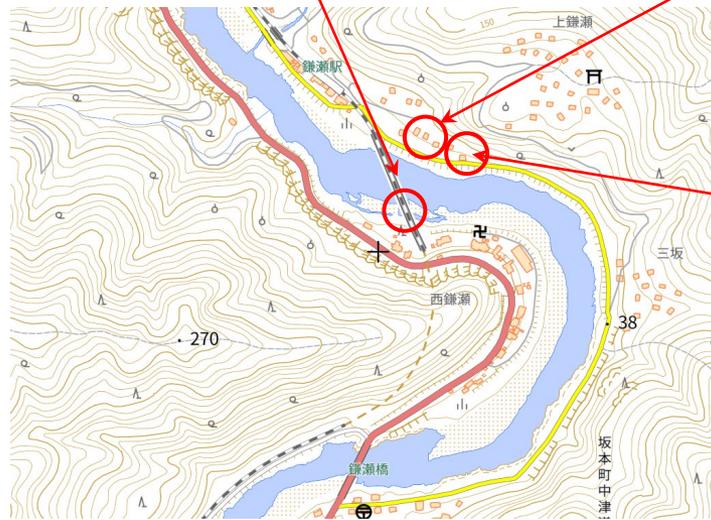
渡郵便局前 小川起源の氾濫流木
洪水痕跡から浸水深6.2m(2020年7月8日17:28 撮影)



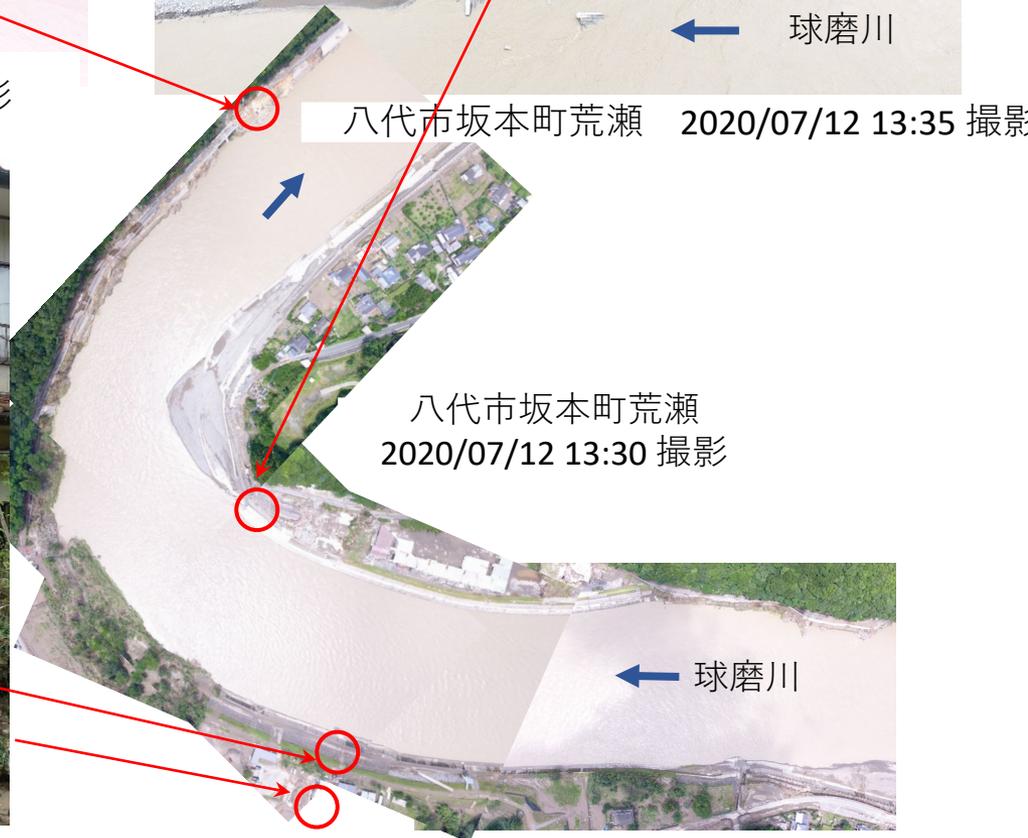
家屋全壊 (2020年7月8日19:03 撮影)



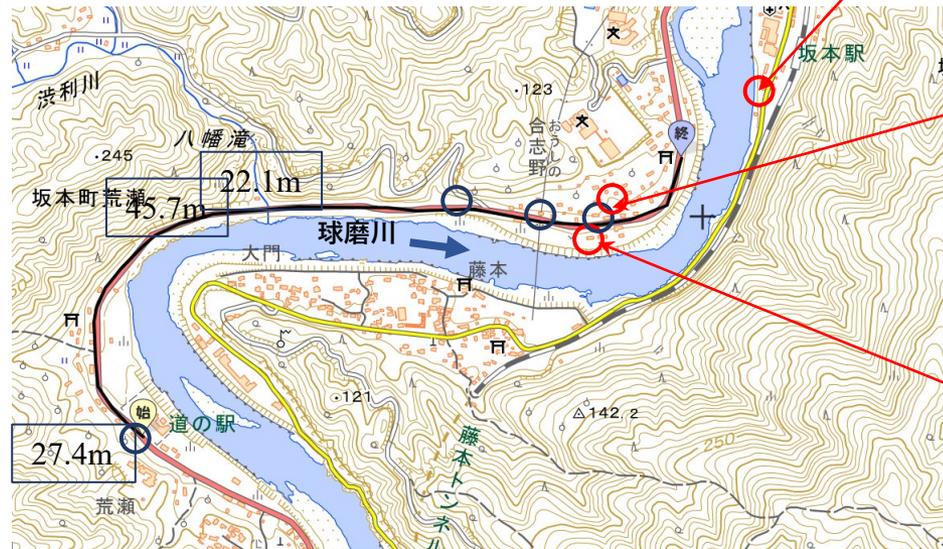
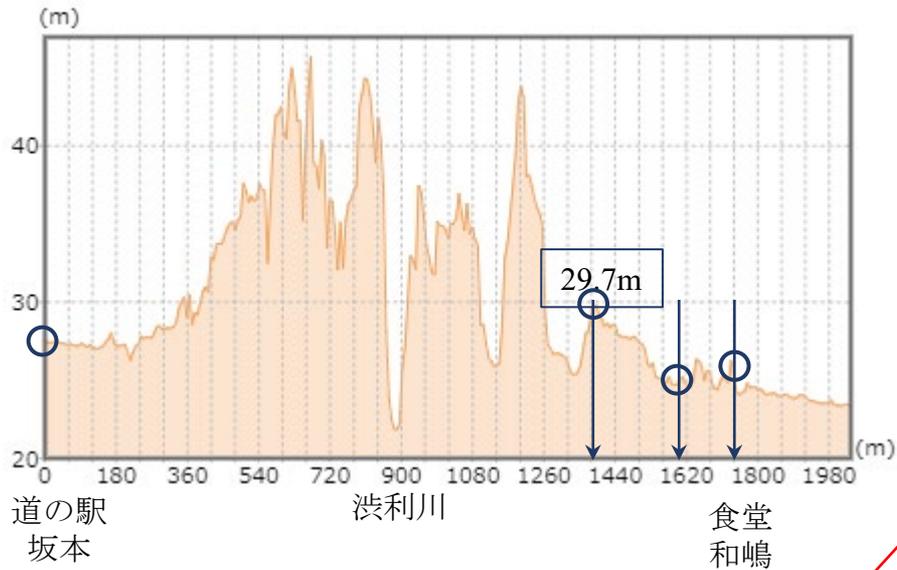
下釜瀬(24/400)における住家流失



八代市坂本(19/200)における住家・道路・護岸の損壊



八代市坂本(17/900)における住家全壊



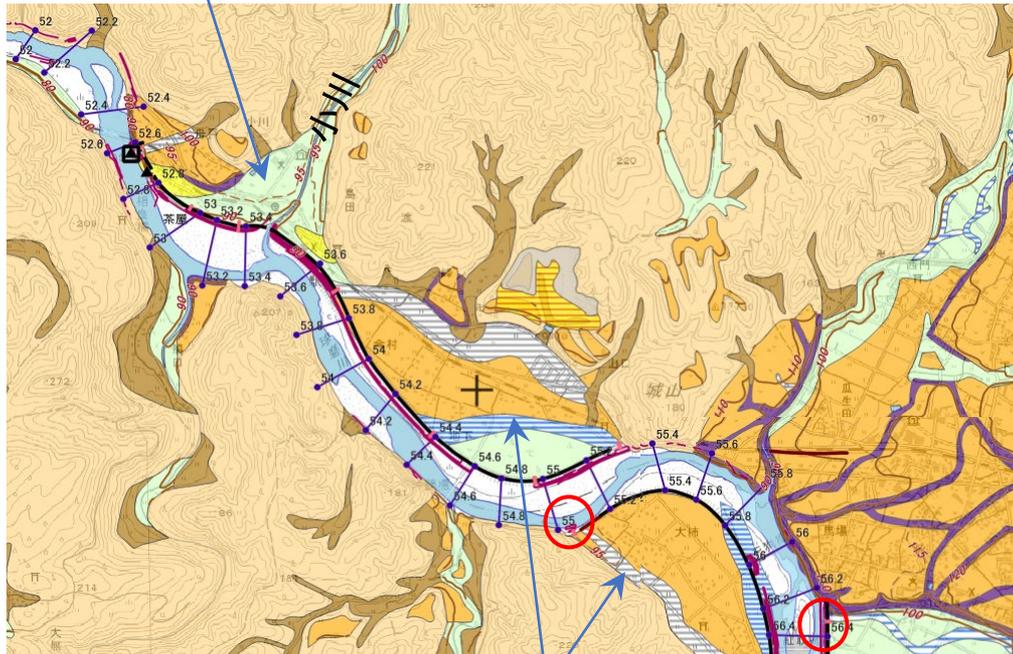
球磨川から流出した八代海北部海岸での流木の集積

出典：アジア航測 2020年7月8日撮影

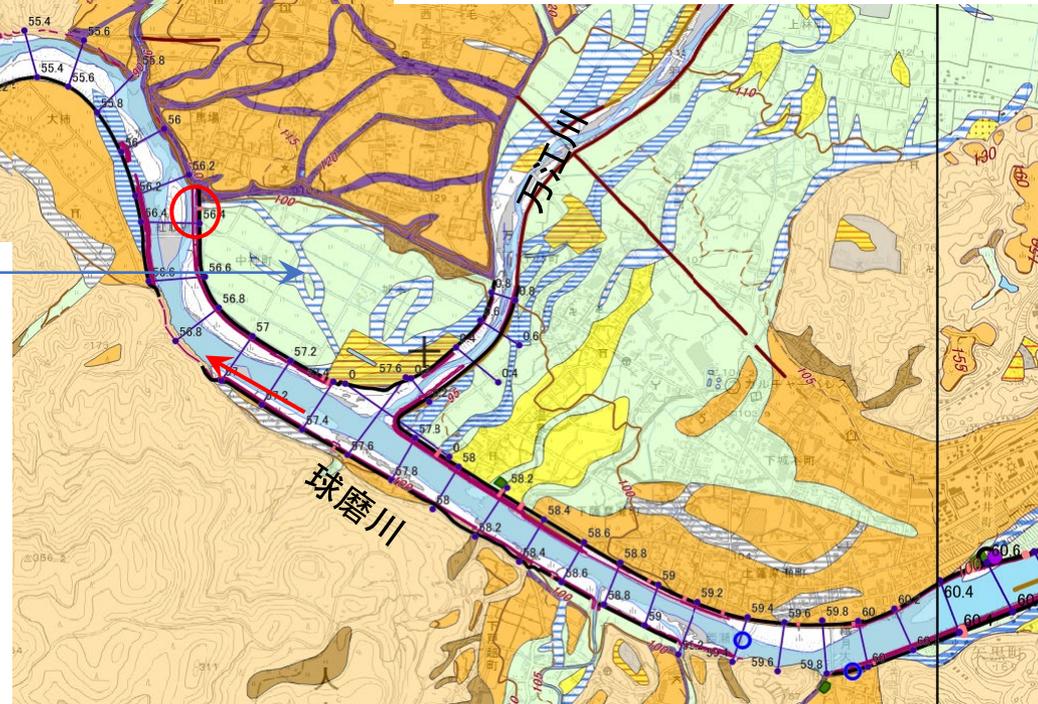


球磨川の治水地形分類図

氾濫平野



旧河道



曙橋より下流の洪水流 2020.7.4

一水の手橋、大橋および人吉橋は没水一



大橋
水の手橋

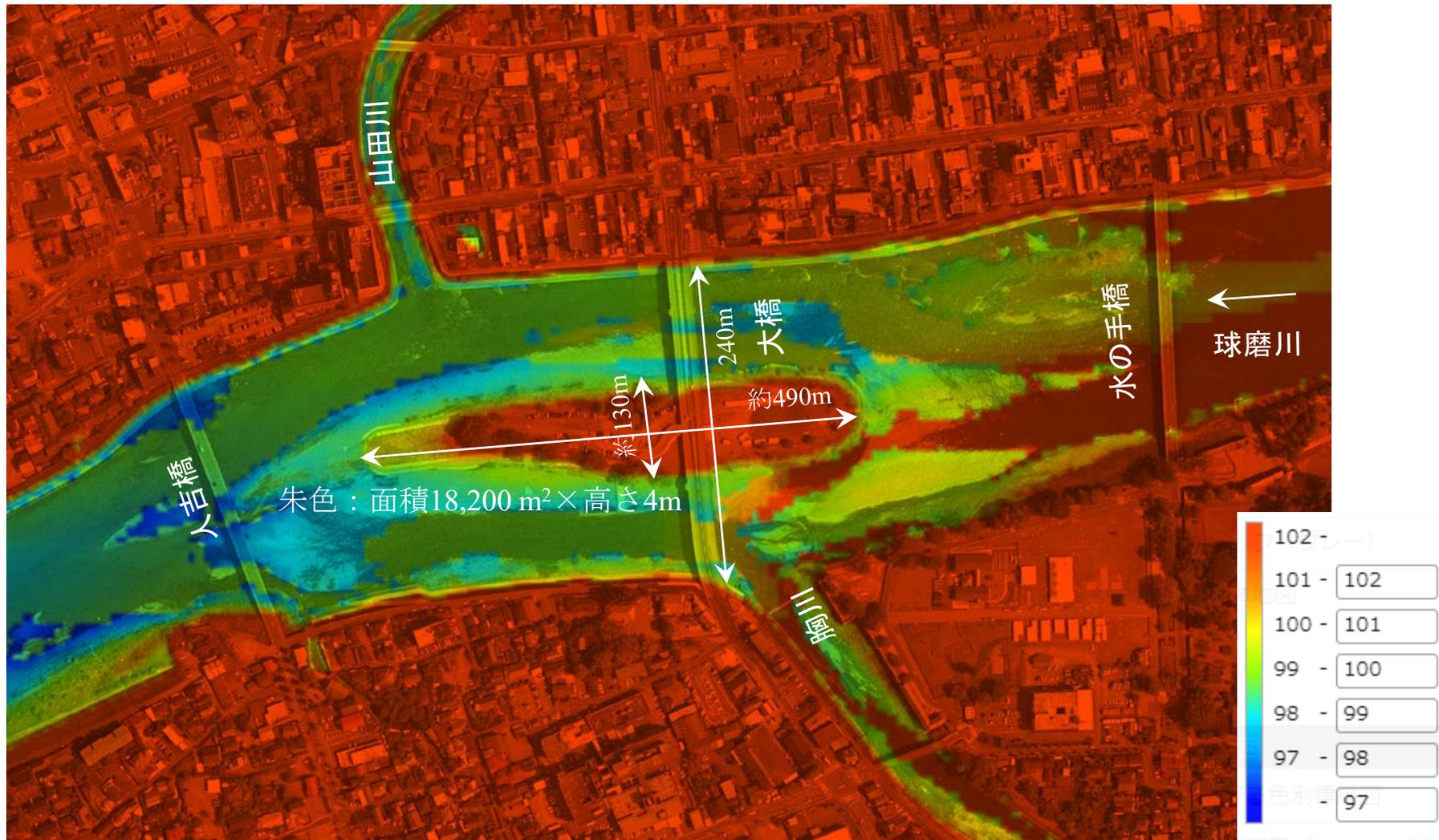
中川原公園

第3球磨川橋梁

人吉中心市街地における球磨川の治水安全度

リスク＝ハザード×暴露×脆弱性 <- 中川原公園の改修は一丁目一番地の課題

大橋位置における河道満水状態における河道断面850m²、平均水深3.4m、約27%断面減少
中川原公園を取り除けば、河道断面1,160m²、平均水深4.6m



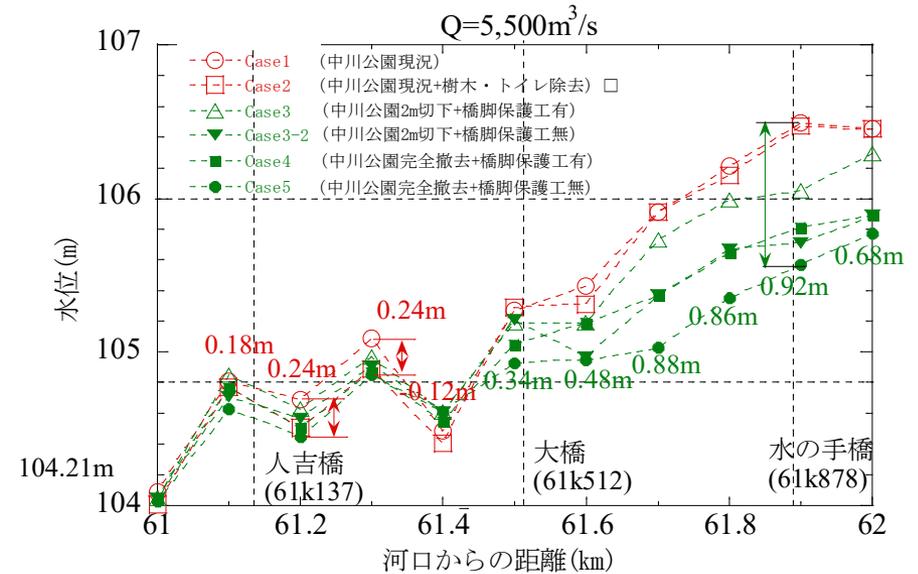
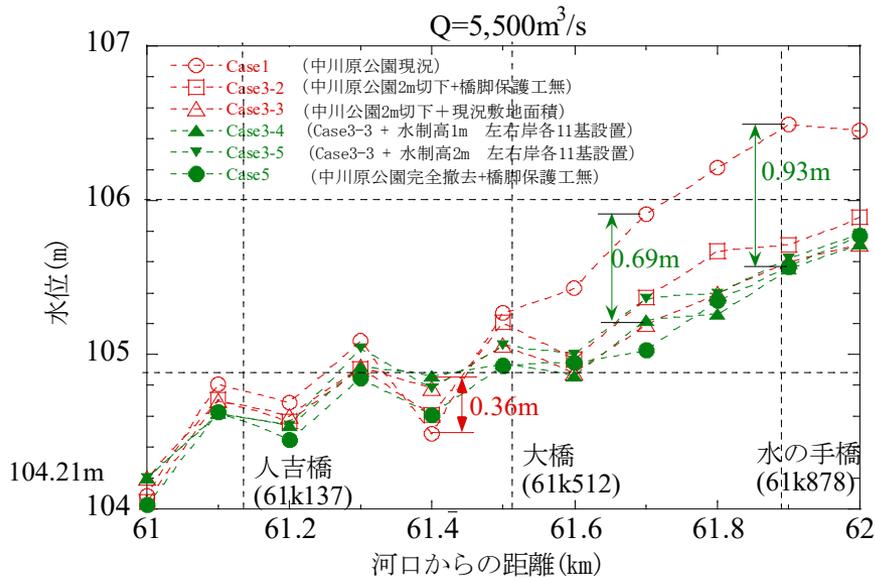
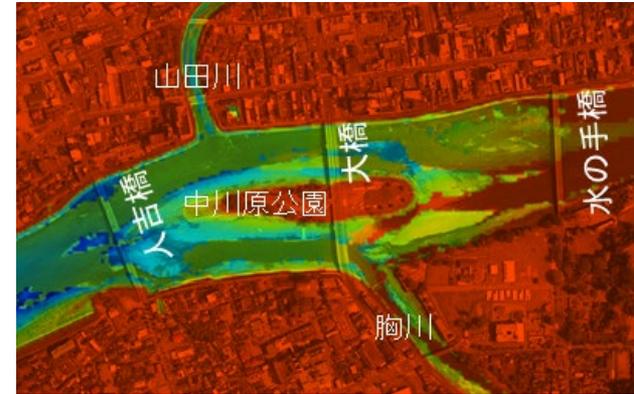
「中川原公園が洪水流に与える影響」 に関する水理模型実験

本川流量に、支川（胸川、山田川）の流量を併せた**流量5500m³/s**および次元不等流解析から得られた河口から**61km地点の下流端水位104.72m**を基に中川原公園を変えた各種境界条件を基に水位および流速場を計測した。

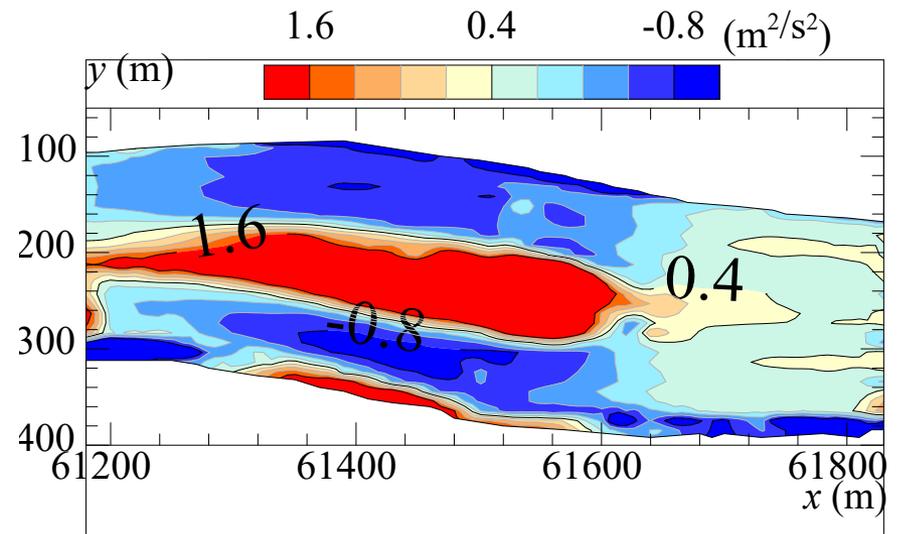
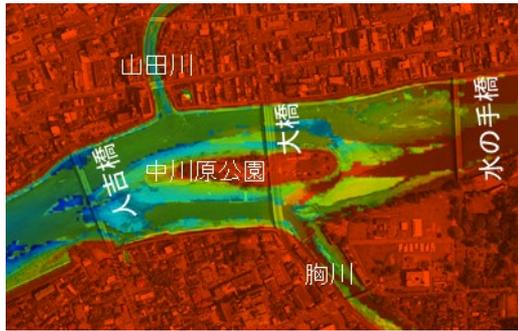


Case No.	1	2	3	4	5
平面図					
概要	原型復旧	施設廃止, 樹木伐採, トイレ撤去	地盤切下げ, 施設廃止, 樹木伐採, トイレ撤去	公園完全撤去+橋脚保護工	公園完全撤去+橋脚保護工撤去

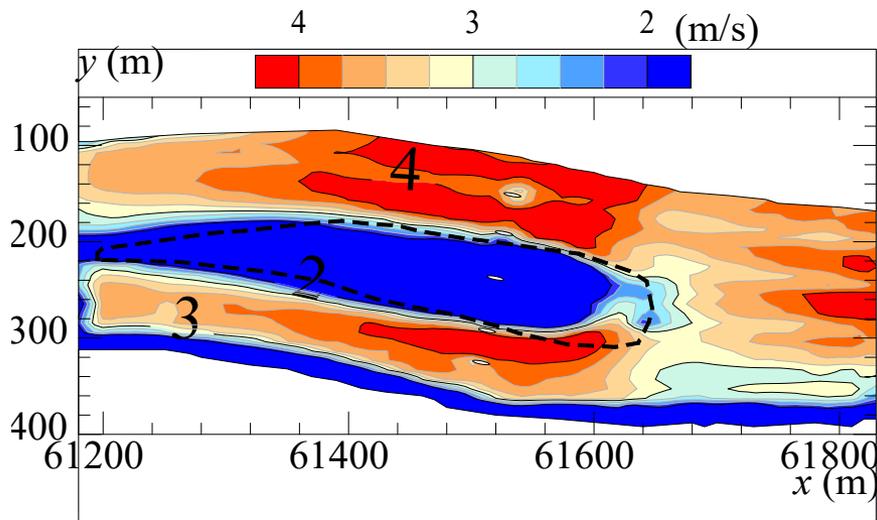
中川原公園および橋脚が 洪水水位に与える影響 (流量5,500m³/s)



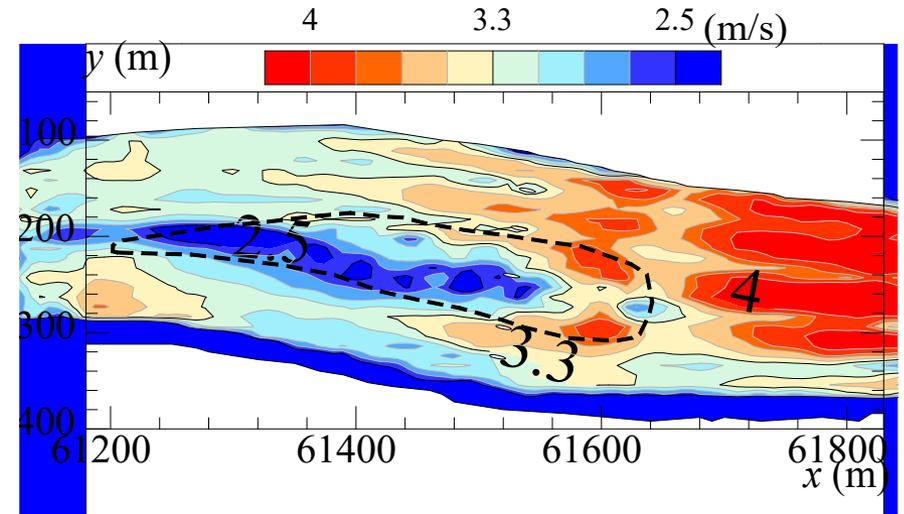
中川原公園が主流速に与える影響 (5500m³/s)



表面流速の差分 ΔU (m/s)



現況中川原公園における表面流速



2m切下げた現況中川原公園における表面流速

流下型氾濫形態

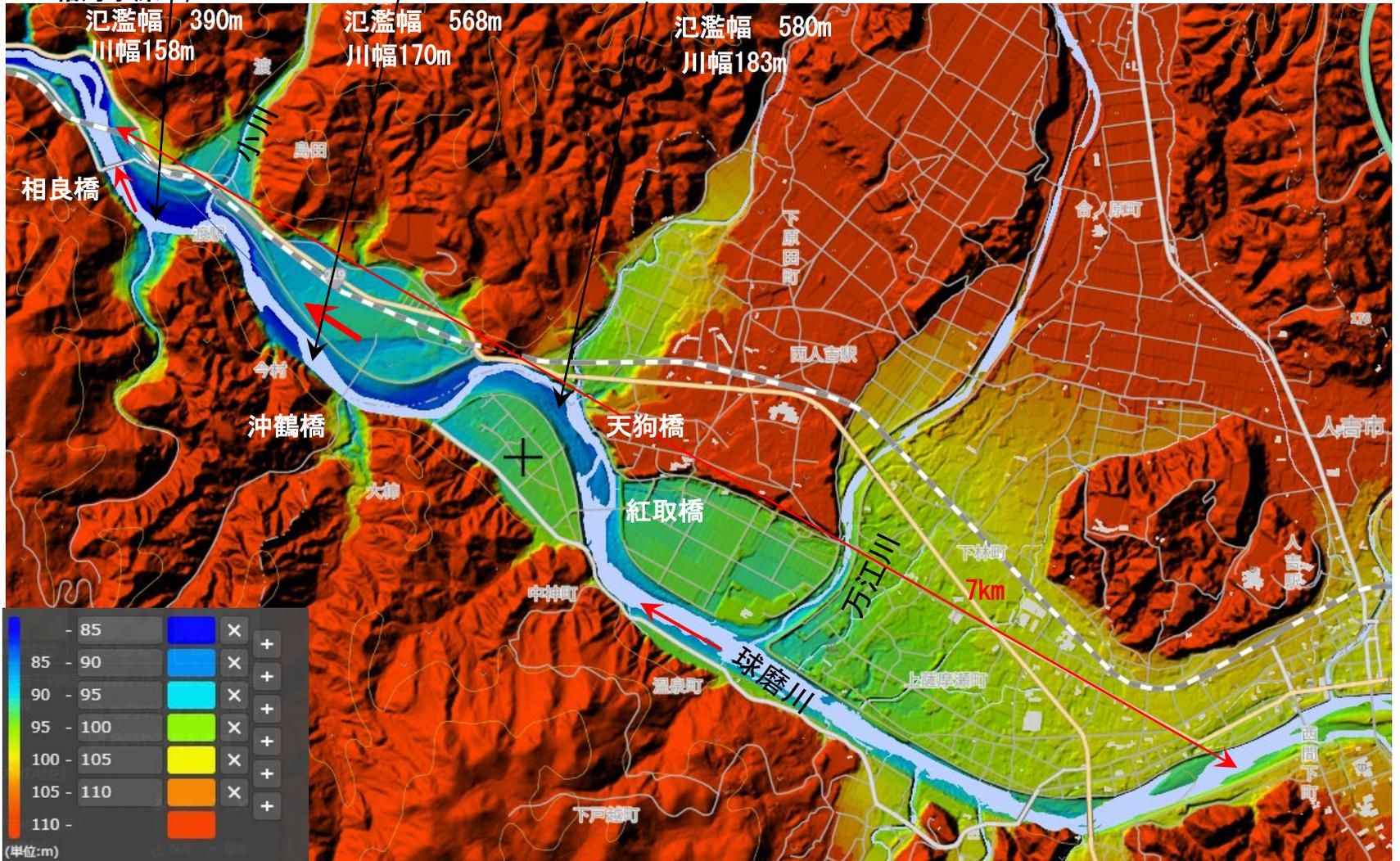
- ・ 複断面蛇行流れに類似の氾濫形態？
- ・ 蛇行流れと氾濫流との相互作用
- ・ 大規模渦および二次流を伴う三次元乱流

→ 相対水深（浸水深/蛇行河道の水深） > 0.3 が比較的大きいことから、高速域は蛇行河道から堤内地氾濫流に遷移

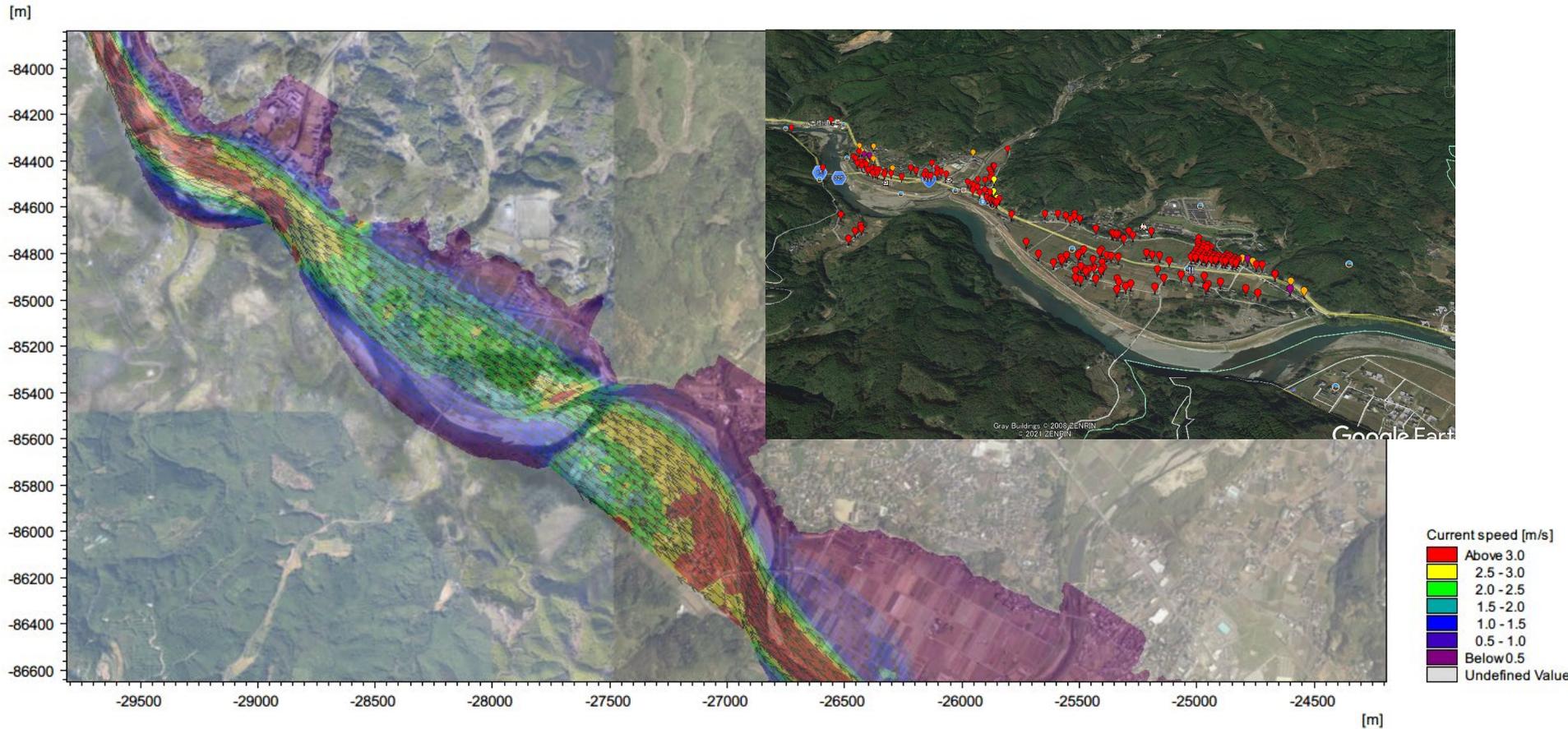
蛇行度 $S=1.20$
相対水深 $6m/14m=0.43$

蛇行度 $S=1.26$
相対水深 $6m/14m=0.43$

蛇行度 $S=1.61$
相対水深 $6m/12m=0.5$



球磨村 茶屋集落・地下集落・今村集落 連続蛇行部の氾濫状況



提供：前橋工科大学 平川隆一先生

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洪水の水位を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。

模型実験を通して中川原公園および橋梁が異常洪水流に与える影響について検討した。得られた知見は、以下の通りである。

- 1) 令和2年7月球磨川水害では、人吉・球磨盆地の人的被害36名、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た14名の場所を特定し、氾濫状況との関係を検討した。
- 2) 球磨川の氾濫状況を象徴する、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)八代市坂本地区における住家被害を考察した。
- 3) 災害前後において人吉橋～大橋の区間では若干河床上昇する傾向があり、大橋上流では顕著な河床変動は無いことが認められた。局所的には、河岸付近で1.6m程度土砂の堆積が見られ、大橋直上流の61km/600では中川公園において1.8m程度の洗堀が生じた。
- 4) 今次災害流量8,000m³/sでは橋梁が無い場合には大橋上流で1.44mの水位上昇、更に橋桁が水没する場合には橋桁および橋脚の影響により、大橋直上位置で1.6m、水の手橋直上位置で1.96m水位上昇することが明らかにされた。なお、本実験では越流氾濫が無い条件下での結果であり、実際より大きくなる傾向がある。
- 5) 今次災害流量8,000m³/sにおいて主流速は、橋梁が無い場合には中川原公園上で1m/s～3m/sの低速領域、濬筋部では6m/sを超える高速域を形成することが認められた。橋梁が有る場合には、橋梁の上流域で流速は大幅に低減する。
- 6) 二次流の横断方向成分から、表面流は-200m<x<0mに当たる大橋上流の中川原公園上では発散域、200m<x<400mに当たる大橋下流の中川原公園上では収束域となることが認められた。
- 7) 表面流の解析によって得られた上昇流位置は橋梁がない場合には、-200m<x<100m、50m<y<150mに当たる中川原公園の上流側、一方、下降流は160m<x<400m、80m<y<180mに当たる中川原公園の下流側である。