

- 降雨特性、河川流出、浸水被害の特徴
- 市房ダムの洪水調節操作と効果
- 川辺川ダムの効果
- 人吉医療センターと浸水対策
- ダムの役割と効果

京都大学防災研究所
角 哲也・野原大督

国土交通省資料より

– 川辺川ダムに関する考え方



本発表は、これまでの公表資料(速報版)に、新たに人吉医療センターの浸水対策と川辺川ダムの考え方について現時点の情報を加筆したものである。

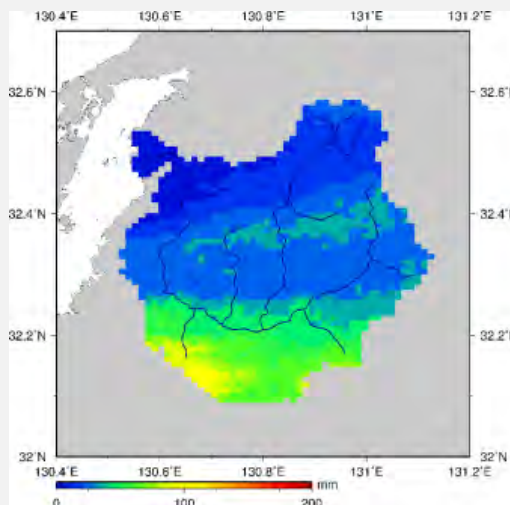


| 洪水調節施設の現状及び現計画の諸元 | | |
|-------------------|---|---|
| | 球磨川本川上流 (市房ダム) | 川辺川上流 (川辺川ダム) |
| ダムの形式 | 重力式コンクリートダム | アーチ式コンクリートダム |
| 堤高 | 78.5 m | 107.5 m |
| 集水面積 | 157.8 km ² | 470.0 km ² |
| 総貯水容量 | 40,200千m ³ | 133,000千m ³ |
| 洪水調節容量 | 第1期 8,500千m ³ (6/11~7/21, 10/1~10/20) | 第1期 84,000千m ³ (6/11~9/15) |
| | 第2期 18,300千m ³ (8/1~9/30) | 第2期 53,000千m ³ (9/15~10/15) |

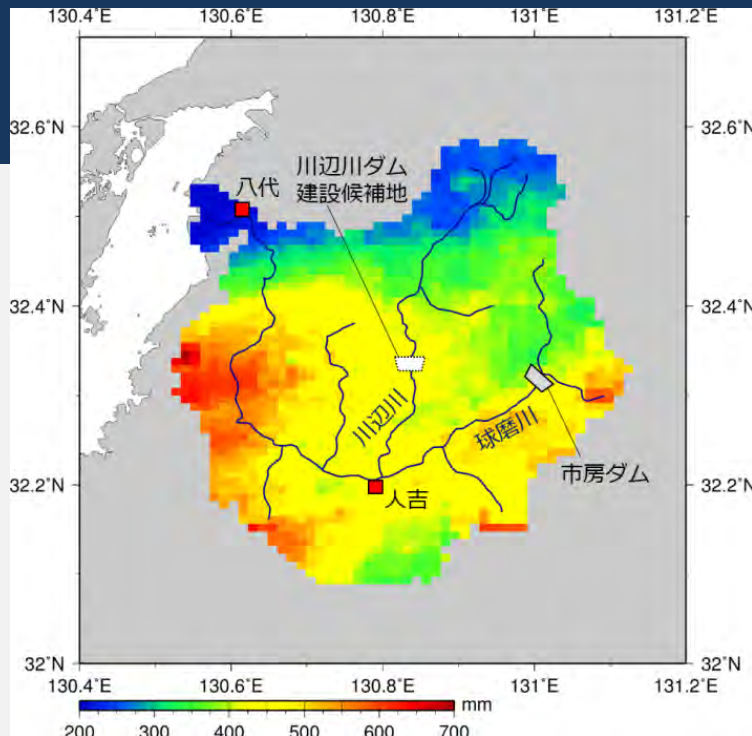
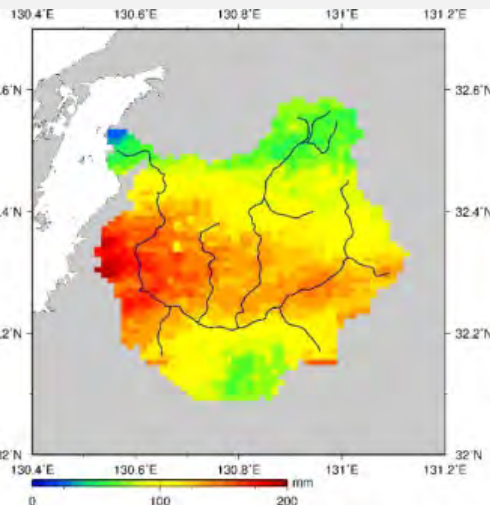


3時間降雨量の推移

7月3日22時～7月4日1時

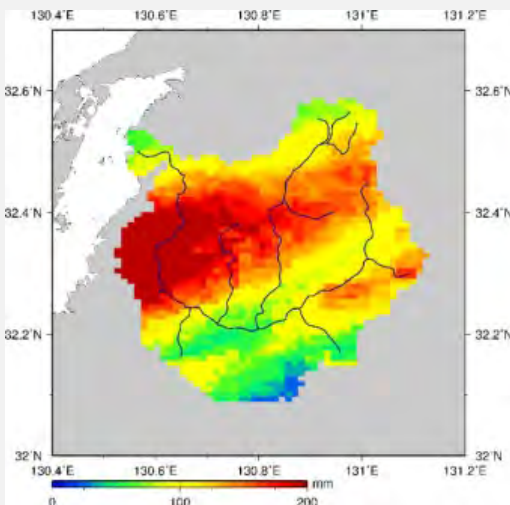


7月4日1時～7月4日4時

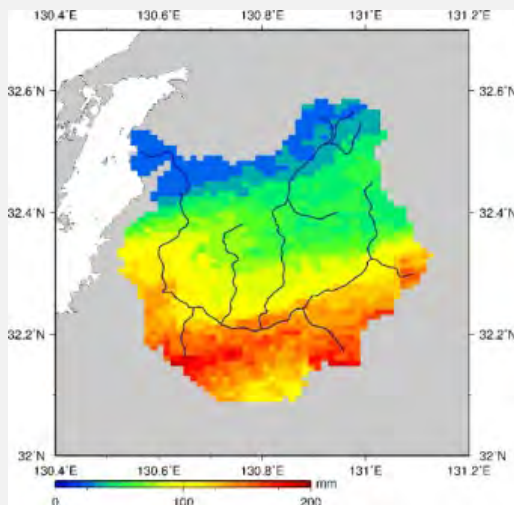


24時間雨量：期間 ～7/4日10時

7月4日4時～7月4日7時



7月4日7時～7月4日10時



- 線状降水帯の動きに合わせて強雨域が移動
(南からの侵入・北上→再び南下)
- 中流部の球磨村周辺で早期に降雨量が増加(4日1時～7時)
- 4日7時以降は上流部左支川流域で強雨を観測



球磨川水害に関する 検討結果の公表経緯

- 7/4 球磨川水害発生
- 7/5 速報版公開(24時間降雨特性, 市房ダム洪水調節, 下流水位)
- 7/7 第2報公開(流出モデル計算結果, 水位計との比較)
- 7/13 第3報公開(川辺川ダムの効果推定)

7/9 日本経済新聞他多数
緊急放流まで水位あと10センチ
球磨川上流のダム満水

熊本・球磨川流域 市房ダム 事前放流し容量確保 緊急放流日前まで貯水

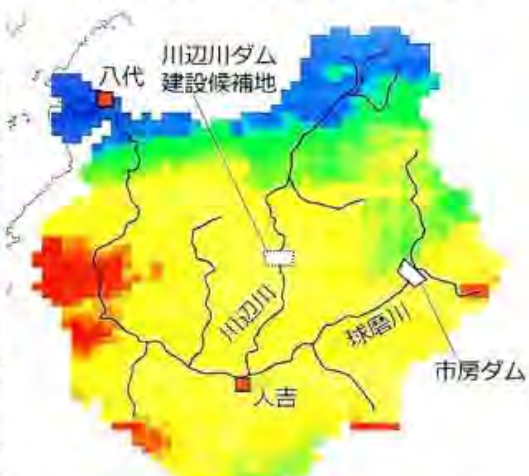
4日に起きた熊本県・球磨川流域の水害で、上流の市房ダム(水上村)は事前の放流で降雨103mm分に相当する容量を確保したが、実際には1日で約420mm降り、4日午前11時ごろには緊急放流まで約10%

に迫る水位280・6cmのほぼ満水状態だったことが、角哲也京都大教授(水工水理学)らの分析で8日分かった。国土交通省などのデータからダムの操作を分析した。下流への流出量を最大

で毎秒560mm分減らした。が、本流に匹敵する規模の支流・川辺川にはダムがなく、合流する人吉市付近やその下流域で水があふれたという。角教授は「市房ダムはぎりぎりまで水をためて被害

の拡大を食い止めた」と評す。貯水は農業用水として使っており、豪雨の予測が外れることも考えたと事前の放流には限界がある。「事前の放流の強化には予測精度を高くする必要がある」と角教授という。

市房ダムは梅雨時に上流部への降雨54mm分をためられる容量を空けておく計画になっている。今回は豪雨の危険性が予測されたため3日午後以降の放流で、倍近い103mm分を確保。4日午前5時半ごろには計画上の最大量に迫る毎秒11



球磨川流域周辺の4日午前10時までの24時間降雨水量。青、緑、黄、赤の順に多くなる。(野原大督・京都大助教提供)

市房ダムは梅雨時に上流部への降雨54mm分をためられる容量を空けておく計画になっている。今回は豪雨の危険性が予測されたため3日午後以降の放流で、倍近い103mm分を確保。4日午前5時半ごろには計画上の最大量に迫る毎秒11

市房ダム 熊本県水上村に位置する県管理のダム。熊本県ウェブサイトにによると旧建設省が1953・60年に、約38億円かけて建設した。主な目的は洪水調節で、かんがいや発電も行う多目的ダム。県河川課によると洪水調節計画では、毎秒1300mmの水の流入を想定している。高さ78・5m、総貯水量は約4020万m³。流域面積は157・8平方キロメートル。



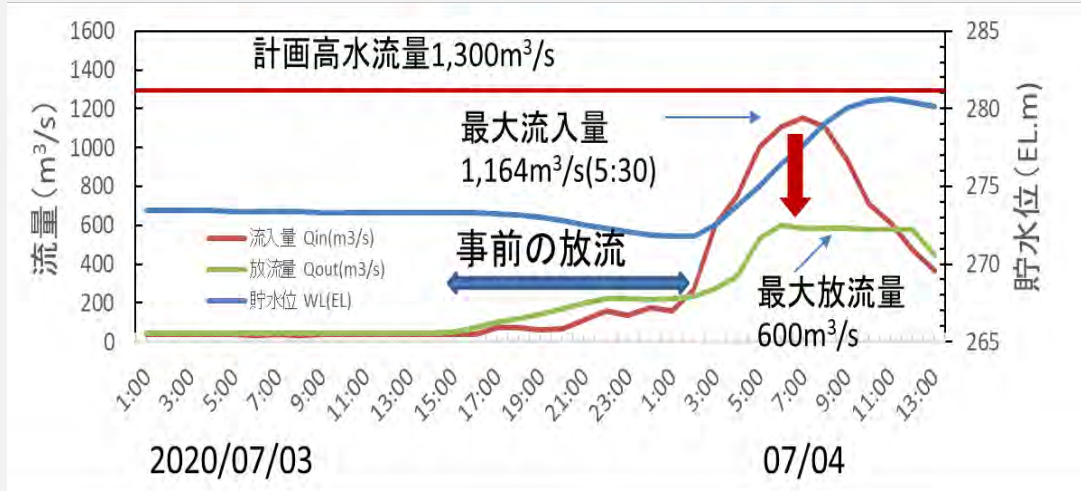
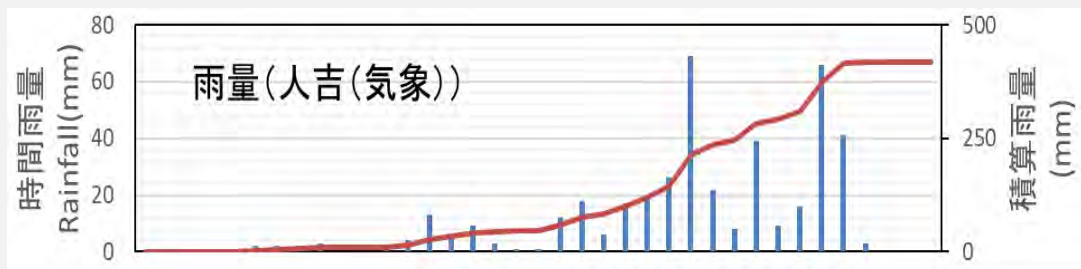
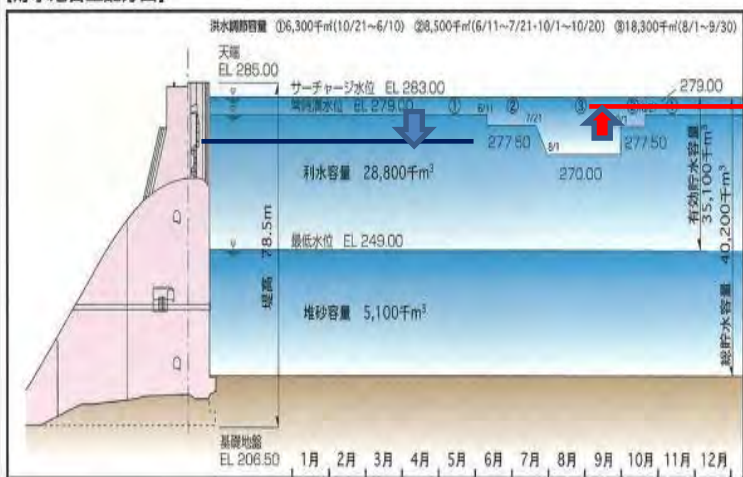
市房ダムの洪水調節操作

データは国土交通省川の防災情報参照

- 積算雨量は約420mm/day, 最大時間雨量は、 69mm(2時), 66mm(8時)
- 最大流入量は1,164m³/s, **計画値(1,300m³/s)に匹敵**
- 最高貯水位は280.6mであり、異常洪水時防災操作 開始(280.7m)の**一步手前**
- 事前の放流(273.3m→271.8mへ約1.5m低下 (約10時間))を実施(正確には予備放流)
- 洪水調節容量(850万+約770万m³増)1620万m³ (**相当雨量で54→103mm**)
- 効果的に洪水調節実施(1,164→600、約560m³/sカット)

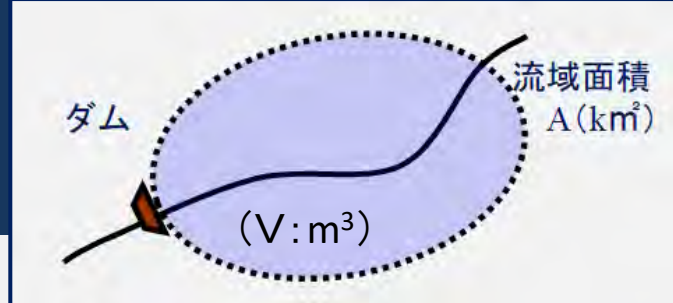


【貯水池容量配分図】

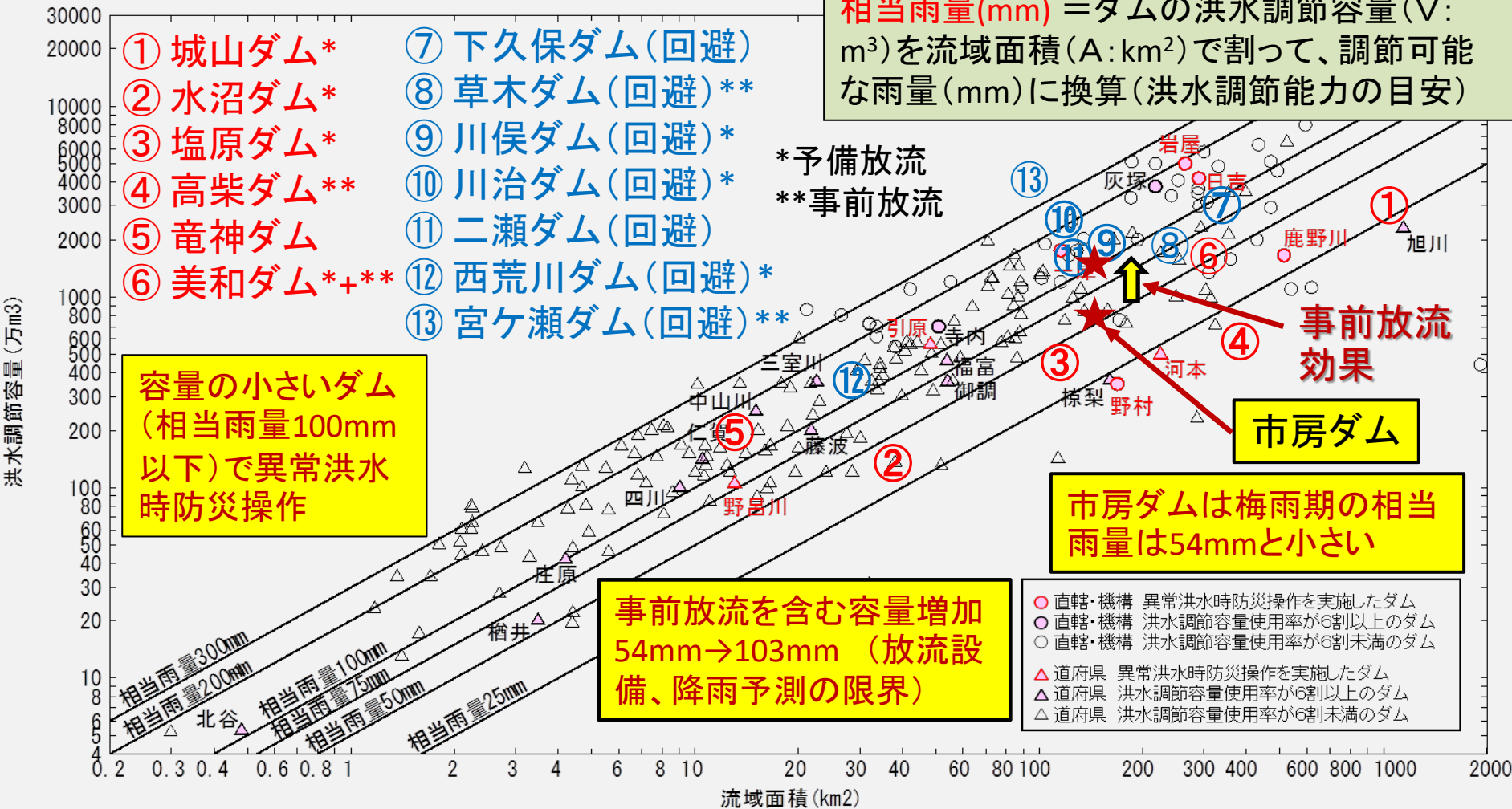


市房ダムの洪水調節容量の評価

2018年西日本豪雨および2019年台風19号において異常洪水時防災操作を実施したダムとの比較



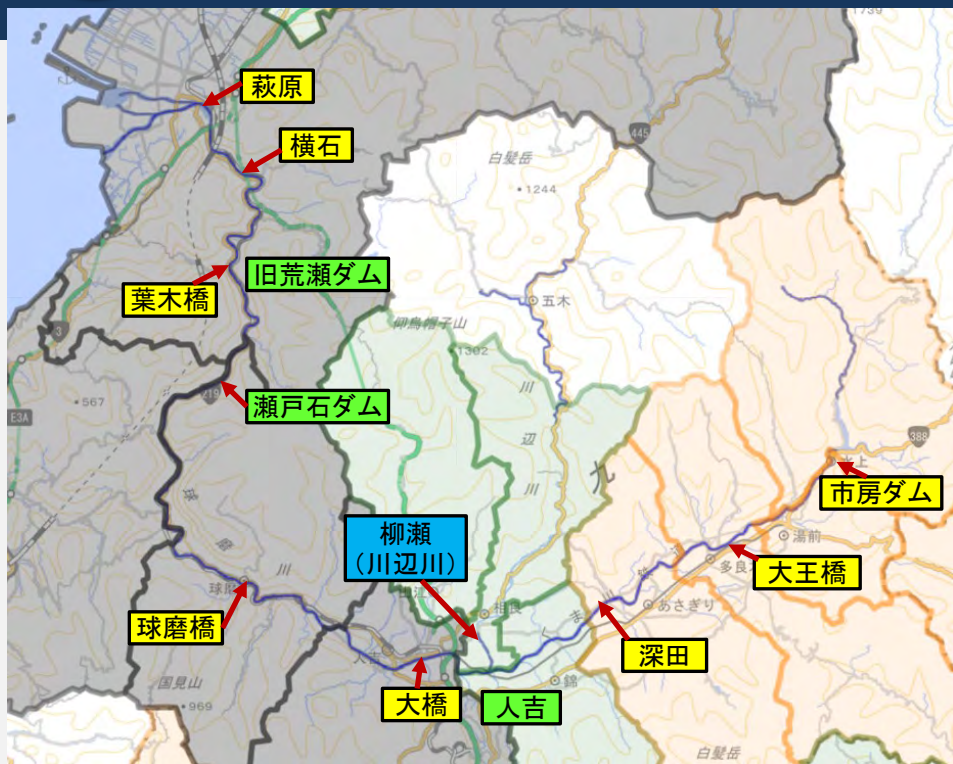
相当雨量(mm) = ダムの洪水調節容量 (V: m³) を流域面積 (A: km²) で割って、調節可能な雨量 (mm) に換算 (洪水調節能力の目安)



※1 洪水調節容量: 各ダムの洪水調節容量(平成30年7月豪雨の時期)
※2 流域面積: ダム地点上流の流域面積

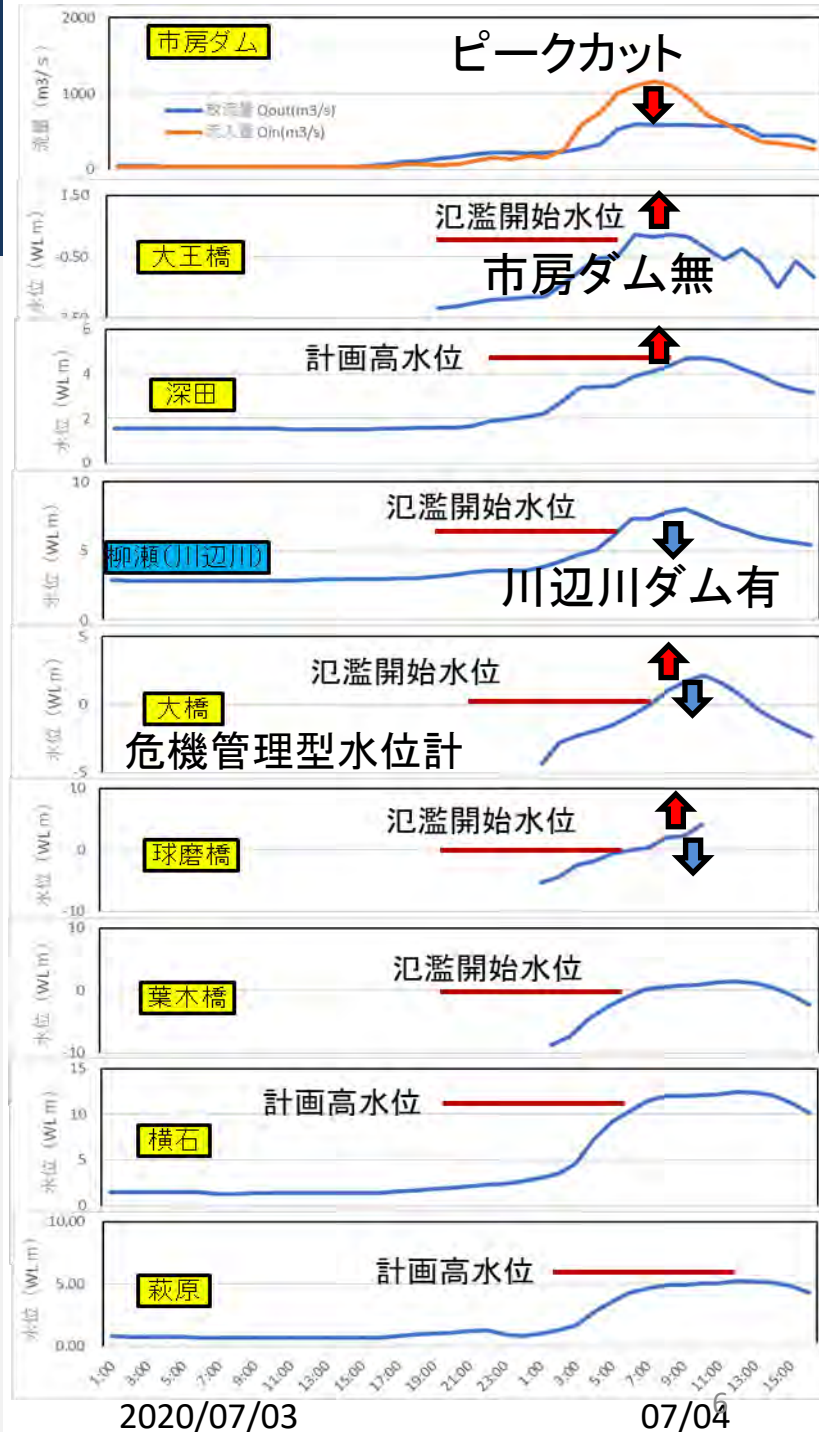
市房ダムの効果 (実績水位)

6



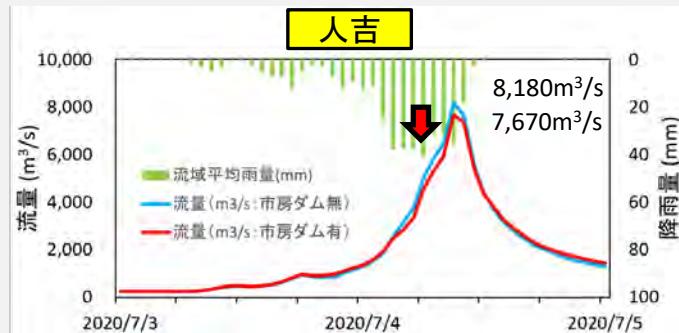
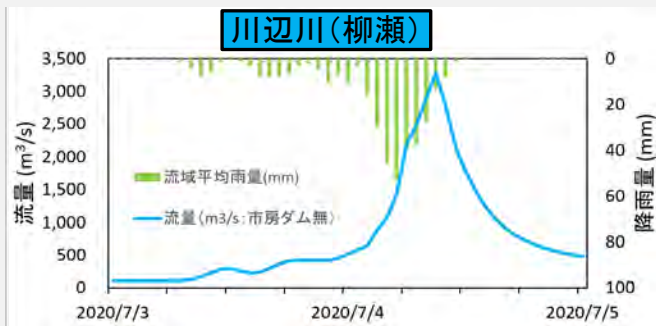
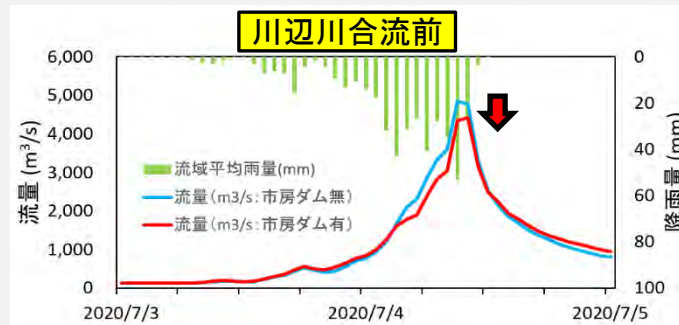
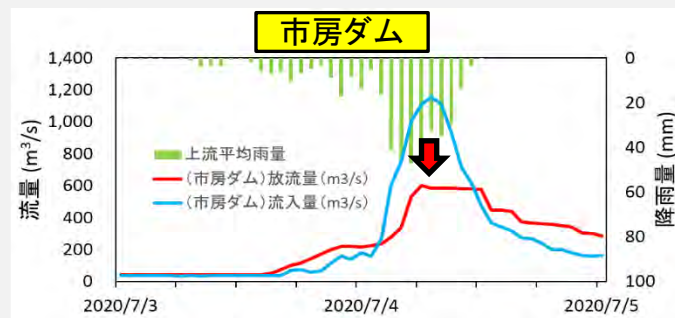
- 市房ダムは球磨川本川の上流域からの洪水流出ピークを大きくカット
- ただし、市房ダム下流の残流域からの流出および川辺川からの合流により人吉で氾濫発生
- 人吉下流の狭窄部は、さらに早い時間帯に氾濫発生の可能性が高い

データは国土交通省水文・水質データベースおよび危機管理型水位計データ参照



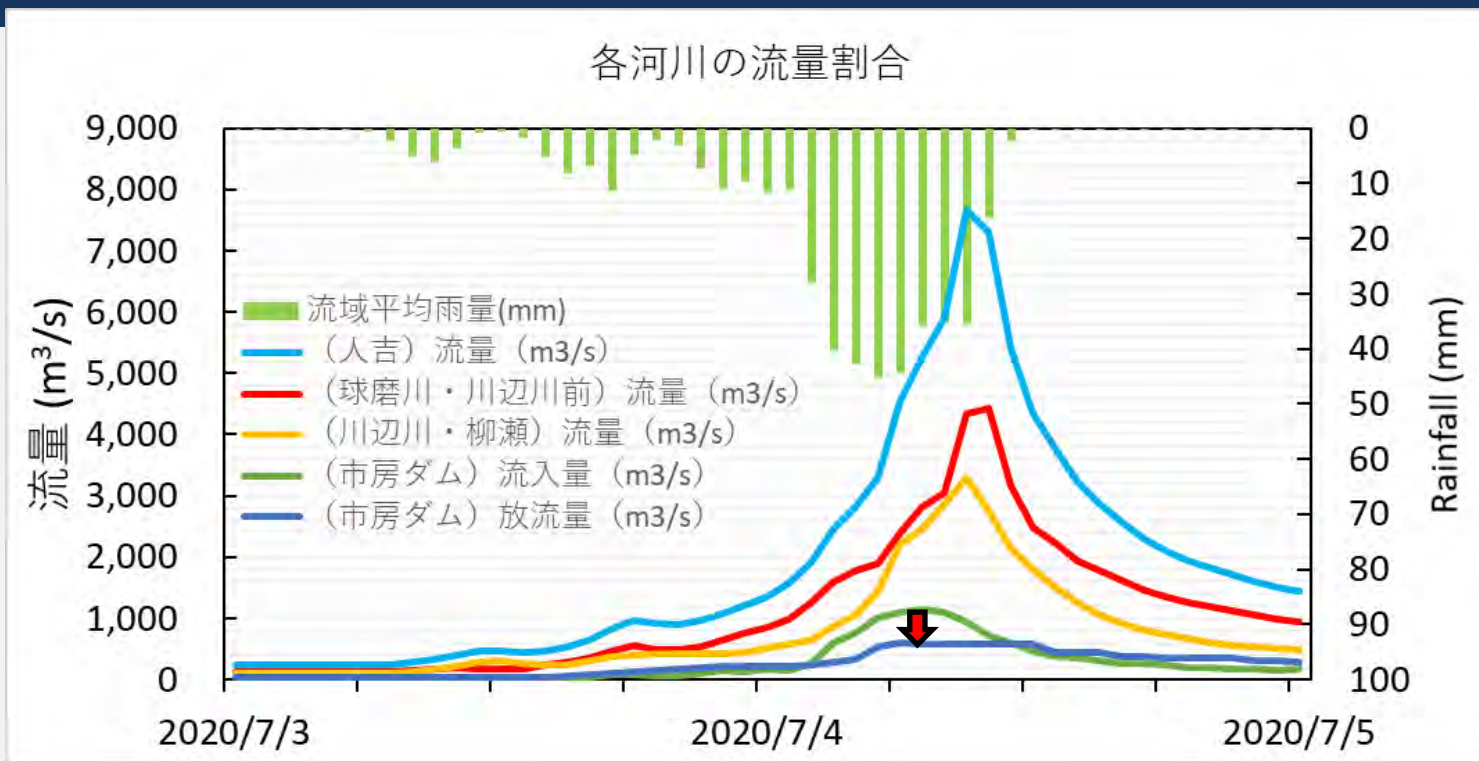


流域全体の洪水流出特性(7月時点の速報値) 7



気象庁解析雨量から
降雨流出モデル
(Hydro-BEAM)を用い
て野原が計算
※氾濫効果を考慮しない
流出流量であることに留意

各河川の流量割合 (7月時点の速報値)



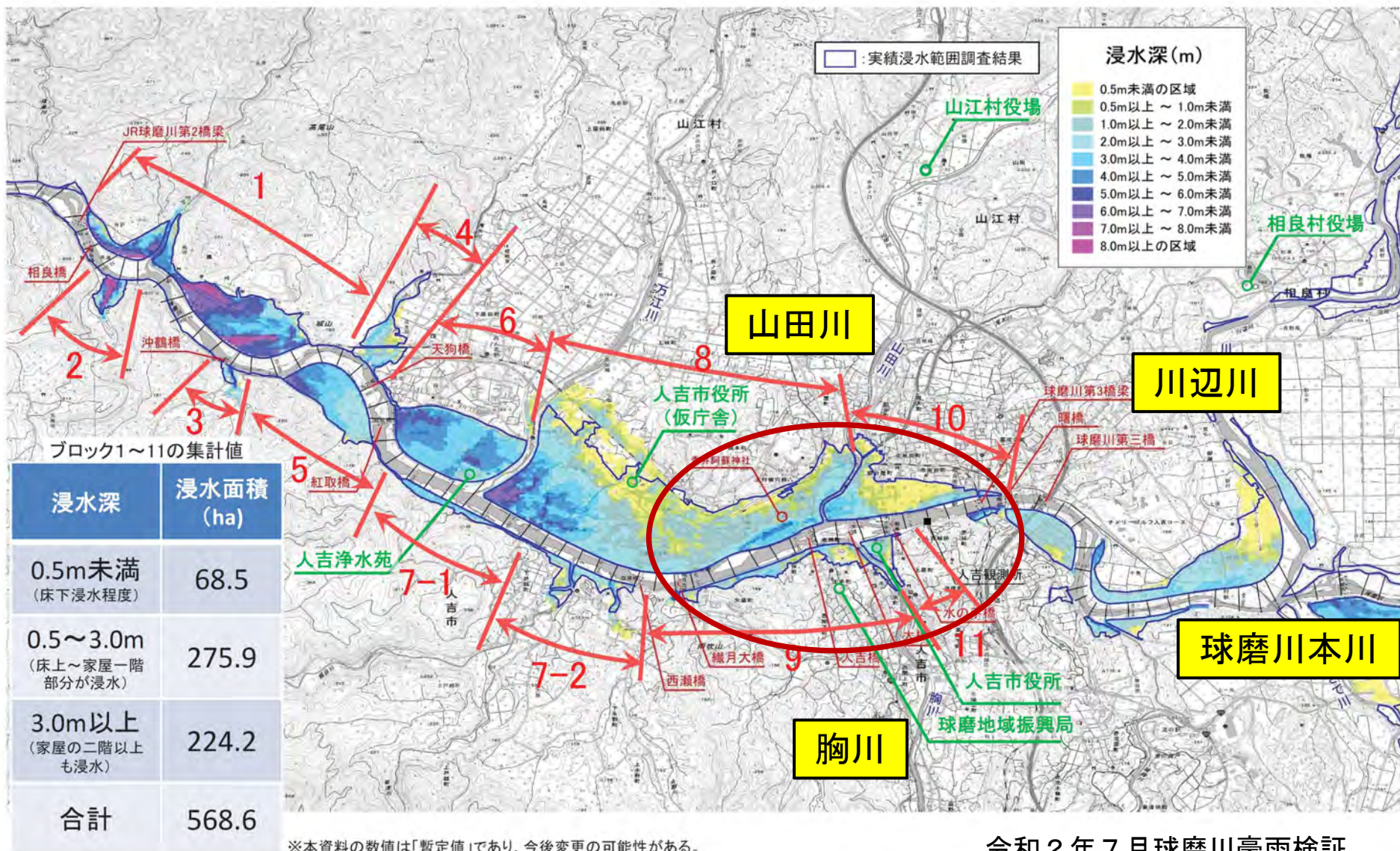
ピーク時 (7/4 9:00)

人吉 : 7,600 m³/s (市房ダム有) 流域面積: 1137 km²

球磨川・川辺川前 : 4,350 m³/s 流量比: 0.567 流域面積: 607 km²

川辺川・柳瀬 : 3,300 m³/s 流量比: 0.429 流域面積: 530 km²

- 人吉で、市房ダム有／無で、7,600m³/s と 8,200m³/s (ダムカット量に相当)
- 人吉への各河川の流量割合、球磨川本川:川辺川=0.567:0.429 (流域面積にほぼ相当)



※本資料の数値は「暫定値」であり、今後変更の可能性がある。

令和2年7月球磨川豪雨検証委員会 (国土交通省・熊本県)

重ねるハザードマップ

<https://disaportal.gsi.go.jp/maps>

凡例

| |
|------------|
| 0.3m未満 |
| 0.3~0.5m |
| 0.5~1.0m |
| 1.0~3.0m |
| 3.0~5.0m |
| 5.0~10.0m |
| 10.0~20.0m |
| 20.0m以上 |



想定最大

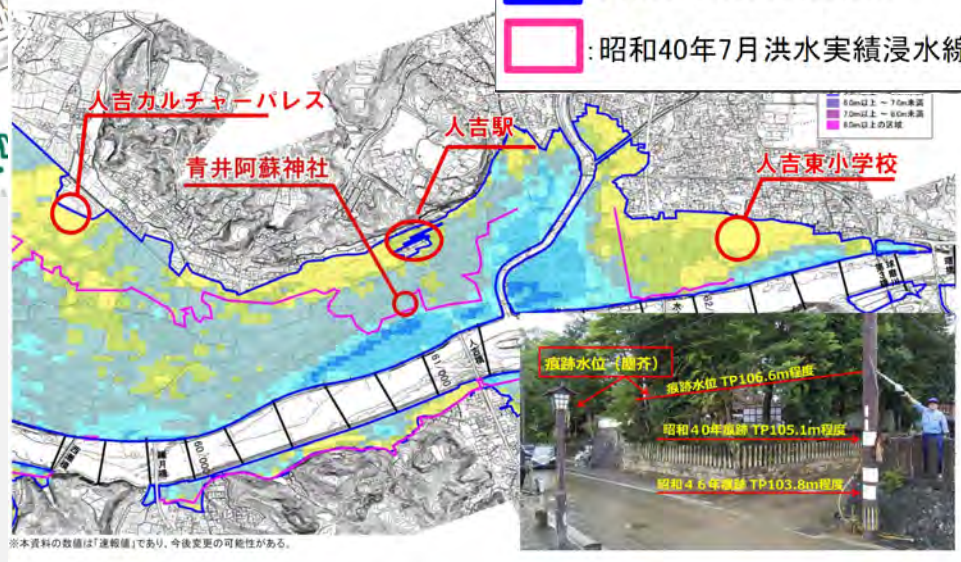
 : 実績浸水範囲調査結果
 : 昭和40年7月洪水実績浸水線

計画規模

浸水実績

浸水深(m)

| |
|-----------------|
| 0.5m未満の区域 |
| 0.5m以上 ~ 1.0m未満 |
| 1.0m以上 ~ 2.0m未満 |
| 2.0m以上 ~ 3.0m未満 |
| 3.0m以上 ~ 4.0m未満 |
| 4.0m以上 ~ 5.0m未満 |
| 5.0m以上 ~ 6.0m未満 |
| 6.0m以上 ~ 7.0m未満 |
| 7.0m以上 ~ 8.0m未満 |
| 8.0m以上の区域 |



令和2年7月球磨川豪雨検証委員会 (国土交通省・熊本県)

※本資料の数値は「速報値」であり、今後変更の可能性がある。



現地調査 (7/23-24)



①人吉大橋下流（右岸側：球磨病院）と②危機管理水位計（人吉大橋）



③青井阿蘇神社と④前面の池（転倒した車）、遠景で球磨病院、山田川（左→右）



⑤青井阿蘇神社契橋と⑥壊れた家屋（山田川の氾濫水流で破壊か？（左→右））



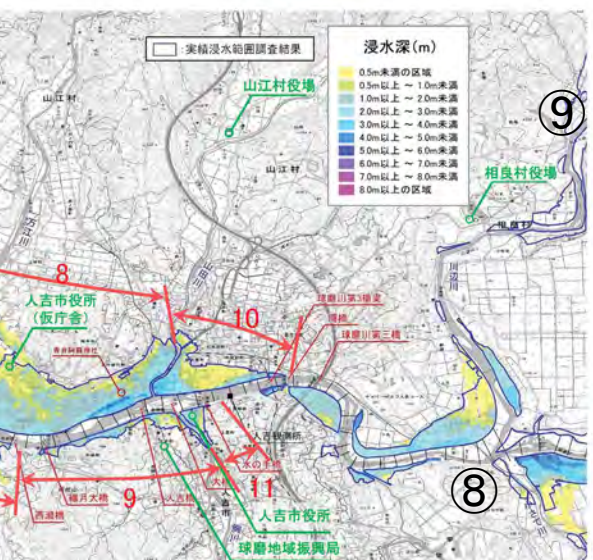
現地調査 (7/23-24)



⑦人吉医療センターと自動扉の防水板(50cm 程度浸水)



⑧落橋したくま川鉄道「球磨川第四橋梁」(川辺川合流直下流)



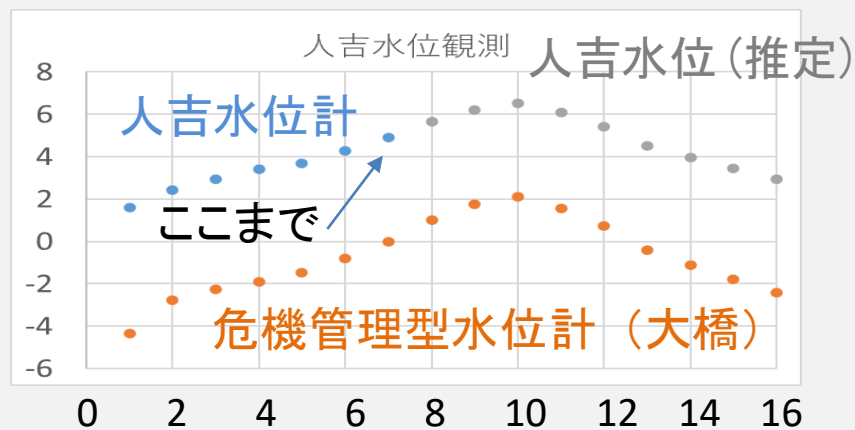
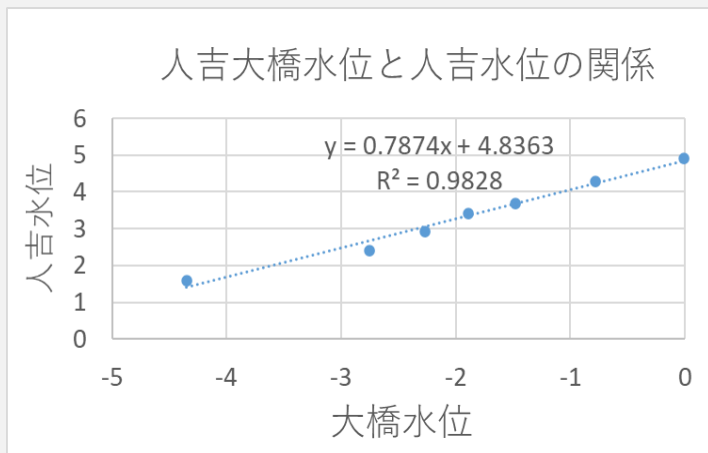
⑨川辺川の状況(大量の流木、浸水した葉タバコ畑)



人吉地点の危機管理型水位計（平成30年度設置）



人吉地点の水位は7/4 7:00まで計測. 近傍の危機管理型水位計（大橋）で推定



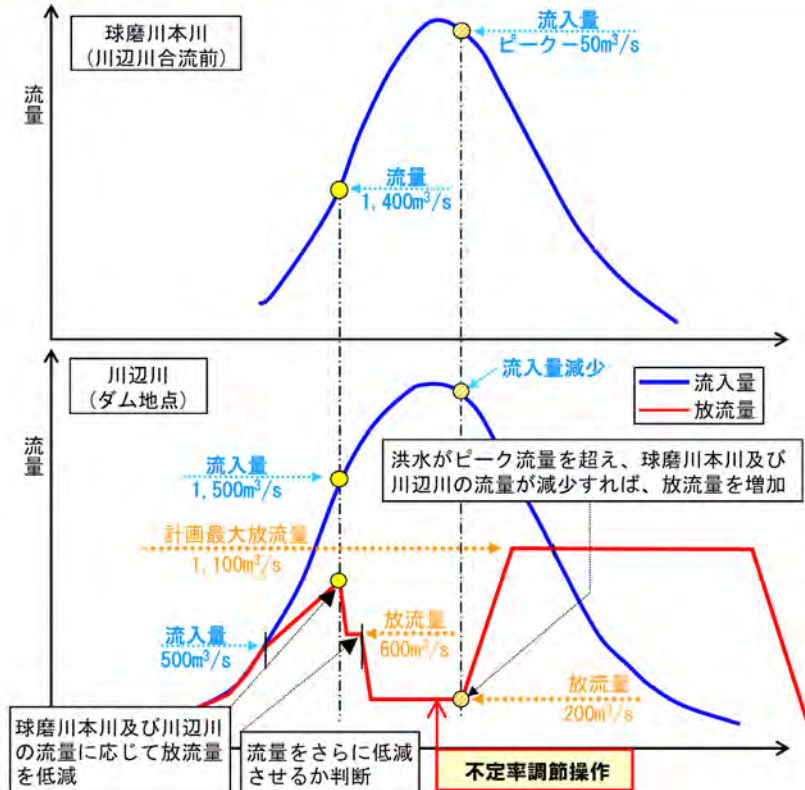


- 人吉地点上流域面積 1,137km²
- 川辺川流域面積 533km²
- 本川川辺川合流地点上流域面積 550km²

洪水調節施設の現状及び現計画の諸元

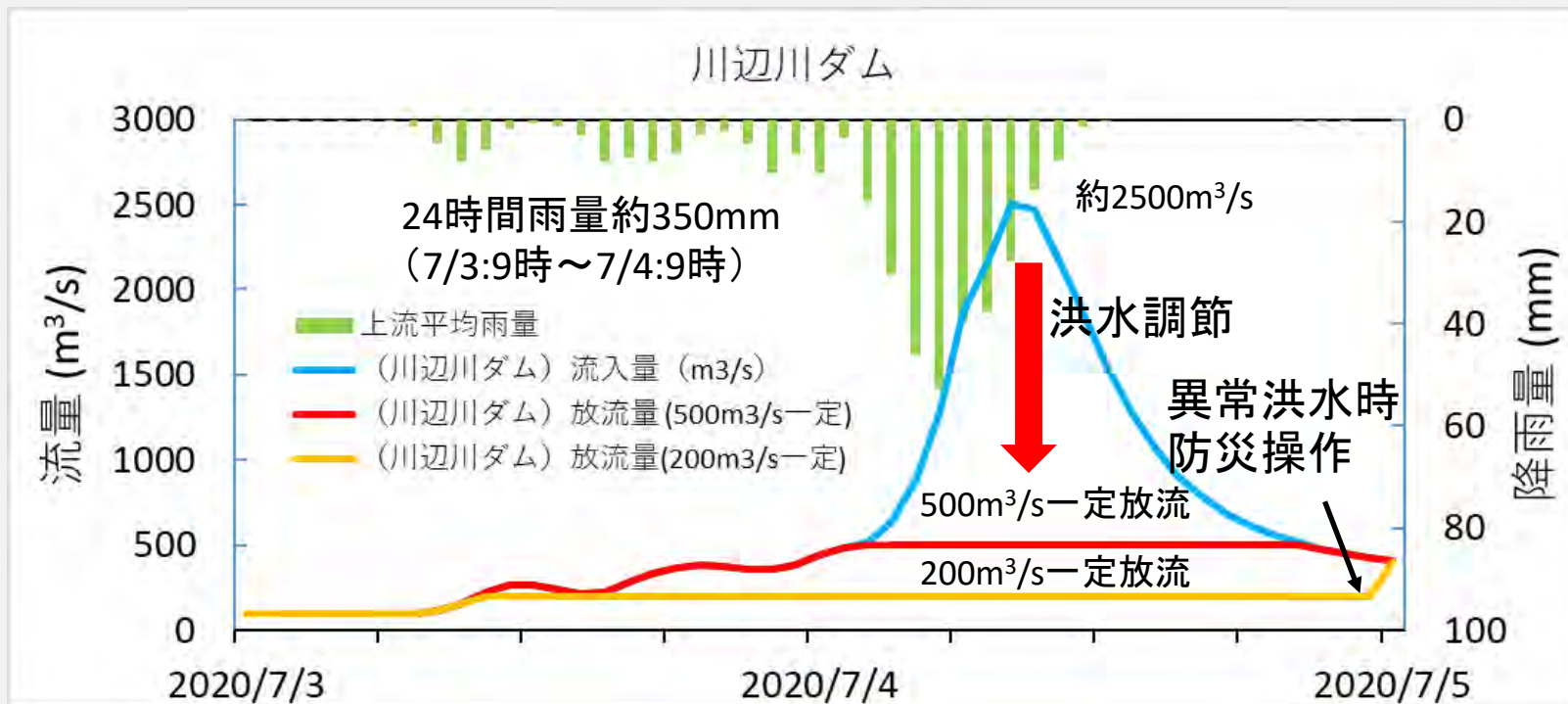
| | 球磨川本川上流 (市房ダム) | 川辺川上流 (川辺川ダム) |
|--------|---|---|
| ダムの形式 | 重力式コンクリートダム | アーチ式コンクリートダム |
| 堤高 | 78.5 m | 107.5 m |
| 集水面積 | 157.8 km ² | 470.0 km ² |
| 総貯水容量 | 40,200千m ³ | 133,000千m ³ |
| 洪水調節容量 | 第1期 8,500千m ³ (6/11~7/21, 10/1~10/20) | 第1期 84,000千m ³ (6/11~9/15) |
| | 第2期 18,300千m ³ (8/1~9/30) | 第2期 53,000千m ³ (9/15~10/15) |

洪水調節図 (川辺川ダム)



従来の洪水調節操作(不定率調節操作)
(今後、改めて検討されることに留意)

※ 下久保ダム(利根川:水機構)等で採用されている操作方式



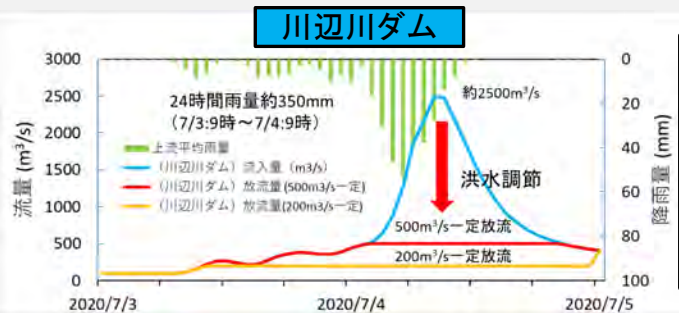
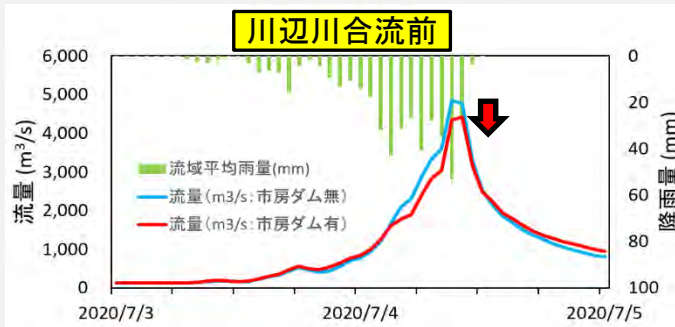
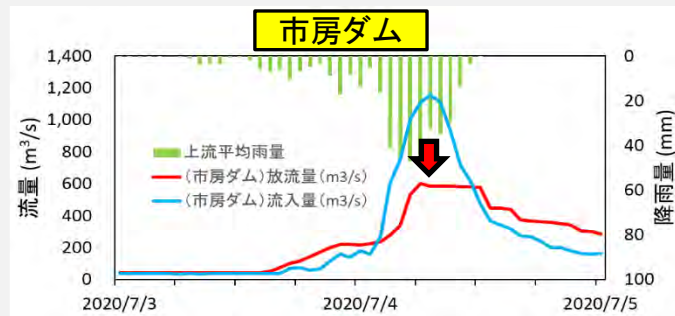
- 川辺川ダム上流域の降雨は、球磨川本川上流よりもやや少ない(約350mm/24時間)
- 今回、ダム地点に流れ込んだ流量は約1億2千万m³(ピーク流量:約2500m³/s)
- ダムからの放流量を、500m³/s一定とすれば、必要な調節容量は約5400万m³。
川辺川ダムの洪水調節容量 8400万m³(梅雨期)内に収まる。
- 200m³/s一定とすれば、必要容量は9000万m³を超え、洪水調節容量を使い切るが、流入量の低減時での放流増加となり、下流への影響は少ないと考えられる

(注)川辺川ダムの洪水調節操作は簡略化のために一定量放流で試算。

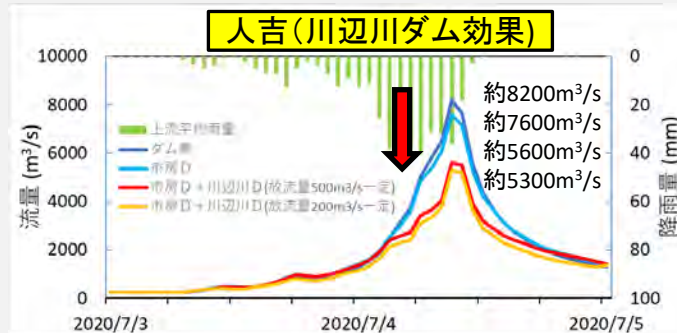
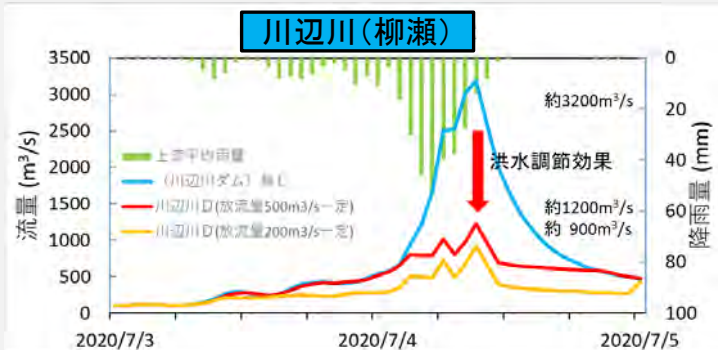


川辺川ダムによる効果(流量低減)

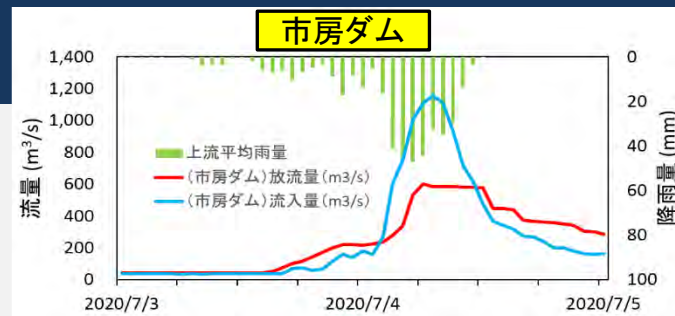
気象庁解析雨量から
降雨流出モデル
(Hydro-BEAM)を用い
て野原が計算
※氾濫効果を考慮しない
流出流量であることに留意



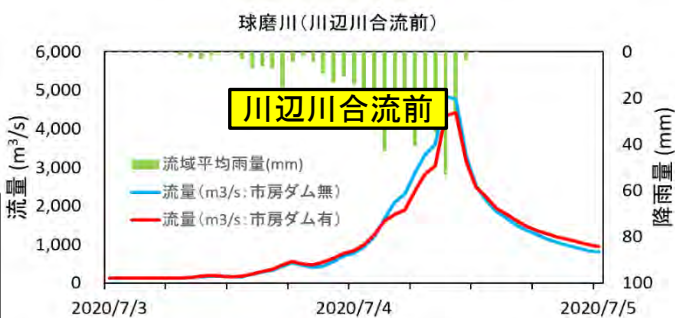
**洪水量が
2/3に減少
(約3000m³/s減少)**



気象庁解析雨量から降雨流出モデル(Hydro-BEAM)を用いて野原が計算
 ※氾濫効果を考慮しない 流出流量であることに留意

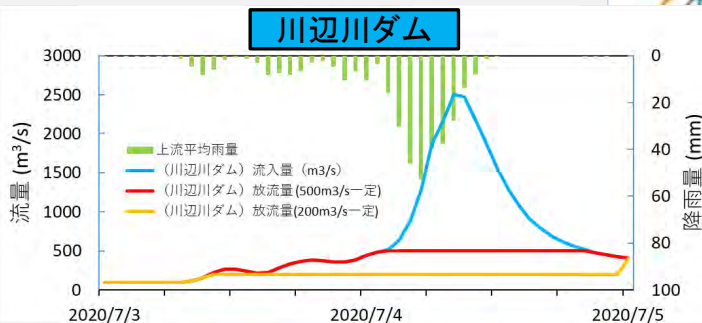


- ①ダム無: 4200万m³
- ②市房有: 3600万m³

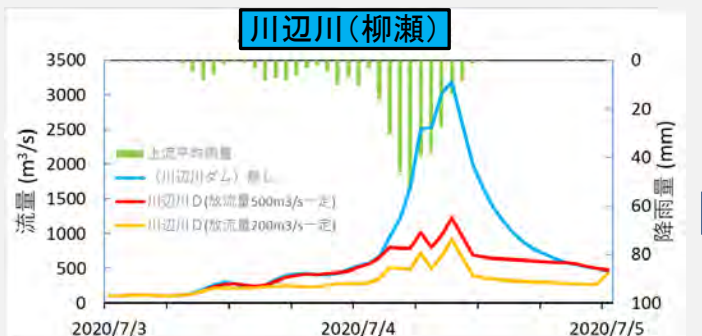


- ①ダム無: 1億8千万m³
- ②市房有: 1億7千万m³

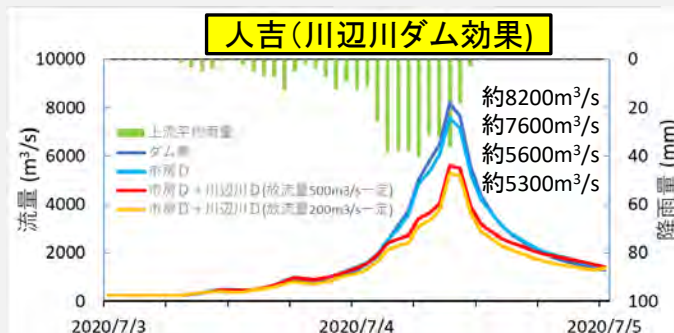
**洪水水量が
2/3に減少
(8500万m³減少)**



- ①ダム無: 7800万m³
- ②500m³/s: 4200万m³
- ③200m³/s: 1700万m³

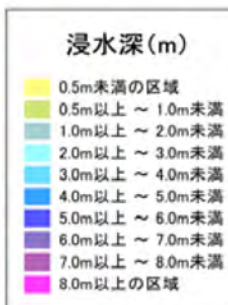


- ①ダム無: 1億1千万m³
- ②500m³/s: 6000万m³
- ③200m³/s: 3600万m³



- ①ダム無: 2億9千万m³
- ②市房有: 2億8千万m³
- ③500m³/s: 2億3千万m³
- ④200m³/s: 2億500万m³

実績再現のシミュレーション結果



実績浸水範囲調査結果

令和2年7月球磨川豪雨検証委員会(国土交通省・熊本県)

川辺川ダムがあった場合のシミュレーション結果



| 浸水深 | 対策実施前の浸水面積(ha) | 対策実施後の浸水面積(ha) | 増減率 |
|----------------------------|----------------|----------------|--------|
| 0.5m未満 (床下浸水程度) | 68.5 | 66.0 | -4.0% |
| 0.5～3.0m (床上～家屋一階部分が浸水) | 275.9 | 132.1 | -52.1% |
| 3.0m以上 (家屋の二階以上も浸水) | 224.2 | 25.2 | -88.8% |
| 合計 | 568.6 | 223.3 | -60.7% |

浸水範囲が約6割程度減少、浸水深3.0mを超える範囲が約9割程度減少

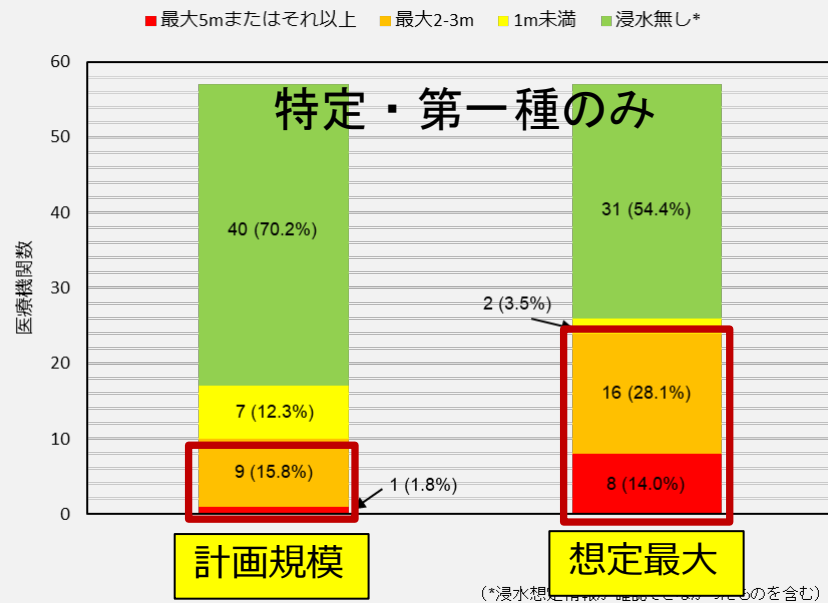
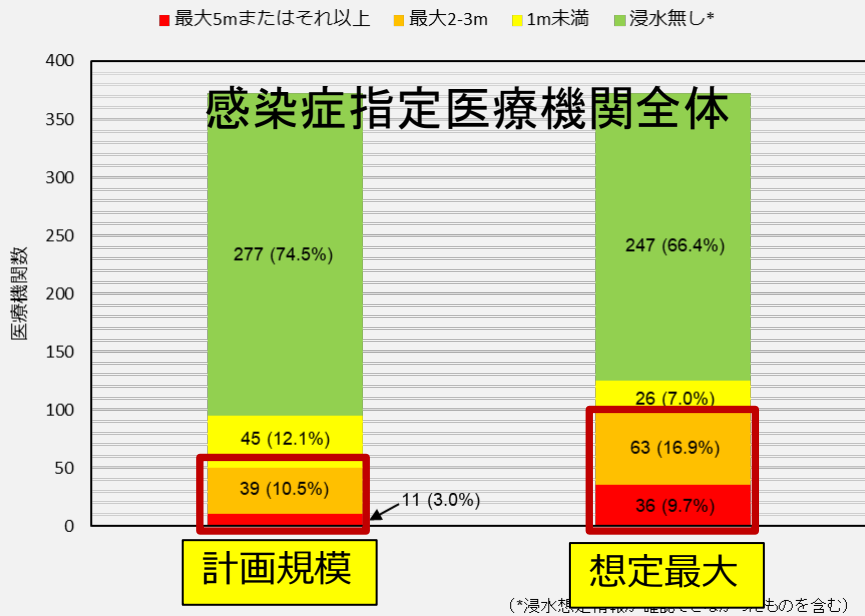
※本資料の数値は「暫定値」であり、今後変更の可能性がある。

感染症指定医療機関の浸水想定状況を調査 — 感染症と大規模水害の複合災害への備えを —

野原 大督・角 哲也

2020年4月27日プレスリリース

- 感染症病床を持つ372の感染症指定医療機関の浸水想定状況を調査
- 計画規模の洪水で約1/4、想定最大規模の洪水で約1/3の医療機関で浸水が想定。
大規模な洪水が発生した場合、感染症指定医療機関が浸水する危険性が必ずしも小さくないことを示唆。
- **最大想定浸水深が2～3mまたはそれ以上**となる医療機関の割合は、計画規模で約14%、想定最大規模で約3割。**特定・第一種感染症指定医療機関に限れば、およそ4割**の医療機関が該当。一類感染症に対する深刻なリスクが潜む状況。



複合災害備え必須

浸水ルート確認／治水機能強化

新型コロナウイルスとの闘いの「とりで」が浸水の危険にさらされていることが、京都大防災研究所が27日公表した調査結果で明らかになった。感染症指定医療機関は専門性が高く、地域に与える影響は大きい。

ゲートションをとることが大車だ。時間がながい。同日、オンラインで記者会見した同研究所の角哲也教授（河川工学）は訴えた。調査は、新型コロナウイルス流行の中、複合災害のリスクを社会で共有する

感染症機関

「100、200年に1度」の洪水
感染症医療機関
4分の1浸水も
 京大「複合リスク認識を」
 新型コロナウイルスなど感染症指定医療機関となる全国約4分の1が「100、200年に1度」の規模の洪水を浸水する恐れがあるとの調査結果を京都大防災研

感染症拠点「1・3が浸水」

京大防災研 最大想定洪水で

京都大防災研究所の研究チームは27日、千年に1度の確率で起きるとされる洪水が発生した場合、新型コロナウイルス感染症などの治療にあたる全国372カ所の感染症指定医療機関のうち、約3分の1が浸水被害を受けるという調査結果を発表した。「水害が増える時期を前に、感染症による被害による複合災害に備えることが必要だ」としている。

感染症指定医療機関は、感染症法に基づいて指定された感染症の患者を受け入れる施設。感染症医療の経験がある医師がおり、治療に対応した特別な設備を備えた病室などがある。研究チームは全国372の感染症指定医療機関について、国土地理院がまとめた各地のハザードマップなどをもとに河川の氾濫による浸水の

想定を調べた。

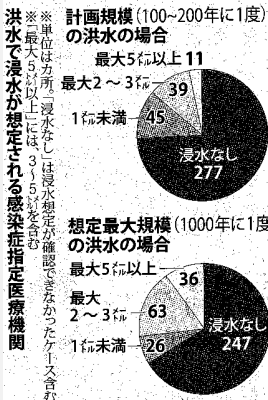
その結果、100、200年に1度の確率で起きるとされる規模の洪水では、約4分の1にあたる95カ所で浸水、そのうちの60カ所では最大の深さが2、3メートル以上想定された。また、千年に1度の確率で起きるとされる最大想定洪水では、浸水するとの予想されるのは約3分の1の125カ所に増え

感染症機関 3割浸水恐れ

京大防災研 最大水害時

感染症病床を有し、新型コロナウイルス対応の拠点となる全国372カ所の「感染症指定医療機関」について、計画規模（100、200年に1度の発生確率）の研究グループが27日発表

した。想定最大規模（100年に1度まで）では、約3分の1で浸水する。野原助教は「感染症・大規模水害の複合災害を認識する必要がある」と指摘している。（25面に関連記事）



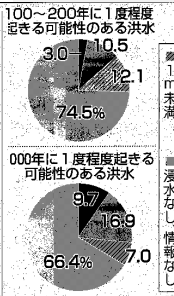
※調査は、国土地理院がまとめた各地のハザードマップなどをもとに河川の氾濫による浸水の想定を調べた。

感染症拠点34% 浸水恐れ

京大が指定病院調査「複合災害想定を」

新型コロナウイルスなど感染症指定医療機関となる全国約4分の1が「100、200年に1度」の規模の洪水を浸水する恐れがあるとの調査結果を、京都大防災研究所の角哲也教授が27日発表した。おおむね、感染症指定医療機関のうち、約3分の1が浸水被害を受けるという調査結果を発表した。「水害が増える時期を前に、感染症による被害による複合災害に備えることが必要だ」としている。

その結果、100、200年に1度の確率で起きるとされる規模の洪水では、約4分の1にあたる95カ所で浸水、そのうちの60カ所では最大の深さが2、3メートル以上想定された。また、千年に1度の確率で起きるとされる最大想定洪水では、浸水するとの予想されるのは約3分の1の125カ所に増え



京大、最大規模の洪水想定

感染症拠点45% 浸水恐れ

◆1000年に1回の洪水で大きな被害が想定される主な感染症指定医療機関

| 施設名 | 所在地 | 浸水の恐れや被害の程度 |
|------------|-----|-----------------------------------|
| 南近畿がんセンター | 北海道 | 5～10% |
| 国立がん研究センター | 東京都 | 一部1～3% |
| 山梨県立中央病院 | 山梨県 | 0.5～3%、建物や施設が消失する恐れ |
| 京都府立大西大前 | 京都府 | 0.5～3%、護岸の浸没で建物や施設が消失する恐れ、物資運送が困難 |
| 京都府立西大前 | 京都府 | 0.5～10%、一部10%以上 |
| 岡山県立中央病院 | 岡山県 | 1～3%、一部5～10% |
| 大分県立中央病院 | 大分県 | 3～5%、一部5～10% |

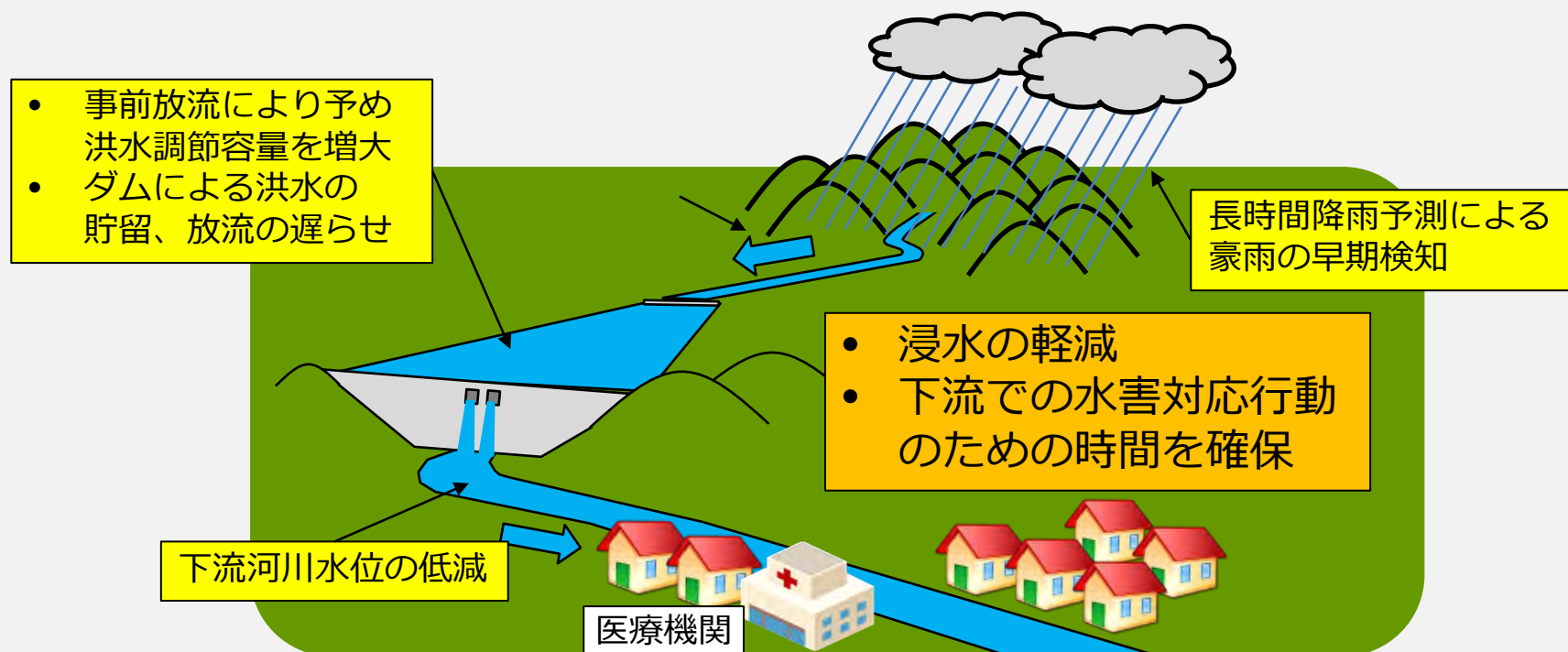
※京大防災研究所の調査結果から

感染症指定医療機関 感染症の患者を治療するため、特別な病室や医療スタッフを備えた病院で、「特定」「第一種」「第二種」がある。特定と第一種はエボラ出血熱やバスタなどの治療に対応し、第二種はそれ以外の感染症に対応する。特定は国が、第一種と第二種は都道府県が指定する。特定機関は、ひんくう総合医療センター（大阪府）など国内に4カ所ある。

移動などの対策を呼びかけ、国土地理院が公開している国の洪水想定区域のデータをもとに、指定医療機関の被害を調べた。被災想定される特定、第二種、第一種計26カ所のうち、24カ所が約3割をそれぞれ浸水し、2カ所が水が入り、1カ所が浸水する可能性がある。

ちがいは、5割を占める浸水の危険があり、単立専任病院では、一部以上浸水する可能性がある。1000年に1度の洪水で、約4分の1が浸水する恐れがある。

- これらの医療機関では、土嚢や止水板の準備などの浸水防止策に加えて、**非常用電源や感染症病床の上層階への設置、電気回路の防水化などの対策**が必要。
- 最大浸水想定が10m程度となる所では、医療機関による**自衛的な対策のみでは浸水リスクに対応できない**可能性有り。地域の水防活動の強化、上流ダムの事前放流のような浸水深を抑える対策、医療機関全体の避難の受け入れ先の確保など、**行政の治水・防災部局、厚生・保健部局の支援**が重要。



ソフト 対策

ハード 対策

病院による 自衛的措置

- **洪水リスクの再確認**
最新版の浸水想定参照
- 感染症の流行を踏まえた水害
対応計画の再確認
タイムラインの再確認、見直し

- **防水対策**
止水板の設置、電源の上層階への設置など
- **浸水対策**
電気系統の防水化
- **バックアップ機能の確保**
非常用電源の確保、設置場所の高所化、
浸水対策

外部支援

- (A)河川管理者
- (B)防災部局
- (C)保健部局

- 水害対応計画見直しの支援(A)
具体的な浸水想定情報の提供
- **治水施設の高度運用による洪水
軽減(A)**
ダム的事前放流による洪水調節機能強化
- **ポンプ車の機動的投入(A)**
内水氾濫の軽減
- **病院の水害対応行動の支援(A, B)**
洪水予測情報や河川水位観測情報の提供
避難先の確保
- **浸水時の医療のバックアップ(C)**
バックアップを担う他の医療機関の確保

- **河川整備**
河道の掘削、堤防の強化など
- **浸水軽減対策**
調整池の設置など
- **治水施設の機能強化**
ダムの再開発



(独)地域医療機能推進機構 人吉医療センター



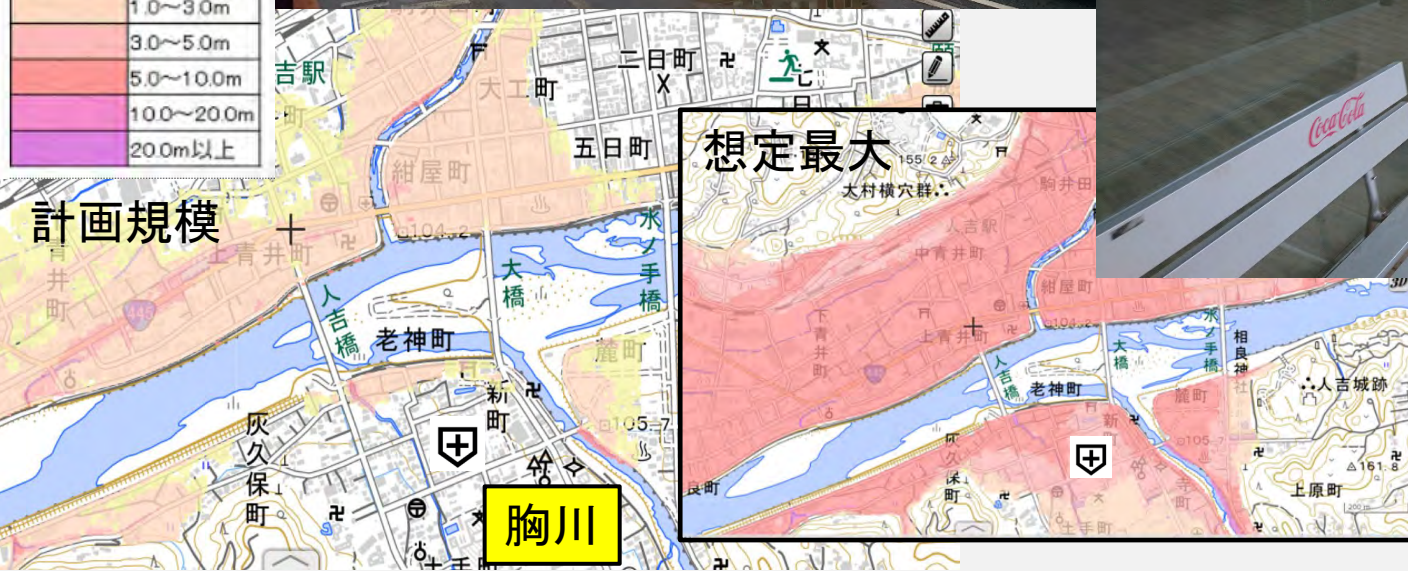
- 第二種感染症指定医療機関
- 災害拠点病院

職員数: 460名
 許可病床数: 252床
 一般病床: 248床
 感染症病床: 4床

凡例

| |
|------------|
| 0.3m未満 |
| 0.3~0.5m |
| 0.5~1.0m |
| 1.0~3.0m |
| 3.0~5.0m |
| 5.0~10.0m |
| 10.0~20.0m |
| 20.0m以上 |

計画規模



防水板

想定浸水深
 (計画規模) 浸水無
 (想定最大) 3-5m

以降の情報は、人吉医療センター木村正美院長へのヒアリング（清水建設と合同で実施）、および木村院長による報文（「病院設備」352, Vokl.62 No.4, 2020.10）による

被災前の対策・計画など

- **建築や整備等の水害対策(ハード的対策)**
 - 受電設備・発電機を上階に設置
 - 防水板の配置
- **防災体制、人員、「災害対策・防火委員会」**
 - 災害対策、災害医療、防火対策に関する事
 - 消防訓練、災害実働訓練、DMAT関係 災害備蓄他
- **水害時の防災計画、活用情報、避難判断基準など**
 - 災害の防災計画のみ、水害なし
- **病院の浸水リスクの把握**
 - 被災1週間前に、洪水時の避難確保計画を今年度中に作成してほしいと人吉市役所から連絡あり
 - 以前から使用のハザードマップ(計画規模)では浸水リスクなし
 - 新しい最大規模の災害ハザードマップで浸水想定(3~5m)と知ったばかり

発災直前～発災時の対応

● 防水板の設置

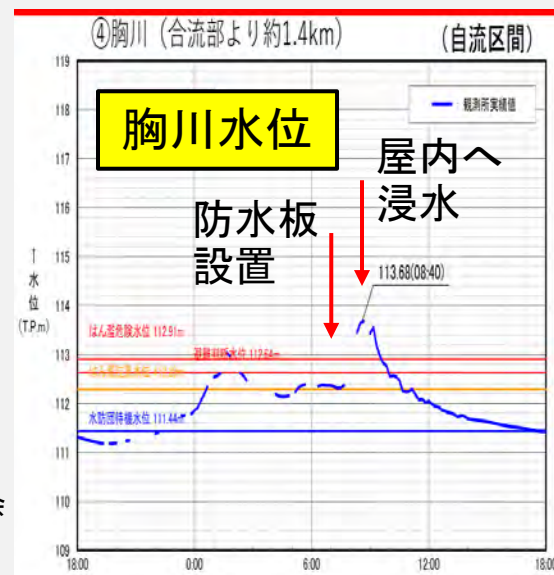
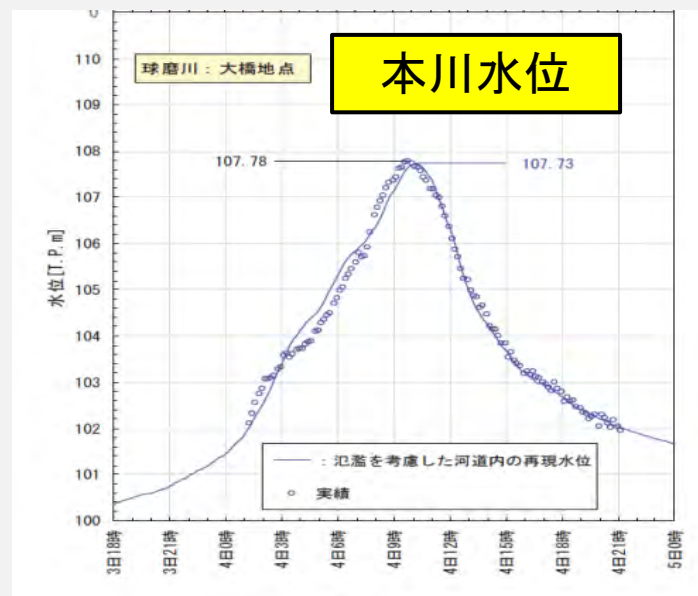
- 球磨川右岸が6時ごろ越水、テレビでダム放流予定を知り防水板の設置を決定
- 7時過ぎに少ない人手で防水板設置(2名)
- 1個は常時設置、残り7つに45分所要(増員後)
- **初めての経験**で救急(ER)搬入口の防水板は水が入るまで設置なし

● 浸水経路(河川～病院～建物の外周)

- 胸川 → 屋外駐車場60cm浸水 → 正面玄関・救急(ER)搬入口(防水板無)から**屋内へ浸水(10cm程度)**8時30分ごろ
- 救急(ER)搬入口にも防水版設置し、以降は担架に移して、防水板越しに手渡しで搬入

● 情報入手手段、欲しかった情報

- 防災無線・災害メール・TV・ラジオ情報・国の河川ライブネットカメラ
- 近隣の病院・老健施設・介護施設の状況
- 災害の全体像(災害の程度)
- 警察・自衛隊の動き・連携



災害医療体制

- **災害対策本部**
 - 7/4 10時に立ち上げ(1FのERから2Fへ移動)
 - 7/5まで**36時間対応**
- **入院患者の対応**
 - 5階～9階に入院しているため避難なし
 - 人吉／球磨地域の被災地域からの搬送に備えて可能な患者に退院要請
- **救急搬送**
 - **球磨病院など他の救急指定病院が被災し、全ての救急車受入れ**
 - トリアージ赤・黄の患者、2日間で、軽傷36名、中等症34名、重症7名
 - **千寿園からは17名**
- **新型コロナウイルス感染症との関係**
 - 他の医療圏で発生したコロナ患者の受け入れを断らざるえなかった

発災後の対応

- 被害状況での想定外の事象
 - 浸水することが**想定外**
 - 災害医療エリアを2階に移動(**想定外**)
 - 固定電話・携帯電話・インターネットが通じなかった(**想定外**)
 - エレベーター・エスカレーターの故障(**想定外**)
 - 防水板設置後の患者の施設内に入る時の対策(**想定外**)
- 診療機能の復旧にあたって優先事項は？
 - 医療機器・設備の稼働・スタッフの状況・患者への周知
- 復旧を困難にさせた/容易にした最大の要因は何か？
 - 勤務者、参集者が医療機器を上階へ搬入してくれたこと(**容易にした**)
 - 防水板を設置して院内の浸水を10cm程度に食い止められた(**容易にした**)
 - **ER→10cm 放射線科→5cm(電子基盤あり)** ← **これ以上浸水していたらアウト**
 - 他病院からの支援・出入業者の手伝いで1階の清掃が翌日完了(**容易にした**)
- メディアやインターネット、SNSなどの活用(有用だったもの)
 - トランシーバ(院内連絡)
 - ネットワーク回復後→くまもとネットワーク活用
 - Line等の活用で一部の職員への連絡をおこなった
 - 産婦人科医師がFacebookを使用して状況を妊婦に周知

被災を踏まえての改善点

- **被災を受けての見直し点**
 - － **防災計画(体制・活動内容)**
 - 防水板設置の研修(全職員対象)
 - **災害BCPマニュアルに水害を追加**, 避難計画の作成(市役所)
 - － **建物や機器等の対策導入や改善**
 - 塀の設置, 1階ガラス部分の強化 ← **1F自動扉の防水対策が鍵**
 - 防水シートの購入(医療機器・エレベーター)
 - 防水板購入(2重防水)
 - － **外部との連携、情報収集体制の整備**
 - 災害時の通信手段としてスマホ(携帯電話)の増台 (連携室)
 - 衛星インターネット購入
- **有用と考えられる支援**
 - － 携帯移動基地局の設置
 - － JCHO病院からの医師・看護師の応援
- **水害BCP策定の考え方、策定済みの地震対策との相違点**
 - － BCP対策マニュアルを水害時の対応分を含めて改訂
 - － 災害の被害の大きさによって医療活動継続が異なる
 - － **今回以上の被害であれば病院は完全に機能不全**

- **ダム建設の判断が早すぎるのでは？**
 - 災害後の復旧(橋梁架替えなど)を進めるためには、対象洪水の明確化が必要
 - ダムを考慮するかどうかで、**橋梁の高さが変わる**
- **ダム建設よりも河道掘削をもっと進めるべき**
 - 河道掘削は短期的な対策、永遠に掘り続けられないといけない(**土砂はすぐ堆積**)
 - 掘削すると洪水が下流に送られて、**下流が危なくなる**(上流域での貯留が基本)
- **球磨川水害では支流の氾濫が本川よりも先に発生しており、川辺川ダムができて被害は防げないのでは？**
 - 支川が先に氾濫したのは、本川水位が高くなって**バックウォーターが発生**
 - 本川水位を下げて、支川と本川の洪水タイミングをずらせば氾濫しない
- **ダムは緊急放流があるので危ない、ゲートは無い方がいい**
 - ダムの貯水能力によって大きく異なる(**川辺川ダムはハツ場ダム以上の実力**)
 - ダムはいきなり満水にはならない。それまでに洪水を貯留し、**ピークを遅延**
 - 普段は洪水吐を大きく開けておき、**いざというときにゲートを絞ることが重要**
- **流水型ダムは事例が少ないので治水効果・環境影響がわからない**

ダム工学会(大規模洪水対応WG)

ダムなし



ダムあり



(1)どこで示すか？

- ① ダム直下流基準点
- ② 本川合流後の基準点
- ③ 氾濫発生地点

(2)どのような指標で示すか？

- A 流量低下量
- B 水位低下量
- C 水量(流出量)低下量
- D 氾濫水量減少量

1)一般的には、①-B で水位低下量〇〇cm ← この地点が氾濫していなければ、所詮河道の中の話、効果が見えない

2)③-CやDを示すことが重要。さらに、経済被害額の減少などが示されればより望ましい。

3)事例として、関東東北豪雨の鬼怒川4ダム、筑後川の松原・下釜ダム、最上川の寒河江ダム

近年の主要洪水(ダムの効果と役割をいかに考えるか)

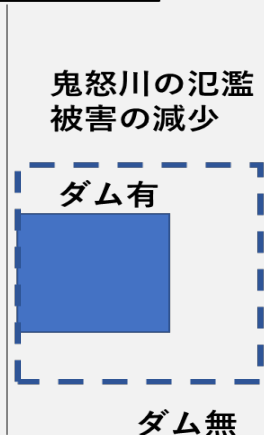
関東・東北豪雨

九州北部豪雨

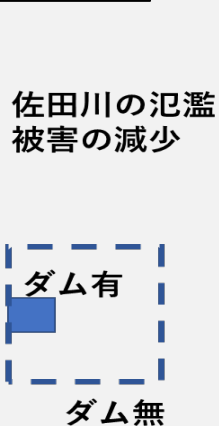
筑後川水害

最上川水害

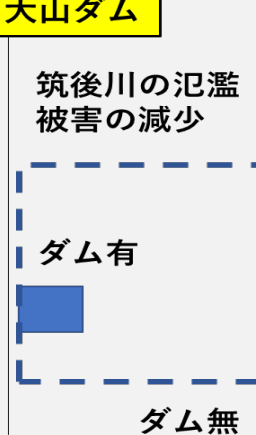
鬼怒川4ダム



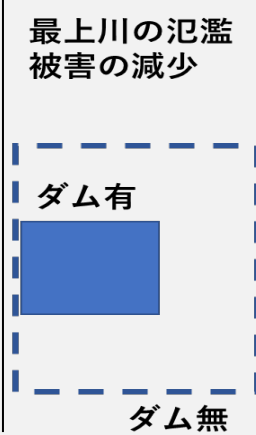
寺内ダム



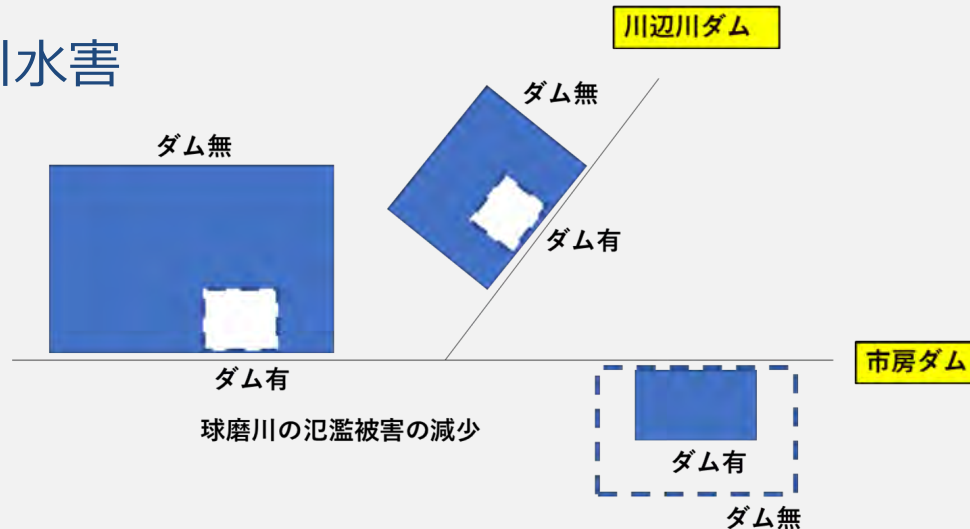
松原・下笠ダム, 大山ダム

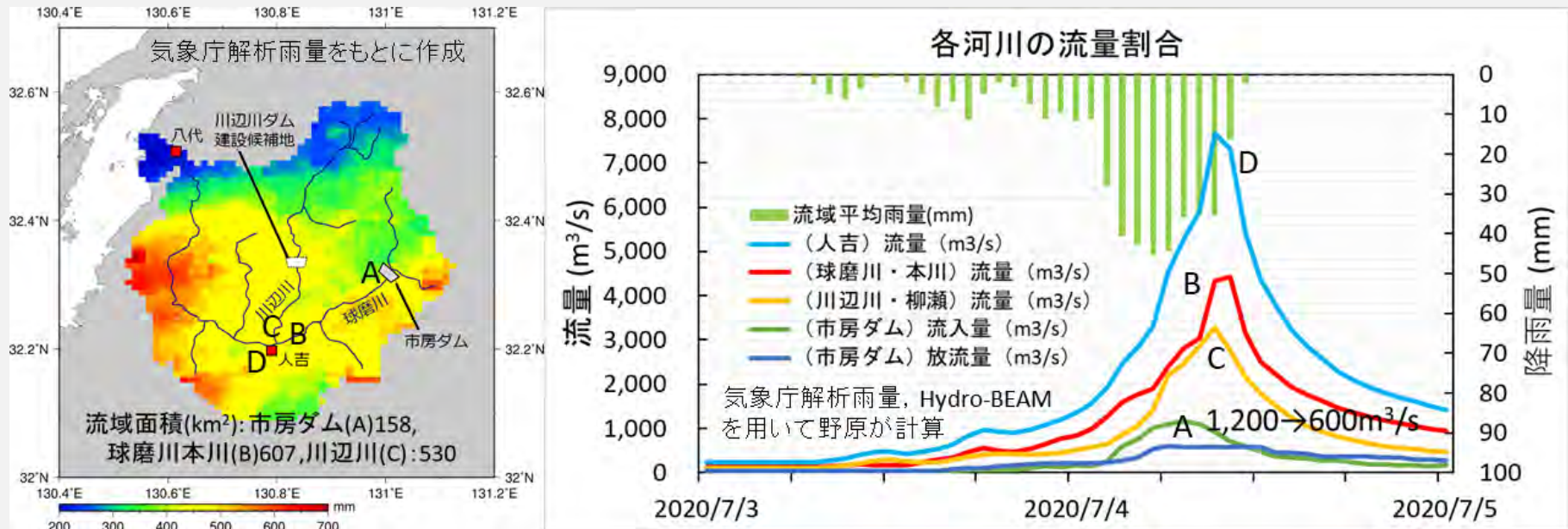


寒河江・長井ダム



球磨川水害





- 多くの地域で400~600mmに達する豪雨, 球磨川水系の各河川の影響度を検討
- 球磨川本川(B)と川辺川(C)の各流域から洪水流入がほぼ同時にもたらされ、人吉(D)ではこれまでの記録(S40, 57など)を大きく上回る流量
- 球磨川本川上流には熊本県管理の市房ダム(A)があり、事前の放流(予備放流)により何とか持ちこたえて洪水低減に大きく貢献
- 計画されていた川辺川ダムがあれば、以下が期待される
 - 1) 氾濫開始の遅延(約2時間)による「避難時間確保」
 - 2) 氾濫水量の減少による「浸水被害軽減」
 - 3) 洪水位の低下による「鉄道橋などの重要インフラの損壊回避」
 - 4) ダムによる流木捕捉による「被害軽減(洪水+流木)」

流域全体の洪水流出特性(川辺川ダム考慮)

「川辺川ダム」があれば・・・

今回の豪雨では、球磨川と支流・川辺川で流量のピークが重なり、合流点直下の同市中心部で7月4日、甚大な水害が発生。市内では3700棟以上が床上浸水し、20人が犠牲となった。

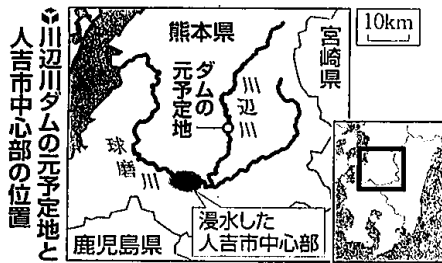
チームの角哲也教授(水工水理学)らは、気象庁の解析

京大チーム試算

川辺川ダムの元予定地と人吉市中心部の位置

雨量や地形・地質データなどを活用。計画通りのダムが建設されたと仮定し、豪雨の影響を調べた。

ダムに流入する水は最大で毎秒2500トンと推計。ダム



人吉の氾濫水量1割以下

九州を襲った豪雨で氾濫した熊本県の球磨川について、上流部の支流に「川辺川ダム」が建設されていれば、同県人吉市中心部の氾濫水量を1割以下に抑えられたとする試算を、京大チームがまとめた。ダムは九州最大級の規模(総貯水量1億3300万ト)を想定していたが、約10年前に建設中止となった。

の最大放流量を毎秒2000トンとし、治水用の容量(8400万ト)まで貯水した場合、氾濫は避けられないものの、同市中心部であふれる水量は約170万トと見積もった。実際の氾濫水量(約2500万ト)の1割以下で、氾濫を2時間ほど遅らせる効果もあった。

川辺川ダムを巡っては、国が1966年に建設計画を発表。2008年に浦島都夫知事が地元の反対などをを受けて白紙撤回を表明し、「脱ダム」を掲げた民主党政権が09年に建設中止を決めた。

山田正・中央大教授(土木工学)の話「科学的に妥当な結果。ダムの効果を踏まえて流域全体を見渡し、どのような治水対策やまちづくりをすればよいのか冷静に議論すべきだろう」

識者「ダムあれば避難時間確保できた可能性」

京都大防災研究所の角哲也教授(水工水理学)は気象庁の解析雨量と地形・地質を基に豪雨当日(7月4日)の球磨川のピーク流量を独自に推計。市街地が広範囲に浸水した人吉市の被害について「川辺川ダムがあっても氾濫は防げなかったが、市街地への氾濫水量を減らし、氾濫が始まる時間も遅らせることができた」と結論づけた。



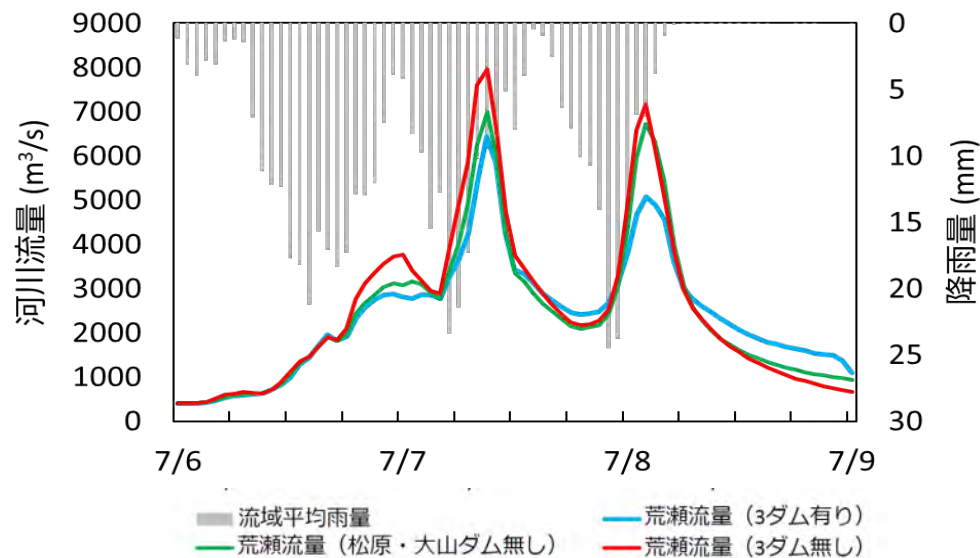
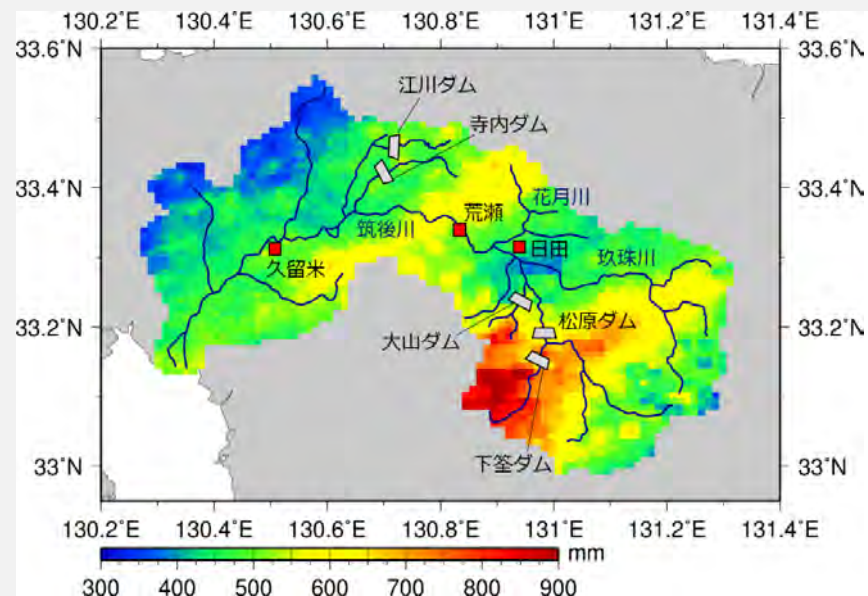
角教授らの推計では、今回の豪雨で川辺川から球磨川に流れ込んだ水量は最大で毎秒3200トン。仮に川辺川ダムがあった場合、少なくとも2000トンをカットして1200トン以下に減らせる。その結果、人吉市中心部を流れる球磨川の流量も7600トンから5600トン以下まで減らせたのみ。

川の流量が減ることで、氾濫が始まる時間は約2時間遅くなって住民が避難する時間をより長く確保できたうえ、市街地に氾濫した水量も推計で2300万トンから400万トン以下に抑えられた可能性が高いという。角教授は「水没地の住民移転などが済んだ川辺川ダムは、完成までのコストが比較的低い。河川環境に配慮する技術も進んでおり、治水策の選択肢に加えるべきだ」と提言する。

8月5日 毎日新聞電子版

8月2日 読売新聞朝刊

野原 大督・角 哲也 京大防災研より8/5に公表



- 地上観測雨量で最大700-800mm、ダム群の集水域、玖珠川・花月川上流で多い
- 3ダムで一山目のピーク流量を約1520 m³/s 低減、下釜ダム単独で950m³/sカット
- 二山目のピークでは、下釜ダムが異常洪水時防災操作に入ったが、松原・大山ダムで約1650 m³/s の流量低減
- これらの洪水調節がなければ、下流の日田市域では球磨川に匹敵する大災害になっていた可能性が大きい（未然に防がれた被害は認識されない）

球磨川の氾濫計算(富岳を用いた計算)

浸水深計算結果 (全域)

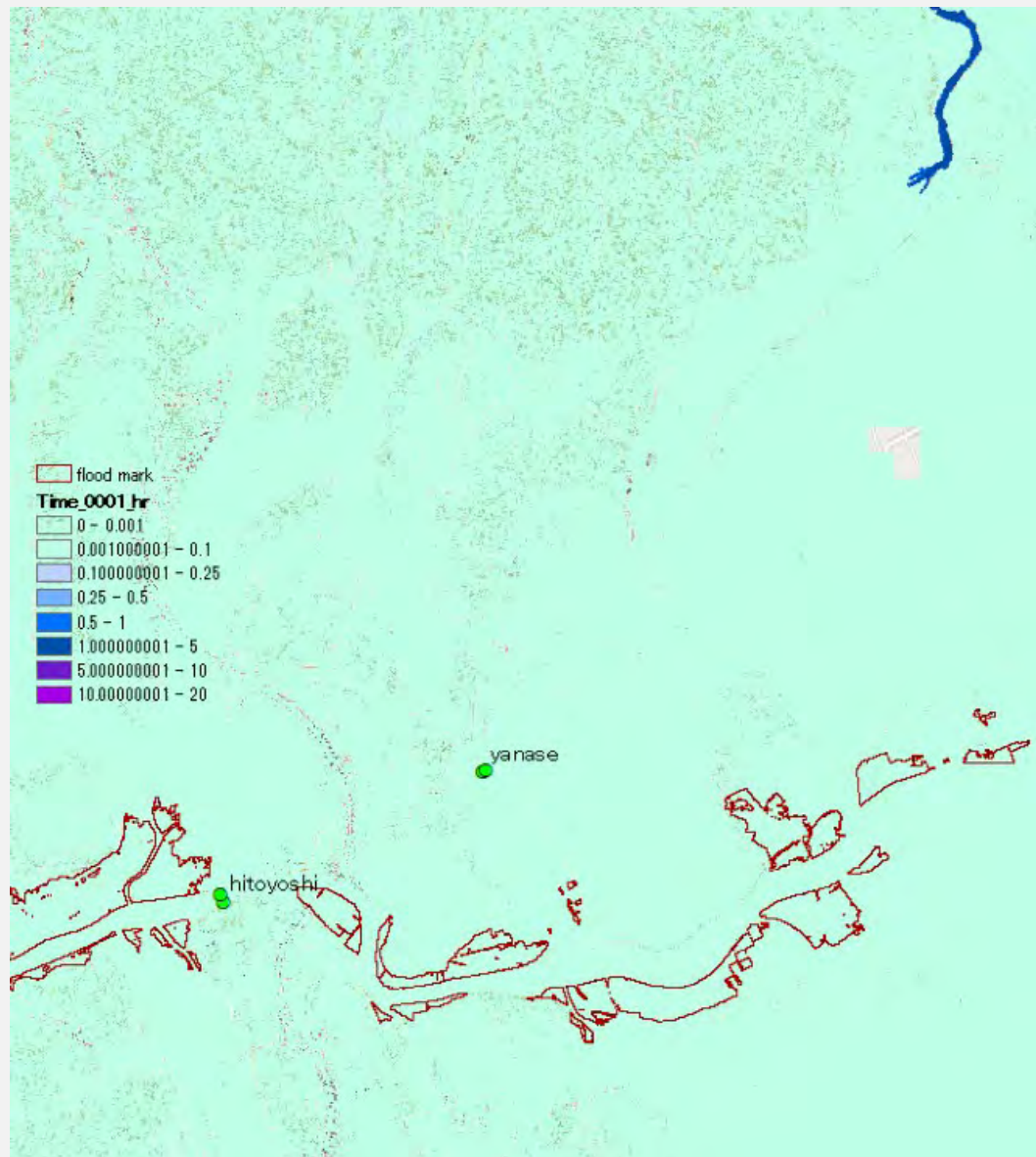
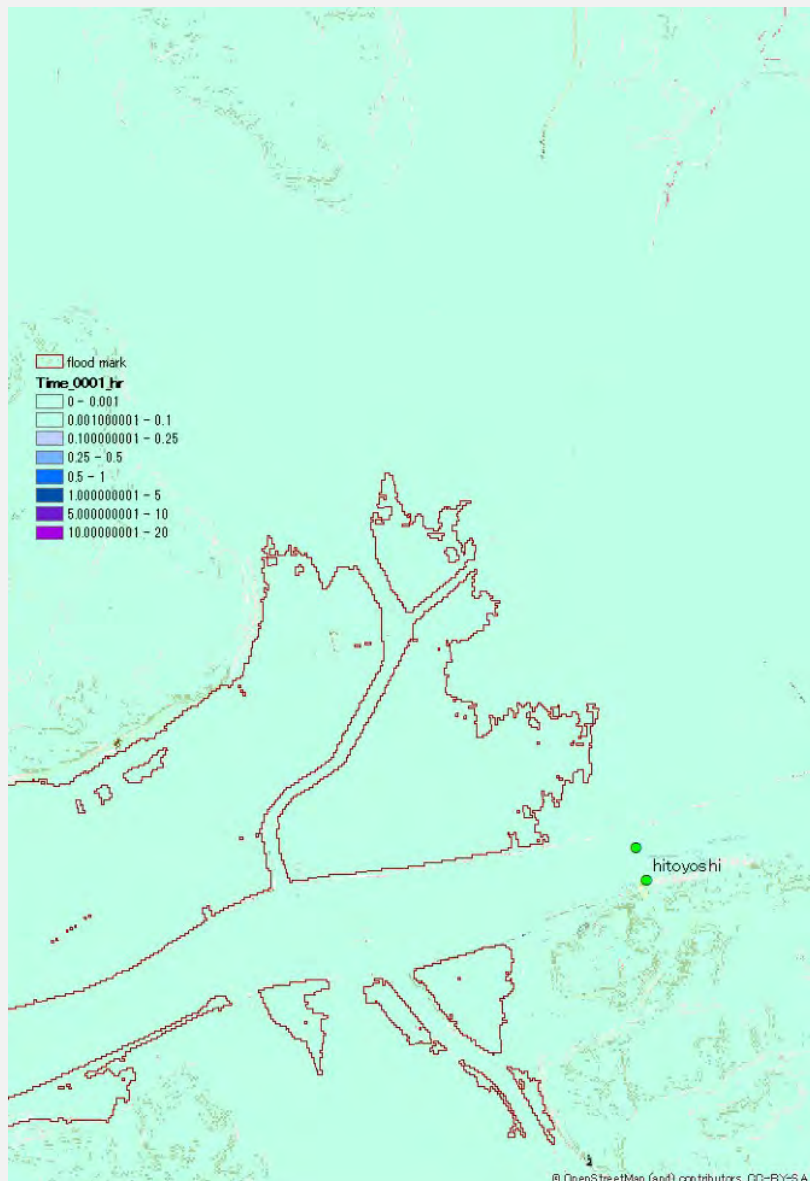
協力: 神戸大学 小林健一郎 准教授

5m解像度, $5309 \times 3399 = 18045291$ 節点
 $26.545\text{km} \times 16.995\text{km}$
 24時間計算が富岳で1時間以内



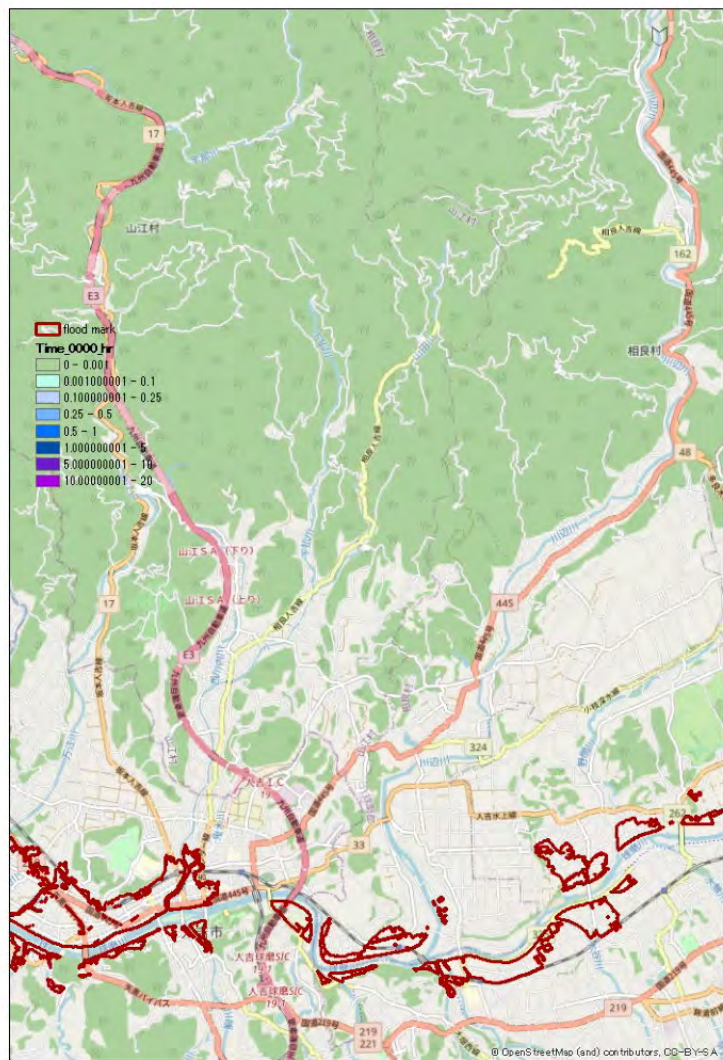
(留意点): 国土地理院の5mDEMデータを用いているため、堤防高、パラペット、河道内の河床高などを十分に再現していないために、実際よりも氾濫が起きやすい計算となっていることに留意

球磨川の氾濫計算(川辺川合流部、人吉市内拡大)

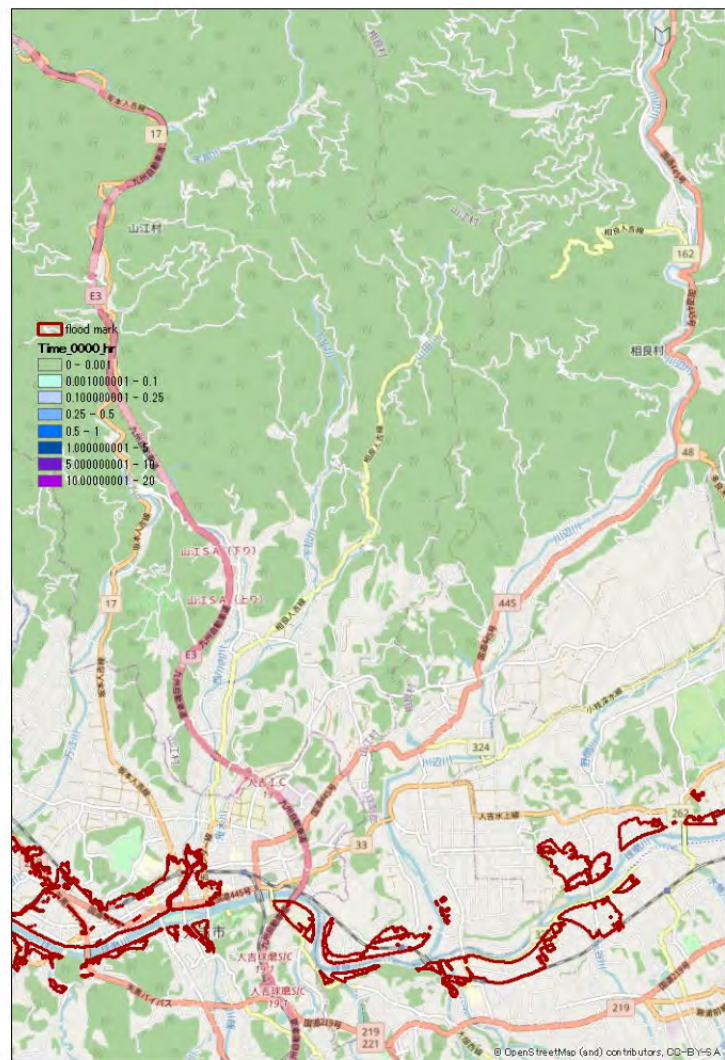


川辺川ダムの効果

市房ダムあり, 川辺川ダムなし

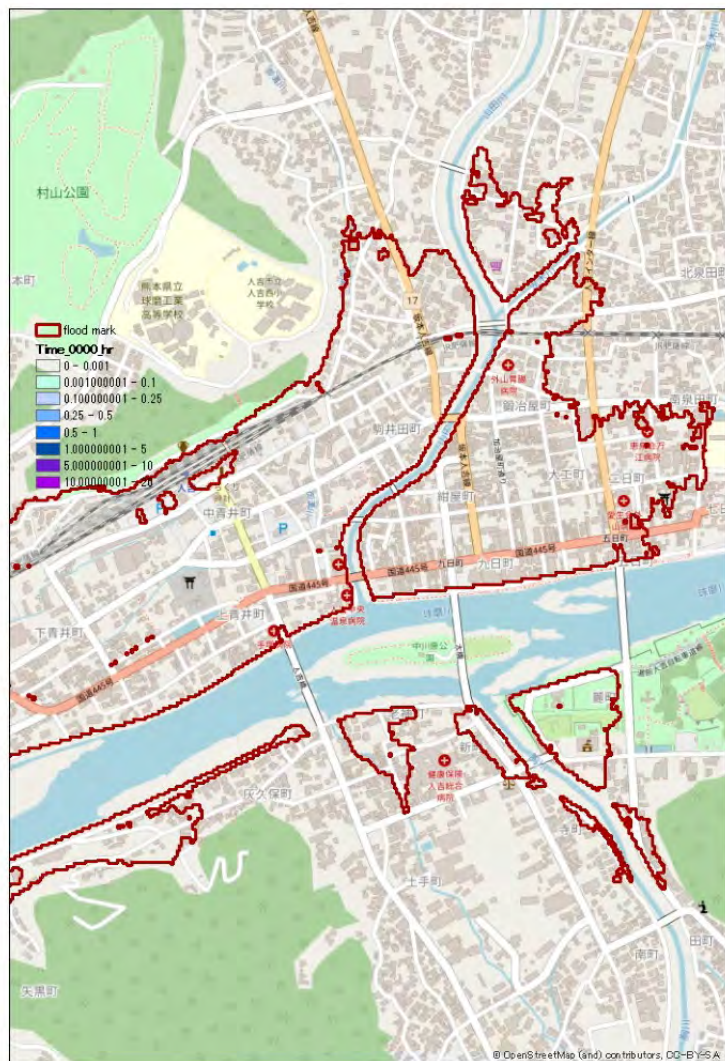


市房ダムあり, 川辺川ダムあり

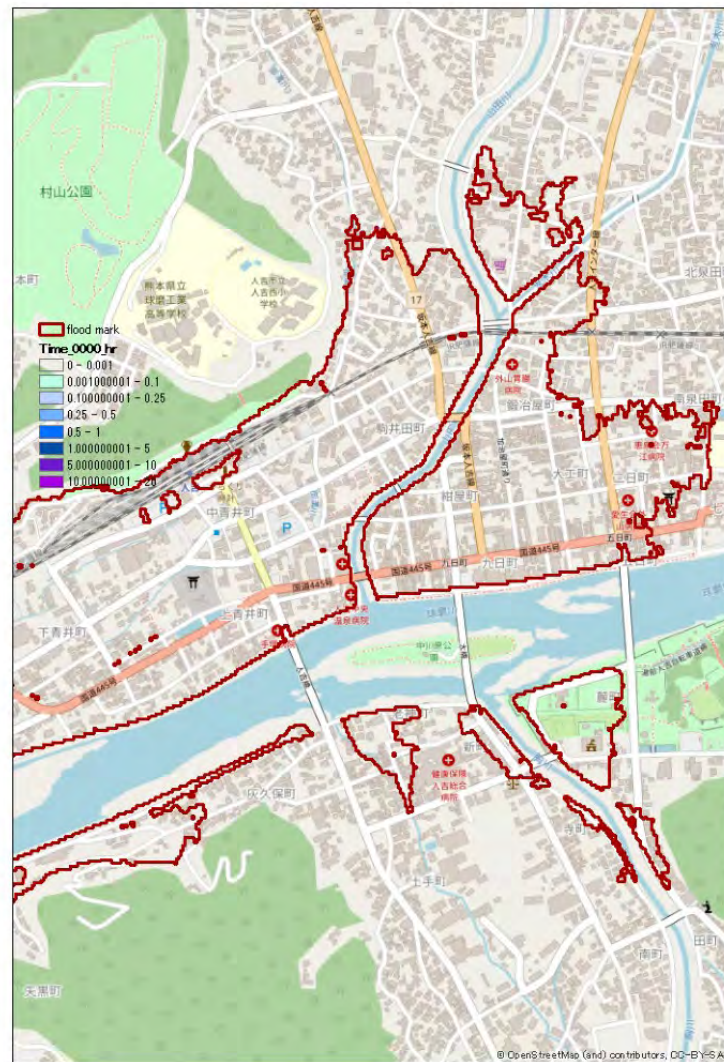


川辺川ダムの効果

市房ダムあり, 川辺川ダムなし

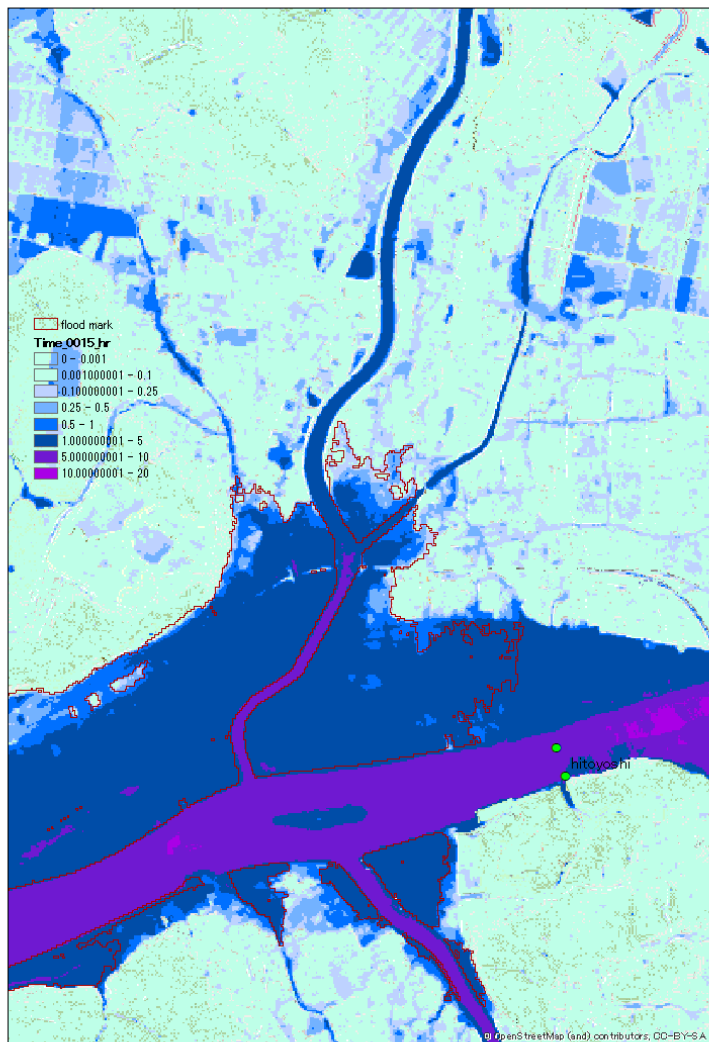


市房ダムあり, 川辺川ダムあり

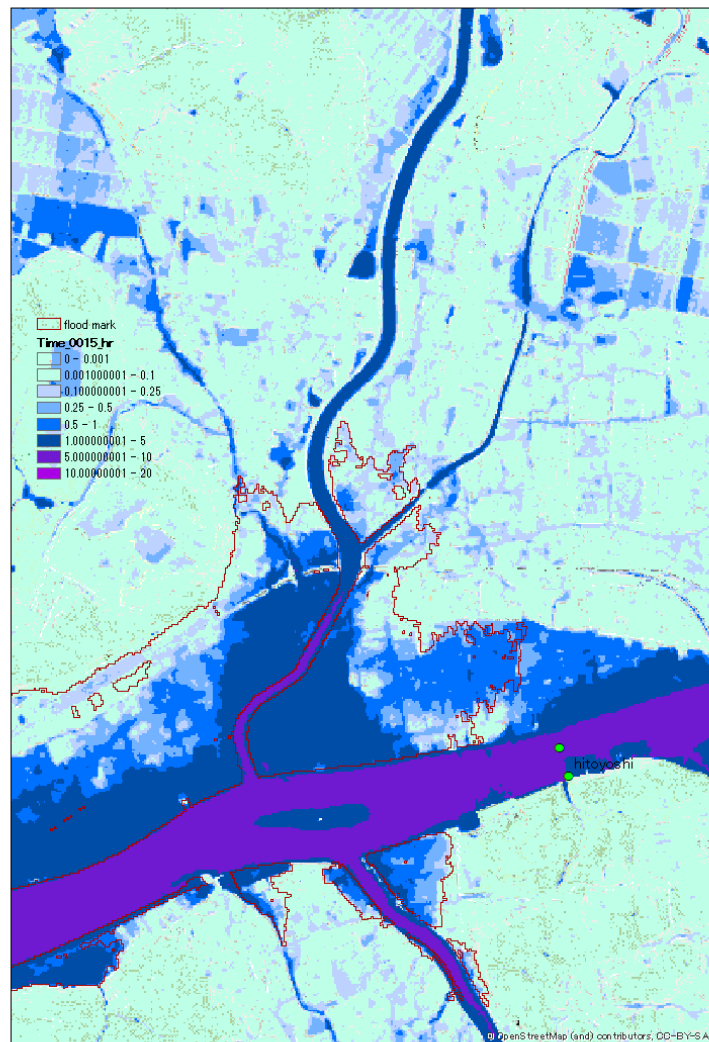


川辺川ダムの効果

市房ダムあり, 川辺川ダムなし



市房ダムあり, **川辺川ダムあり**



カメラ映像や証言情報等を基に整理した浸水経過

午前5:30~7:00の状況



午前7:00~8:00の状況



午前8:00~10:30の状況



氾濫解析による浸水経過

午前6:40の状況



午前8:00の状況



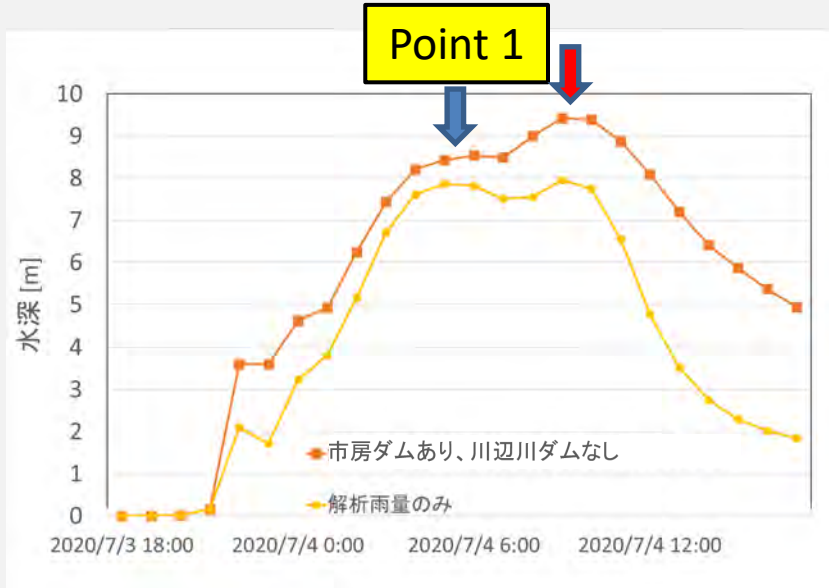
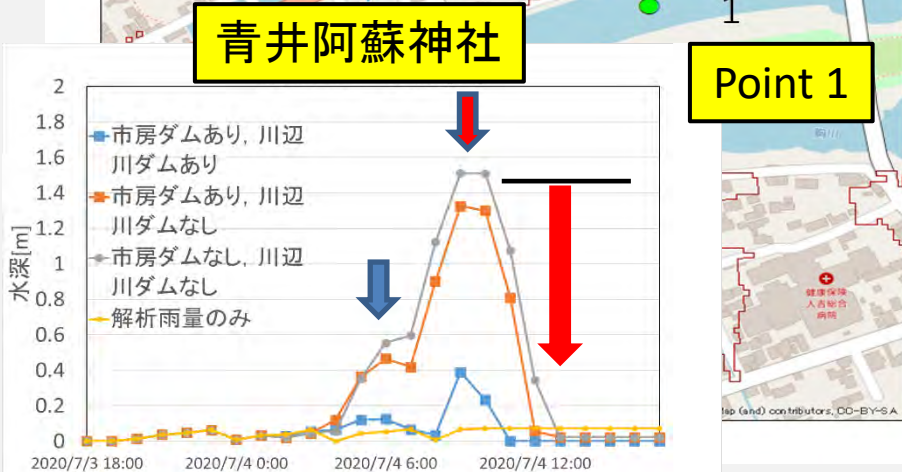
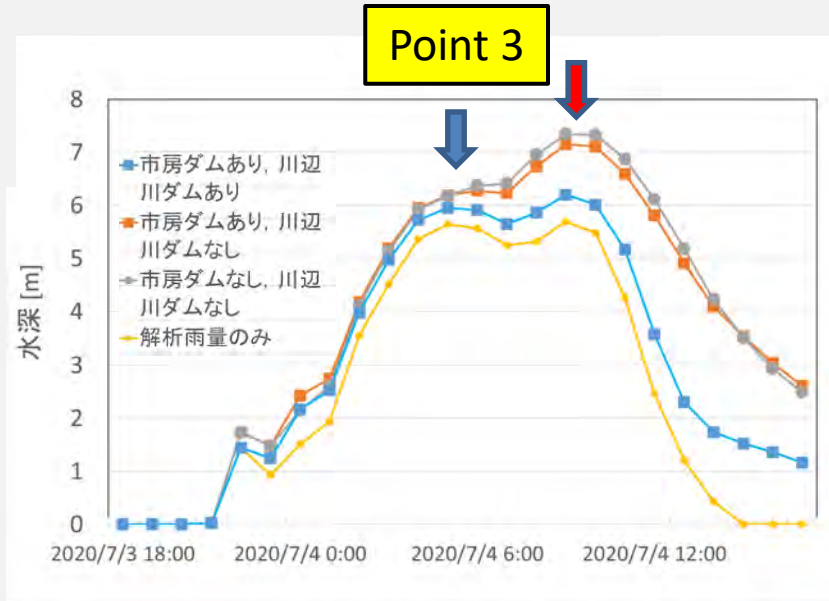
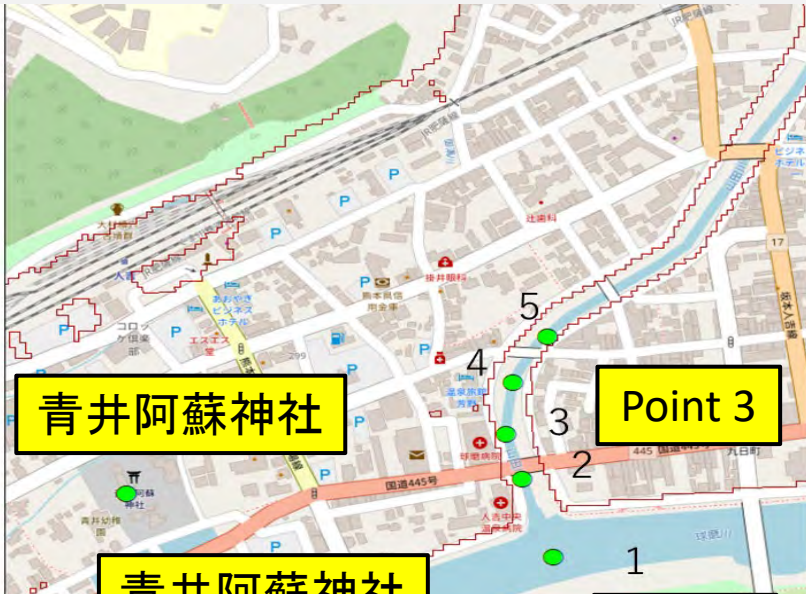
午前9:00の状況



- 8時までは河岸沿い、局所的な浸水
- 8時以降、山田川からの越水と青井阿蘇神社側への洪水流の流下、浸水深の増大

山田川の氾濫(本川のバックウォーター(背水)影響)

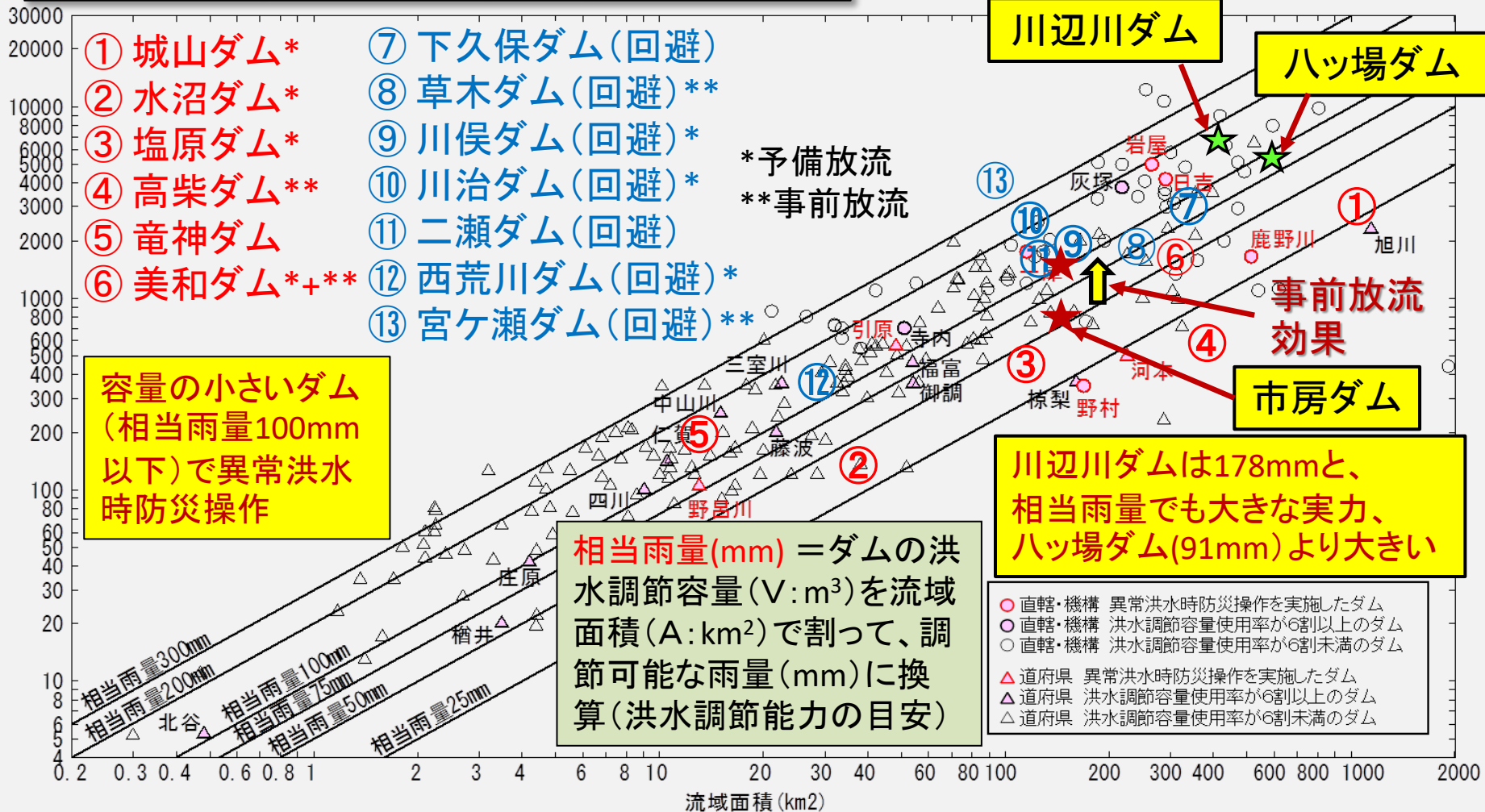
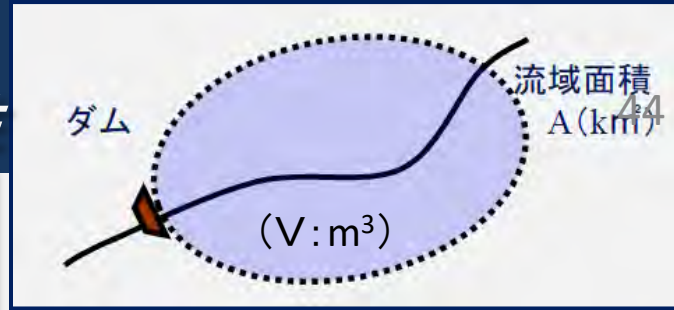
- 2段階、バックウォーターで8時以降水位上昇
- 川辺川ダムで阿蘇神社の浸水は50cm以下





緊急放流は危ないか？ 異常洪水時防災操作の実施可能性

川辺川ダムの洪水調節容量評価 (相当雨量(mm))

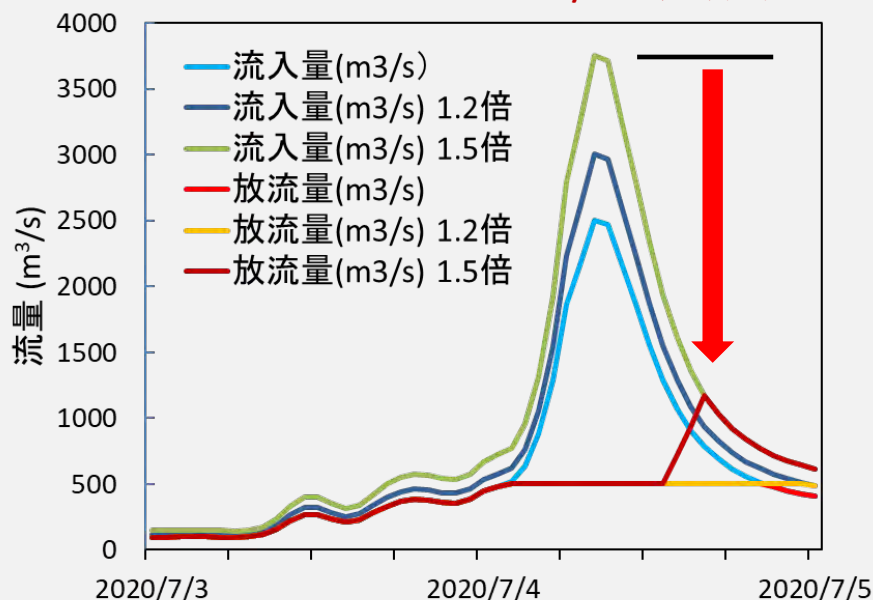


※1 洪水調節容量: 各ダムの洪水調節容量(平成30年7月豪雨の時期)

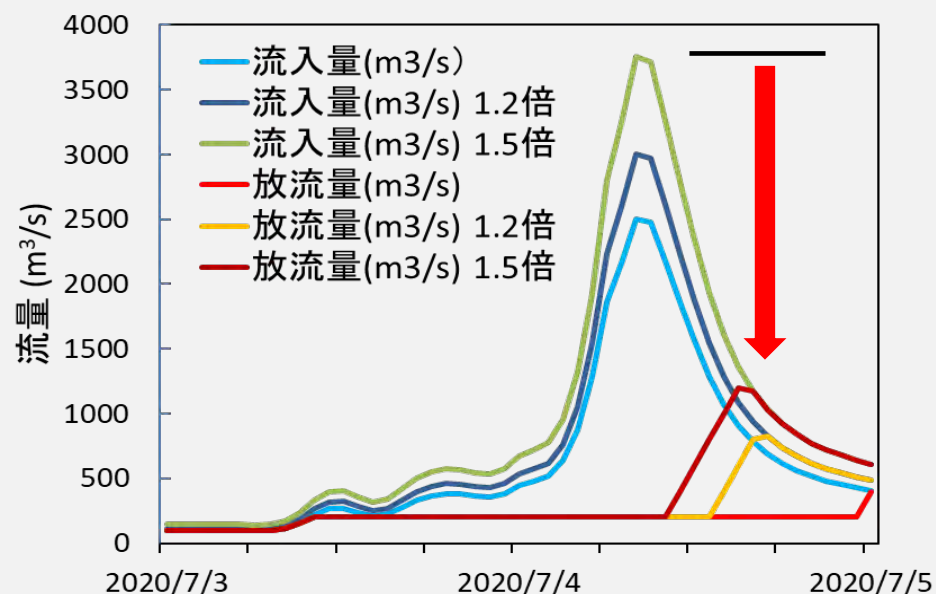
※2 流域面積: ダム地点上流の流域面積

- 流入量を、実績（1.0倍）、1.2倍、1.5倍に増加
- 最大放流量（500m³/s, 200m³/s）で比較

500m³/s一定放流



200m³/s一定放流

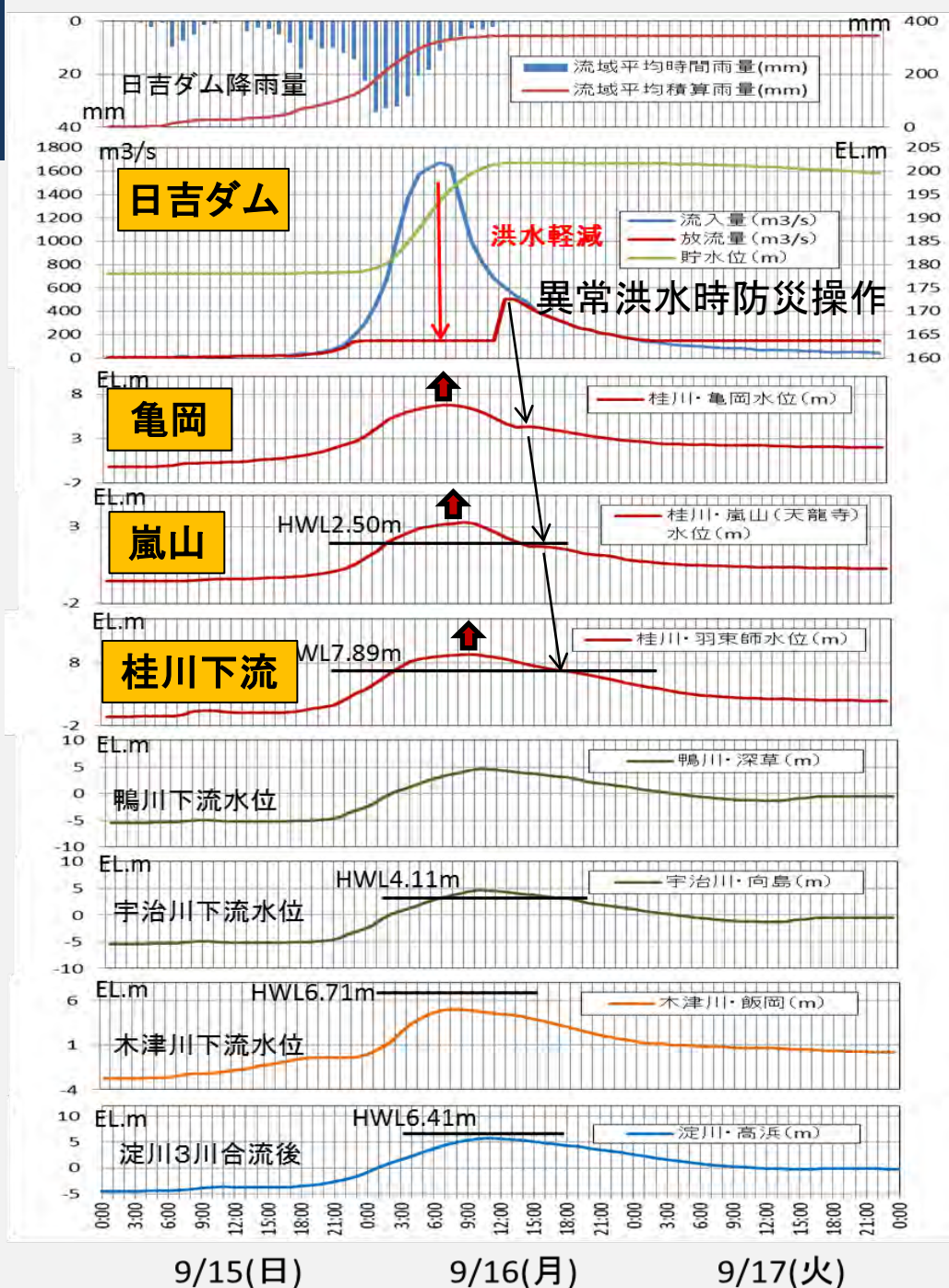


- 500m³/s一定放流であれば、実績の1.2倍の流入量でも異常洪水時防災操作（緊急放流）にはならない
- 仮に異常洪水時防災操作に入っても、洪水調節（ピークカット）の後であり、下流での洪水リスクは発生しない（球磨川本川洪水とは重複せず）
- 「異常洪水時防災操作は危険＝ダムは危ない」との指摘は不適當



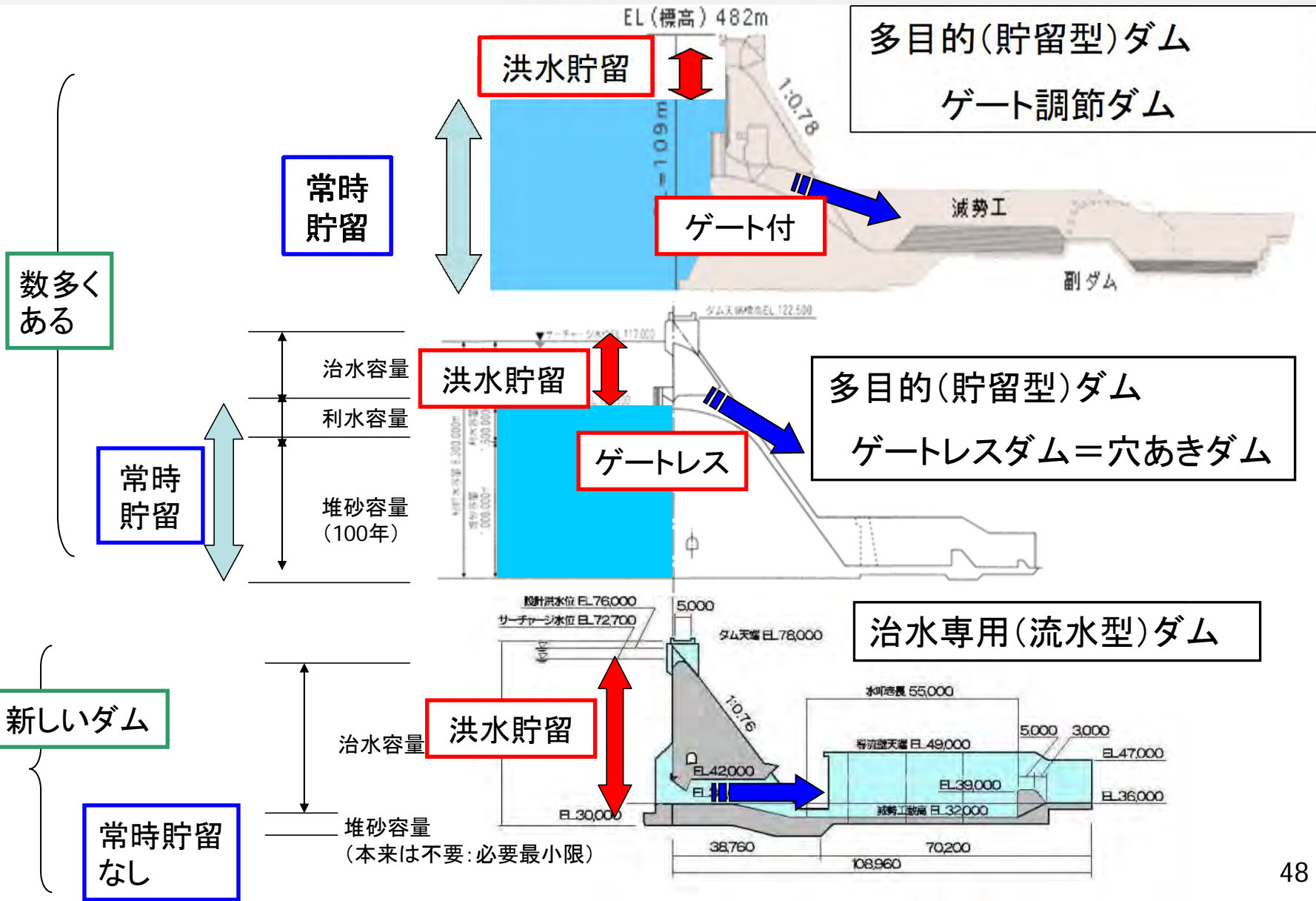
2013年台風18号時の 日吉ダムの洪水調節

- ダム放流と下流水位の関係
- 日吉ダムが大きく洪水軽減(ピークカット)
- 日吉ダムが無ければ下流水位はさらに上昇
- 異常洪水時防災操作(いわゆる緊急放流)の影響はほとんど無い



- **ダム建設の判断が早すぎるのでは？**
 - 災害後の復旧(橋梁架替えなど)を進めるためには、対象洪水の明確化が必要
 - ダムを考慮するかどうかで、**橋梁の高さが変わる**
- **ダム建設よりも河道掘削をもっと進めるべき**
 - 河道掘削は短期的な対策、永遠に掘り続けられないといけない(**土砂はすぐ堆積**)
 - 掘削すると洪水が下流に送られて、**下流が危なくなる**(上流域での貯留が基本)
- **球磨川水害では支流の氾濫が本川よりも先に発生しており、川辺川ダムができて被害は防げないのでは？**
 - 支川が先に氾濫したのは、本川水位が高くなって**バックウォーターが発生**
 - 本川水位を下げて、支川と本川の洪水タイミングをずらせば氾濫しない
- **ダムは緊急放流があるので危ない、ゲートは無い方がいい**
 - ダムの貯水能力によって大きく異なる(**川辺川ダムはハツ場ダム以上の実力**)
 - ダムはいきなり満水にはならない。それまでに洪水を貯留し、**ピークを遅延**
 - 普段は洪水吐を大きく開けておき、**いざというときにゲートを絞ることが重要**
- **流水型ダムは事例が少ないので治水効果・環境影響がわからない**
 - 治水効果は、ダムの規模、操作ルール次第(**貯水ダムと本質的には変わらない**)
 - 環境影響は、土砂管理がポイント(**細粒土砂は通過、粗粒土砂は管理型(置き礫)**)
 - 流域治水のキープレイヤーとしての、**第二世代の流水型ダムを目指す**

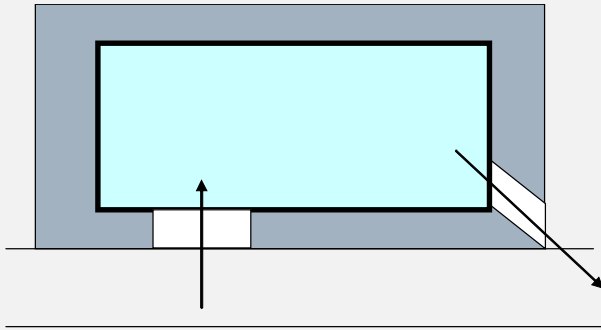
「流水型ダム」と「貯水型ダム」の違い



遊水地と流水型ダム (河道内(山間)遊水地)

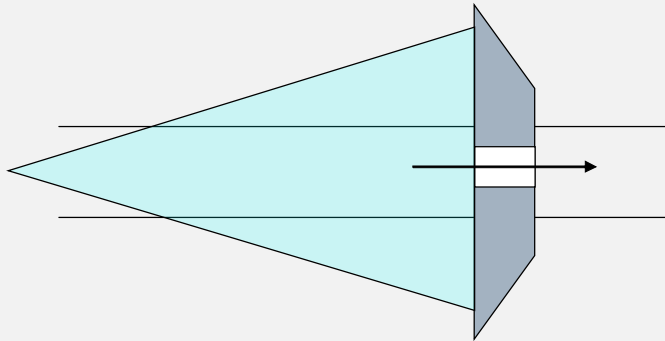
- 河道外遊水地(周囲堤)

- 河川の中・下流部
- 周囲を堤防で囲む必要あり
- 貯水容量を確保するために複数箇所
の設置必要
- 地権者が多数の場合は用地交渉に
時間を要する



- 河道内(山間)遊水地(流水型ダム)

- 河川の中・上流部
- 設置する構造物はコンパクト
- 場所は地形・地質条件を考慮必要
- 河川環境に対する配慮が必要





世界の流水型ダム (Flood Retention Dam / Dry Dam)



Ryusuigata Dam (Japan)



Taylorsville Dam (USA)

Dry dam



Flood Retention Basin of Ligistbach, Styria, Austria

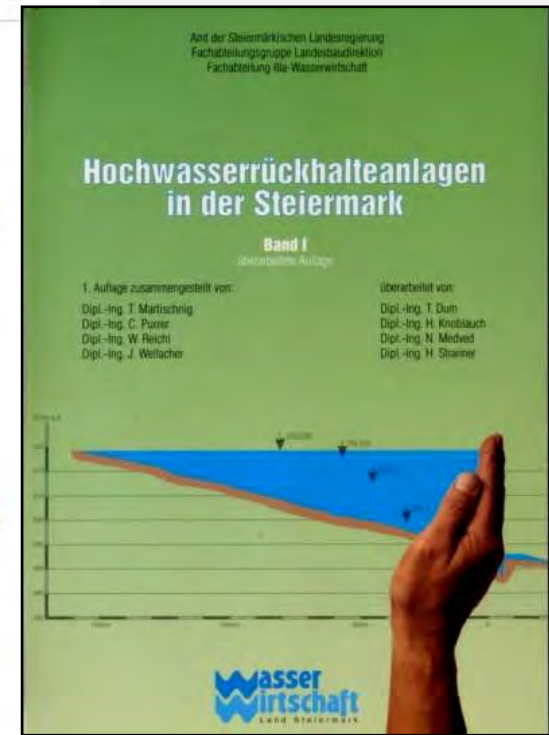
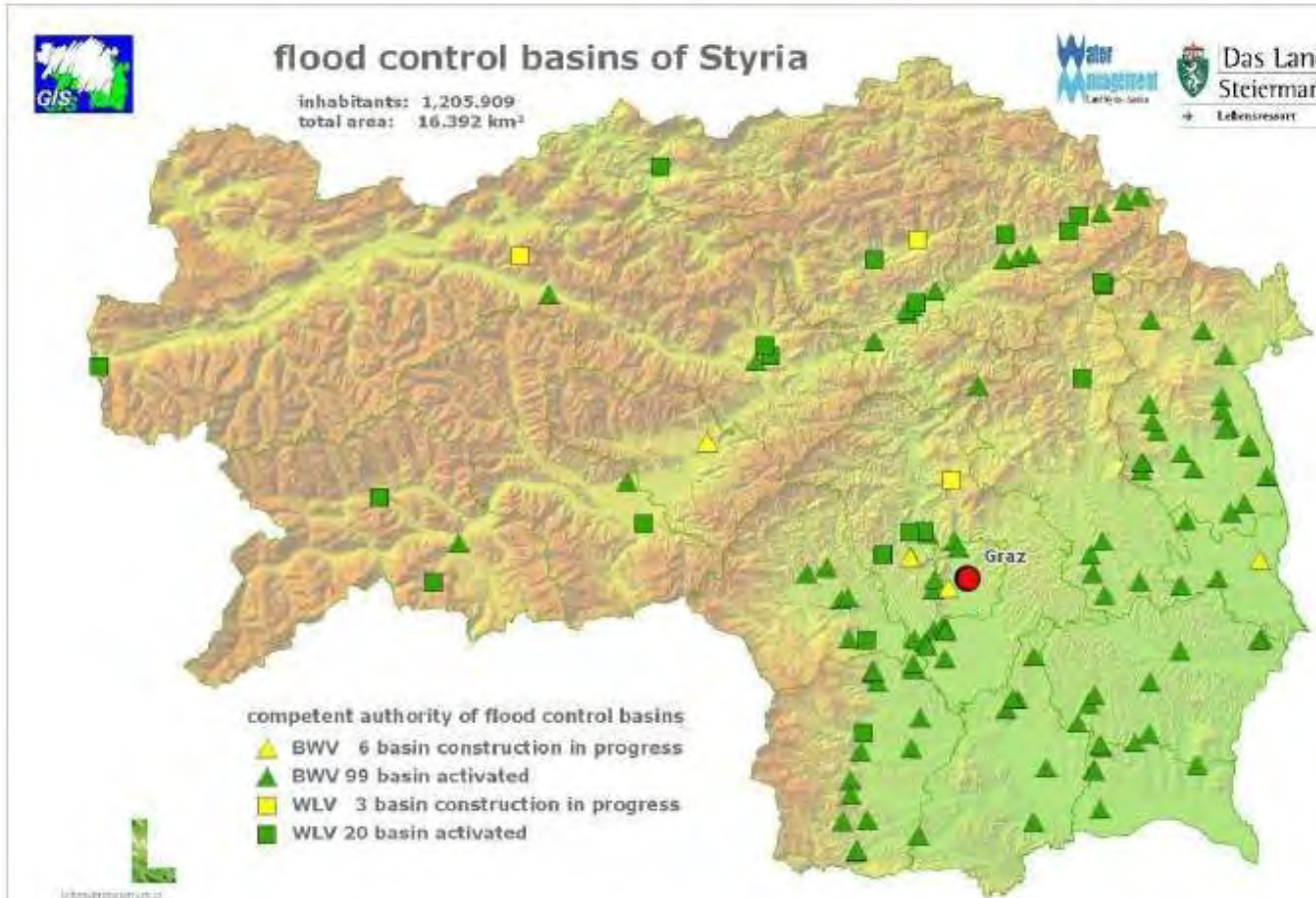


Upstream

Orden Dam (Switzerland)



オーストリア(Styria州)の 流水型ダム



All in all about 130 basins are in use in Styria

オーストリアの流水型ダム (Stullneggbach)

全景

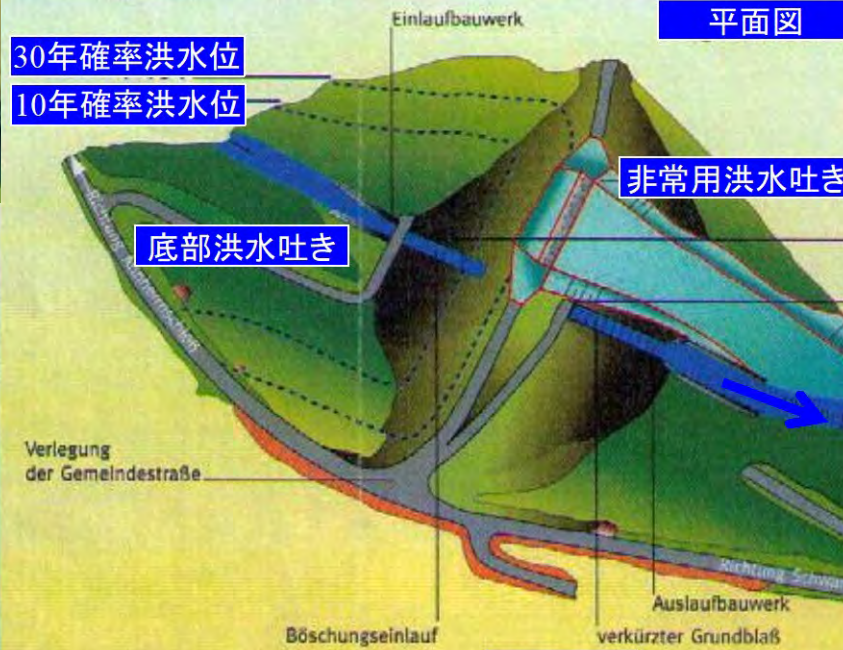


下流面



2000年 H=17.9m A=31.8km²
V=20万m³ 30年確率洪水
Q_{in}=49m³/s Q_{out}=21m³/s

平面図



上流面
(スクリーン)



底部洪水吐き



縦断面図



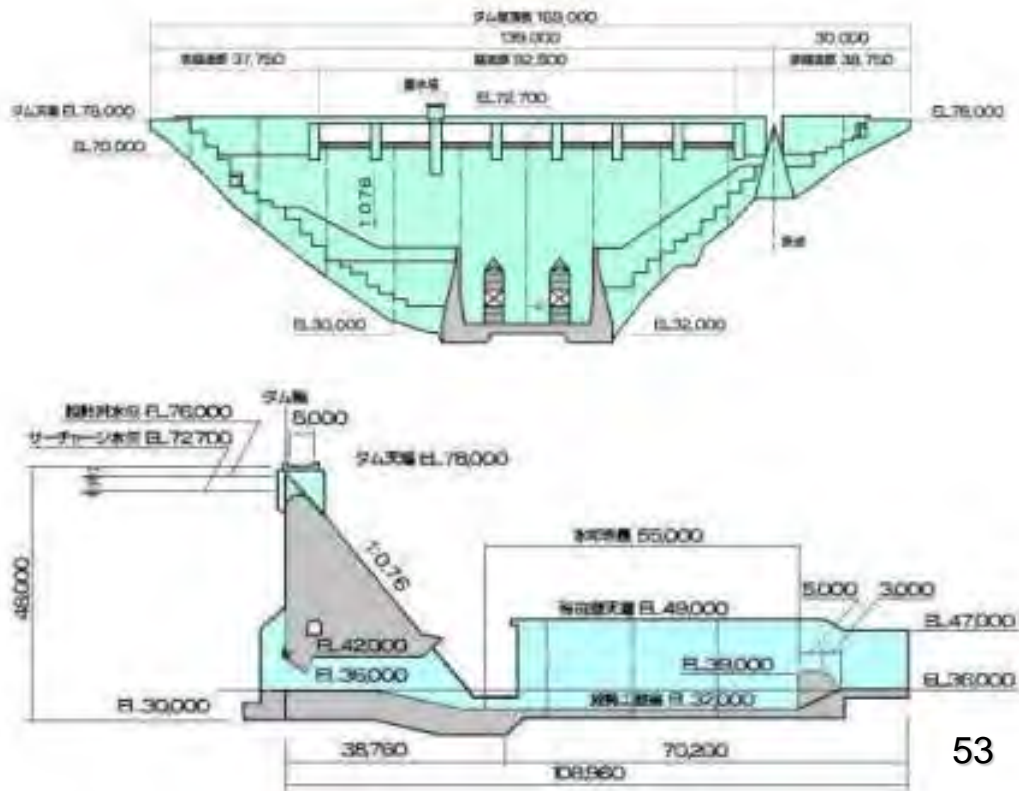
蛇かご



益田川ダム(島根県)(2005)

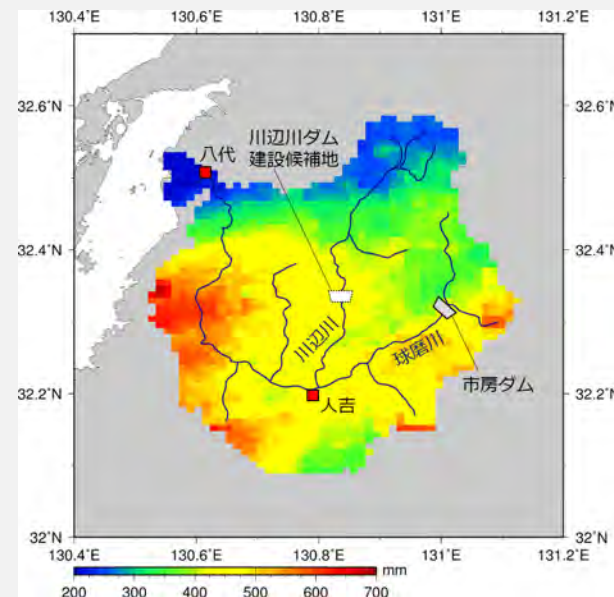
堤高: 48m、総貯水容量: 675万 m^3

$Q_{in}=950m^3/s$, $Q_{out}=570m^3/s$ (1/100)



ダム直上流





- A: 市房ダムのダム再生
 - ①放流管増設
 - ②清水バイパス新設
- B: 川辺川ダム建設
 - ①流水型ダム
 - ②転流工の清水バイパス利用
- C: 霞堤遊水地群
 - ①支川合流部の遊水機能
(免田川、水無川、小縄川など)

- **降雨一流出特性**
 - 日雨量で400mmを超え、計画規模を超える降雨
 - 球磨川本川および川辺川からの合流が重なり人吉で氾濫発生
 - 流量割合は、球磨川本川:川辺川=0.567:0.429(ほぼ流域面積相当)
- **市房ダムの効果**
 - 事前の放流により洪水調節容量を増加し、下流の被害拡大抑制に大きく貢献
 - ただし、流域面積は限られ、これだけで洪水を受け止めるのは困難
- **川辺川ダムの効果**
 - ダム地点に流れ込んだ流量は約1億2千万m³(ピーク流量:約2500m³/s)
 - 川辺川ダムは、総貯水量容量で市房ダムの約3倍、洪水調節容量では約10倍
 - 川辺川ダムの相当雨量(上流域面積あたりの容量)は178mmであり、ハツ場ダム(91mm)より大きい
 - 緊急放流が心配されているが、**想定されている洪水調節容量で十分な洪水調節が可能**
 - 仮に満水になっても、それまでに洪水を貯留し、**ピークを遅延(洪水リスクは高まらない)**
 - 計画されていた川辺川ダムがあれば、以下が期待される
 - 本川水位上昇を抑えて、「**支川のバックウォーター氾濫の防止効果**」
 - 氾濫開始の遅延(約2時間)による「**避難時間確保**」
 - 氾濫水量の減少による「**浸水被害軽減**」
 - 洪水位の低下による「**鉄道橋などの重要インフラの損壊回避**」

• 流水型ダムとは何か

- 治水効果は、ダムの規模、操作ルール次第(貯水ダムと本質的には変わらない)
- 環境影響は、土砂管理がポイント(細粒土砂は通過、粗粒土砂は管理型(置き礫))
- 流域治水のキープレイヤーとしての、第二世代の流水型ダムを目指す

• 人吉医療センターの浸水対策

- 拠点病院は何があっても止めてはいけない
- 計画規模で安心していると大きな課題
- 災害BCPマニュアルに水害を追加する必要あり
- 止水版は効果的であるが、事前の訓練が重要(人手の確保が課題)
- 特に、1F自動扉の防水対策が鍵
- 救急搬入(ER)時の出入口の確保(浸水対策)が急務
- 非常用電源などに加えて、重要医療施設(CT、MRIなど)の浸水対策が重要(屋内浸水に非常に弱い)