

第22回オンライン連続講演会
2022年度河川技術論文賞受賞講演～
これからの治水について考える～
土木学会講堂 2023年8月10日

**石狩川下流域における支川群の洪水
流出特性と本川洪水への影響
～これからの治水について考える～**

中央大学研究開発機構 福岡捷二

講演内容

1. 受賞論文：石狩川下流域における支川群の洪水流出特性と本川洪水への影響

中央大学大学院 石井優太郎, 国土交通省 吉村俊彦,
中央大学研究開発機構 福岡捷二

2. 受賞論文に関連して「これからの治水について考える」.

2.1 流域における洪水時の水収支分布解析で残された課題

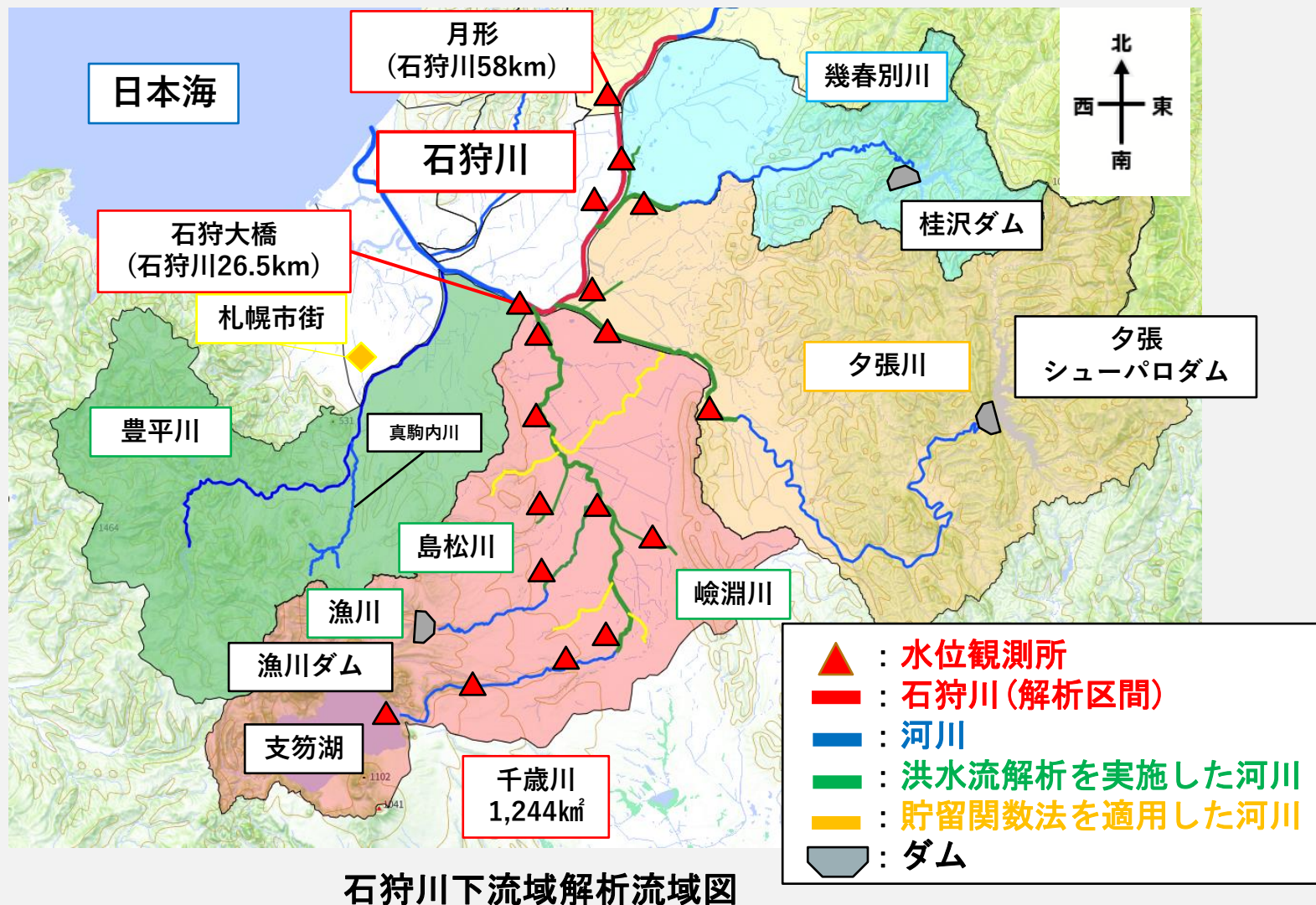
2.2 令和2年熊本豪雨による人吉市内の内水氾濫時の水収支分布図の作成とその活用

2.3 内水氾濫に続き外水氾濫が起こるときの住民避難

本講演の狙い

- (1) 流域全体での水害の軽減を目指した流域治水を推進する新しい技術が求められている。最初に、石狩川の下流域を対象に、本川、1次支川及びデータの存在する2次支川において、洪水観測水面形の時間変化を再現するように本・支川一体での洪水流解析を行い、本川・支川群の洪水流出特性と本川洪水に及ぼす支川群の影響を分析し流域一帯で検討する流域治水に異議を示した。
- (2) この解析において豪雨時に流域内のダム、湖、本・支川河道、それより上の山地のそれぞれに、どの時間帯に、どのように、どの程度の水量が貯留されており、豪雨が本支川河道にどのように流出してきたかを示す水収支分布図を作成し、本・支川に作られた流域水収支図の活用方法を示している。
- (3) 水面形が測られていない河川の上流域の山地からの流出形態を明らかにするため、新たな検討方法を示している。すなわち、河道幅が5mより小さく河道の存在が明確でない最上流の山地小流域(5km²~40km²)において、石狩川の1次支川豊平川における2次支川真駒内川を例に(2)で述べた方法で真駒内川の洪水観測水面形から真駒内川最上流端の流量ハイドログラフと20の小流域に適用したタンクモデルを用いた豪雨流出計算から得られる真駒内川最上流端の流量ハイドログラフが対応するように豪雨時の流出から山地最上流域の流出形態を推定している。
- (4) 19の小流域に分割した豊平川について(3)と同様の検討を行い、1次支川豊平川の流出形態を詳細に調べる方法を提示する。
- (5) 令和2年熊本豪雨における人吉市街地の内水氾濫時の内水域水収支分布図を作り、住民避難や減災まちづくりへの水収支分布図の活用例を示した。

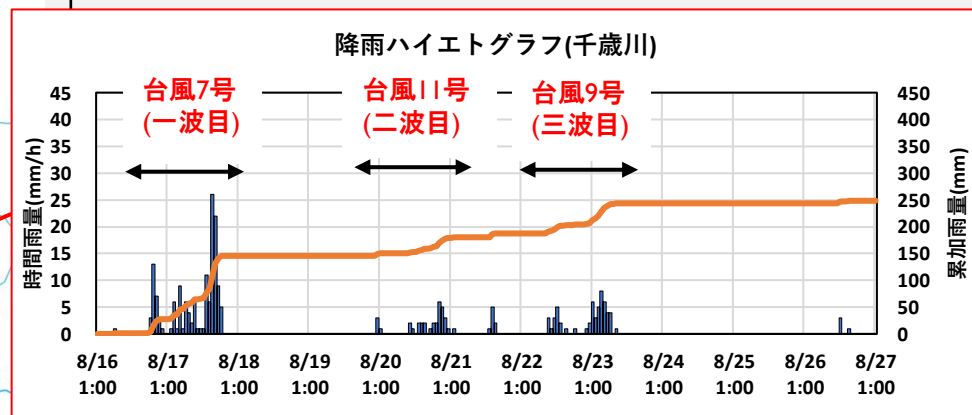
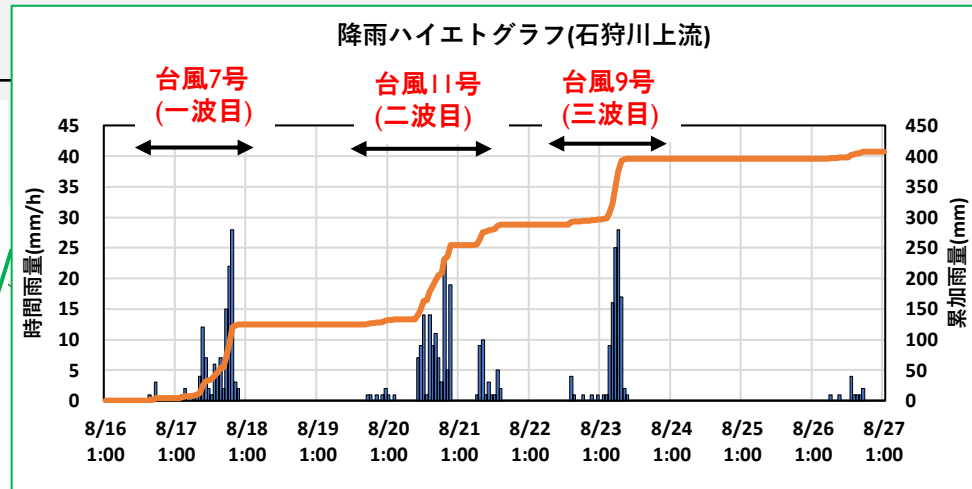
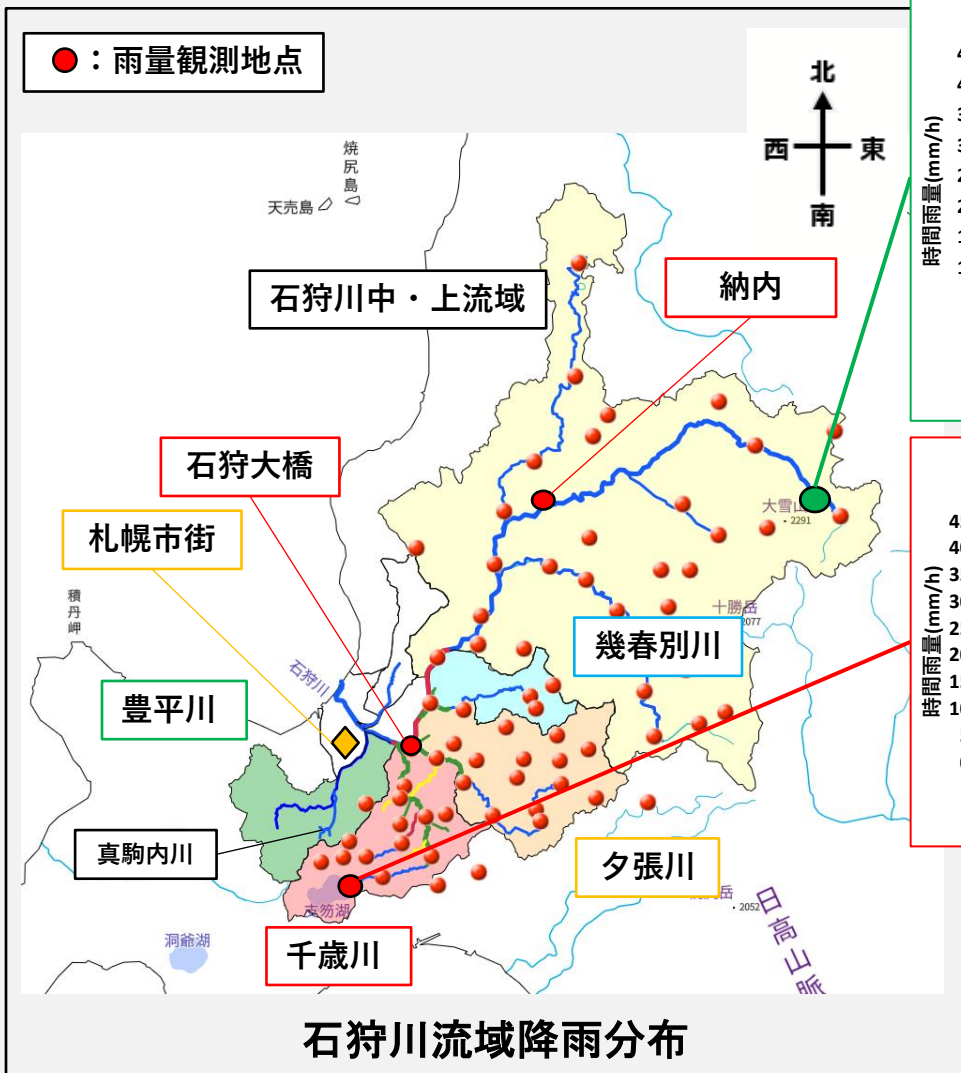
石狩川検討対象流域・解析手法



石狩川下流域解析流域図

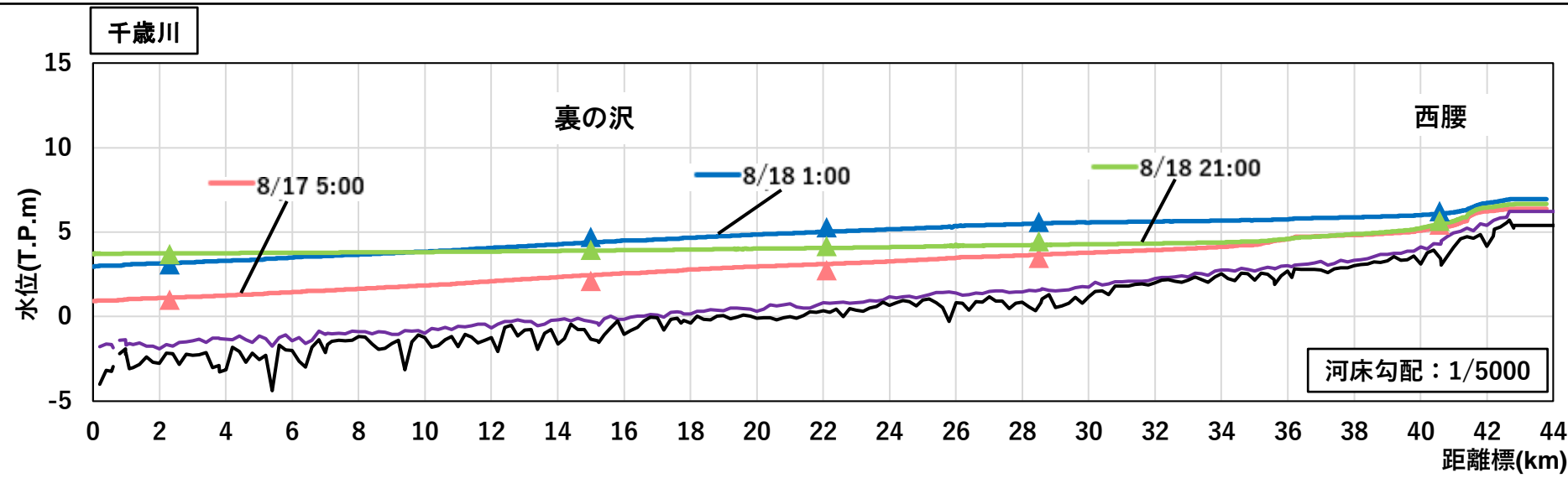
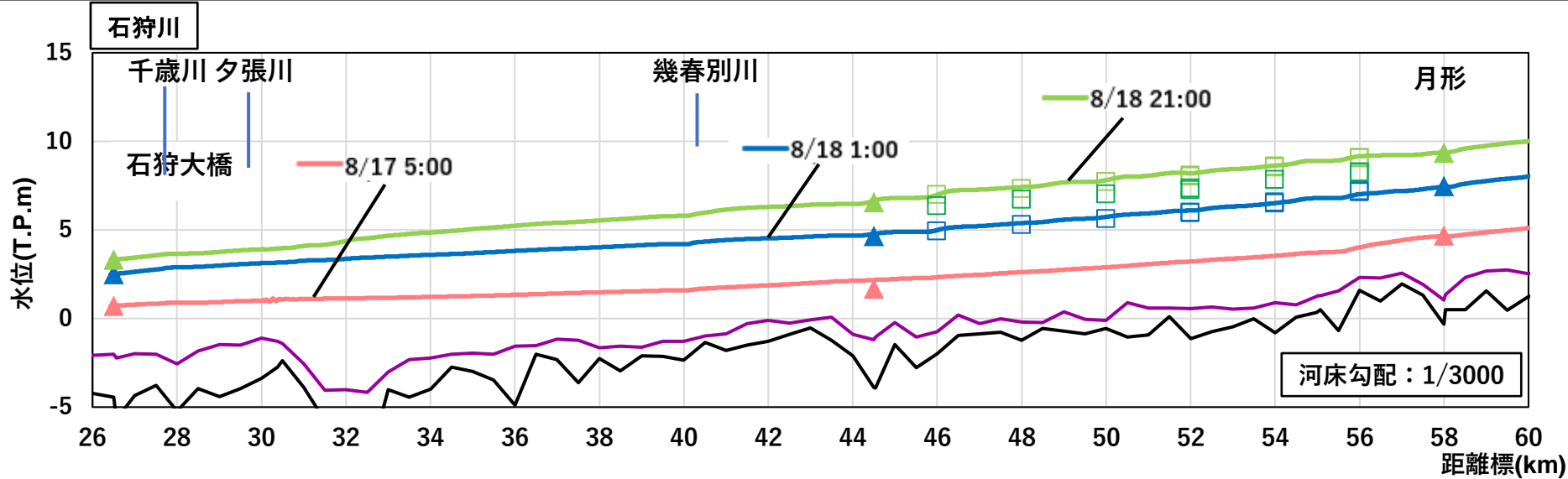
- 石狩川下流域の1次支川幾春別川，夕張川，千歳川，さらにそれに流入する2次支川計13河川を対象とした。▲ は水位観測所を示す。
- 緑で示す区間では水位ハイドログラフを上流端境界条件とした平面二次元解析をすべての河川一体として実施し，黄色で示している4つの2次支川では星らによる貯留関数法を用いて千歳川に横流入として流量を加えた。
- 本発表では，特に1次支川千歳川と本川石狩川の関係から，石狩川下流域の支川からの流出特性と，本川洪水への影響の説明を行う。

平成28年北海道豪雨の特性



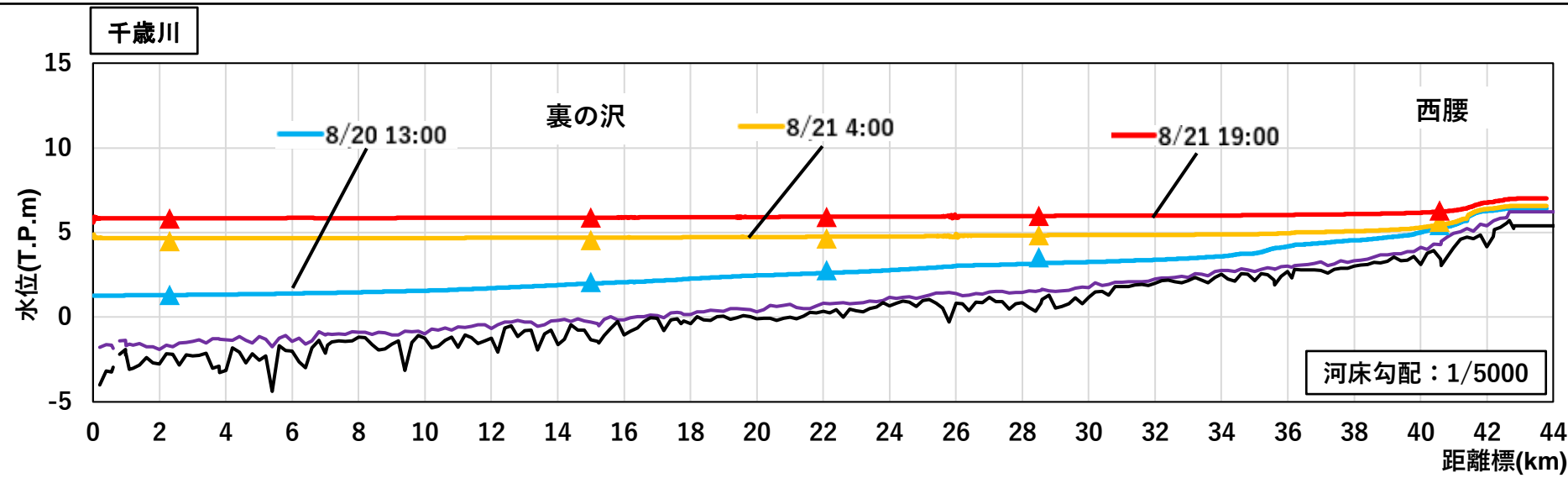
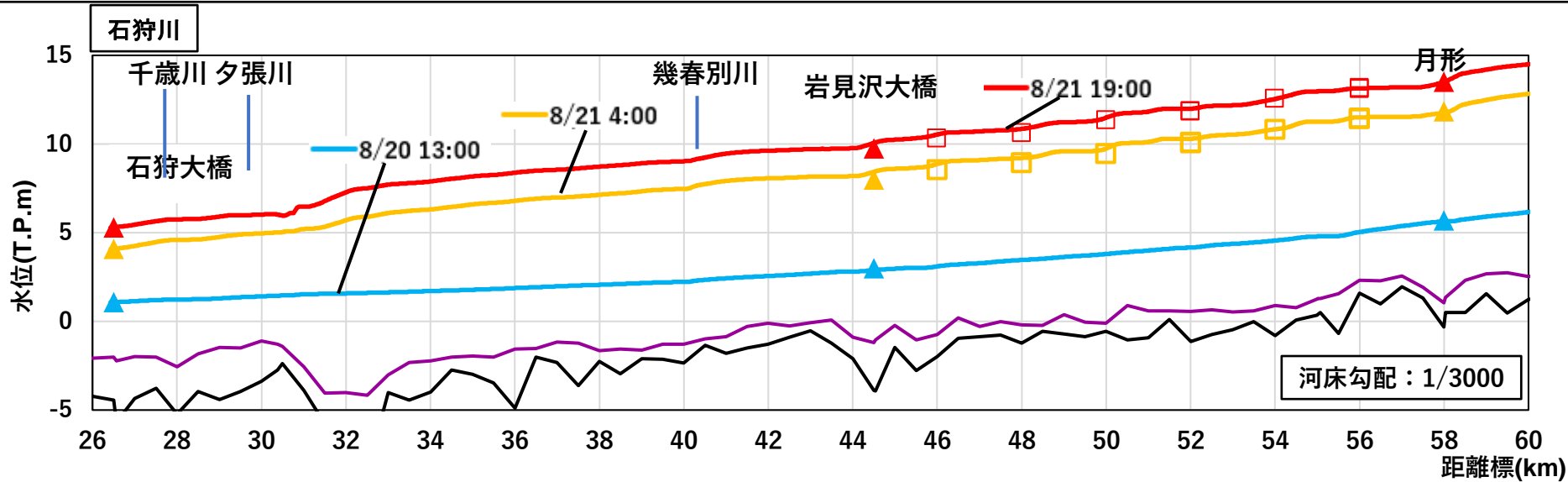
- 平成28年(2016年)8月の北海道豪雨では、8月17日～8月23日の1週間に3つの台風が北海道に上陸した。
- 石狩川上流域では**すべての台風で降雨量が多**なっている。
- 千歳川流域では**台風7号(一波目)での降雨量が多**く、二、三波目の台風での降雨量は少なくなっている。

台風7号(一波目)での石狩川・千歳川の水面形の時間変化



- 千歳川流域での降雨が多く、さらに石狩川の水位がまだ上昇していないため、千歳川のピークでは背水の影響が少ない。その後石狩川でのピークが訪れると、千歳川の下流では石狩川の背水の影響を受けていることが分かる。解析水面形は、実測水面形を説明しており、これより河道での貯流量を求めることが出来る。

台風11号(二波目)での石狩川・千歳川の水面形の時間変化

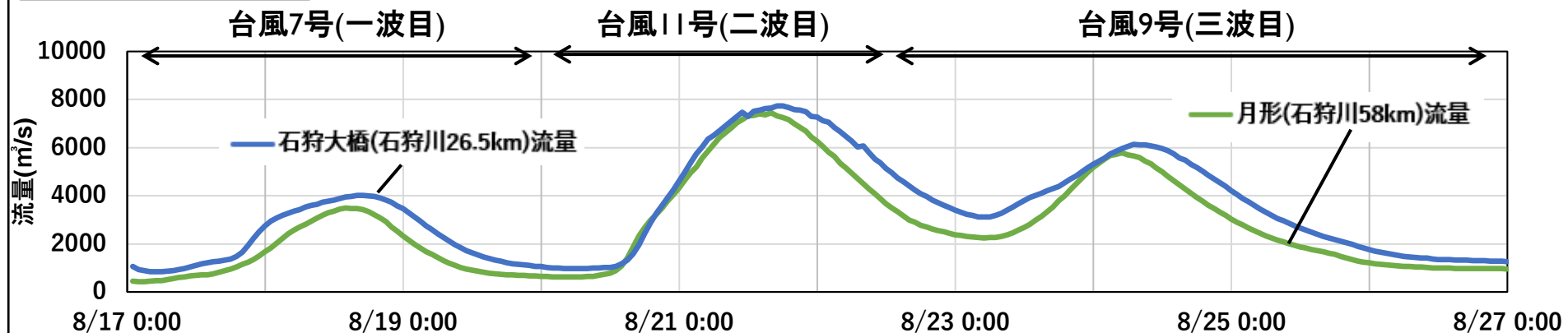


- 台風11号(二波目)では、千歳川流域での降雨量が少なかったものの、千歳川の水位は石狩川の背水の影響を強く受け、ピーク時には40kmまで水位が高い状態が続くことが分かる。

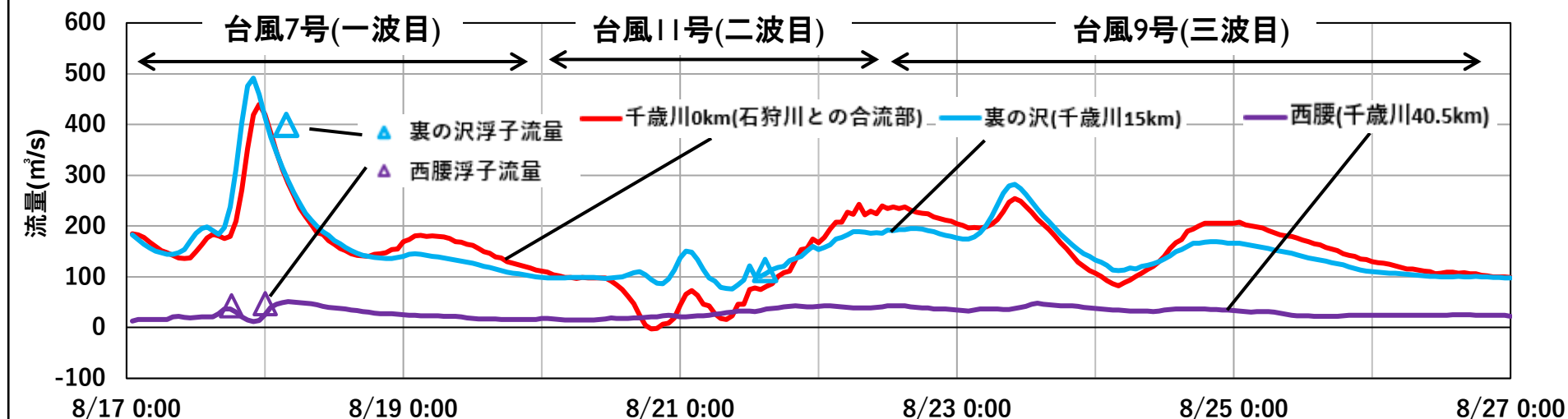


石狩川・千歳川の流量ハイドログラフ

石狩川流量ハイドログラフ



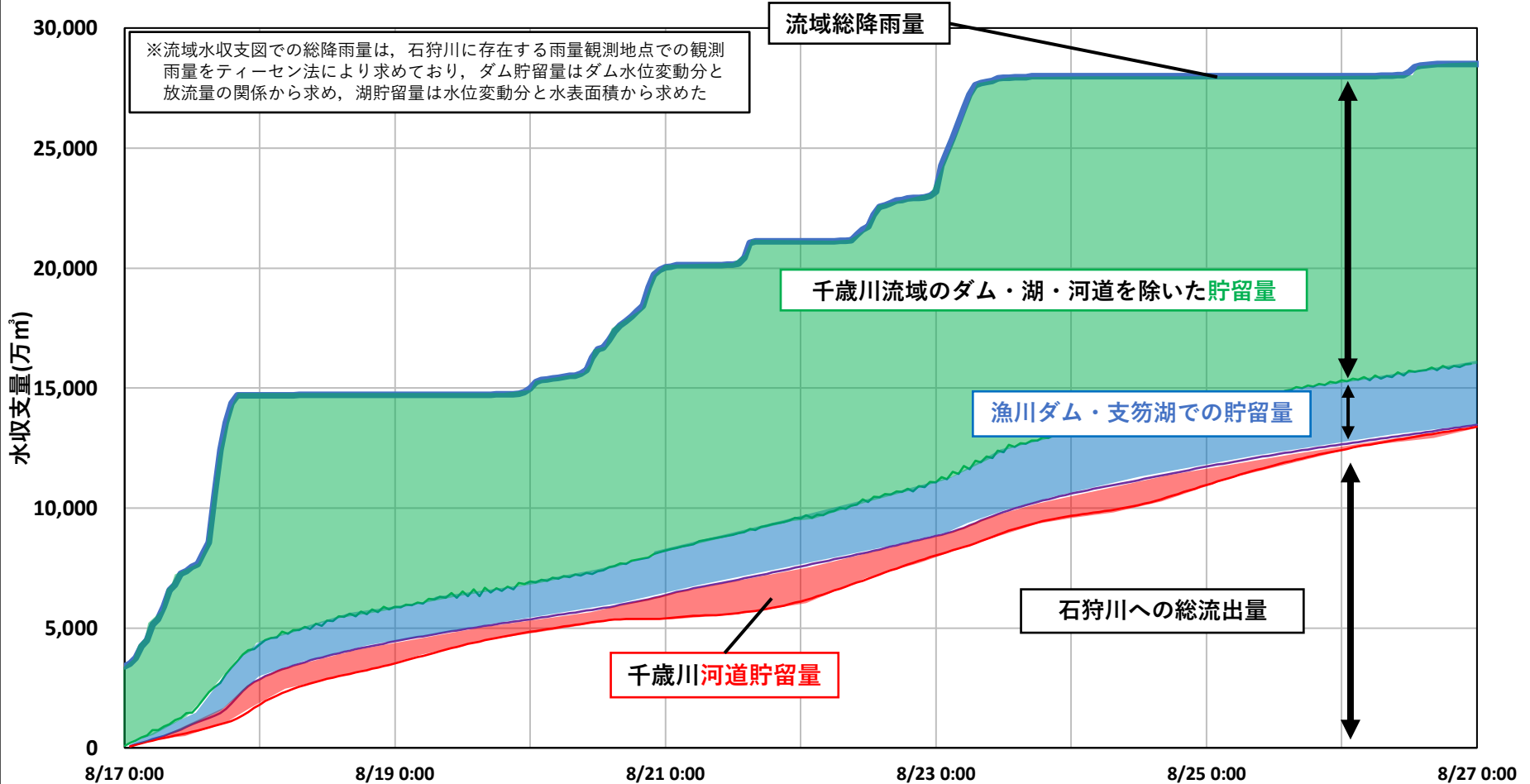
千歳川流量ハイドログラフ



- 千歳川流域での降雨が多かった台風7号(一波目)では、千歳川から石狩川への流出量が多く、それにより石狩川の下流端石狩大橋での流量も、上流の月形と比べ流出を受け波形が変形していることが分かる。
- ただ、台風11号(二波目)、台風9号(三波目)では、石狩川の背水の影響により千歳川での流量は裏の沢地点(15km地点)でも減少しており、特に二波目の台風11号では千歳川と石狩川の合流部での流量が0に近づいていることが分かる。
- このように本川と支川との相互作用が大きく背水の影響も大きいことから、観測精度の高い水位を支川においても境界条件とし、本・支川を一体とした解析を行うことが重要である。

千歳川流域の水収支分布

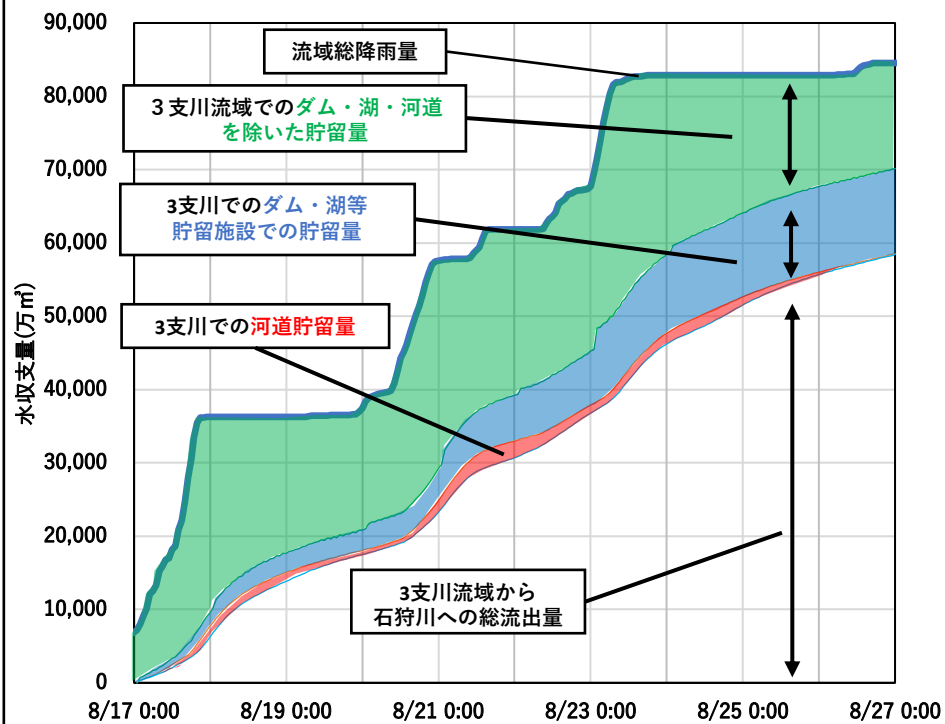
千歳川流域での水収支分布図



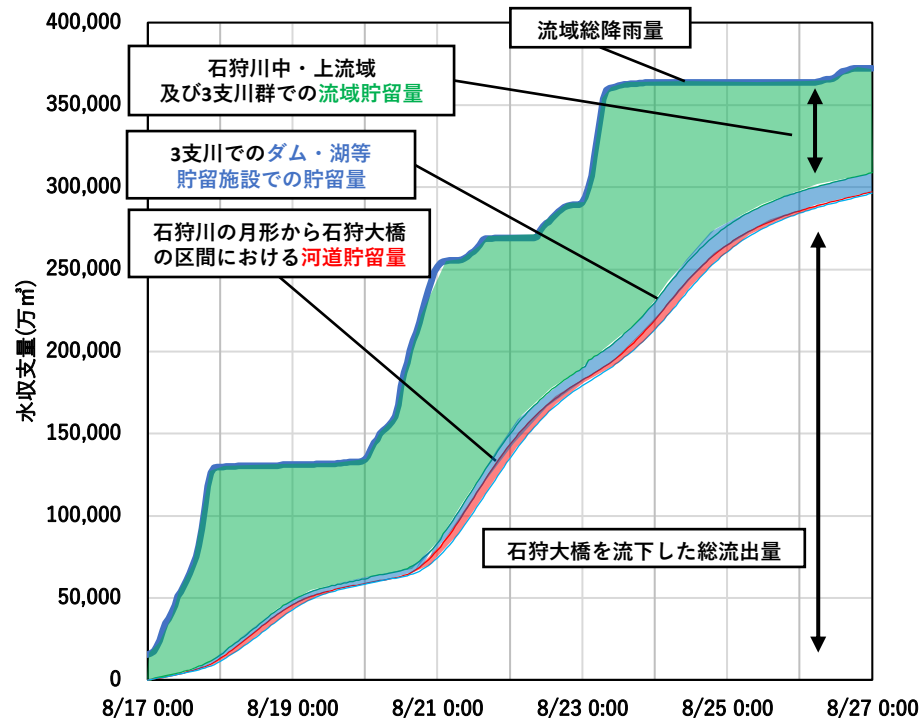
- これまでの河道における水面形や流出量の変化の分析を流域全体へと拡張し、降雨から流出までを各地点での水量の変化より説明した水収支分布図について示す。一番上の青線は流域の総降雨量であり、そこから、ダム・湖・河道を除いた流域での貯留量を緑で示す。その後、青で示すダムや湖での貯留や、赤で示す河道貯留が各時間発生する。そのような効果を受けながら、対象とした流域から流出した各時間の総流出量を白は示す。この図を用いることで、対象とした洪水において、各時間における各貯留空間での貯留量や、目的とした地点における総流出量の時間変化を分析することが可能である。
- 遊水地等により洪水対策を行っていた際には、対策を行っていない場合と比較し、青で示す施設での貯留量が増加していることで、白で示す石狩川への総流出量が減少していることを示すことができる。そのため、同じ洪水で対策を行った場合と行っていない場合とでそれぞれ作成し比較することで、洪水対策の効果を可視化することができる。

3支川流域と石狩大橋より上流の石狩川流域での水収支分布

3支川流域を統合化した水収支分布図



石狩大橋(石狩川26.5km)より上流での石狩川流域の水収支分布図



- 千歳川流域で示した水収支分布図を拡張し、3つの一次支川流域を統合化した水収支分布図や、石狩川流域での水収支分布図を示す。
- 一体解析を行うことにより、このように様々な流域のスケールに合った多層的な水収支分布図を作成することが可能となることから、対策の効果の分析を各スケールにおいて検討することが可能となる。

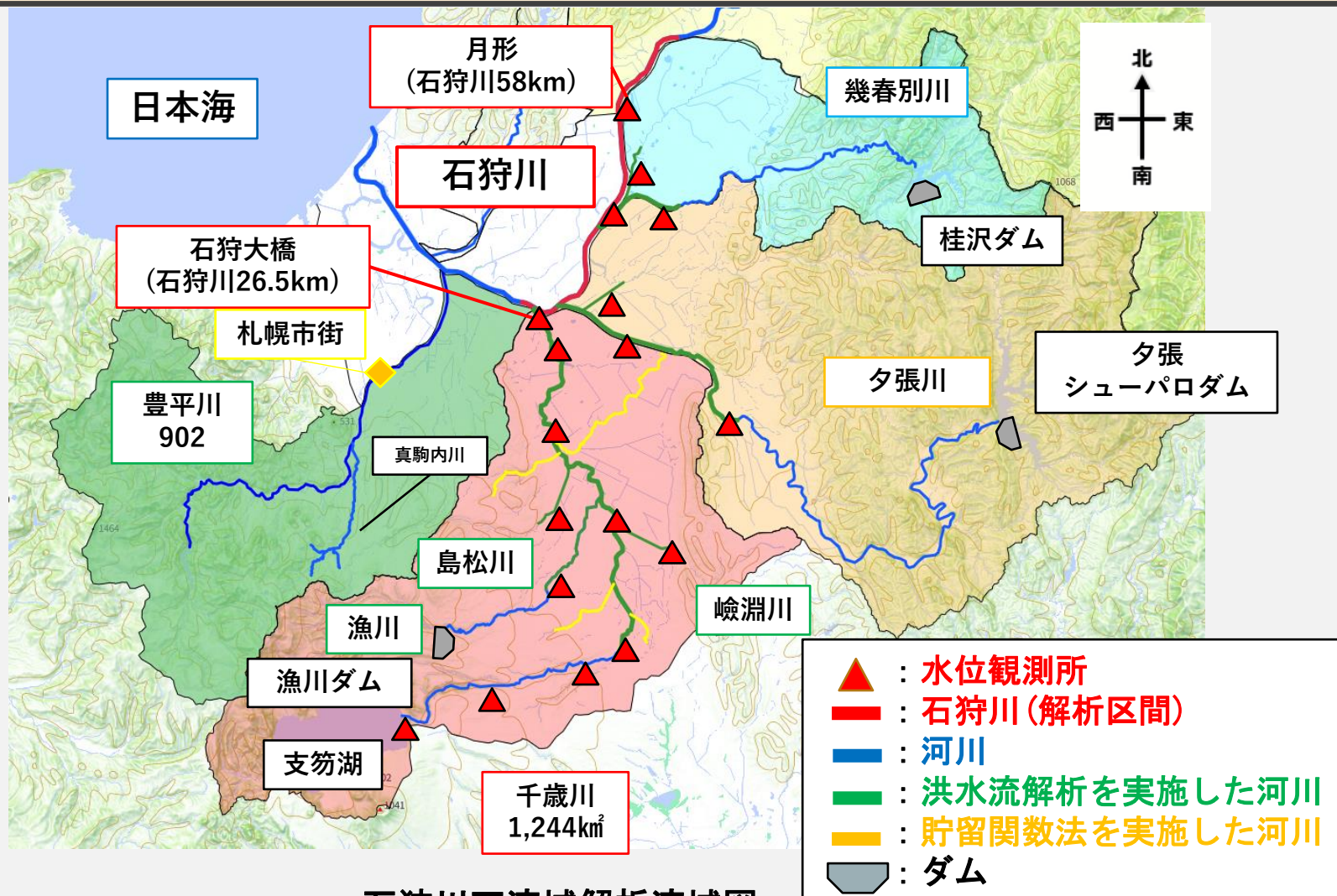
- 低平地である石狩川下流域を対象とし、流域ごとの実測豪雨分布に対して、本川、1次支川及びデータのある2次支川を含め**本・支川一体での観測水面形の時間変化を再現する洪水流解析**を行い、**解析水面形の時間変化から各河川での流量、貯留量の時間間隔ブンプ、またダム等での観測貯留量の時間分布を求め、これらより豪雨時の流域の水収支分布を求める方法を提示した。**
- **本川、支川流域の水収支分布より、豪雨時の本川流域・1次支川流域の洪水の流出形態が明らかになり、本川洪水に及ぼす支川洪水群の流出の影響が見える化された。**
- **水収支分布図は、山地流域、ダム、遊水地等、本支川の河道貯流量のどこでどの程度の水を貯めることが可能かの検討資料を与え、流域全体、支川流域での洪水被害の軽減に有効かを分析する重要なツールとなる。**また、各小流域、支川を統合化した支川群流域、さらには本川流域との関係等、**流域のスケールに応じて多層的に水収支図を作成することで、各スケールに応じて流域治水対策の効果を評価できる。**
- しかし、本研究段階では、河道水面形が得られていない上流山地域からの流出量は、流域の豪雨分布、河川や、ダム貯水池、湖等での観測水面形、流域外に出ていく流量より**間接的に求めた量であり**しかも、大きな流域にあっては山地流域の貯留量は、他の区間の貯留量よりも決定的に大きいことから、その間接的に算定された量、すなわち山地流域の貯留、浸透、流出の時間分布を明らかにすることは、流域治水の本質的な課題である。現在RRI モデルを用いた洪水流出解析が全国河川流域で行われているが、流域やそれを構成する地形、地質等が多様であることから**RRIモデルだけでなく、種々の見積もり方法が検討される必要がある。**

2. 受賞論文と関連して「これからの治水について考える」

2.1 洪水水面形が計測されていない流域上流部での豪雨の貯留量，流出量を水面形が観測されている河川区間から推定することを考える。

- ・先に示した北海道豪雨における石狩川本川，支川の流域水収支図の作成した。しかし得られた流域水収支図には 河川の洪水水面形が測られていない区間，及び河川としての水面が存在しない上流域区間での豪雨の貯留・流出が間接的にしか求まらず，実態解明が課題として残されてきた。
- ・この課題解決のためには，これまで扱ってきた石狩川，その支川千歳川のような大きな河川流域ではなく，もう少し小さい流域で流出形態を詳細に検討することが重要であると考えた。
- ・そこで豊平川の1次支川（石狩川の2次支川）を対象流域に選ぶ。ここには，豊平川流域の扇状地に発達した200万都市札幌市が位置している。
真駒内川流域において，河川の洪水水面形が測られていない区間，明確な河川の存在しない区間を小流域に分割し，これらの小流域にタンクモデルを適用した。洪水水面形から河道の流量ハイドログラフが求まる真駒内川下流区間の最上流端地点の流量ハイドログラフに一致する小流域群からの豪雨の貯留・流出量をタンクモデルで推定する。
- ・真駒内川流域において，河川は平水時に5mより大きい幅を持つものとして定義する。5m以下でかつ河道の存在が明確でない区間を20の小流域（ $5\text{km}^2 \sim 40\text{km}^2$ ）に分割し，それぞれの流域をタンクモデルで表現しこれらの小流域からの豪雨流出形態を検討する。平成23年9月豪雨で起こった洪水を対象として検討する。

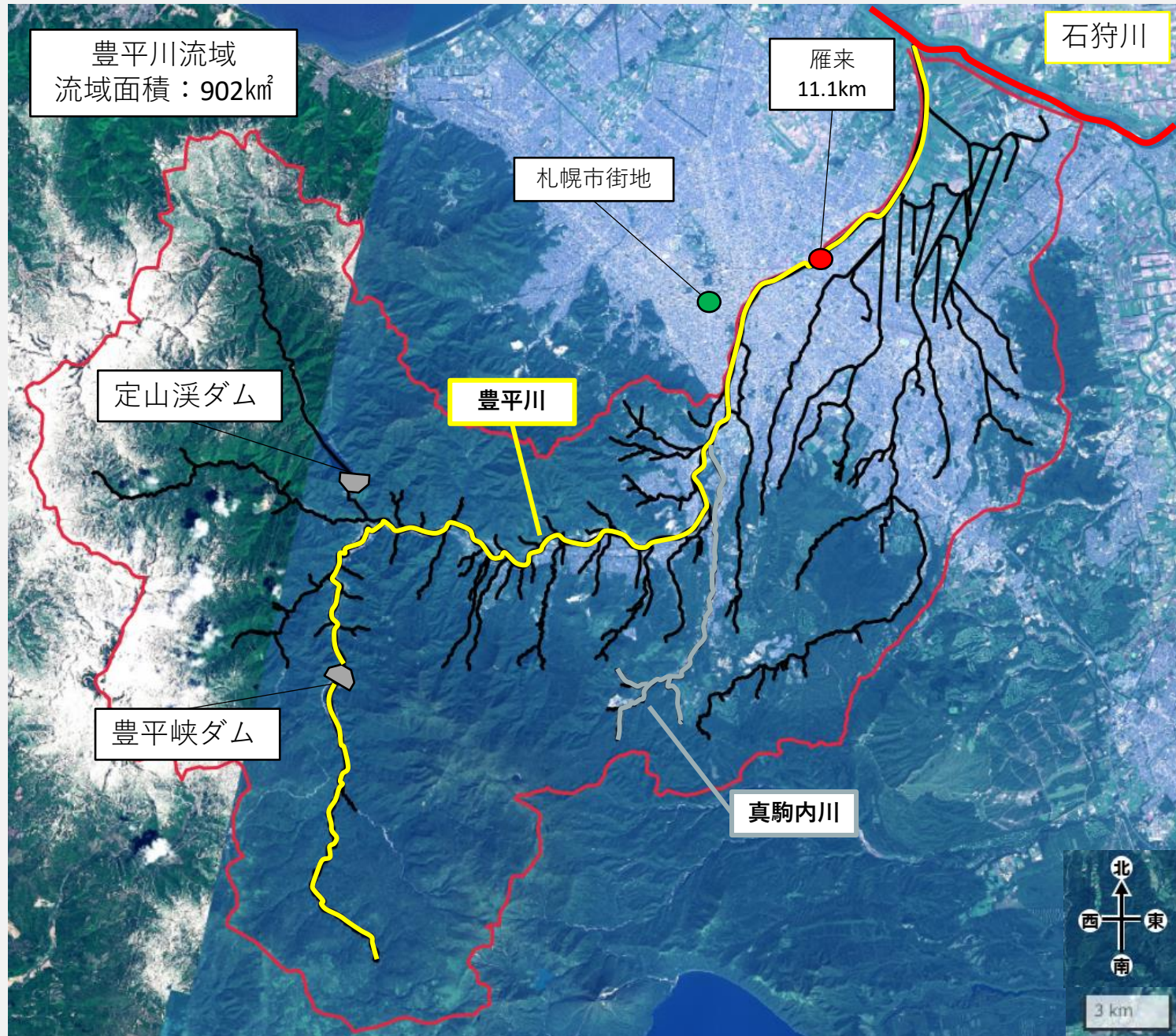
石狩川 1 次支川豊平川流域真駒内川と札幌市



石狩川下流域解析流域図

先の 1. の議論で残された課題である上流山地での流出形態を検討するため、石狩川の 1 次支川豊平川流域を流れる 2 次支川真駒内川での洪水流出機構を検討する。

豊平川扇状地に広がる200万都市札幌市と流域の支川群状況



札幌市は豊平川扇状地上に発達した200万都市であり、流域面積902km² 上流に豊平峡ダム、定山溪ダムを有し札幌市を流れ石狩川に流入している。図に見られるように豊平川には真駒内川をはじめ多くの支川が流入している。

真駒内川洪水流量ハイドログラフの求めるための解析の考え方

①流域において右図の赤で示す平水時の水面幅5m以上の河道区間において観測水面形を用いた平面二次元洪水流解析を行い河道上流端の流量ハイドログラフを求める

必要な情報

- ✓ 河道の観測水面形時系列
- ✓ 縦横断地形

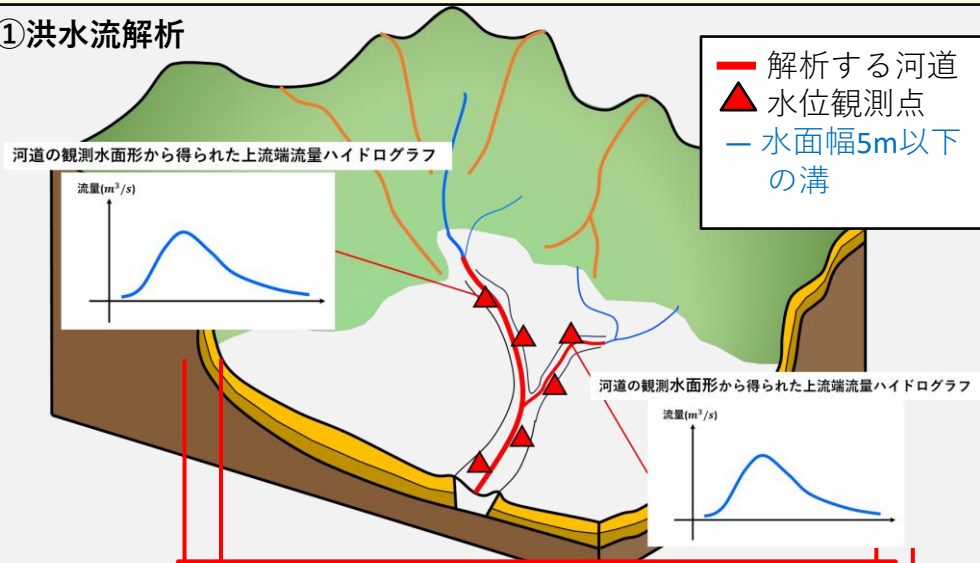
②流域において右図の赤線で示す平水時の幅5m以上の河道の上流につながる青線で示す5m以下の溝部及び水面の見えない斜面部分の分布を調べ、右図橙色に示す小流域とする小流域群に分割する。そして小流域をタンクモデルで表し、小流域に降る豪雨の流出のハイドログラフを得る。

必要な情報

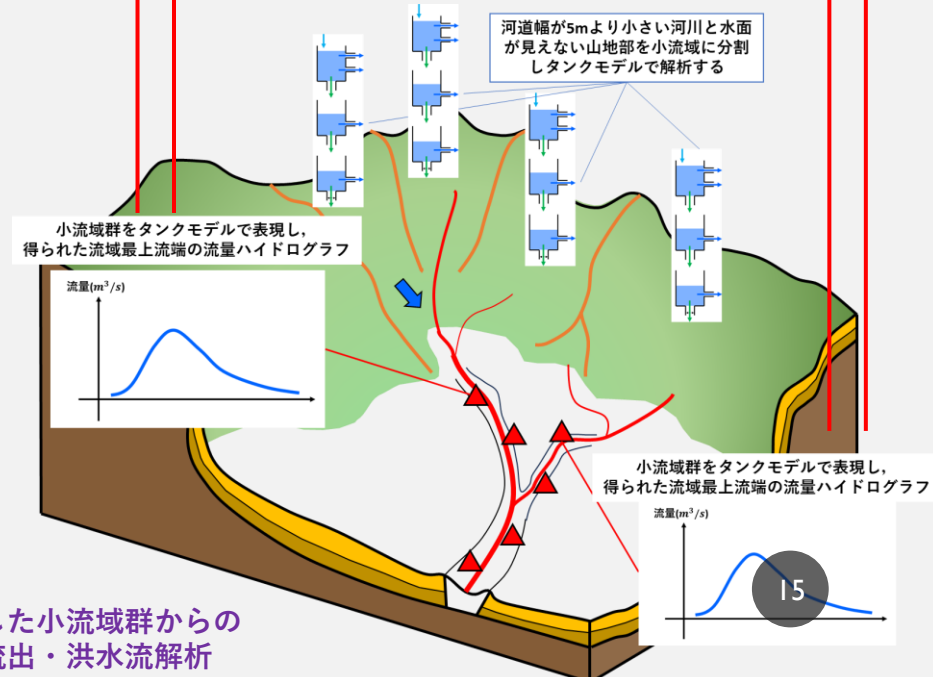
- ✓ 降雨の時空間データ
- ✓ ①で求めた河道上流端の流量ハイドログラフ

③ ②で求めた各小流域から合成された洪水流出ハイドログラフが①で算出された洪水流のハイドログラフに合うように小流域群のタンクの孔径・孔高を調整する。このようにしてタンクモデルから求めた流出ハイドログラフを河道上流端に流入させる。

①洪水流解析



河道上流端の洪水波形に一致するようにタンクモデル定数を設定



③分割した小流域群からの降雨流出・洪水流解析

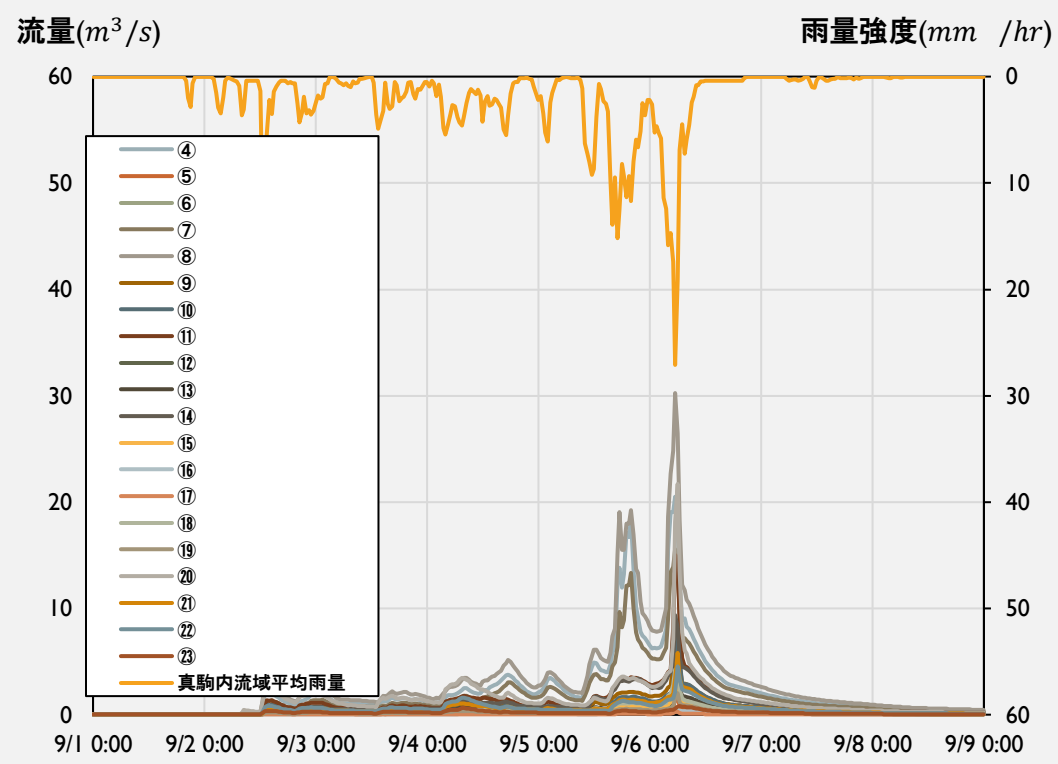
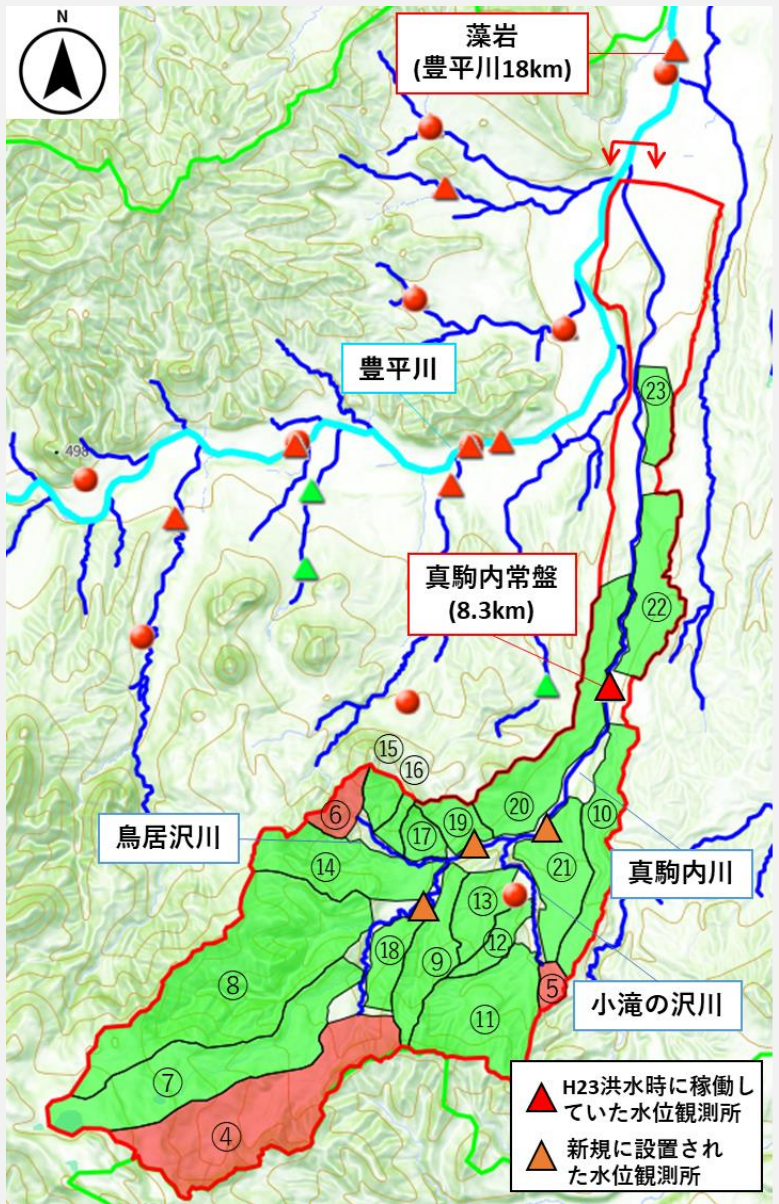
豊平川流域における真駒内川，オカバルシ川等小流域群の解析条件



データ名	用いたデータ内容
豊平川地形形状	~21.4km：定期横断測量 (H18年) 21.4~32km：LPグラウンドデータ (R3年)
上流端境界条件(水位)	白川(30.5km)
下流端境界条件	藻岩(17.8km)
検証データ	石山(26.6km)・17.8~21.4km痕跡水位・各観測所浮子観測流量

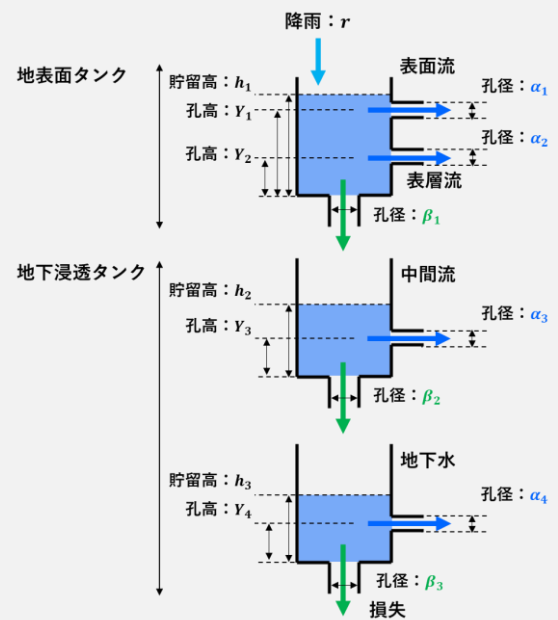
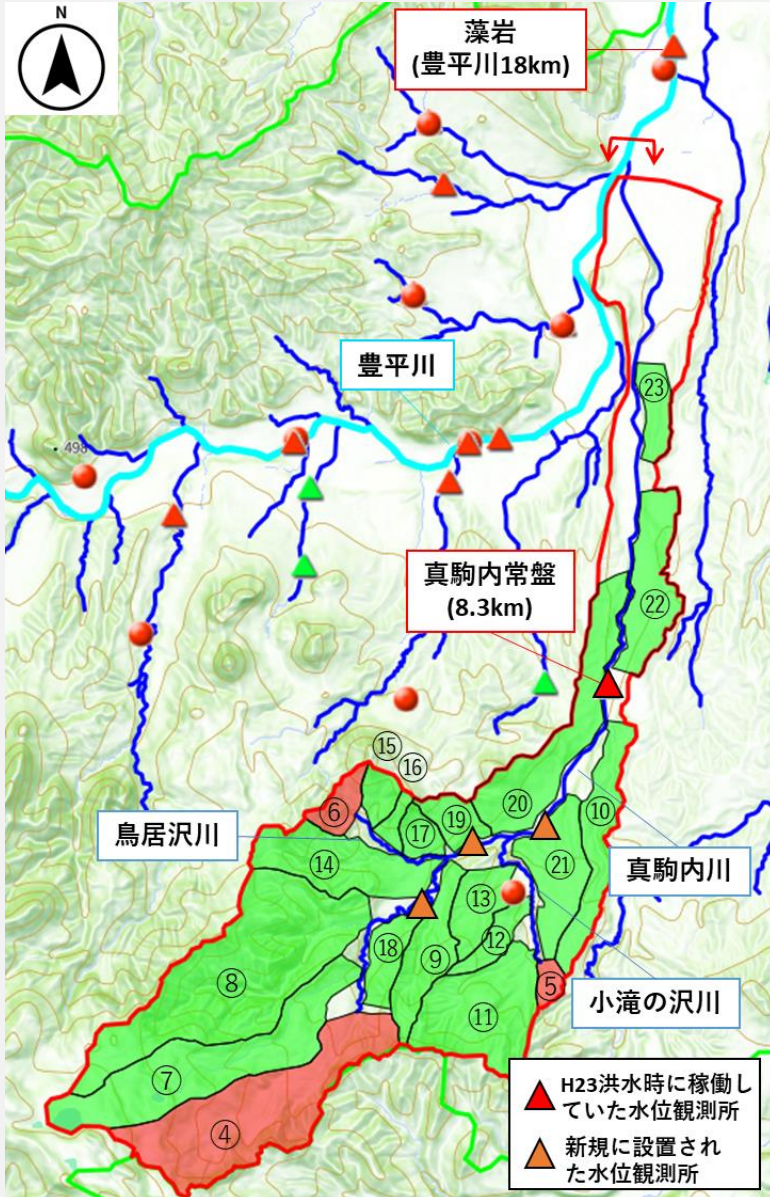
豊平川流域の河川	流域面積	解析で与える条件
野々沢川	5km ²	タンクモデル流量
白川	4km ²	タンクモデル流量
オカバルシ川	7km ²	オカバルシ水位
穴の川	10km ²	タンクモデル流量
南の沢川	9km ²	南の沢水位
中の沢川	15km ²	中の沢水位
真駒内川	36km ²	真駒内常盤水位
精進川	12km ²	タンクモデル流量
簾舞川	24km ²	簾舞水位

真駒内川流域の豪雨分布と流域を小流域群（4～23）に分割しタンクモデルで表現し、解析した各小流域の流量ハイドログラフ

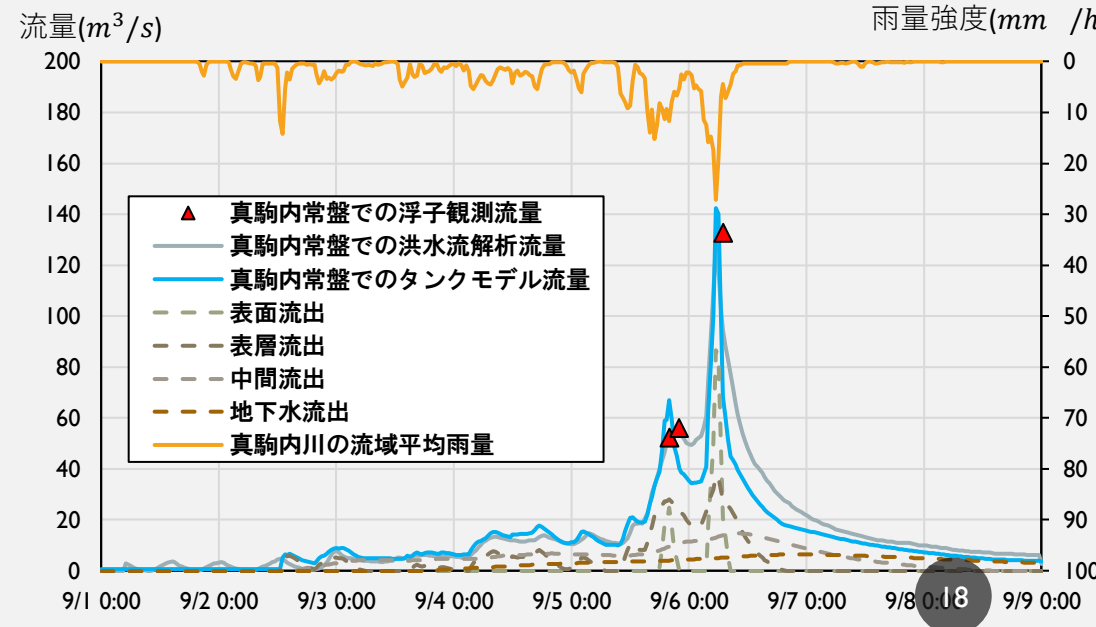


データ名	用いたデータ内容
地形形状	LPグラウンドデータ
境界条件(流出量)	気象庁レーダ雨量を用いたタンクモデル流出量
下流端境界条件(水位)	藻岩(豊平川18km)
検証データ	オカバルシ浮子観測流量 真駒内常盤水位

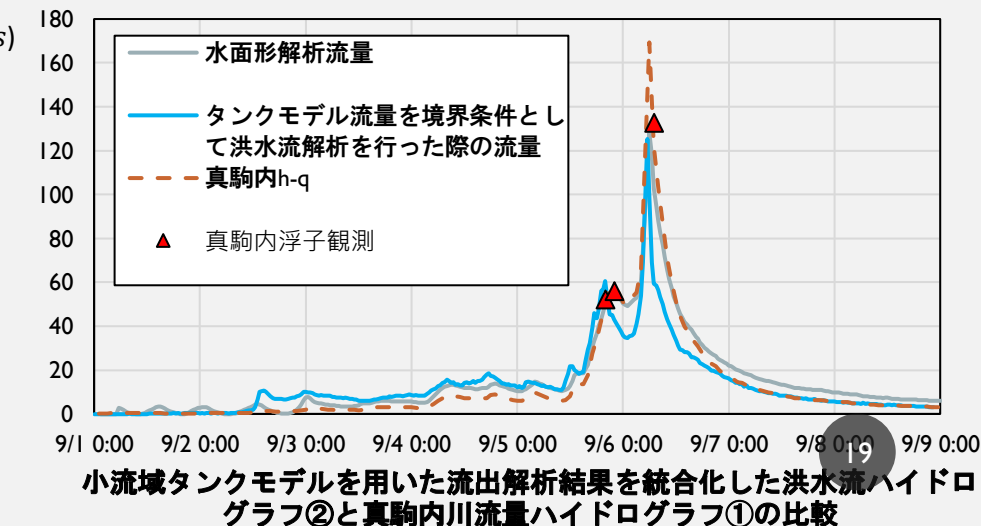
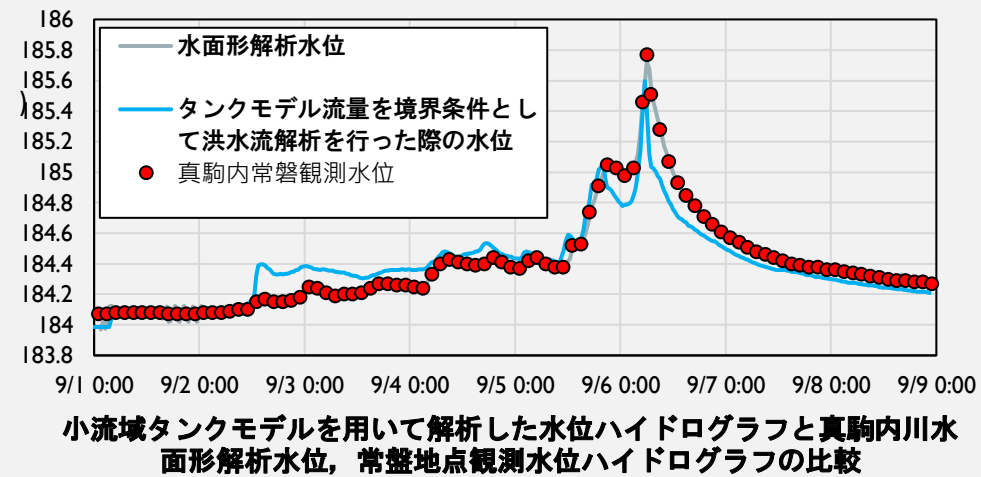
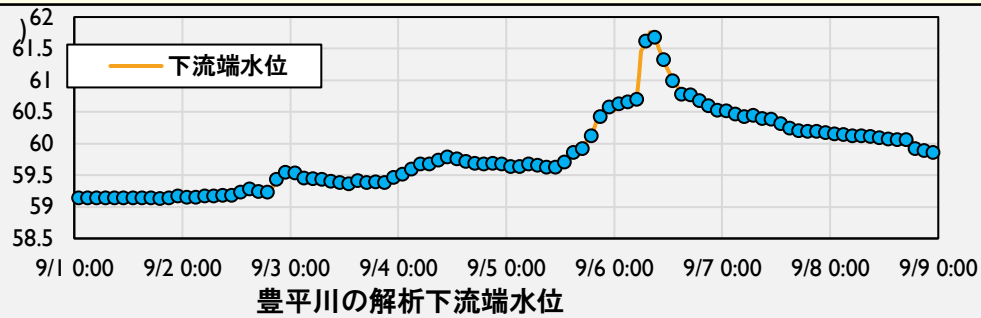
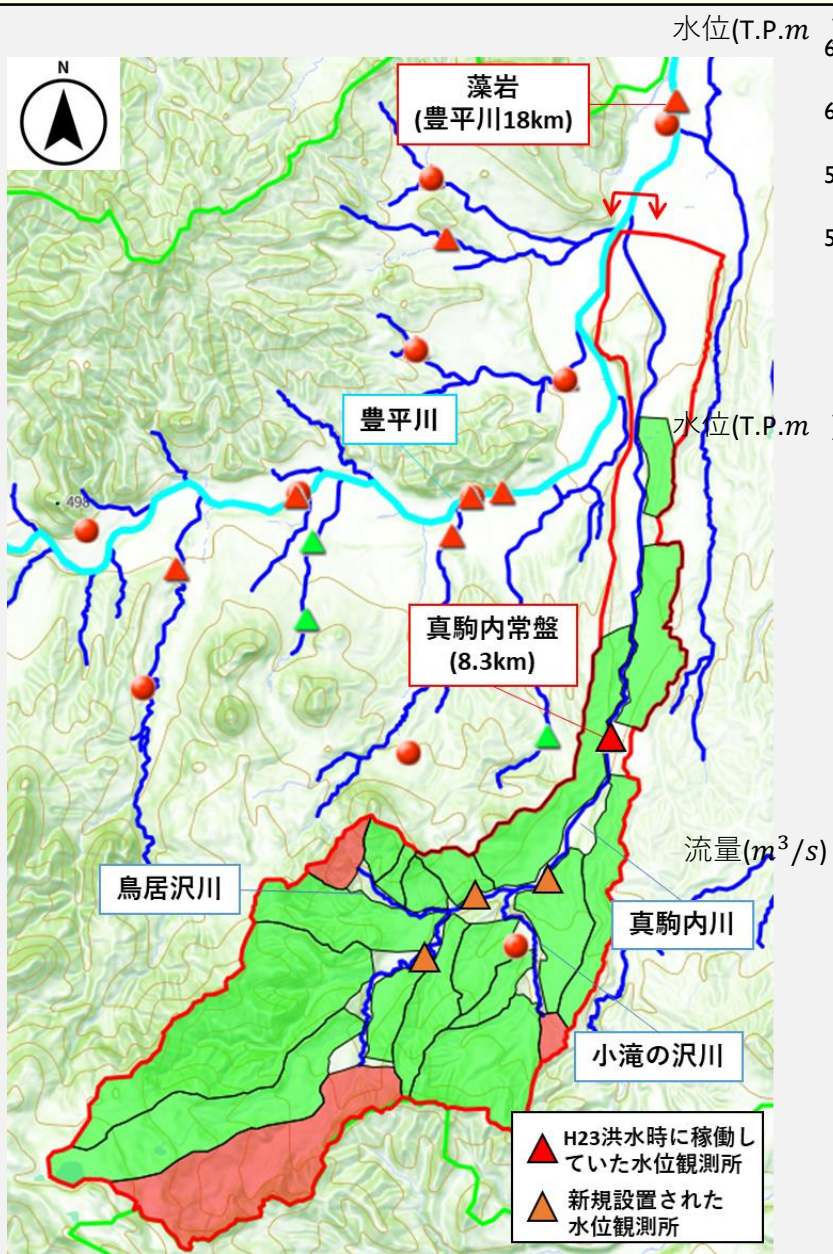
真駒内川流域で用いたタンクモデルパラメータと常盤地点でのタンクモデル流量の流出形態



流出係数	真駒内
α_1	0.8
α_2	0.15
α_3	0.08
α_4	0.03
Y_1	35
Y_2	9
Y_3	5
Y_4	5
β_1	0.12
β_2	0.04
β_3	0.005



真駒内川流域タンクモデルを用いた解析結果と実測結果との比較



- ・最初に洪水流の平面に次元解析モデルを用いて真駒内川の観測水面形の時間変化に一致するように各地点の洪水流量ハイドログラフを求めた。これより河道として明確な地点の洪水流量ハイドログラフ①を求めた。次に真駒内川流域の河川網分布から判断し、流域を20の小流域に分割し、それぞれの流域をタンクモデルで表現し洪水流出形態、流量ハイドログラフを求め、それらを合成し、洪水流量ハイドログラフ②を推定した。流量ハイドログラフ②が①と一致するようにタンクモデルのパラメーターを調整し、小流域の流出形態、上流端の洪水ハイドログラフを決定した。
- ・今後は真駒内川以外の豊平川の1次支川流域についても同様な検討を行い、石狩川2次支川から豊平川への洪水流入が石狩川洪水流に与える影響を検討する。
- ・タンクモデルから求めた各小流域からの流出形態を調べ、いくつかの小流域をまとめ、または統合した結果を調べ流域水収支図を作成する。これを用いて豊平川の流域治水を進める上で有効な方策の実施可能性を調べる。

まとめ2

本講演の石狩川流域治水では、流域の水収支図を基に流域の防災関係者が協働して対策をすすめるのがよいことを述べたが、課題が残されている。これに対する技術的検討方法はいくつか考えられる。現在、流域治水の洪水流出モデルとして進められているRRI法は一つの有力な解決ツールである。しかし、**河川流域の地形、地質や構造は多様であり、そこでの洪水流出も多様な形態をとることから洪水流出の解析技術も流域の状況に応じた多様な検討手段がであることが望まれる。**

本文では、**河川水理学と水文学のつながりを意識した工学的方法を提案している。**強調したいことは、流域の関係者が協働して対策を進めていく流域治水においては、**河川管理者が流域の水収支図を作り、これを関係者が共有し、課題が見える化することが大切である。**これによって流域関係者対象流域における洪水の流出形態を理解し、被害軽減の検討を流域一体となっていくことに繋がると思う。

このためには、真駒内川で見られたように**出来るだけ河川の上流地域まで洪水水位観測が行えるように簡易な水位計を多数設置し、観測水面形の時系列から直接洪水流量ハイドログラフを求めることが望まれる。**これに寄って、流域を小流域に分割し貯留量、流出量を直接算定出来ない領域を小さくすることで、流域の洪水流出形態が高い精度で算定できるようにすることが、効果的に流域治水を進める上でも重要である。

2.2 令和2年熊本豪雨による人吉市における内水氾濫時の水収支分布図とその活用

内水氾濫は、外水氾濫に比して被害が小さいことがあって、個々の内水氾濫に着目しての災害研究は多く行われて来たものの一般性が高い研究とはなりにくかったように思う。しかし、近年内水氾濫災害の発生頻度が高くなり、また内水氾濫に続く外水氾濫のもたらす氾濫被害の大きさから、本格的な内水氾濫の調査研究が必要とされてきた。

内水氾濫は氾濫の発生する因果関係はわかりやすく、氾濫範囲が限定されている場合が多いことから、内水氾濫解析においては、地形や市街地の状況、水路網、下水道網等の排水系統等、内水氾濫の集中の仕方を十分考慮すると精度の高い解析を行うことが可能である。このような**氾濫解析に基づいて内水氾濫の水収支分布図を時空間的に表現内水災害を見える化する**ことが可能である。水収支分布図は氾濫解析と合わせて用いることにより災害時の住民の避難計画や防災を考えた減災まちづくりに役立つ。

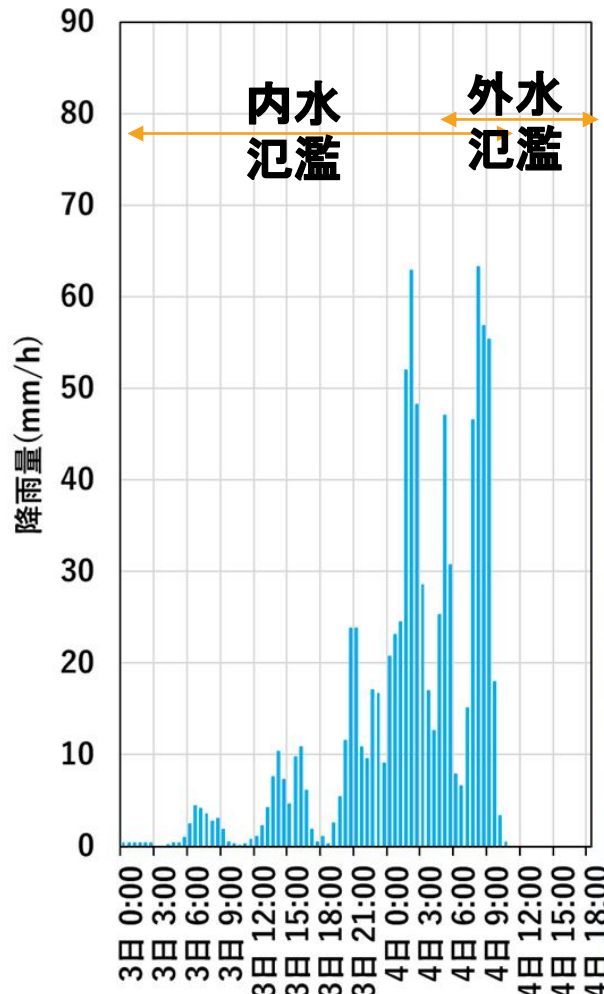
本稿では令和2年7月の熊本豪雨による人吉市の内水氾濫を高精度で解析し、作成した水収支図を用い、人吉市の避難計画や減災街づくりに生かす方法を論ずる。

熊本豪雨では、**内水氾濫後に引き続いて外水氾濫が起こったことにより、住民の避難の危険な状況を作り出すことが明らかになり、内水氾濫と外水氾濫が重なる時の住民避難の在り方について検討の必要性が明らかになった。**

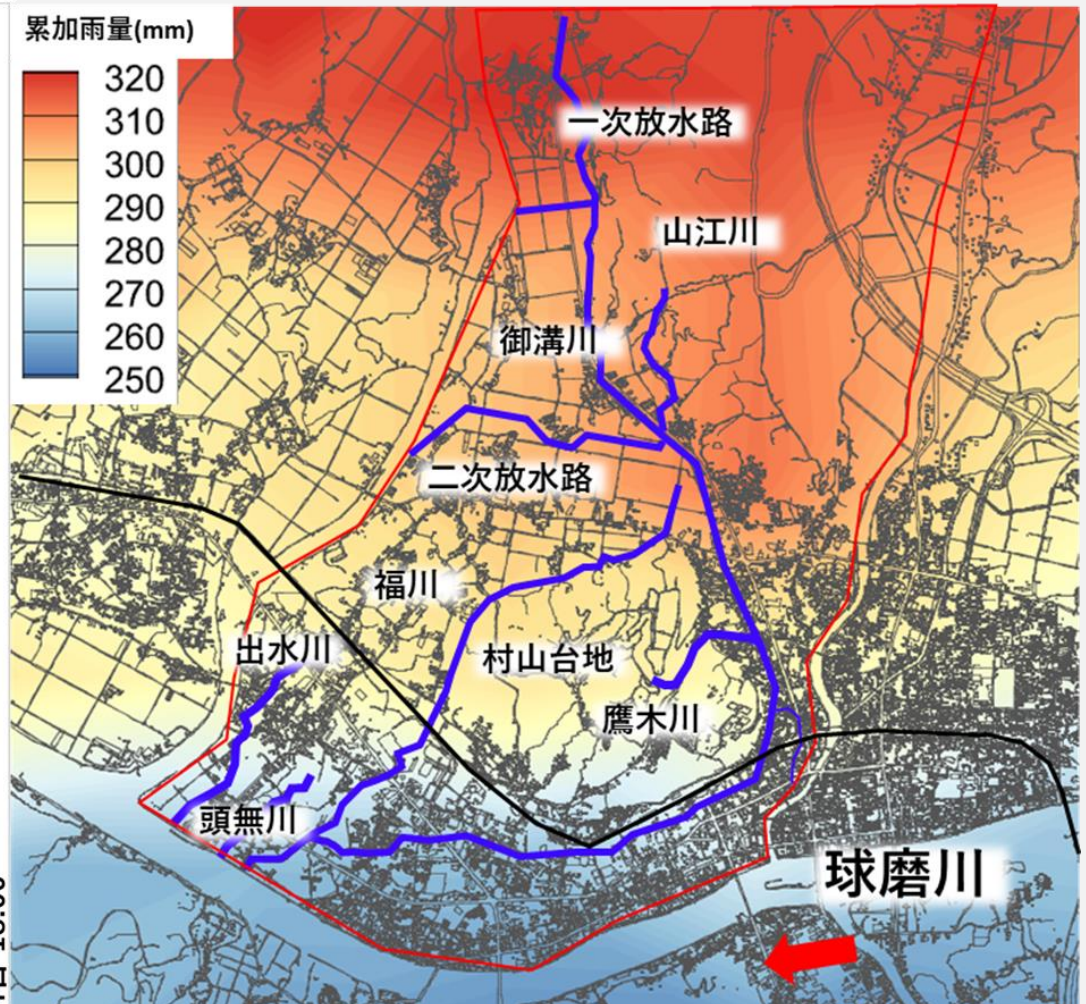
令和2年7月豪雨の人吉市街地流域における降雨の特徴

令和2年7月豪雨時では、60~70(mm/h)の高強度の降雨が市街地に降っている。また、上流域に降雨の空間分布が集中しており、下流市街地に比べて最大70mm程多くの雨が短時間に降っている。

人吉市街地
流域平均雨量(mm/h)



累加雨量コンター図
内水氾濫時：7月3日0時~4日5時まで



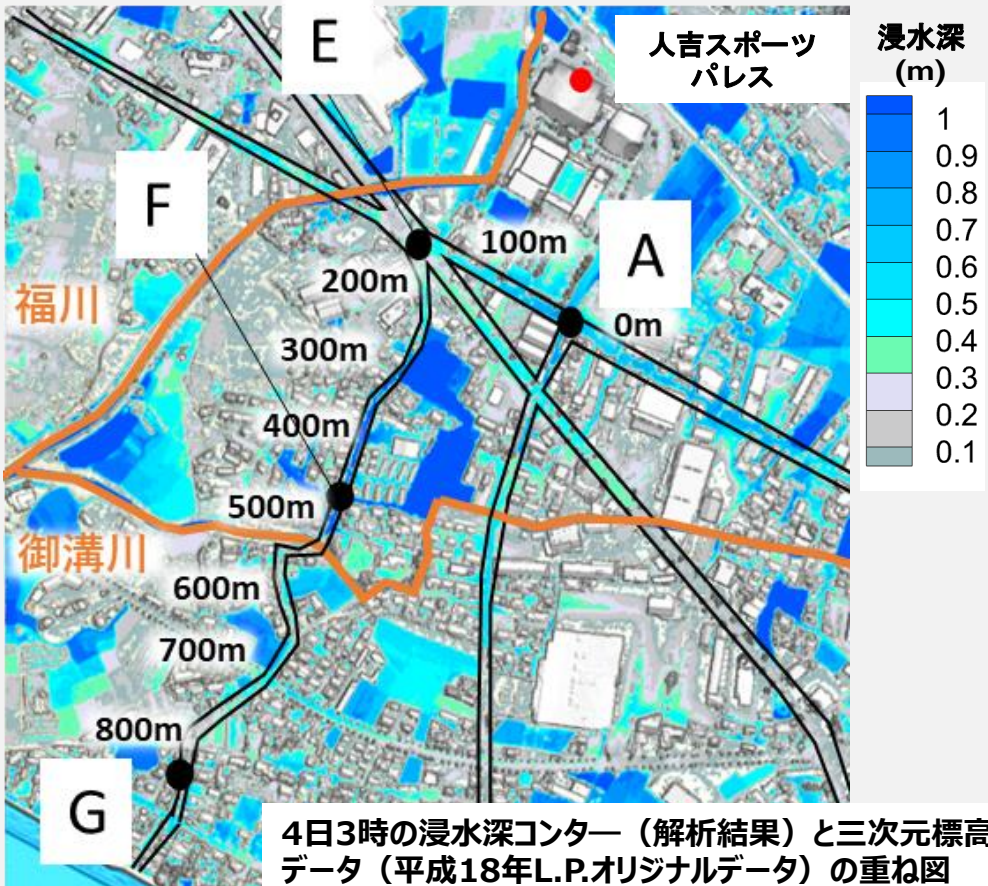
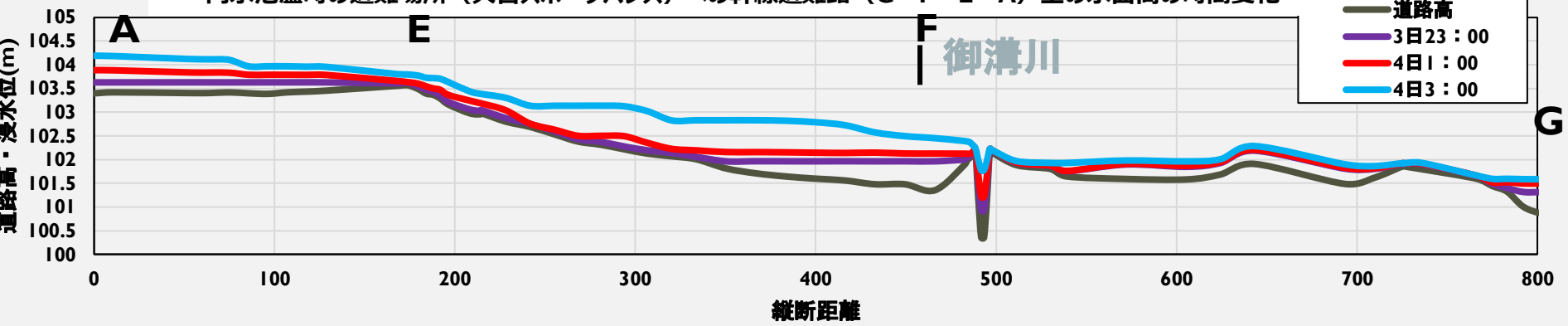
人吉市は、球磨川と二級河川万江川、山田川に囲まれた低地に発展した街であり、令和2年7月3日～4日の熊本豪雨で甚大な浸水被害が生じた。3日6：00頃より降り始めた雨は、19：00頃から激しくなり7月4日10：00まで豪雨が続いた。

このため3日23：00頃には住民の避難道路に浸水が生じ、4日の3：00には道路上に大きな浸水深と流速が生じたために、住民は避難が出来なくなった。その後5：30に山田川6：00に球磨川、6：30に万江川の洪水流が堤防を越えて人吉市内に流れ込み、4日10：00には最大浸水位となり溺死者21名（関連死1名を含む）を含む甚大な被害を地域にもたらした。

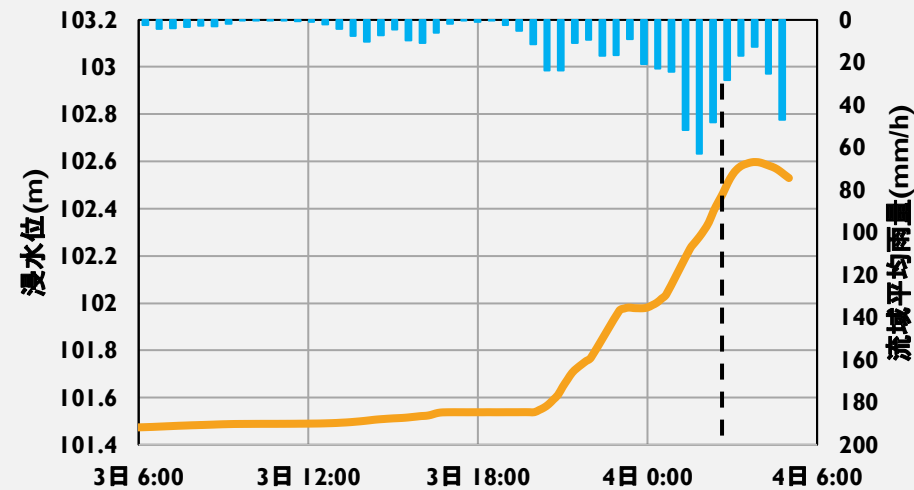
内水氾濫に引き続き外水氾濫が起こるときに、内水氾濫時の避難可能な時間帯に如何に安全に避難場所に避難するかが今後の大きな課題である。避難を容易にするための内水氾濫の予測をリアルタイムで行えるようにすることが強く望まれる。

4. 令和2年7月豪雨時の内水氾濫機構の分析（下薩摩瀬町）

内水氾濫時の避難場所（人吉スポーツパレス）への幹線避難路（G-F-E-A）上の水面高の時間変化



幹線避難路②の浸水位ハイドログラフ（F点）



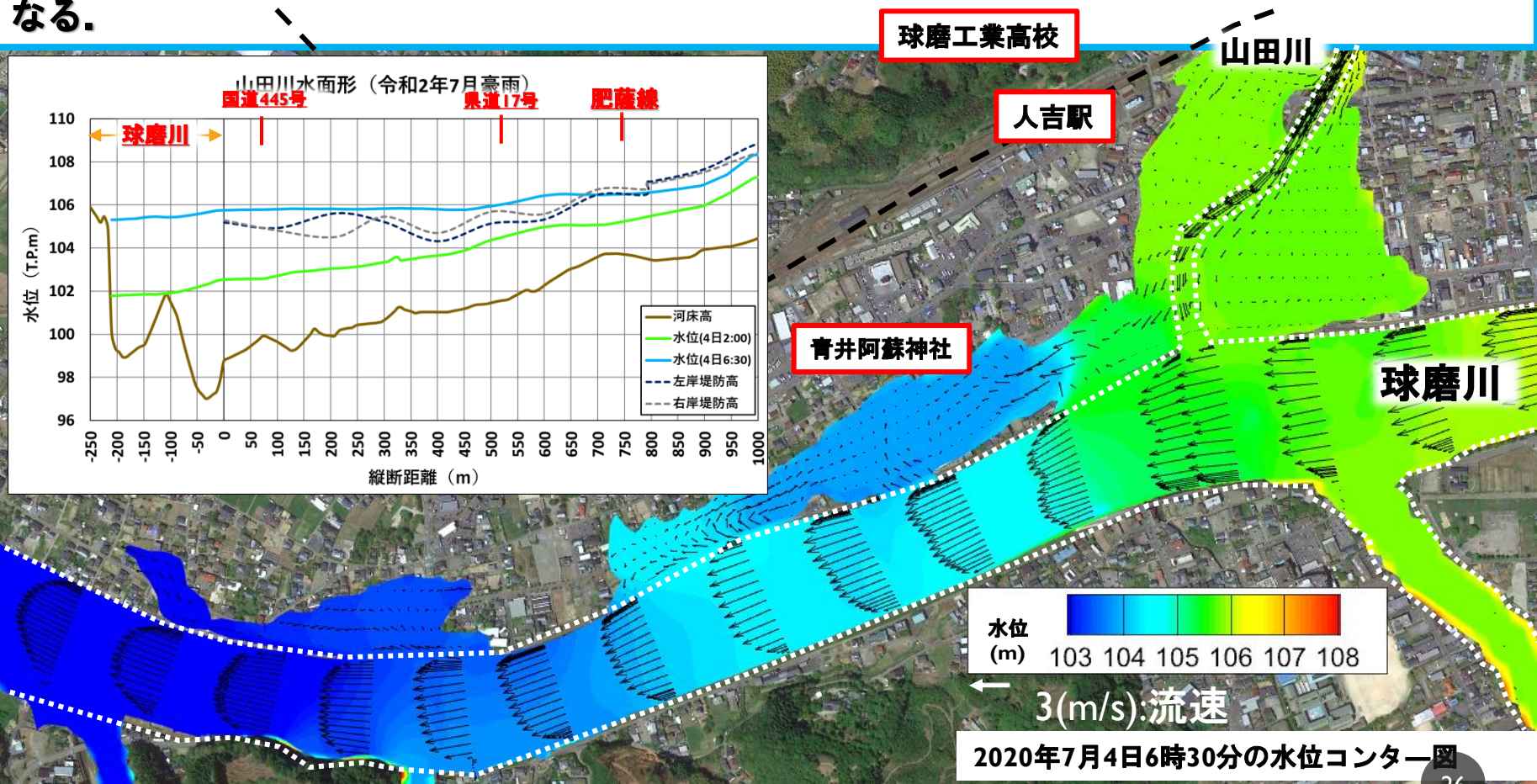
降雨が強まると、福川や御溝川からの氾濫流と雨水が避難路に集水され、浸水位が急激に上昇する。
 幹線避難路②では、4日3時になると多くの区間で浸水深70cmを超え、歩行避難の難しい状況となっている。

4日3時の浸水深コンター（解析結果）と三次元標高データ（平成18年L.P.オリジナルデータ）の重ね図

球磨川等の外水氾濫との時間関係

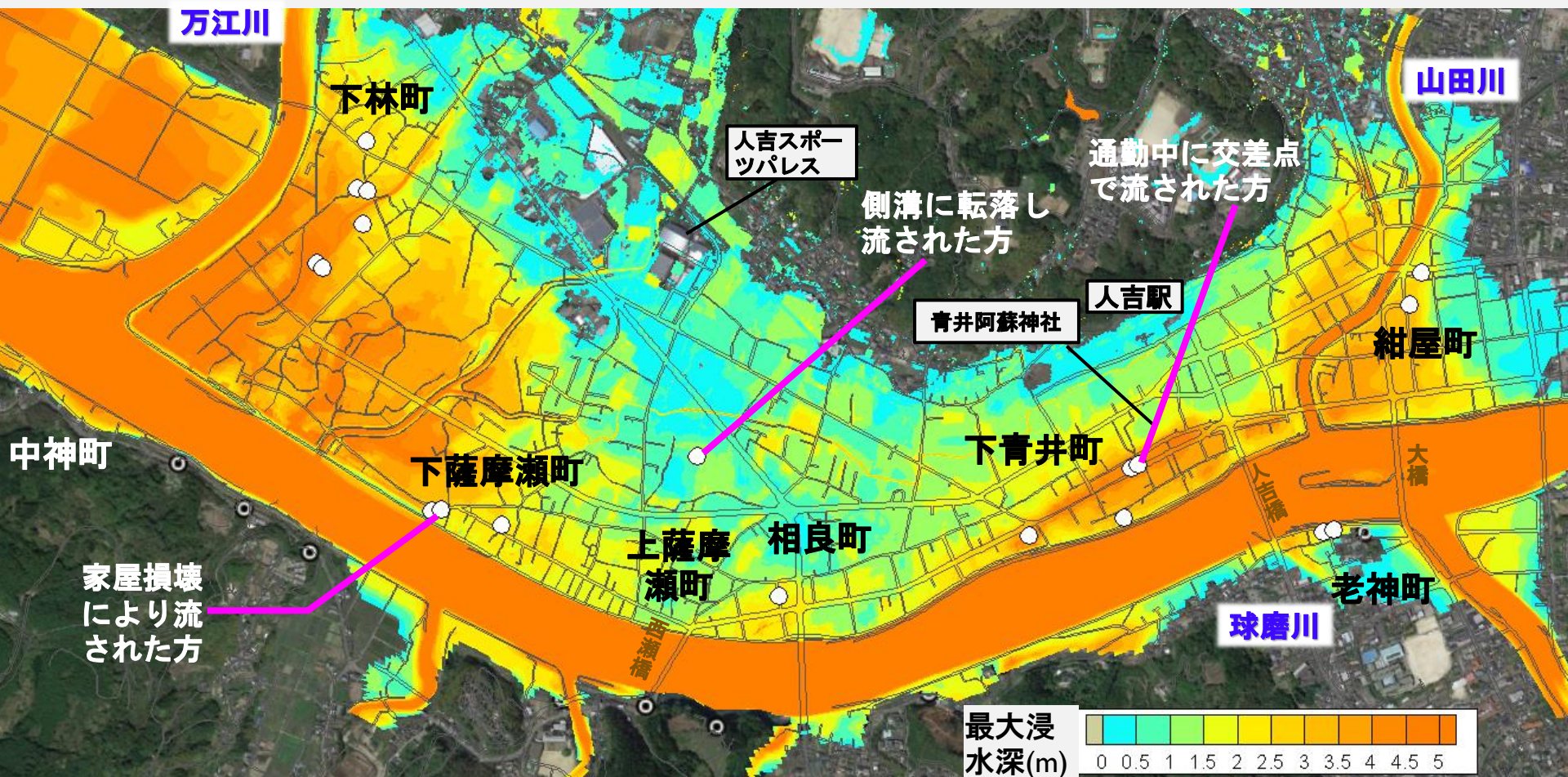
令和2年7月豪雨では、**7月4日6時頃には球磨川本川及びその背水を受けた山田川から氾濫が発生し、蓮池や道路等では氾濫流が1m/sを超える流速で流れたことが既往の研究から明らかになっている⁷⁾**。

避難を考える上では、球磨川等の外水氾濫が発生する4日6時00分以前に地域がどのような状況になっていたのか、地域を流れる中小河川等からの内水氾濫リスクを評価することが重要になる。



外水氾濫による最大浸水深の解析結果と人的被害の発生箇所

洪水ピーク時(R2 7/4 10:00)の浸水深



○ 人的被害発生場所：令和2年7月九州豪雨災害調査団報告書（令和3年4月 土木学会水工学委員会 令和2年7月九州豪雨災害調査団），第3章 人吉市街地-球磨村渡地区における洪水痕跡調査より。

内水被害軽減策の検討：出水川・福川上流域・水田部での流域対策の検討

福川・出水川には北部水田や村山台地からの降雨流出や山江川の氾濫流が水田に流れ込むことで、低地の氾濫が発生する。

そこで、山江川流域の上流水田に村山ため池と同様のため池の設置や北部水田の畦畔高を高くすることで水田の貯留量を増大させること、村山台地上の可能な場所での貯留による流出抑制対策を行うことが下流市街地の氾濫量の軽減のために重要である。



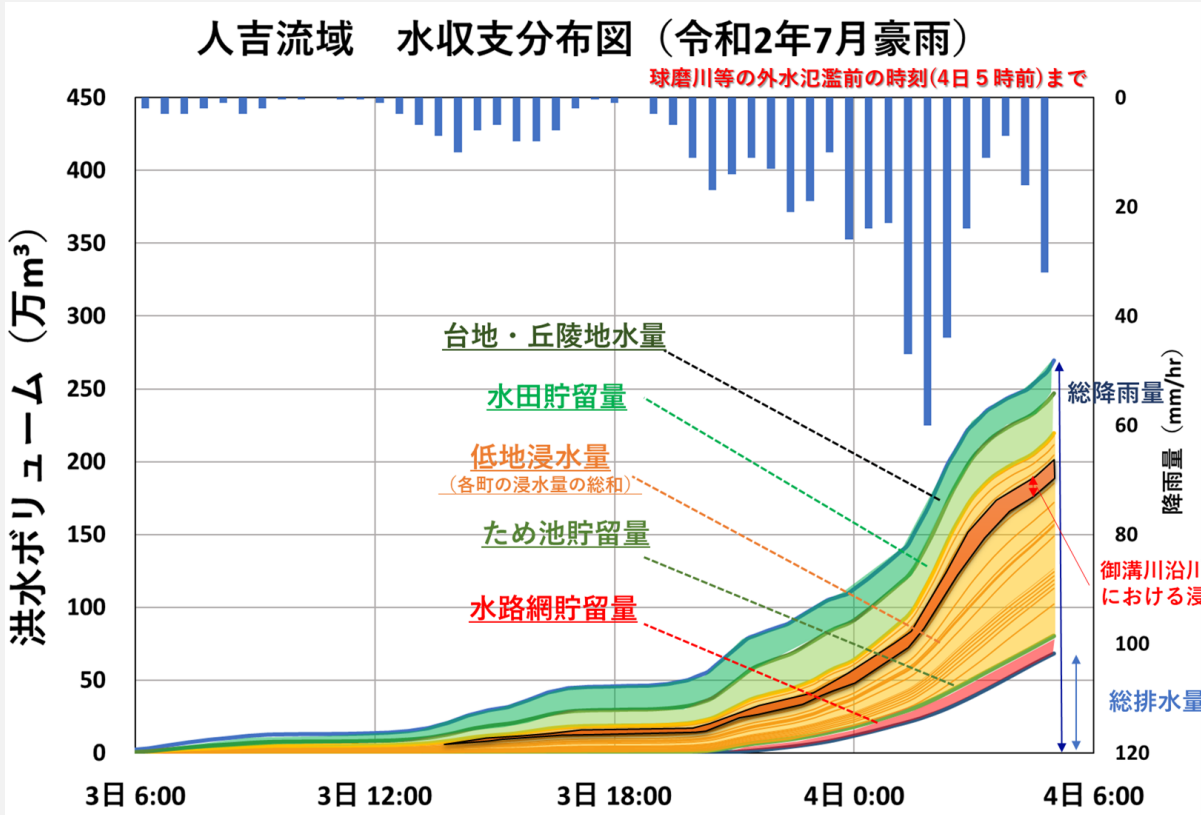
標高コンター図と豪雨時の流出水の低地への集水状況



山江川上流域における対策検討例

人吉市街地における氾濫時の水収支分布とその分析

詳細な氾濫解析の結果から各地域の浸水量分布が分かる。下図は令和2年7月豪雨の水収支分布図に地域浸水量分布を反映させ、御溝川沿川の瓦屋町の浸水量の時間変化を例として強調し示している。ここでは、温泉町・下林町・中林町・上林町・下城本町・上薩摩瀬町・下城本町・城本町・宝来町・相良町・瓦屋町・駒井田町・下青井町・中青井町・上青井町・合ノ原町・上田原町・井ノ口町・山江村区域に対象領域を19の町に分類している。最大浸水量をみると、瓦屋町・下林町等の御溝川・出水川沿川に位置する地域での浸水量が多いことが分かる。



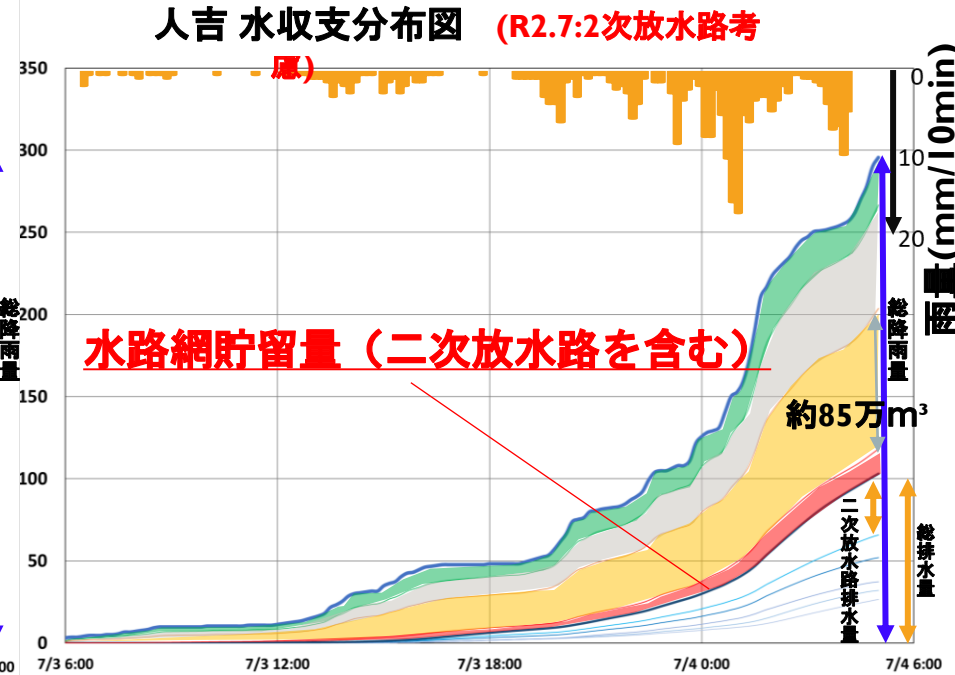
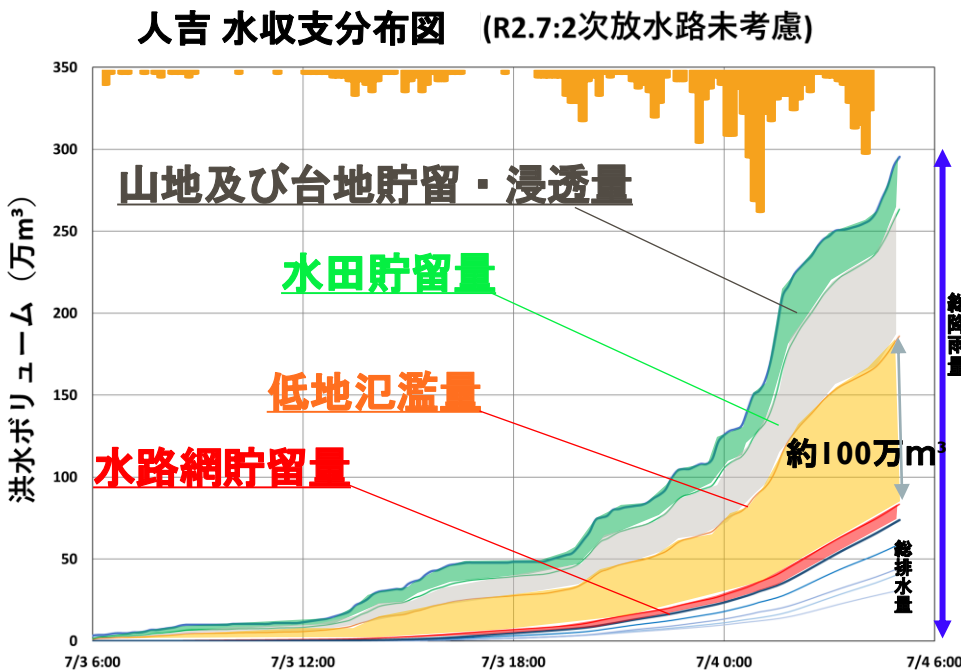
No.	町名	最大浸水量(万m ³)
1	温泉町	22
2	下薩摩瀬町	11
3	上薩摩瀬町	3
4	相良町	3
5	宝来町	3
6	下青井町	3
7	上青井町	2
8	下林町	23
9	下城本町	8
10	中青井町	1
11	駒井田町	3
12	中林町	13
13	上林町	17
14	城本町	3
15	瓦屋町	18
16	上田原町	3
17	合ノ原町	10
18	井ノ口町	7
19	山江村区間	2

人吉流域の水収支分布を用いた流域対策の検討

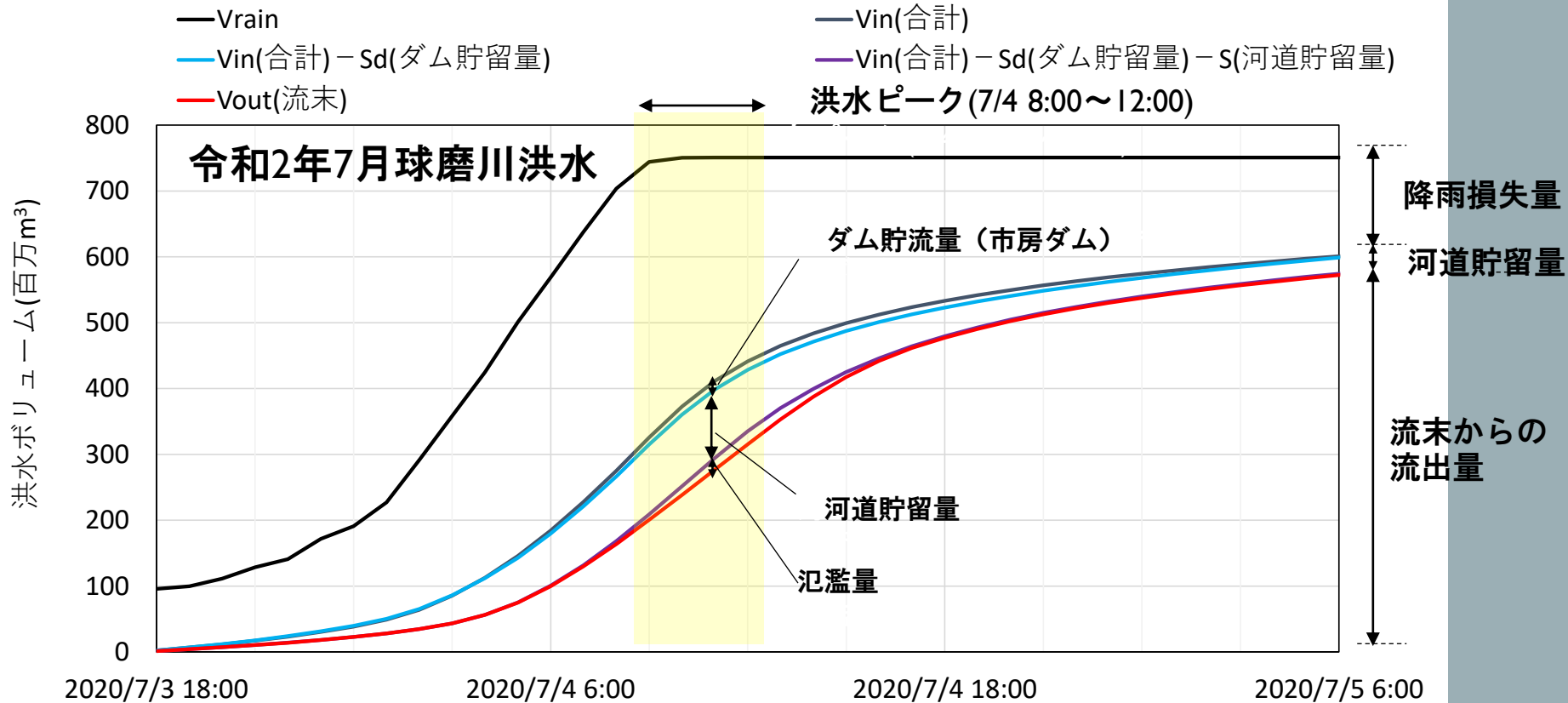
水収支図は対策の実施前後で比較することにより地域の中で行う減災対策の効果を見える化することが可能となる。

例として、下図は本解析に基づく、二次放水路（現在建設中）の有無で市内の氾濫水量の時間空間分布の変化を示す。設置前後について、比較すると流域水収支図が時空間的に変化しており、低地氾濫流量が低減していることが分かる。

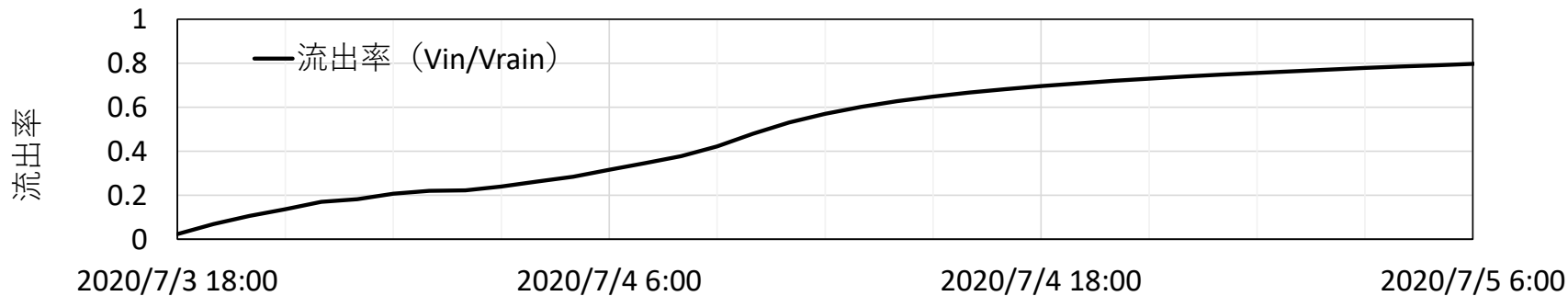
更に内水氾濫量を効果的に低減させるためには、水収支図を活用しながらどこでどの程度の貯留をすればよいか、そのための地域の貯留に適した空間を検討することが重要と考える。



二次放水路の有無によるR2.7豪雨の水収支分布図の変化



流域水収支図(流域全降雨量とダム貯留量, 河道貯留量, 氾濫量, 流末流出量の関係)



流域全体で見た降雨流出率の時間変化

- 球磨川流域全体の洪水流解析から、流域全降雨量、ダム貯留量、河道貯留量、氾濫量、流域からの総流出量の時間変化を表す流域水収支図を作成した。その結果、7月4日8:00～12:00を流域スケールで見たときの洪水ピークを示す時間帯とみなせる。この時間帯におけるダム貯留量、氾濫量、河道貯留量の最大値はそれぞれ1300万、2000万、1億900万 m^3 となり、河道だけで洪水水量の77%を受け持っていたことが分かる。また、洪水流解析より流域の流出係数を求めることもできる。
- この図は全流域での流域水収支図、流出係数を求めているが、人吉地域までの流域水収支図や、川辺川合流点までの水収支図も作成可能であり、目的に応じた流域スケールでの水収支図や流出係数を議論することが出来る。

まとめ3 私の思い

流域の氾濫特性を示す流域水収支図は、降雨流出現象についていろいろなことを気付かせ、考える材料を与えてくれる。流域は大河川流域だけでなく各支川流域や内水氾濫流域もあり、流域スケールは多様である。流域に関心を持ち、自然と社会の関係で洪水現象を捉え論ずる水文学、河川工学を勉強するものには、是非に流域スケールで考える視点を持ちたいものである。

洪水時の水位ハイドログラフが縦断的に測られているので、本川だけでも、支川だけでも、河川の限られた範囲での検討でもよい。降雨分布に対して、地形、地質、森林、基岩等の特性、本支川、2次支川、3次支川の配置、構成等の関係でどんな流出形態をとるか新しい展開につながる議論が出来ると思う。少なくとも水文学と河川工学の密接な協働が必要な流域治水は、互いの研究分野を理解し、議論を進めるチャンスであると思う。

流域治水は流域の関係者が協働して行う事業と言われているが、支川のデータは十分そろっていない。これは、今後河川災害や河川環境との関係で問題になるであろう。現在あるデータで流域水収支の検討をしてみると、データ不足が深刻であり、少なくとも河川の縦横断量データや水位データ等集めなければならないことに気づくであろう。その気になれば、データを集める方法はいろいろある。要は、その必要性をそれほど強く感じていないからでないだろうか。

流域治水についての検討は、このような基本的なことを気付かせる重要な機会となる。他分野も含めた広く多くの研究者、技術者と協働して検討を進めることを希望したいし、この機会を逃がしたくないと思っている。