

**現況流下能力**：現状の河道における流下能力

**流し得る流量**：物理的、社会的、環境上の制約条件等を考慮した上で堤防の整備等の改修を行った河道における流下能力

**計画高水流量**：治水計画上、河道に配分する最大流量（「流し得る流量」以内）

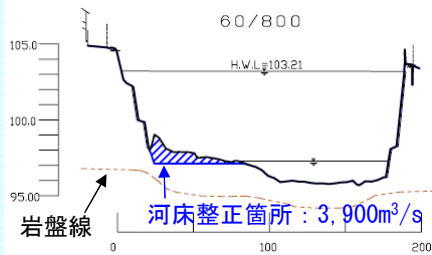
上流区間（人吉区間）  
人吉地点評価

工事実施基本計画  
計画高水流量  
4,000m<sup>3</sup>/s

現況流下能力

3,600m<sup>3</sup>/s

(3,900m<sup>3</sup>/s：河床整正後)



流し得る流量

4,000m<sup>3</sup>/s

市街区間で引堤や河道掘削等により4,000m<sup>3</sup>/s、4,500m<sup>3</sup>/s等の流量が安全に流下可能か検討した結果

人吉区間全体で洪水を安全に流すことができるように洪水調節を行った後の人吉地点の最大流量

中流区間  
渡地点評価

工事実施基本計画  
計画高水流量  
4,900m<sup>3</sup>/s

3,200m<sup>3</sup>/s

現況家屋敷高以下で流下できる流量を評価

(4,800m<sup>3</sup>/s：家屋嵩上げ後)

※計画高水位での評価

(5,500m<sup>3</sup>/s)

家屋の嵩上げ等の現在実施中の対策では流下は困難であるが、樹木の伐採、河床堆積土砂の除去等により、JRや国道、家屋に影響を与えることなく流下が可能であることを確認

上記の洪水調節後の渡地点流量

下流区間  
横石地点評価

工事実施基本計画  
計画高水流量  
7,000m<sup>3</sup>/s

6,900m<sup>3</sup>/s未満

萩原地区の一部においては、深掘れにより堤防の安全性が確保できていない状態にある。

(6,900m<sup>3</sup>/s：深掘れ対策後)

※堤防断面が不足しているためスライドダウン評価

8,000m<sup>3</sup>/s

河道の変遷等から概ね安定した河道断面で流し得る流量

計画高水流量

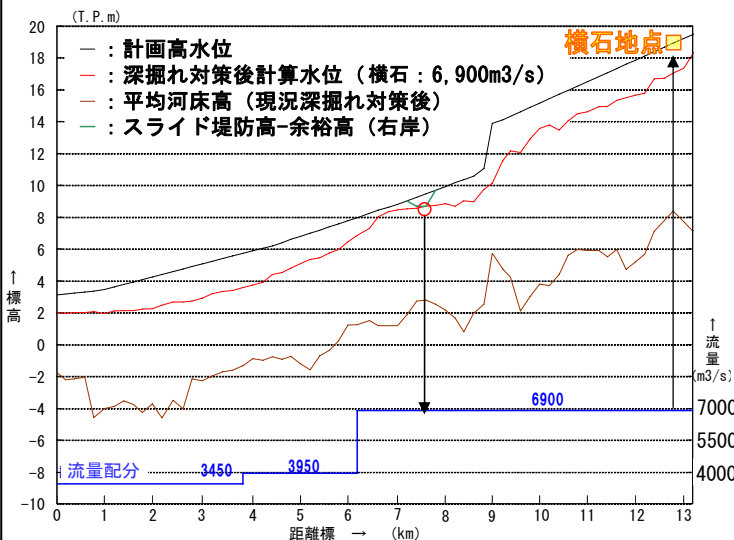
上流、中流、下流の「流し得る流量」以下で設定

# 現況流下能力について

上流（人吉）・中流・下流のそれぞれの区間で、現況流下能力を代表地点で評価

- 上流（人吉）区間（52k600～62k800） 3,600m<sup>3</sup>/s 《人吉地点》（3,900m<sup>3</sup>/s：河床整正後）
- 中流区間（9k400～52k000） 3,200m<sup>3</sup>/s（当区間内における最低家屋敷高での評価）《渡地点》
- 下流区間（6k200～9k000） 6,900m<sup>3</sup>/s未滿（深掘れ対策後、スライドダウン評価後6,900m<sup>3</sup>/s）《横石地点》

## ○下流区間



横石地点において堤防前面の深掘れが進んでおり、堤防の安全性が確保できていないため深掘れ対策後の断面で、更に堤防断面が不足していることから、スライドダウン評価  
 →横石地点：6,900m<sup>3</sup>/s（7K600）

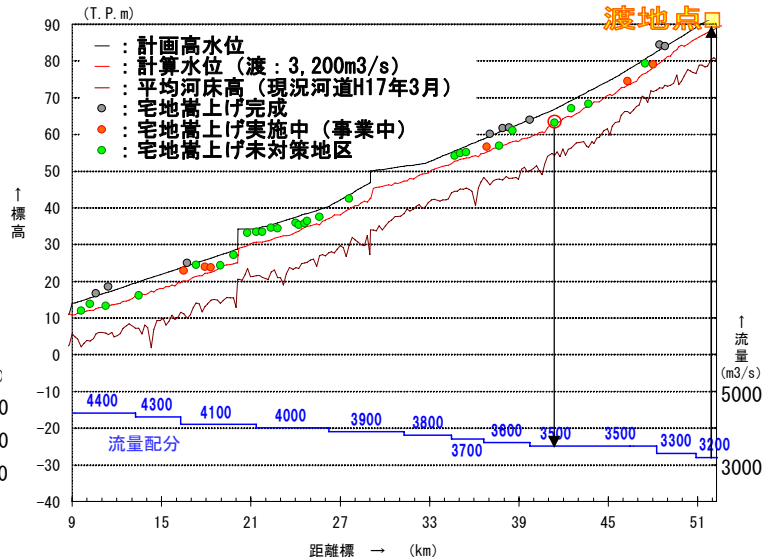
### 下流区間



萩原堤防断面不足箇所（7/600）

左岸側の引堤や掘削等を実施することで、流下能力の拡大を図ってきたが、深掘れや堤防の断面不足がある。

## ○中流区間



現況（宅地嵩上げ未実施地区）の家屋敷高で評価

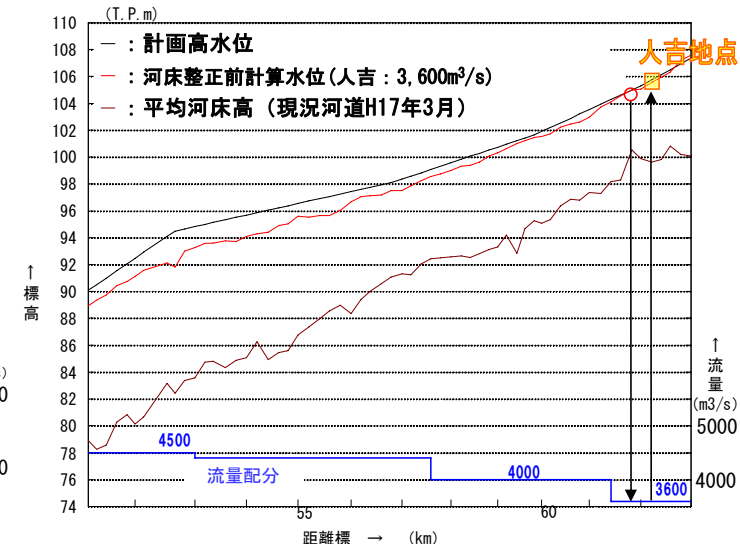
→渡地点：3,200m<sup>3</sup>/s（52K000）

### 中流区間



宅地嵩上げ等を実施してきたが、大門地区（直轄管理区間）や漆川内川（県管理区間）等で未対策箇所があり、浸水被害が頻発。

## ○上流（人吉）区間



堤防が概ね完成していることから計画高水位で評価

→人吉地点：3,600m<sup>3</sup>/s（61K800）  
 （河床整正後は3,900m<sup>3</sup>/s）

### 上流（人吉）区間

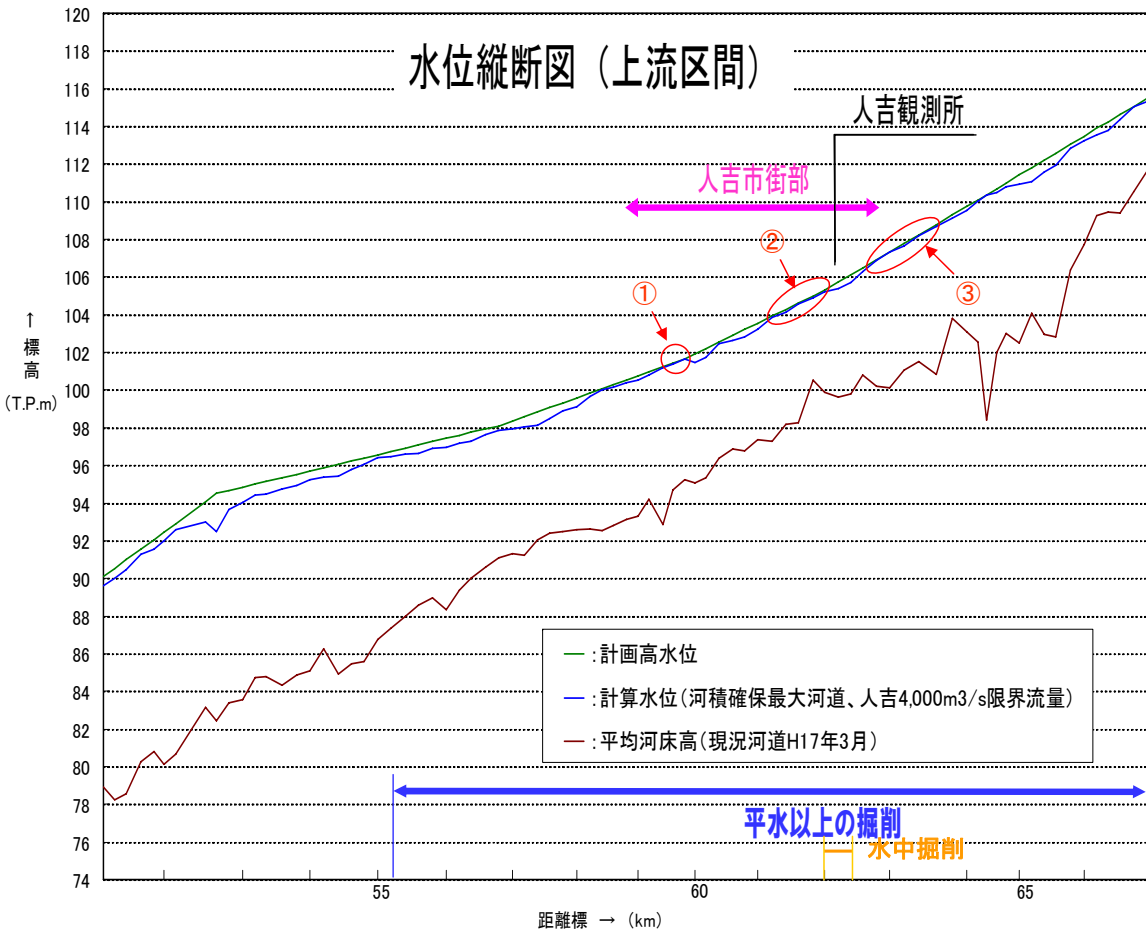


引堤や掘削等を実施することで、流下能力の拡大を図ってきたが、計画高水位を上回る洪水が頻発。

# 上流部（人吉地区）における「流し得る流量」の検討①（人吉地点：4,000m<sup>3</sup>/s）

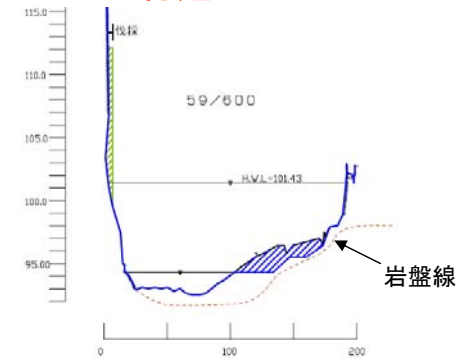
球磨川水系

・ 現況流下能力が、3,600m<sup>3</sup>/sであることを踏まえ、4,000m<sup>3</sup>/sの流下能力を有する断面を確保できるかを検討。



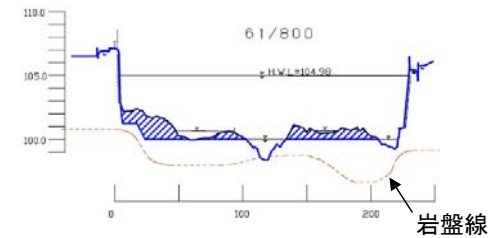
4,000m<sup>3</sup>/s河道の掘削範囲

## ① 59k600付近



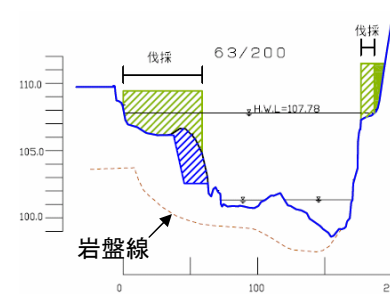
59k600付近（下流から撮影）

## ② 61k800付近



61k800付近（上流から撮影）

## ③ 63k200付近

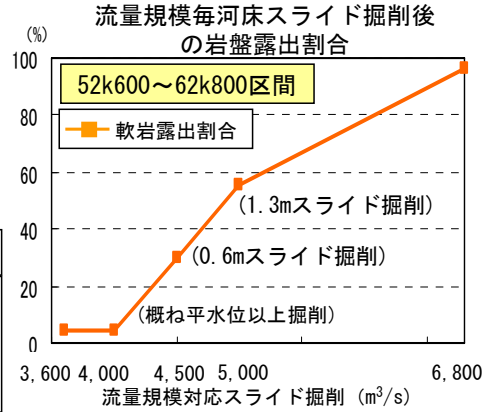
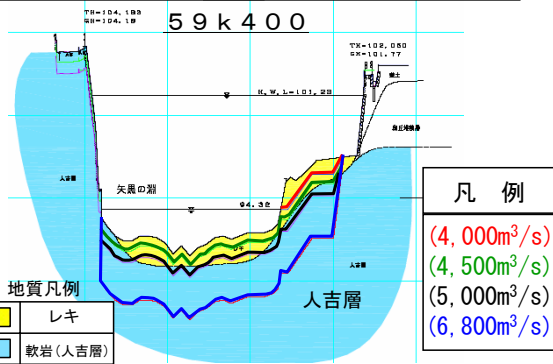


63k200付近（下流から撮影）

平水位以上の掘削に加え、軟岩（人吉層）が露出しない範囲での局所的な水中掘削、人吉市街地より下流の家屋に影響しない範囲での局所的な引堤により実現可能。

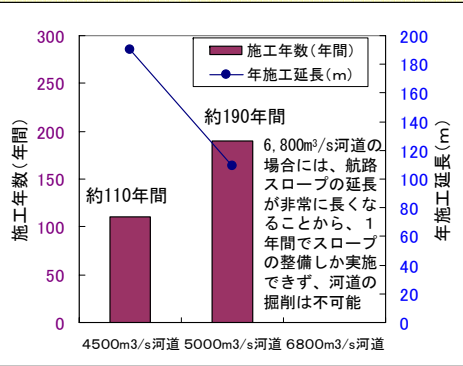
4,000m<sup>3</sup>/sを上回る流下能力を有する河道断面を、さらなる河床掘削により確保可能かについて検討。

## 河床掘削を実施した場合の断面の変化



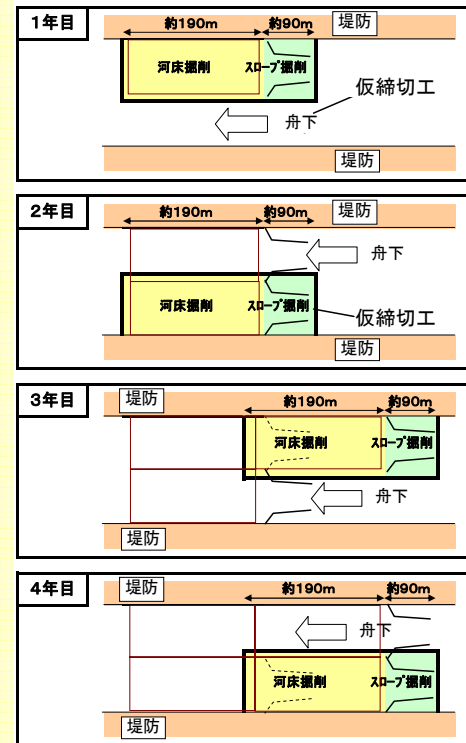
4,000m<sup>3</sup>/sを超える規模の断面で掘削すると軟岩(人吉層)の露出する割合が急に大きくなる

表. 人吉河道配分流量毎の掘削施工年数と年間施工延長

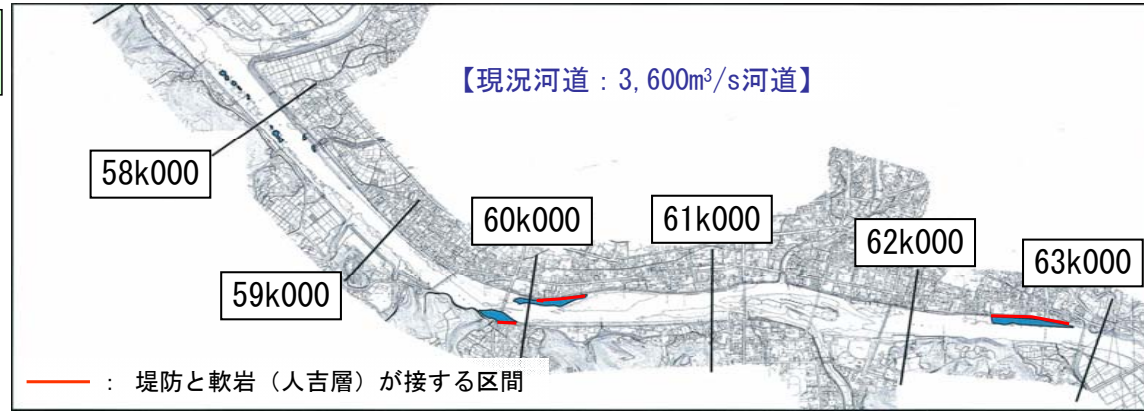


- 仮に、アユ期は考慮せず洪水期の施工のみを避け工事を行うこととした場合においても、水中での工事は、舟下りの運航に配慮する必要があるため、人吉地区一連区間の施工には非常に長期間を要する。
- さらに、洪水期・アユ期の双方を考慮した場合には、年間作業可能日数が70日と非常に少なくなり、4,500m<sup>3</sup>/s河道の場合では掘削範囲の仮締切の施工しかできない。

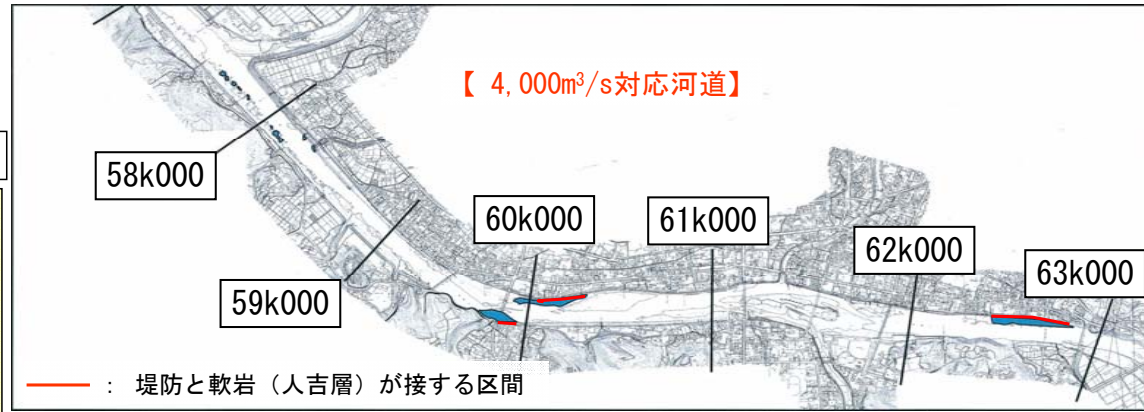
## 洪水期を避けた場合の掘削施工手順



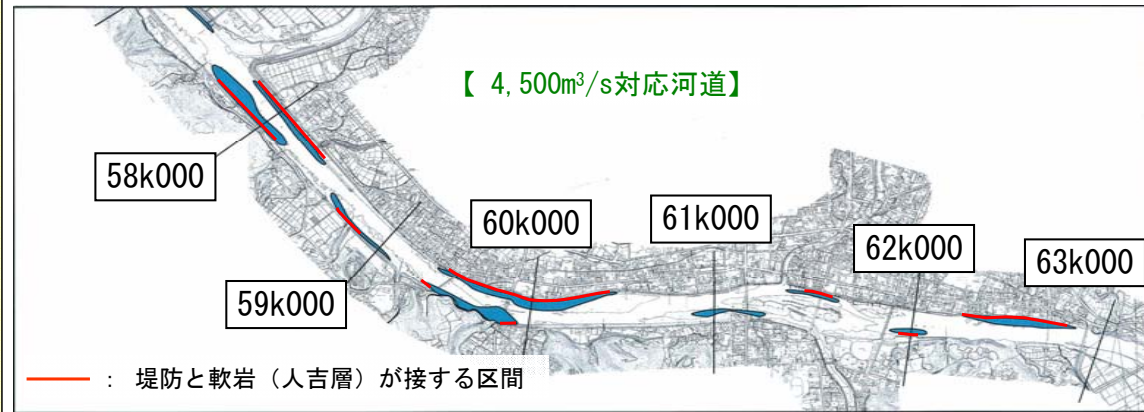
【現況河道：3,600m<sup>3</sup>/s河道】



【4,000m<sup>3</sup>/s対応河道】



【4,500m<sup>3</sup>/s対応河道】



- 4,500m<sup>3</sup>/sに対応する河道まで掘削すると軟岩(人吉層)の露出する割合が大きくなる。
- また、水中掘削の区間が長くなり、アユや舟下りの影響を考慮すると、水中の河床掘削は多大な工期が必要。
- 以上から、4,000m<sup>3</sup>/sを超える流量を河床掘削で対応することは困難。

# 人吉層の露出に伴う問題点（1）（河道の維持管理）

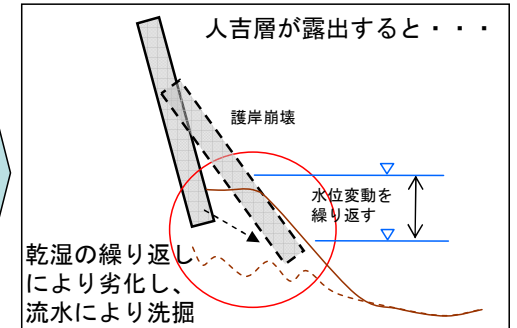
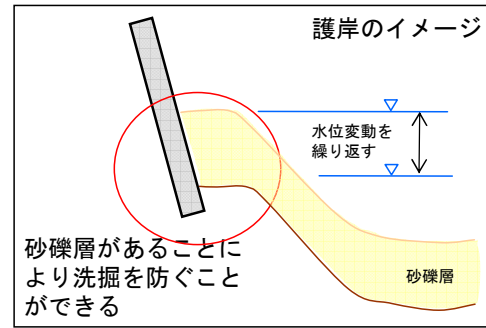
## 人吉層の分布

人吉地区には、脆弱なシルト岩が主体で、強度が低く、乾湿等の変化にも弱い特性がある軟岩が分布（人吉層）。



## 維持管理上の問題点

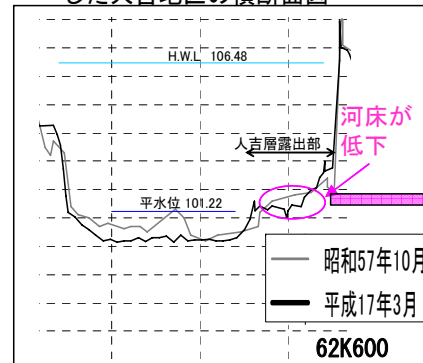
人吉層が露出すると、水位変動の繰り返しや洗掘により、濡筋が固定化され、深掘れが進行し、護岸や橋梁等の基礎部が崩壊する可能性がある。



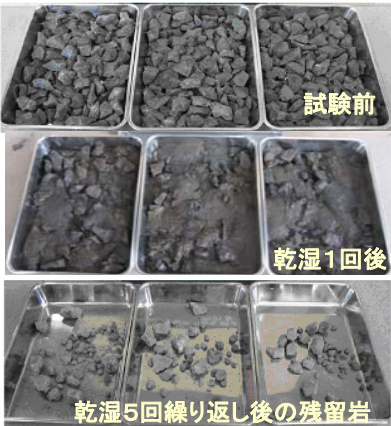
橋脚基礎部が洗掘された多摩川水系浅川の事例

基礎洗掘により護岸が崩壊した球磨川の事例（山田川合流点（H8.7.3～8の出水後））  
※軟岩の人吉層が洗掘された場合でも同様の崩壊が発生する可能性がある。

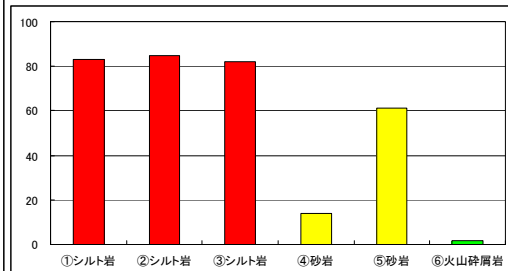
河床部に軟岩の人吉層が露頭した人吉地区の横断面図



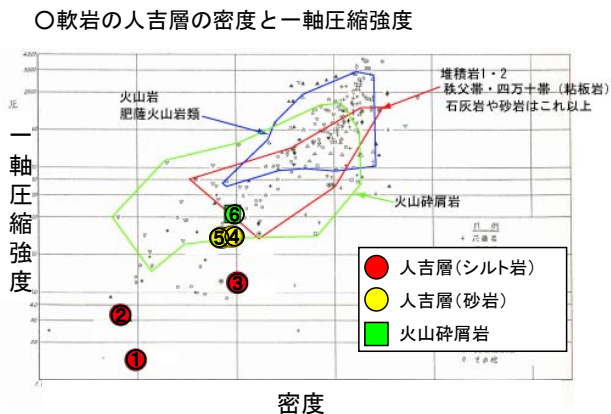
## 〇スレーキング（乾湿繰り返し）試験



軟岩の人吉層と火山碎屑岩のスレーキング率



## 人吉層は通常の岩と比較して圧縮強度が低い。



## 人吉層は乾湿を繰り返すと細粒化しやすい。

※スレーキング試験  
スレーキングとは塊状の物質（土塊や軟岩）が乾燥、湿潤を繰り返すことで、細かくバラバラに崩壊する（細粒化する）現象のことで、スレーキング試験とは人工的に24時間ずつ乾燥・湿潤を繰り返して、細粒化の度合いを確認する試験。  
※スレーキング率  
乾燥、湿潤を5回繰り返し後に細粒化したものの割合で、この割合が高い岩は乾湿に弱く細粒化しやすい。

# 人吉層の露出に伴う問題点（2）（河川環境）

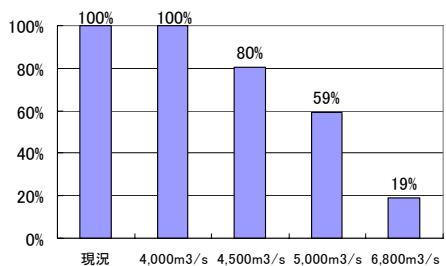
## 魚類の生息環境への影響

4,000m<sup>3</sup>/sを越える河道では、人吉層が広く露出することにより、アユ等の採餌場・産卵場が大きく改変される。

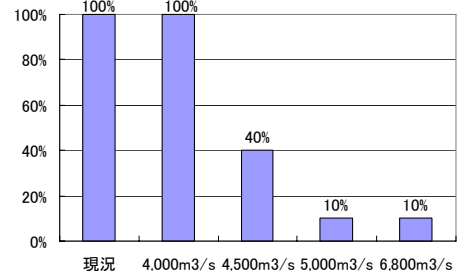
4,500m<sup>3</sup>/s対応の河道掘削でも、アユ等の生息場となる砂礫層の瀬が7.7ha(全体38.8haの約20%)、産卵場が6箇所(全体10箇所)消失する。

河道掘削により人吉層が露出したことによる瀬、産卵場への影響

瀬の面積の変化（現状：38.8ha）



産卵場箇所数の変化（現状：10箇所）

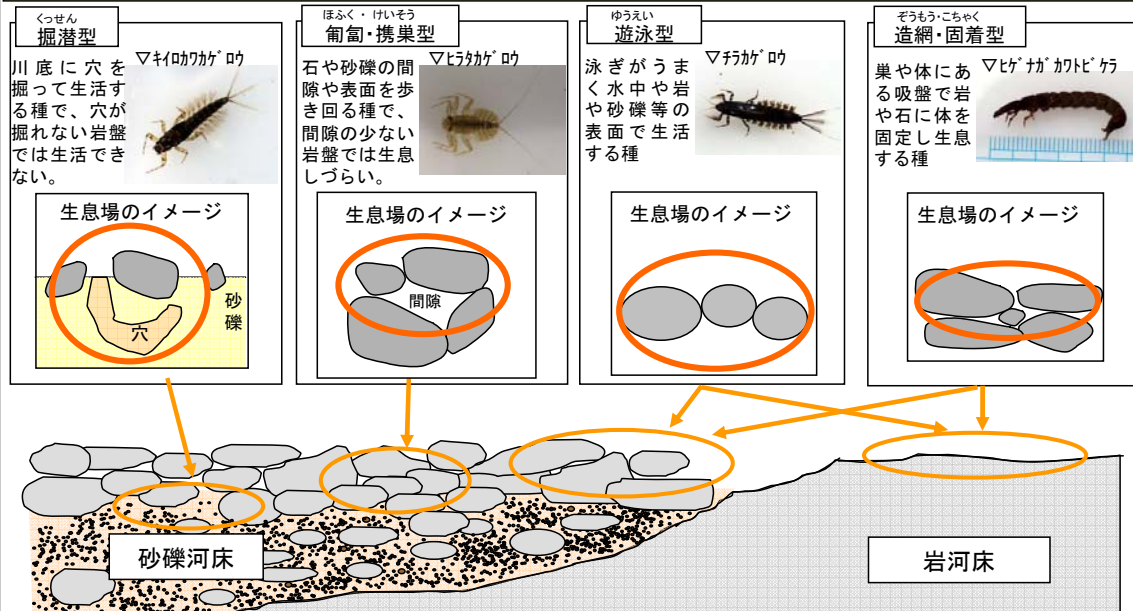


- ※アユの生息場  
石についた藻類(コケ)を主食にしているため、藻類が育つ環境一水がきれいで川底に藻類が付きやすい石がある一が必要。(出典:『ここまでわかったアユの本』)
- ※アユの産卵場  
産卵にとって望ましい河床状態は、一定の砂礫組成で“浮き石”状態である。(出典:『アユ 生態と釣法 (アユの一生 石田力三 P34~P45)』)

## 底生動物への影響

河床掘削により、人吉層が露出すると底生動物相が貧弱になることが予測される。

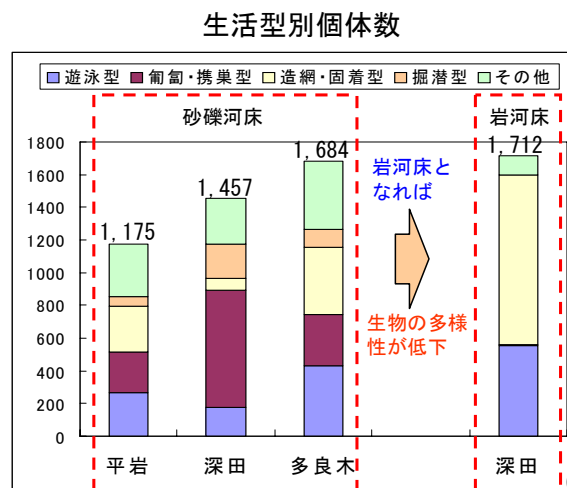
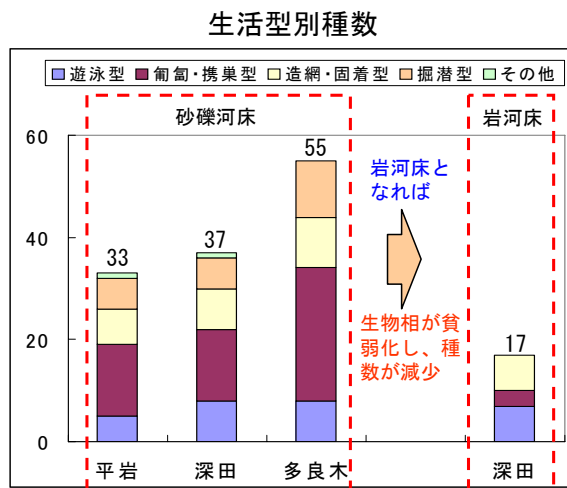
底生動物は生態により以下のように分類でき、人吉層のような岩河床では匍匐・携巢型や掘潜型の生息環境として適していない。(生活型分類の参考文献:水生昆虫学(1962)津田松富)



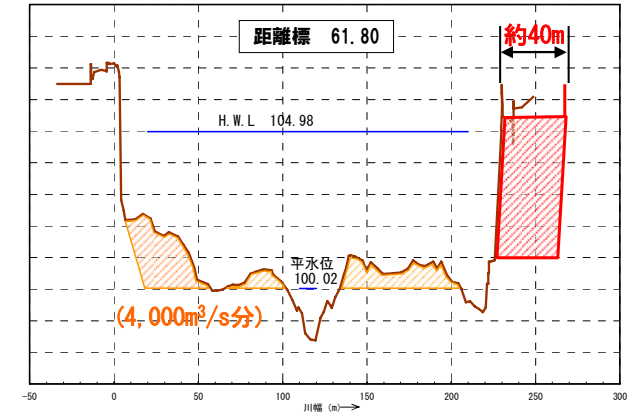
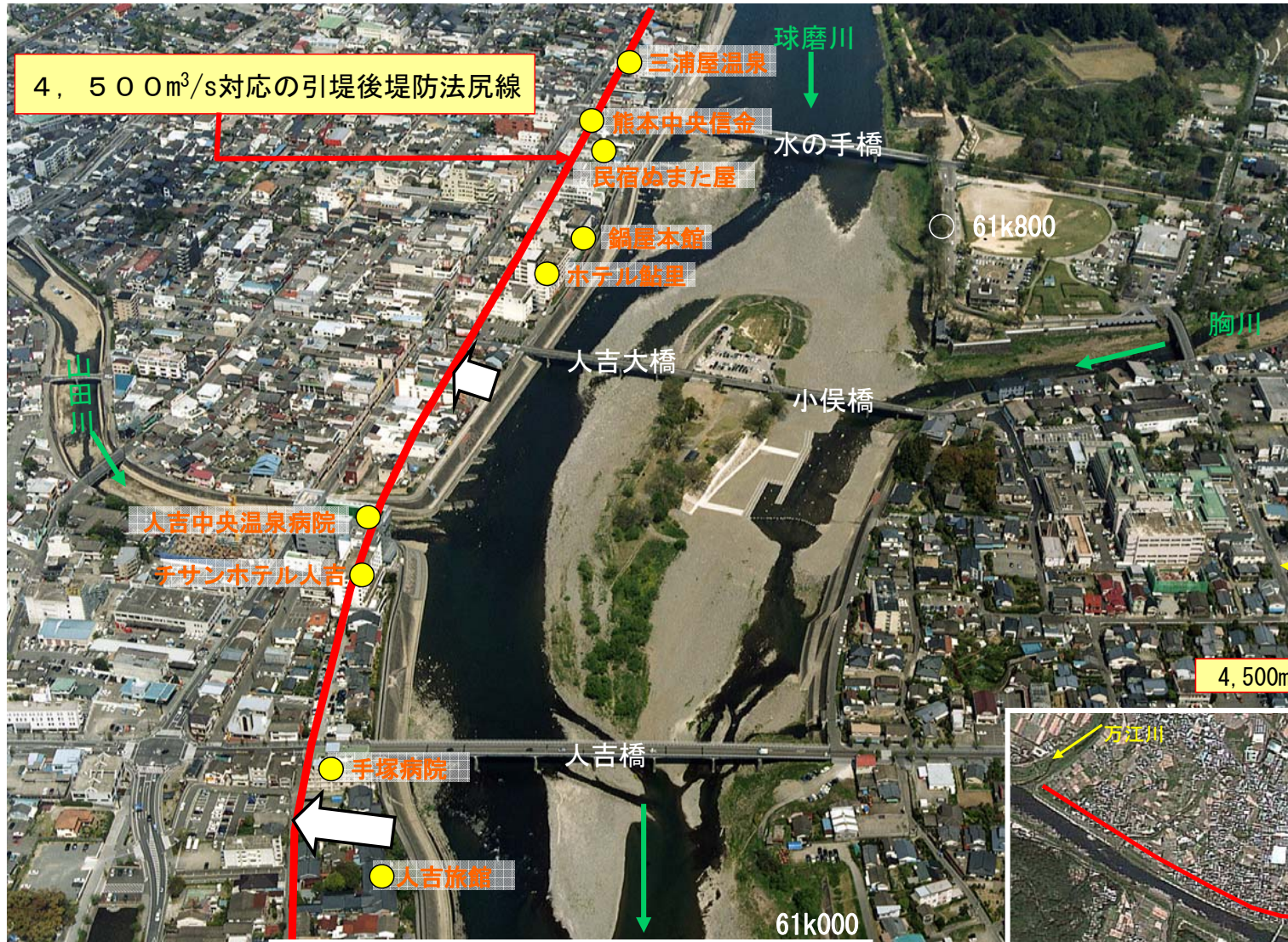
## 球磨川での事例

右図の各地点における底生動物の調査の結果、深田地点の岩盤が露出した河床では、

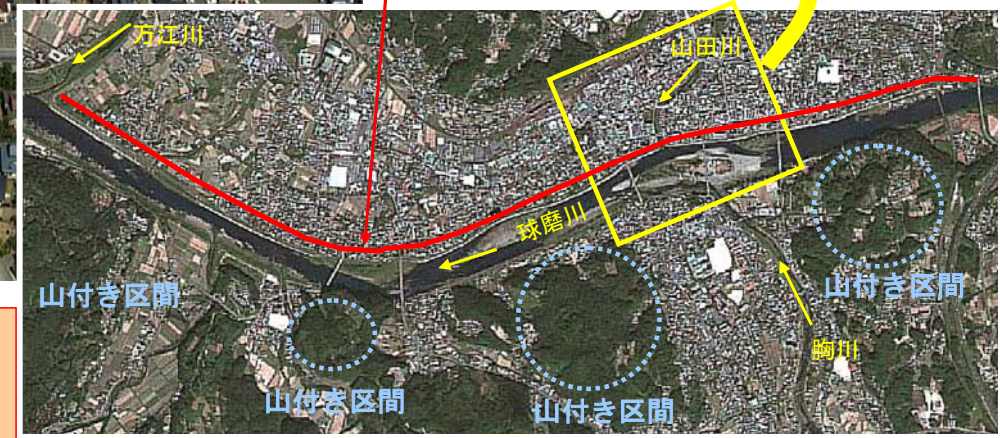
- 生活型別種数から
    - 総種数が少ない。
    - 掘潜型の種が確認されない。
    - 匍匐・携巢型の種が少ない。
  - 生活型別個体から
    - 掘潜型の種が確認されない。
    - 匍匐・携巢型の種が1%も満たない。
- であることから、砂礫層と比較して底生動物相が貧弱になり、また多様性が低くなっていることがわかる。



・ 4,000m<sup>3</sup>/sを超える河床掘削が困難であることから、引堤について検討。



4,500m<sup>3</sup>/s対応の引堤後堤防法尻線



左岸側は山付き区間が不連続で存在しており、引堤は困難。家屋・温泉旅館等が存在する右岸側での引堤案を検討。

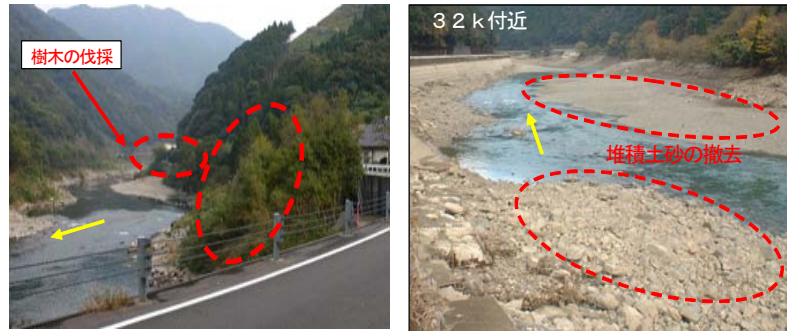
・ 河床掘削等で対応した上で4,500m<sup>3</sup>/sを安全に流下させるよう引堤を行った場合、温泉旅館・病院等が存在する人吉市の中心市街地を含む約370戸の移転が必要となり社会的影響大。  
 ・ 4,000m<sup>3</sup>/sを超える流量を引堤で対応することは困難

# 中流部における「流し得る流量」の検討

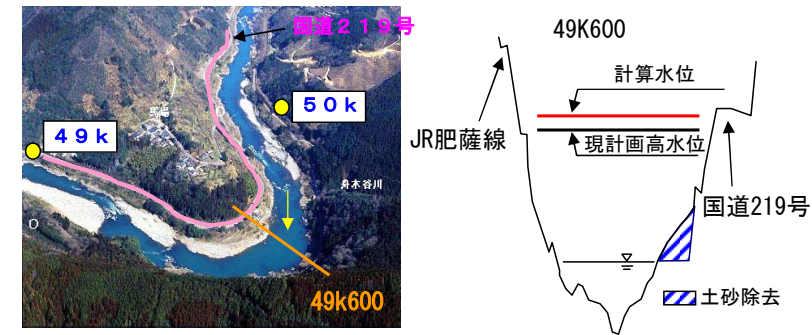
- ・中流部については、計画高水位を上げた場合には、JR肥薩線や国道219号の嵩上げ、既に嵩上げが完了した家屋の再嵩上げが生じることから、中流部全体に亘り計画高水位を上げることは困難。
- ・上流での洪水調節により流下してくる流量5,500m<sup>3</sup>/s（人吉地点4,000m<sup>3</sup>/sの場合の渡地点通過流量）について対応可能か検討。

○渡地点において、5,500m<sup>3</sup>/s（人吉地点4,000m<sup>3</sup>/s）を超える流量では、嵩上げ家屋の増加や家屋の再嵩上げが必要となり、居住者の負担が大きくなるなど計画高水位を上げることは困難。

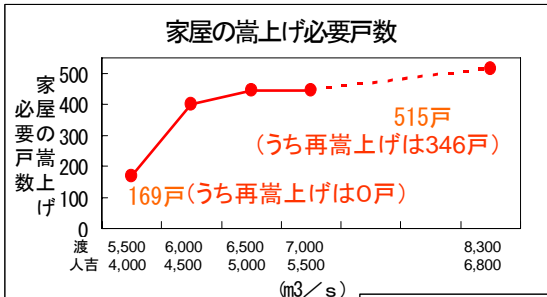
○樹木の伐採や部分的な堆積土砂の除去



○計算水位が計画高水位を上回る箇所については、周辺にJR肥薩線、国道219号線および家屋の嵩上げ等に対しての影響が生じないことを確認しており、有堤区間でなく山付きかつ岩盤であるため地形的にも問題ない。

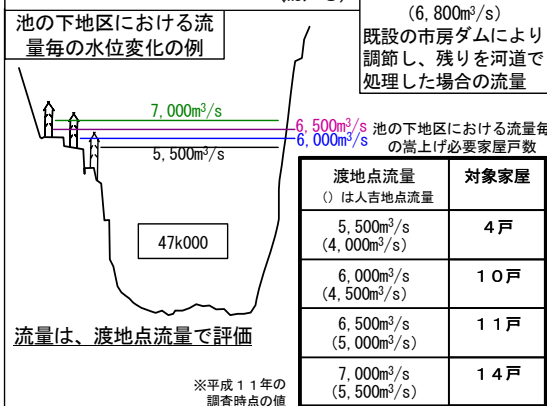
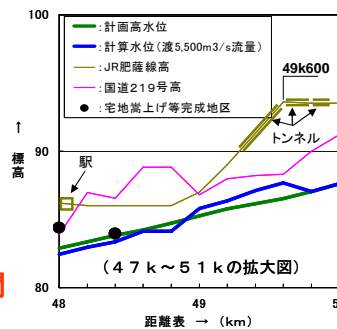
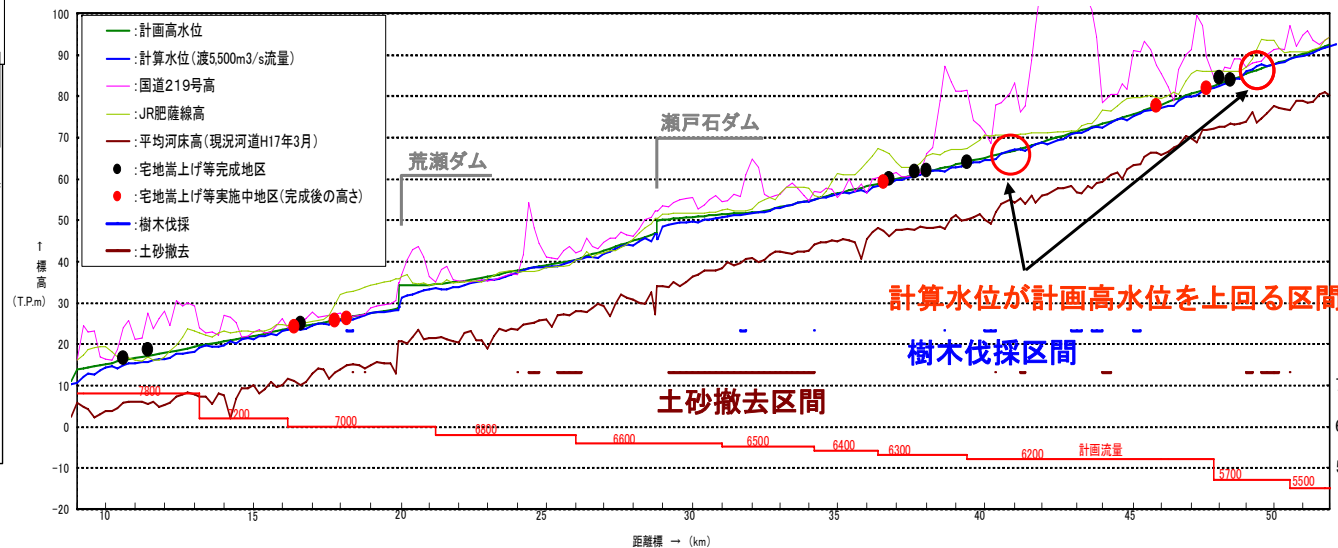


◎流量毎の家屋の嵩上げ必要戸数



◎渡地点 5,500m<sup>3</sup>/s 流下時の水位縦断面

2区間で計画高水位を上回る

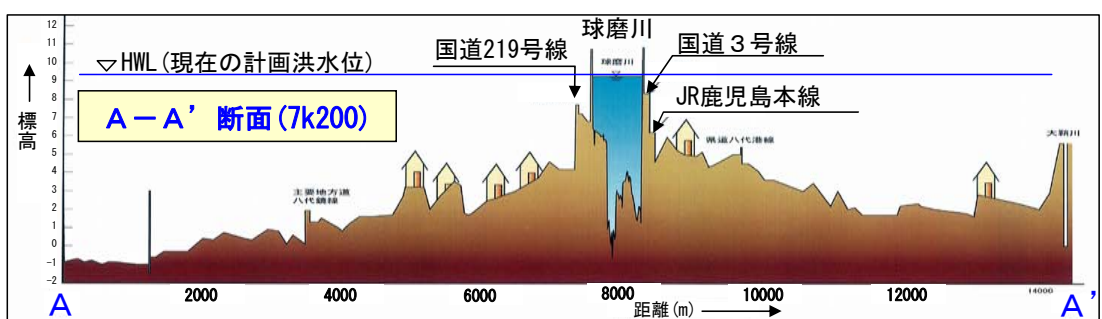
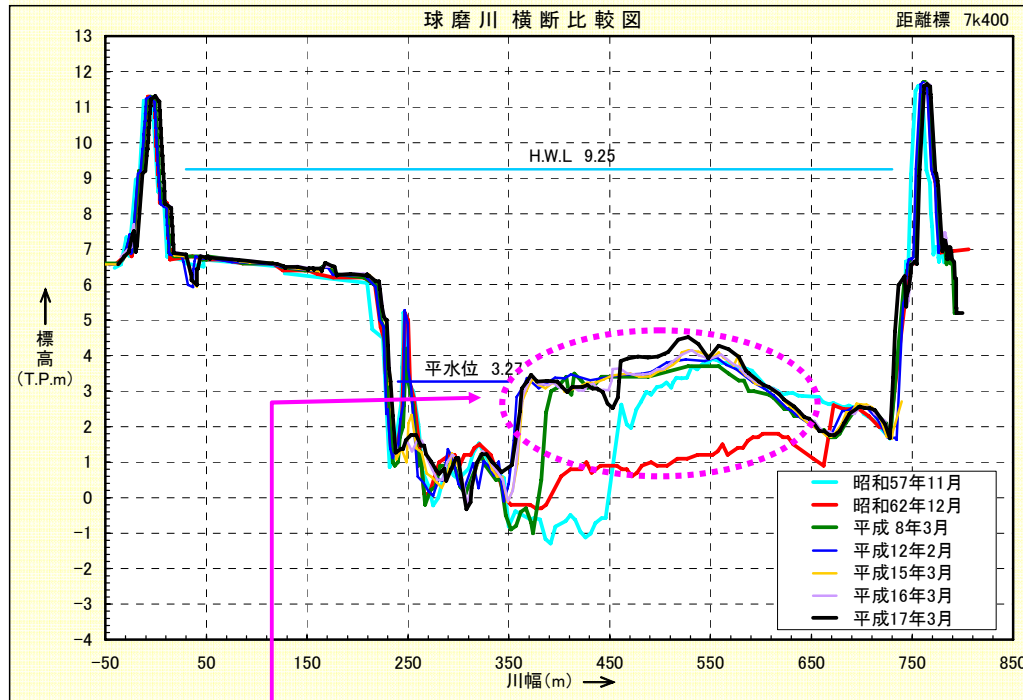
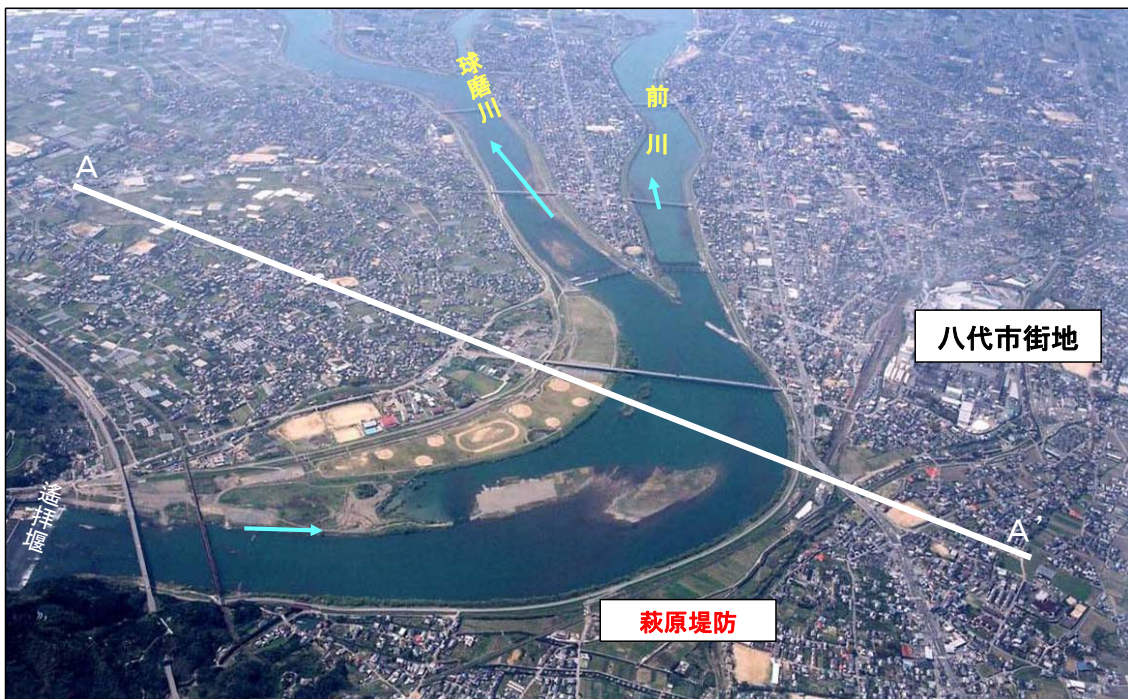


- ・現在実施中の計画高水位以下の家屋嵩上げ等の治水対策が完成しても5,500m<sup>3</sup>/sは流せない。
- ・部分的な土砂の除去・樹木の伐採等を行えば、局所的には水位が計画高水位を上回るものの、JR肥薩線や国道219号および家屋に影響しないことから5,500m<sup>3</sup>/s（渡地点）の対応が可能。

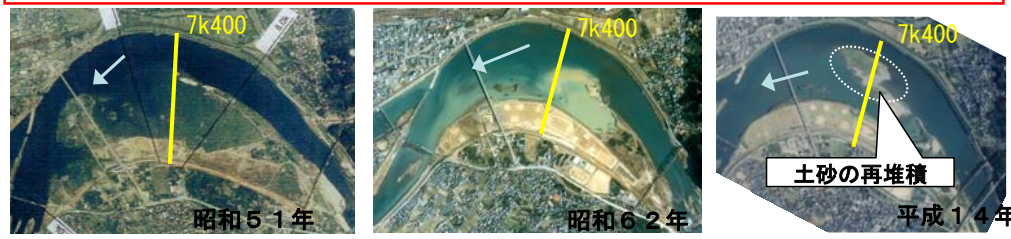


# 下流部における「流し得る流量」の検討

- ・下流は人口・資産の集積する扇状地と干拓地が広がる天井河川。ひとたび氾濫すると低平地に氾濫流が広がる地形特性。できる限り水位を下げる事が基本であり、治水対策として、計画高水位を上げることは避けるべき。また、沿川まで市街地が形成されており、引堤は困難。
- ・萩原堤付近は、過去に掘削したものの再堆積し、その後安定していることから低水路の掘削による河積の増大はこれ以上見込めない。



昭和62年は掘削により河積を拡大しているが、平成8年までに再堆積し、その後はほぼ同じ河積で安定。



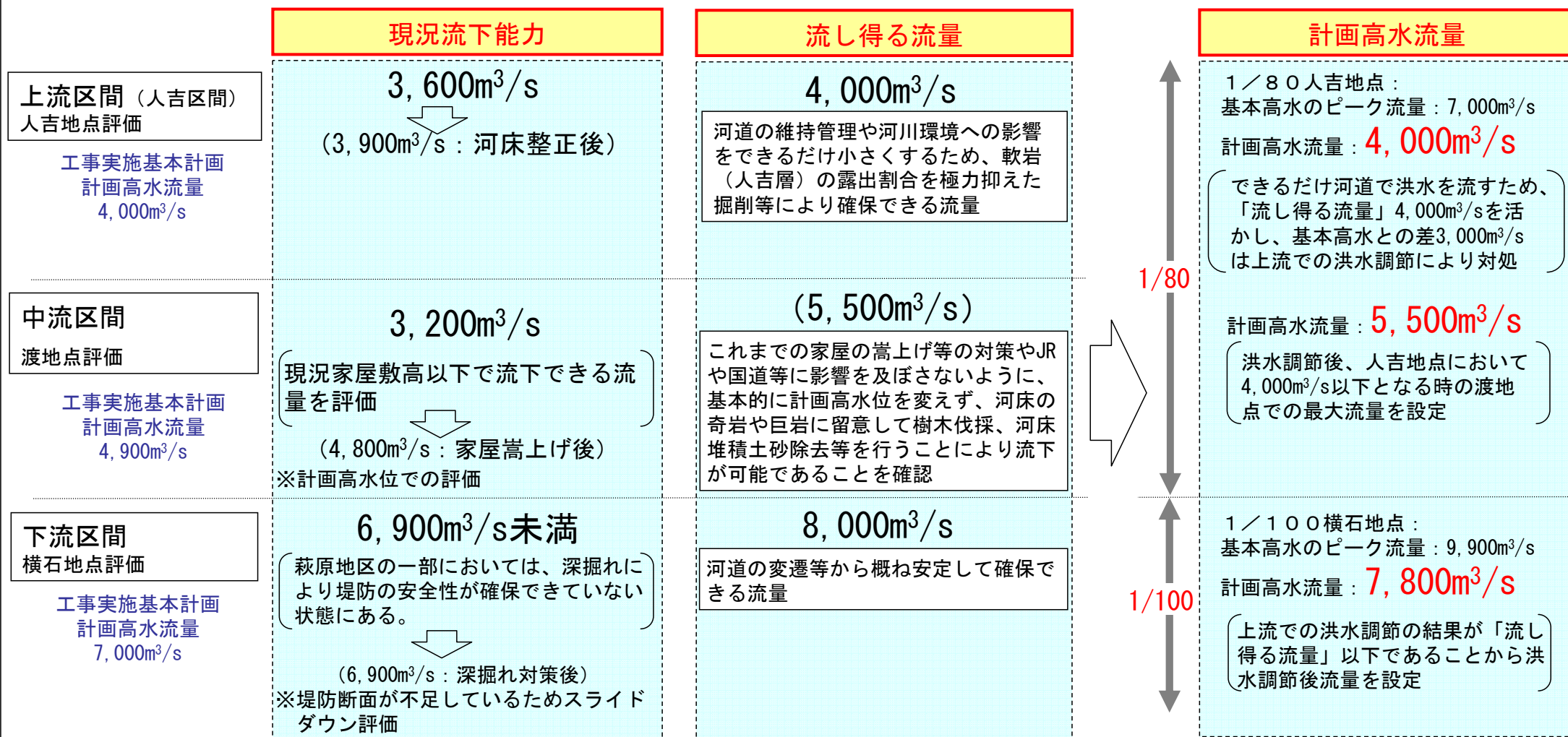
河床の安定を考慮し、深掘対策・高水敷造成・堤防の拡幅を行った上で、左岸高水敷の一部を掘削すれば概ね8,000m<sup>3</sup>/sの河道断面の確保は可能

# 計画高水流量（案）について（1）

**現況流下能力**：現状の河道における流下能力

**流し得る流量**：物理的、社会的、環境上の制約条件等を考慮した上で堤防の整備等の改修を行った河道における流下能力

**計画高水流量**：治水計画上、河道に配分する最大流量（「流し得る流量」以内）

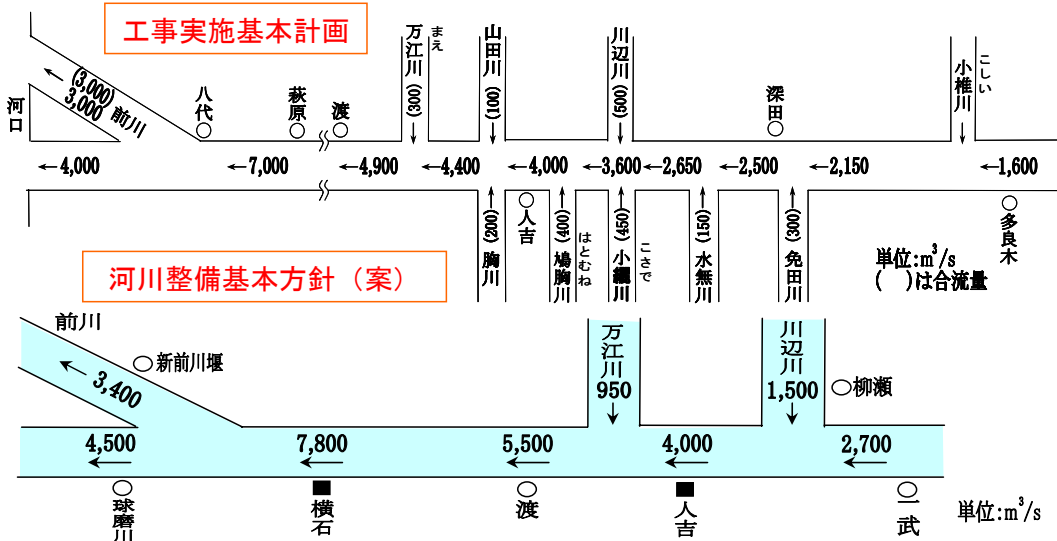


※洪水調節は、上流・中流・下流とも同様の調節方式

# 計画高水流量（案）について（2）

- ・上流・中流・下流について「流し得る流量」を検討した結果、河道のみでは基本高水のピーク流量を安全に流下させることはできない。
- ・このため、洪水調節施設が必要。
- ①上流の基準地点人吉では、できるだけ河道で洪水を流すため「流し得る流量」4,000m<sup>3</sup>/sを計画高水流量とし、基本高水のピーク流量との差3,000m<sup>3</sup>/sは上流の洪水調節施設により対処。
- ②中流は、人吉4,000m<sup>3</sup>/sの時の流量が5,500m<sup>3</sup>/sであることから、洪水調節後の流量を計画高水流量とする。
- ③下流は、基準地点横石地点で設定した基本高水に対し、洪水調節後の流量が「流し得る流量」以下となるため、これを計画高水流量とする。

計画高水流量図



※工事实施基本計画では萩原地点を基準地点としているが、以降の検討では近傍で流量観測が行われている横石地点で評価しているため、横石地点を基準地点と設定。

河道への配分流量（案）

単位：m<sup>3</sup>/s

河川名	基準地点	基本高水のピーク流量	洪水調節施設による調節流量	河道への配分流量
球磨川	人吉	7,000	3,000	4,000
	横石	9,900	2,100	7,800

（参考）工事实施基本計画における計画高水流量の算出

地点名		川辺川型	本上流型	本川下流型 I	本川下流型 II	全川型
人吉	調節前	7,040	7,060	5,840	5,950	5,940
	調節後	3,380	<b>4,000</b>	2,920	3,870	3,450
萩原	調節前	8,910	8,900	8,500	8,570	8,580
	調節後	5,340	5,890	5,850	<b>6,550</b>	6,130

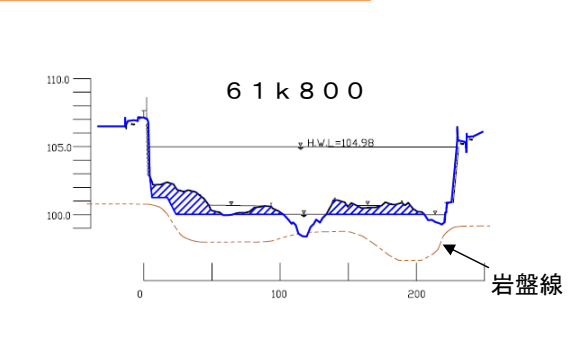
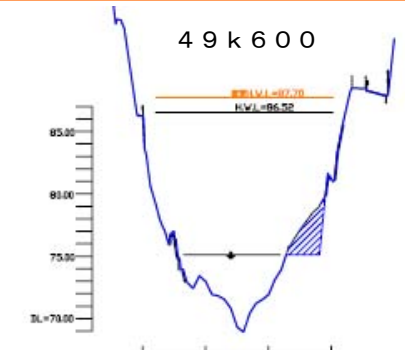
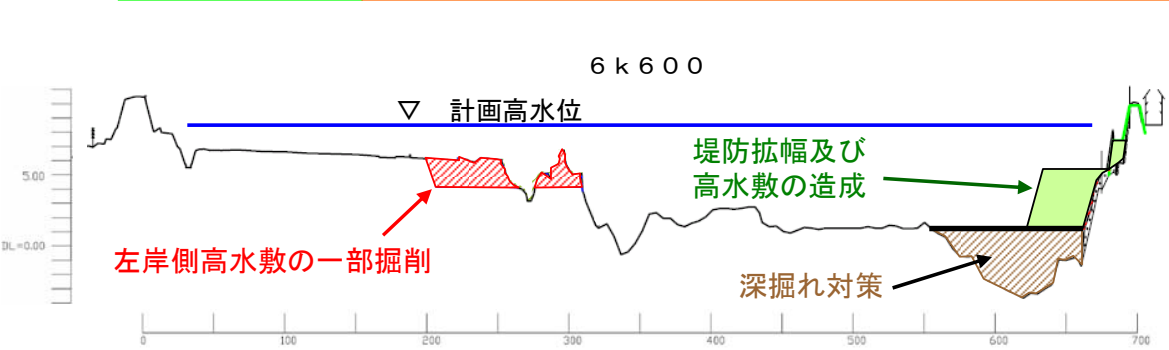
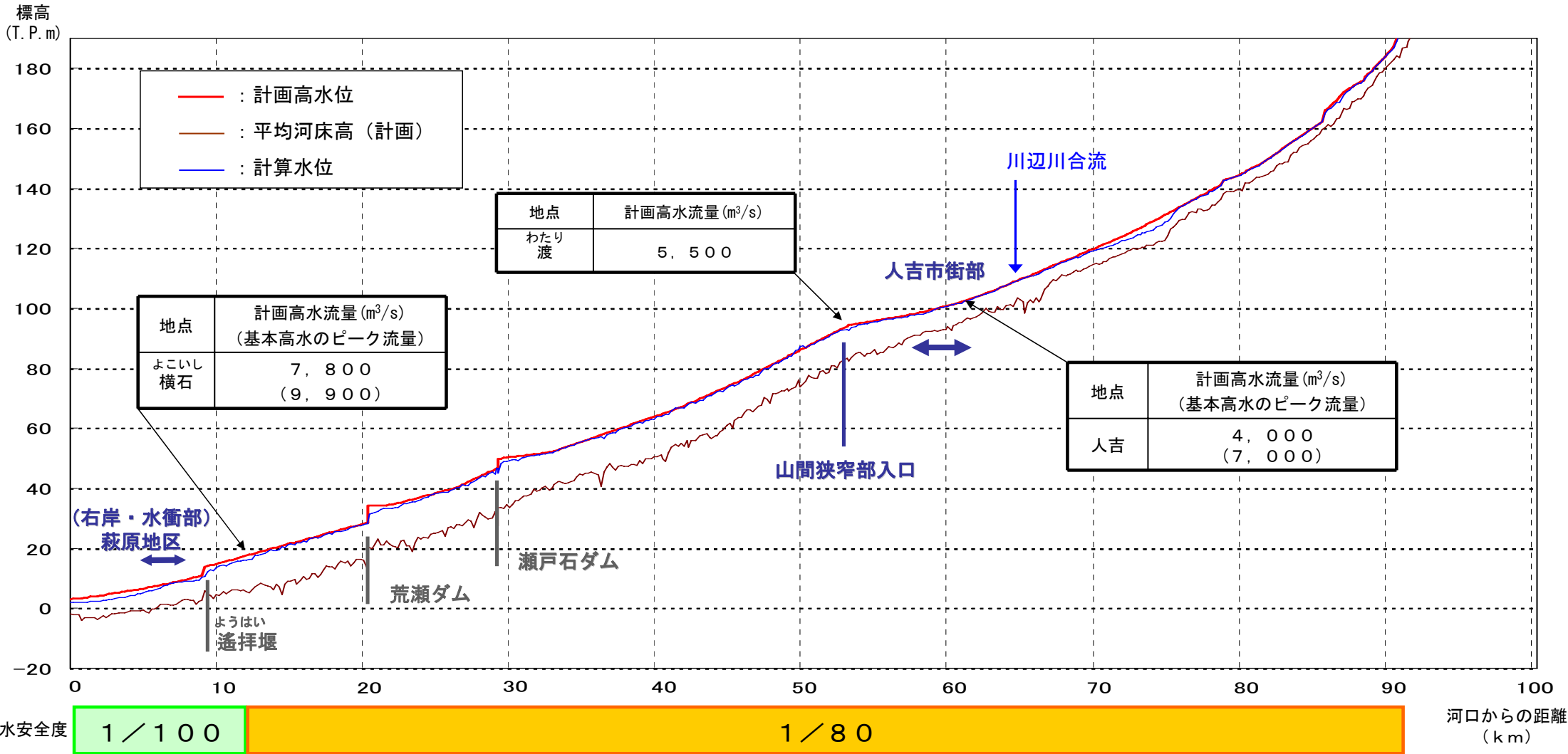
【参考】各地点における計画高水流量算定結果

単位：m<sup>3</sup>/s 赤字は最大値

安全度	地点名	流し得る流量	S30.9	S39.8	S40.7	S46.8	S47.6	S47.7	S57.7.12	S57.7.25	H5.7	H5.9	H7.7	H9.9	H16.8	H17.9	H18.7
1/80	一武	-	2,121	1,872	2,448	2,269	-	2,328	-	2,330	-	1,923	2,442	2,170	2,334	<b>2,575</b>	-
	人吉	4,000	3,195	2,873	<b>3,923</b>	3,362	-	3,819	-	3,640	-	3,127	3,805	3,377	3,493	3,295	-
	渡	5,500	4,067	4,147	5,238	4,717	-	<b>5,448</b>	-	4,462	-	4,297	5,411	4,123	4,519	4,394	-
	横石	8,000	4,824	5,964	6,551	5,669	-	7,046	-	5,637	-	5,387	<b>7,301</b>	4,910	5,189	5,495	-
	川辺川	-	906	1,064	<b>1,429</b>	1,162	-	1,163	-	1,250	-	1,093	1,371	942	1,174	1,112	-
	万江川	-	630	<b>933</b>	759	419	-	456	-	418	-	493	741	295	362	420	-
1/100	横石	8,000	5,378	5,383	6,768	5,862	4,974	7,184	7,209	5,883	6,964	5,818	6,950	5,657	5,922	6,201	<b>7,796</b>

※S40.7洪水については、人吉のピーク流量7,000m<sup>3</sup>/sに合わせたハイドロを用いた。

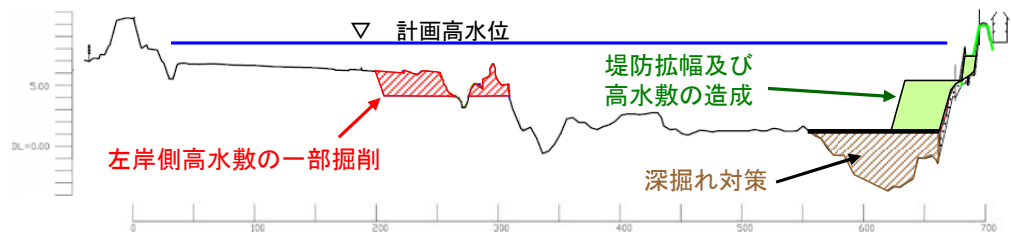
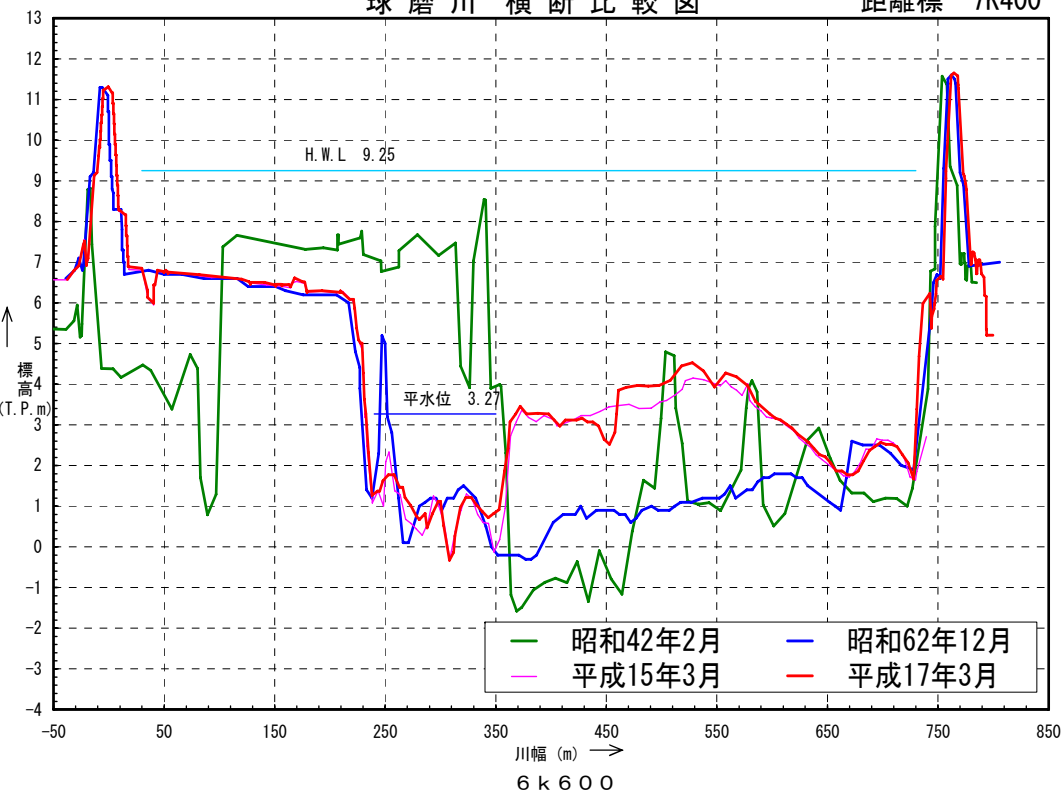
# 計画高水流量（案）について（3）



## ○下流部における流量増に対する追加的対応

- 工事実施基本計画7,000m<sup>3</sup>/s→河川整備基本方針(案)7,800m<sup>3</sup>/s (横石)
- 経緯 ①昭和41年工事実施基本計画策定当時は河積が大きく不足  
 ②その後、左岸堤防の引堤を実施するとともに、昭和60年代までに実施された砂利採取等により河積が大きく拡大  
 ③その後、一部再堆積し現在は安定。
- 現在6,900m<sup>3</sup>/s未滿の流下能力であるが、堤防が完成すると「流し得る流量」は、概ね8,000m<sup>3</sup>/sである。
- ただし、堤防の安全性をより高めるための高水敷造成及び中央部に流心を寄せるための高水敷の一部掘削が必要。

球磨川 横断比較図 距離標 7K400



## ○中流部における流量増に伴う影響

- 工事実施基本計画4,900m<sup>3</sup>/s→河川整備基本方針(案)5,500m<sup>3</sup>/s (渡)
- ・工事実施基本計画で600m<sup>3</sup>/sの流量増となり、工事実施基本計画で想定している対策に加え、樹木の伐採や部分的な堆積土砂の除去が必要。
  - ・なお、局所的には計画高水位を上回るもののJR肥薩線、国道219号への影響はなく、家屋の再嵩上げもない。

樹木の伐採



部分的な堆積土砂の除去



計算水位が計画高水位を上回る箇所

