

「領内名勝図巻」 寛政5年(1793年) 矢野良勝

平成26年3月20日

八代河川国道事務所

【目次】

1.	瀬の再生の基本方針	1
2.	遙拝堰の変遷	2
3.	デザインコンセプト	14

【参考】上流からの土砂の供給について

河床デザインへの思い

球磨川下流域の自然再生の一環として、瀬・淵が連続する多様な流れを再生し、かつてのようにアユ等の魚類が豊富な環境とするべく、河床デザインの検討を行った。

対策実施の予定地となったのは、現在、遙拝堰のある地点である。ここは古来より八代地域の水利用上の要所で、文献によると中世には既に杭瀬が打たれていたと言う。また、球磨川のアユの生息環境として重要な地点でもある。

天正16年(1588)、肥後の国に入国した藩主加藤清正は、この杭瀬を石堰に改め「遙拝堰」と名付けた。水の勢いを下流に向かっていなす形式の斜め堰は、漢字の「八」の字に似ていたため、八の字堰とも呼ばれた。土木の神様と讃えられたその手腕によって、清正は、球磨川の急流を制御して地域の農業生産力を底上げし、度重なる一揆や洪水で荒廃していた農地や民心の立て直しを実現したのである。

八の字堰の「八」は、八代の「八」でもある。

球磨川の瀬・淵を再生するにあたり、この「八」の形態を採用することで、多様な河川環境と共に、かつてそこに在った風景と地域の歴史を蘇らせ、新たな八代の財産とする、 これは「良好な環境再生」 と「歴史的土木遺産の再現」を融合させる試みである。

球磨川下流域環境デザイン検討委員会

1. 瀬の再生の基本方針

第5回の検討委員会で了承された6項目の河床デザインの基本方針およびそれに対応し、本委員会で議題とする内容について、以下に示す。

- 1. 加藤清正由来の旧遙拝堰(八の字堰)の形状を基本とする。
 - ⇒八の字堰の構造について、古文書、研究書等を元に、考え方、構造、施工方法、材料等に ついて抽出し、できるだけ旧遙拝堰(八の字堰)の形状の復元に努める。
- 2. アユの生息環境に配慮する。
 - ⇒河床整備するにあたって、アユの生息に必要な環境条件を整理するとともに、エサ場環境 の拡大、継続的な産卵場を確保する。
- 3. アユ以外の生物にも配慮する。
 - ⇒アユ以外で球磨川の指標種と位置付けられる、ウナギに対しては多孔質な構造、ヨシノボリ属に対しては礫河床、モクズガニに対しては餌環境と回遊性の向上等を確保する。
- 4. 現代の自然景観に調和させるようなデザインとする。
 - ⇒球磨川の現在の自然景観の調和すべく、出来る限り球磨川の自然素材を活用する。
- 5. 空間利用が促進されるようなデザインとする。
 - ⇒水辺空間の利用といった観点から、左右岸からの近づきやすさを向上させる。 旧遙拝堰(八の字堰)の形状と復元した経緯を含め、歴史・文化の学習の場として次世代 に引き継ぐための啓発を実施する。
- 6. 近代の河川技術(水理的な根拠)より詳細な構造を模索する。
 - ⇒上記1~5の基本方針を考慮するとともに、洪水時に流出しにくい構造とする。 また、福留脩文氏が取り組んで来られた「水制工及び分散型落差工」等の理論を活用する。

(1)加藤清正と遙拝堰

遙拝堰は、加藤清正が肥後に入国して着手した事業の中でも、 晩年に近い慶長13年 (1608) 頃に造られた。

八の字型は、 急流である球磨川の力を斜めの堰で減殺し、長い堰体で流れを南北に分け、 さらに、流れの先に設けた樋口で水を広大な八代平野の田畑に取り込む仕組みとなっていた。 清正逝去直後の覚書とされている『手島文書』には

"殿太守様(清正)二ハ水ヲ憎マス大切二致シ粗略に仕まじくも嗜候へと常の御諭遊ばされ候、千里の堤も蟻の一穴とかや"

と記されている。遙拝堰以前に着手された渡鹿堰や鵜ノ瀬堰、白石堰といった斜め堰も、水流に相対せず、その流れをいなしつつ制御した点で、「水ヲ憎マス」と言う清正の治水に対する 姿勢を基本に造ったことがうかがえる。



加藤清正像(本妙寺蔵)

時 代	年 代	河川事業
安土桃山	天正16年(1588)	・加藤清正、肥後の国に入国 治水・かんがい・干拓事業に着手(渡鹿堰、石塘堰等)
江戸	慶長9年(1604)	・御船川に川田堰(上島堰)を構築
江 戸	慶長10年(1605)	•寺田井手
江戸	慶長12年(1607)	・鵜ノ瀬堰
江 戸	慶長13年(1608)	· <mark>遙拝堰</mark> 、萩原堤防
江戸	慶長14年(1609)	•太田井手
江戸	慶長年間 (1596~1614)	・六間石樋、若宮堰、大井樋、小井樋、辺場ノ前井手、築地堰・寺田井樋、寺田井手、赤星堰、横田井手、仮屋井手、白石堰、庄堰・遙拝井樋、前川堰
江戸	慶長16年(1611)	▪病没

出典:『九州地方の古地理に関する調査 古の文化と豊かな自然』(平成14年3月、国土交通省九州地方整備局、国土交通省国土地理院) 『肥後藩農業水利 一肥後藩農業水利施設の歴史的研究ー』(昭和45年12月、本多彰男)

(2)絵図、写真等による遙拝堰(八の字堰)の形状

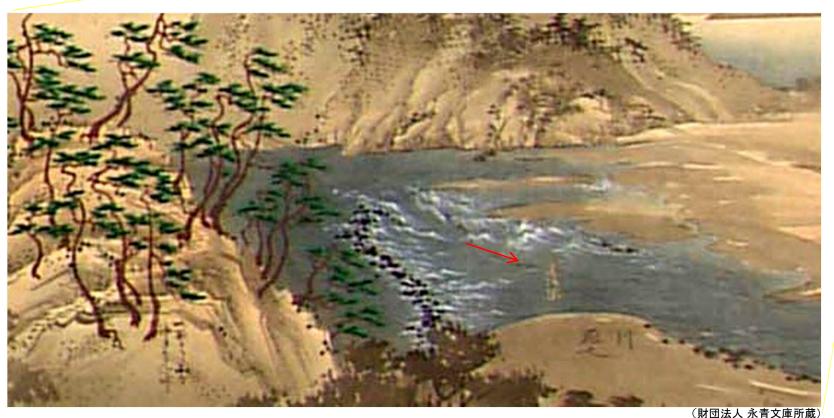
その1 遙拝堰 『領内名勝図巻 第十巻 求麻川筋(1793年:寛政5年)』

加藤清正が造った遙拝堰に最も近い姿は、旧熊本藩主細川家 が所蔵している文物『領内名勝図巻』に描かれたものと考えら れる。

作者の矢野良勝は、細川時代の肥後藩のお抱え絵師であり、 雪舟の技法に習い、大胆な筆使いながら細い部分も極めて写実 的に描く作風であった伝えられている。

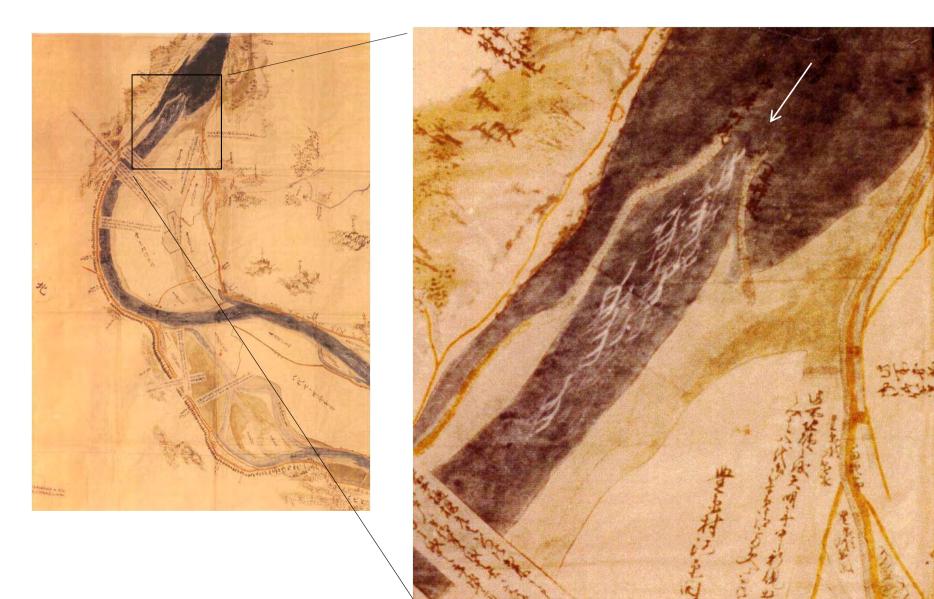
この遙拝堰は、画中の墨書から、右岸側から堰を見た風景で あると推察される。





その2 遙拝堰 『球磨川絵図(1836年:天保7年)』

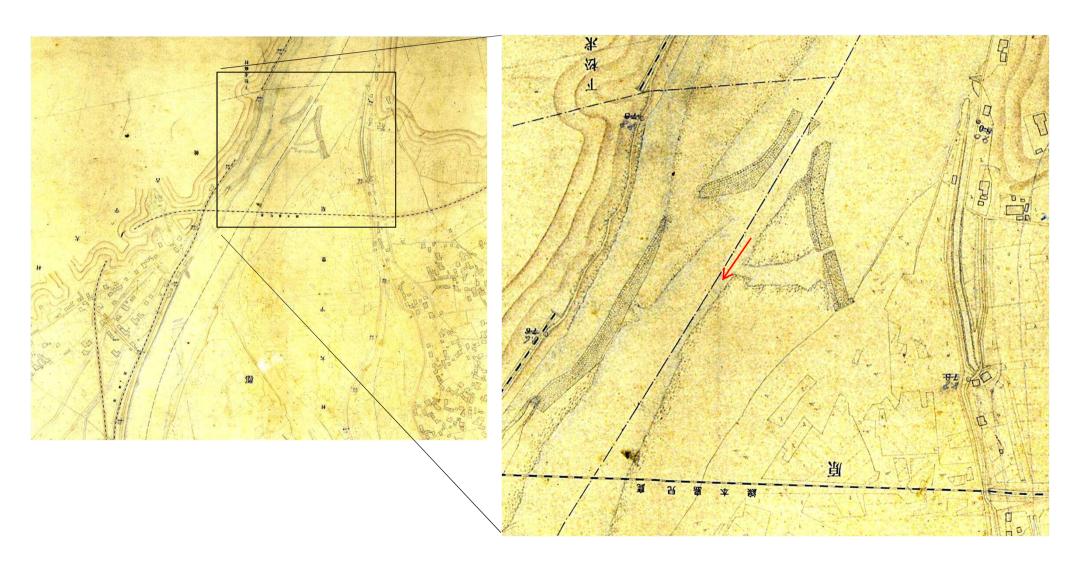
八代城主松井督之の時代に描かれた、球磨川絵図の遙拝堰である。流頭の開いた堰の間を流れ下る水が白い線で描かれている。



(熊本県立図書館所蔵)

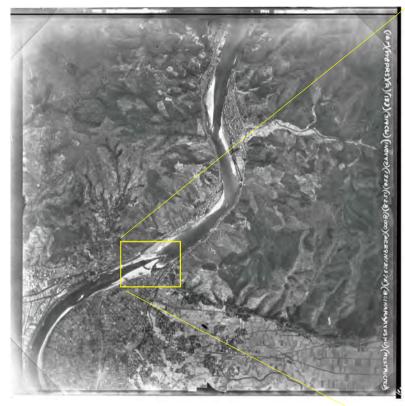
その3 遙拝堰 『球磨川測量図(1933年:昭和8年)』

昭和8年の球磨川測量図面上の遙拝堰である。2本に分かれた堰の流頭にも、小規模な構造物があるが、全体の形は天保年間の球磨川絵図の遙拝堰、また、後年撮影された航空写真の堰の形にも極めて類似しており、コンクリートの八の字堰に改変される前の姿を正確に伝えている。

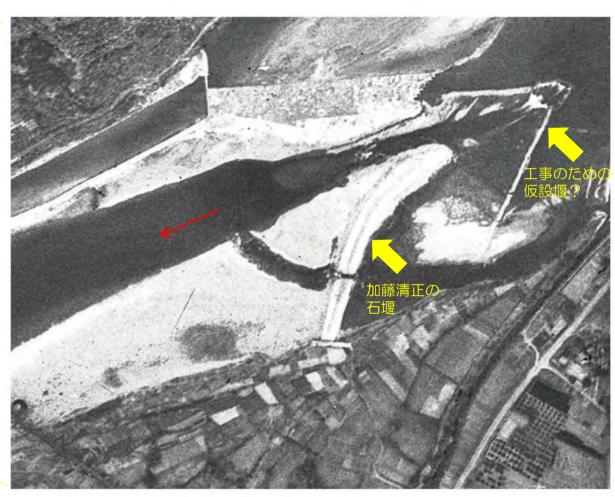


その4 遙拝堰 『航空写真(1947年:昭和22年)』

昭和22年に撮影された遙拝堰。改修の時期は不明であるが、石堰からコンクリート堰へ改変された後の写真と思われる。 1970年(昭和45年)に農学博士の本多彰男が著した『肥後藩農業水利史』に記述された遙拝堰の姿は、この写真の頃のも のではないかと推察される。



(国土地理院所蔵)



遙拝堰は、球磨川が山間地帯より平野へ移行する境界地点で、洪水時の水かさが太く水害多きため、この築造にあたっては地中深く巨石をしきこみ堰体の基礎工事を行ったと伝えられている。

石堰の平面形は、幅400mの川の中に八字形に構築されている。石堰の長さは、宮地側は約350m、高田側300m。両石堰の間は舟や筏の通路として30~40mあけ、 増水時は堰の上を水が越す仕組みである。また、宮地側には石堰につづき用水取り入れ口の堤防が250mあるので、総延長実に900mにおよぶ雄大なものであった とされている。 (『肥後藩農業水利史』(昭和45年)より)

その5 現在の遙拝堰

遙拝堰は、昭和43年に可動堰に改築された。建武年間(1300年代)、遙拝堰の起源となる杭瀬を造った内河氏より堰の総鎮守として建立された遙拝神社では、境内の堰を見下ろせる一角に、この事業を記念して建てられた石碑と八の字堰の姿を刻んだモニュメントを見ることができる。

改築後の遙拝堰は、平水時は両岸側の魚道と土砂吐、洪水時は洪水吐ゲートからの放流となっている。 遙拝堰下流では、出水時には流速7.0m/sにも達すると想定され、河床低下の要因の一つとなっている。



遙拝神社(豊葦原神社)境内の石碑



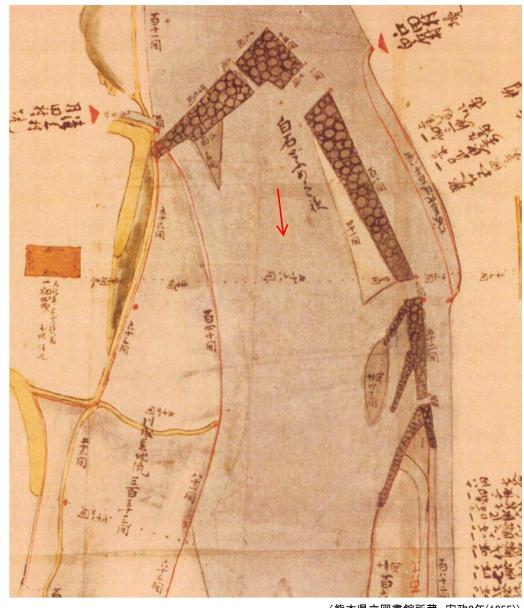


(3) 加藤清正による他の斜め堰の諸元

その1 白石堰 『菊池川全図(1855年:安政2年)』

"堰の長さは菊池川右岸に16間(約30m)と47間(約 90m)を川に逆う形で2つ並べ、その間に魚道を1カ所つ けている。(中略) 八字の長辺の形になるように第2堰 が108間(約205m)の長さ、第3堰が長さ52間(約99m) の石堰、第4堰に約20間(約38m)の石堰を設け、各々の 堰の間は舟運道と余水叶にあてている。その第4堰から 182間(345m)の所に井樋を設けて梅林牟田(計:旧内 田郷4村の一部)への養水取入口としている。堰幅は中 心の石堰が10間(約19m)である。堰の高さは3.5mとい われている。堰体は表面は花高岩(花崗岩)または凝灰 岩の切り石で、その下は二和土(砂と粘上を混合したも の)か三和土(砂と粘土と石灰を混合したもの)で固められ ている。これらの八字型堰の構造は球磨川の遙拝堰で行 われており、また堰の凝固方法の二和土や三和土方法は 緑川の鵜の瀬堰でもみられる方法である。2カ所の余水 吐は白川の渡鹿堰等でみられる工法である。"

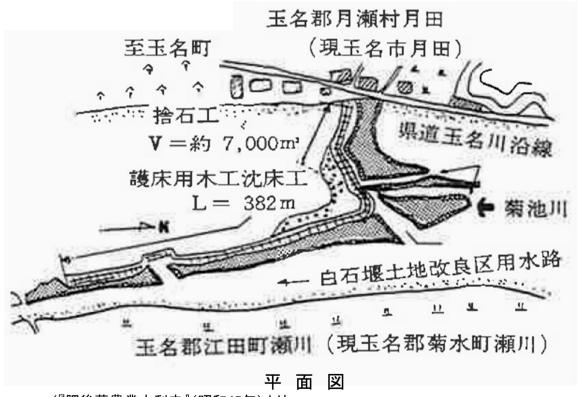
『土木史 加藤清正の土木と治水(その六)』 (平成3年12月発行『月刊建設』より抜粋)



(熊本県立図書館所蔵、安政2年(1855))

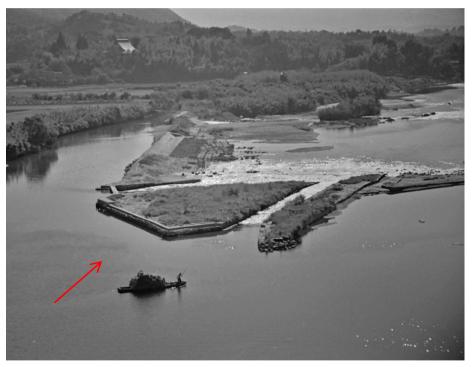
その2 白石堰 『肥後藩農業水利史(1970年:昭和45年)』

清正の造った斜め堰は、水流を和らげる治水上の役割と同時に、水をかんがいに利用することも重要な目的であった。堰の左岸側約600m下流には取入井樋を設け、暗渠の水路を経て、菊池川左岸側の梅林牟田110町余りをうるおしていた。



(『肥後藩農業水利史』(昭和45年)より

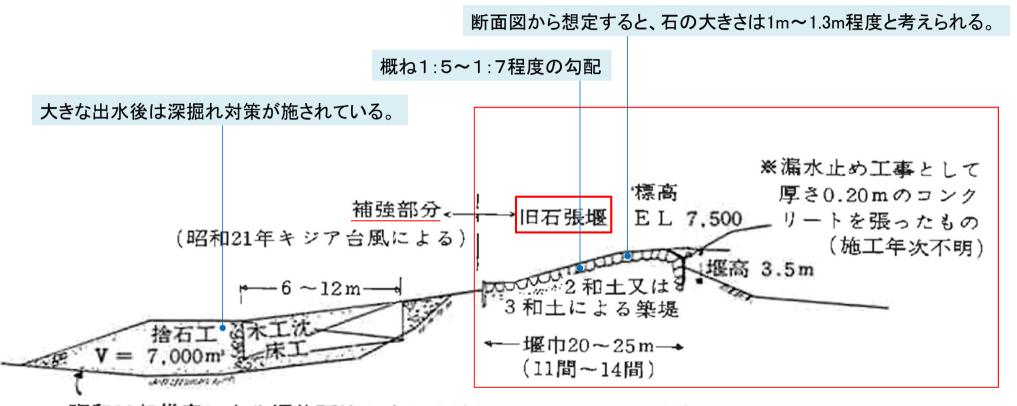
「熊本県玉名平野土地改良事務所横田雅次技師原図」)



昭和36年12月撮影

(写真提供:熊本日日新聞)

同じく、「玉名平野土地改良事務所横田雅次技師原図」の堤体標準断面図には、旧来の石張り部分の白石堰の構造も記されている。堤体の表面の切り石の下は、二和土(砂と粘土を混ぜたもの)又は三和土(砂、粘土、石灰を混ぜたもの)が盛られ、その幅は11間~14間(20m~25m)とされている。



昭和26年災害により堰体下流が大きく洗堀されたため木工沈床工と検石工により補強した。

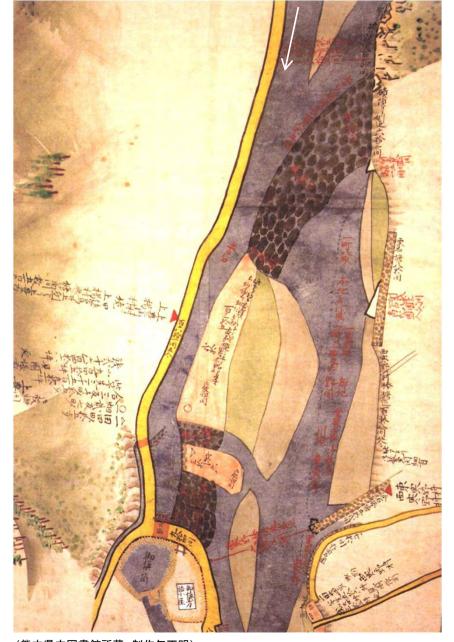
断面図

(『肥後藩農業水利史』(昭和45年)より「熊本県玉名平野土地改良事務所横田雅次技師原図」)

その3 鵜ノ瀬堰 『緑川図』

"堰の構造は、堰の上下に敷石を並べて堰体を強化し、左岸から右岸 へ「イ」字形に形どった堰を築造したと伝えているが、江戸時代の「緑 川図」(熊本県立図書館蔵)では、左岸から右岸にかけて、川とほぼ40度 の角度をもって右岸下流に中洲を挟んで2ヶ所に設置されている。堰の 長さは364間(約660m)、幅47間(約85m)、堰の上下水底深く畳みこ んだ石は長さ2間(約3.6m)、幅1間の巨石が使用されているといわれて いる(『明治以前日本土木史』)。また本田彰男氏の調査(『肥後藩農業水 利史』)では、10人もち以上の巨石を敷きこみ、敷石間には手頃な石、 または二和土か三和土が埋めてあり、下流に向って傾斜し47間(約 85m)ほど敷き堰体を強化しているもので、じっくりと磐石の工事を施 行していて、清正の真面目さがあらわれている、と報告されている。 (中略) さきの間覚書にも「すみ石などの置方と縄張りの時、やり方の いかんと何遍も何遍も据方をやり直したり、また自分で手を下しておん なはったぞ」と語るほどで、清正が陣頭指揮をとるとともに、自らも工 事したのである。また本田氏の報告では敷石に二和土(砂と粘土を混合) したもの)や三和土(砂と粘土と石灰を混合したもの)が漆喰い(しつくい) が施されているといわれているが、これも清正が土木工事に採用した方 法であったろう。『相川文書』(普請奉行飯田覚兵衛家臣)には「時と場 所次第に依って、漆喰之施も御座候が、これ出来上り候后ハ甚見事成様 二相見申候 | を記しているので、鵜の瀬堰工事でも採用したのであろう。 こうして造成した堰は、その後、天文4年(1739)まで数度の災害にも 崩れなかった。"

> 『土木史 加藤清正の土木と治水(その四)』 (平成3年10月発行『月刊建設』より抜粋)



(熊本県立図書館所蔵、制作年不明)

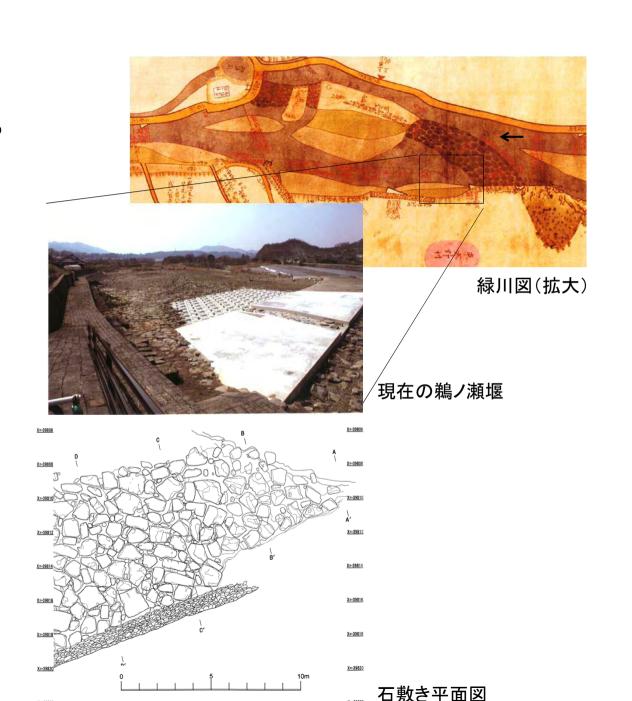
その4 鵜ノ瀬堰 『鵜ノ瀬堰上揚往還遺跡』

甲佐町が平成16年に実施した鵜ノ瀬堰の文化調査では、左岸の堰取り付け部分(東寒野地区)の南北幅15 m、東西幅120m、合計1,800m²が発掘され、このうち原位置を留めていると思われる南北幅7~12m、東西幅約100mが出土した。この調査によって、当時の石の組み方、使用した石材、石敷きの下の土層の構造等が明らかとなった。

"石敷きは、流水やそれに伴い流れてくる土砂等でそのほとんどの石の角が取れ丸くなっていたが、凝灰岩の割り石を中心に約0.4~ 1.0mのものを用い、それぞれの石をかみ合わせるように出土した。また、それぞれの石は、川の水が石の扁平な部分に垂直にあたり水の力で石を外してしまわぬよう、基本的には鋭角の部分を上流に向け水を切るように配置されていた。"

"石積みは、上流側では径0.15~ 0.3mの玉石を用いた野面積みを基本にしているが、上流から12m付近から様相が異なり、40m付近にかけては0.2~ 0.3mの凝灰岩の割り石が乱雑に積み上げられる。さらに40m付近から67m付近までは、径0.3~ 0.7mの割り石が一部布積み状に積み上げられ、さらに上部に0.2~0.3mの礫が積み上げられていた。上流から67m付近からは、0.7~ 0.8mの凝灰岩の割り石が用いられ、中でも径1.0mを超える巨大な割り石が用いられている。90m付近以降はほぼ石積みの形を成しておらず、増水等により壊され修復されなかったものとみられる。"

『鵜ノ瀬堰上揚往還遺跡』(平成24年3月)より抜粋



(4) 古文書、研究書等から見る加藤清正由来の堰の諸元

加藤清正が手掛け斜め堰について、その諸元等を下表に示す。

		白石堰	鵜ノ瀬堰
平面形状	・上流に頭を向けた八の字型・流頭が通船用に開いている	・堰高:3.5m・5つの部分から成る八の字型	・左岸から右岸にかけて40度の角度の斜め堰・右岸下流の中洲を挟んた2つの部分から成る
堰の構造※	・堤長 宮地側(右岸側)約350m 高田側(左岸側)300m・船通し幅 30~40m	 中心部: 16間(約29m)×15間(約27m)、幅10間(約18m) 右岸側:47間(約85m) 左岸上流側:108間(約195m) 左岸下流側:52間(約94m) 左岸最下流:20間(約36m) 	堰長 364間(約655m)堰幅 47間(約85m)
石の種類等※	<u>-</u>	表面は花崗岩、凝灰岩の切り石凝固法として、二和土(砂と粘土の混合)、三和土(砂、粘土、石灰の混合)	 ・凝灰岩、安山岩、石灰岩および近隣の石窯の取り壊しで出た廃材を使用 ・基本的には加工しやすい凝灰岩を多様(二和土、三和土を下流に向って傾斜するよう47間(約85 m)ほど敷き、堰体を強化)
石の大きさ※	_	• (横断図からみると1.0m程度)	 ・堤体には、幅1間の巨石を使用 ・敷石には、約0.4~1.0mの割り石を使用 ・深掘れ対策として1間以上の巨石を敷きこみ、敷石間には手頃な石や和土を使用

※1間···1.8m

(1)加藤清正由来の河床デザイン設定について

1)デザインのコンセプトとその根拠

- 〇加藤清正由来の旧遙拝堰(八の字堰)の形状を基本とし、逆アーチに湾曲した全体構造及び舟通し・余水吐き等忠実に復元する。 ただし、現存の産卵床を改変しない程度に下流側に移動した位置とする。
- 〇八の字の基礎構造は、遙拝堰は球磨川が山間地帯より平野へ移行する境界地点で、洪水時の水かさが太く水害多きため、この築造にあたっては地中深く巨石をしきこみ堰体の基礎工事を行ったと伝えられている。 (肥後藩農業水利史より) しかし、遙拝堰の詳細な基礎構造に関する文献が残っていないため、加藤清正が手掛けたと伝えられている斜め堰の白石堰・鵜ノ瀬堰を参考にし、八の字の上下流は巨石を敷き込み、八の字本体は下流に向かって傾斜した石張り構造とする。

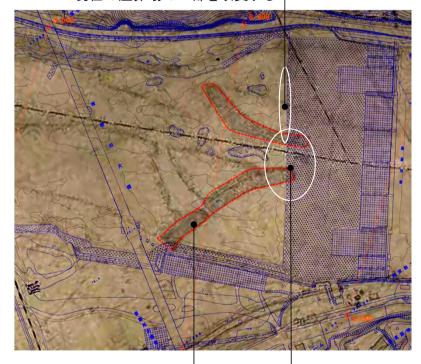
項 目	デザインへの反映	決定の根拠	
基本形状	加藤清正由来の旧遙拝堰 (八の字)の基本形状	・加藤清正由来の八の字を復元することにより、「良好な環境再生」と「歴史的土木遺産の再現」を融合させる。・収集した文献で最も古い球磨川絵図(天保7年)に近似している球磨川測量図(昭和8年)を踏襲する。	
	施工位置	・現存の産卵床を改変しない程度の位置。	
構造	石張り構造	 天正16年(1588)藩主加藤清正により杭瀬から石堰に改築されている。(肥後藩農業水利史より) 洪水時の水かさが太く水害多きため、この築造にあたっては地中深く巨石をしきこみ堰体の基礎工事を行ったと伝えられている。(肥後藩農業水利史より) 出水時7.0m³/sの流速にも耐えられる構造するため、水流を和らげる治水上の役割をもっていた白石堰の巨石を敷き込んだ石張り構造とする。(肥後班農業水利史より) 	
	構造体の上下流には巨石の敷石	・鵜ノ瀬堰 堤体を強化するために上下流に敷石を並べた構造となっている。 (土木史 加藤清正の土木と治水(その四)より)	
施工方法	下流に向かって傾斜した本体	・白石堰 肥後藩農業水利史 断面図より・鵜ノ瀬堰 下流に向かって傾斜し47間(約85m)ほど敷堤体を強化している。(土木史 加藤清正の土木と治水(その四)より)	
	※ 巨石間のコンクリート充填	・白石堰 堤体の表面の切り石の下は、二和土(砂と粘土を混ぜたもの)又は三和土(砂、粘土、石灰を混ぜたもの)が盛られている。(肥後藩農業水利史 断面図より) ・鵜ノ瀬堰 敷石間には手頃な石、または二和土か三和土が埋めてある。 (土木史 加藤清正の土木と治水(その四)より)	
材料	巨石の大きさ(2 t クラス以上)	・白石堰 1 m~1.3 m程度(肥後藩農業水利史より)・鵜ノ瀬堰 幅1間の巨石((土木史 加藤清正の土木と治水(その四)より)	

2) 河床整正のデザイン(形状と位置)

- ・河床デザインの形状は、加藤清正由来の形状にもっとも近いと考えられる昭和8年の形状を参照する。
- ・当時のままの位置では、現存の産卵床を改変する恐れがあり、現在の遙拝堰の護床ブロックに食い込む形となる。
- 現存の産卵床を改変しない程度に下流側に移動した位置とする。

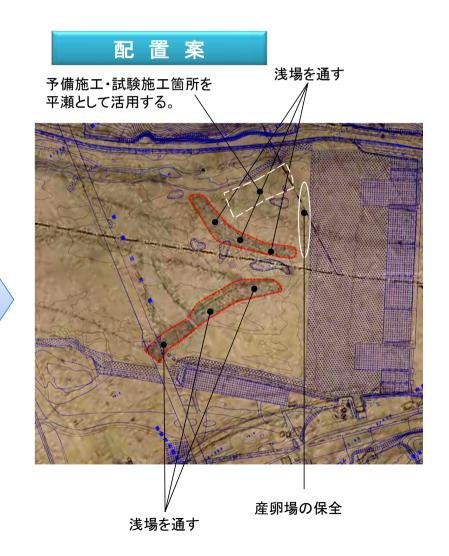
昭和8年との重ね合わせ

現在の産卵場の一部を改変する



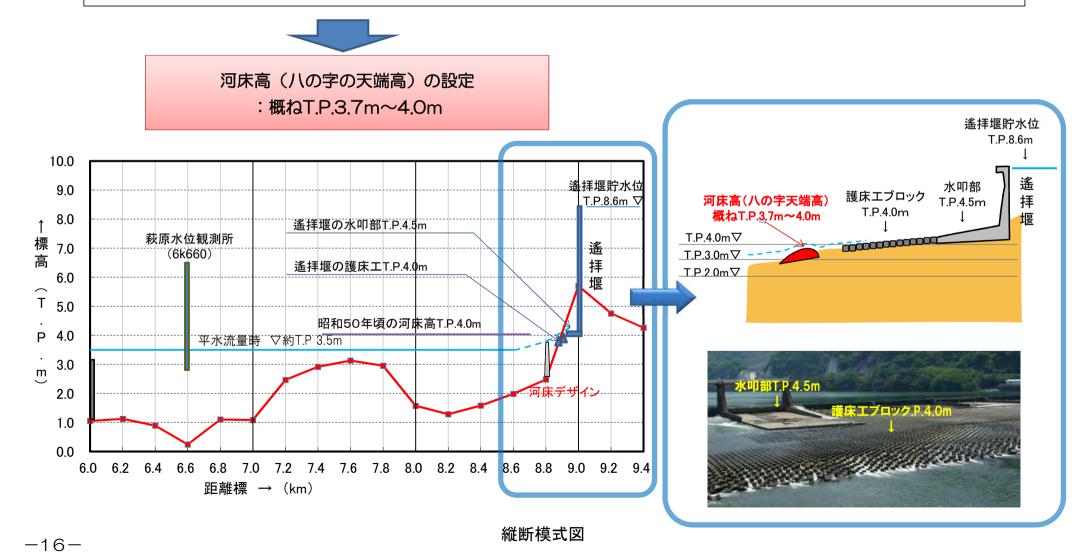
一部深掘れ箇所にあたる

現在の遙拝堰の護床ブロックに食い込む



3) 河床高(八の字の天端高) の設定の考え方

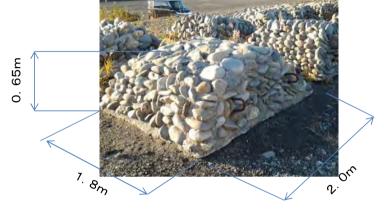
- ●遙拝堰下流に良好な瀬を形成するためには、水深30cm以上、流速が約0.5m/s以上の流況が必要である。
- ●河床を整正する8/800付近の現状として、アユ期(6月~10月)の水深が1.2m、流速は0.1~0.2m/sとなっており、河床を上げ水深、流速を改善する必要である。
- ●球磨川堰、新前川堰の上流のアユ期(6月~10月)の水位(洪水時を除く)は、球磨川堰の湛水区間で概ねT.P.3.5m、流水区間の8/800付近で概ねT.P.3.7mであることから、八の字の天端高は最低でもT.P.3.7m以上必要である。
- ●遙拝堰直下の護床工の高さはT.P.4.0m、良好な瀬が形成されていた昭和50年頃の河床高は概ねT.P.4.0mである。



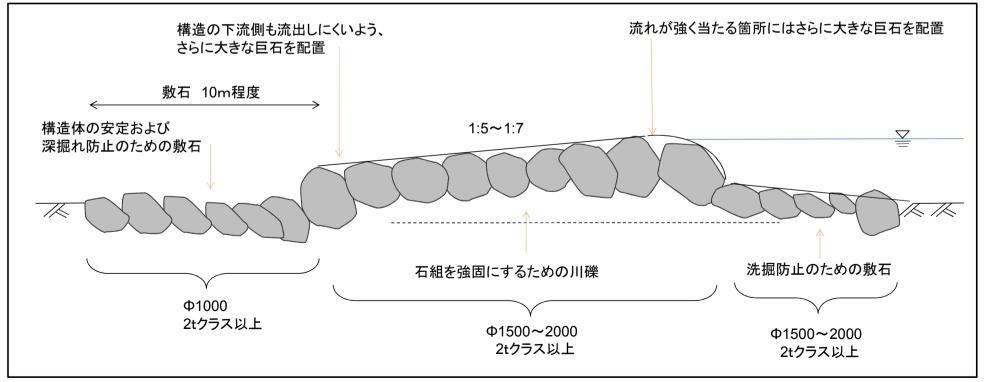
4) 河床デザインの構造

河床デザインの構造は、旧遙拝堰(八の字堰)の絵図や昭和8年の測量図、白石堰・鵜ノ瀬堰の構造を参照し、下図に示す形状とする。

- 巨石による石組、内部には川礫等によって群体構造とし、一体として強 固なものとする。
- ・上下流側には、構造体の安定、洗掘・深掘れ防止のために敷石を施す。
- 大きさ・重量が必要な場合は、球磨川アユストーンを活用する。



球磨川アユストーン(4t)の基本形状



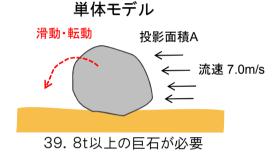
※取水目的ではないため、原則としてコンクリート等による巨石間の目地は施工せず、巨石の多少の沈下移動は許容する構造とするが、水理模型実験等により 洪水時の外力が集中し、破壊の恐れがある箇所においては、部分的に巨石間の目地をコンクリート等で充填する。

5) 流出しない構造と石の大きさの検討

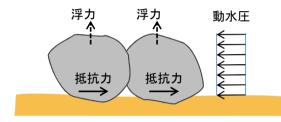
八の字の河床整正に使用する石の大きさについては、『護岸の力学設計法』及び『砂防設計公式集』による安定性の照査および射流時における安定性の照査により「2 t 以上の巨石による群体で構成」することとする。

平成20年度の予備施工では、巨石1 t 程度の石組みにより施工を実施したが、平成23年度の洪水(2,300m³/s)で流出してしまった。平成23年度には、洪水時に流出しないことを主目的として根固ブロック4t連結で施工を実施し、平成24年の洪水で(5,300m³/s)流出しないことを確認している。

◆安定性の照査

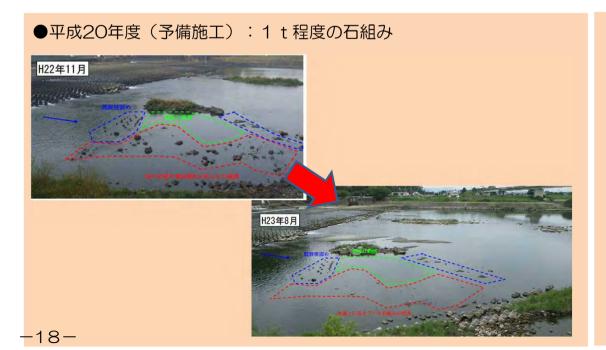


群体モデル(射流時)

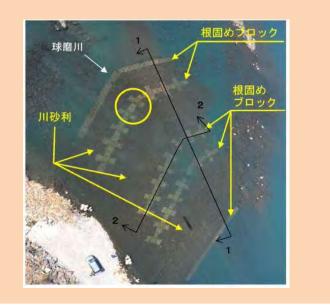


1.9t以上の巨石が必要

参考:『改訂 護岸の力学設計法』 財団法人 国土技術センター編、山海堂発行、平成19年9月(改訂版) 『砂防設計公式集』全国治水砂防協会、昭和59年10月改訂版



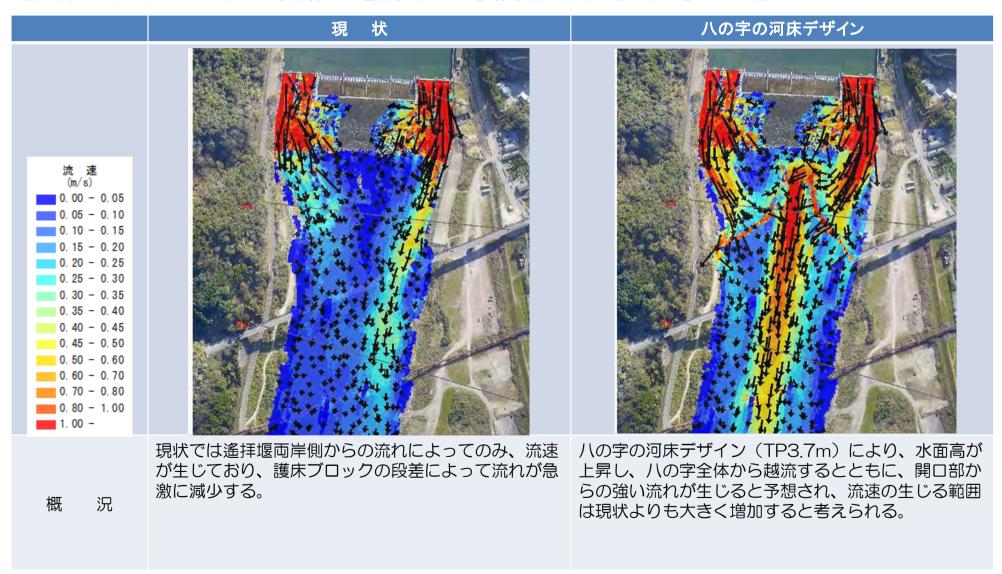
●平成23年度(試験施工):4 t 根固ブロックの連結



6) 流況の予測結果

①平水流量時

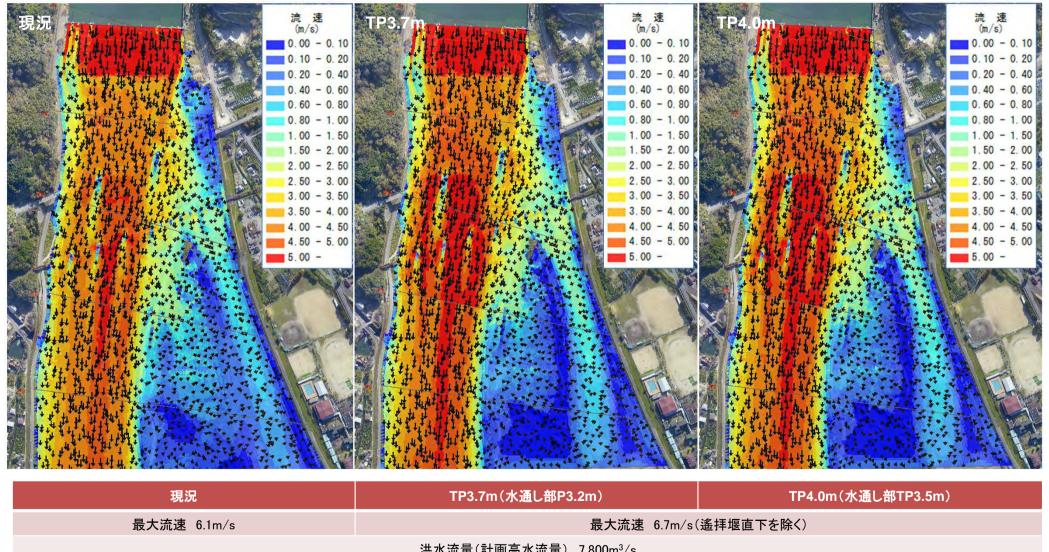
現況と比較すると、八の字の河床デザインによって、広い範囲で流速が上昇すると考えられる。また、八の字の開口部からは強い流れが生じるとともに、八の字全体から越流することで多様な流れが形成されると考えられる。



2. 加藤清正由来の旧遙拝堰(八の字堰)の形状

②出水時(計画高水流量時)

現況と比較すると、若干流速が上昇するが、顕著な変化は見受けられない。また河床デザインの高さの違いによる変化もほと んどないと考えれる。

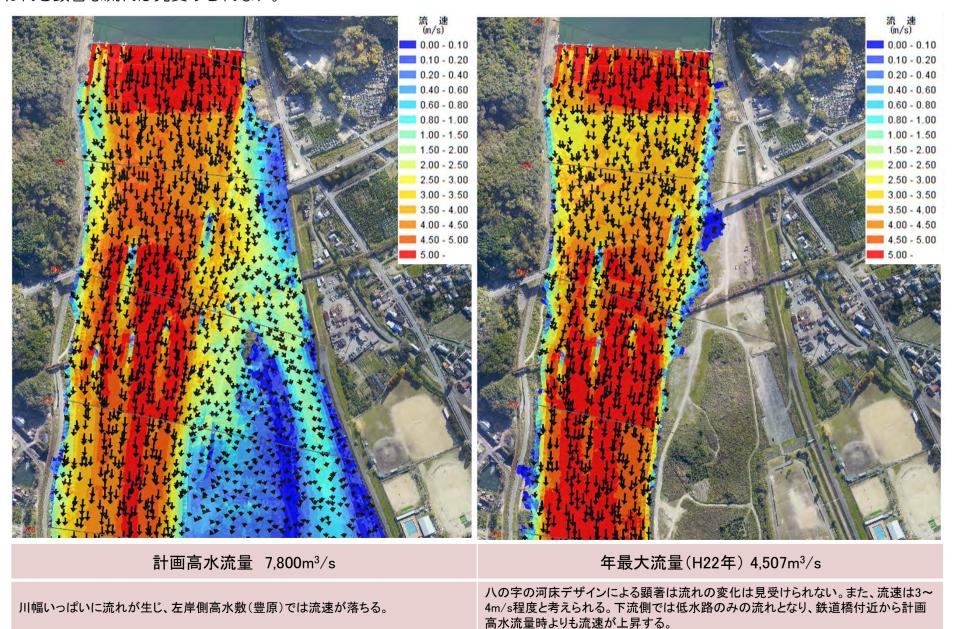


洪水流量(計画高水流量) 7,800m3/s

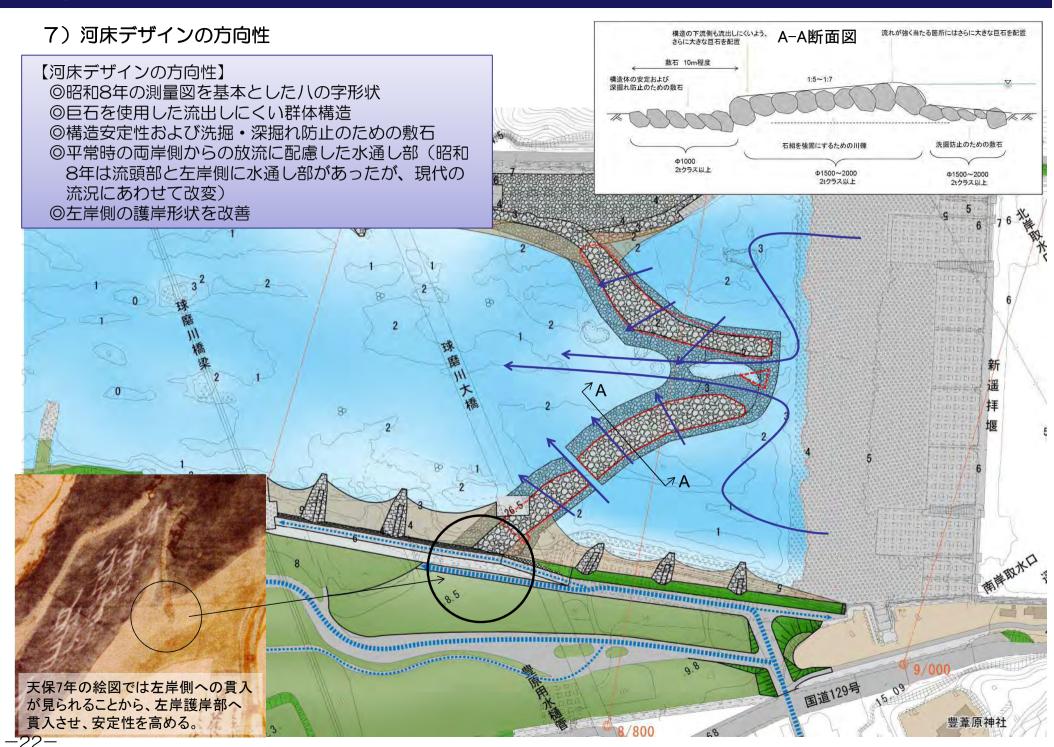
- ・両ケースで大きな差は見られない。
- ・遙拝堰直下は流速が高いが、八の字付近では若干流速が落ち、球磨川大橋を過ぎた付近から、流速が上昇する。
- ・堤防付近においては、顕著な跳ねや越水は見られない。

③出水時(年平均最大流量時)

毎年1回ぐらいの頻度で発生する流量(約5,000m3/s)の中規模出水時においても、八の字の河床デザインに起因すると思われる顕著な流れは見受けられない。



-21-



(2) アユの生息地への配慮

- ・旧遙拝堰は、流頭部の船通しからの流れによって瀬が形成されていたと考えられる。
- ・昭和40年代に始まった本格的な河川改修や、昭和50年代から盛んに行われた砂利採取、出水等の影響により河床が低下し、球磨川堰における漁協のすくい上げ尾数は、昭和60年代に入ると大幅に落ち込んだ。
- ・このため、写真で良好な瀬があることが確認でき、かつ、アユのすくい上げ尾数が大幅に減少する以前の昭和50年代 を、瀬の再生目標年代と設定した。

【目指す瀬の姿】

⇒昭和50年代の瀬の再生に努める。

(昭和50年代の瀬の面積の再現値約20,000m²程度を目指す)



瀬の再生範囲

1)アユの生息環境

アユの生息に適した水深は、概ね0.3m以上であり、採餌に適しているのは0.3~1.0mと考えられる。また、流速は0.5m/s以上、河床材料は礫を好む。

瀬では、礫に付着した藻類を食み、なわばりを形成する。夜間は瀬の近くの淵等で休息することが多い。

• 瀬になわばりを形成



試験施工箇所の食み跡

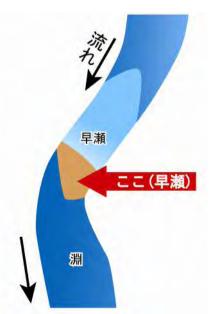
2) アユの産卵環境

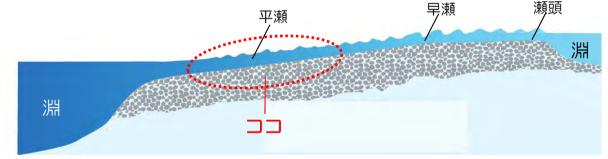
アユの自然繁殖が見られる川では、夏に川の上流域から中流域で成長したアユは、秋に川の下流域に降って産卵を行う。 この頃のアユを「落ちアユ」と言う。

アユの産卵場所は、以下の条件の場所と考えられる。

- ・川の下流域の、主に淵に流れ込む手前の早瀬
- 水深は約10~60cm
- 流速は約60~120cm/sで、白い波が立つ程度
- ・径が約5mm~3cmのきれいな礫が「浮き石状態」となっている
- ・ 礫に泥や藻類が付いていない
- ・ 孵化後、5日程度で海へ到達しないと生存率が下がる

【アユの産卵に適した環境】











下代の瀬の平瀬の河床状況(径3cm 程度の礫)

下代の瀬の平瀬

下代の瀬の早瀬

3)瀬・淵の再生状況の予測

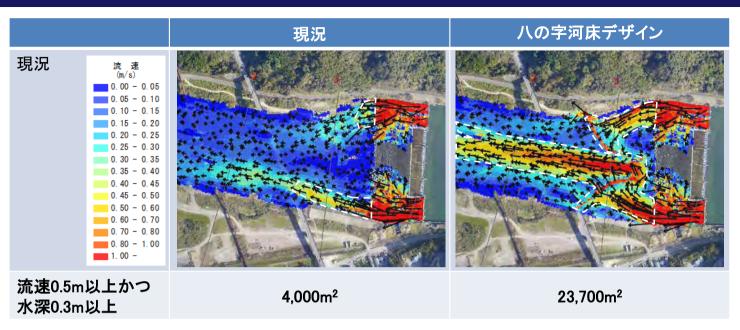
八の字の河床デザインに よって、アユの生息環境に 適していると考えられる範 囲は、現況と比較して、大 幅に拡大すると考えられる。

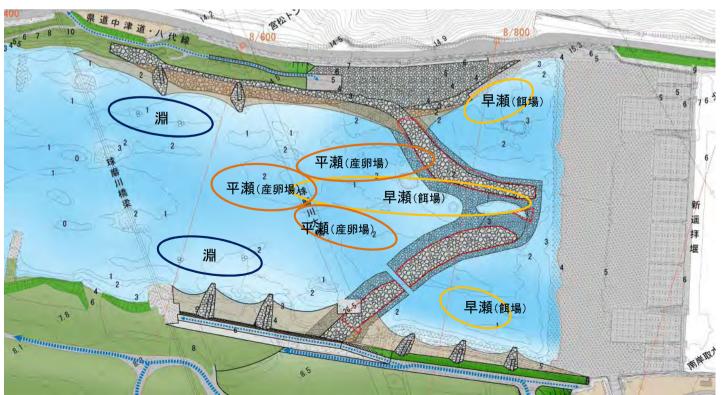
八の字の開口部から生じる強い流れと、八の字を越流する流れが発生し、多様 な流れが形成される。

また、それに伴い、中央 部付近では反転流が発生す ると考えられる。

瀬の周辺には穏やかな流れが形成されると考えられ、 産卵場に適した環境になることが期待される。

左右岸には、緩やかな流れや淵が形成されると考えられる。





(3) アユ以外の生物への配慮

●ウナギ

ウナギは、礫の間等を 好むことから、多孔質な 環境を創出することが重 要となる。そのため、河 床のデザインにあたって は、石積みを空石積みに するなど多孔質な構造と する。



うなぎの特性を活用したうなぎ塚漁。この塚のような多孔質な空間を創出する。

●ヨシノボリ

トウヨシノボリ等は、平瀬の礫河床などを生息場とする。 河床デザインの予備施工(H21)実施後、平瀬の礫河床 ではヨシノボリ類が多数確認されていることから、アユの生 息環境を形成することで、ヨシノボリ類も生息できる環境が 形成されると考えられる。

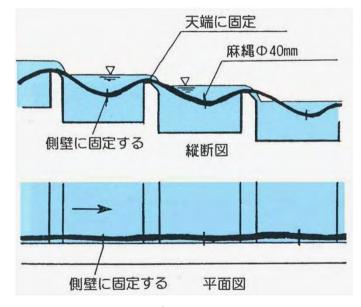


試験施工箇所の瀬で確認されたヨシノボリ類

●モクズガニ

アユの生息環境が形成されることで藻類も増加すると考えられ、藻類を採餌するモクズガニの餌環境も改善されると考えられる。

回遊性の向上としては、階段式魚道内にロープを用いた 補助経路を設ける等が挙げられる。水中等で没するため、 流水で振動しないよう魚道の側面にしっかり固定する必要 がある。



ロープ等の補助経路

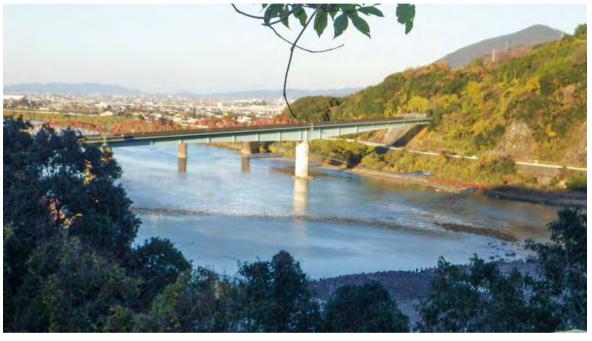
『魚類のそ上降下環境改善上のワンポイントアドバイス』(2001年3月、魚のすみやすい川づくり研究会編著)

(4) 現代の自然景観との調和

の字が見て取れる。

八の字の河床デザイン : 球磨川産の巨石をできるだけ使用し、不足分は球磨川産の石の色調と同じものを調達する。 本体下流部の護床工部分: 球磨川掘削の玉石類を使用する。

■平水流量時のイメージ図 河床デザインは巨石の頭が水面から露出し、緩やかに八





■豊水流量時のイメージ図 河床デザインの巨石も水面下にあり、うっすらと八の字が見える。



■低水流量時のイメージ図 河床デザインの水通し部以外はほとんど露出し、八の字形状がくっきりとわかる。

(5) 利活用に向けた周辺整備等

1) ビューポイント

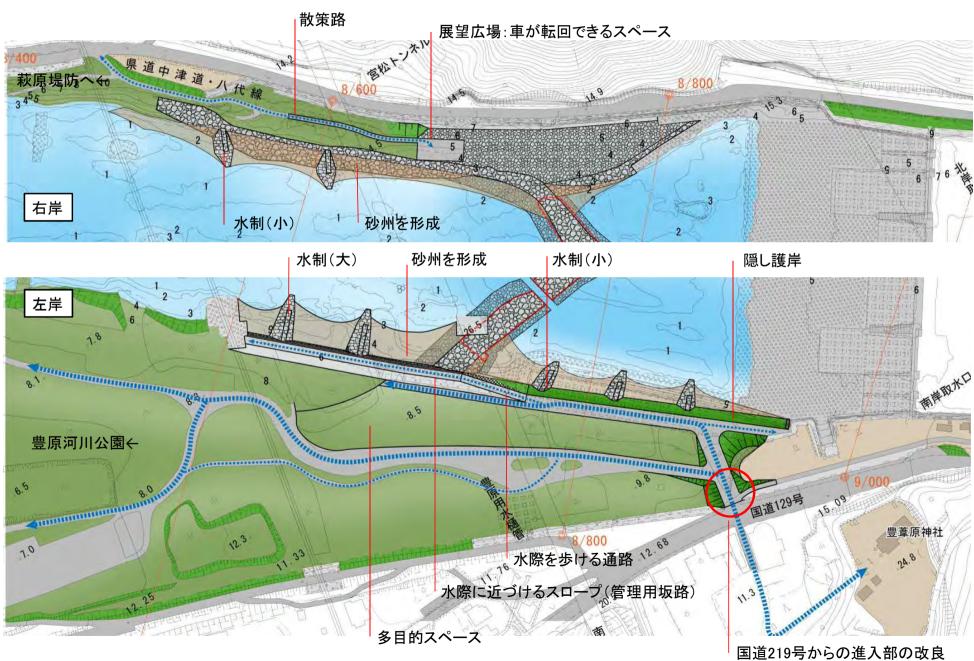
河床デザインの最も良いビューポイント は、左岸護岸付近と考えられる。

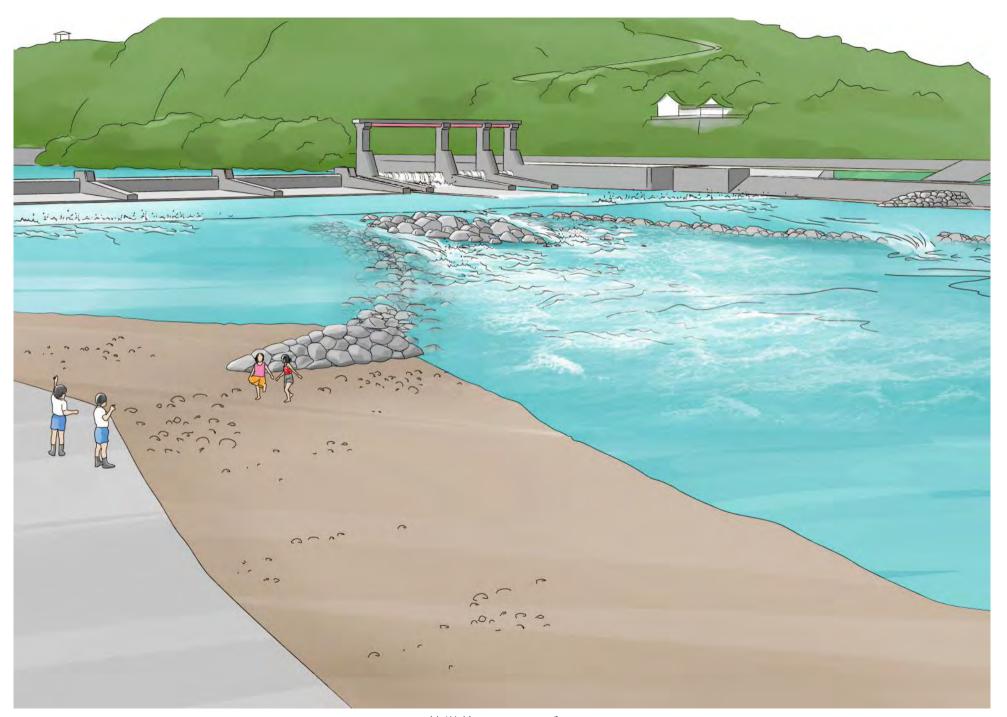
全景を見ることができるビューポイント としては、遙拝神社(豊葦原神社)が挙げ られる。



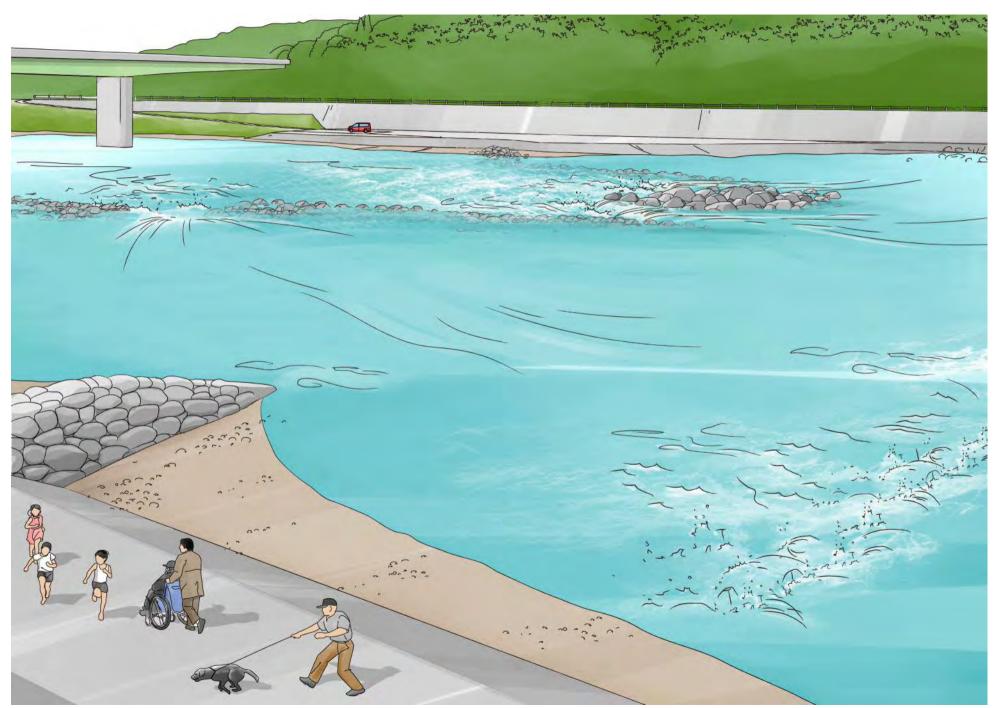
遙拝神社上方からの眺め

2) 広場整備及び導線計画





整備後のイメージ



整備後のイメージ

3) 啓発サインのイメージ

- ・河床デザインのビューポイントになる場所に設置
- 河床デザインの目的と八の字になった経緯を紹介
- 自然再生の取り組みと遙拝堰下流の重要性を説明

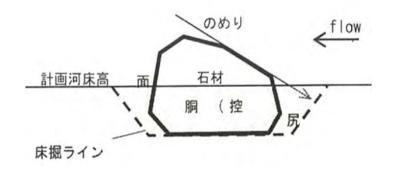


(6) 近代の河川工法を用いた構造の検討

河床デザインの基本形状は清正由来の石組みの構造であるが、その周辺部については、『治水と環境の両立を目指した川づくりの技術的考え方とその適用性に関する研究(平成23年12月 福留 脩文)』を基本とし水制工及び分散型落差工を採用し、清正由来の石組みと一体となった構造とする。

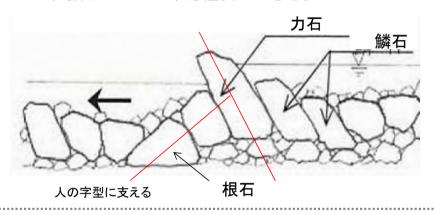
①のめり

水がはじめにあたる箇所は、水流を上面を 滑るように流し、石が流出しないようにする。



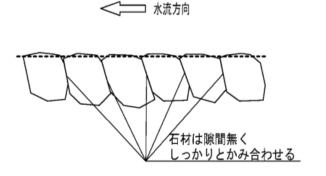
②力石と鱗(うろこ)石

石組みの中でも要所となる箇所は、下図のように力石(大きな石)を設置し、動かないように上流側にうろこ状に並べた鱗石、下流側に根石を置く。鱗石は力石の半分程度の大きさ。

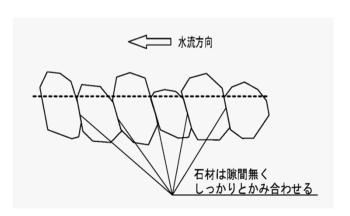


③表面ならし張り

水流が強くあたり、かつ、スムースに流すようにする場所には、表面をならすように、石の面を揃えて配置する。



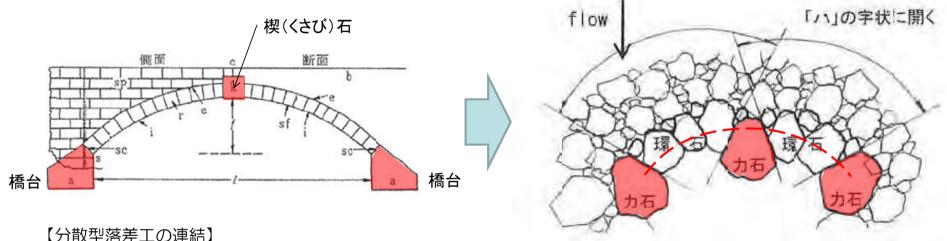
自然に近い状態で、多様な流れを形成する場所には、石の面を揃えず、あえて凹凸をつける。



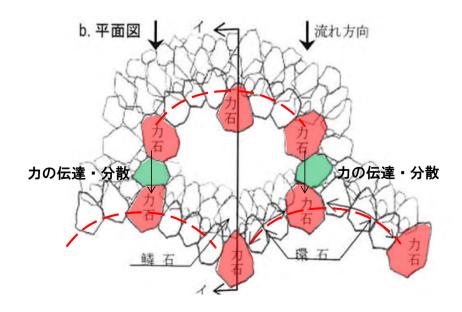
④分散型落差工の活用

古来から建設されている石橋は、アーチ構造が多い。アーチ構造の石橋は、がっちりと組んだ石組みによって、上からの荷重 を分散させている。アーチ構造のかなめとなっているのは、橋台と楔(くさび)石である。

分散型落差工はこの形を取り入れながら、流れに強い構造としたものである。 「力石」に橋台と楔(くさび)石の役割を持た せ、間に「環石」を詰めた構造とする。

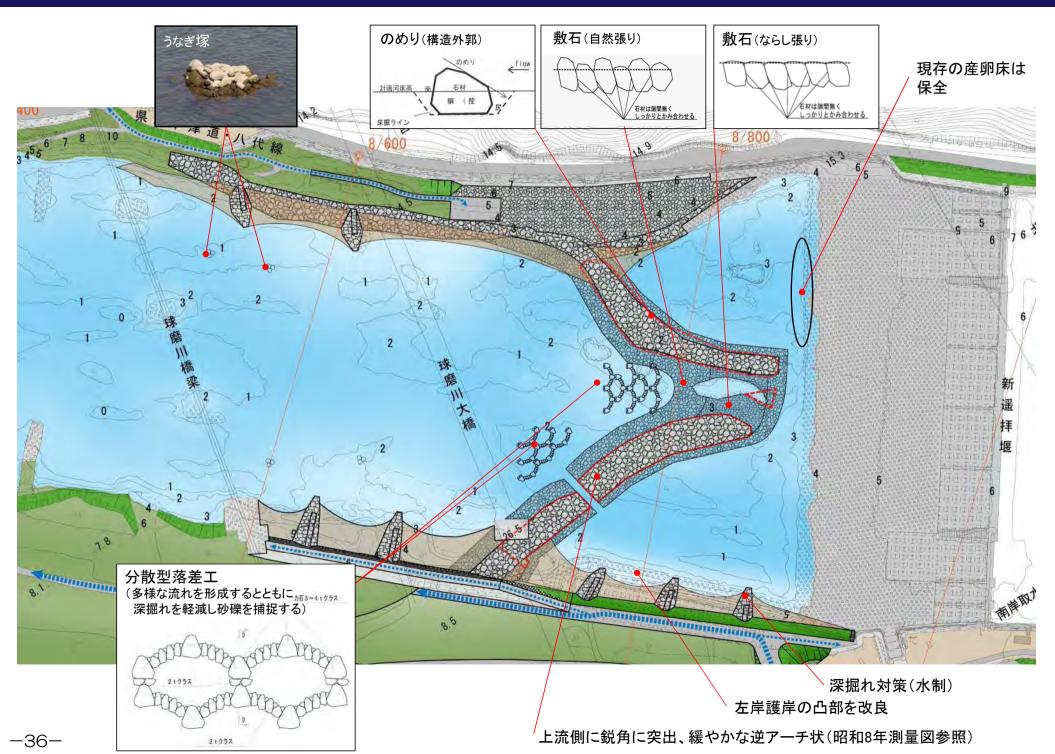


分散型落差工を連結させ、より流れに強い構造とする。 アーチを連続させ、上流部の力石を下流のアーチが支えるようにすることで、構造体全体での安定を図る。



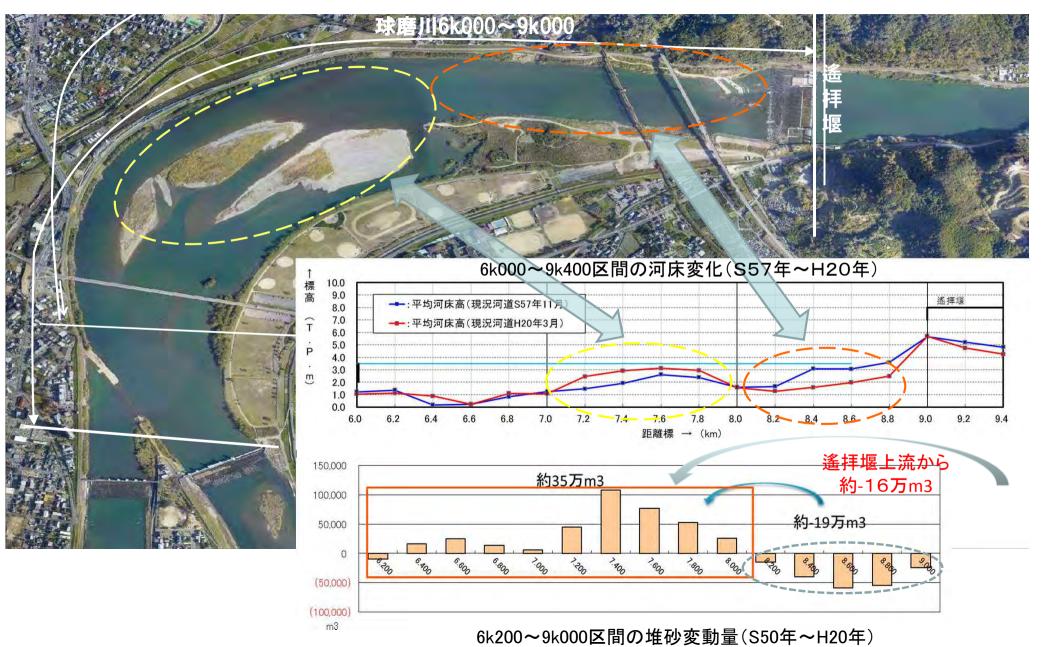


分散型落差工の事例 (緑川水系御船川)



【参考】上流からの土砂の供給について

遙拝堰直下~8k区間では河床低下がみられるが、6k~8k区間では継続的に堆積傾向にあり、特に7k~8kは顕著である。6~8k堆砂量は遙拝堰下流から約19万m³、遙拝堰上流から約16万m³の土砂供給があると考えられる。



【参考】上流からの土砂の供給について

萩原堤前の表層部では、1~10cm程度の礫が多く見られ、遙拝堰護床工にも同様な粒径の堆積が見られる。また、遙拝堰下流の護 床工部の根固め等が研磨されている状況も確認でき、アユの生息及び産卵に適した砂礫等の土砂供給があると考えられる。

