

江の川上流部における治水と環境の調和した 河道断面形に関する評価

平成23年7月

国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所百間川出張所
(前)国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所

大賀 祥一

国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所

森脇 孝洋

榘井 芳樹

中央大学研究開発機構

福岡 捷二

江の川流域の概要①

流域図



江の川流域の概要②

- 唯一陰陽を隔てる中国山地を貫流し、広島・島根の2県をまたぐ中国地方最大の河川、別名「中国太郎」
- 河口の狭小な沖積平野と、上流盆地に人口・資産が集中し、中下流は山間狭窄部の河岸段丘に小集落が点在

河道状況



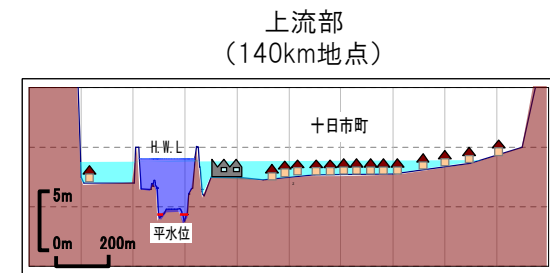
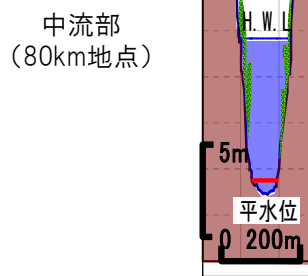
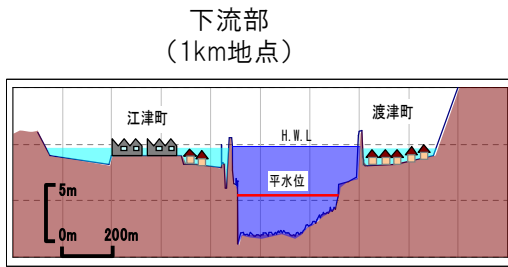
河口部に比し、河口部の沖積平野は小規模



三次下流県境に狭さく部(水害を受けやすい地形)



三次市街地で同規模流域を持つ3川が合流し三次盆地を形成



流域及び氾濫域の諸元

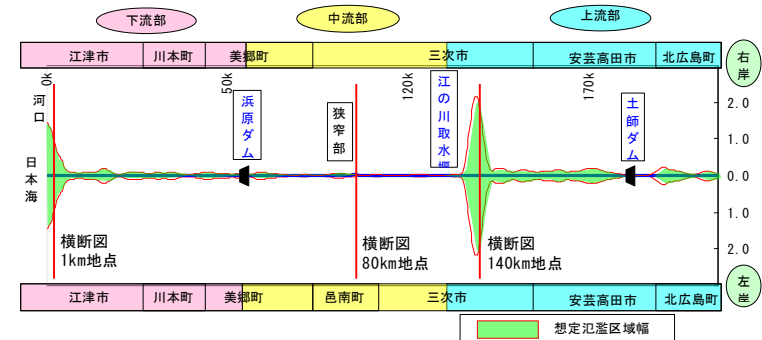
流域面積(集水面積)	3,900km ²
幹川流路延長	194km
流域内人口	約21万人
想定氾濫区域面積	約127km ²
想定氾濫区域内人口	約5万人

(※)出典:平成12年河川現況調査結果

想定氾濫区域の特徴

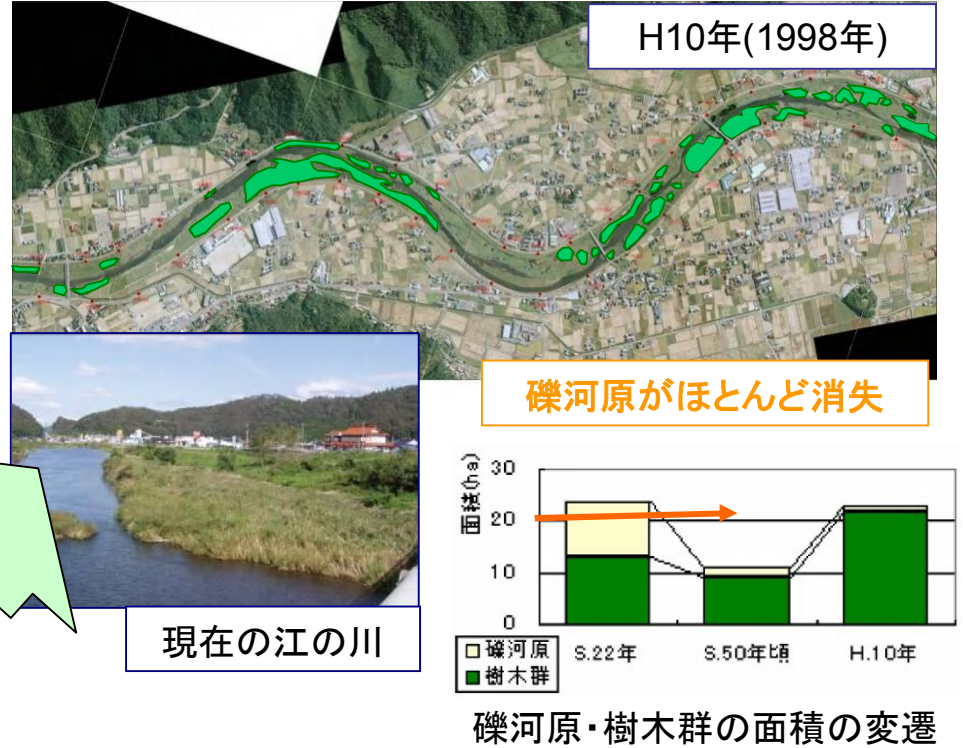
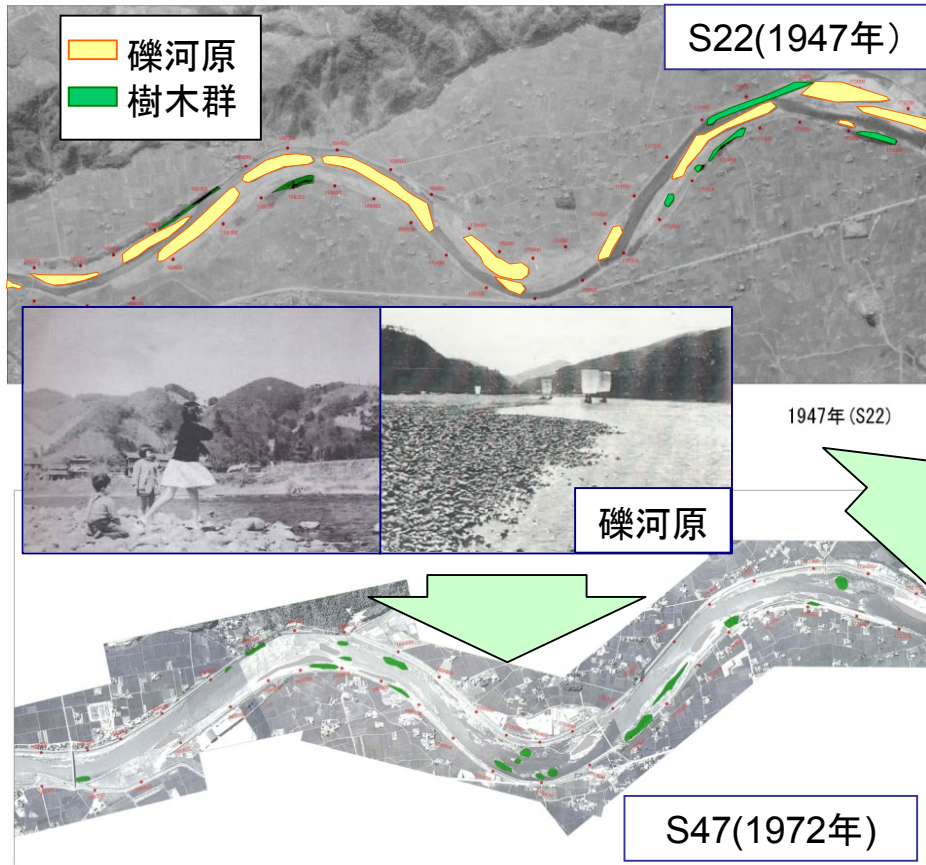
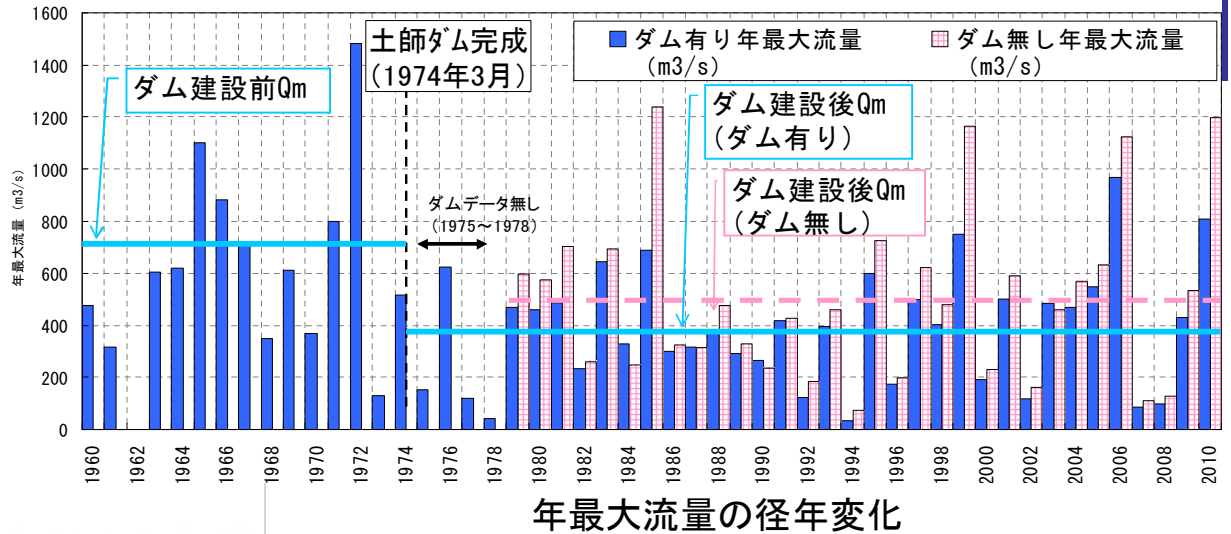
- 上流部の三次盆地は、築堤河道で破堤すると流水が貯留しやすい地形
- 中流部は狭窄部であるため、洪水時に急激に水位が上昇し、高い堤防が必要

ひとたび洪水が起これば一気に10mを超える水位上昇



江の川上流域における課題

土師ダムの建設後(S49)、ダム下流のピーク流量が減少した。そのため、攪乱頻度低下し、礫河原が減少していった。また、その影響により樹林化が進んでいる。

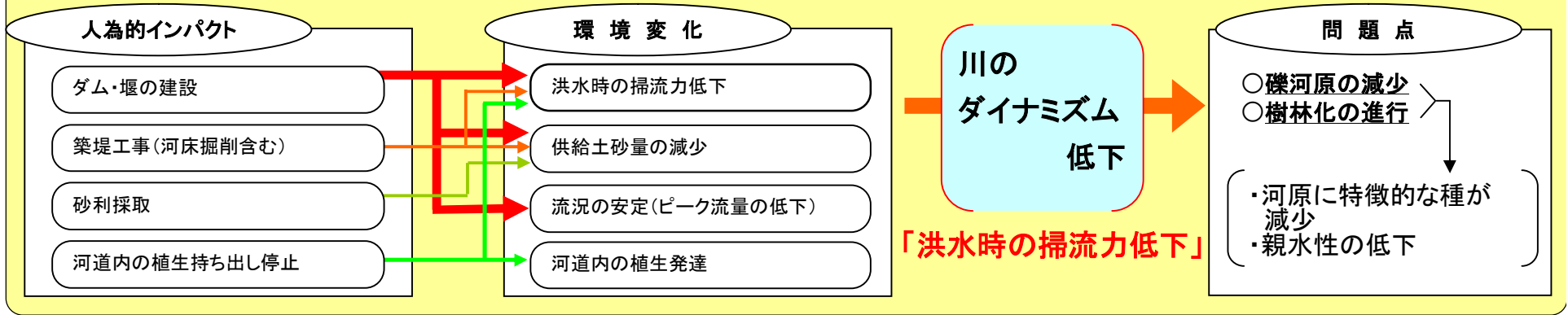


自然環境劣化変遷写真 (168~172km)

自然再生計画の概要(河川環境の要因分析)

- 治水事業や樹木・植生状況と地域社会の生活様式(持ち出し行為)との均衡崩壊等の人為的インパクトによって、当時の河川形態と比べ、洪水時に河床が変動(かく乱)する「川のダイナミズム」が低下。
- 川のダイナミズムを低下させた最も大きな要因は「洪水時の掃流力低下」と推定。→河道設計・施工

●河川環境上の現状問題点の原因の想定



【人為的なインパクトの整理】

河川環境上の現状問題点の原因(インパクト)	昭和						平成	
	20年	30年	40年	50年	60年	元年	10年	
ダム・堰の建設 ・土砂貯留 ・洪水調節 ・取水(水量調節)				S.49 多目的ダムの建設 ①				
		S.27,32,51 堰等(高樋堰、常友頭首工、入江床止)の建設 ②						
河川 改変 ・築堤工事(河床掘削含む)		S.28~56 築堤工事 ③						
・砂利採取			S.41~50 砂利採取 ④					
河道内植生の持ち出し行為の停止			S.50年代初頭 肥料・飼料としての植生持ち出しとヤギ放牧の停止 ⑤					



自然再生事業における設計方針

(1) 既往施工箇所におけるモニタリング結果から施設形状を見直し

1. 各既往施工箇所のモニタリング結果から礫河原維持、植生遷移状況整理し、比較的目的が達成されている砂州を抽出



2. 抽出した砂州の平均年最大流量時の水理諸量（無次元掃流力、冠水頻度）を算定し、目標水理量を設定



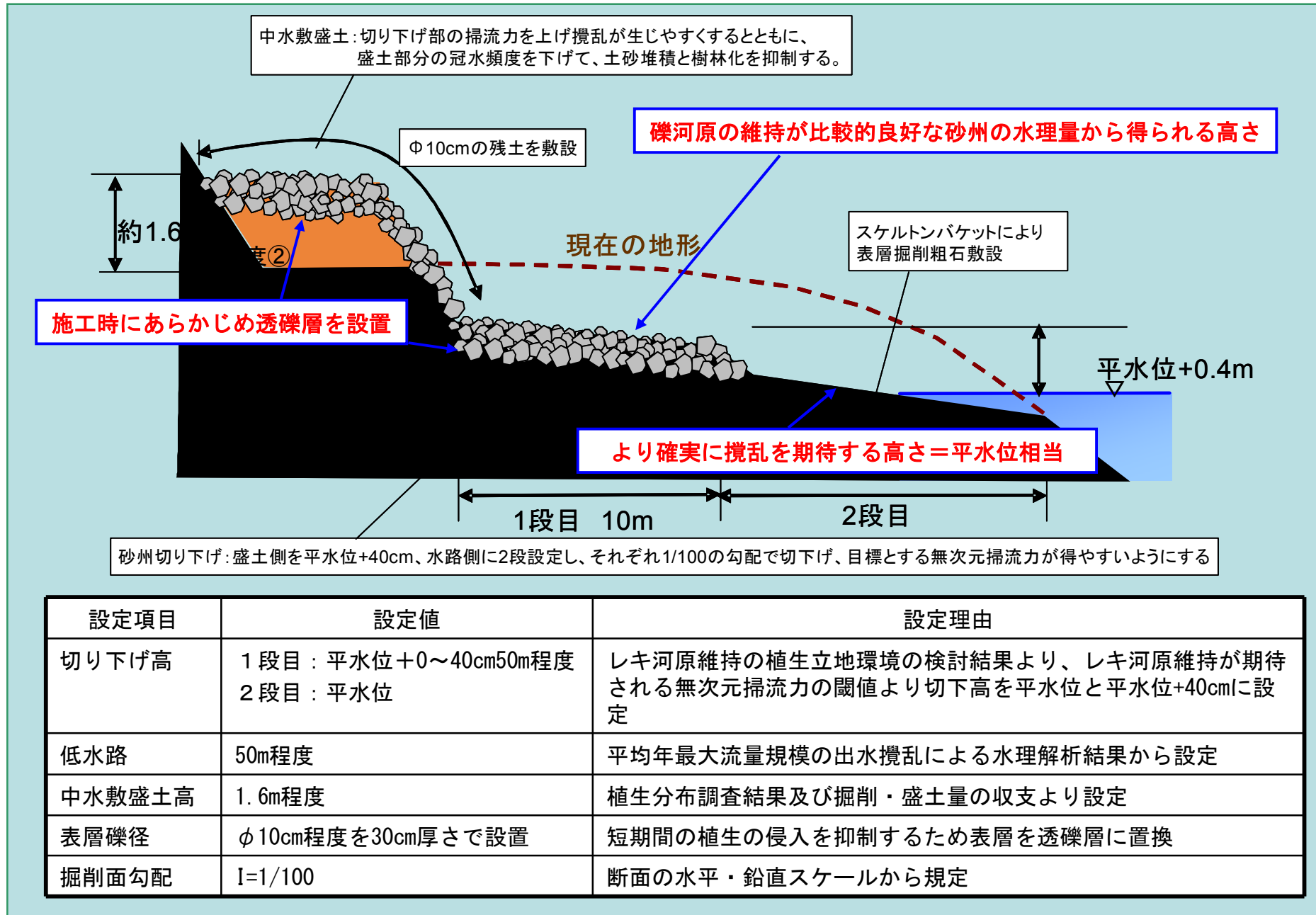
3. 施工箇所について目標水理量が得られる切り下げ高を準2次元不等流計算により設定



4. 平面2次元流解析により、切り下げ範囲を設定し、無次元掃流力の分布を確認

(2) 砂州切り下げ時の施工方法の改善（表層をレキで置き換え初期透レキ層の確保等）

設計における切り下げ形状模式図



江の川(上流)の吉田地区河道状況

H20年11月撮影



H18年12月撮影



170k800地点

173k000地点

175k600地点

自然再生区間における水理諸量による検討

■事業効果を検証するために平面二次元モデルを構築して評価する。

平面二次元計算モデル概要

《解析目的》

■川本地区下流における自然再生事業に伴う低水路掘削と中水敷盛土の実施効果を、平面2次元流解析により検証する。

《解析方法》

解析は、平面二次元流況解析により実施した。

- 地形に応じた感度を分析するため、**河床は固定床条件**
- 通過流量ごとの感度を分析するため、**流量は定常条件**

計算条件

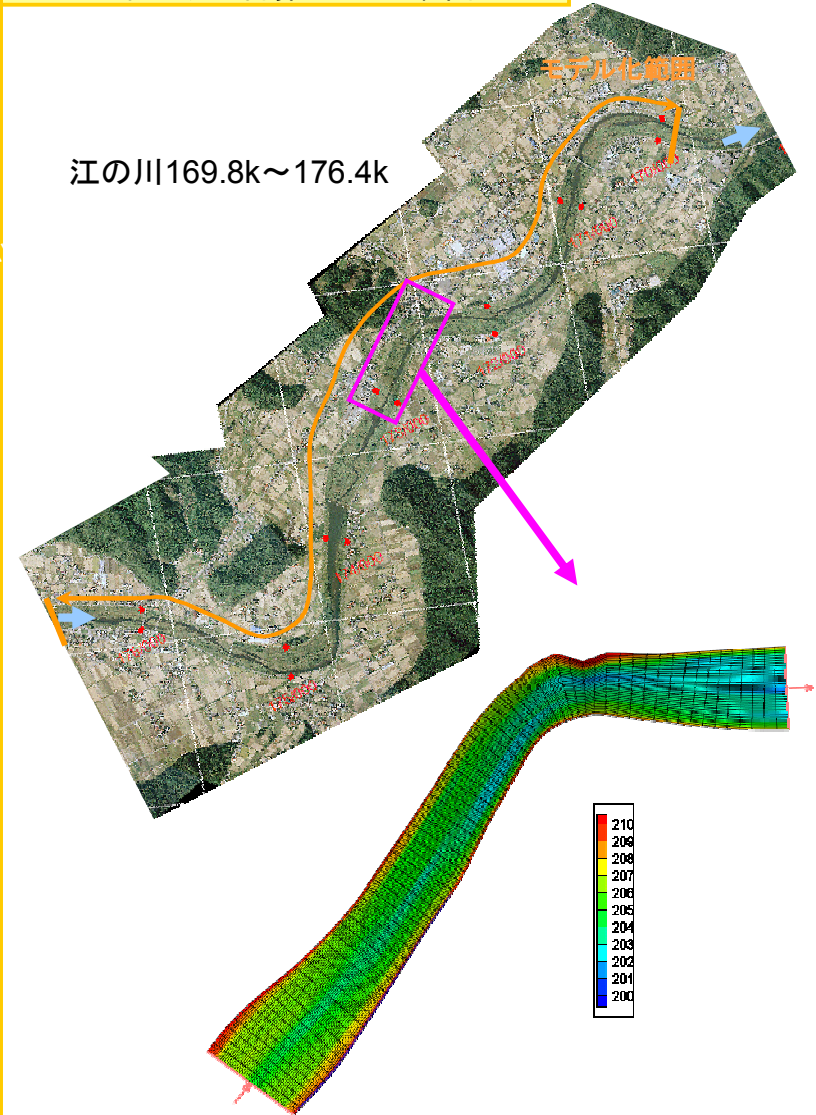
地形を自然再生事業の実施前後の2ケースを設定し、解析を実施した。

平面二次元計算の条件設定

対象流量	計画高水流量：1000m ³ /s
解析対象区間	下流端：169.8kp(直線区間) 上流端：176.4kp(直線区間) 解析区間延長：6.6km
解析地形	(1)H21年測量結果 (2)H21年測量結果に自然再生事業後の計画地形を追加(172.90k～173.05k)
境界条件	169.8kp断面のH-Q式より流量変化に応じて設定
解析メッシュ分割	低水路：高水敷を区分せずにメッシュ分割 縦断方向メッシュ：25m 横断方向メッシュ：50分割(概ね2.5m間隔)
低水路粗度係数・高水敷粗度係数	整備計画の河道計画検討において設定されている粗度係数 (低水路：逆算+推定粗度、高水敷：地敷状態と水位から算出)
樹木群の諸元・分布	樹木群は粗度として評価 平面分布：航空写真と河道計画検討において設定されている範囲で設定

平面二次元計算モデル化範囲

江の川169.8k～176.4k

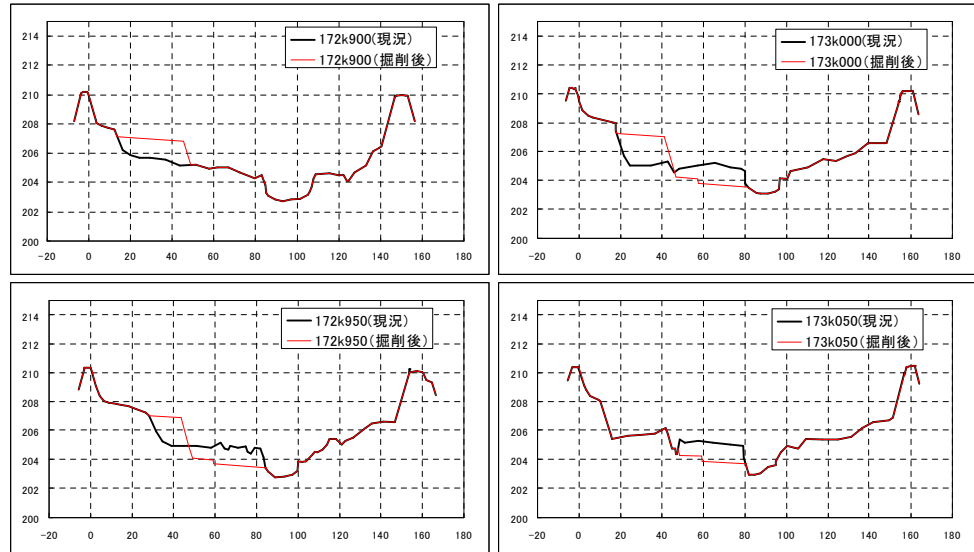


平面2次元流解析におけるメッシュ分割図(下流区間を抽出)

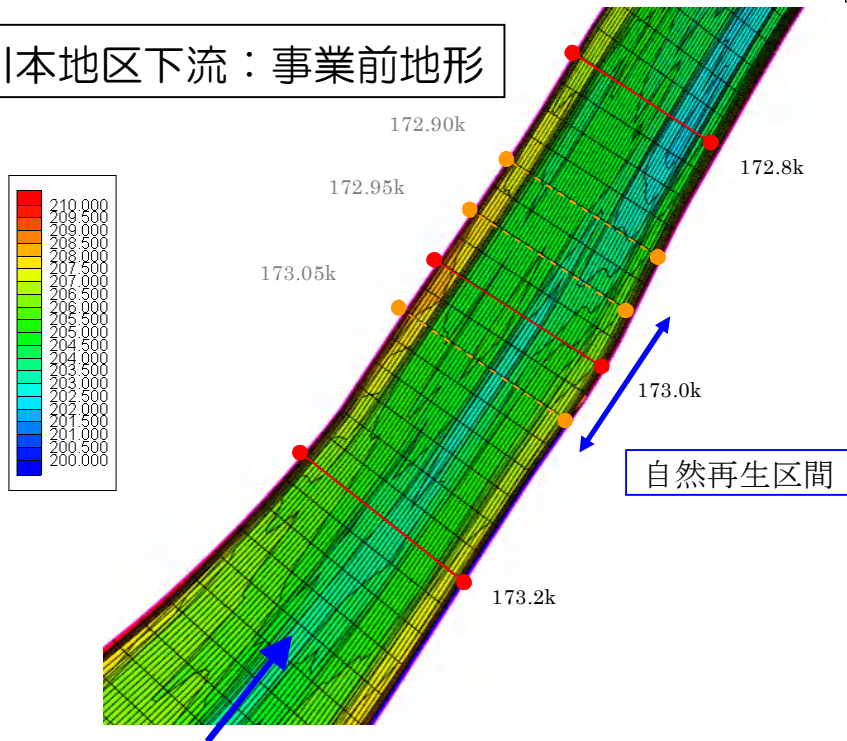
自然再生区間における水理諸量による検討

事業実施前後の地形をモデル上に再現し、平均年最大流量時 ($Q_m = 350 \text{ m}^3/\text{s}$) における流速や無次元掃流力の平面分布より評価した。

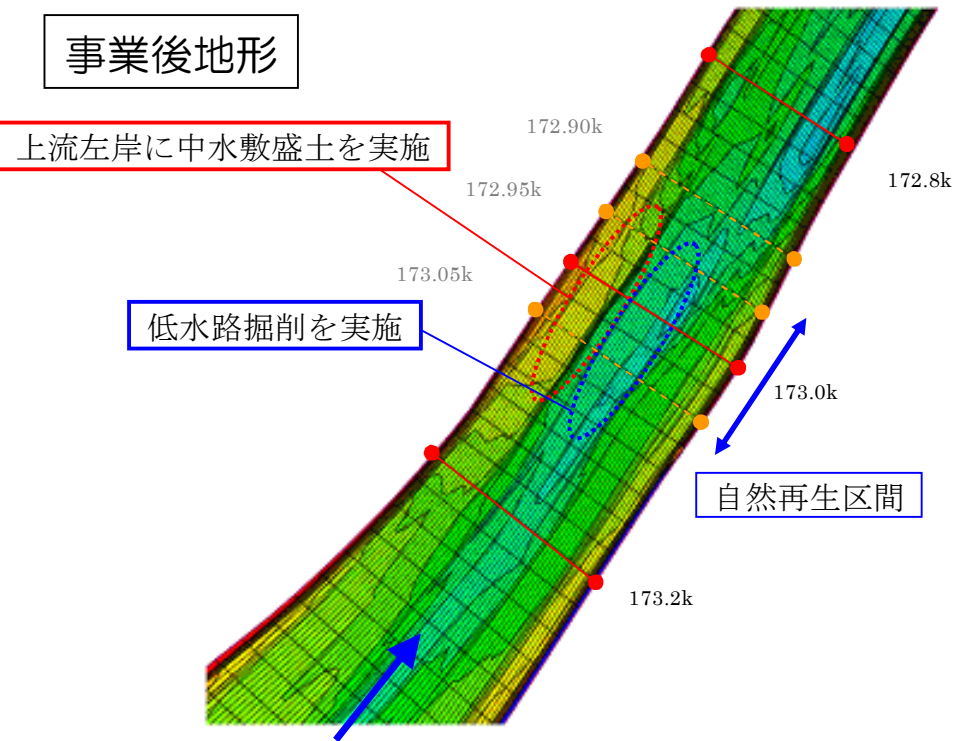
川本地区下流：事業前後の横断形状



川本地区下流：事業前地形



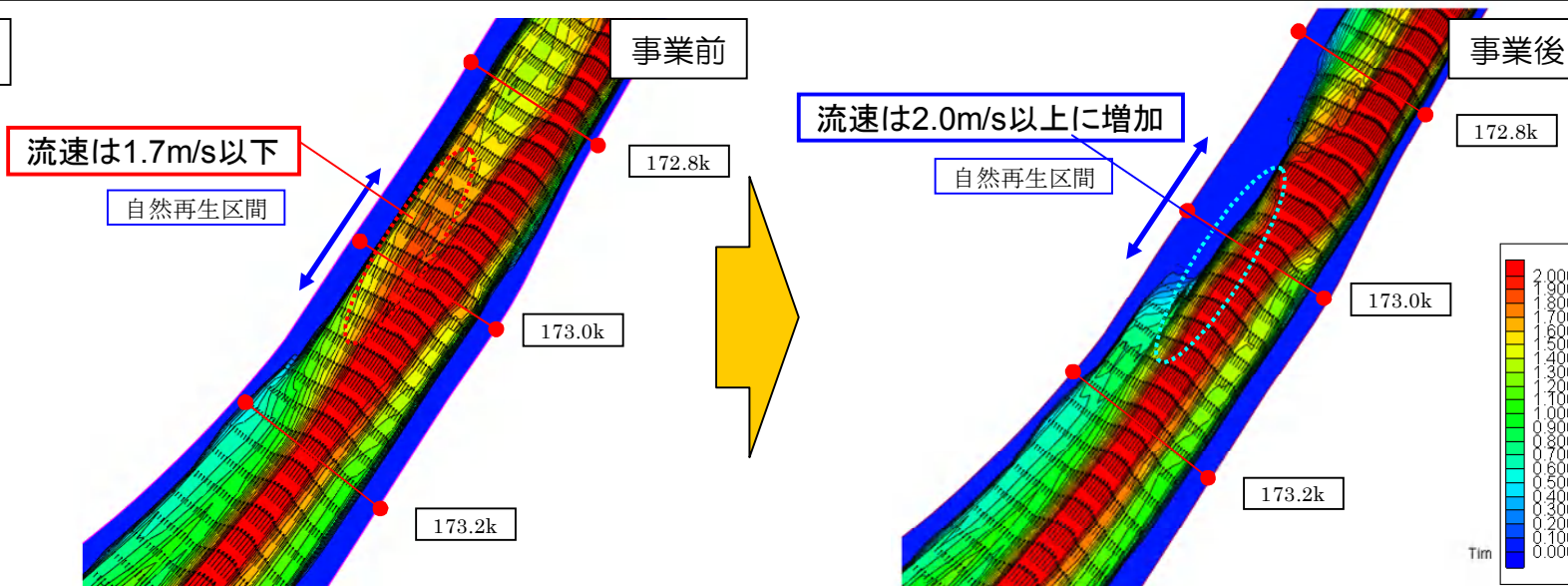
事業後地形



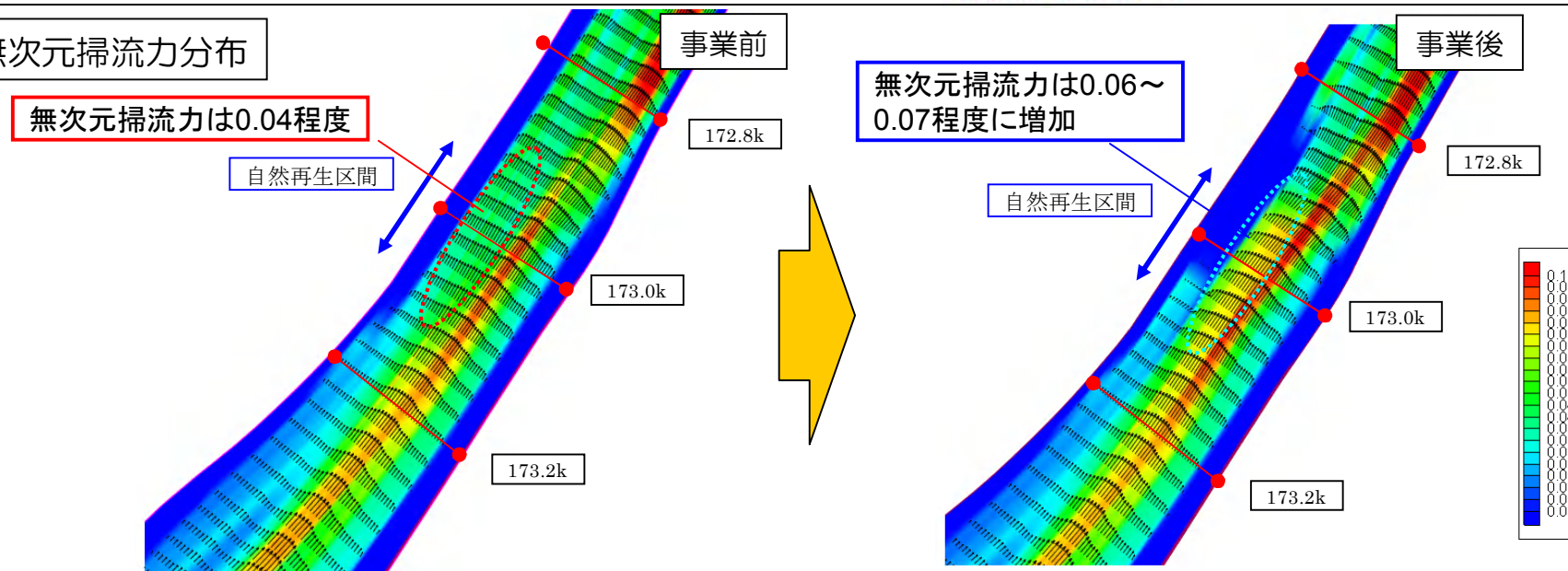
自然再生区間における水理諸量による検討

低水路掘削と中水敷盛土の実施により、低水路掘削面上の流速が増加し、作用する無次元掃流力が増加したことから、レキ河原の維持に効果的であると考えられる。

流速分布



無次元掃流力分布

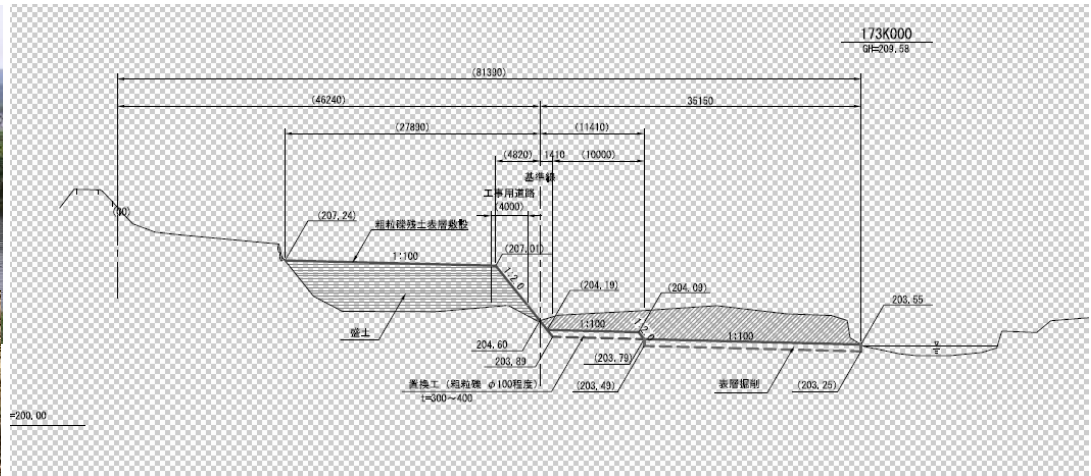


自然再生事業実施箇所(173.0k地点)

- 当該区間(断面)の河床変化について、みお筋の低下、中州の樹林化による上昇により、河床と洲の比高差が近年急激に拡大。
- 現況の流速分布に示すように、みお筋部の直線化により、瀬淵等が消滅し、河道における単調化の傾向が拡大。
- 中州には、単子葉植物(ツルヨシ群落)が占有し、高木類が形成し陸地化が進行。河川環境にみられる植物群落の消滅と単一化が進行。
- 地域と川のつながりは、河川環境の変化による阻害化がみられ、反面、鹿、イノシシ等の生息環境として河川内に侵入。
- 多様な河川環境及びそれを形成する河道形態が劣化の一途をたどっている。今後、緊急的な河川環境の劣化防止対策が急務。

現況区間の樹林化

(172k800右岸)



173k000施工横断面図

H22年2月22日撮影



福岡の式による河道安定性の評価

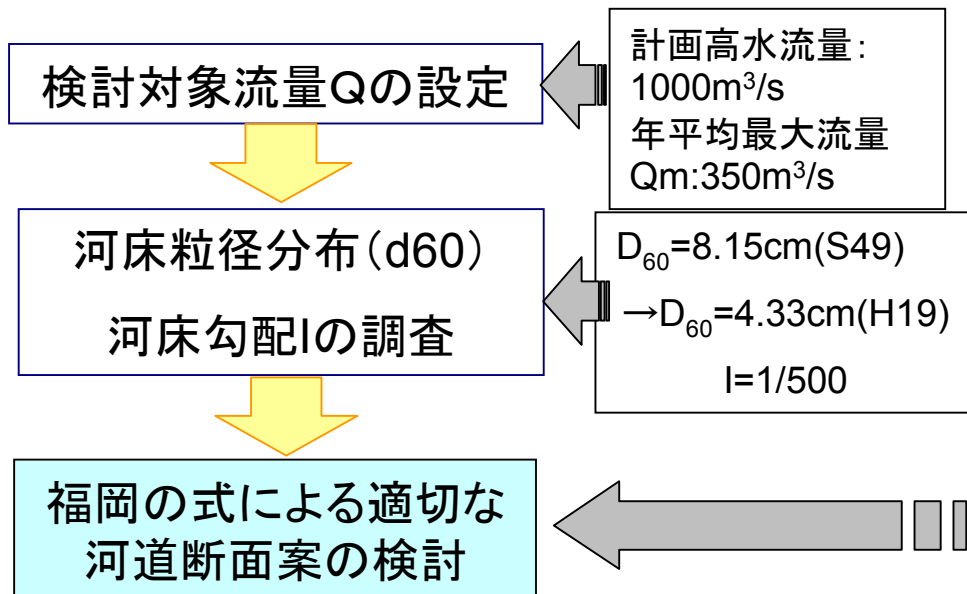
- 福岡の式(2010.2水工学論文集)より、現況河道、S47河道、自然再生河道の河道安定性について評価する。
- 流下能力が不足している河道における河川改修の断面形や、多自然川づくりの断面改修の根拠づけ等の諸課題について、適用が可能。

$$\frac{B}{d_r} = 4.25 \left[\frac{Q}{\sqrt{g I d_r^5}} \right]^{0.40}$$

$$\frac{h}{d_r} = 0.13 \left[\frac{Q}{\sqrt{g I d_r^5}} \right]^{0.38}$$

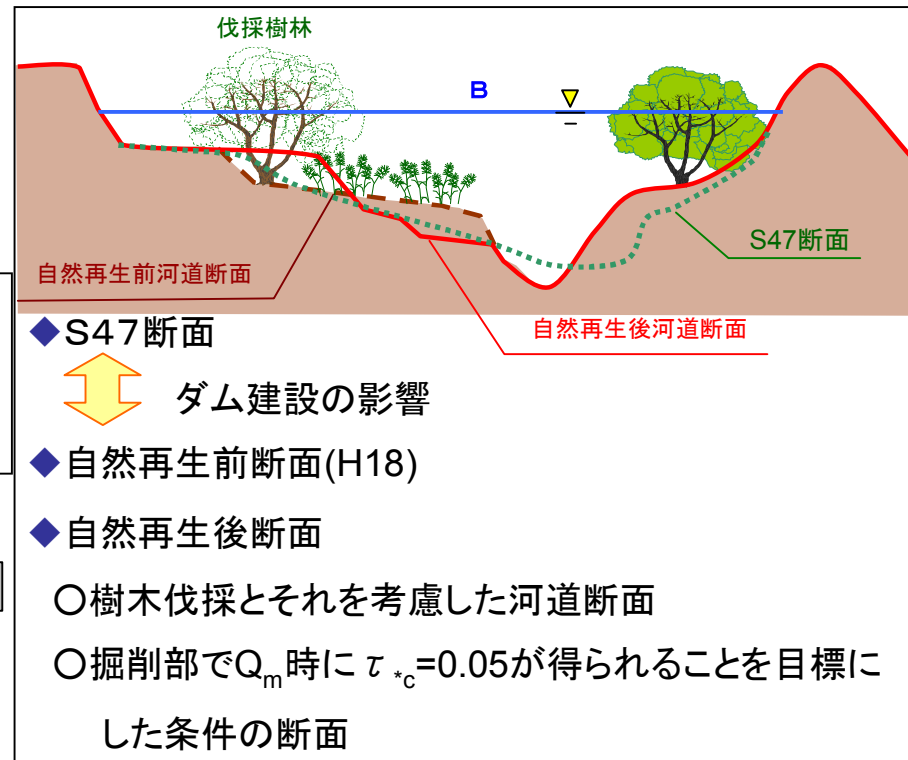
・・・ 式(1) ⇒ 川幅の式

・・・ 式(2) ⇒ 水深の式



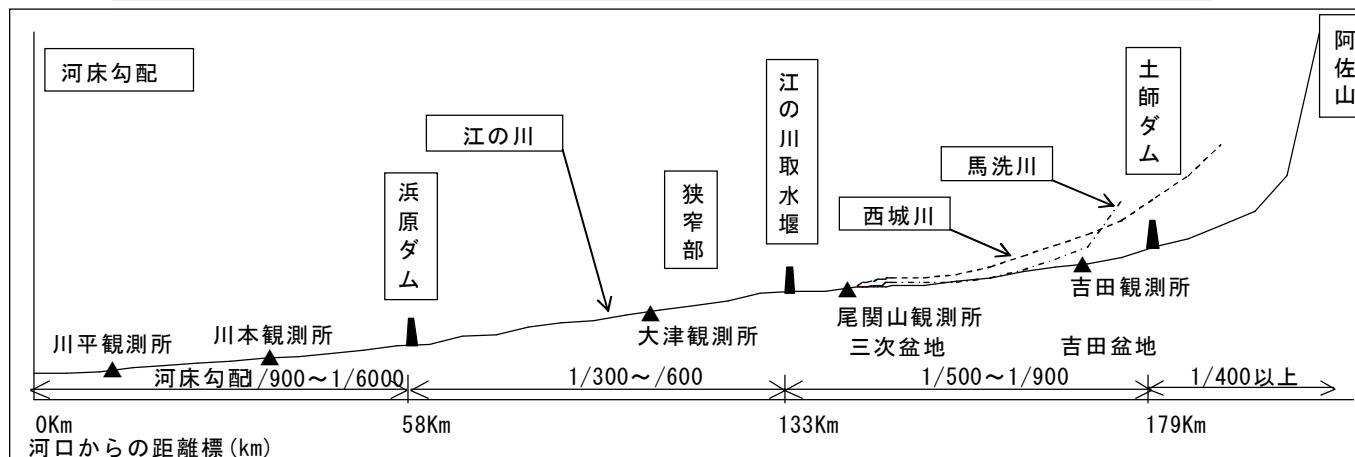
計画高水流量:
1000m³/s
年平均最大流量
Q_m:350m³/s

D₆₀=8.15cm(S49)
→D₆₀=4.33cm(H19)
I=1/500



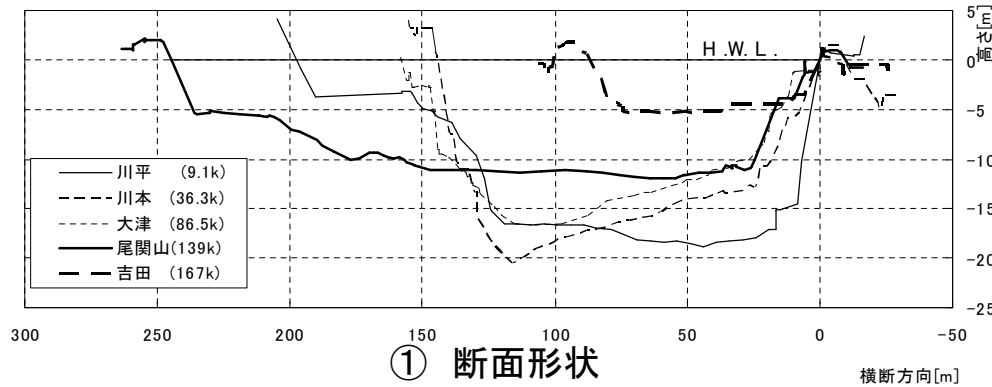
流域の視点からみた福岡の式による河道安定性の評価

○江の川主要地点



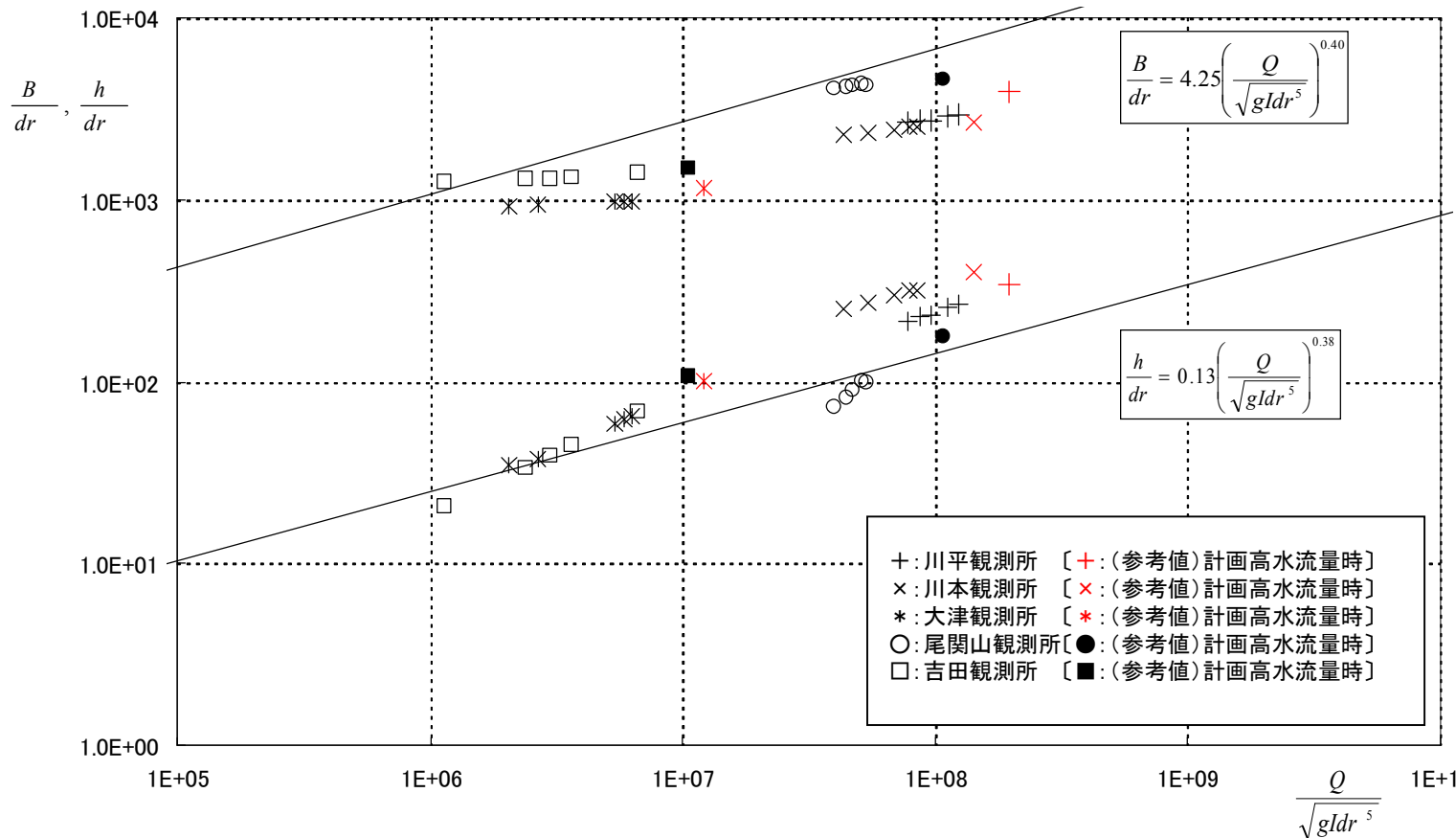
流域の視点からみた福岡の式による河道安定性の評価

○江の川主要地点の現況断面特性と無次元流量と無次元水面幅，無次元水深の関係



② 検討データ

観測所名	距離標 (km)	流域面積 A (km ²)	計画高水流量 Q (m ³ /s)	代表粒径 d _r (cm)	河床勾配 I	平均河床 H _A T. P. (m)
川平	9.1	3,807	10,600	4.90	1/950	-2.28
川本	36.3	3,229	9,700	5.35	1/870	16.47
大津	86.5	2,633	9,400	12.79	1/620	95.82
尾関山	139.0	1,981	7,600	5.35	1/870	148.83
吉田	167.1	400	1,200	5.96	1/570	194.78



江の川上流部(吉田・尾関山)

○河幅

無次元河道形成流量に対して若干狭い設定

○水深

若干狭い河幅により大きな水深をもつよう変化

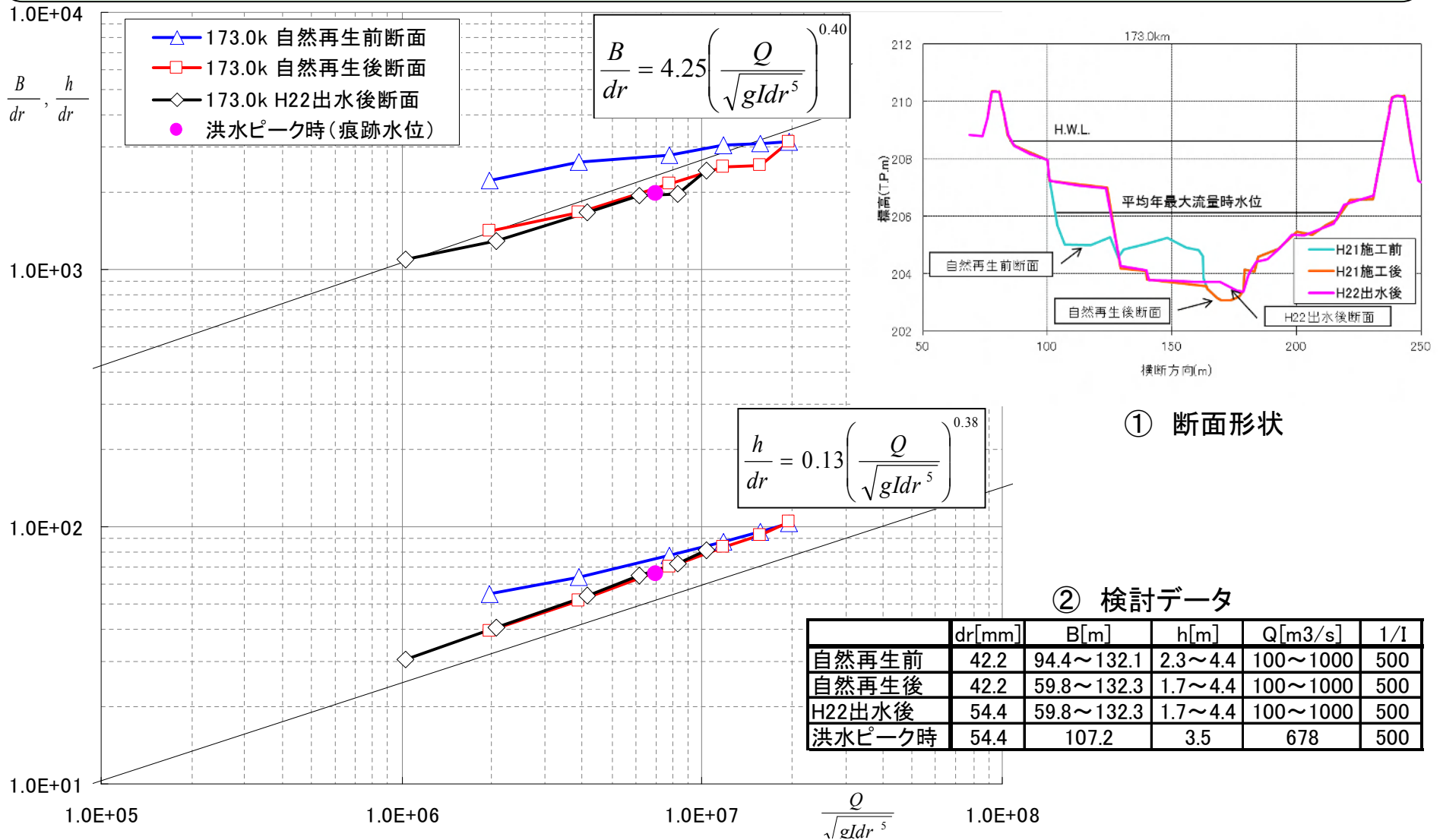
江の川中・下流部(大津・川本・川平)

○水面幅は小さかつ水深は大きくなる傾向(当該区間の河道断面形を規定するのは, 兩岸の山付けが制約条件)

福岡の式による河道安定性の評価(173.0k地点)

検討断面(173.0k地点)の河道横断形変化と無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

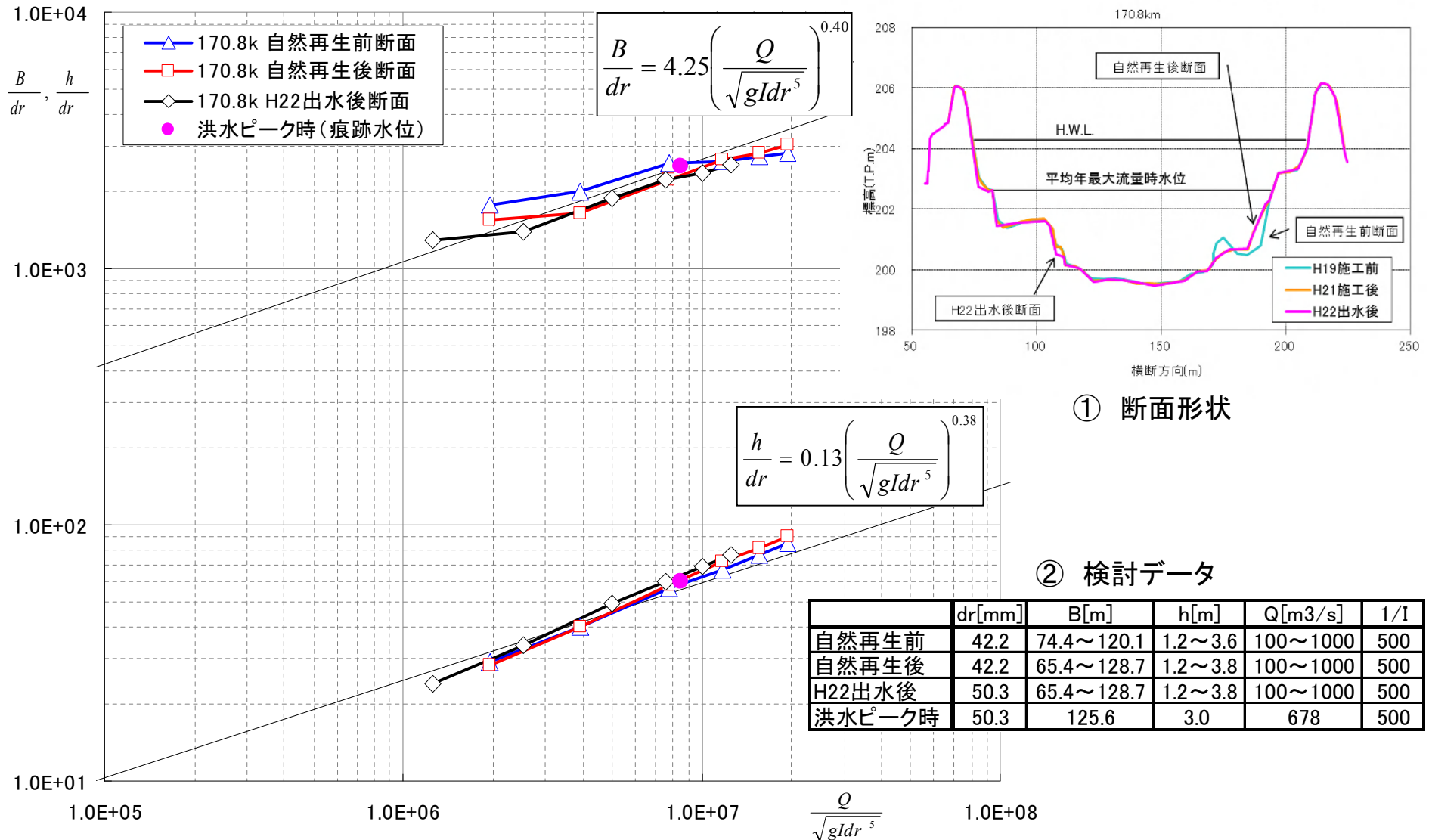
自然再生実施後では、福岡の式とほぼ近似する変化がみられた。また、洪水後の河道断面形では、みお筋部に堆積がみられ、人為的な砂州の切下げ及び中水敷盛土の設定より、単断面河道から船底型断面河道に安定的に遷移した。



福岡の式による河道安定性の評価(170.8K地点)

検討断面(170.8k地点)の河道横断形変化と無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

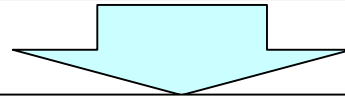
無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係では、河床材料が42.2mmから50.3mmに遷移した為、無次元川幅、無次元水深及び無次元流量とも小さくなる傾向がみられるが、概ね福岡の式の線上で変化。



まとめ

本報告では、河道特性の異なる江の川本川の河道断面形について、福岡の式により、無次元川幅、無次元水深と無次元流量の関係について考察し、流域の広域的視点から河道断面形の河道特性について評価した。

また、河川環境の保全対策で実施した江の川上流の自然再生事業について、施工前後及び平成22年洪水直後の河道断面形の変化や河床材料の遷移特性より、安定した河道断面形について評価した。



江の川上流部は、山麓平坦地や盆地を流下する有堤区間であり、河道断面形の特徴として、無次元河幅と無次元流量の関係では、単断面よりも船底型断面で福岡の式との相関性が高く、河道形成流量(計画高水流量)までの幅広い範囲で安定な河道断面形となる。中・下流部は、山間狭窄部の河道断面形から河幅が制約条件となり、無次元流量に対して、無次元河幅は狭く、無次元水深は深い傾向を示す。

自然再生実施前後及び洪水後の河道断面形の変化に関して、無次元水面幅と無次元流量の関係では、低水路部掘削及び中水敷盛土を実施することにより、自然河川で成立する福岡の式に近似していく結果を示す。

また、洪水の外力により、物理量である河床材料が遷移しても、福岡の式上で変化しており、安定した河道断面形といえる。

福岡の式による河道安定性の評価(175.6k地点)

検討断面(175.6k地点)の河道横断形変化と無次元流量と無次元水面幅、無次元水深の関係

、自然再生実施前後とも、その変化は、概ね福岡の式の勾配に近似している。また、洪水後には切下げ部にレキが堆積したため、洪水前後の代表粒径が42.2mmから123.8mmに遷移した。この結果より、自然再生実施前後と比べ、洪水後では、無次元流量が1/10程度小さくなったが、無次元水面幅との関係は、福岡の式上で変化。

