

目 次

1. 渡良瀬川とは
2. 渡良瀬川における現状と課題
3. 砂州の部分掘削(掘削路)とは (目的、効果)
4. 掘削路の施工事例
5. 掘削路における洪水攪乱の状況
6. 掘削路の効果の検証
7. 植生調査
8. 新たな河川環境の創出
9. まとめ

1. 渡良瀬川とは 渡良瀬川の概要

渡良瀬川は栃木県と群馬県の県境にある皇海山を水源とし、栃木、群馬、茨城、埼玉の4県を流れる利根川の支川です。



水源
皇海山(すかいさん)
栃木県と群馬県の県境
標高2,144 m

■治水上の特徴

- 急峻な地形
- 急勾配の河川
- 都市の市街地を貫流



位置図



渡良瀬川の上流



渡良瀬川の中流

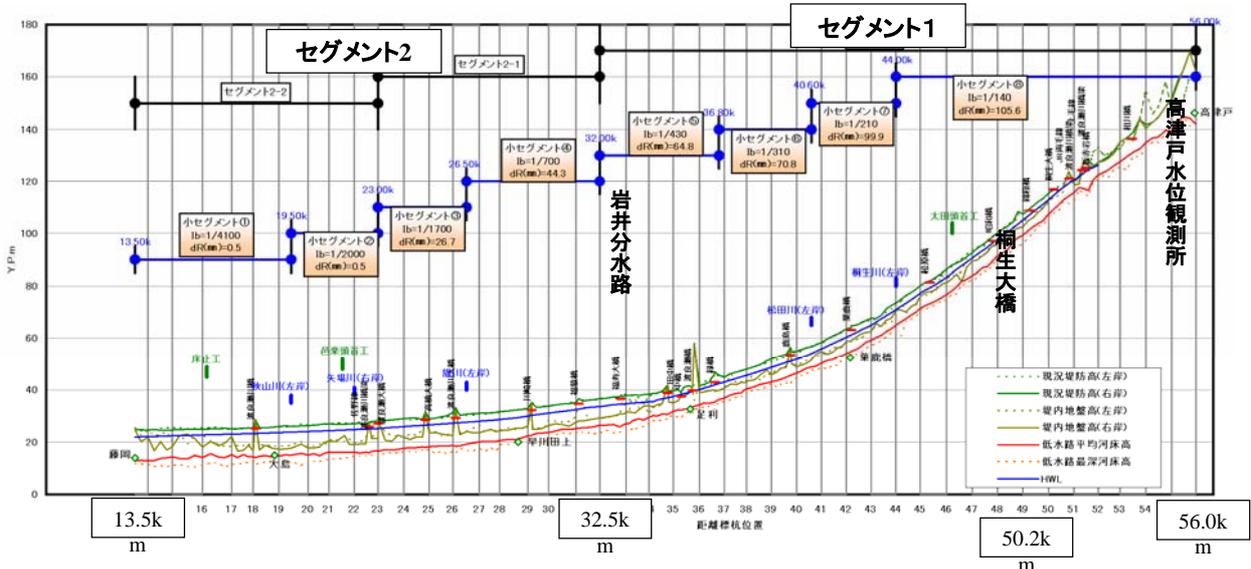


渡良瀬川の下流

3

1. 渡良瀬川とは 渡良瀬川の縦断勾配とセグメント

- ① 渡良瀬川の河床勾配 1/140~1/4,100
- ② 渡良瀬川上流区間はセグメント1(砂礫河床) 1/140~1/430
- ③ 渡良瀬川下流区間はセグメント2(砂質土河床) 1/700~1/4,100
- ④ 岩井分水路付近は上流区間と下流区間の変化点



4

2. 渡良瀬川における現状と課題 河道の変遷

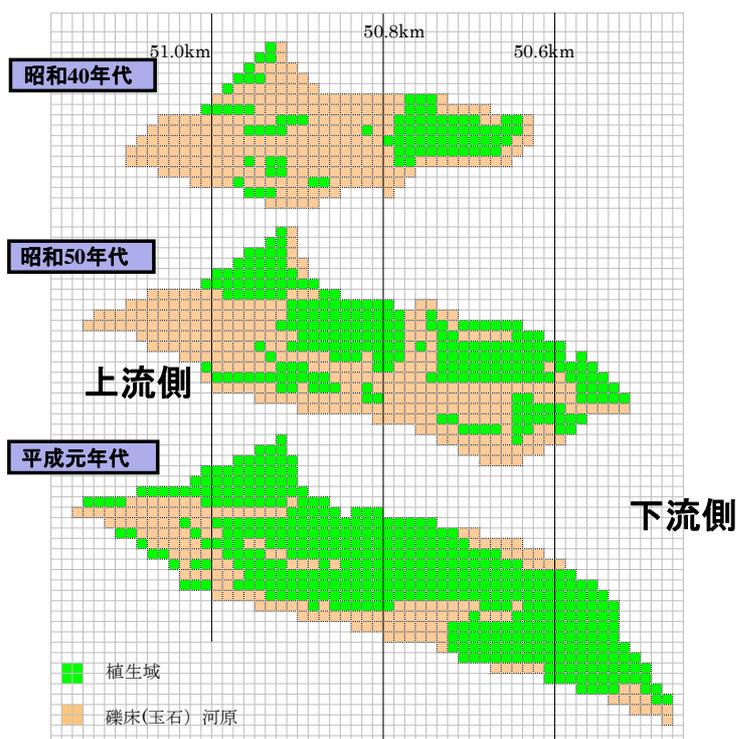
昭和48年撮影



平成21年撮影



2. 渡良瀬川における現状と課題 砂州の拡大



木本類の生長と砂州(中州)の拡大

木本類(ハリエンジュ)の変遷と砂州(中州)の経年変化

2. 渡良瀬川における現状と課題 河道内樹林化

樹林化が河川管理上の重要な課題

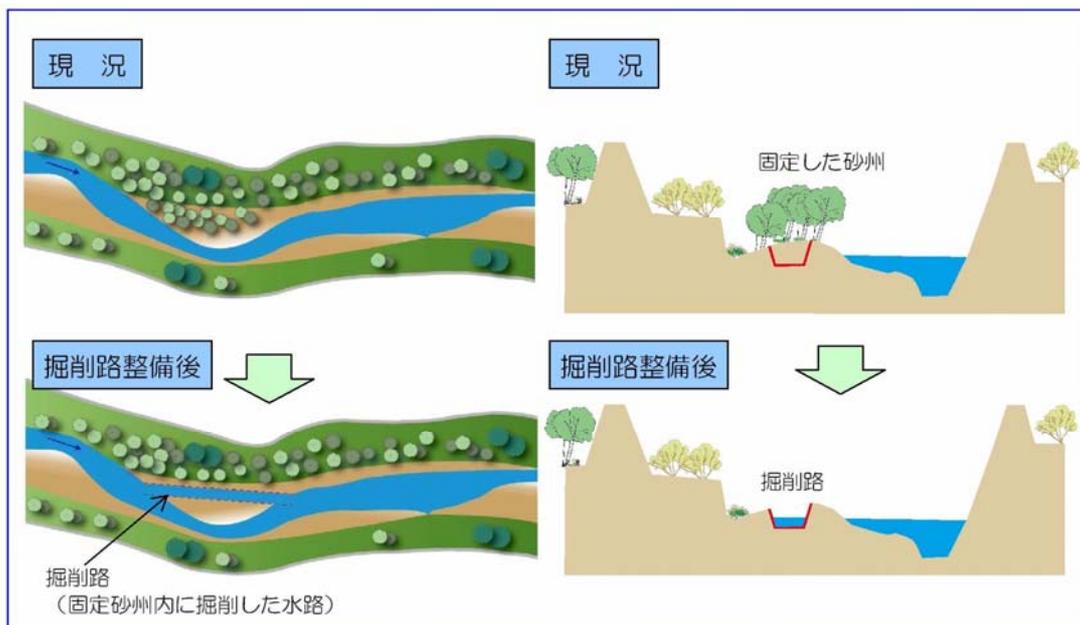
ハリエンジュは伐根を行っても、礫床内に破断した根茎が残存し翌年には著しい萌芽によって**林の再生**が生じる



表層に根を張るハリエンジュの根茎の様子

3. 砂州の部分掘削(掘削路)とは

- ①冠水頻度が小さい固定砂州内に掘削した水路
- ②冠水頻度を上げ、中小洪水で固定砂州内の自然攪乱の誘発を促す。
- ③整備は直線水路であるが、攪乱を誘発するもので、この形状が河道として完成形というわけではない。



3. 掘削路設置の目的

■河道の固定化に起因する水衝部の発生や樹林化といった課題に対して、

- ・掘削路を設置することによりそれらの課題を「緩和」
- ・護岸や水制などの対策施設の規模の「縮小」
- ・維持管理頻度の「軽減」を目指す

■将来的には、

- ・掘削路を起因として、河道固定化、低水路水衝部（みお筋屈曲部）の緩和・解消
- ・固定砂州の解消＝下流への土砂供給による比高差の軽減、深掘れ部の緩和、解消

⇒ 「健全な河川」を目指すもの

9

3. 掘削路に期待する効果

①水衝部の流速低減効果

掘削路が副水路として、洪水流を本川から分担することで、本川水衝部の流速の低減が図られる。

②土砂供給効果

固定砂州内に中小洪水を呼び込むことで河道の攪乱を誘発し、砂州の細粒土砂を下流に供給される。

③再樹林化抑制効果

砂州を攪乱し、植生基盤を破壊することで、樹林化が防止・抑制される。
また、洪水を引きこみ掘削路の幅が拡大することで、砂州の拡大防止が図られる。

④新たな水辺環境の創出効果

河川の微地形の変化により、新たな水辺の生息環境が創出される。

10

4. 掘削路の施工事例(桐生大橋)

桐生大橋掘削路の課題

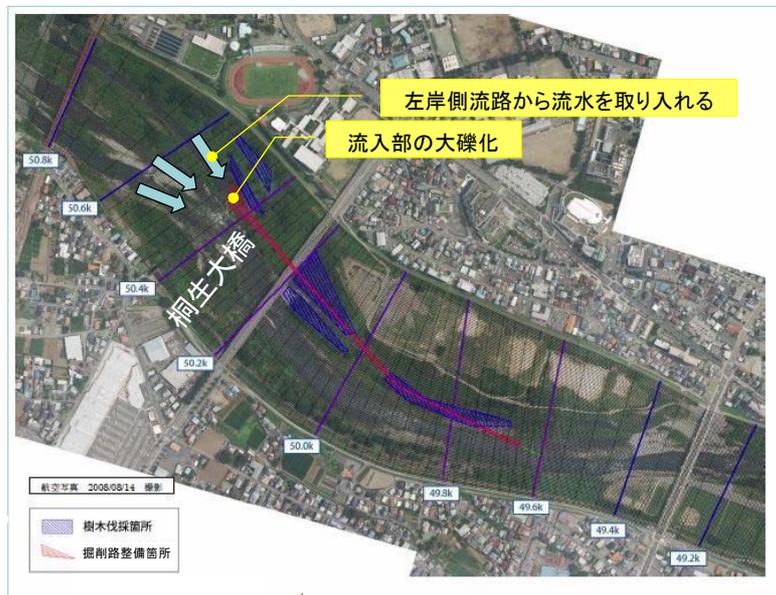
- 50.4k左岸側の水路が中央部へ落ち込む。中央部の洗掘と左岸側下流部の比高増大、固定化が進行している。
- 桐生大橋下流右岸側水衝部はS50～S60年代に深掘れが確認されましたが、水衝部対策の結果、H18時点では深掘れがなくなり水衝部としては良好である。
- 桐生大橋下流左岸側もS50年代以降安定している。しかし、砂礫州の河道内樹林化は進行している。
- よって50.2k下流低水路は現状では安定しているが、左右岸が固定化傾向にあり今後洗掘が進行し、比高の増大、固定化の促進が懸念される。また、河道内樹林化が進行している。→掘削路を整備。



4.掘削路の施工事例 (桐生大橋)

施工の留意事項

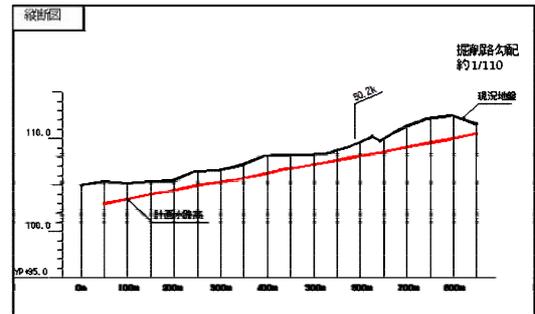
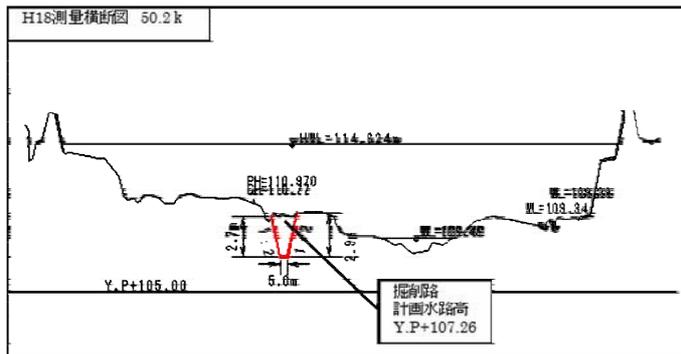
- ◆ **平面形状**: 左岸側の流路から流水を取り入れる形状とし、入り口(流入部)を大きくとり、以降はコスト的観点、攪乱を促進可能な最小幅5mの水路とした
- ◆ **縦断形状**: 流入部と流出部の低水路河床高を直線的に接続
- ◆ **堆積抑制対策**: 水路内の堆積を抑制するため流入部に大きな礫を設置
- ◆ **樹木化対策**: ハリエンジュなどの樹木の伐採を実施



4. 掘削路の施工事例 (桐生大橋の施工状況)

桐生大橋掘削路の諸元

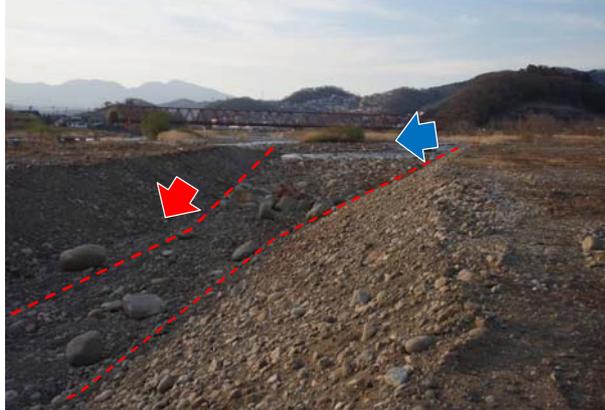
設置箇所	施工年	掘削路幅 (河床幅) (m)	水深 (m)	掘削路 延長 (m)	掘削路 勾配	掘削路幅 /川幅	目的
距離標 49.6k~ 50.4k	H21.3	5.0	2.7 ~ 2.9	675	約1/110	2.8%	樹林化対策 水衝部対策



13

4. 掘削路の施工事例 (桐生大橋の施工状況) 掘削路の掘削形状

桐生大橋から上流の掘削路流入口を望む



掘削路流入部の掘削形状

- ・平常時は細粒土砂の堆積抑制の大礫を設置 (高さ1.5m)
- ・洪水時の流水を取り入れるため形状を広げた

桐生大橋から下流の掘削路を望む
(渡良瀬川みお筋は写真右側)



掘削路の掘削形状

- ・水路幅は5m、線形は直線、法面勾配は1:2
- ・可能な限り巨石を水路内に配置
- ・樹木伐採も実施

横断面図50.2k

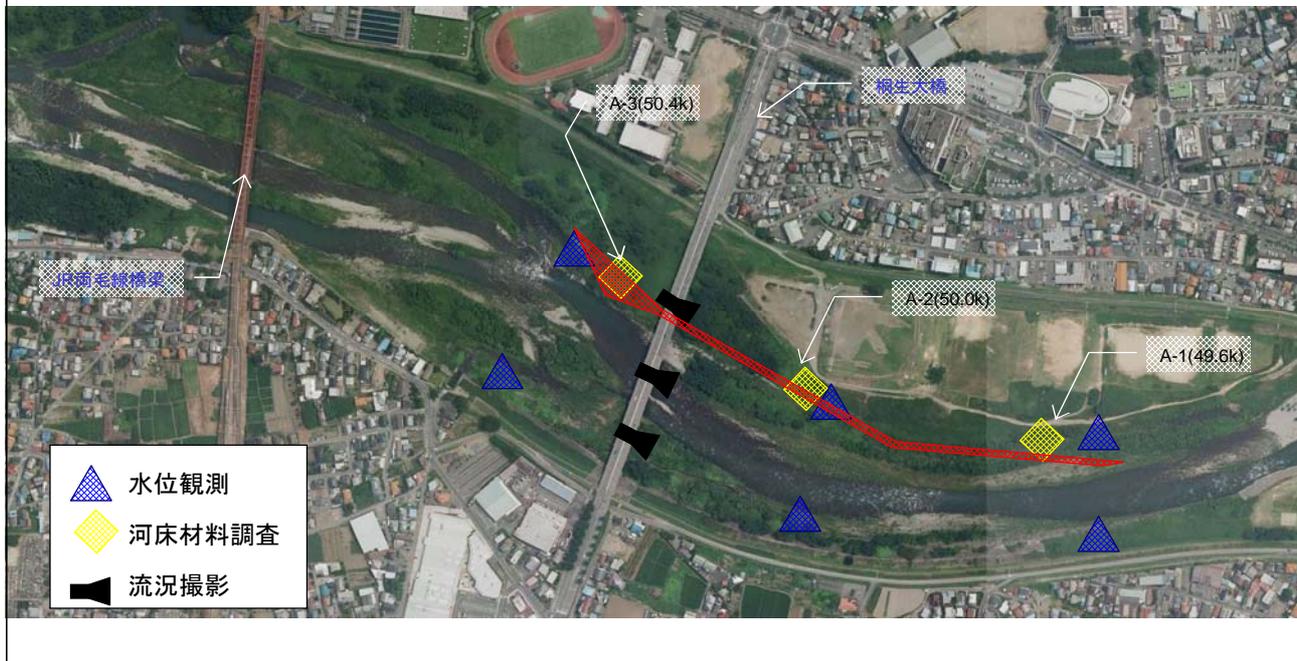


14

5. 掘削削路による洪水攪乱の状況 モニタリング調査

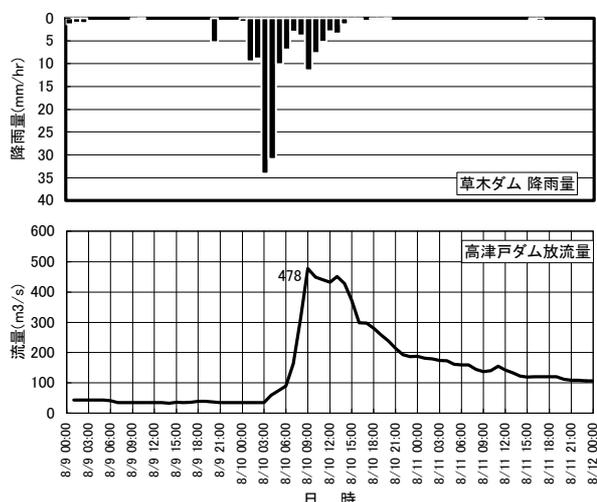
洪水時の流況、洪水前後の砂州の変化、掘削路の形状維持をモニタリング調査
調査箇所 上流、中流、下流の3カ所

- 水位観測
- 表面流速
- 河床材料



5. 掘削路による洪水攪乱の状況 H21.8の洪水概要

・平成21年8月10日の台風9号による豪雨により発生した出水は、桐生大橋上流高津戸ダム地点で約480m³/s、桐生大橋地点で約530m³/s程度であり、平均年最大流量(約750m³/s)よりもやや小さい洪水であった。



H21.8洪水ハイエト・ハイドロ

5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点H21.8洪水前の状況



桐生大橋付近の掘削路(洪水前)H21.5

5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点における洪水観測



5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点における洪水観測

平成21年8月10日(ピーク直後)桐生大橋下流



上流から掘削路に流入するだけでなく桐生大橋下流付近の本川より、砂州を乗り越えてる流れが確認された。

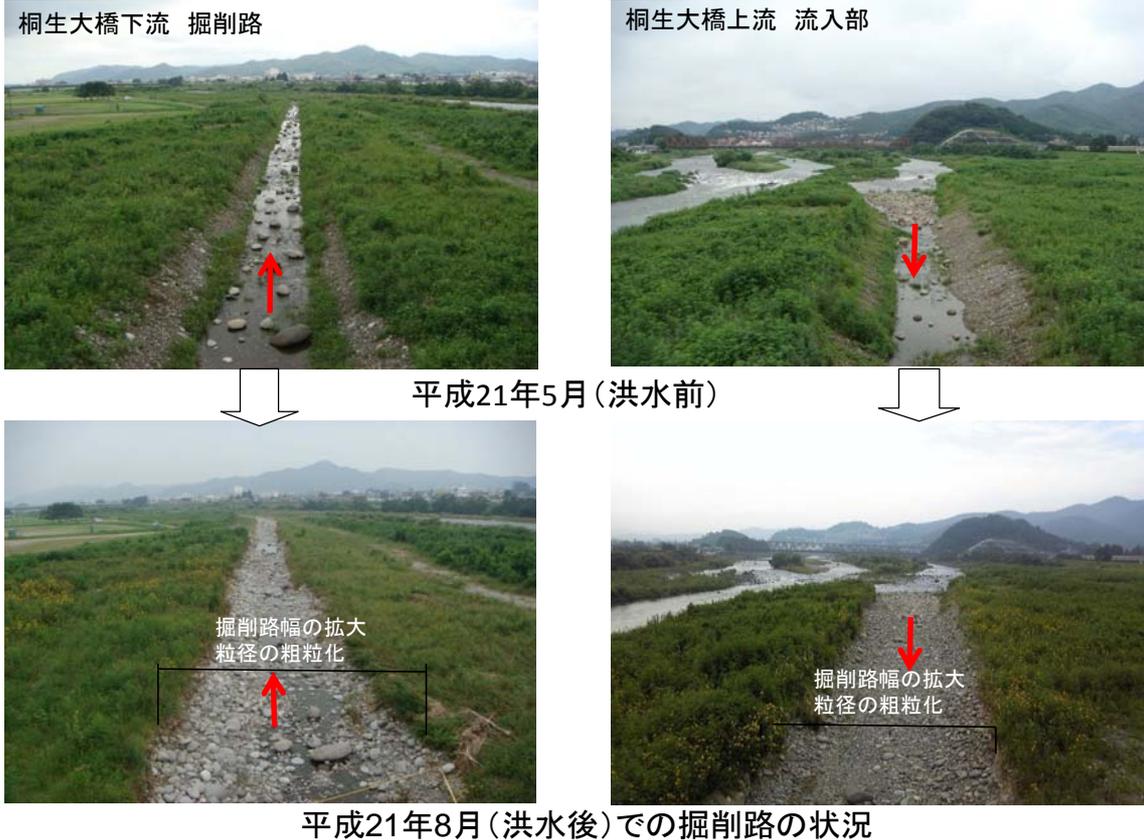
5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点における洪水観測

平成21年8月10日洪水直後 桐生大橋下流



草本による抵抗はあるが、洪水による攪乱を受け、細流土砂が流出

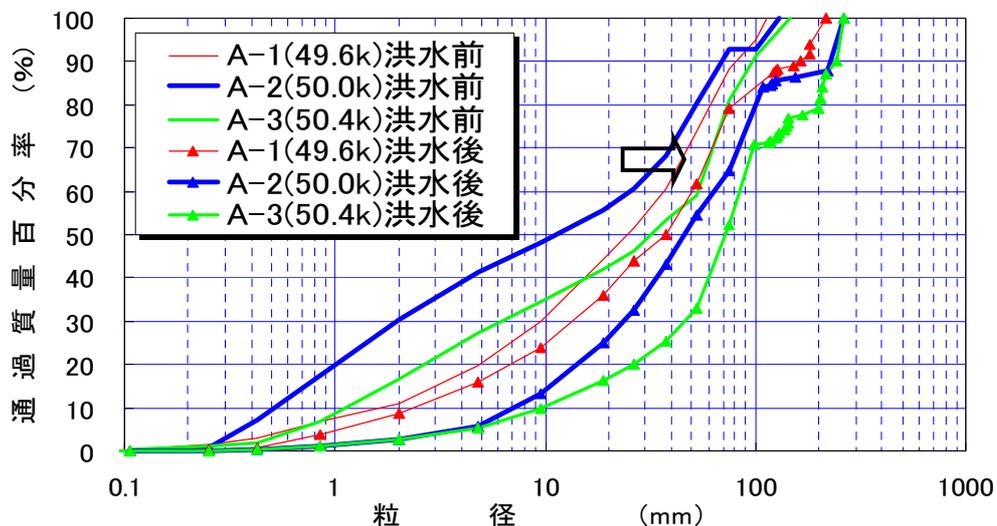
5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点における洪水前後の状況



5. 掘削路による洪水攪乱の状況 桐生大橋地点における洪水観測

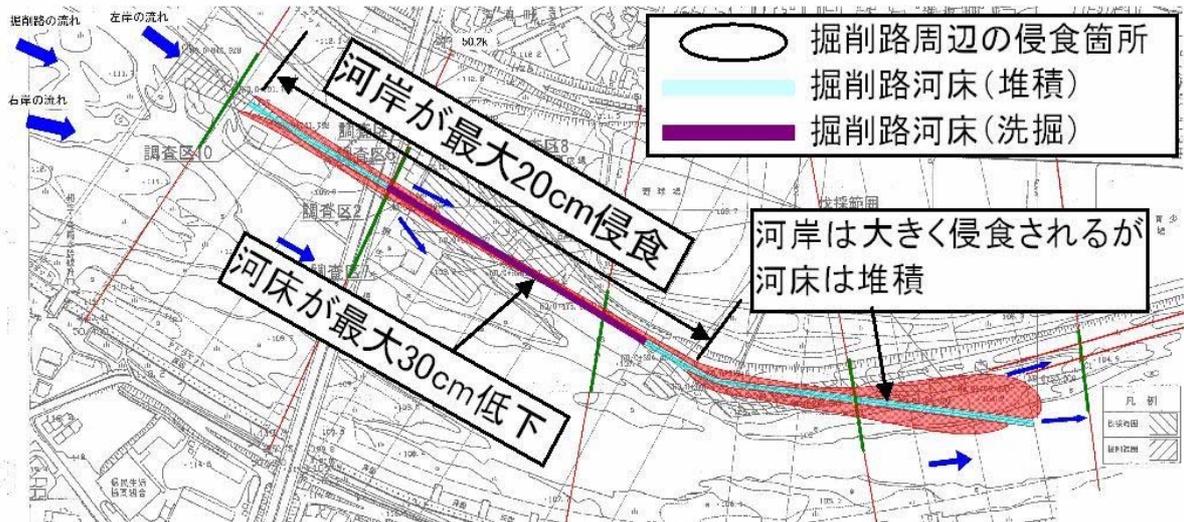
H21.8洪水前後の河床材料調査の結果

- ・掘削路内の粒径は、上流部、中流部、下流部とも全て粗粒化
- ・細粒土砂については、下流本川へ流下
- ・代表粒径 洪水前 $d_{60} = 25 \sim 55 \text{mm}$
→ 洪水後 $d_{60} = 50 \sim 85 \text{mm}$



5. 掘削路による洪水攪乱の状況 H21.8洪水による掘削路形状の変化

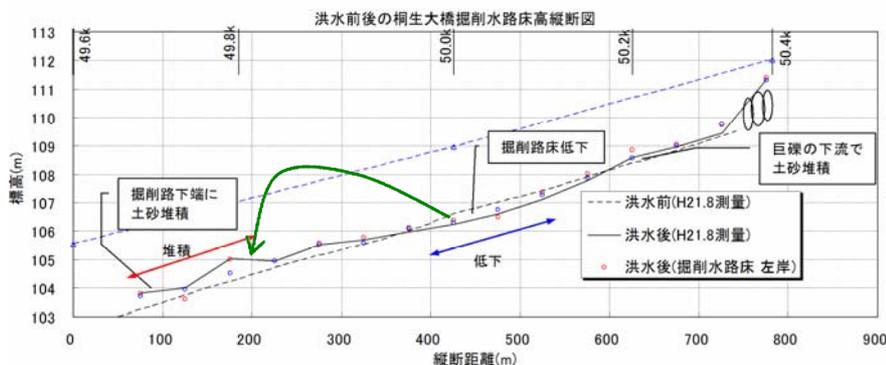
- 掘削路により固定砂州内に流れを誘導することで、平均年最大流量以下の小規模洪水でも、掘削路内の細粒土砂を流下させるには十分な掃流力が発生し、河岸部は侵食され掘削路幅が広がった。



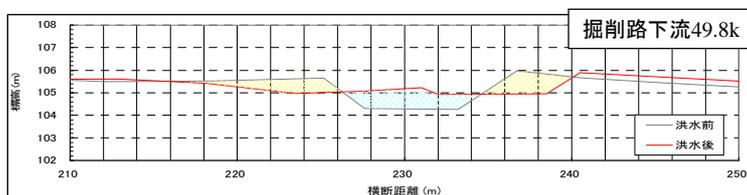
数値上は大きくないが、細粒土砂が流され、大粒径での礫床が形成された景観となった。

5. 掘削路による洪水攪乱の状況 H21.8洪水による掘削路形状の変化

- 流入部及び流出部に土砂が堆積。
- 掘削路中間部で河床高が最大30cm程度低下。
- その下流で侵食された土砂が堆積している状況を確認。
- 最下流部(49.8k付近)では、土砂の堆積により河床が上昇。



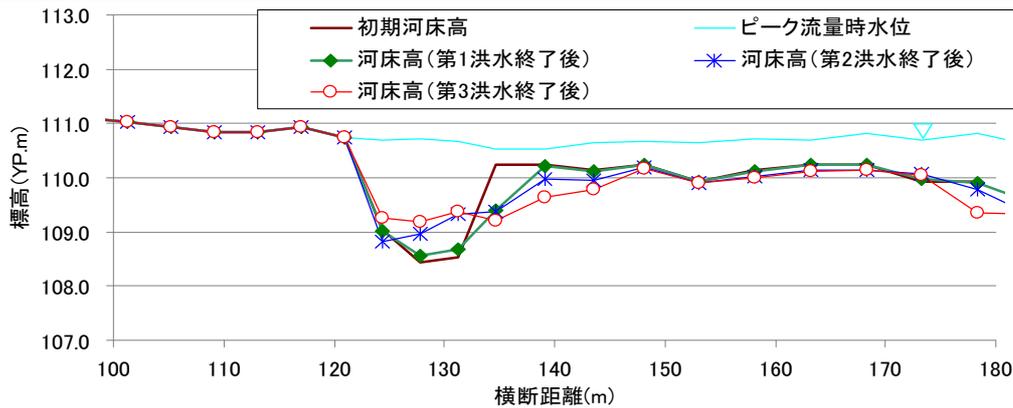
掘削路河床の縦断曲線の変化



H21.8洪水に伴う掘削路(桐生大橋付近)の侵食状況

6. 掘削路の攪乱効果の検証～河床変動解析による

- ・下図は、平面二次元河床変動解析により平成21年8月洪水をモデル洪水として3回与え、**掘削路の継続的な攪乱効果を検証したものである。**
- ・掘削路が設置されていない場合は河床変動がほとんどない状態であったのに対して、掘削路設置後は、**2洪水後以降でも掘削路は横断方向に徐々に侵食され、拡幅傾向が続く結果となった。**
- ・掘削路河床高は堆積する傾向となったが、1m程度河床が上昇したところで堆積傾向は小さくなっている。
- ・侵食量と堆積量では侵食量の方が大きいため、**掘削路により侵食された土砂の多くは下流低水路に流下したと判断される。**

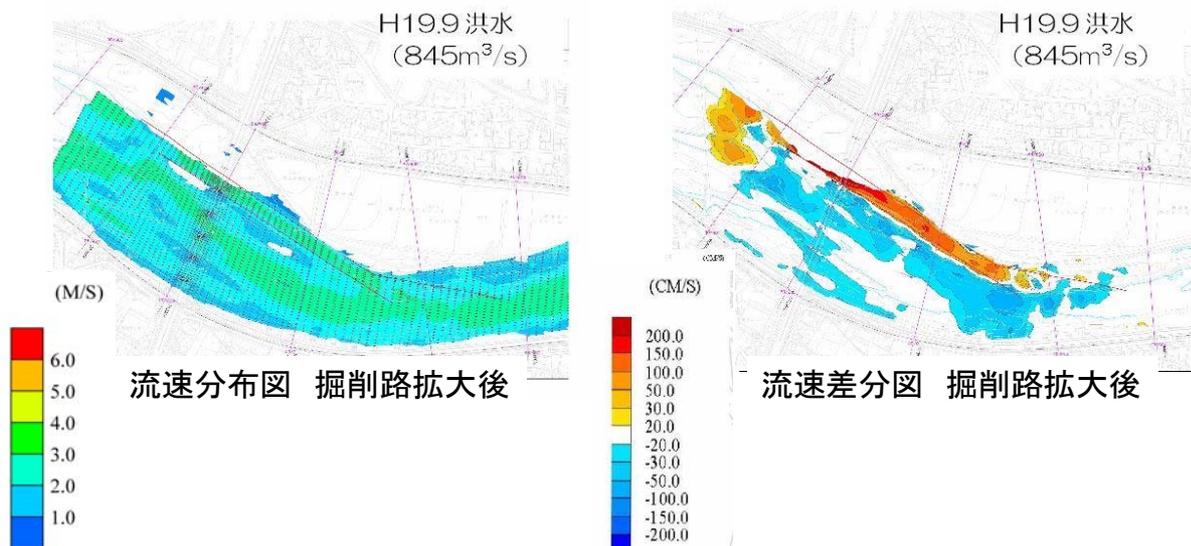


複数洪水を受けた場合の掘削路横断比較図(50.2k)

25

6. 掘削路の流速低減効果の検証～平面二次元流況解析による

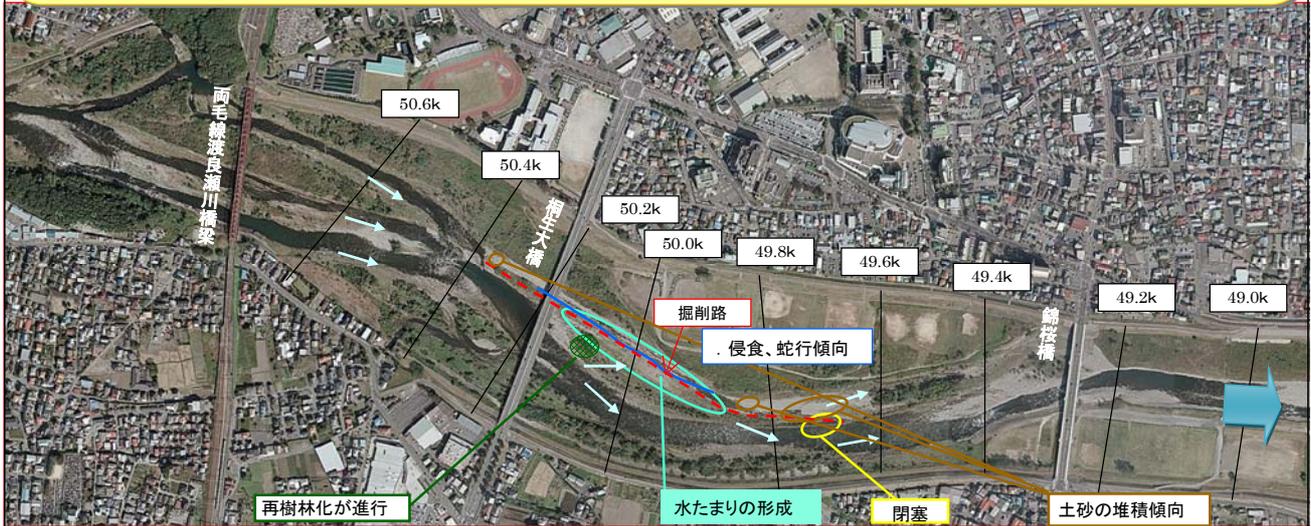
- ・平面二次元流況解析で、掘削路設置前後で流速変化について検討
- ・複数洪水を受けて攪乱により拡幅した掘削路において、当時の近年最大平成19年9月洪水(845m³/s 確率1/3～1/5)による流速低減効果を検証した結果、低水路部の広い範囲で-0.20～-0.50m/s程度の流速低減効果が確認された。



26

6. 掘削路の攪乱効果の検証～掘削路形状の現況(H27.2)

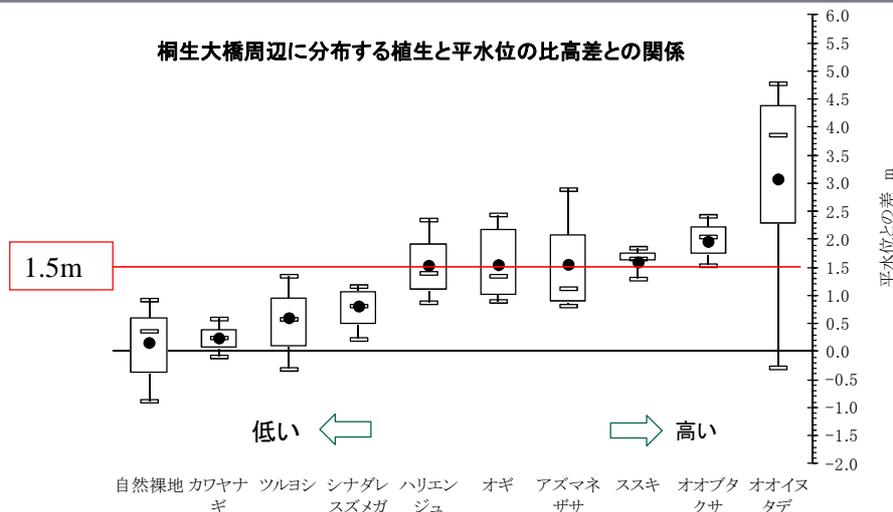
- ・当初の幅5mの掘削路が、平成27年2月時点で幅10m以上に広がっている。
- ・直線的な掘削路が、侵食により蛇行し始めている。
- ・掘削路の流入部、変化点、下流に細粒土砂の堆積(供給)が進んでいる。
- ・洪水の攪乱により、冠水頻度が上がり、砂州や掘削路内に、水たまりなど新たな微地形が形成された。しかし、本川と掘削路下流の接続は途絶えている。
- ・砂礫州の樹木は再樹林化し始めている。
- ・年平均最大流量規模程度の洪水しかないため、掘削路の機能が保たれた形状である。



27

7. 植生調査(H27.2) 植生と比高差の関係

- ・ハリエンジュの生育域は平水位との比高差、0.8m～1.9mで、平均では1.5mであった。
- ・カワヤナギ、ツルヨシ、シナダレスズメガヤはこれより比高差が低いところに分布した。
- ・オギ、アズマネザサは、ハリエンジュの比高域と競合する。
- ・ススキ、オオブタクサ、オオイヌタデは、比高差が高いところに分布した。
- ・この傾向は、現地の状況や一般的生態とよく一致していた。



28

8. 植生調査(H27.2) ～掘削路上流50.6k-50.2k～



①掘削路左側(高水敷) ハリエンジュ伐採後の生育状況。6年で約10mに生長。



②掘削路右側(砂礫州上) ハリエンジュ生育状況
掘削路との比高差約1.5mの立地に生育。
樹高は5m以上に生長。



施工後 H27.2



施工前 H20.12

区分	凡例	植物群落等
在来一年草	1a	オオイヌタデ群落
外来一年草	2a	オオバクサ群落
在来多年草	3a	ツルヨシ群落
	3b	オギ群落
	3c	ススキ群落
外来多年草	4a	シナダレスメダガヤ群落
	4b	カナムグラ群落
つる植物	5a	カナムグラ群落
	5b	クズ群落
ササ	6a	アズマネザサ群落
在来木本	7a	カワヤナギ低木群落
	7b	カワヤナギ高木群落
	7c	エビノキ
	7d	オニグルミ
	7e	クヌギ
外来木本	8a	ヤマグワ
	8b	ハリエンジュ低木群落
その他	9a	ハリエンジュ高木群落
	9b	自然裸地
	9c	人工裸地
	9d	道路
	9e	開放水面

— 掘削路
— 伐採箇所(H21)

7. 植生調査(H27.2) ～掘削路中流50.2k-49.8k～



①砂礫州中央部
・伐採後ハリエンジュが再生。伐採前の面積よりも今時点では植生域は小さい。樹高は、10m以上ある。
・伐採後カワヤナギはオギに変化
・強い攪乱を受けるハリエンジュ前面部は在来のツルヨシに変化。
・クズやカナムグラなどつる植物はみられない。
・周辺は在来のツルヨシやオギが良好な状態で分布している。



②掘削路内の状況
掘削路内の安定した場所(攪乱が中程度の場所)にはツルヨシが分布。



施工後 H27.2



施工前 H20.12

区分	凡例	植物群落等
在来一年草	1a	オオイヌタデ群落
外来一年草	2a	オオバクサ群落
在来多年草	3a	ツルヨシ群落
	3b	オギ群落
	3c	ススキ群落
外来多年草	4a	シナダレスメダガヤ群落
	4b	カナムグラ群落
つる植物	5a	カナムグラ群落
	5b	クズ群落
ササ	6a	アズマネザサ群落
在来木本	7a	カワヤナギ低木群落
	7b	カワヤナギ高木群落
	7c	エビノキ
	7d	オニグルミ
	7e	クヌギ
外来木本	8a	ヤマグワ
	8b	ハリエンジュ低木群落
その他	9a	ハリエンジュ高木群落
	9b	自然裸地
	9c	人工裸地
	9d	道路
	9e	開放水面

— 掘削路
— 伐採箇所(H21)

7. 植生調査(H27.2) ~掘削路下流50.0k-49.6k~



①掘削路内の状況
掘削路の流れの変化点にあたり浸食されている。水面部となっている。



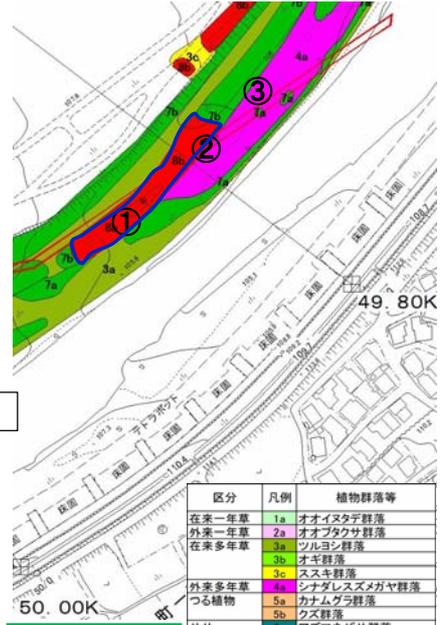
②掘削路内の状況
掘削路の流れの変化点にあたり大きな攪乱を受けている。植生はまばら。



③掘削路最下流部
シナダレスズメガヤ(外来)は中規模な攪乱では破壊されずに存続。



施工後 H27.2



施工前 H20.12

— 掘削路
— 伐採箇所(H21)

区分	凡例	植物群落等
在来一年草	1a	オオイヌタデ群落
外来一年草	2a	オオバクサ群落
在来多年草	3a	ツルヨシ群落
	3b	オギ群落
	3c	ススキ群落
外来多年草	4a	シナダレスズメガヤ群落
つる植物	5a	カナムグラ群落
	5b	クズ群落
ササ	6a	アスマネザサ群落
在来木本	7a	カワヤナギ低木群落
	7b	カワヤナギ高木群落
	7c	エノキ
	7d	オニグルミ
	7e	カスキ
	7f	ヤマグワ
外来木本	8a	ハリエンジュ低木群落
	8b	ハリエンジュ高木群落
その他	9a	自然裸地
	9b	人工草地
	9c	人工裸地
	9d	道跡
	9e	開放水面

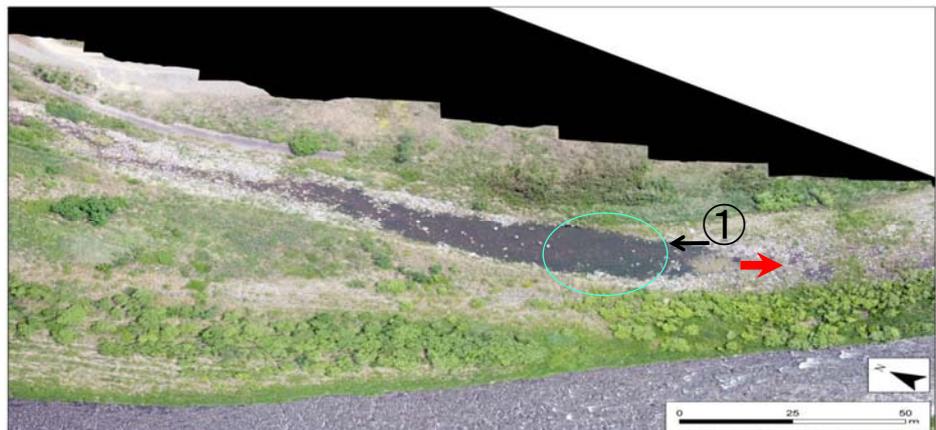
8. 新たな河川環境の創出

河川水辺の国勢調査結果(底生動物) H27年度 桐生大橋下流掘削路地点

- ・出現種数は18種、少ないながらも掘削路に底生動物の新たな棲み場が創出された。
- ・アメリカザリガニ、ミズムシ、ミミズ類など止水に生息する種が多く確認された。
- ・重要種は、ヌカエビ、1種類のみ確認された。
- ・水質階級が $\alpha_m \sim ps$ の個体数が多く、os(きれいな水)の種が確認されていないことから、掘削路の水質は良好とは言えない。
- ・現段階では、掘削路は“たまり状”となっているが、本川と接続することで、新たな底生動物相が生息する環境になる可能性がある。



掘削路内で確認された重要種



河川水辺の国勢調査箇所

8. 新たな河川環境の創出

河川水辺の国勢調査結果(両生類) H25年度 桐生大橋下流掘削路地点

・整備された掘削路内には、平常時には水たまりが形成されており、平成25年6月の河川水辺の国勢調査結果(両生類) 春季調査時には、ツチガエルとニホンアカガエルの幼生が確認されている。
両生類の産卵場として利用されている。



下流端は「わんど」的な水を形成(下流からの背水と伏流水の混合)

33

9. まとめ

- ① 掘削路を設置することで、平均年最大流量程度の中小規模洪水であっても、砂州内が攪乱され、掘削路内の侵食、砂州の侵食、下流への土砂移動が発生する。すなわち、掘削路という攪乱誘発機能を与えるだけで、自然の営力により、砂州の比高差の軽減、再樹林化の抑制等が期待できる可能性が高い。
- ② 砂州上に堆積した河床材料が屈曲した低水路へと流れ込むことで、瀬と淵の更新や水衝部対策としても有効。
- ③ 上記のような点から、自然の営力(ダイナミズム)を利用した砂州の部分掘削(掘削路)による河道攪乱手法は、河道内樹林化の抑制と水衝部対策の一手法としても有効であると思われる。
- ④ 今後も、掘削路の効果については、洪水によるモニタリングを実施し、効果検証を行う。また、水生生物の生息環境の変化や植生の変化については、河川水辺の国勢調査などを活用し、データの蓄積を行う。

34