

主催：愛知県建設局河川課／矢田・庄内川をきれいにする会  
「小さな自然再生」研究会／日本河川・流域再生ネットワーク

## 「小さな自然再生」現地研修会（第9回）開催報告

2020年11月13日（金）愛知県名古屋市・矢田川



開会挨拶



座学研修



現地演習風景



記念写真



日本河川・流域再生ネットワーク

2021年3月



公益財団法人河川財団による河川基金の助成を受けています。

# 「小さな自然再生」現地研修会（第9回）

## 開催報告

2020年11月13日（金） 愛知県名古屋市・矢田川

### はじめに

第9回「小さな自然再生」現地研修会を、愛知県名古屋市を流れる庄内川水系矢田川にて2020年11月13日（金）に開催致しました。

地元の矢田川バープエプロジェクト関係者や自治体職員、実務者など計37名に参加いただき、「事前モニタリングで学ぶ土砂移動」をテーマに、午前の座学及び午後の矢田川での現地調査の充実した研修会となりました。

本研修会では、河川環境改善を目的にバープ工の設置が予定されている現場において、河道内地形の事前モニタリングのポイント、川の変化の履歴や洪水頻度、土砂移動等について座学と現地演習（河道内地形測量、河床材料調査、流速測定、生物調査等）で学びました。

この開催報告は、研修会の参加者とともに学んだ内容の一部を、当日の写真を中心に皆様にご紹介するものです。

本研修に協力頂きました、愛知県建設局河川課、矢田・庄内川をきれいにする会 及び「小さな自然再生」研究会の皆様には厚く御礼申し上げます。

2021年3月

日本河川・流域再生ネットワーク(JRRN)

## 開催概要

- 開催日時： 2020年11月13日（金） 10:00～15:30
- 開催場所： ウィルあいち 3階 会議室5番 及び 矢田川現地
- 参加者： 37名
- 主催： 愛知県建設局河川課、矢田・庄内川をきれいにする会、  
「小さな自然再生」研究会、日本河川・流域再生ネットワーク

## プログラム

### (10:00-12:00) 河道内地形の事前モニタリングを学ぶ座学研修

- 開会挨拶（岡島充典：愛知県建設局河川課長）
- 矢田川バース工プロジェクトについて（川瀬功記：愛知県建設局河川課）
- 矢田川を対象した『川の見方』について（原田守啓：岐阜大学 流域圏科学研究センター）  
＜矢田川の本来の姿と現在の姿／洪水頻度や土砂移動の分析方法／iRICによる河道内地形の変化予測 等＞

### (12:00～13:30) 各自昼食、矢田川へ移動

### (13:30～15:30) 事前モニタリングの現地調査

- 調査指導：原田守啓（同上）、岩瀬晴夫（株式会社北海道技術コンサルタント）  
＜矢田川バース工設置前の事前モニタリング調査（地形、水深、流速、河床材料等）に参加＞

### (15:30) 閉会

## 開会挨拶



主催者を代表して、愛知県建設局河川課の岡島充典課長より開会あいさつを頂きました。

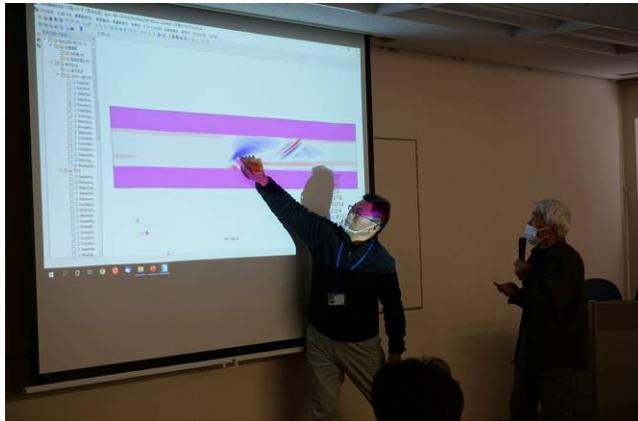
## 座学研修（午前）



### 矢田川バードプロジェクトについて (川瀬功記：愛知県建設局河川課)

- 矢田川バードプロジェクトの概要
- 第1回検討会の報告

⇒ 講演資料は巻末「参考資料 1-1」を参照



**矢田川を対象した『川の見方』について**  
**(原田守啓：岐阜大学 流域圏科学研究センター)**

- 矢田川の本来の姿と現在の姿
- 洪水頻度や土砂移動の分析方法
- iRICによる河道内地形の変化予測 等

⇒ 講演資料は巻末「参考資料 1-2」を参照

## 現地演習（午後）

### テーマ：「事前モニタリングで学ぶ土砂移動」

矢田川バース工プロジェクトは、庄内川水系矢田川において、低水路が固定された単調な河川環境へバース工を設置することにより、流れに変化を生じさせ、河川環境を改善することを目的としたプロジェクトです。今年度は、矢田川にバース工 1 基を設置することを目標としています。このプロジェクトでは、メンバーで検討を行い、バース工の設計や施工方法等を決めていくこととしており、「バース工の効果を把握するために、設置前に事前調査を行うこと」、「モニタリングの方法を決めて毎年行い、効果の推移を把握すること」も重要な課題に位置付けています。

本研修会の午後の現地演習では、「矢田川バース工プロジェクト」でバース工の設置が予定されている現場において、河川の横断測量、河床材料調査（ペブルカウント法）、流速測定、四つ手網による生物捕獲等の調査を研修会参加者で実施しました。



矢田川大橋より現地演習現場付近を撮影

## 【現場紹介 及び 調査方法説明】



愛知県建設局河川課の川瀬様より現地の紹介



まずは各自で自由に川の中を歩いてみることに



岐阜大学・原田先生より午後のプログラムの説明



岐阜大学・原田先生よりモニタリング手法について解説



各モニタリング班に分かれて自己紹介&作戦会議

## 【簡易横断測量班】



4つの測線を2m間隔で計測



## 【河床材料ペブルカウント班】



原田先生より計測方法を説明



3 歩づつ 4 往復で約 100 カ所を計測。採取後は、グラベロメーター・シートで判定。



別の測線でも実施。シルト・砂・細礫・中礫・粗礫・粗石を判別。

## 【河床材料ふるいわけ試験班】



室内ふるいわけ試験用のサンプル採取



## 【流速・水深計測班】



水深の60%位置で流速測定



3次元で測定 流速 約30cm/s

## 【生物調査班】



四ツ手網での簡易生物調査。約 15 回、ガサガサで生物を捕獲。



モクズガニ、オイカワ、コイ、エビ etc.

## 【空撮ドローン班】



空から3次元地形を計測。空撮画像から三次元的な地形モデルを作成。



## 【川づくり設計班】



設置予定のバープ工構造について議論



北海道技術コンサルタント・岩瀬講師より解説

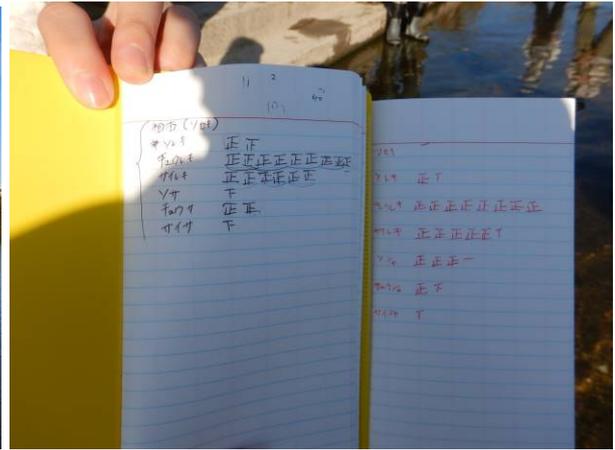
## 【全体総括～各調査結果を参加者で共有～】



各班計測を終えての報告会



簡易横断測量班より概要報告



河床材料班（ペブルカウント）より概要報告



河床材料班（ふるい分け試験）より概要報告



流速・水深計測班より機器使用法の紹介



生物調査班より採取した生物の概要報告



川づくり設計班より設計に関わる議論の概要報告



原田先生・岩瀬講師によるバーブ工に関わる補足説明



全体を通じての質疑応答

## 閉会



原田研究室学生チームより本日の感想



主催者より閉会挨拶



研修会参加者での集合写真

## 参考資料 1（座学研修の講義資料）

### 【参考資料 1-1】 矢田川バープエプロジェクトについて 講演資料

#### 矢田川バープエプロジェクト 第1回検討会

##### ○矢田川バープエプロジェクト

低水路が固定され、単調な河川環境となっている矢田川において、バープエを設置することにより、流れに変化を生じさせ、河川環境を改善することを目的とする。

##### 会議概要

- 日時：令和2年10月5日（月）13:30～17:00
- 場所：愛知県三の丸庁舎
- 構成メンバー
  - ・岐阜大学 原田守啓准教授
  - ・矢田・庄内川をきれいにする会
  - ・愛知県河川課 計画G、環境G、改修G
  - ・尾張建設事務所河川整備課
  - ・環境局自然環境課

##### 検討会の様子

〈左から、打合状況、現地視察①、現地視察②〉



##### 検討会での議題

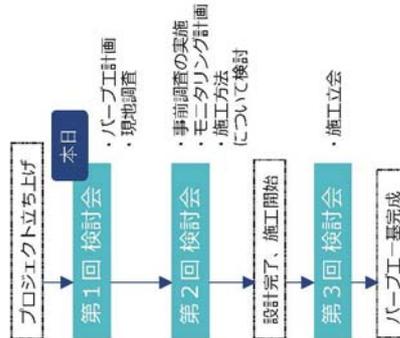
##### ○バープエとは？

- ・川の流れに対して上流に向けて設置する、高さの低い水制工。
- ・土砂の堆積を促すことで、寄り州、瀬淵を形成し、河床環境に変化をもたらす。
- ・河川内の環境が多様化することで、そこに住む生物の多様化も期待できる。



バープエ施工例  
写真：岐阜大学 原田准教授提供

##### ○プロジェクトの進め方



##### ○バープエ設置計画(案)



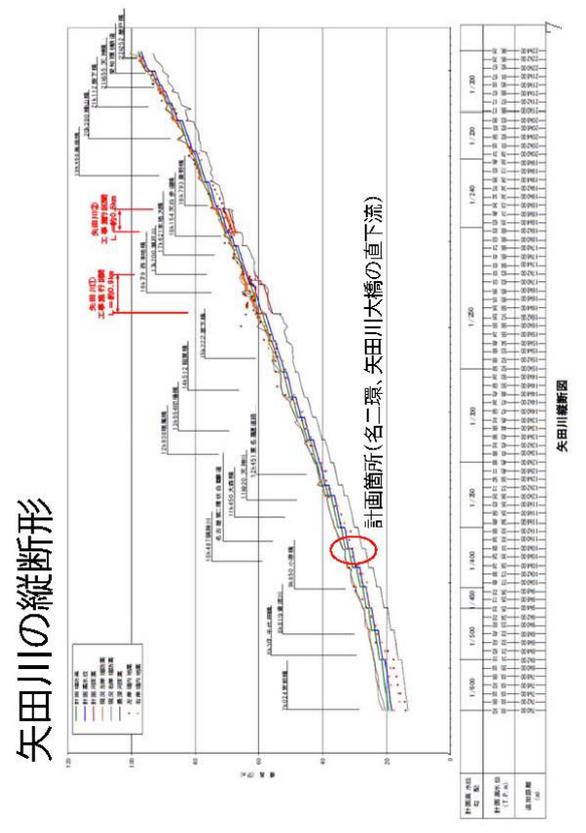
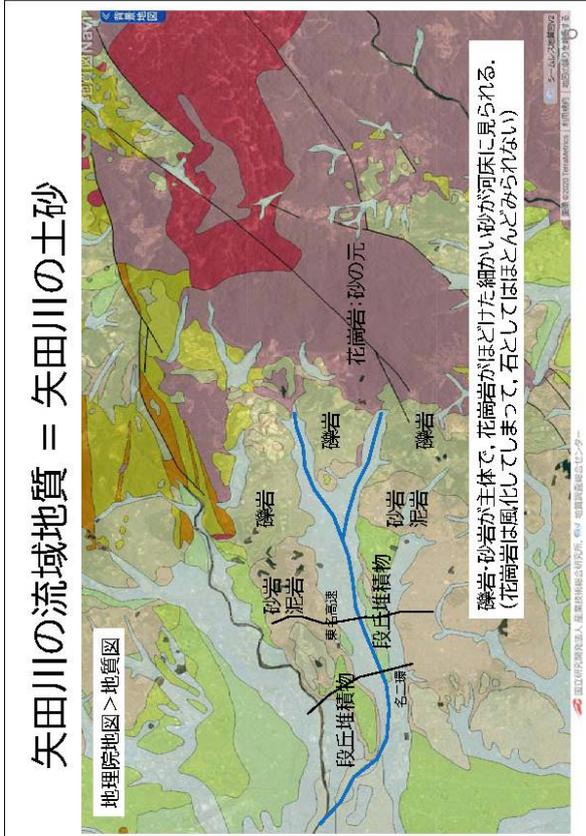
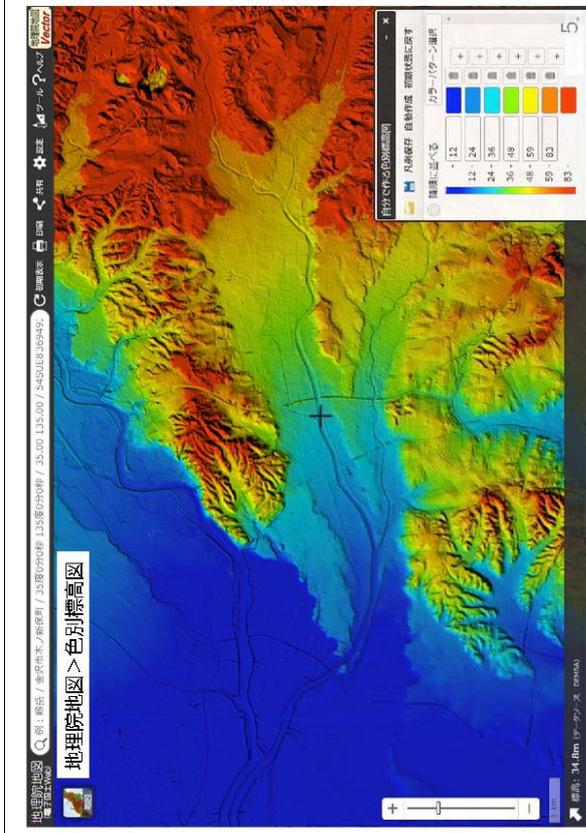
- ・名古屋守山区、河道がまっすぐな箇所に設置。
- ・バープエは、袋詰玉石を並べて設置した構造とする。

##### ○今後の課題

- ・バープエの効果を把握するために、設置前に事前調査を行うべき。
- ・また、モニタリングについても、方法を決めて毎年行うことで、効果の推移が分かる。
- ・今後、基数を増やすにあたり、簡単な施工方法を、考えられると良い。

<p style="text-align: center;"><b>矢田川を対象とした 『川の見方』について</b></p> <p style="text-align: center;">小さな自然再生研究会 岐阜大学 流域圏科学研究センター准教授 原田守啓</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>本資料末に、参考資料として「小さな自然再生のための水理学入門編」を収録しています。</p> </div>	<p style="text-align: center;"><b>座学研修の内容</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 矢田川の本来の姿と現在の姿             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 砂州河道から改修によって平坦な川へ</li> <li>・ 自然な川にはみられる瀬淵   河床材料の分級</li> <li>・ 卑屈になってしまった川に瀬淵を取り戻したい</li> <li>・ バープ工法に期待できる効果は？</li> </ul> </li> <li>2. 洪水頻度や土砂移動の分析方法             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土砂の大きさの区分</li> <li>・ 土砂が動くために必要な流量は、この川ではどれくらい？</li> <li>・ 矢田川に砂州が形成されるか、チェックしてみよう。</li> </ul> </li> <li>3. iRICによる河道内地形の変化予測             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ iRICとは</li> <li>・ iRIC Nays2DHIによってバープ工による地形変化を予測(デモ)</li> </ul> </li> <li>4. 事前調査(本日午後の作業)の説明             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地形(横断測量)   水深・流速   河床材料(簡易手法)   ドローン空撮？</li> </ul> </li> </ol> <p style="text-align: right;">2</p>
<p style="text-align: center;"><b>矢田川の流域特性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 流域の規模: 河川延長L=15.4km, 流域面積A=111.4km<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計画地点より下流で、香流川(A=28.3km<sup>2</sup>), 隅除川(A=2.6km<sup>2</sup>), が合流しているので、計画地点では80km<sup>2</sup>程度だろう。</li> </ul> </li> <li>・ 地形地質: 花崗岩由来の砂、礫岩、砂岩、泥岩</li> <li>・ 流域の市街地化が著しく進んでおり、河道が急勾配であることもあって、降雨流出特性はおそらく激しい。(雨が降ってから洪水ピークまでが早く、流量も多い)</li> </ul> <p style="text-align: right;">3</p>	<p style="text-align: center;"><b>現地の状況</b></p> 

【参考資料 1-2】 矢田川を対象した『川の見方』について 講演資料（2/14）

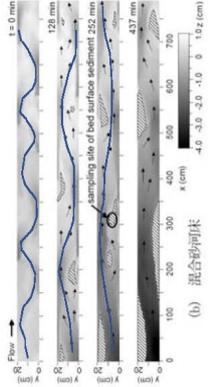


## 上流からの土砂供給量と砂州

・上流からの土砂供給が多いと…



・土砂供給が少ないと…



流路が激しく横に移動する。  
流路が蛇行する。  
広い礫川原が広がる。  
いわゆる、「暴れ川」となる。

河床低下しながら、川がどんどん  
まっすぐになっていく。  
川原と滞筋の比高差が大きくなり、  
砂州が陸化していく。(礫河原が草地、  
樹林に…)  
砂州自体は全体的に平坦になる。  
↑どこかで見たことありませんか？

10

矢田川は、砂州によって流路が蛇行する「砂州河道」だった！  
1970年代から80年代にかけて高水敷の造成⇒落差工・低水護岸  
現在のような、まっすぐで平坦な川に！

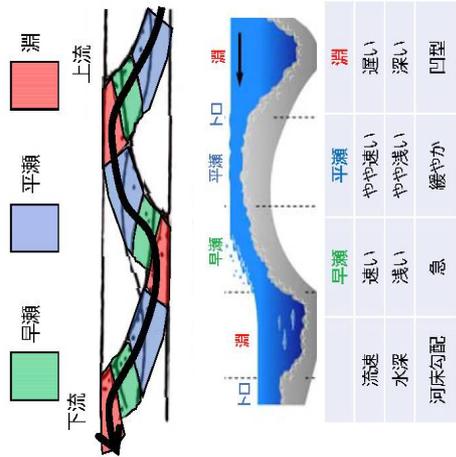
天守 原 塚 町 猪子石原

天神下 天

今昔マップ on the web

普段の滞筋の幅は同じくらいなのに、砂州はなぜなくなってしまったのか？

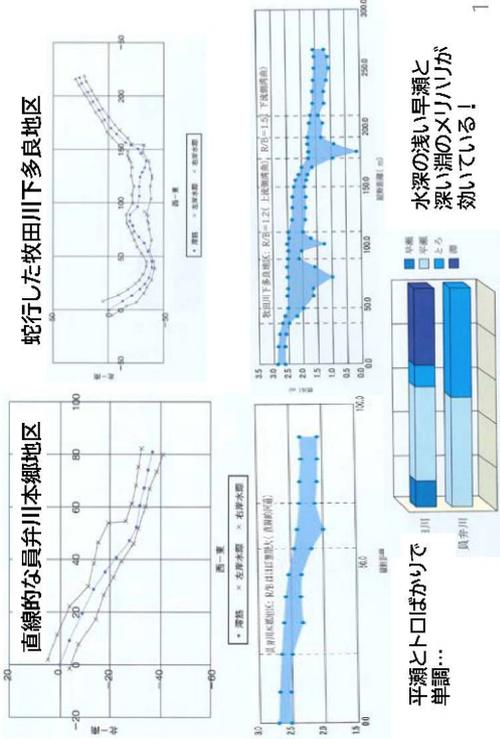
## 砂州と瀬淵の関係



- ・砂州前縁線(ぜんえんせん)の急勾配の区間が早瀬となり、水衝部が弱れて、淵となる。
- ・一つの砂州につき、瀬淵が少なくとも1セット存在する。(複列砂州であれば、瀬淵の数がより多くなる)

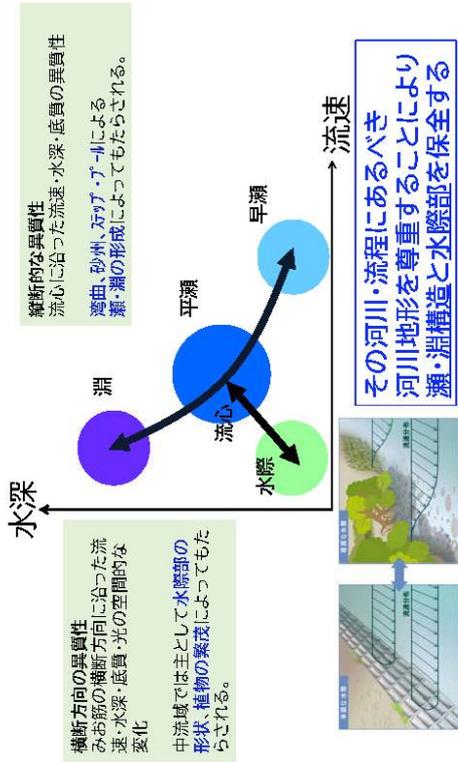
11

## 蛇行河道・湾曲部の瀬淵



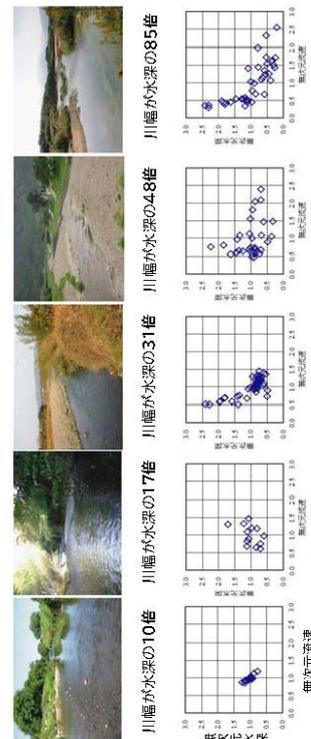
12

### 流程に対応した河川地形が、場の多様性を提供している



13

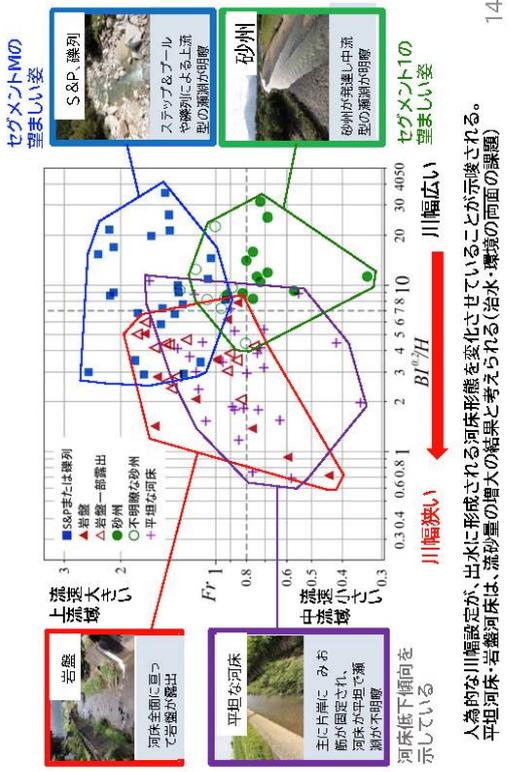
### 川幅がある程度広いと、砂州が形成され、瀬淵ができる



注1 「川幅が水深の〇倍」の「水深」は、止水で川が淵杯の時の水深を基準にしています。  
注2 上記グラフの水深と流速は、流心部に沿って縦断的に測定されたもので、水際の数字は含まれていません。

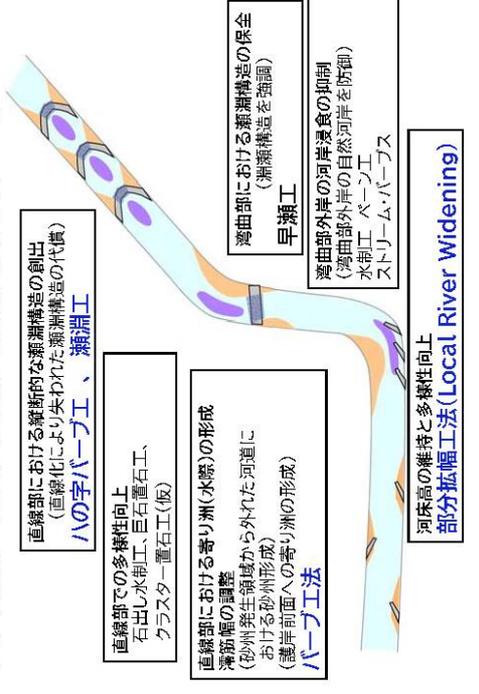
15

### 川幅と砂州の関係(後ほど詳細に)



14

### 川幅を拓げられない中小河川への多自然工法の導入イメージ



16

## バーブ工法について

- 川の流れに対して、河岸から上流側に向けて突き出して設置する、高さの低い水制の一種で、流れに運ばれてくる砂を溜めて寄り洲を形成することを目的とした河川工法
- 洪水流下能力に影響を与えず、河川地形に変化をもたらす(寄り洲の形成) ⇒水際部・瀬淵の形成、河床環境に多様性をもたらす(河床材料の分級)



バーブ研究会 ウェブサイト参照  
<http://stream-barbs.jp/wpa3/>

18

## 寄り洲を形成するバーブ工

- 北海道の河川で、約20年前から試行錯誤を重ねながら、さまざまな用途に活用。(北海道技術コンサルタント岩瀬氏)
- 現在、日本各地で少しずつ設置事例が増えてきている。

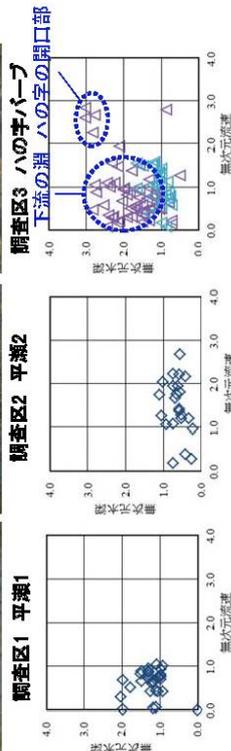


## バーブ工法に期待される効果

- 河川地形・河床環境の多様化
  - 寄り洲の形成、瀬淵の形成 とくに、早瀬の形成
  - 河床環境の多様化(分級) 早瀬部の粗粒化、淵部の細粒化
- 種の多様性、生物量の増加
  - 瀬淵の形成による生物群集の増集効果 (すぐに効果に発揮)
    - 平瀬区間と比べて生物が集まる。(河川の生物が増えたわけではない)
  - 場の多様性の向上による、種の多様性の向上
    - さまざまな物理環境が備わることで、生息可能な生物種が増加
  - 瀬の形成による一次生産の増加 ⇒ 周辺区間の生物量の増加に寄与
  - 避難場、産卵場の機能(生物種による)
- 水質形成機能
  - 早瀬における伏流による水質浄化(脱窒)、水温安定化
- 親水性を高める
  - 寄り洲の形成により人がおりやすい河原を形成

19

## ハの字バーブ工による瀬淵の創出



ハの字バーブによって、平瀬ばかりになりがちな中小河川に「淵」の環境が創出された。

20

### 魚類の生息状況の比較

魚種名	調査区	
	平瀬1	ハの字ハーフ
スナヤツメ	11	5
アユ	3	2
カワハツ	150	91
オオカワ	44	9
アブラハヤ	0	3
カマツカ	2	0
アブラボテ	1	1
ドジョウ	2	7
シマドジョウ	1	2
ナマズ	0	0
オオクチバス	3	0
ドンコ	1	0
カヨシノボリ	18	35
雑魚	11	9
種数	4	5
個体数	236	155
個体数(5個体以上)	223	147
個体数(カワムツ以外)	73	56
		94

■ 種数(5個体以上) ■ 個体数(5個体以上)

調査区：平瀬1、ハの字ハーフ

平瀬区には少なく、ハの字ハーフ設置区に多い種  
 ・アユ  
 ・アブラハヤ、アブラボテ

平瀬区には多く、ハの字ハーフ設置区で未確認  
 ・スナヤツメ、ドジョウ

調査区：平瀬1、ハの字ハーフ

魚種：460  
 350  
 300  
 250  
 200  
 150  
 100  
 50  
 0

### ハの字ハーフ工周辺の棲み分け

上流で稚魚(仔魚?)が見られたのはハーフ版のピンク部分のみ

左岸①側の方が、草陰がやや大きめ

上流で稚魚(仔魚?)が見られたのはハーフ版のピンク部分のみ

G H I

砂利+砂底 深掘れ 最高流速 低流速

D E F

A B C

砂利+砂底 低流速

砂利+砂底 低流速

M型の淵 高流速 植物カハ多し

石が多い(凹凹) 岸に近く 砂底もある

アブラハヤ 1 0 0  
 7 0 3  
 10 0 4  
 アブラボテ 0 0 2  
 1 0 0  
 0 0 7  
 アユ 0 0 0  
 0 0 3  
 0 0 5  
 カワムツ 81 3 90  
 37 3 4  
 40 9 50  
 オオカワ 1 0 2  
 0 2 2  
 2 1 3  
 カマツカ 3 1 2  
 3 2 0  
 10 1 1

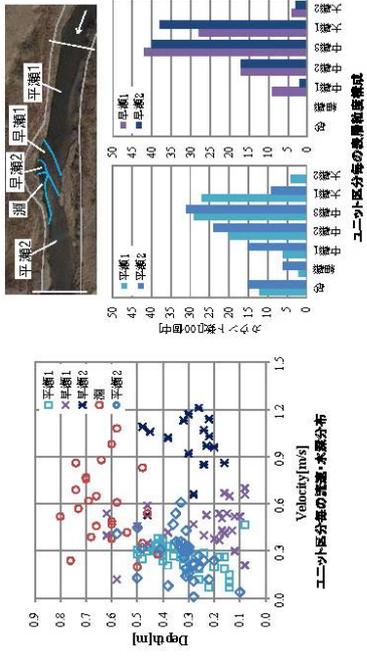
⇒種と個体サイズによる使い分け  
 ・ハーフを左右非対象に設置した結果、不均質な場が形成されている。  
 ⇒結果として、場の多様性の向上に寄与

### 部分拡幅工法

・新境川(岐阜県各務原市)



### 施工事例の追跡調査②



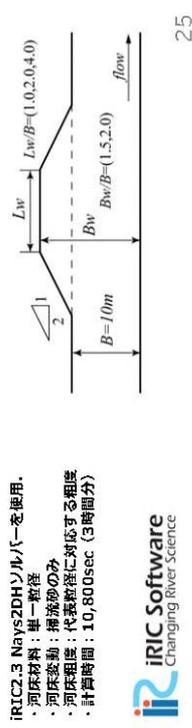
流速・水深：砂州河道の淵端構造に類似した多様性が認められるが、淵は不十分  
 ・H15にほぼ同様の調査が行われており、平瀬は10年前の状況とほとんど変わらない。  
 ・一方、早瀬、淵は部分拡幅工法による物理場の多様性向上の効果として評価できる。  
 ・外観上は、砂州河道の淵端に近い地形が形成されているが、淵の流速が欠きすぎる。  
 砂州河床材料の積層構成：早瀬は粗粒化しており、砂州河道における一時的な傾向と一致

## 仮想河道における数値実験

### 方法

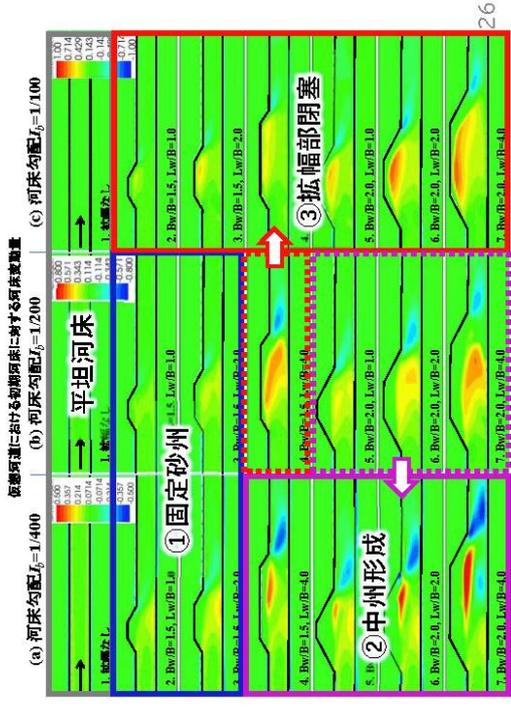
扇状地区間を流下する仮想的な直線河道（概水路幅10m）を設定して、河川地形の形成に支配的な流量の条件で河床変動計算を実施。

- 河床勾配：3通り（扇状地区間をカバー）
  - 流量、代表粒径：平均年最大流量の状況を選定。
- | 河床勾配  | 低水路       | 等流水深          | 代表粒径                    | 流量       | 無次元掃流力 |
|-------|-----------|---------------|-------------------------|----------|--------|
| $l_b$ | $H_m$ [m] | $d_{50}$ [mm] | $Q$ [m <sup>3</sup> /s] | $\tau^*$ |        |
| 1/400 | 10        | 2.4           | 50                      | 95       | 0.073  |
| 1/200 | 10        | 1.6           | 70                      | 62       | 0.070  |
| 1/100 | 10        | 1.0           | 90                      | 38       | 0.068  |



25

## 仮想河道における数値実験



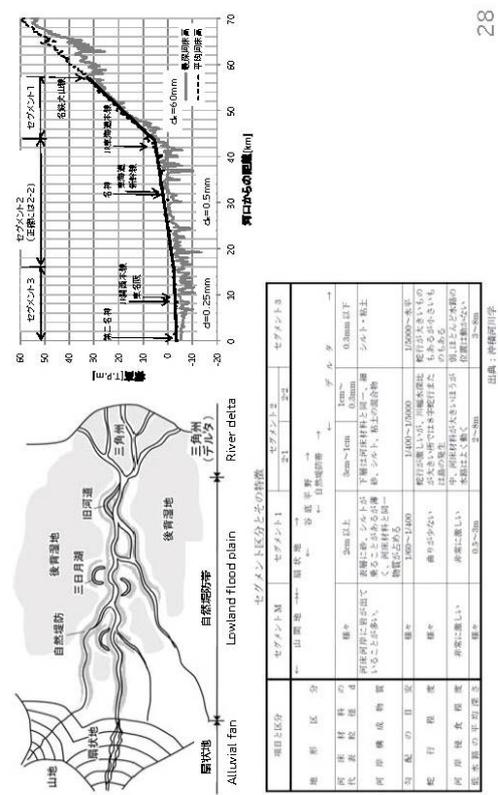
26

## 座学研修の内容

- 矢田川の本来の姿と現在の姿
  - 砂州河道から改修によって平坦な川へ
  - 自然な川にはみられる瀬淵 | 河床材料の分級
  - 単語になってしまった川に瀬淵を取り戻したい
  - バープ工法に期待できる効果は？
- 洪水頻度や土砂移動の分析方法
  - 土砂の大きさの区分
  - 土砂が動くために必要な流量は、この川ではどれくらい？
  - 矢田川に砂州が形成されるか、チェックしてみよう。
- iRICによる河道内地形の変化予測
  - iRICとは
  - iRIC Nays2DHによってバープ工による地形変化を予測(デモ)
- 事前調査(本日午後の作業)の説明
  - 地形(横断測量) | 水深・流速 | 河床材料(簡易手法) | ドローン空撮？

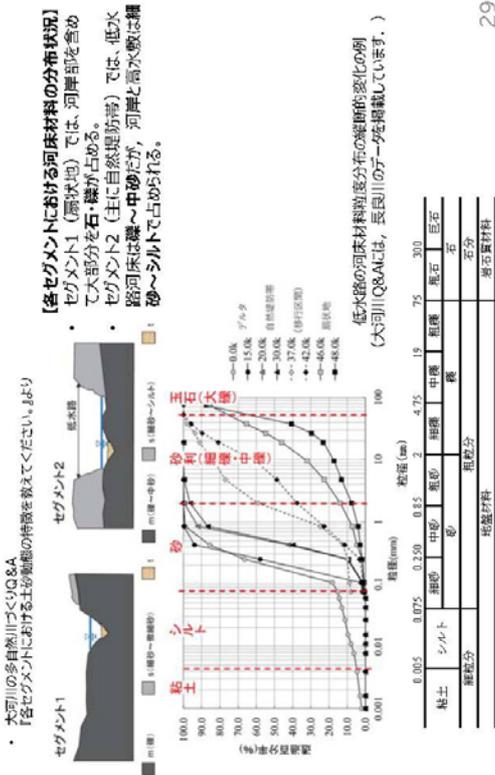
27

## 沖積平野の地形区分 | 沖積河道のセグメント



28

### セグメント1の河道を構成する土砂



29

### 小さな自然再生のための水理学【入門編】を参照して、どれくらいの水位・流量で土砂が移動するか確かめてみよう

- 河床材料の代表粒径(60%粒径あたり)を設定する。
- $\tau_c^* = 0.05$  となる, 径深R(水深h)を設定する。
- $$\tau_c^* = \frac{\tau}{\rho sgd} = \frac{U_*^2}{sgd} = \frac{RI_e^2}{sd}$$

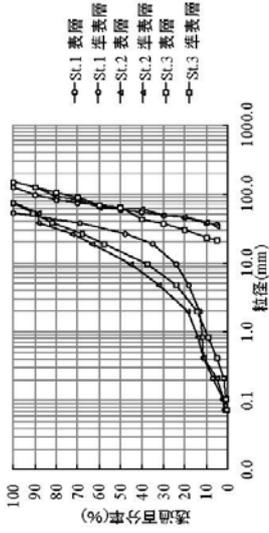
$$R = \frac{0.05sd}{I_e}$$

s: 土砂の水中比重 ( $\rho_s = \rho_w / \rho_w$ )  
砂の密度が2.6ならsは1.6  
d: 土砂の粒径(単位m)
- 径深R(水深h)から, 流量を求めたければ, 河道の粗度係数をざっくり設定し, Manningの等流公式を使って, 流量を求める。

$$Q = AV = \frac{1}{n} AR^{2/3} I_e^{1/2}$$

31

### 砂州の表層と準表層(長良川の砂州の例)

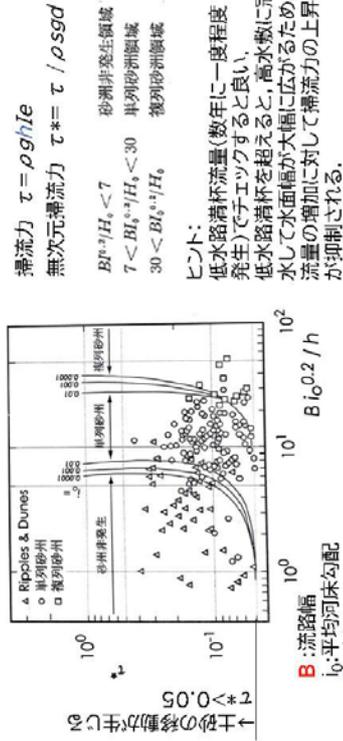


- 砂州の表面は, 細かい土砂が選択的に洗い流されて粗粒化(そりゆうか)している。
- 表面の粒度分布に騙されてはいけない。大きな洪水があったら粗粒化した表層がはがれれば, 大量の砂や砂利が移動し, 地形を変えていく。
- 河床表層を覆っている粗い粒径の土砂が移動するような規模の洪水で, 河川地形が大きく変化する。

30

### 砂州形成条件 | 単列砂州・複列砂州

- ある程度の川幅と, 掃流力(水が土砂を押し流す力)のバランスが大事。
- 高水敷を整備して低水路を狭くしたりすると, 砂州発生領域が変化して, 複列砂州が単列砂州に変わったり, 単列砂州が消えて平坦になったりする。



32

小さな自然再生のための水理学【入門編】を参照して、低水路満杯となる洪水のときに、砂州が形成されるか確かめてみる。

・河道満杯となる水位を用いて、掃流力を計算する。

$$\tau = \rho g R I_e \quad \text{※幅広い河道であれば、Rをhに置き換えて良い。}$$

・河床材料の代表粒径(60%粒径あたり)に対する無次元掃流力を $\tau$ を計算する。

$$\tau^* = \frac{\tau}{\rho g d} = \frac{U_*^2}{sgd} = \frac{R I_e}{sd}$$

・縦軸にて $\tau^*$ 、横軸に $BI^{0.2}/h$ をとって、砂州発生領域の図に値をプロットして確認する。

▶土砂が移動し始める流量、砂州が形成される流量などが計算できれば、そのような洪水の発生頻度も検討できる。

矢田川 瀬古水位流量観測所  
(3.6kp, T.P.7.72, A=105km<sup>2</sup>)

年	最大流量		豊水流量		平水流量		低水流量		洪水流量		最小流量		年総量		
	流量	生起日時	流量	生起日時	流量	生起日時	流量	生起日時	流量	生起日時	流量	生起日時	平均流量	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
2002	2.64	2.13	1.77	1.48	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	
2003	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	
2004	4.27	2.73	1.90	1.48	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	4.95	156.53	
2005	2.55	1.93	1.54	1.20	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	2.77	87.35	
2006	346.19	06月16日 02:00	3.76	2.50	1.68	1.25	0.75	01月01日 11:00	4.42	139.28					
2007	218.12	07月15日 03:00	2.87	1.98	1.62	1.36	0.89	10月14日 10:00	3.71	117.11					
2008	652.60	08月29日 03:00	3.44	2.24	1.85	1.55	1.19	12月04日 11:00	4.16	131.70					
2009	406.19	10月08日 07:00	3.32	2.35	1.95	1.66	1.28	01月04日 11:00	3.86	121.58					
2010	198.57	06月16日 06:00	4.28	2.86	2.22	1.77	1.44	01月10日 10:00	4.49	141.56					
2011	876.87	09月20日 14:00	4.21	2.87	2.37	2.13	1.77	02月06日 11:00	5.41	170.76					
2012	355.42	09月19日 02:00	3.88	2.86	2.50	2.06	1.73	01月01日 09:00	4.40	139.09					
2013	253.34	09月04日 19:00	3.01	2.22	1.91	1.35	0.92	03月31日 10:00	3.64	114.68					
2014	272.20	09月25日 05:00	3.44	2.48	2.01	1.59	1.15	01月02日 10:00	4.13	130.34					
2015	147.87	09月09日 08:00	4.11	2.52	2.07	1.73	1.33	02月22日 10:00	4.51	142.16					
2016	327.86	09月20日 19:00	3.47	2.43	2.02	1.63	1.19	01月17日 11:00	4.30	135.89					
2017	389.42	10月23日 02:00	3.75	2.45	1.99	1.65	1.21	03月10日 08:00	4.92	155.26					
2018	282.22	08月12日 17:00	3.90	2.31	1.69	1.39	1.05	02月10日 11:00	4.64	146.46					

座学研修の内容

1. 矢田川の本来の姿と現在の姿

- ・ 砂州河道から改修によって平坦な川へ
- ・ 自然な川にはみられる瀬淵 | 河床材料の分級
- ・ 単語になってしまった川に瀬淵を取り戻したい
- ・ バープ工法に期待できる効果は？

2. 洪水頻度や土砂移動の分析方法

- ・ 土砂の大きさの区分
- ・ 土砂が動くために必要な流量は、この川ではどれくらい？
- ・ 矢田川に砂州が形成されるか、チェックしてみよう。

3. iRICによる河道内地形の変化予測

- ・ iRICとは
- ・ iRIC Nays2DHIによってバープエによる地形変化を予測(デモ)

4. 事前調査(本日午後の作業)の説明

- ・ 地形(横断測量) | 水深・流速 | 河床材料(簡易手法) | ドローン空撮？

iRIC Nays2DHIソルバーで計算する①

### iRIC Nays2DHソルバーで計算する②

**地理情報(地形など) 計算格子形成**

- 地形情報
- 粗度係数
- 河床材料

**計算条件設定**

- 上流端流量
- 下流端水位
- その他もろもろ

**計算**

**計算結果の可視化・分析**

37

### 座学研修の内容

1. 矢田川の本来の姿と現在の姿
  - ・ 砂州河道から改修によって平坦な川へ
  - ・ 自然な川にはみられる瀬淵 | 河床材料の分級
  - ・ 単調になってしまった川に瀬淵を取り戻したい
  - ・ バープエ法に期待できる効果は？
2. 洪水頻度や土砂移動の分析方法
  - ・ 土砂の大きさの区分
  - ・ 土砂が動くために必要な流量は、この川ではどれくらい？
  - ・ 矢田川に砂州が形成されるか、チェックしてみよう。
3. iRICによる河道内地形の変化予測
  - ・ iRICとは
  - ・ iRIC Nays2DHによってバープエによる地形変化を予測(デモ)
4. 事前調査(本日午後の作業)の説明
  - ・ 地形(横断測量) | 水深・流速 | 河床材料(簡易手法) | ドローン空撮?

39

### iRIC Nays2DHソルバーで計算する③

**地理情報(地形など) 計算格子形成**

- 地形情報
- 粗度係数
- 河床材料

**計算条件設定**

- 上流端流量
- 下流端水位
- その他もろもろ

**計算**

**計算結果の可視化・分析**

38

### 設置前後のモニタリング調査項目(案)

項目	手法	実施者(案)	備考
河床形状	横断測量	★本日実施	
水深・流速	ドローン(基準点測量+ UAV-SfM)	本日実施(岐阜大)	人口集中地域のため、河川管理者立ち会いのもと実施? <a href="https://drone01.com/category2/category39/">https://drone01.com/category2/category39/</a>
河床材料	流速計	本日実施(岐阜大)	
水位・水温	サンプル採取⇒ふるいわけ	本日実施(岐阜大)	
水質	バブルカウント	★本日実施	
魚類相			
底生生物相			
付着藻類			

iRIC Nays 2DHによる予測  
事前調査に加え、事後調査によって予測を確かめましょう。

40

<p style="text-align: center;"><b>参考資料</b></p> <p style="text-align: center;"><b>小さな自然再生のための 水理学【入門編】ver.1</b></p> <p style="text-align: center;">小さな自然再生研究会 原田守啓(岐阜大学流域圏科学研究センター)</p> <p style="text-align: right;">41</p>	<p style="text-align: center;"><b>水辺の小さな自然再生の留意点</b></p> <p>川で小さな自然再生に取り組む際の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①洪水の流れを邪魔しないか</li> <li>②洪水で流されたとしても大丈夫か</li> <li>③施設(護岸や堤防など)に害はないか</li> <li>④河川景観への配慮</li> <li>⑤メンテナンスは誰がやるのか</li> <li>⑥作業する際に水質事故やひどい濁水を起こさないか</li> <li>⑦漁協や地域住民との調整は大丈夫か</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>水路で小さな自然再生に取り組む際の留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①河川と農業用水路の違い</li> <li>②用水路と排水路の違い</li> <li>③農家の方が嫌がることをあらかじめ知る</li> </ul> <p style="text-align: right;">(事例集pp.14-17, 執筆担当: 原田守啓・瀧健太郎さん 42)</p>
<p style="text-align: center;"><b>留意点① 洪水の流れを邪魔しないか</b></p> <p>■留意点:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・河川管理者や地元の方々が最も心配することは、川の中に「モノ」を置いたり、川の中の地形を変える作業の結果として、水が流れにくくなり、水位が上がって水が溢れること</li> <li>・平水時には問題なくても、洪水時のことを想定した検討が必要。(河川や水路の設計時に対象とした流量のときにどうなるか?)</li> </ul> <p>■対応の例:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上下流の区間と比べて川の断面積が広くて余裕がある場所を取り組む</li> <li>・設置する「モノ」が現場にあるものや小さいもので川の断面積がほとんど減らないにする</li> <li>・大きな洪水のときには流されて邪魔しないようにする</li> </ul> <p style="text-align: right;">43</p>	<p style="text-align: center;"><b>留意点② 洪水で流されたとしても大丈夫か</b></p> <p>■留意点:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水に耐える丈夫で頑丈なものづくりが、正解とは限らない</li> <li>・「大きな洪水のときには流される」ことを前提とした方法も現実的な対応 → 流れを阻害しない、小規模で済むなどの利点</li> <li>・流されたモノが思わぬところで被害を及ぼさないこと、ゴミと なって景観を乱さない、回収しやすい工夫が必要</li> </ul> <p>■対応の例:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・できるだけ小さな材料を組み合わせて作る</li> <li>・もともと川の中にある素材や自然分解する素材を使用する → 流されても無害な材料(石など)を利用するのが無難</li> <li>・丸太などの流されてゴミになってしまいう可能性のある材料は、洪水後に確実に回収できるようにワイヤーで岸に固定しておくといった工夫が期待される</li> </ul> <p style="text-align: right;">44</p>

## 小さな自然再生のための水理学【入門編】

### (1) 洪水の流れを邪魔しないか？

- 流量-水深-流速の関係
- 洪水の流れをできるだけ妨げない方法
- 川の中の「余裕」のある場所を活用する

### (2) 流されてしまわないか？

- 水の中におかれた物体にはどれくらいの力が働くか
- 川底の土砂はどれくらいの流れで動き出すか
- 水の中に単独で置いた石が動き出す流れは
- 水の中にまとめて置いた石が動き出す流れは
- どのようにして固定すれば流されないか
- モノを置いたら周りがどれくらい揺れるか

済 済

済

45

## 参考1: 径深Rの求め方

$$\text{径深} R = \frac{\text{断面積} A}{\text{潤辺長} S}$$

- 一般断面
- 断面積A、潤辺長Sを何らかの方法で求める必要がある。

### • 矩形断面(長方形断面)の場合

$$\begin{aligned} \text{断面積} & A = Bh \\ \text{潤辺長} & S = B + 2h \end{aligned} \quad R = \frac{Bh}{B + 2h}$$

### • 逆台形断面の場合

$$\begin{aligned} \text{断面積} & A = (B + xh)h \\ \text{潤辺長} & S = B + 2h\sqrt{1 + x^2} \end{aligned} \quad R = \frac{(B + xh)h}{B + 2h\sqrt{1 + x^2}}$$

### • 水深に対して幅が広い矩形断面(B/h > 10?)

- 径深R≒水深hとなるため、水深hを用いても結果はあまり変わらない。

47

## (1)-1 流量-水深-流速の関係

- 断面の形が縦断方向に変化がなく、勾配が一定の条件(又はそのように仮定しても差し支えない場合)の流れには、以下の関係が成り立つ。

> Manningの等流公式

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2} \quad Q = AV = \frac{1}{n} AR^{2/3} I_e^{1/2}$$

- n: Manningの粗度係数 ← 河川・水路の状態に応じて設定
- V: 断面平均流速[m/s]
- R: 径深[m] = 断面積A/潤辺長S ← 幅広水路なら水深hでも可
- I<sub>e</sub>: エネルギ勾配、等流なら河床勾配 ← 河川・水路の勾配

幅の広い水路なら、 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2}$   $Q = AV = \frac{1}{n} Bh^{5/3} I_e^{1/2}$   
幅をB、水深hとして、

(注) 使用する単位に注意！ 長さメートル、時間秒でそろえること。  
(注) 断面平均流速に対して、より流速が大きい場所、小さい場所があることに注意。

## 参考2: 粗度係数の値をいくつにするか

- 中小河川は、大河川直轄区間とは異なり、観測資料が少ないため、洪水痕跡などから逆算した逆算粗度係数が使えないことが多い。
- 粗度係数の設定方法は、概ね2通りある。

### • 方法1: 一般的な値を使用する方法

- 河川砂防技術基準S51, H9計画編に記載された一般値を用いる。

河川の状態	n:粗度係数
一般河川	0.030~0.035 無難
急流河川及び川幅が広く水深の浅い河川	0.040~0.050
暫定築堤河川	0.035
三面張水路	0.025
河川トンネル	0.023

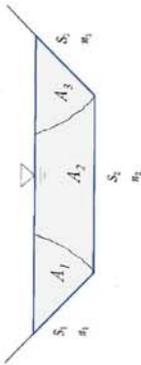
(注) 大きな粗度係数を使用すると、流速小さめ、水深が大きめの計算結果になる。  
洪水がふれるかどうか、という議論では各側の想定だが、流速がどれくらい大きくなるかという議論では  
各側の想定になることに注意。

48

### 参考3:粗度係数の値をいくつにするか

- 方法2:合成粗度係数を用いる方法

$$N = \left[ \frac{\sum S_i H_i}{S} \right]^{2/3}$$

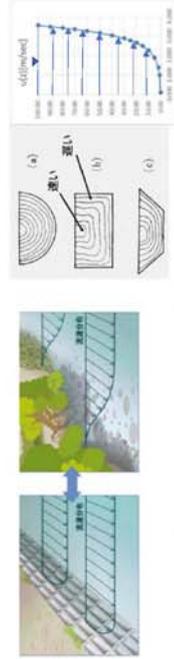


河床部の代表粒径と粗度係数

代表粒径	n:粗度係数	
	A	B
岩盤	0.035~0.050	
玉石 (40cm~60cm)	0.037	
〃 (20cm~40cm)	0.034	0.042
〃 (10cm~20cm)	0.030	
粗礫[大](5cm~10cm)	0.035	
粗礫[小](2cm~5cm)	0.029	0.034

代表粒径がm以下の場合、流況等に応じて、粗度係数を決定する。  
 A:河川の平均で河川が成立しない、流速の大きい石が突出しない。  
 B:河川の凹凸が大きく設置の大きな石が突出する。

護岸構造	n:粗度係数	標準構造	n:粗度係数
間取、板打、Dマ	0.024	玉石 (径30cm、水深2~4m)	0.025
埋戻りコサ	0.027	玉石 (径40cm、水深2m)	0.027
鉄線電型護岸	0.032	〃 (〃、水深3~4m)	0.026
径20cm程度の 幹立	0.032	玉石 (径50cm、水深2~3m)	0.028
水車護岸 (幹石 20cm程度)	0.030	〃 (〃、水深4m)	0.027



### (1)-2 洪水の流れをできるだけ妨げない方法

- 流れの速い場所にモノをおくとそれだけ大きい流体力がモノに働く(⇒(2)-1)。流れにも作用・反作用が働き、流れを邪魔することとなり、水位が上がってしまう。
- 洪水のときに、流速が早くなる場所をさけることで、モノが流されにくくなるだけでなく、流れも邪魔しない。
- 流速: 流心 >> 水際 水面付近 >> 底面付近

- 上下流と比べて断面を狭めてしまうと、上流側の流れがせきあがり、上流側の水位が上がってしまう。
- 断面を狭めない、洪水時には流される 無害な方法にする
- 上下流区間と比べて、断面積に余裕がある場所を利用する

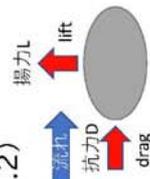
### (2)-1 物体に作用する流体力

- 流速の2乗と、作用面積に比例した力が作用する。
- 早い流れに突出したものは、大きな力が働く。

$$D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

$$L = C_L A \frac{\rho V^2}{2}$$

- $C_D$ : 抗力係数 (例:正方形1.12,円柱1.2)
- $C_L$ : 揚力係数
- A: 作用面積(揚力・抗力で異なる。)
- V: 流速[m/s]



### (3)-1 川底の土砂が動き出すには?

- 川底に作用する力は、水深と勾配に比例する。
- 掃流力(河床面せん断力) 摩擦速度

$$\tau = \rho g R I_e \quad U^* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} = \sqrt{g R I_e}$$

注)幅が十分広ければ、径深Rを水深Rに置き換えてもよい。

- 無次元掃流力(粒径dの土砂に対する無次元量として表示)

$$\tau^* = \frac{\tau}{\rho s g d} = \frac{U^{*2}}{s d} = \frac{R I_e}{s d}$$

s:土砂の水中比重 ( $\rho_s - \rho_w / \rho_w$ )  
 砂の密度が2.6ならsは1.6  
 d:土砂の粒径 [単位:m]

- 限界掃流力(川底に敷き詰められた土砂が動き出す力)

砂より大きいものであれば、限界掃流力は0.05程度が目安。  
 $\tau^*$ に0.05を代入して粒径dを求めれば、限界移動粒径が求まる。

$$\tau^* = 0.05 \quad (d > 3mm \text{の場合})$$

注)川底から突出して置かれた石には、大きな流体力が作用するため、より少ない流量で移動を開始する。⇒(2)-3  
 注)いろいろな粒径の土砂が混ざっている場合は、大きい粒径の土砂は動きやすく、小さい粒径の土砂は動きにくくなる。

**例題:**

□ 問題1: 幅5m, 勾配1/200, 粗度係数 $n=0.030$ の水路に, 水深1mで水が流れているとき, 流量はどれくらいになるか?

$$Q = AV = \frac{1}{n} B h^{5/3} I_e^{1/2}$$

• マニング式を用い,  $n=0.030$ ,  $B=5[m]$ ,  $h=1.0[m]$ ,  $I_e=0.005$ を代入

▶ 答え:  $Q=11.8[m^3/s]$  ちなみに, 断面平均流速 $V=2.4[m/s]$

□ 問題2: そのとき, どれくらいの粒径の土砂が動きうるか? 土砂の水中比重は1.65とする。

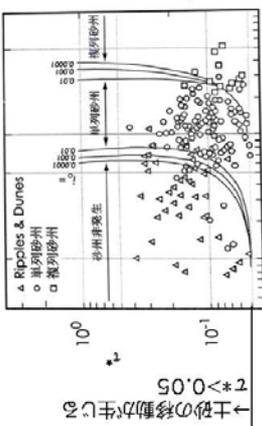
•  $U_*=(9.8*1.0/200)^{0.5}=0.22[m/s]$

• 限界掃流力  $\tau_*^c=0.05$ とにおいて,  $d_c = \frac{U_*^2}{sg\tau_*^c} = \frac{0.049}{1.65 \times 9.8 \times 0.05} = 0.06$

▶ 答え: 6cm(0.06m)位の石までは移動する。

**(4) 砂州形成条件 | 単列砂州・複列砂州**

- ある程度の川幅と, 掃流力(水が土砂を押し流す力)のバランスが大事。
- 高水敷を整備して低水路を狭くしたりすると, 砂州発生領域が変化して, 複列砂州が単列砂州に変わったり, 単列砂州が消えて平坦になったりする。



掃流力  $\tau = \rho g h i_e$   
 無次元掃流力  $\tau_* = \tau / \rho s g d$   
 $B i_e^{-2} / H_0 < 7$  砂州非発生領域  
 $7 < B i_e^{-2} / H_0 < 30$  単列砂州領域  
 $30 < B i_e^{-2} / H_0$  複列砂州領域

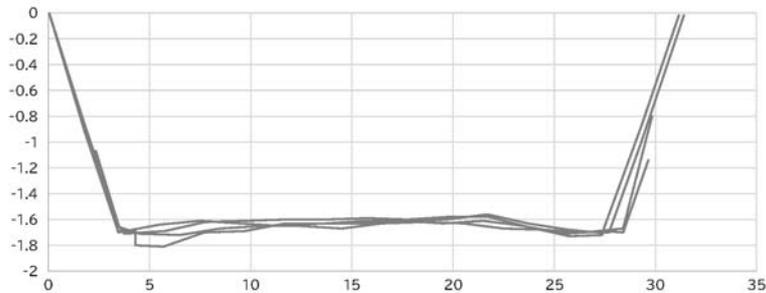
ヒント:  
 低水路清杯流量(数年に一度程度発生)でチェックすると良い。  
 低水路清杯を超えると, 高水敷に冠水して水面幅が大幅に広がるため, 流量の増加に対して掃流力の上昇が抑制される。

中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究 (1984 黒木ら)

## 参考資料 2 (午後の事前調査結果速報 岐阜大学・原田研究室)

### 【参考資料 2-1】 4断面の簡易横断測量 (2断面は補正済み) を重ねた結果

4断面の簡易横断測量(2断面は補正済み)を重ねた結果



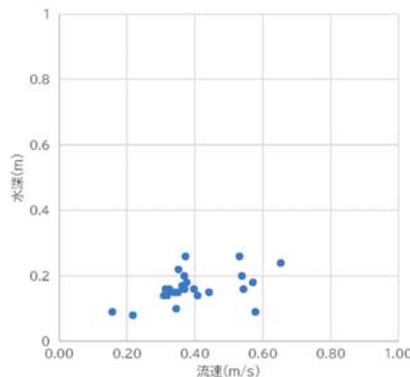
左岸護岸天端をゼロ点とした整理.

2つの班で計測方法が異なっており, データ処理で胡麻化す形になってしまいました. あらかじめ計測方法をきちんと説明しておけばよかったです.

- ・基準となる護岸の天端や法尻を確実におさえる,
- ・各測点で水深も記録すること などが, 簡易な手法でも安定したデータをとる上で重要です. (原田)

### 【参考資料 2-2】 流速・水深の多様性 (n=25, 5測線×5点)

流速・水深の多様性(n=25, 5測線×5点)



なお, 計測された水深・流速から流量をざっくり計算すると,  $1.6\text{m}^3/\text{s}$ 程度でした.

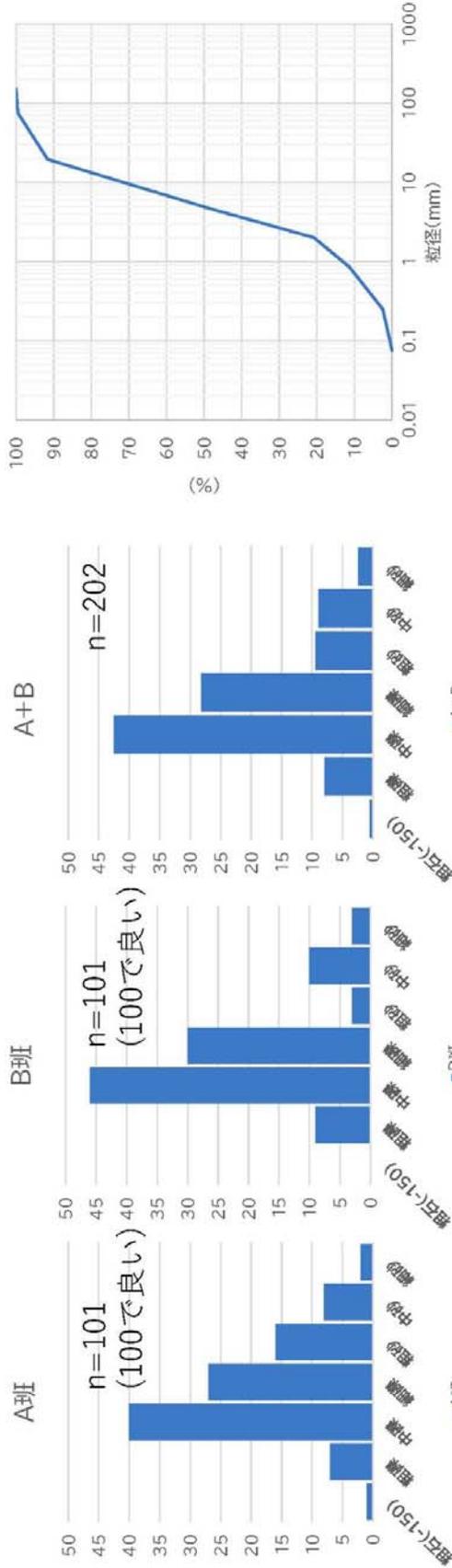
流速×水深で単位幅流量( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ )を算出し, 各測点が代表する幅をかけて, 断面で合計した値です. 流量をきちんと計測するのであれば横断方向により細かく測点を設定する必要があります.

バープ工設置前の状況では, 矢田川は全体的に浅く流れが速い川であることが分かります. バープ工設置により, 水深が深いところやより流れが遅い場所ができてくることが期待できます. 当然河床材料もその場に見合った粒径のものが集まることとなり, 生息場の多様性が高まることが期待されます. (原田)

【参考資料 2-3】ペブルカウント結果と、そこから作成した粒径加積曲線

ペブルカウント結果と、そこから作成した粒径加積曲線  
 ペブルカウントの結果は、各粒径クラスの範囲に、(面積的に)何%あるか、という表現になる。  
 面積格子法や線格子法による調査の簡略版と考えるとよい。  
 カウント数(サンプル数)を増やすと、結果が安定する。(200もやれば十分、100であればそのまま%値として使える)

なお、ふるい分け試験の結果では重さ(質量=体積×密度)による割合で示される。一方、面積格子法やペブルカウント  
 が表すのは面積割合によるものなので、結果は当然異なることに注意しなくてはならない。  
 面積割合を体積割合に換算することも可能ではあるが、ペブルカウントはせいぜいその河川の河床材料を簡易に把握  
 する(とはいえず、生態学的には科学的データとして十分通用する)方法であるとの理解にとどめておくとうまいだろう。



ふるい分け試験3サンプルの結果も後日示します。

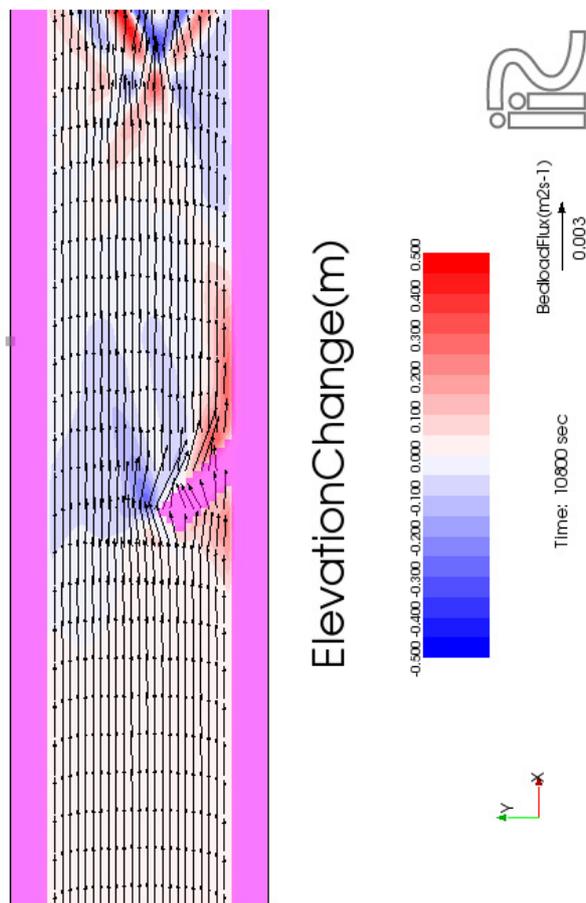
## 【参考資料 2-4】 iRIC Nays2DH による地形変化予測

### (矢田川バース河床変動計算デモ 2.ipro)

#### iRIC Nays2DHによる地形変化予測 (矢田川バース河床変動計算デモ2.ipro)

参加者みなさんと手分けして行った事前調査の結果を踏まえ、条件設定を見直した計算結果です。  
(具体的には、測量結果より河床幅を24m、河岸高1.7m(1割勾配)としたほか、河床材料についてもペブルカウントにより把握した河床材料の粒度分布を入れています。ふるい分けの結果の方がより正確なので、後日修正します)  
図は、青が侵食、赤が堆積を示し、矢印は土砂の移動方向を示します。

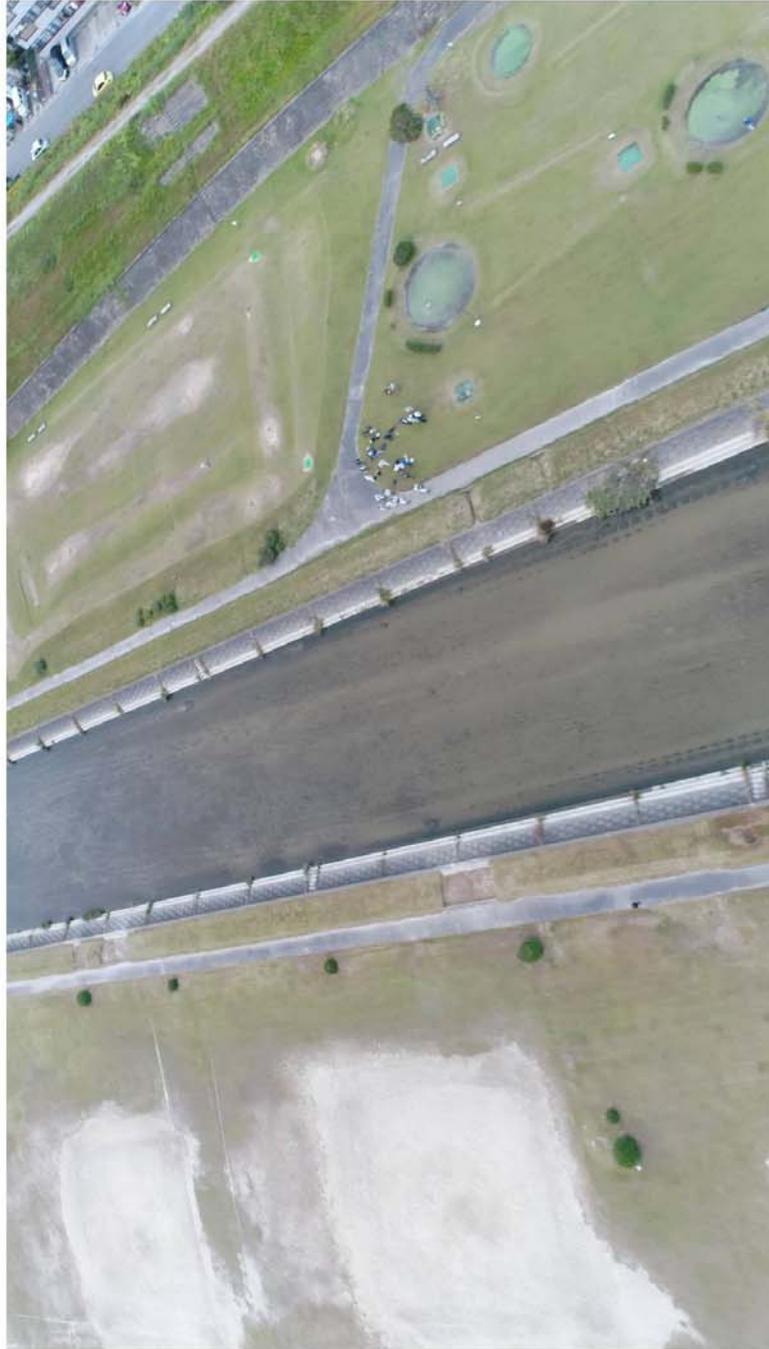
流量を、概ね低水路満杯に近い $150\text{m}^3/\text{s}$ に固定して3時間間流した状況です。  
バース工の上流側・下流側にそれぞれ土砂が堆積して寄り洲が形成されています。概ねバース工と同程度の高さになっています。平水時には、バース工の先端付近は掘れています。土砂が事前の想定より細かったために40cm程度の洗堀にとどまっています。平水時には、バース工の先端付近に、早瀬状の早い流れが形成されますが、土砂が細かいので深みが埋まってしまうかもしれません。



## 【参考資料 2-5】ドローンによる空中写真撮影&三次元モデル作成

### ドローンによる空中写真撮影&三次元モデル作成

ドローンで空撮しておくだけでも状況の記録に役立ちますが、空撮画像から静止画を切り出して、複数のアングルの写真を組み合わせて三次元的な地形モデルを作成することができます(UAV-SfMという技術)。モデル作成には多少時間がかかりますので、とりあえず空中から見たバードアイ設置予定箇所の写真を示します。砂・砂利が流れて帯状に白くなっています。



## 【参考資料 2-6】 ドローンによる空中写真撮影&三次元モデル作成

### ドローンによる空中写真撮影&三次元モデル作成

まだ作業途中ですが、ドローン空撮画像から、このようなモデルが作成できます。  
目印になる箇所きちんと座標(X,Y,Z)をつければ、縮尺も正しくなり、さらにオルソ画像や流れの数値計算のための地形モデルを作成することもできます。



## 参考資料 3 – 参加者募集チラシ（表面）



**【開催趣旨】** 愛知県を流れる庄内川水系・矢田川では、比較的流れが単調な区間に多様な生物の生息場を造成することを目的とした「矢田川バーププロジェクト」が始動しました。  
 本研修会では、来年にバープ工の設置が予定されている現場を対象に、河道内地形の事前モニタリングとして評価すべきポイント、川の変化の履歴や洪水頻度、土砂移動等の『川の見方』について、プロジェクト関係者や一般参加者と共に、座学と現地調査により学びます。

開催日時	令和2年11月13日（金） 10：00～15：30
会場	ウィルあいち <愛知県名古屋市東区上笠杉町1> 及び 矢田川現地（名古屋市守山区）
対象	小さな自然再生に関心のある方々 <b>※参加申込方法、会場へのアクセス、問合せは裏面をご覧ください。</b>
定員	30名（申込先着順）
参加費	無料
持ち物	胴長靴（ウェーダー）または長靴、防寒着、昼食
プログラム	※プログラム及び講演タイトルは一部変更の可能性もあります。 ※主催者側で行事保険に加入いたします。

新型コロナウイルス感染防止のため、参加者はマスクの着用をお願いします。募集定員の約2倍の収容人数の座学会場を確保するなど、主催者側でも感染拡大防止策を行います。

土木学会CPD認定プログラム (JSCE20-0749 4.0単位)

- (10:00-12:00) 河道内地形の事前モニタリングを学ぶ座学研修**
- 開会挨拶（岡島充典：愛知県建設局河川課長）
  - 矢田川を対象した『川の見方』について（原田守啓：岐阜大学 流域圏科学研究センター）  
 <矢田川の本来の姿と現在の姿／洪水頻度や土砂移動の分析方法／IRICによる河道内地形の変化予測 等>
- (12:00～12:40) 各自昼食** ※座学終了後、座学会場内にて各自昼食をとって頂いた後、矢田川現地に移動します。
- (12:40～13:30) 矢田川へ移動** ※主催者側手配の乗合タクシーで移動します。（プロジェクト関係者除く）
- (13:30～15:30) 事前モニタリングの現地調査**
- 調査指導：原田守啓（同上）、岩瀬晴夫（株式会社北海道技術コンサルタント）
- 矢田川バープ工設置前の事前モニタリング調査（地形、水深、流速、河床材料等）をお手伝いいたします。
- (15:30) 閉会** ※矢田川現地解散



公益財団法人河川財団による河川基金の助成を受けています。

主催：愛知県建設局河川課、矢田・庄内川をきれいにする会、「小さな自然再生」研究会、日本河川・流域再生ネットワーク

(MEMO)



## 「小さな自然再生」現地研修会（第9回）開催報告

～ 2020年11月13日（金）愛知県名古屋市・矢田川 ～

2021年3月1日

【発行】

日本河川・流域再生ネットワーク（JRRN）

〒104-0033 東京都中央区新川1丁目17番24号 NMF茅場町ビル7階

公益財団法人リバーフロント研究所 内

電話:03-6228-3862 Fax: 03-3523-0640

E-mail: [info@a-rr.net](mailto:info@a-rr.net)

URL: <http://www.a-rr.net/jp/>

Facebook: <https://www.facebook.com/JapanRRN>

※JRRN 事務局は公益財団法人リバーフロント研究所が運営を担っています。

