

# 石礫床河川の石の生態的機能と 河道掘削工事における 石の残し方・戻し方

原田守啓（岐阜大学）

## 【謝辞】

情報提供いただいた佐々木愼一氏(栃木県馬頭高校), 坪井潤一氏(国研水産研究・教育機構), 大浜秀規氏(山梨県漁連), 山本大輔氏(矢作川研究所), 岐阜県高原川漁協, 郡上漁協, 岐阜県県土整備部, 栃木県水産試験場及び県土整備部関係諸氏に謝意を表します。

# 1. はじめに：河道掘削を河川環境目標達成に資するものとしていくには？



## 河道掘削は河積の確保のための定番メニュー

- ・洪水を安全に流下させるための河積確保
  - ・樹木伐採・堆積土砂掘削は維持管理の主要メニュー
  - ・堤間幅・土地利用の制約下では現実的な手段
- しかし、掘削は河床形状・河床材料を直接改変する。
- 河川中上流域の石礫床河川ではその影響が長く残る。

- 石礫床河川の河床環境における石の役割について既往の知見を整理・再確認
- 河道掘削工事において石を残すための現場実践上の課題を整理
- 石礫床河川における定量的河川環境目標への提案
- 「石を残す・戻す」ことを河道掘削の標準的な実践として位置づけることを提案

# 1. はじめに：本論文の目的と内容

玉石・巨石は、減多に移動せず、河道を流下するのに長期間を要する(原田・手島 2025)  
一度持ち出したら、相当長期間流れてこない“**有限の資源**”！

「石を残す・戻す」ことを河道掘削の標準的な実践として位置づけるために・・・

## ① 石礫床河川における石の役割

- 河道安定の機能／3つの生態的機能

注)  
本論文では公共土木工事に焦点をあて  
径10～50cm程度の石を玉石、  
径50cm以上の石を巨石と呼称

## ② 礫・玉石・巨石の還元に関する知見と課題

- 自然再生の事例／河川環境目標への応用／効果的な残し方・戻し方

## ③ 河道掘削工事における実践的課題と対応

- 工事発注時の積算方法／施工管理・出来形検査／その他の工夫

# 1 石礫床河川における石の役割

- 河道安定の機能／3つの生態的機能

## 2 礫・玉石・巨石の還元に関する知見と課題

- 自然再生の事例／河川環境目標への応用／効果的な残し方・戻し方

## 3 河道掘削工事における実践的課題と対応

- 工事発注時の積算方法／施工管理・出来形検査／その他の工夫

# 河道安定機能 巨石は河床低下・河岸侵食を抑え河道を安定化する

## 河床低下抑制

移動性の低い大径礫が表層に露出し、  
流砂量を減らす  
(福岡ら2008)

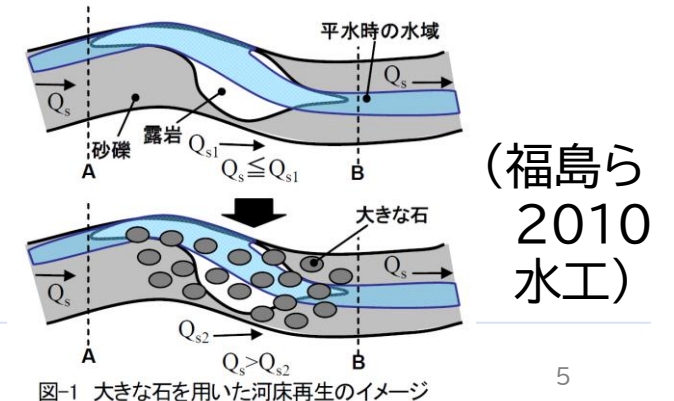
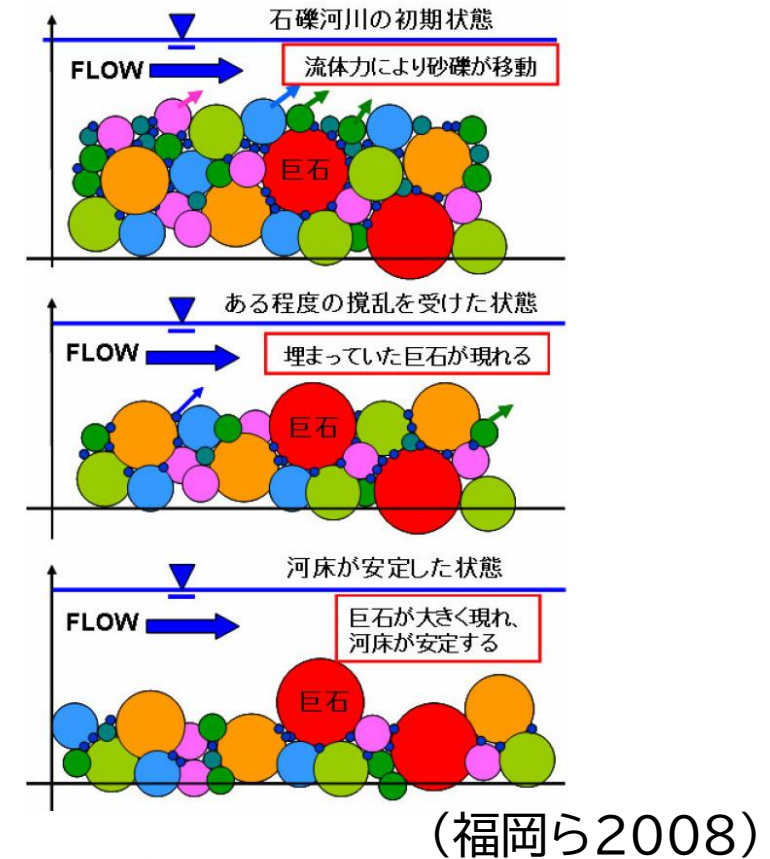
## 河岸侵食防止

巨石の噛み合わせにより、  
安息角が大きく河岸が安定する  
(福岡ら2008)

## 急流河川の安定

河岸粗度と相まって、  
河床低下・土砂流出を抑制する  
(巖島ら2018, 原田ら2019)

- 災害復旧においても「**河道内の巨石は取り出さず存置**」が原則（美山河H30版）
- 石を残すのは、**環境のためだけではない**！



# 生態的機能 一次生産基盤／粗度層の形成／河床空隙の形成



- 「石がある」だけでなく、表面が適度に更新される流砂・流況も重要。
- 付着藻類の生産性は、物理的攪乱と生物的攪乱で高まる。

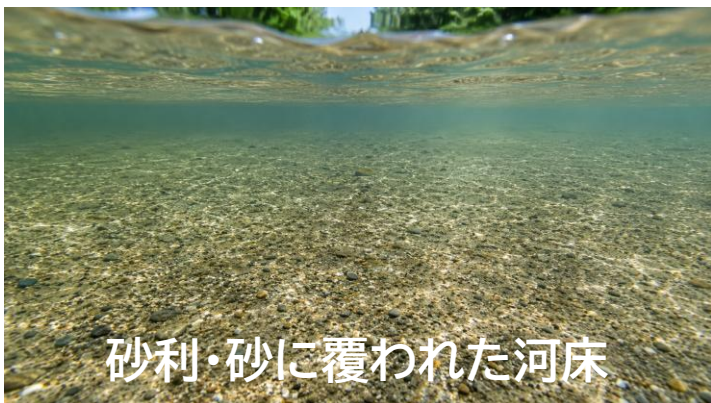


- 河床表層の凹凸により、河床近傍に特徴的な流れ場が形成される
- 巨石下流側の後流域は、低流速の flow refugia となる
- 魚類はエネルギー収支が有利な場所を選択する



- 大型無脊椎動物の種数・個体数・多様度を高める
- 個体サイズに応じた空隙サイズを提供する
- 洪水時・外敵からの避難場になる
- 残存した藻類が洪水後の回復源になる

# 掘削による石の持ち出しは、河床環境が持つ複数の機能を同時に低下させる



## 石の持ち出し or 砂利・砂による埋塞

### 一次生産の 基質の喪失

付着藻類の生産基盤が  
減る

### 凹凸の喪失

粗度層・後流域が薄くなる

### 空隙の喪失

底生動物・藻類の避難場が  
減る

### 安定性の低下

河床低下・河岸侵食  
リスクが高まる



結果として“川が生物をはぐくむ力”＝“川の環境収容力”が低下する

# 1 石礫床河川における石の役割

- 河道安定の機能／3つの生態的機能

## 2 礫・玉石・巨石の還元に関する知見と課題

- 自然再生の事例／河川環境目標への応用／効果的な残し方・戻し方

## 3 河道掘削工事における実践的課題と対応

- 工事発注時の積算方法／施工管理・出来形検査／その他の工夫

# 既往事例1:土砂還元・礫増量から得られる示唆

## 海外事例: Gravel augmentation

- サケ・マス類の産卵場形成で実績多い
- 生息場の形成
- 大型無脊椎動物の増加
- 礫増量による種組成の変化は認められるが、単純な良し悪しとして評価することは難しい

## 国内事例: ダム下流への土砂還元

- 還元土砂の粒径はダムによって異なるが砂・礫スケールが中心
- ダム下流区間に礫分を還元したことによる環境改善の効果は複数の報告がある.

例: 九州電力ダムの通砂(耳川)  
長安口ダムの土砂還元事業(那賀川)

- 礫投入の知見は多いが、**玉石・巨石還元の効果**に関する体系的知見はまだ少ない
- **河道掘削工事に際して玉石に相当する粒径を残す・戻す取り組みは国内河川で行われている**のに対し、生物の応答まで整理された事例は少ない.
- 石を残す工事は、全国でそれなりに実施されていたが、**効果的な石の戻し方については課題**がありそう

# 既往事例2：生物応答まで調べられた玉石・巨石を戻す国内外の事例

## 矢作川(愛知県豊田市)

8～20cm礫・玉石で人工瀬。アユ蝸集が見られたが、経年でコケ付着。  
⇒土砂による攪乱が必要

## 一庫ダム(水資源機構)

10～40cm玉石投入＋フラッシュ放流・土砂還元のフルコース。  
生物種と量の増加を確認。

## 海外事例

いくつか文献あり。  
巨石投入により地形は複雑化  
魚類群集応答は、河道特性の違いに隠れて、巨石投入の効果が明確に分離できなかった。

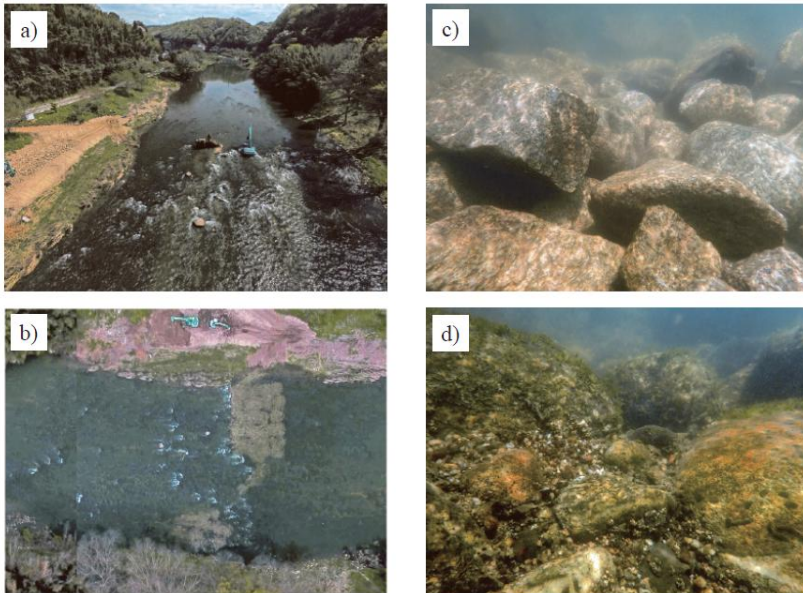


図3 実験区の様子。a) 礫投入時、b) 礫投入直後、c) 実験区Aの礫置き区、d) 実験区Aの対照区。



(北爪ら2024)



(Nilsson et al. 2017)

(矢作川研究所の研究報告に情報多数)

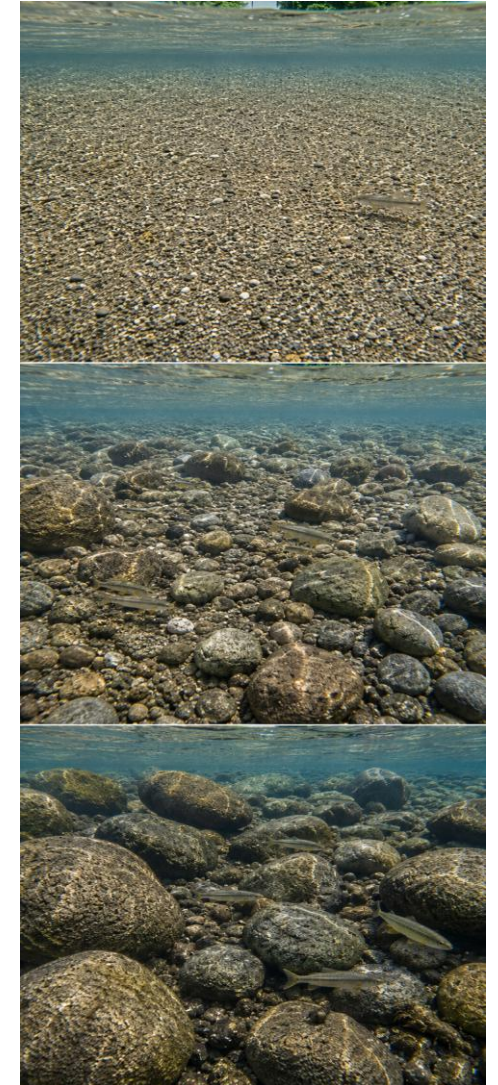
# 定量目標への接続：アユから見える「石」の条件

## アユの生息・漁場に関する知見

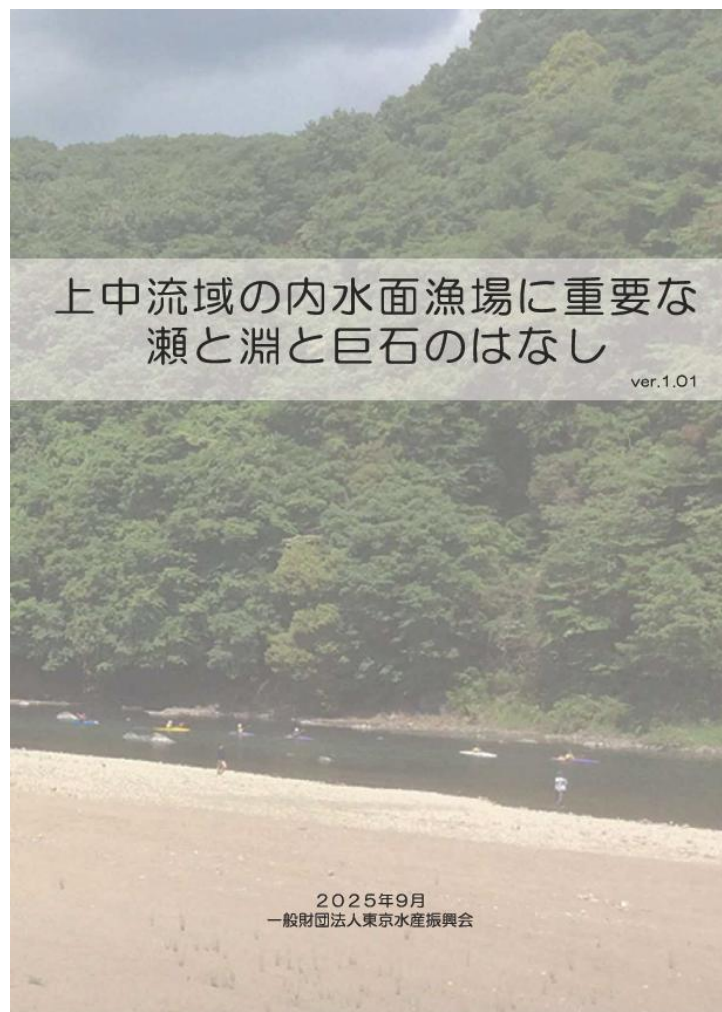
“石のサイズや量”については定性的な情報が多く、  
定量的に活用可能な情報は少ない。

- 長径25cm以上の石が、面格子で26%以下の区間では不漁になるとの報告  
(阿部 2011)
- アユ個体数の説明変数として、川幅(水面幅?), 大きな石の割合、浮き石の比率が選択
- 大きな石と浮き石の割合は高いほど良いという結果 (坪井・高木2016)

- 定量的河川環境目標としては、「石は多ければ多いほど良い(石だけではアダメだが)」、玉石・巨石が面積基準で27%以上というのがひとまずの目安になりえる
- アユが多い川は、他の生物も多いという報告あり(片野修先生ら。論文執筆時には未確認) 石礫床河川では、アユを指標生物として川づくりを進めることに一定の合理性がありそう



# いい瀬と淵、河床環境のイメージを共有するのに おすすめの資料



| 目次  |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 1   | 上中流域にすむ魚にとって必要な環境     | 2  |
| 1.1 | 多様な環境が多様な種を育む         | 2  |
| 1.2 | 淡水魚は「早瀬」と「淵」が好き       | 3  |
| 1.3 | 清流の女王アユの好きな河川環境       | 4  |
| 1.4 | 瀬の魚は巨石がつくる河底の緩い流れが好き  | 6  |
| 2   | 瀬と巨石のはなし              | 9  |
| 2.1 | 河床の凹凸をつくる小規模地形と巨石のはなし | 9  |
| 2.2 | 分級と瀬のアーマー層            | 9  |
| 2.3 | 覆瓦構造                  | 11 |
| 2.4 | 細粒化した河床の巨石は流されやすい     | 11 |
| 2.5 | 巨石は在庫限りの貴重品           | 11 |
| 2.6 | 巨石の動きは超スロー            | 13 |
| 2.7 | 支川は巨石の供給源             | 14 |
| 2.8 | 細粒化すると早瀬が平瀬になり瀬が縮小する  | 14 |
| 3   | 淵のはなし                 | 15 |
| 3.1 | 淵の種類                  | 15 |
| 3.2 | 淵があるから瀬ができる！？         | 18 |
| 3.3 | 平水時の瀬に砂が流れないのは淵のおかげ！？ | 18 |
| 4   | 河川工事でてきた巨石を工夫して川に残す   | 20 |

上中流域の内水面漁場に重要な瀬と淵と巨石のはなし

((一財)東京水産振興会、2025.9) 栃木県馬頭高校の佐々木先生の労作！

[https://naisuimen.suisan-shinkou.or.jp/pdf/report\\_2510.pdf](https://naisuimen.suisan-shinkou.or.jp/pdf/report_2510.pdf)

# 1 石礫床河川における石の役割

- 河道安定の機能／3つの生態的機能

# 2 礫・玉石・巨石の還元に関する知見と課題

- 自然再生の事例／河川環境目標への応用／効果的な残し方・戻し方

# 3 河道掘削工事における実践的課題と対応

- 工事発注時の積算方法／施工管理・出来形検査／その他の工夫

# 「石を残す・戻す」工事を行うための基本条件

“石を残す・戻す”作業が、河道掘削工事の一環として行うことが  
施工業者の持ち出しに頼る形では、持続可能な取り組みにならない。

## 1 無理なく実施

河道掘削工事の施工手順の  
中で実施できる

## 2 出水を前提

工事後の出水で石が動く  
ことを前提に置く

## 3 見直し

やり直しが効く方法を選ぶ

## 4 施工手間を計上

必要な手間を工事発注で  
可能な限り考慮する

# 現場実装①:掘削時に石を分別して残す



## 主な方法

- 巨石は通常バケットでよけておく
- 玉石はスケルトンバケットでふるい分ける
- マス目寸法により残せる石のサイズが変わる
- スケルトンバケットの損料とふるい分けの手間を、『掘削・積込』工種の追加で表現する例（岐阜県）

**「石を残す」には、砂・砂利と残したい石を分別する工程が必要**

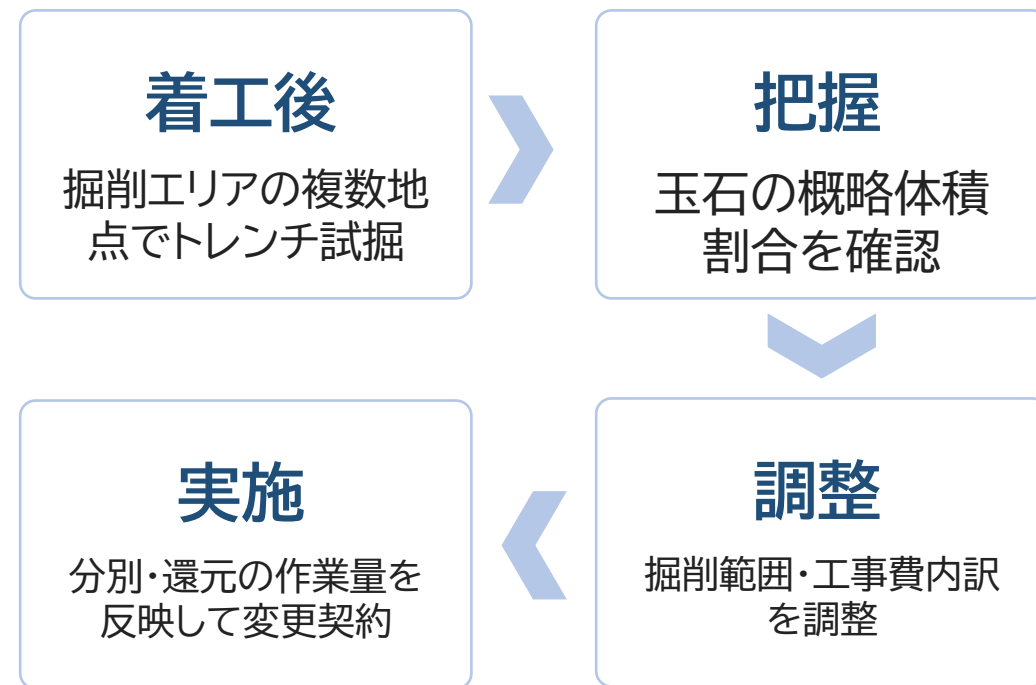
# 現場実装 ②河原の表層の石を廃棄物にしない／③試掘による調整

## 河床表層には大きな石が集積・露出している

- 表層下は砂分・砂利分が多く、見た目ほど玉石が含まれない場合がある
- 表土処分として扱うと、貴重な石を廃棄物化してしまう
- ブルドーザで押土し、ふるい分けるなどの工夫が必要

**河床表層の石は集めておいて、再利用**

掘削土砂に含まれる玉石の割合は、掘ってみないとわからないことも多い



**掘削数量の多い現場では、現場に合わせて積算内訳を調整**

# 現場実装④： 掘削後に石をどう戻すか？は現場に合わせた工夫を

瀬に押し込む

ブルドーザ等で玉石を滞筋へ



水際へ撒き出す

バックホウ等で水際に

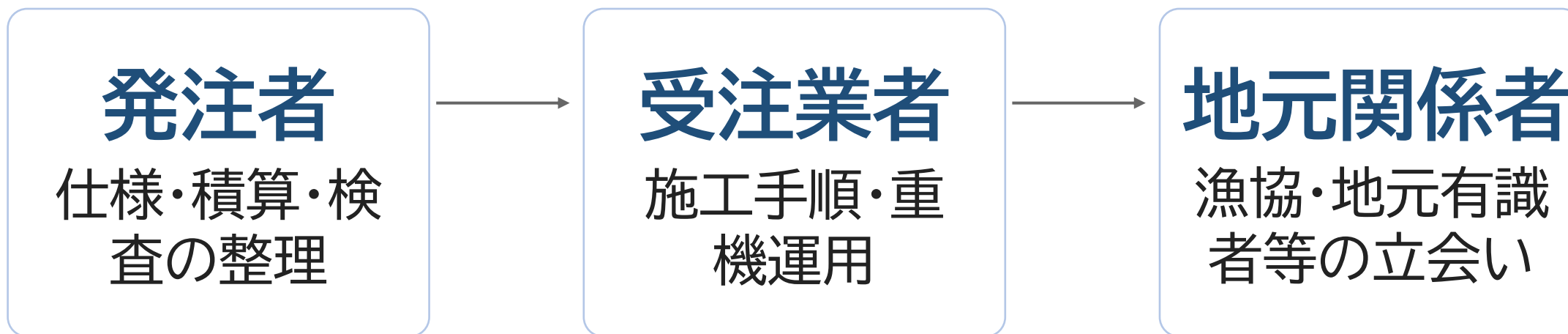


仮設撤去を活用

仮締切や大型土嚢に玉石を混ぜ、出水で撒き出す

工事終盤に現場に残る重機で、少ない労力で実施できる方法が望ましい。ただし、石が流されにくいようにかためて置いたり、石がからみやすいように配置にするなど、意図的な工夫の余地はある。

# 現場実装⑤: 施工業者まかせにせず、発注者・施工者の意思疎通が必要



## 事前共有すべきこと

- どの石を残すか
- どこへ戻すか
- どこまで仕上げるか
- 出来形・数量をどう確認するか

川に精通した関係者の立会いは、現場判断の質を高める。

## 現場実装⑥：発注者側の負担も減らす

# 「石を残す・戻す」前提を, 口頭指示ではなく仕様にもりこむ工夫

### 特記仕様書

玉石・巨石の選別, 保全, 還元の考え方を記載

### 参考図面

直線的な土量計算断面だけでなく, 仕上げイメージを共有

### 県独自資料

公共積算基準にない作業を, 歩掛・技術資料として整理

経験の少ない担当者でも安心して扱えるよう, 現場知を形式知化する

石礫床河川において、玉石・巨石は  
河川環境目標を達成するための基盤

全国の現場での取り組みの実態把握と知見の蓄積  
⇒河道掘削に際して「石を残す・戻す」工事を持続可能な形で。

- 1 玉石・巨石は、河道安定、一次生産、粗度層、空隙等の機能をもつ
- 2 河道から持ち出すと、複数の生態的機能と環境収容力が低下する
- 3 「石を残す・戻す」には施工方法だけでなく発注・積算・検査の工夫が必要

“環境収容力”の観点から、科学的知見の收集整理 ⇒ 河川環境目標へ