



早出川における多様な流れの再生

阿賀野川河川事務所  
調査課 武田 真未

1. はじめに
2. 取り組み内容
3. 取り組み結果
4. モニタリング結果
5. まとめ

# 1. はじめに

## ●阿賀野川自然再生事業(H25～)



- ・ワンド等湿地の再生
- ・砂礫河原の再生
- ・連続性確保
- ・多様な流れの再生



- ・阿賀野川自然再生検討会 (H24～H25)
- ・阿賀野川自然再生モニタリング検討会 (H26～)

本報告では、早出川において実施している、**全国で初めての事例**である**拡縮流路**を用いた自然再生の取組について報告する。

# 1. はじめに 事業箇所位置図 早出川捷水路



## 【早出川】

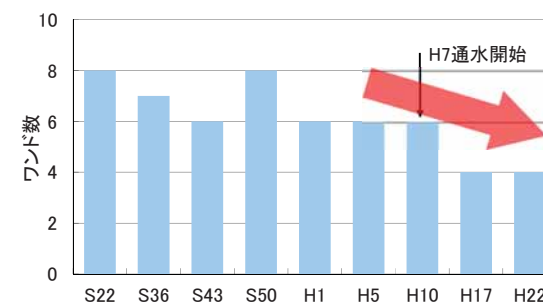
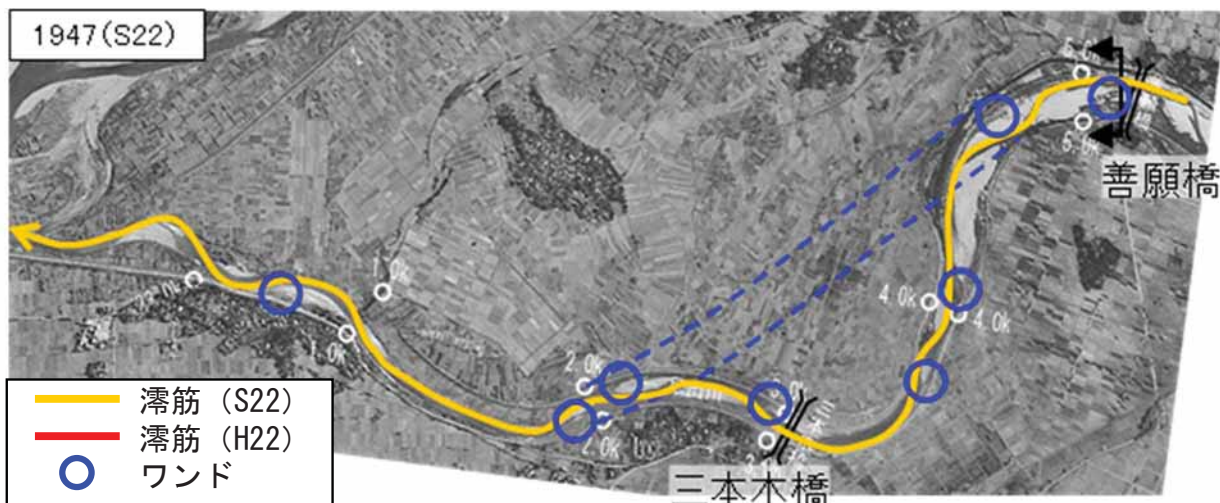
- ・ 流域面積 264.0km<sup>2</sup>
- ・ 流路延長 44.8km
- ・ 直轄管理区間 4.6km
- ・ 計画高水流量 1,850m<sup>3</sup>/s



# 1. はじめに 早出川捷水路区間の現状と課題

かつては…

川が大きく蛇行し、多様な流れによって、礫河原やワンドが形成・維持されていた。



早出川におけるワンドの数の変化  
出展：空撮写真からの読み取り。

- ・ 捷水路整備による直線化で流れが単調化し、ワンドが減少し礫河原が消失。
- ・ 多様な流れやワンド、瀬や緩流域といった、多様な水辺環境の再生が課題。

# 1. はじめに 再生目標と環境の目標像

## 多様な流れの再生

### 【再生目標】

- ・ かつての早出川のように、出水等により河床が変動し、瀬や緩流域などの多様な流れからなる水域の再生。
- ・ 新たに形成された「場」を多様な「生きもの」が利用する水域の再生。

### 【環境の目標像】

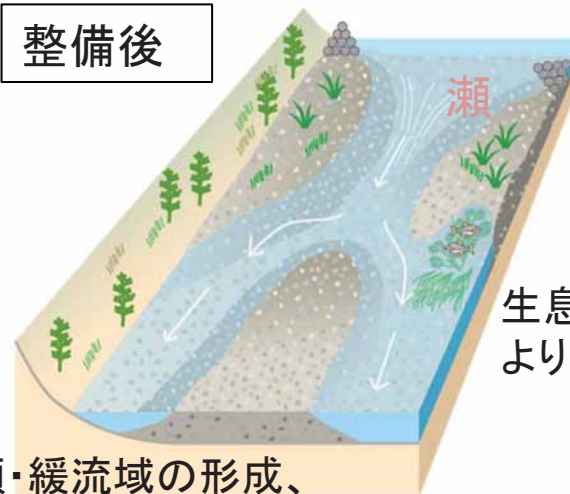
- ・ 河道に瀬や緩流域が形成。
- ・ 緩流域を好む魚類や水生植物の増加。

### 整備前



河道の直線化により、  
流れが単調化

### 整備後



瀬・緩流域の形成、  
多様な流れにより河床が変動

緩流域に湿生  
植物が生育

生息環境の増加に  
より魚類種数の増加

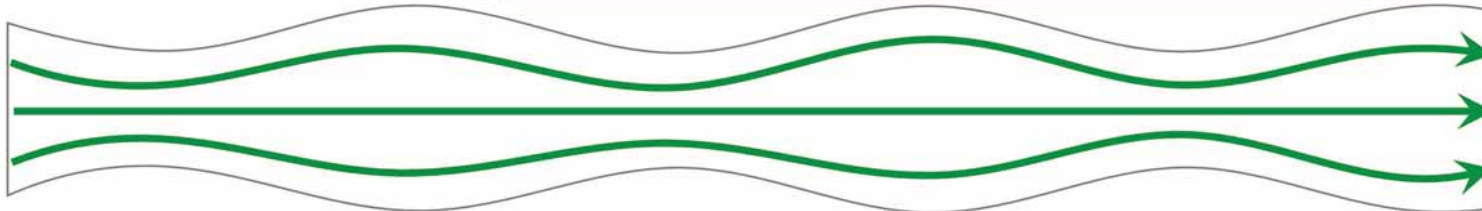
## 2. 取り組み内容 拡縮流路の考え方

### ●「拡縮流路」の考え方（「拡縮流路」のイメージ）

◆従来の横断形状 ⇒ 縦断方向に断面幅が一定



◆拡縮流路 ⇒ 縦断方向に断面幅が周期的に変化



- ・ 構造物の組合せ配置により、流れへの平面的な攪乱を期待。
- ・ 流れの平面的な攪乱で、複列砂州状の河床が形成・維持される。

- 早出川の捷水路区間では、低水護岸が整備済であるため護岸改修は困難。  
⇒ 水制工等の構造物の配置により 「拡縮流路」の考え方を導入した。

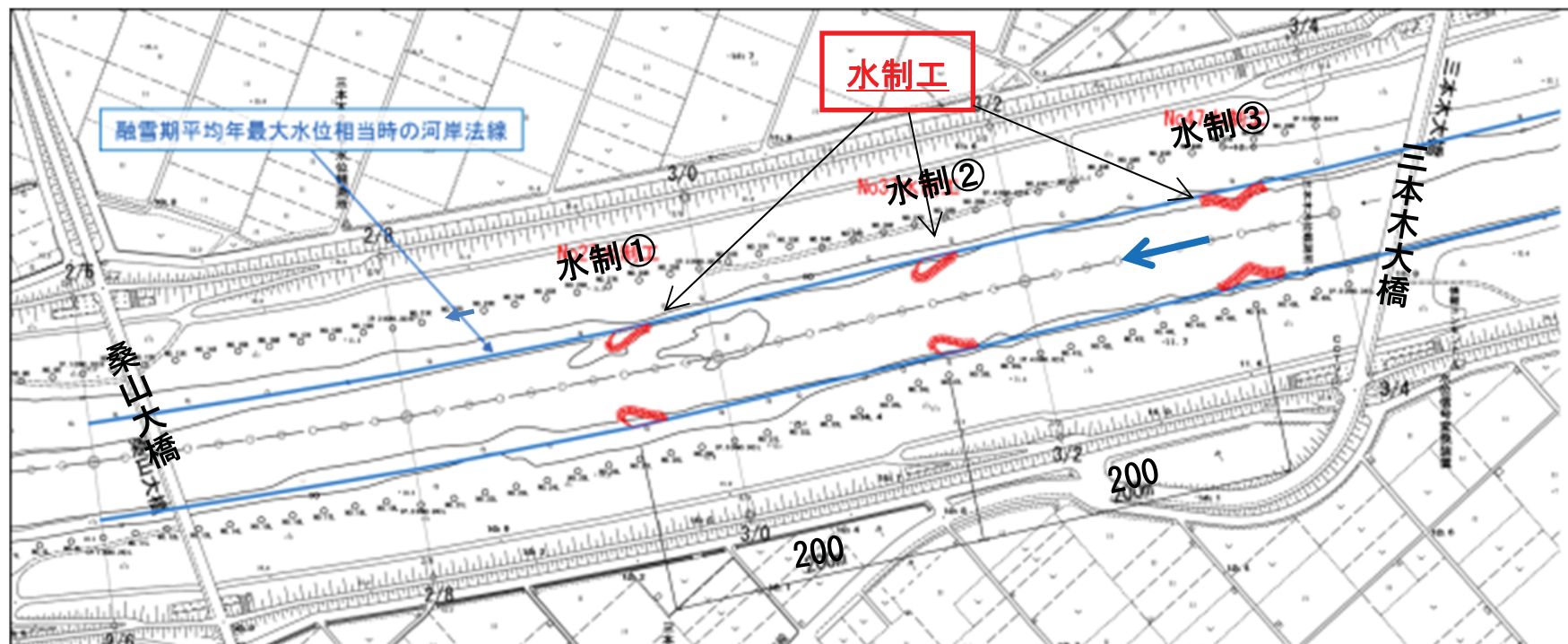
## 2. 取り組み内容 拡縮流路による多様な流れの再生

### ●対象流量

水制施設諸元の設定における対象流量は、最低でも年1回は河床の更新を促す目的で **融雪期平均年最大流量** (約220m<sup>3</sup>/s) とした。

### ●平面配置

平面配置は、現況の河道の交互砂州の波長及び構造物設置の波及範囲、構造物設置数と河床形態を数値解析、**模型実験の結果を勘案して200mで設定した。**

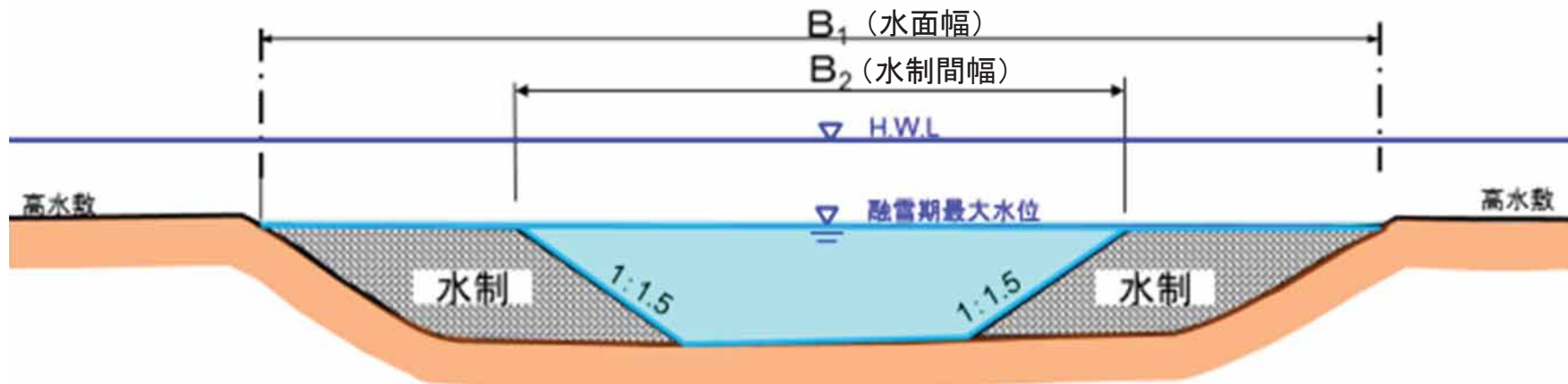




## 2. 取り組み内容 拡縮流路による多様な流れの再生

### ●横断配置

- ・ 融雪期平均年最大流量流下時の水面幅（ $B_1$ ）と左右岸の水制間幅（ $B_2$ ）の比率を「拡縮率」と定義。
- ・ 拡縮率60%，70%，85%について、水制上下流の波及範囲を模型実験により検証して **拡縮率70%** に設定。
- ・ 拡縮率の設定に当たっては、**河川構造令に準拠して阻害率5%未満**とし、洪水時の堰上げを生じさせない範囲で検討を行った。

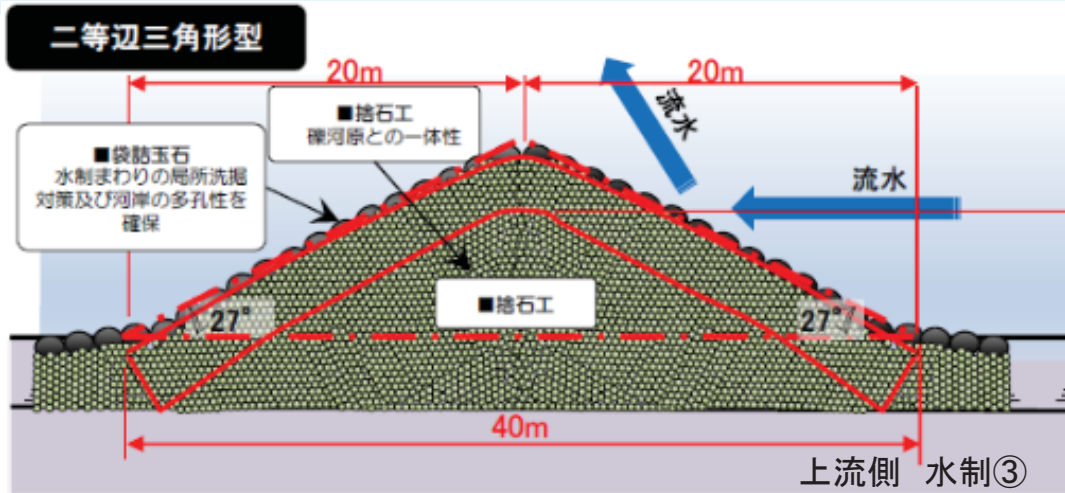


$$\text{拡縮率70\%} = B_2 / B_1 \cdot 100$$

## 2. 取り組み内容 拡縮流路による多様な流れの再生

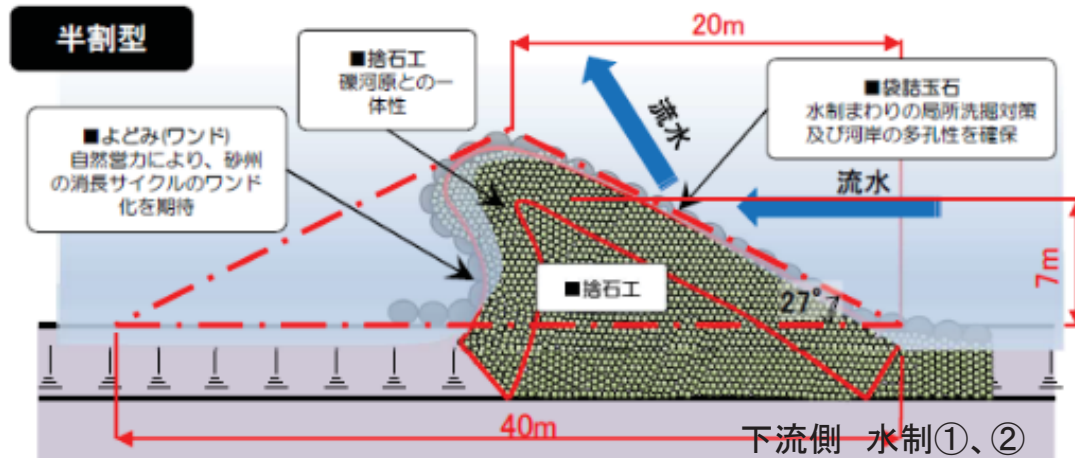
### ● 構造及び諸元

- ・ 模型実験による検証により、水制の張出し角度を 1:2 (約27°) に設定。  
 ⇒ 水制基礎部の張出し幅：10m、縦断延長：40m
- ・ 試験施工3列のうち、上流端1列 (No. 47) は、上下流対象形の「二等辺三角形」、下流側2列 (No. 37, No. 27) は、「半割型」で下流側によどみを持たせる構造とした。



### 水制工設置諸元

設計対象流量	220m <sup>3</sup> /s	融雪期年平均最大流量
平面設置	200m	現況単列砂州波長、水理解析、模型実験より設定
拡縮率	70%	融雪期最大水位の水面幅 (B <sub>1</sub> ) と水制間幅 (B <sub>2</sub> ) の比率
水制天端高	融雪期最大水位相当	
水制形状	二等辺三角形型 (No. 47), 半割型 (No. 27, No. 37) 側面勾配1:1.5	
構造材料	φ200mm	内外玉石、根固め工 (袋詰め玉石)



### ＜本体構造＞

- ・ 河床材料との一体性、形状変更及び補修の容易さから、**捨石工**を基本。
- ・ 河岸の局所洗掘対策、多孔性の確保から、**袋詰め玉石**を配置。

## 2. 取り組み内容 拡縮流路による多様な流れの再生

下流側

半割型



水制① 半割型

水制① 半割型

上流側

二等辺三角形型



水制③  
二等辺三角形型

整備直後  
(平成28年8月)

### 3. 取り組み結果 水制設置前の早出川

瀬や緩流域がない、単調な流れ

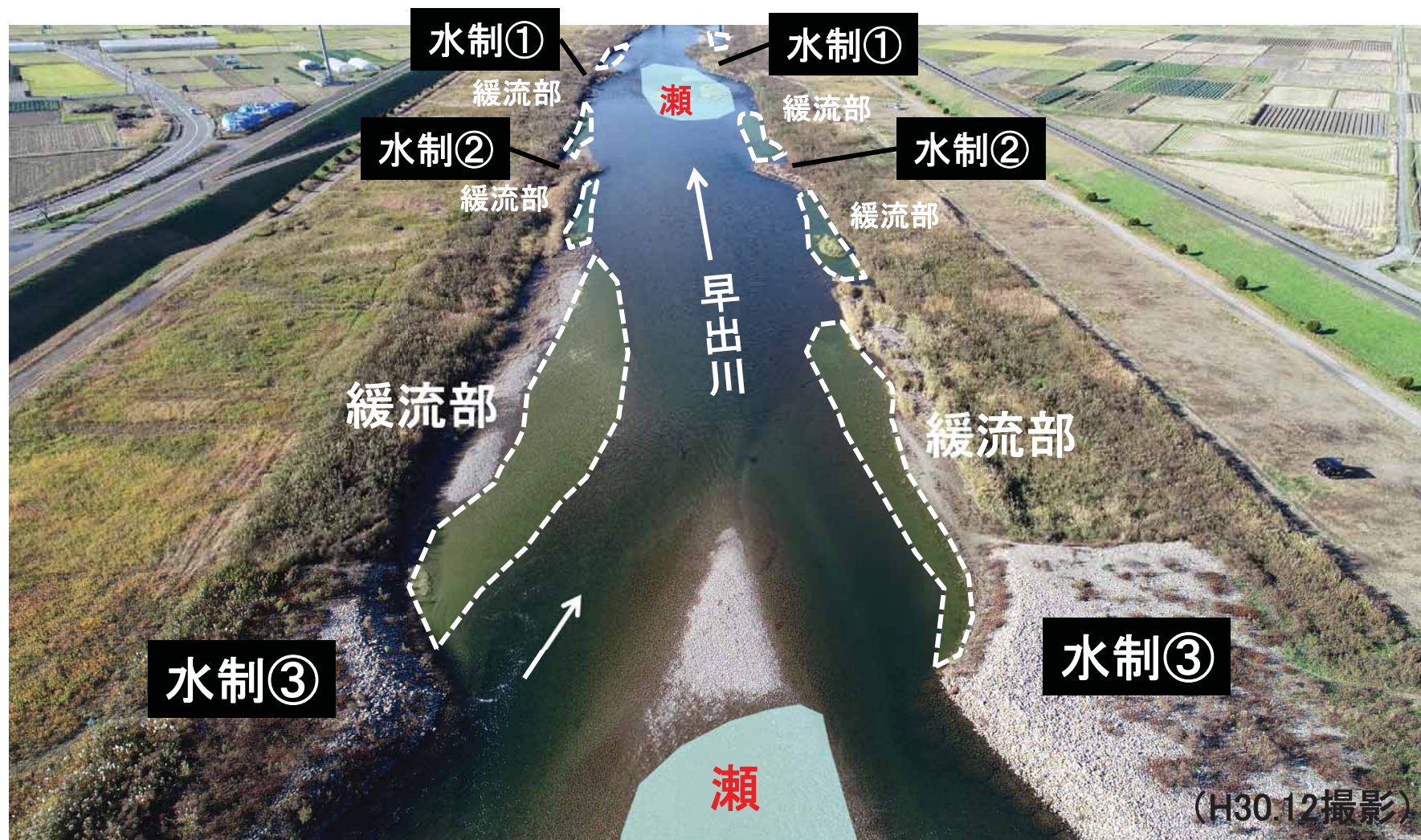


(H27.10撮影)

三本木橋上より下流を望む

### 3. 取り組み結果 水制設置後の状況

整備後は、瀬や緩流域が生まれ、多様な流れが再生した



## 4. モニタリング結果 モニタリング項目

### 【環境の目標像】

- ・河道に瀬や緩流域が形成・緩流域を好む魚類や水生植物の増加。



### ◎とくに重視

- ・瀬・緩流域の形成及び維持
- ・整備前後の魚類の種数(生息環境別)

### ○重視

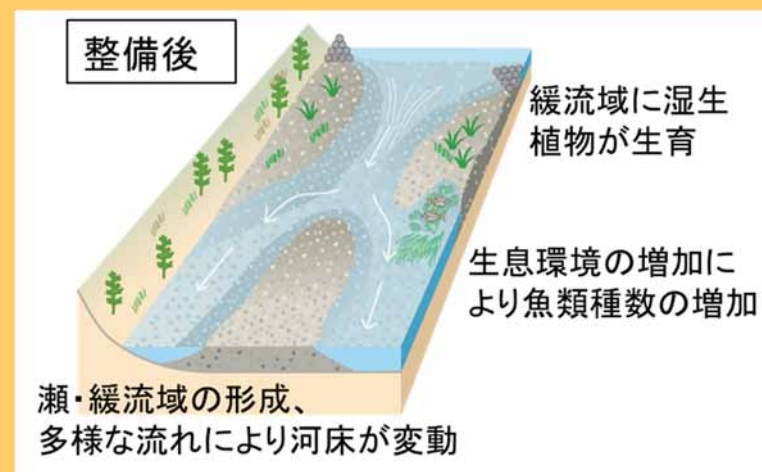
- ・河床の形状の変化
- ・整備前後の魚類の多様度指数
- ・整備前後の水生植物※の種数

※水域の多様性を評価するために、湿生植物のうち水に依存する水生植物で評価

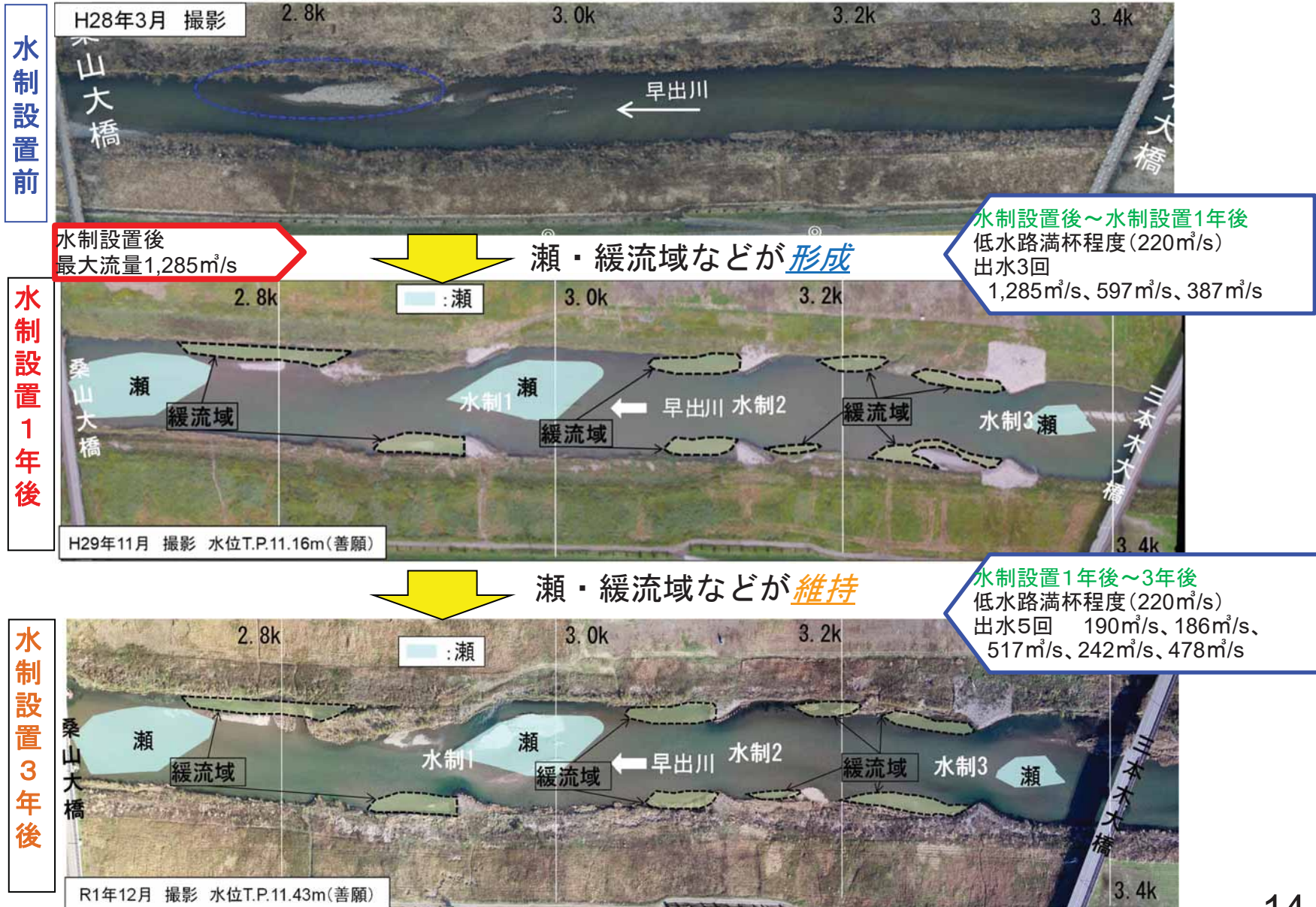
- ・指標種(魚類のスナヤツメ、ヤリタナゴ、植物のミクリ)の整備後の生息・生育の有無

### △補助

- ・「場」が維持されているか(河床材料)
- ・水位、出水時表面流速について、計算モデル・水理実験結果と一致しているか

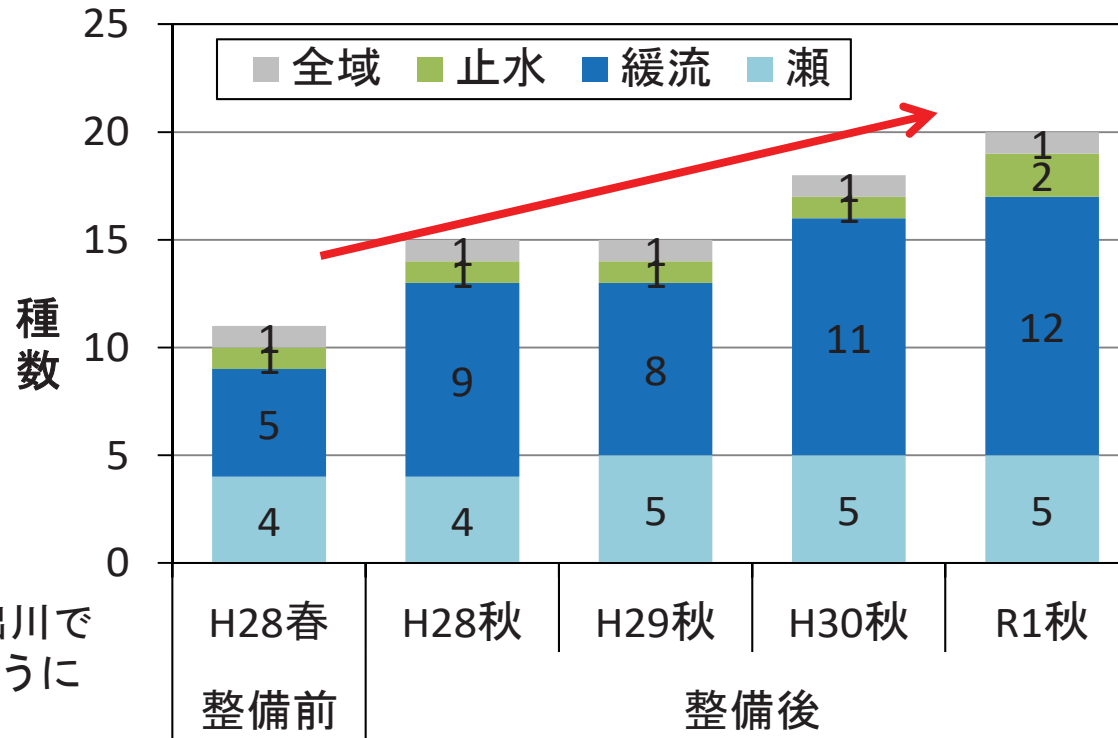


# 4. モニタリング結果 瀬・緩流域の形成と維持



# 4. モニタリング結果 生息環境別の魚類種数

魚類種数は、11種から整備後20種に増加。



■整備後に早出川で確認されるようになった種

※国外外来種を除く

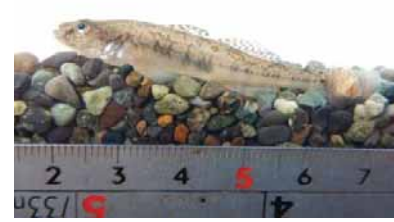
## 緩流域に生息する種



カマツカ



タモロコ



ジュズカケハゼ  
(緩流域に生息する種)

## 瀬に生息する種



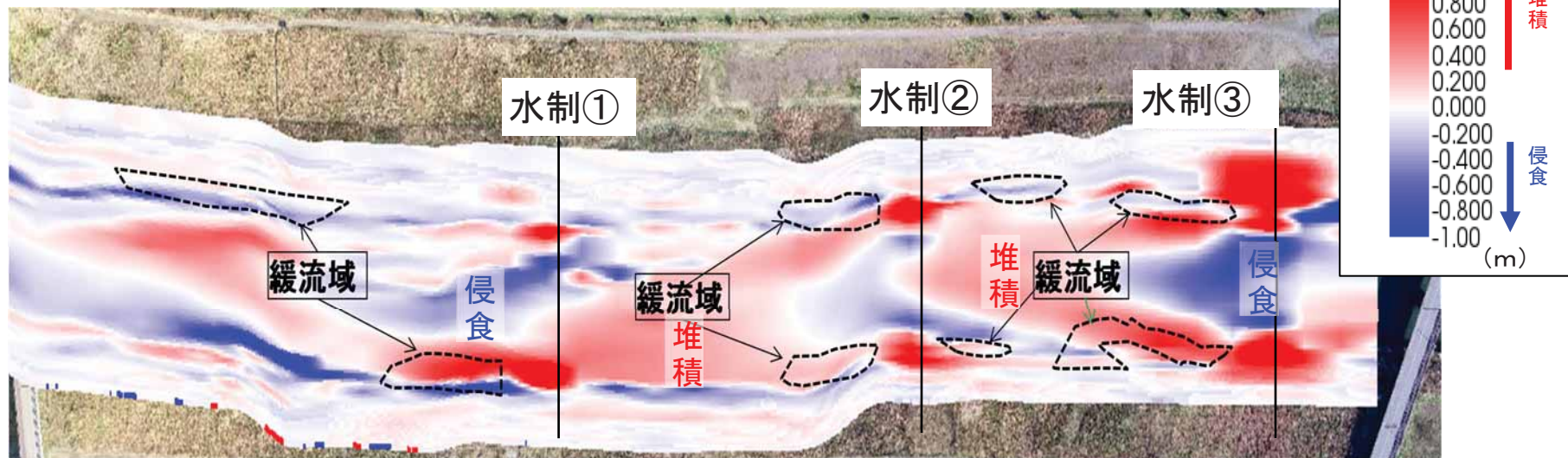
カマキリ  
(瀬に生息する種)



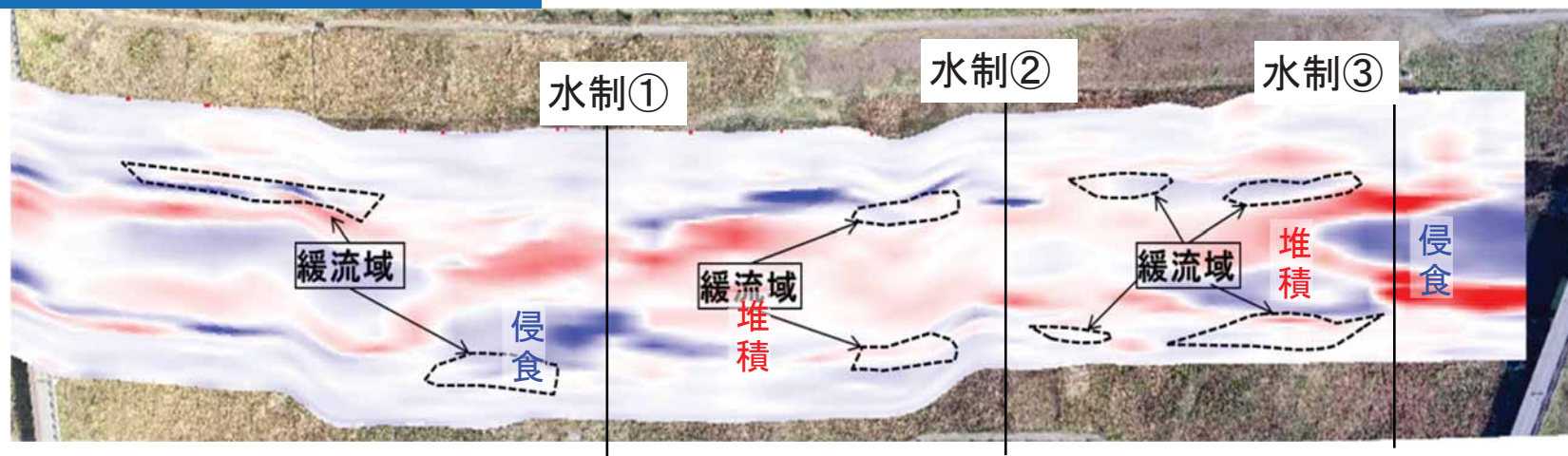
## 4. モニタリング結果 整備前後の変化

# 4. モニタリング結果 河床の形状の変化

設置前から1年後にかけて



2年後から3年後にかけて

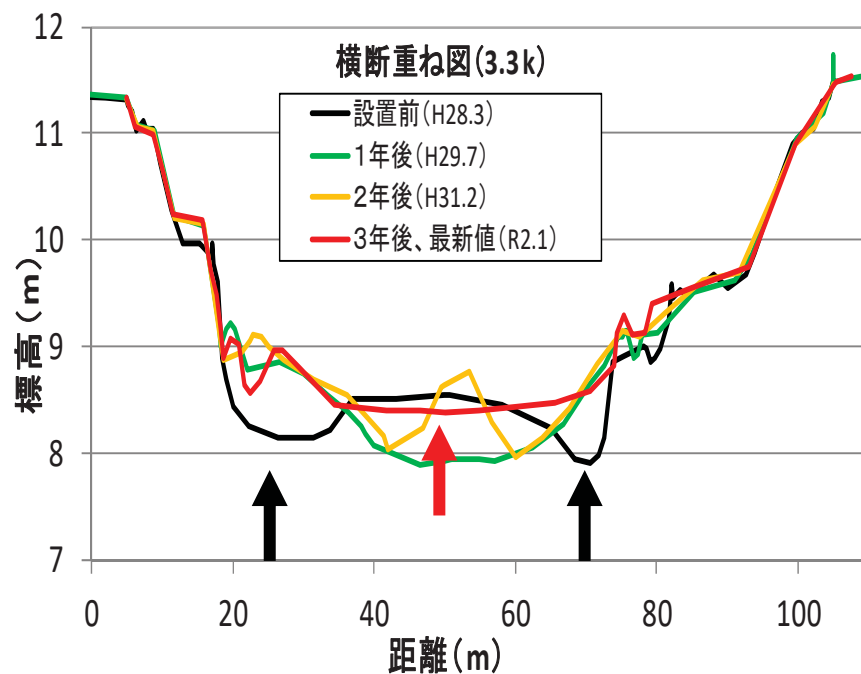


# 4. モニタリング結果 横断形状の変化

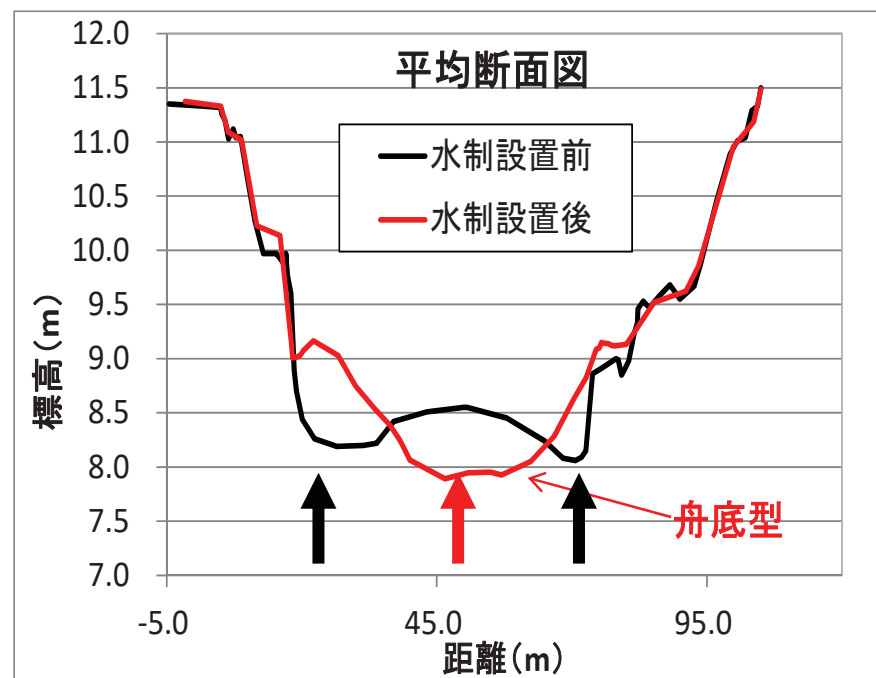
設置前の最深部は河岸側

→ 設置後は流路中央部に移動

### 1年毎の変化



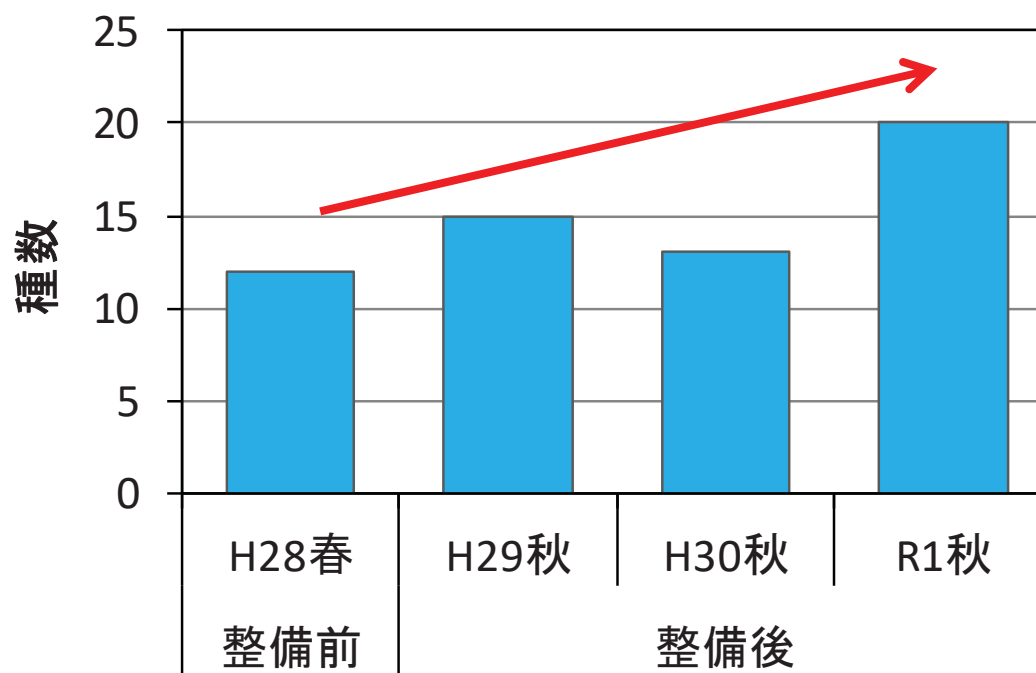
### 平均断面の変化



※水制間の3断面平均値として

## 4. モニタリング結果 水生植物の種数

水生植物が、12種から20種に増加。



### 確認された水生植物



オヒルムシロ (沈水植物)



バイカモ (沈水植物)



ツルアブラガヤ (抽水植物)



ミクリの一種 (抽水植物)

## 4. モニタリング結果 整備前後の変化

### 環境面

- ・ 瀬・緩流域などの、**多様な流れ**が回復。
- ・ 結果、魚類や植物が増え、**生きもの豊かな環境**が再生。
- ・ これは、川本来の「**新陳代謝**」の回復によるもの！

### 治水面

- ・ 横断形状が「河岸洗掘型」から「**舟底型**」に。  
→ 河岸侵食が軽減され、**治水面の効果**も期待

### 適用

- ・ 現地材料を用いた**簡易かつ容易**な工法。
- ・ 直線河道、狭い低水路幅、低水護岸整備済みといった制約が多い**中小河川**でも適用可能。

**環境面、治水面 両方に効果的な「拡縮工法」**

以降 参考資料

# 4. モニタリング結果 魚類

No.	科名	種名	生息環境		H28		H29	H30	R1	重要種
			流れ	河床	春	秋	秋	秋	秋	
1	ヤツメウナギ科	スナヤツメ類	止水	砂泥					3	●
2	コイ科	ギンブナ	緩流	全域				1	7	
3		タイリクバラタナゴ	止水	砂泥					1	
4		オイカワ	瀬	砂礫		2	4	2	4	
5		アブラハヤ	緩流	水際植生	25	13	10	18	43	●
6		ウグイ	瀬	礫	5	97	64	117	50	
7		モツゴ	緩流	砂泥					1	
8		ビワヒガイ	緩流	砂礫		8		1		
9		タモロコ	緩流	砂泥		6	1	6	4	
10		カマツカ	緩流	砂礫			1	3		
11		ツチフキ	緩流	砂泥					1	
12		ニゴイ	緩流	砂礫	1		1	43	2	
13		ドジョウ科	ドジョウ属	止水	砂泥	1	1	4	3	4
14		ヒガシシマドジョウ	緩流	砂礫	3	9	9	12	24	
15	フクドジョウ科	フクドジョウ	緩流	砂礫		17	2	22	34	
16	ギギ科	ギギ	緩流	礫		10		3	25	
17	アカザ科	アカザ	瀬	礫				1		●
18	アユ科	アユ	瀬	礫	5	10	14	33	5	
19	サケ科	サクラマス(ヤマメ)	瀬	礫	1					●
20	サンフィッシュ科	コクチバス	瀬	礫				9	1	
21	カジカ科	カマキリ	瀬	礫			1		1	●
22		カジカ	瀬	礫	35	20	18	24	64	●
23	ハゼ科	ヌマチチブ	緩流	礫	2	3	1	1	15	
24		トウヨシノボリ類	全域	礫	2	1	2	3	15	
25		ウキゴリ	緩流	水際植生	4	6	5	20	29	
26		ジュズカケハゼ	緩流	砂泥		5			1	●
11科26種			個体数		84	208	137	322	334	-
					292					
			種数		11	15	15	19	22	8
					17					
国外外来種を除く種数					11	15	15	18	20	
					17					

注記: 赤字は国外外来種  
整備後に確認された種



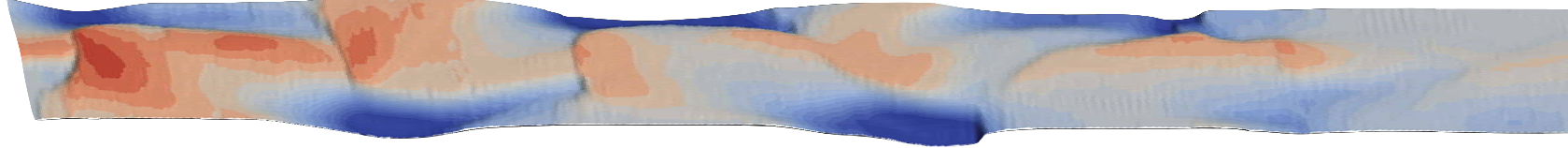
# 4. モニタリング結果 植物

## 重要種のみの確認種

No.	科名	和名	区分	施工前	施工後			重要種選定基準		
				H28	H29	H30	R1	環境省	新潟県	新潟市
				春季	秋季	秋季	秋季			
1	ミズワラビ科	ヒメミズワラビ	湿生			●			NT	NT
2	ヒルムシロ科	オヒルムシロ	浮葉				●		VU	EN
3		ヒメオヒルムシロ	浮葉				●		NT	VU
4	ミクリ科	ミクリ	抽水			●	●	NT	NT	NT
		ミクリ属の一種※	抽水	●	●	●	●	○	○	○
5	カヤツリグサ科	ヤガミスゲ	湿生				●		NT	NT
6		ヒナガヤツリ	湿生		●		●			NT
7		ツルアブラガヤ	抽水		●	●	●		NT	NT
8	キンポウゲ科	バイカモ	沈水	●	●	●	●		VU	
9	ユキノシタ科	タコノアシ	湿生		●	●		NT	VU	VU
10	アリノトウグサ科	ホザキノフサモ	沈水	●	●	●	●		VU	EN
11	ミソハギ科	エゾミソハギ	湿生			●	●			EN
12	タデ科	ホソバイヌタデ	湿生		●			NT	VU	
13		ノダイオウ	水辺林	●		●		VU	VU	VU
14	ゴマノハグサ科	キクモ	抽水		●					NT
15		ムシクサ	湿生	●					NT	
16		アゼナ	湿生		●		●			NT
合計 10科16種				5種	9種	8種	10種	4種	12種	13種

※ミクリ属の一種は種が確定できなかったが、属レベルで重要種に該当するため重要種扱いとした。

## ● 交互砂州による弊害



- ・ 流れが単調化すると単列交互砂州が形成され固定化  
⇒ 比高差が拡大、滯筋の深掘れが進行し砂州は樹林化 ⇒ 侵食対策、河道維持管理。

## ● 「拡縮流路」へのヒント



写真は全て  
Google Earth より引用

- ・ 複列砂州が形成・維持されている河川では、「拡」と「縮」を繰り返す平面形状を呈していた。

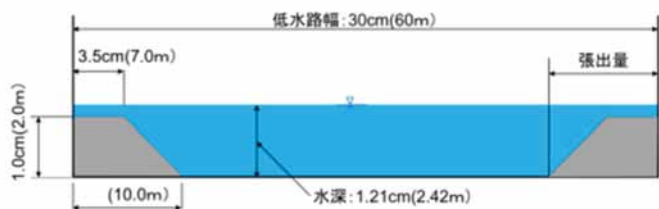
## ●「拡縮流路」の模型実験概要

拡縮流路の考え方の自然再生への適用についての研究は、平成25年度より新潟大学との共同研究で、数値解析、模型実験等により、

◆砂州の形成状況 ◆施設の形状 ◆構造諸元 ◆設置位置、間隔等を検討してきた。

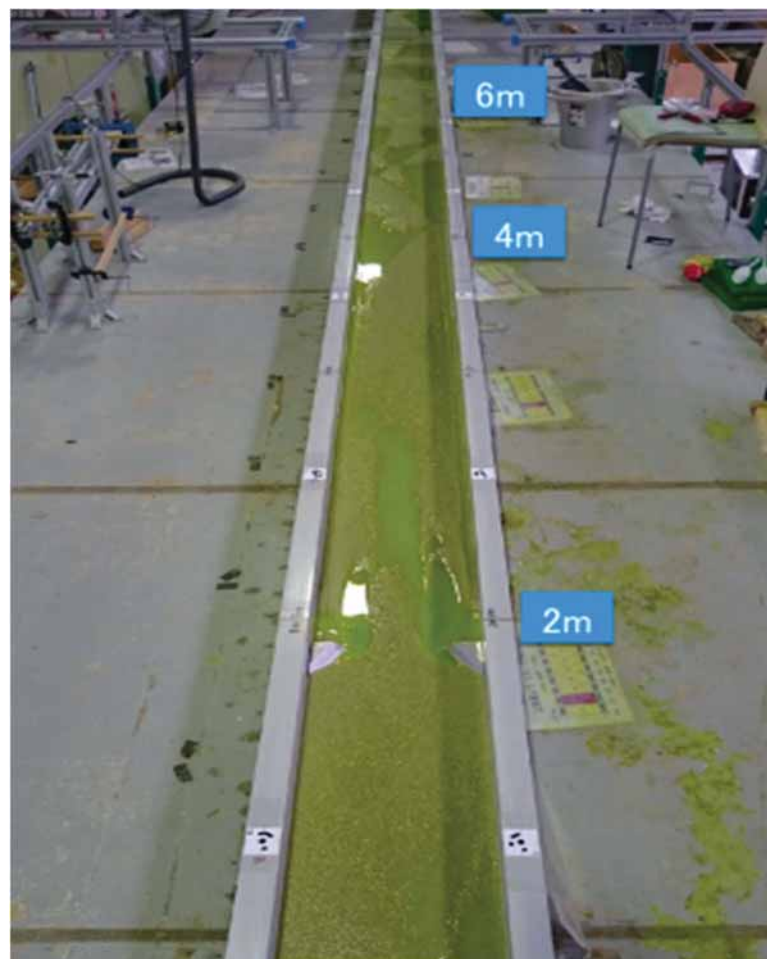
### <模型実験装置>

- ・相似比率：1:200
- ・水路長さ：10m
- ・水路幅：0.3m



( ) 内の値は相似比考慮の実大寸法

実験水路断面イメージ



使用した模型実験装置

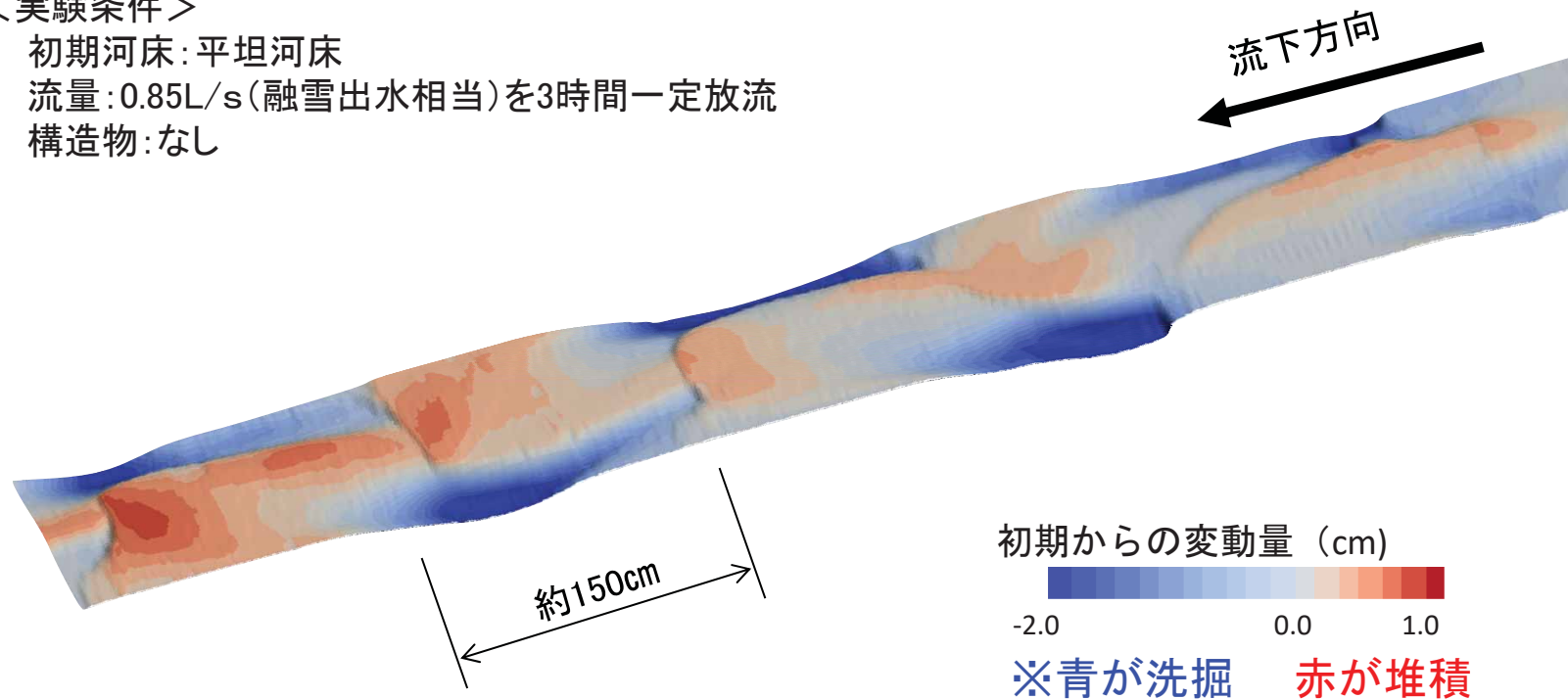
## ● 模型実験による現況河道の再現

### <実験条件>

初期河床: 平坦河床

流量: 0.85L/s (融雪出水相当) を3時間一定放流

構造物: なし



### 【結果】

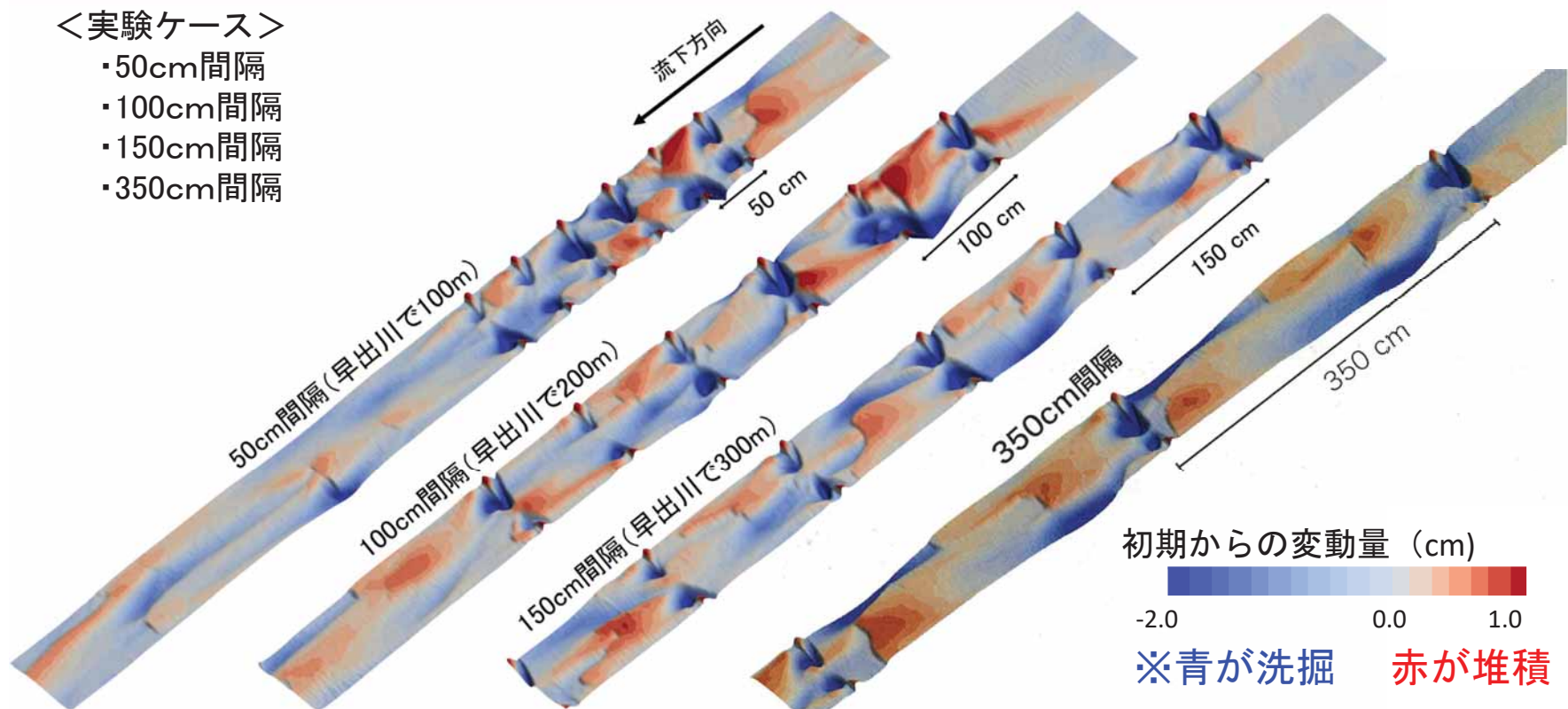
- ・ 150cm (実スケールでは300m) 程度の波長の交互砂州が形成された。
- ・ 早出川に形成されている交互砂州と同程度であることが確認された。

## ●「拡縮流路」の模型実験① 構造物の配置間隔の違い

交互砂州の形成を抑制できる間隔を検討するため、構造物の配置間隔を変えて実験。

<実験ケース>

- ・50cm間隔
- ・100cm間隔
- ・150cm間隔
- ・350cm間隔



### 【結果】

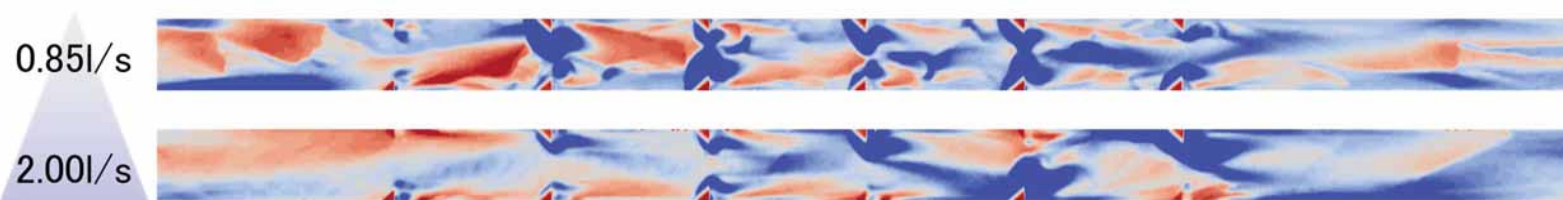
- ・ 実河川波長より短い～同程度  
⇒ 構造物の直下流心で洗掘、次の構造物の手前で堆砂傾向が見られる。
- ・ 実河川波長より長い⇒ 水制間で実河川波長の交互砂州が形成。
- ・ 実河川波長よりも短いもしくは同程度で、交互砂州の形成が抑制できる。

## ●「拡縮流路」の模型実験② 流量規模の違い

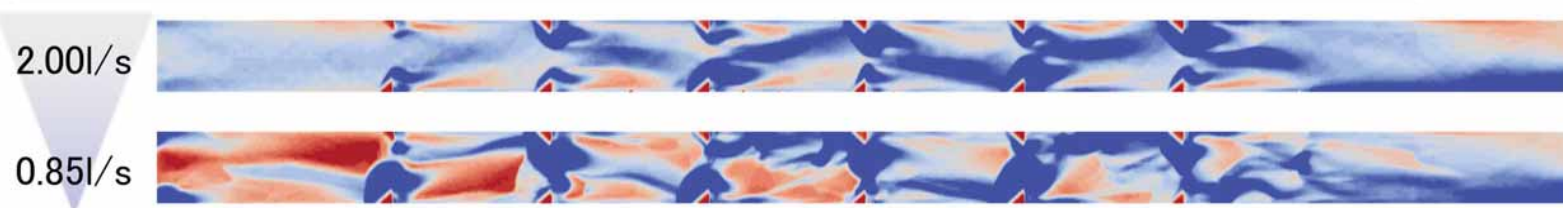
構造物配置によって形成される底面形状が固定化してしまわないか、流量を増減させて実験を実施した。

配置間隔: 100cm 配置数: 6 通水時間: 各3時間

流量: 0.85 l/s (融雪出水期最大流量相当) → 2.00 l/s (平均年最大流量相当)



流量: 2.00 l/s (平均年最大流量相当) → 0.85 l/s (融雪出水期最大流量相当)

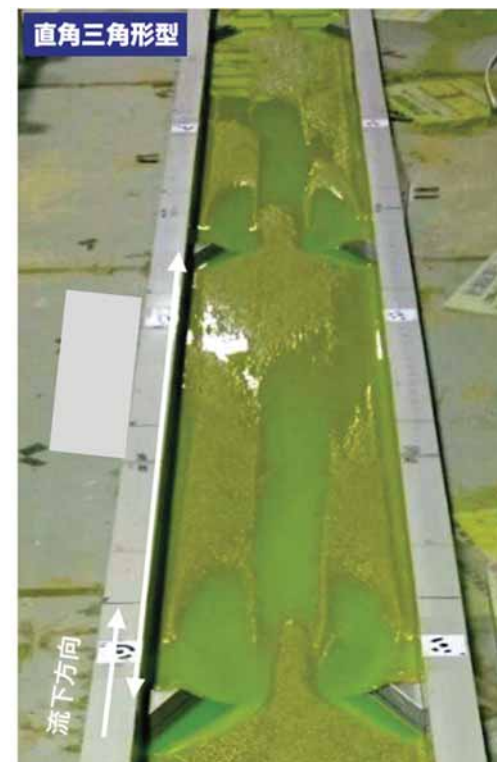
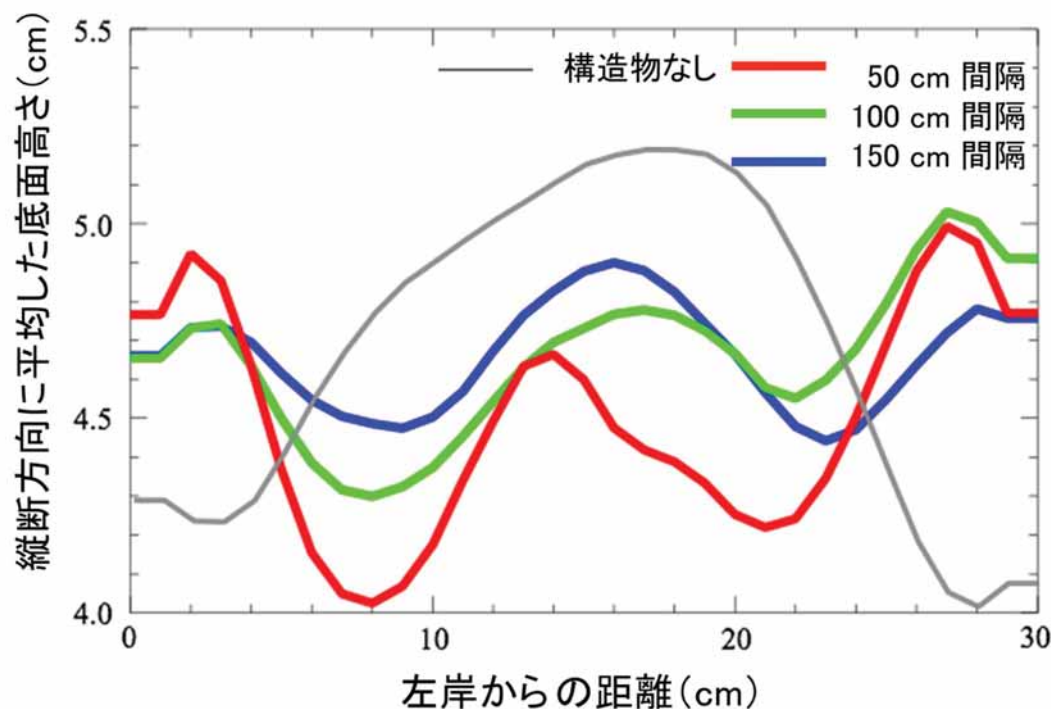


### 【結果】

- ・ 流量変化前の砂州の影響は小さく、各流量規模に応じた底面形状が形成された。  
⇒ 構造物配置によって底面形状が固定されることはなく、流水と流砂の新陳代謝は維持されるものと推測。

## ● 模型実験から得られた拡縮流路の効果のまとめ

- ・ 交互砂州は、各流路の固有の性質により **ある波長をもって形成**される。
- ・ この波長を構造物配置の基準値として用いると、**交互砂州の抑制が期待**できる。
- ・ 更には、構造物の配置間隔次第で、**能動的に底面形状を制御できる可能性**がある。
- ・ 固有の波長と同等もしくは短くすることで、**流心で洗掘傾向・河岸で堆砂傾向**となり **治水安全上有利な底面形状**となる。（下図・グラフ参照）
- ・ 波長以内で設置間隔を長くすると、次の構造物上流で中州の形成も期待できる。



流心部に流れを集中させる底面起伏が形成 ⇒ **治水・環境両面で機能向上**