

# 猪名川における河原再生について

## ～試験施工による仮説の検証（中間報告）～

Restoring the gravel bars of the Ina River : verifying a hypothesis by experimental river works  
(interim report)

研究第一部 主任研究員 都築 隆禎  
研究第一部 次 長 児玉 好史  
研究第一部 主任研究員 瀧 健太郎  
い だ 株 式 会 社 後藤 知子

かつての猪名川は、河原や瀬・淵など多種多様な動植物の生育・生息基盤が存在し、そこには様々な生物が棲んでいた。多様な河川形状やそこに生息・生育する様々な生物は、変化に富んだ美しい景観を形作るとともに、沿川の住民に安らぎの場や自然とのふれあいの場を提供していた。しかしながら近年の猪名川では、河原の減少や河道内植生の樹林化・外来種の侵入など、河川環境は単一化・単調化へと向かっている。

このような問題を川自体の自然の復元力によって改善するべく、適正なインパクト（整備）がレスポンス（効果）をもたらすような自然再生事業を検討・実施し、河川環境の保全・再生を行い、川が川を作るのを助けながら生物の多様性の回復を目指すものとして現在検討中である。

本研究は、猪名川の自然再生における河川環境の課題の内、早急な取り組みが必要である「河原環境の減少」について、順応的かつ段階的に対策を進めるために実施している河原再生試験施工について報告する。

キーワード：猪名川、自然再生、礫河原、洪水外力、試験施工、冠水頻度

The Ina River used to be blessed with such riverine features as gravel bars and shallows and pools that provided habitat for diverse species of plants and animals. The diverse morphological features of the river and a wide variety of plants and animals formed complex and beautiful riverscapes and provided local residents with places for relaxing and communing with nature. In recent years, however, the environment of the Ina River has been undergoing changes such as a decrease in sand and gravel bars, tree growth and the intrusion of exotic species and is becoming increasingly monotonic and simple.

With the aim of mitigating these problems by use of the natural resilience of the river, the implementation of a nature restoration project for inducing a desirable response (effect) by giving an appropriate impact (improvement) is currently under study so as to restore the diversity of life by conserving and restoring the river environment and helping the river re-create itself.

In this study, experimental river works for gravel bar restoration were carried out in order to take adaptive and phased measures to reverse the declining trend of the gravel bar environment, one of the most urgent problems among the problems being encountered in connection with the restoration of the natural environment of the Ina River. This paper reports on the experimental river works.

*Key words : Ina River, nature restoration, gravel bar, flood-induced disturbance, experimental river works, frequency of submersion*

## 1. はじめに

猪名川は、淀川水系の南西に位置し、大阪府・兵庫県・京都府の11の市町を流れて神崎川に合流する一級河川である。支川一庫大路次川には、多目的ダムの一庫ダムがある。

余野川合流付近の銀橋より上流の猪名川流域は、周囲を山地に囲まれ、自然林が残る渓谷河川となっていた。しかし、高度成長とともに大規模な宅地造成が行われ、現在はベッドタウンとなっている。

また、銀橋より下流の猪名川流域は、阪神工業地帯となっており、周辺には密集した市街地が広がっている。東西の拠点を結ぶ交通機関が集中し、流域内の資産密集・人口密度が著しく高い典型的な都市河川となっている。



写真-1 箕面川合流付近の猪名川 (S60年)

しかしながら、昭和40年代後半から流域の開発が急進し、猪名川を取り巻く環境は大きく変化した。市街化の進行にともない、河川に求められる機能も変化したし、継続的な河川改修が実施された。また、高水敷は運動公園などとして利用されるようになった。こうした猪名川を取り巻く環境の変化により、河原の減少や湿地環境の減少、縦横断連続性の分断による魚類生息域環境の劣化などが進行し、河川環境及び生物相の単調化を引き起こしている。さらに、近年では外来植物の繁茂も相まって、河川環境の単調化はますます顕著になっている。(写真-2)



写真-2 箕面川合流付近の猪名川 (H17年)



図-1 猪名川流域図

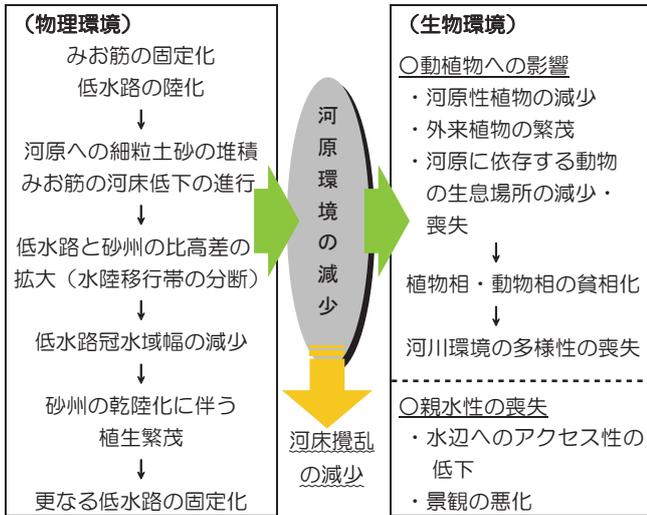
かつての猪名川には、河原や瀬・淵など多種多様な動植物の生育・生息基盤が存在し、そこには様々な生物が棲んでいた。多様な河川形状やそこに生息・生育する様々な生物は、変化に富んだ美しい景観を形作るとともに、沿川の住民に安らぎの場や自然とのふれあいの場を提供していた。

以上のような問題に対し、猪名川の自然再生事業は、現在可能な対策を検討・実施し、河川環境の保全・再生を行い、川が川を作るのを助けながら生物の多様性の回復を目指すものである。

本研究は、猪名川の自然再生における河川環境の課題の内、早急な取り組みが必要である「河原環境の減少」について、順応的かつ段階的に対策を進めるために実施している河原再生試験施工（以下、試験施工）について報告する。

## 2. 河原環境減少の課題

猪名川における河原環境の減少に関わる課題を物理環境と生物環境に分けて整理した。



かつての猪名川は、出水の度に砂州が冠水・移動し、攪乱と再生が繰り返される河道であったと考えられる(図-3空中写真)。しかしながら、現在の猪名川では、河床が攪乱される頻度が減少し、砂州に植生が繁茂するようになった。このため、砂と礫を主体として構成されていたかつての河原には微細土砂が堆積し、河床低下の進行とともに、低水路と砂州の比高差が拡大している。さらに、乾陸化した砂州上ではセイタカアワ

ダチソウやアレチウリといった外来種を含む植生が繁茂している。こうした植生の繁茂は低水路の固定化をさらに促し、これによってますます攪乱が発生しにくくなるという悪循環を引き起こしている。

## 3. 河原再生の方向性

自然再生の役割は、猪名川の課題を川自体の自然の復元力によって改善できるよう、適正なインパクト(整備)がレスポンス(効果)をもたらすように川を手助けすることである。

このため、猪名川における河原再生の方向性は、「①断面形状の変更」を行い、河原性植物や河原に依存する動物の生息場所を回復するなど「②多様な動植物の生育・生息基盤を回復」し、「③その環境を持続的に維持」することを目的として、頻繁に攪乱が発生し、攪乱と再生が繰り返される河道を目指すものとした。

### 3-1 仮説の設定

#### (1) 年最大流量と砂州及び河道内植生の繁茂状況

猪名川において河原が減少している現状を整理し、年最大流量と航空写真から見られる砂州の有無および河道内植生の繁茂状況を比較することで、河道内の河床または植生を掃流する洪水規模について考察した。1955年～2005年までの年最大流量を図-2に、空中写真から見られる砂州の状況を図-3に示す。

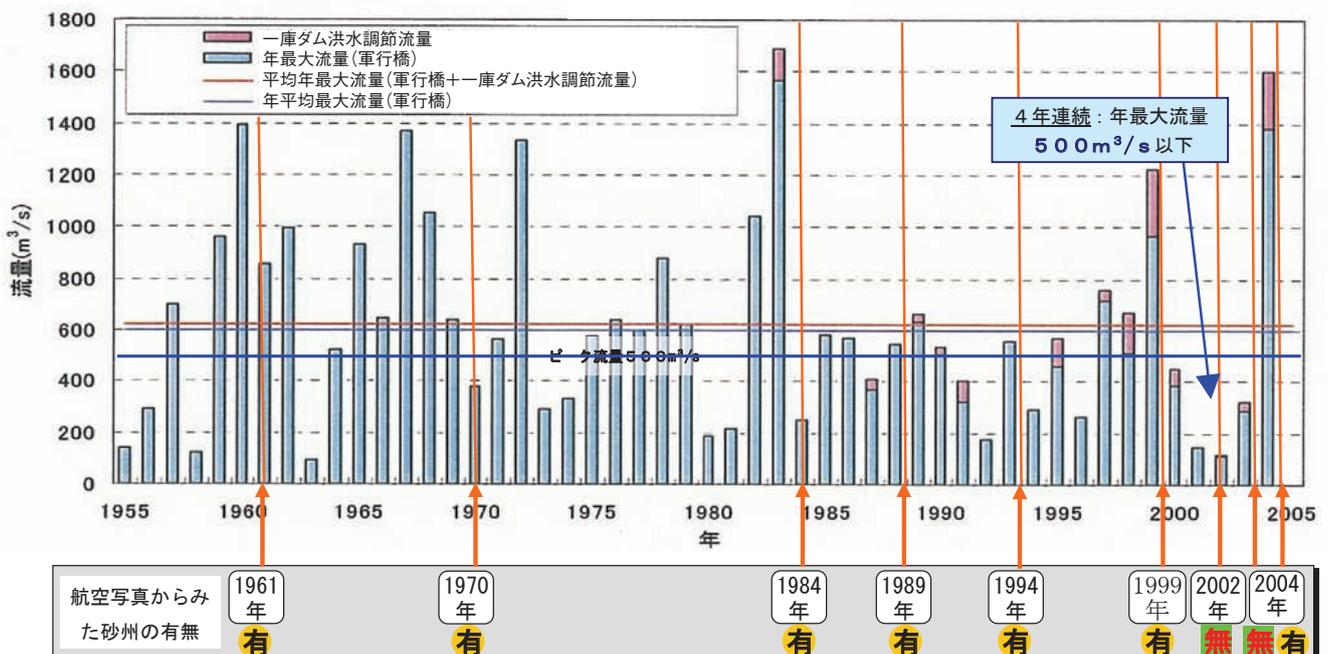
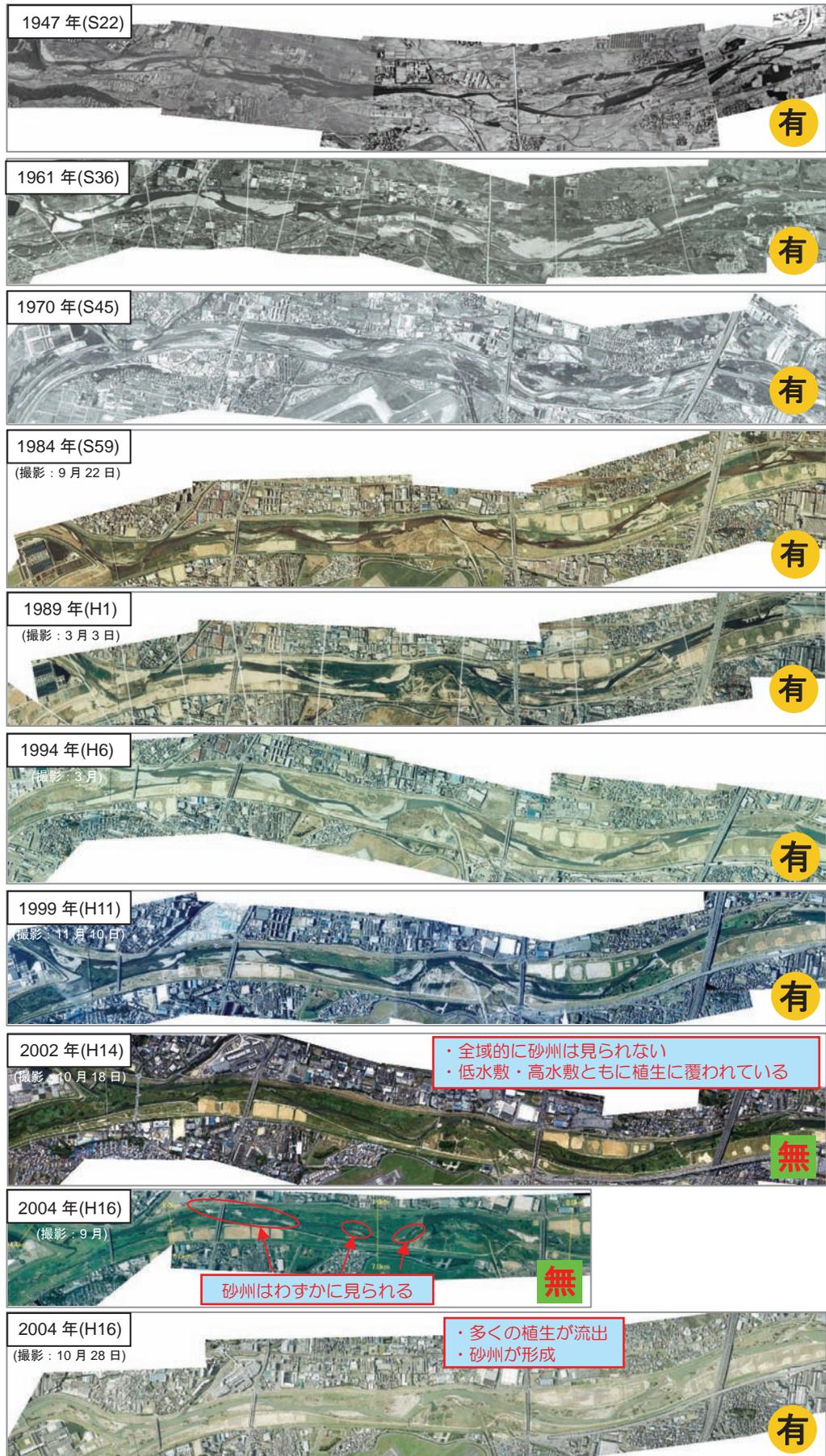


図-2 1955年～2005年の年最大流量



・1947年から1999年まで、河道内には砂州が確認される。

・1970年より後は、高水敷の造成がみられ、低水路幅は小さくなった。

・2002年および2004年9月の写真には、砂州が見られず、河道内が植生に覆われている。

・その後、出水直後の2004年10月23日には、多くの植生が消失し、砂州が形成された状況を見ることができる。



2000年～2004年9月（4年9ヶ月）には、ピーク流量500m<sup>3</sup>/sを上回る出水が発生しなかった。

（他の期間では、3年に1度は500m<sup>3</sup>/sを上回る出水が発生している）

**有** : 砂州有り

**無** : 砂州無し

図－3 空中写真で見る砂州及び河道内植生の 繁茂状況の変遷

(2) 掃流力からみた裸地域の維持に関する既往報告  
 既往報告<sup>1)2)</sup>から、掃流力と河原の裸地域の維持に関する関連性をとりまとめた。

1) 移動限界無次元掃流力

洪水時の無次元掃流力  $\tau_*$  と河床材料の移動限界無次元掃流力  $\tau_{*c}$  の比較で草本類の剥離や河床材料の移動を判断し、評価する。無次元掃流力は次式で算定できる。

$$\tau_* = u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R)$$

$$u_*^2 = g \cdot R \cdot I_e \doteq g \cdot Hm \cdot I_e$$

ここに、 $I_e$  : エネルギー勾配 (洪水時の水面勾配)

$R$  : 径深 (洪水時の平均水深  $Hm$  で代用する) (m)

$d_R$  : 平均粒径あるいは代表粒径 (60%通過粒径) (m)

$s$  : 水中比重 ( $\doteq 1.65$ )

$g$  : 重力加速度 ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

【地覆状態別の移動限界掃流力】

地覆状態	裸地	草本域
無次元掃流力 $\tau_{*c}$	0.06	0.1

2) 裸地の河原域での評価指標

- ・  $\tau_* \geq \tau_{*c}$  → 砂礫が移動する
- ・  $\tau_* < \tau_{*c}$  → 砂礫が移動しない

3) 草本域での評価指標

- ・  $\tau_* \geq \tau_{*c}$  → 草本が剥離し、砂礫が移動する
- ・  $\tau_* < \tau_{*c}$  → 草本が剥離せず砂礫が移動しない

既往調査<sup>1)2)</sup>により、「裸地域が維持されるためには、2～3年に1回程度は裸地部分が攪乱される状況にある必要がある」と報告されている。そのため、年超過確率1/2～1/3に相当する平均年最大流量流下時の無次元掃流力  $\tau_*$  が0.06以上となる範囲において河原が維持されるものと考えられる。

(3) 猪名川における河原再生にむけた仮説

年最大流量と航空写真から見られる砂州の有無および河道内植生の繁茂状況の比較と既往研究による無次元掃流力と裸地域の形成から、次の猪名川における河原再生に向けた仮説を設定した。

<猪名川河原再生に向けた仮説>

- 400～500m<sup>3</sup>/s以上の流量流下時における水理諸量をもって植生が消失し、河原が現れる。
- 平均年最大流量流下時の無次元掃流力  $\tau_*$  が0.06以上となる範囲において河原が維持される。

3-2 試験施工の目的

猪名川における河原形成のメカニズムや目標とすべき水理諸元等を明確にし、猪名川において河原が維持(植生の侵入を防ぐ)される物理的条件を検証することを目的とし、試験施工を行うこととした。

試験施工は、前述の仮説の数値を目安として、出水時における河原の動態をモニタリングすることができるような横断面とする。そして、モニタリングにより得られたデータを用い、猪名川の河原環境の再生計画詳細検討の設定値を得ることとする。併せて、断面形状の変更による河原植生の遷移も把握することとした。

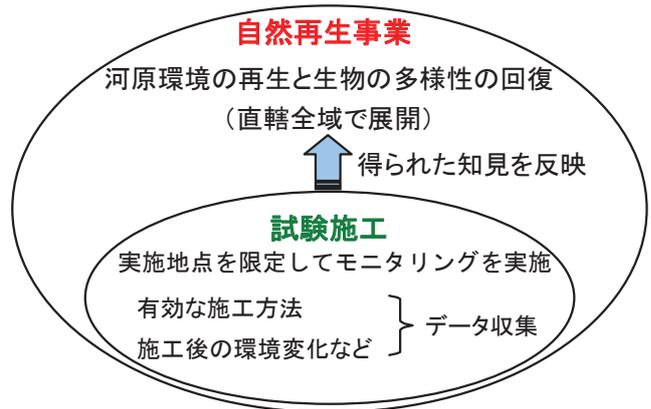


図-4 試験施工の目的

3-3 試験施工の手順

猪名川における河原再生試験施工の検討の流れは、次のように設定した。

Step 1 河原が維持される物理的条件の検証

○断面形状の変更による土砂動態の把握、河原が維持される無次元掃流力の検証

土砂供給量が少ないという猪名川の河川特性のもとで、現在の猪名川がもつ土砂収支のバランスによって河原が維持される物理的条件について検証するため、活発な土砂移動が期待できるように横断面形状を変更し、土砂の動態をモニタリングする。モニタリングは、出水による土砂の流出・堆積が把握できるよう実施する。

併せて、現状の猪名川の流れにおいて植生の侵入を防ぎ、河原が維持されるために必要な無次元掃流力  $\tau_*$  を検証する。

次年度以降は、初年度のモニタリング結果を踏まえ、必要に応じて置き土砂等も検討する。

#### ○断面形状の変更による河原植生のモニタリング

試験施工の横断形状において、冠水頻度や冠水高さ、水分条件等の物理環境と植生の遷移の関係についてモニタリングを行う。その際、外来種の侵入状況にも着目する。(アレチウリ・セイタカアワダチソウ等)

#### ○植生が密生した場合の砂州の生長の把握

植生が侵入し密生した砂州について浮遊砂等の捕捉状況をモニタリングし、砂州の陸域化の過程を把握する。

### Step 2

### 河原再生計画の具体化

Step 1より得られる以下の結果を踏まえて、猪名川の洪水営力において河原を維持することができる断面形状について検討する。

- ・断面形状の変更時の土砂動態
- ・河原が維持される無次元掃流力
- ・断面形状の変更による河原植生のモニタリング
- ・植生が密生した場合の砂州の生長の把握

## 4. 試験施工の実施

### 4-1 試験施工実施箇所の選定

今回の試験施工は、断面形状の変更によって河原が維持される物理的条件を検証することを目標としている。このため、試験施工実施箇所は、無次元掃流力  $\tau_*$  および冠水頻度のモニタリングが容易な箇所とし

て、より活発な土砂移動が期待できる場所が望ましいと考え、航空写真や掃流力分布の計算結果から、高い掃流力が期待できる6.4k～7.2k地点において今回の試験施工を実施することとした。

そして、河道がより直線的な6.6k～6.8k区間を試験施工モニタリング区間として設定した。

なお、試験施工モニタリング区間に樹木等が影響を与えぬよう、上流部については、表土はぎ及びヤナギ等の木本類の伐採を行った。(図-5参照)

### 4-2 断面形状の設定

試験施工モニタリング区間内の定期測量断面である6.6K断面と6.8K断面において、横断形状の設定を行った。計画断面としては、現況の河積を阻害しない形状(現況流下能力を確保)、かつ、多様な無次元掃流力  $\tau_*$  および冠水頻度が創出される計画断面とすることとした。

#### (1) 横断形状の検討

横断形状については、横断面の法面を階段状に切り上げる方法と、一様の緩傾斜勾配の2つのパターンが考えられる。緩傾斜の断面の場合、連続的なデータが得られるのに対し、階段状の断面の場合は、単一の条件(同じ比高)のある一定以上の面積で植物遷移のモニタリング結果を分析することができることから、本試験施工では、階段状の断面を選択することとした。

#### (2) 計画断面の諸条件

##### ○ステップの高さ

・ステップ高さについては、既往の調査結果(表-1)において整理されている「平水位+50cm毎の比高に応じて成立する群落」と比較検証するため、50cmピッチとした。



図-5 試験施工実施区間

表-1 平水位からの比高に成立した植物群落

比高	春季調査	夏季調査	秋季調査	備考
+0.5m	—	—	—	21日水位
+1.0m	ヤキ <sup>レ</sup> タテ <sup>レ</sup> 群落 チコ <sup>レ</sup> ス <sup>レ</sup> ノヒ <sup>レ</sup> 群落	ヤキ <sup>レ</sup> タテ <sup>レ</sup> 群落 チコ <sup>レ</sup> ス <sup>レ</sup> ノヒ <sup>レ</sup> 群落	ヤキ <sup>レ</sup> タテ <sup>レ</sup> 群落	9日水位
+1.5m	カサヨシ群落	ケリタリ群落	—	7日水位
+2.0m	ネズミホムキ <sup>レ</sup> 群落 ヒルカ <sup>レ</sup> オ群落	ヨモギ <sup>レ</sup> 群落 アレチリ群落 ツルヨシ群落 ホギ <sup>レ</sup> 群落	—	5日水位
+2.5m	ツルヨシ群落 ホギ <sup>レ</sup> 群落 ネズミホムキ <sup>レ</sup> —ヨモギ <sup>レ</sup> 群落 ノイハラ群落	ヨモギ <sup>レ</sup> 群落 セイバンモロコシ群落 アレチリ群落 カナムグラ群落 アレチリ—クス <sup>レ</sup> 群落	セイバンモロコシ群落 ツルヨシ群落	4日水位
+3.0m	イト <sup>レ</sup> リ群落 ネズミホムキ <sup>レ</sup> —ヨモギ <sup>レ</sup> 群落 セイバンモロコシ—ヨモギ <sup>レ</sup> 群落	セイタカヨシ群落	コセンソク <sup>レ</sup> 群落 ヨモギ <sup>レ</sup> 群落 ノイハラ群落	年1回程度の冠水頻度に相当
+3.5m	イト <sup>レ</sup> リ群落 セイタカアワダチ <sup>レ</sup> 群落 アレチリ群落 ヒルカ <sup>レ</sup> オ—セイタカアワダチ <sup>レ</sup> 群落	セイタカヨシ群落 イト <sup>レ</sup> リ群落 セイタカアワダチ <sup>レ</sup> 群落 セイバンモロコシ群落 アレチリ群落	セイタカヨシ群落 イト <sup>レ</sup> リ群落 オウソク <sup>レ</sup> 群落 セイタカアワダチ <sup>レ</sup> 群落 ノイハラ群落	

(出典) 平成16年度猪名川河川整備計画他検討業務報告書—河川環境整備に関する検討編 (7.0K地点, H16年調査)

・ステップの最上段と最下段については、既往調査報告をもとに設定した。

最上段：平成16年10月洪水により裸地化が確認された平水位+2.0m程度までをモニタリング範囲の目安とした。

最下段：平水位+50cmは自然裸地が形成されているが、平水位から+50cm間における河原の動態もモニタリングするため、平水位+50cm以下に最初のステップを設定した。なお、平水位+30cmは仮締切工が不要となるレベルであることも考慮した。

○ステップの幅

・植生の遷移をモニタリングするためには、ステップの幅が広いほうが望ましい。しかし、河川区域内であり、地形条件の制約を受けるため、本試験施工では、重機等の施工性を考慮した5.0m以上とした。

○ステップ間の法勾配

・一般的に用いられる多自然型護岸の法勾配が、1:3.0~1:5.0程度であることから、最も緩傾斜である1:5.0を用いることとした。

○表土はぎ

・表土にはついては、外来種を含め様々な種子や地下茎が含まれるため、試験施工区全域において20cmの表土はぎを実施した。(図-6)

地盤高 10.16m

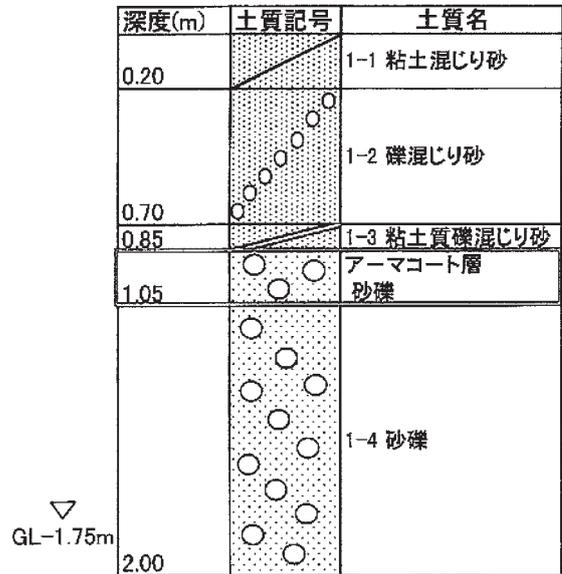


図-6 河床材料調査結果

以上、断面形状の設定にあたっての基本方針をまとめる。

＜試験施工横断形状の基本方針＞

現況流下能力を確保した横断形状において、多様な $\tau_*$ および冠水頻度を創出できる計画断面とする。

- 階段状の断面とし、異なる $\tau_*$ 、冠水頻度に応じた面的なデータを取得。
- ステップ最上段の平水位+2.0m以下を目安としたモニタリング範囲を設定。
- 平水位+0.3m未満を0ステップ(裸地域)として存置。
- 平水位+0.3mを1ステップとし、0.5mピッチで階段状にステップを施工。
- ステップ幅は5.0m以上。
- ステップ間の法勾配は1:5.0。
- 切り下げ地とその隣接部については、20cm程度の表土はぎを行なう。

(3) 計画断面の決定

計画断面の諸条件を踏まえ、平均年最大流量時に仮説が検証できるよう計画断面を決定した。流量規模毎の各ステップ(①~④および低水路表土はぎ部)の無次元掃流力 $\tau_*$ を図-7、8に、また設定した断面形状(6.6k)を図-9に示す。(設定した断面におけるH10~H14の各ステップ冠水頻度を表-2に示す)

(計算条件) 無次元掃流力の算出

- ・水位およびエネルギー勾配(Ie):  
準二次元不等流計算により算出
- ・径深(R):  
洪水時の平均水深Hmで代用する  
(Hm=Ieより算出された水位-ステップ高)
- ・代表粒径(dR):  
各ステップ一様に35mm(河道計画資料より)

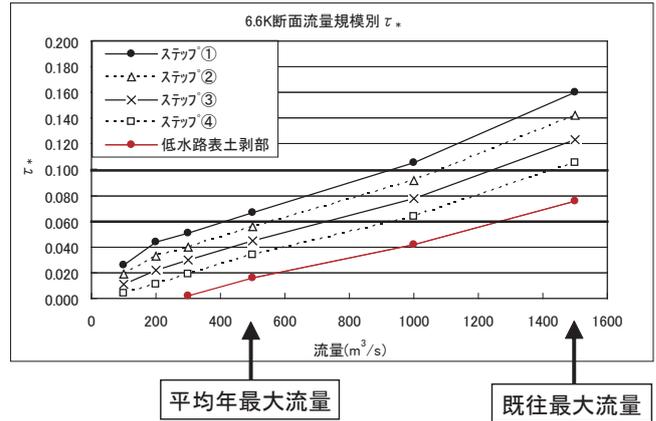


図-7 6.6K断面流量規模別 $\tau_*$

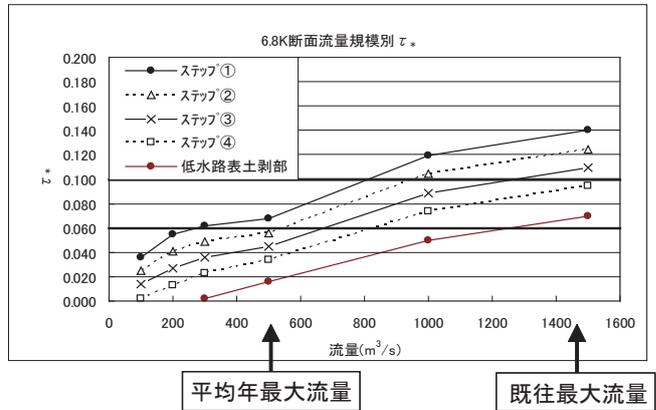


図-8 6.8K断面流量規模別 $\tau_*$

表-2 試験施工断面での冠水頻度(参考)

断面	ステップ面	冠水頻度
6.6K	①	60日冠水
	②	12日冠水
	③	3日冠水
	④	1日冠水
6.8K	①	72日冠水
	②	17日冠水
	③	7日冠水
	④	2日冠水

過去5ヵ年(H10~H14)流量観測値より算出

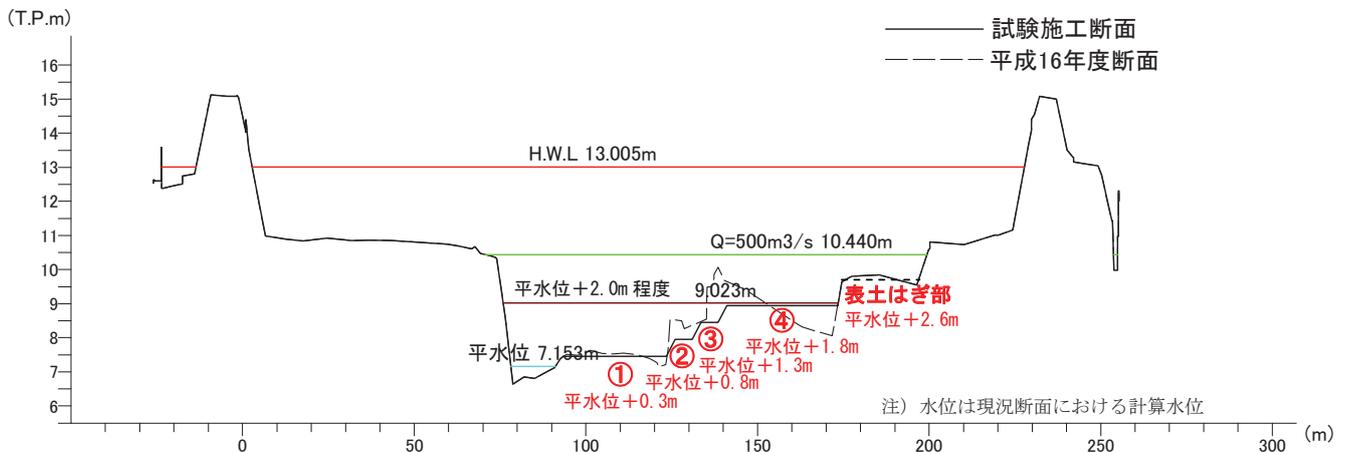


図-9 試験施工計画横断面図(6.6K)

### 5. 試験施工のモニタリング

本試験施工では、設定された仮説についてモニタリングを通じて検証し、河原再生整備計画を策定するために必要とされる知見や物理的条件を把握することを目的としている。表-3にモニタリング項目と仮説検証の関係を示す。

### 6. 今後の予定

試験地の施工が平成19年3月に完了し、試験地は同年9月現在、草本類に覆い尽くされている。モニタリングについては、春季より実施され、植生の遷移と物理環境との関係の検証データを蓄積している。今後、出水があれば河原が形成される横断形状の検証データを蓄積し、今後の河原再生計画そして猪名川水系自然再生計画に反映していく予定である。

### 7. おわりに

最後になりましたが、本研究は国土交通省近畿地方整備局猪名川河川事務所の平成18年度河原再生検討業務において検討した結果をとりまとめたものです。本検討の遂行にあたり、「猪名川環境委員会」の各委員、そして国土交通省猪名川河川国道事務所各位にご指導及びご助言をいただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。

#### <参考文献>

- 1) 瀬崎, 服部, 近藤, 徳田, 藤田, 吉田: 礫上草本植生の流出機構に関する現地観測と考察, 水工学論文集, 第44巻, pp.825-830, 2000.
- 2) 服部, 瀬崎, 伊藤, 末次: 河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元-多摩川永田地区を事例として-, 河川技術論文集, 第9巻, pp.85-90, 2003.

表-3 試験施工におけるモニタリング内容

目的	検証する項目	モニタリングの視点	調査項目	検証方法	再生計画への反映	
① 河原が形成される横断形状の検証	河原が形成される最適な水理諸量が存在する。 ・無次元掃流力 $\tau_* \geq \tau_{*c}$	河床に攪乱をもたらす水理諸量の把握	流況調査	・出水後、自然裸地が形成されている横断面の水理条件を把握する。 ・試験区の各ステップの無次元掃流力 $\tau_*$ を算出し、出水後に自然裸地を形成しているステップ(河床の攪乱をもたらした)の $\tau_*$ の最小値を把握する。	河原を維持する最適な水理諸量を把握し、河原再生計画の目標値とする。 例)「猪名川の河原は、無次元掃流力 $\tau_* > \blacklozenge$ において維持される」 例)「猪名川は、川幅水深比 $B/H > \blacksquare$ において砂州が形成される」	
			河床材料調査			
	河原が形成される最適な断面形状が存在する。	河道形状の変化の把握	物理環境調査	断面図	出水前後の地形測量により、河道形状の変化を記録し、出水の規模等に関連した河原の動態を把握する。	河原を維持するための最適な横断形状を把握し、河原再生計画立案の参考とする。
				定点観測による景観	出水前後の写真の比較(定点観測)により、試験区全体の河道形状の変化や自然裸地等を把握する。	-
河床変動調査				出水前後の河道形状調査(断面図)・河床材料調査と併せて、河床の変動量を測定し、把握する。	洪水(外力)と河道(河原)の遷移の関係を把握する。また、河原を維持するために必要な土砂供給量を把握する。以上より、最適な断面形状の参考値とする。 (総合土砂管理と連携する)	
② 植生の遷移と物理環境の関係の検証	物理環境により植生分布は変化する。 ・冠水高さや冠水頻度 ・河床粒径 ・水分条件など	河原性植物や外来植物の遷移過程の把握	生物調査	植生図作成調査	定期的な植生図の比較により、施工後の河原性植物群落や優占種群落等の遷移の変化を把握する。	河原植物が生育する物理環境(冠水頻度や河床材料等)を把握し、猪名川において望ましい植生管理を行うための参考値とする。 例)「猪名川の河原植物 $\bullet$ $\bullet$ $\bullet$ は、 $\blacktriangle$ 日間の冠水を好ましい生育環境とする」
				植物相調査	定期的なフローラリストの比較により、施工後に侵入する植物種の遷移の変化を把握する。	
				植生横断調査	試験施工区間に横断基線を設け、横断基線上に設置したコドラートの群落組成データに基づき、冠水頻度に応じた植生分布を把握する。	
		物理環境調査	流況調査	年間を通じた試験区の水位を把握することにより、冠水頻度をはじめとした流況を確認する。		
			河床材料調査	含水比試験	生息基盤としての水分量を把握することにより、植物の生育との関連性を確認する。	
			粒度組成試験	生息基盤としての砂礫構造を把握することにより、植物の生育との関連性を確認する。		