

# チスジノリがよみがえる川づくり（兵庫県安室川）－第4報－

River improvement to restore *Thorea okadae* habitats: Yasumuro River experience  
-The 4th report-

研究第一部 主任研究員 瀧 健太郎  
研究第一部 部長 渡部 秀之  
研究第三部 部長 坂之井和之  
研究第一部 主任研究員 遠井 文大  
八千代エンジニアリング株式会社 関 基  
株式会社環境総合テクノス 杉野 伸義

兵庫県上郡町を流れる二級河川安室川では、多目的ダムや農業用井堰群の建設、河道拡幅などの影響により、希少藻類であるチスジノリ (*Thorea okadae*) に代表される河川環境の劣化が進んでいる。兵庫県西播磨県民局では、安室川の河川環境の再生を目指し、平成16年11月にチスジノリを再生のシンボルとした「安室川自然再生計画」を策定し、現在本計画に基づき、地域と協働しながらさまざまな施策を展開している。

平成17年度には、農業用井堰の連続転倒によるフラッシュ放流や人力による河床攪乱（通称「川を耕す」施策）を実験的に実施してその効果を確認できたため、これらを継続的に実施することを決定している。

本稿では、安室川自然再生計画に基づき、平成18年度に実施した以下の調査・検討、試験施工の概要を報告する。平成18年度の研究では、流水によるツルヨシ等の高茎草本類の倒伏過程を考慮した平面二次元非定常流解析モデルを構築し、平常時・洪水時の水理諸量（水深・流速・植生抵抗・河床抵抗等）を面的に再現することを試みた。さらに、構築した数値解析モデルによる計算結果を用いて、良好な河川環境が持続する河道形状を設定し試験施工を実施した。

**キーワード：自然再生、チスジノリ、高茎草本類の倒伏過程、平面二次元非定常流解析、試験施工**

In the Yasumuro River, a Class B river running in the town of Kamigori in Hyogo Prefecture, the habitats of riverine species including *Thorea okadae* (*chisujinori* in Japanese), a rare algal species, are deteriorating because of such river works as the construction of multipurpose dams and agricultural weirs and channel widening. In order to restore the river environment of the Yasumuro River, in November, 2004, the Nishiharima Residents Bureau of the Hyogo Prefectural Government formulated the Yasumuro River Restoration Plan featuring *Thorea okadae* as a symbol of restoration and has been implementing various measures according to the plan in cooperation with the local community.

In 2005, flush releases of water by consecutive operation of agricultural weirs and streambed disturbance (a measure popularly called "plowing a river") were carried out experimentally. Because the effectiveness of these measures was verified, it has been decided to carry them out on a continual basis.

This paper briefly reports on the following surveys and studies and test construction conducted in fiscal 2006 according to the Yasumuro River Restoration Plan. In the 2006 study, a two-dimensional unsteady flow analysis model taking into consideration the lodging process of tall herbaceous plants due to the force of flowing water was constructed to reproduce the hydraulic quantities (e.g., water depth, flow velocity, vegetation resistance, bed resistance) in normal times and in times of flood two-dimensionally. Also, river channel shapes for keeping the river environment in a good condition were determined by using the calculation results obtained from the newly constructed numerical analysis model.

**Key words : nature restoration, *Thorea okadae*, lodging process of tall herbaceous plants, horizontal two-dimensional unsteady flow analysis, test construction**

## 1. 研究の背景

### 1-1 安室川の特徴

安室川は、兵庫県南部の最西端にある赤穂郡上郡町に位置し、千種川へ合流する流域面積65km<sup>2</sup>、流路延長17kmの2級河川である。流域の年間降水量は1260mmである（アメダス上郡1982 - 2001年平均）。

上流部（安室ダム～既設堰群）は、1/100～1/400の河床勾配で上流山間部の様相を呈している。また安室ダム（洪水調節容量は1,800,000m<sup>3</sup>、利水容量は2,300,000m<sup>3</sup>、ダム地点における計画高水流量100m<sup>3</sup>/sのうち15m<sup>3</sup>/s（最大25m<sup>3</sup>/s）を放流）や堰群による連続した湛水域が形成されている。下流部（有明橋～千種川合流点）は、1/400～1/600の河床勾配で河川沿いに低平地が分布する。この区間に堰はなく、チスジノリ（*Thorea okadae*）などの希少藻類が確認されている。

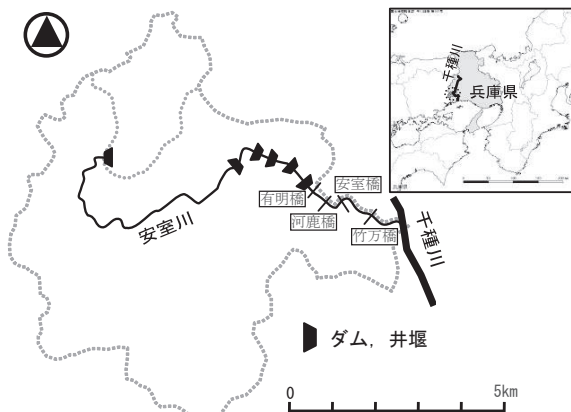


図-1 安室川位置図

### 1-2 チスジノリ (*Thorea okadae*)

チスジノリ (*Thorea okadae*) は、日本固有の淡水産紅藻類で、環境省RDBで絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。淡水産の紅藻類は少なく、世界でも100～200種程度と推定されており、多くは進化の早い時期に淡水に進出し、独自に進化を遂げたと考えられている。安室川では、1960年代から「珍しい藻」として地元で知られ、1991年11月にチスジノリとして生物学的に同定された<sup>1)</sup>。チスジノリは雌雄異株で、大型の配偶体（写真-1左）、受精後接合子上に発達する果孢子体、シャントランシア期の小型の胞子体（以下シャントランシア体（写真-1右）という）の3つの世代が交代する。有性世代である配偶体は秋から春にかけて出現するが、無性世代であるシャントランシア体は周年で生育する<sup>2)</sup>。

安室川のチスジノリは、水温が年間を通じて安定している湧水付近、ある程度深い場所や日陰など日光が届きにくい場所、ある程度流れが速い場所などの河床

礫（10cm～20cm）に付着することが多い。このような環境は、競合関係にある藻類の一次生産を抑制する条件と言える<sup>3)4)</sup>。



写真-1 配偶体（左）とシャントランシア体（右）

### 1-3 河川環境の劣化

安室川では、営農形態の変化、土地利用の高度化等に対応するため、1980年代前後に、河道拡幅、多目的ダム建設、農業用井堰の改築等の水害対策と水資源開発が進められた。その結果、安室川の河川環境は大きく改変され、瀬・淵、たまり、湧水の減少、砂州の陸域化、陸生の侵略的外来植物（セイタカアワダチソウなど）の侵入などが進んだ。このような中、チスジノリは1995年3月以降確認されなくなり、安室川では絶滅したと認識されていた<sup>5)</sup>。2004年1月に再確認されて以来、生育が確認されているものの生育数は不安定で、絶滅する危惧は払拭できていない。

### 1-4 安室川自然再生計画

このような中、安室川を管理する兵庫県西播磨県民局は、平成14年度に安室川自然再生検討会（事務局：財団法人リバーフロント整備センター）を設置し、劣化が進行する安室川の河川環境の改善方策について諮問、平成16年11月に貴重藻類チスジノリを再生のシンボルとした「安室川自然再生計画」を策定した<sup>6)</sup>。現在、本計画に基づき様々な施策が展開されており、平成17年度には農業用井堰群の連続転倒によるフラッシュ放流や人力による河床攪乱（通称「川を耕す」施策）を実験的に実施して効果を検証し、継続的に実施することを決定した<sup>7)</sup>。平成18年度には、河道形状を修正し劣化した河川環境を修復するための調査・検討、試験施工を実施しており、以下にその概要を述べる。

## 2. 河川環境の再生条件

### 2-1 目標設定

本研究では、河道形状の修正にあたり、河川環境が劣化する以前（昭和40年代）の状態を参考に、安室川の持つ営力（ダイナミズム）によって、以下の①及び②の状態が、持続的に更新・維持されることを目標とした。

①瀬・淵、たまり、湧水がある状態



②砂州の陸域化及び外来植物の侵入がない状態

ここでは、自然のリズムに合わせて川の形状は時々刻々と変化し続けるものの、一つの現象が不可逆的に進行しない状態(動的平衡状態)を目指すこととした。

また、河川環境の再生を試みる区間として、砂州の陸域化、侵略的外来植物の侵入、流路の固定化等が顕著に進行している中流域の約750m(河鹿橋～安室橋：千種川合流点から約3.0km)を選定した。

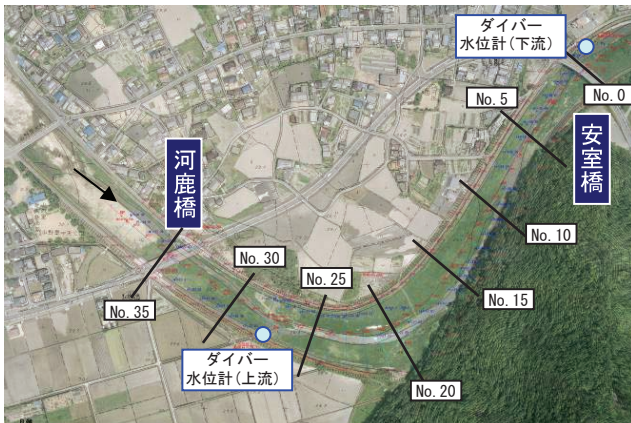


図-2 研究対象区間(河鹿橋～安室橋)

2-2 平面二次元非定常流解析モデルの構築

(1) 解析モデルの構成

今回、再生を検討する瀬・淵、たまり、湧水、植生は、河道内で面的な広がりを持ち、さらに時々刻々と遷移する。この遷移に影響を与える水深、流速、掃流力(摩擦速度)などの水理諸量は、平面二次元非定常流解析を用いて面的に評価することとした。

ところで、瀬・淵、たまりなどの遷移を支配する流量(卓越した影響を与える流量)は、高水計画で与えられるような大きな流量ではなく、平常時の流量から平均年最大流量程度である可能性が高い。この程度の流量では、河道内に生育する高茎草本類などの植生抵抗が流れに大きく影響する。すなわち、植生倒伏の過程に応じた植生抵抗の変化を適切に評価することが、現象をより正確に表現するポイントとなる。そのため本研究では、植生群落ごとに倒伏過程とその過程での植生抵抗の変化について、服部ら<sup>8)</sup>により提案された透過係数を用いて表現する手法を応用することとした。本研究で用いた平面二次元非定常流解析モデルの基礎式を以下に示す。

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial \xi} + v \frac{\partial u}{\partial \eta} \\ &= -g \frac{\partial H}{\partial \xi} - \frac{gn^2}{h^{3/4}} u \sqrt{(u^2 + v^2)} \\ &+ 2 \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial \xi} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) - \frac{g}{k^2} u \sqrt{u^2 + v^2} \end{aligned} \quad \dots\dots (1)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial \xi} + v \frac{\partial v}{\partial \eta} \\ &= -g \frac{\partial H}{\partial \eta} - \frac{gn^2}{h^{3/4}} v \sqrt{(u^2 + v^2)} \end{aligned} \quad \dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} & + \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial \xi} \right) + 2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial \eta} \right) - \frac{g}{k^2} v \sqrt{u^2 + v^2} \\ & \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial (uh)}{\partial \xi} + \frac{\partial (vh)}{\partial \eta} = 0 \end{aligned} \quad \dots\dots (3)$$

$$k = \left( \frac{g \cdot \rho \cdot (u^2 + v^2)}{N \cdot F_D} \right)^{0.5} \quad \dots\dots (4)$$

$$\begin{aligned} F_D = & \frac{1}{2} \rho \left( C_D + C_{DL} \frac{A_l}{2ld} \right) d (u^2 + v^2) \cos^2 \theta \\ & + \frac{1}{2} \rho \cdot C_{SL} \frac{A_l (u^2 + v^2)}{l \cos \theta} \end{aligned} \quad \dots\dots (5)$$

- ξ : 流下方向座標軸、η : 横断方向座標軸
- u : 流下方向の水深平均流速 (m/s)
- v : 横断方向の水深平均流速 (m/s)
- t : 計算時間 (s)、h : 水深 (m)、H : 水位 (m)
- g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)、ε : 水平渦動粘性係数 (=0.3hu\*)
- k : 透過係数、ρ : 水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- N : 単位面積あたりの本数 (本/m<sup>2</sup>)
- Al : 一本あたりの葉の総面積 (m<sup>2</sup>/本)
- l : 茎の長さ(m)、d : 茎の直径 (m)、θ : 倒伏角度
- Cd : 茎の抗力係数、C<sub>dl</sub> : 葉の抗力係数
- C<sub>sl</sub> : 葉の摩擦抵抗係数

**【河道断面】** 縦横断測量(平成18年6月実施)により20m間隔で与えた。変曲点は測量断面を追加した。

**【メッシュ分割】** 流路・砂州を明確に区分、流路の広狭、こまかな蛇行を実態にあわせて表現できるように一般座標系とした(図-3)。流路内の横断方向のメッシュ数は固定し縦横断方向ともに2m間隔とし、また、砂州上は縦断方向2m、横断方向に0.1m～4m程度で分割した。測量断面間に存在するメッシュには、測量結果を線形補間して地盤高を与えた。



図-3 メッシュ分割

**【植生抵抗】①植生分類** 現地調査の結果、対象区間にはいくつかの群落構成が確認されたものの、ツルヨシが優先（9割程度）していた。そのため、透過係数を設定するための適用区分は、主としてツルヨシの生育状態に着目して、ツルヨシ（疎）とツルヨシ（密）の2群落に分類することとした。疎密の判断は被度が50%以上を密、50%以下を疎とした。また、ツルヨシが疎な状態でも、カナムグラのようなツル性草本と混成する場合には倒伏しにくくなるため、ツルヨシ（密）と同様に扱うこととした。さらに、セイタカアワダチソウやヨモギは、ツルヨシと同様に流れに対して強い抵抗を持つと考えられることから、これもツルヨシ（密）と同様に扱うこととした。

表-1 高茎草本群落と透過係数の適用区分

構成	適用区分
ツルヨシ単独で疎生	ツルヨシ(疎)
ツルヨシ単独で密生	
ツルヨシ(疎)+カナムグラ	
ツルヨシ(疎)+セイタカアワダチソウ	ツルヨシ(密)
セイタカアワダチソウ+カナムグラ	
ヨモギ+カナムグラ	

**②透過係数** パラメタとして表-2に示す値を採用し、透過係数を決定した。ツルヨシの茎の長さ、茎の直径、単位面積あたりの本数、1本あたりの葉の面積（葉の枚数×平均的な葉の面積）は、現地調査結果から平均的な値を算定し設定した。葉の抗力係数、茎の抗力係数、葉の摩擦抵抗係数は、実験結果に基づき服部ら<sup>8)</sup>によって提案された値を採用した。

表-2 透過係数の算定パラメタ

		適用区分	
		ツルヨシ(密)	ツルヨシ(疎)
茎の長さ (m)	$l$	群落ごとに設定	
茎の直径 (m)	$d$	0.006	0.006
単位面積あたり本数 (本/m <sup>2</sup> )	$N$	95	50
1本あたりの葉の総面積 (m <sup>2</sup> /本)	$A_l$	0.096	0.070
茎の抗力係数	$C_d$	1.000	
葉の抗力係数	$C_{dL}$	0.095	
葉の摩擦抵抗係数	$C_{SL}$	0.015	

**③倒伏条件** 一般的な河道計画に用いる既存マニュアル<sup>11)</sup>から、摩擦速度に応じて直立状態・たわみ状態・倒伏状態に区分した(表-3)。

表-3 摩擦速度と植生倒伏との関係

状態	摩擦速度 $u^*$ の範囲 (cm/s)
直立状態	$u^* \leq 12$
たわみ状態	$12 < u^* \leq 22$
倒伏状態	$22 < u^*$

**④倒伏角度** 出水10日後の現地調査では、倒伏高は茎長の概ね20%であったことから、たわみ状態での倒伏角度  $\theta$  は便宜的に以下の2次関数で与えた。

$$\theta = \left( \frac{\pi}{2} - \sin^{-1} 0.2 \right) \cdot (u^* - 0.12)^2 \dots\dots\dots (6)$$

**【河床抵抗】** 河床材料調査(平成18年6月)の結果から、一般的な河道計画マニュアル<sup>12)</sup>で示される粗度係数の推奨値を与えた。

表-4 粗度係数

区分	粗度係数
流路内	0.029~0.034
砂州上	0.020

(3) 解析モデルの再現性の検証

平成18年7月19日洪水波形を用いて再現計算を実施した。上流端境界条件(洪水波形)及び下流端境界条件(水位)については、フラッシュ放流実験(平成17年9月)の波形を再現するために構築した準二次元非定常流解析モデル<sup>13)</sup>の計算値を用いた。なお、計算にあたり、平成18年6月に実施した縦横断測量の結果及び河床材料の調査結果(粗度係数)はモデルに反映させた。

このモデルでの計算値と実測値(ダイバー水位計:図-2)とを比較した結果を図-4に示す。ここから、計算値と実測値とが良く適合していることが分かる。

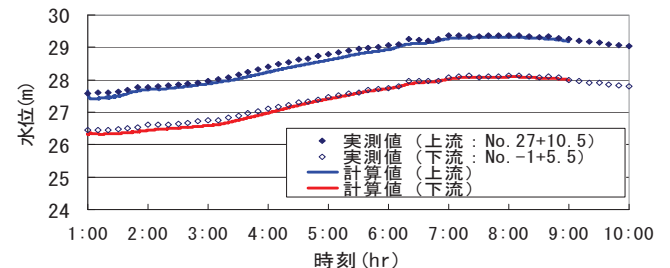


図-4 再現計算の結果

2-3 河道設計に用いる基準値の設定

(1) 砂州形成、瀬・淵の維持条件

中規模河床波に関する既往研究<sup>14) 15) 16)</sup>によると、上流側から適度な土砂供給がある状態(動的平衡状態)にあれば、平均年最大流量時の川幅水深比  $B/HL$  が10



～30を超え、かつ無次元掃流力 $\tau_*$ が0.06～0.10を超えると、直線河道においても交互砂州等の中規模河床波が形成されること、さらに数年に一度の洪水で主要な河床材料が掃流され、砂州が下流側へ移動しながら維持されることが示されている。交互砂州などの中規模河床波が形成されることによって、いわゆる瀬・淵が形成されると考えられるため、本研究では、以下に示す交互砂州の形成・維持条件を基準値とした。

$$B/HL > 10 \text{ かつ } \tau_* > 0.06$$

なお本研究では、竹万水位観測局（竹万橋下流：千種川合流点より約1.7km付近）の日水位データ（平成3年から平成17年までの15年間）から、安室川の平均年最大流量を $80\text{m}^3/\text{s}$ と推定している。

## (2) 水辺植生の維持条件

平成16年度調査結果（図-5）から、安室川では平水位+1.0m以上でセイタカアワダチソウが侵入していることが分かる。セイタカアワダチソウは、比較的乾燥した陸地に生育する侵略的外来植物で、安室川固有の生物相に悪影響を及ぼす可能性が高い。また、速い流れの水辺に生育するツルヨシは平水位+1.0m以下に分布し、緩やかな流れの水辺に生育するミゾソバやヤナギタデなどの群落は平水位+0.5m以下で確認できる。緩やかな流れの水辺周辺には、タコノアシ、カワジシャ、ゴキヅルなどの希少植物も確認できる。そこで、良好な植生群の成立条件を以下のように設定した。

- ・セイタカアワダチソウの再侵入を防ぐため、根・地下茎を含めて駆除し、砂州高をできるだけ長く平水位+1.0m以下に抑えるため0.3m程度余裕をみて、計画砂州高を平水位+0.7m以下とする。
- ・緩やかな流れの水辺に生育する植物を再生するため流れが緩くなる箇所では、計画砂州高を平水位+0.5m以下とする。

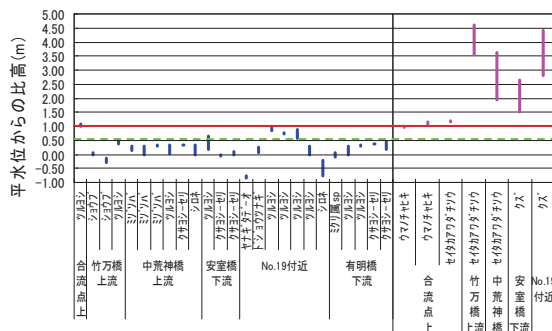


図-5 地盤高と植生分布の関係（平成16年度調査）

## (3) 治水安全度の条件

対象区間では、砂州の陸域化が不可逆的に進行しているため、部分的に流下能力が不足していた。安室川は改修済みであり、計画高水流量 $470\text{m}^3/\text{s}$ を安全に流

下させるための河道断面の確保は河川管理の前提である。したがって、流下能力の不足する部分については、流下能力が確保されるように砂州高の上限を与えた。

## 3. 河道設計と試験施工の実施

### 3-1 試験施工の概要

以下に、2-3で設定した基準値を用いて、2-1で述べた目標とする河川環境（①瀬・淵、たまり、湧水がある状態、②砂州の陸域化及び外来植物の侵入がない状態）を実現するための河道設計及びその結果に基づいた試験施工を実施した。図-6に試験施工の位置を示す。また、それぞれの河道計画の具体的な考え方は次節以降に詳述する。



図-6 試験施工位置図

### 3-2 現況流路の改変～瀬・淵の再生～

河道形状の修正によって、砂州形成、瀬・淵の維持条件を満足するかどうか、いくつかの修正パターンに関して準二次元非定常流解析により検証した。解析には、平成17年度に実施したフラッシュ放流の波形を再現するために構築した準二次元不等流解析モデルを用いており、紙面の都合により説明は省略するが、中小河川での中小規模洪水を再現できるようこの解析モデルには工夫が施されている。

検証の結果、最下流部から全域的に改修をしない限り、砂州形成、瀬・淵の維持条件を満足できないことが判明した（表-5）。この結果について、類推される要因を以下に列挙する。

- ・改修で拡幅された川幅を改修前の川幅程度に戻すことで、洪水時の河床攪乱を促進させ、ダイナミズムの回復を図る方法が考えられるが、この方法では人為的に流下能力を低下させることになり治水計画と整合しない。
- ・現河床を掘削し幅の狭い低水路（流路）を形成することで、ダイナミズムの回復を図る方法が考えられるが、安室川には床固工や橋梁基礎が点在し、計画河床を現況より下げられない。仮に、床固工や橋

梁基礎の間を部分的に掘削しても、その間はほぼ死水域となり、摩擦速度（掃流力）の向上を大きく期待できない。

表－５ 河道修正パターンの検証結果

現況		ケース①	ケース②	
水理諸量	水面勾配	試験施工区平均値 (1/310~1/800)	1/3200 (1/420~1/20000)	1/3200 (1/1400~1/20000)
	$\tau_*$	河道全体 0.022	0.007 (-0.015)	0.016 (-0.006)
		河床部のみ 0.011	0.018 (+0.007)	0.036 (+0.025)
		砂州(左岸) 0.105	0.026 (-0.079)	0.032 (-0.073)
	B/H	35	35	33 (-2)

このように、安室川では設定した目標の達成が困難であることが判明した一方で、現況河道では良好な河道地形の遷移が見られている。平成18年の出水期を経て、平坦で単調であった河床で、交互砂州、瀬・淵が成長した（写真－2）。この遷移の理由として一般的には以下が想定される。ただし、どの理由も確実なものではなく正しく検証する必要がある。

- ・平成17年度に比べ平成18年度は、比較的大きな出水が多く発生し、河道内の攪乱頻度が増加した。
- ・対象区間の上流側（有明橋～河鹿橋）で平成18年3月に実施した砂州の切り下げ（流下能力の確保が目的）により、植生で覆われていた砂州が裸地となり、一時的に土砂移動が活発化した。
- ・河床材料の細粒化が進み、無次元掃流力 $\tau_*$ が相対的に大きくなり、河床材料が動きやすくなった。

また、平成18年10月には、対象区間の数箇所ではシャントランシア体の生育が新たに確認された。

このよう状況を踏まえ、平成19年度には現況流路の直接改変を避け、現在の良好な遷移の進行状況をモニタリングすることとした。さらに、要因分析を行ったうえで、段階的・順応的な改変方策を検討するという判断を下した。



写真－2 河道の変遷

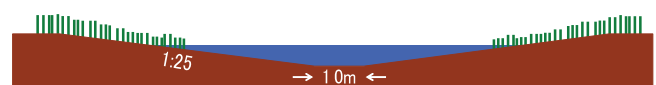
### 3－3 砂州の切り下げ①～たまりの再生～

平面二次元非定常流解析の結果から、洪水時の摩擦速度（植生抵抗+底面摩擦）が相対的に小さいNo.16～No.20左岸（湾曲部内岸側）にたまりを設置する

こととし、たまり下流部で本川に接続した。敷高はT.P.24.6m（直下流の床固工天端高）とし、床固工の背水により常時湛水する高さとした。また横断形状は、底幅を約1.0m程度確保し、法勾配は極力緩く（平均1:25）することで、緩やかな水陸移行帯を広く確保した。

また、試験施工後しばらく経過すると、周辺砂州にはツルヨシ等の高茎草本類の群落が再構成されると考えられる。そこで、周辺が高茎草本類に囲まれた場合を想定して、平面二次元非定常流解析を実施し洪水時にたまりの河床面に作用する摩擦速度を確認した。その結果、平成18年7月19日洪水時（110m<sup>3</sup>/s）では、たまりの河床面に作用する最大摩擦速度は0.06m/sとの結果が得られ、大洪水時にも攪乱されにくいことが確認できた。また、周辺の高茎草本群落が洪水時に流下する浮遊砂やウォッシュロードを捕捉し、たまりへの堆積をある程度抑制すると予測できる。このため、たまりの形状は比較的長く維持されると期待できる。

平成19年6月現在、たまりの周辺にはミゾソバ、ヤナギタデ、ツルヨシの進入が確認され、順調な経過をたどっている。



図－7 たまりの施工断面（イメージ図）



写真－3 たまりの状況（施工直後、平成19年3月）

### 3－4 砂州の切り下げ②～大型淵（湧水）の再生～

地元でのヒアリング結果をもとに、かつて湧水が豊富に湧き出していた大型淵を再現した。位置はNo.20右岸山付部付近で、形状は深さ2m、幅2m、法勾配1:3.0、延長約15mとした。また、昭和40年代にはこの大型淵は本川の一部であったとの情報が得られた。これは、昭和50年代の改修後に流路が変わり本川と分離され、土砂堆積によって消失したものと推測できる。このようなことから、大型淵を取り込むように本川流路を付け替え、かつての形態を再現することも選択肢として考えられるが、「試験施工では現況流路の改変は行なわない」との方針に従い、今回の試験施工では流路の付け替えは見送り、部分的な掘削のみとした。



ここでも、試験施工後しばらく経過すると、周辺砂州にはツルヨシ等の高茎草本類の群落が再構成されると考えられる。そこで、周辺が高茎草本類に囲まれた場合を想定して、平面二次元非定常流解析を実施し洪水時に大型淵の河床面に作用する摩擦速度を確認した。その結果、平成18年7月19日洪水時(110m<sup>3</sup>/s)では、大型淵の河床面に作用する最大摩擦速度は0.02m/sとの結果が得られ、大洪水時にも攪乱されにくいことが確認された。また、周辺の高茎草本群落が洪水時に流下する浮遊砂やウォッシュロードを捕捉し、大型淵への堆積をある程度抑制すると予測できる。このため、たまりの形状が比較的長く維持されると期待できる。平成19年6月現在、大型淵からの湧水が確認され、順調な経過をたどっている。

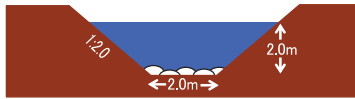


図-8 大型淵の施工断面(イメージ図)



写真-4 大型淵(施行前・施工直後)

### 3-5 砂州の切り下げ③～外来植物進入抑制～

砂州の陸域化及び外来植物の侵入がない状態を再生するために、以下の条件で対象区間全域での砂州の切り下げ断面を設定した。

- ・計画高水流量470m<sup>3</sup>/sが流下できる河積(河道断面)を確保する。
- ・侵略的外来植物の再侵入防止のため砂州高を平水位+0.7m以下とする(図-9上)。
- ・平均年最大流量程度の出水(攪乱)で流路が暴れない(付け変わらない)よう、砂州の切り下げ前後で、摩擦速度の増減を±15%以下に抑える(図-9下)。

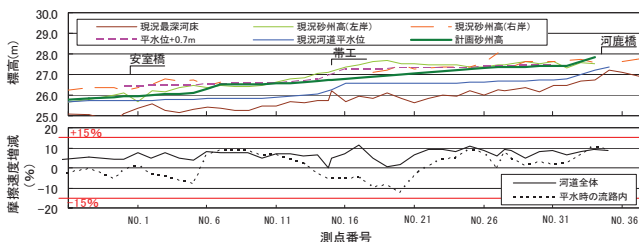


図-9 砂州の切り下げ高と摩擦速度の変化

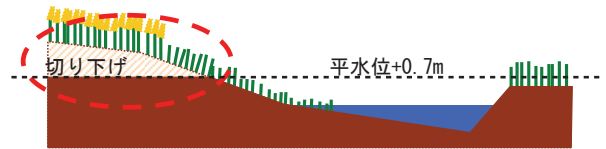


図-10 砂州切り下げ施工断面(イメージ図)



写真-5 砂州切り下げ(施工前・施工直後)

## 4. 今後の課題

### 4-1 モニタリングとフィードバック

今後は、安室川で進行する遷移をモニタリングし、これが良好な場合にはその要因を解明して、これ以降の本格施工にフィードバックする必要がある。今回構築した高茎草本類の倒伏過程を考慮した平面二次元非定常流解析モデルをさらに移動床計算に対応できるモデルに改良し、要因分析に活用することが有効であると考えられる。このモデルにより中小河川の砂州の成長過程や、植生進入による陸域化過程といった河道形状の変遷を再現できれば、今回生じた遷移の要因を特定し、本格施工に向けた計画(管理)基準値を定められると考えられる。

### 4-2 自然再生を目的とする工事の施行計画

今回の試験施工は、環境整備のための予算確保が困難な中、流下能力を確保するための土砂撤去工事として発注された。今回の自然再生メニュー全ては大小様々ながらも基本的に砂州を切り下げる内容となっており、河積を確保しようとする洪水防御との方向性が一致していた。このような場合、堆積土砂撤去等の維持管理工事を利用した自然再生が可能となる。

また、今回の試験施工は、チスジノリ生育箇所、貴重植生の生息箇所、砂州上に点在する窪地(たまり)の保護など、通常の土砂撤去工事に比べて非常に繊細な対応が必要であり、施工にかなりの手間がかかっている。今回は幸いにも施工業者の理解と努力があって、小型のバックホウを使い注意を払いながらの施工がなされたものの、綿密な施工計画はなく試行錯誤を繰り返しながらの非効率な工事であった。今後の施工に向

けては、自然再生の立場から、重機の仕様、搬入経路や掘削順などの綿密な施工計画を立案した上で、工事に取り掛かる必要があると考えられる。

## 5. おわりに

川が川をつくる力を活かした川づくりは、川に自由を返す川づくり、動的な川づくりと言える。

動的であるため、目の前にある貴重なハビタットを一時的に消失させることもある。川に自由を返すのだから、治水上は不利になることも多い。ましてや、中小河川においてこのアプローチが適用されている事例は少なく、関係者を躊躇させる。

このような状況にあって、小さな安室川では、チスジノリというシンボルを掲げながら、関係者が協働しながら、川が川をつくる力を活かした川づくりを怖々と模索し続けている。この研究が、身近な水辺の再生の一助となれば幸甚である。

## 6. 謝辞

神戸大学道奥教授、兵庫県立大学佐藤教授、浅見客員助教授、兵庫県立人と自然の博物館三橋主任研究員、兵庫県立西はりま養護学校横山教諭、上郡町立上郡中学校東山教諭をはじめとする安室川自然再生検討会の皆さまは、どのような時にも真摯に指導をしてくださいました。そして、兵庫県西播磨県民局上郡土木事務所荒柴所長、浜野河川砂防課長をはじめとするスタッフの皆さま、兵庫県河川計画課松尾主査は、あらゆる提案を力強く後押ししてくださいました。また、上郡中学校科学部の皆さまは、日頃苦勞して観測した貴重なデータを提供してくださりました。今や安室川のチスジノリ再生の中心はまさしく彼らです。

このすばらしい皆さまと安室川に心からの感謝の意を捧げます。

### <参考文献>

- 1) 瀬戸良三・右田清治・真殿克麿・熊野茂：兵庫県安室川産の淡水産紅藻チスジノリとチスジノリ属2種の日本における分布，藻類，41，pp355-357，1993
- 2) 佐藤裕司・横山正・真殿克麿・辻光浩・水野雅光・魚留卓・妹尾嘉之・杉野伸義・永野正之・三橋弘宗・浅見佳世・道奥康治・原田一二三，兵庫県上郡町・安室川における淡水産紅藻チスジノリ配偶体の出現—特に河川の流量変化との関係について—，陸水学雑誌 67，pp.127-133，2006.
- 3) 杉野伸義・宮田祥史・関基・瀧健太郎・三橋弘宗・

佐藤裕司・兵庫県安室川におけるチスジノリの発生と光環境の関係，日本藻類学会第31回大会，2007.3

- 4) 東山真也・瀧健太郎・杉野伸義・横山正・三橋弘宗・上郡中学校科学部員：上郡中学校科学部員による安室川の淡水産紅藻チスジノリ（*Thorea okadae*）を復活させる試み，人と自然 N0.17，pp73-78，2007.2
- 5) 兵庫県県民生活部環境局自然環境保全課：兵庫県（2003）改訂・兵庫の貴重な自然—兵庫県晩レッドデータブック，2003
- 6) 辻光浩，水野雅光，齋藤重人，池田正，眞間修一：チスジノリがよみがえる川づくり（兵庫県安室川），リバーフロント研究所報告第15号，2004.9
- 7) 瀧健太郎，渡部秀之，遠井文大，眞間修一，杉野伸義：チスジノリがよみがえる川づくり（兵庫県安室川），リバーフロント研究所報告第17号，2006.9
- 8) 服部敦，瀬崎智之，近藤和仁，藤田光一：ヨシ群落上流れに関する大型水路実験と抵抗則の検討，土木学会第55会年次学術講演会講演概要集第2部，pp.616-617，2000.9
- 9) 宮崎誠，本田信二，川瀬宏文，栗村直彦，鬼頭政徳：洪水時のヨシ群落の力学的特性を考慮した河道水理検討手法に関する考察，河川技術論文集 pp.79-84，2003.6
- 10) 瀬崎智之，服部敦，近藤和仁，徳田真，藤田光一，吉田昌樹：礫州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.
- 11) 浜野直樹・渡部秀之・瀧健太郎・眞間修一・関基：安室川における既設堰・ダム利用によるフラッシュ放流実験と自然再生の効果検証，河川技術論文集，第12巻，pp.259-264，2006.6
- 12) 財団法人国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き，山海堂，pp.116-118，2002.2.
- 13) 国土交通省河川局，美しい山河を守る災害復旧基本方針，pp.参考I-4，2006.6
- 14) 村本嘉雄・藤田裕一郎：中規模河床形態の分類と形成条件，第22回水理講演会論文集 pp.375-382，1978.
- 15) 黒木幹男・岸力：中規模河川形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，第342号，pp.87-96，1984.
- 16) 社団法人土木学会：水理公式集平成11年版，丸善（株），pp.184-185，1999.