

自然再生事業と緊急治水対策事業を踏まえた川づくり (円山川水系出石川)

River management considering nature restoration project and emergency flood control projects
: Izushi River in the Maruyama River System

研究第一部 主任研究員 都築 隆禎
研究第三部 部長 坂之井和之
研究第一部 研究員 中西 宣敬

円山川水系では、国の特別天然記念物であるコウノトリをシンボルとした地域づくりを進めていく中で、生態系の多様性の保全・再生を念頭においた対策及び持続可能な環境管理を踏まえた自然再生計画書を平成17年11月に策定した。

本稿は、策定した自然再生計画のうち支川出石川の直轄管理区間における事業実施に着目し、その出石川の自然再生計画概要と緊急治水対策事業を踏まえた整備メニューの具体化策について報告する。なお、具体化した自然再生事業は、

- ① 湾曲部で水裏部に自然に砂州が形成されることを考慮した断面形状、護岸の工夫
- ② 堰の湛水区間ではない区間（自己流区間）の直線部において自然の営力により砂州が形成される工夫（置き石による河床変化）
- ③ 石積護岸によるワンド形状の水域再生

などである。

キーワード：コウノトリ、円山川、出石川、自然再生事業、緊急治水対策事業、多様な流れの再生

In the region along the Maruyama River System, efforts are underway to re-create a region featuring the white stork, a nationally protected bird species. In November, 2005, a nature restoration plan encompassing the conservation and restoration of ecosystem diversity and sustainable environmental management was adopted.

Focusing on the project implementation for the river sections managed directly by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of the Izushi River, a tributary of the Maruyama River, under the nature restoration plan, this paper outlines the nature restoration plan for the Izushi River and reports on concrete measures to be implemented in coordination with an emergency flood control project. The nature restoration project includes

(1) cross section and revetment design taking into consideration sand bar formation in near-bank areas along the inner bank of a bend,

(2) designs (bedform variations created by placing stones) conducive to sand bar formation due to natural processes in a straight reach in a non-impoundment section (natural flow section), and

(3) Small inlet restoration by use of stone masonry.

Key words : white stork, Maruyama River, Izushi River, nature restoration project, emergency flood control project, restore diverse flow

1. はじめに

円山川は、朝来市生野町円山を水源として、山間部を流れた後、豊岡盆地をゆるやかに蛇行しながら流れ、豊岡市の津居山で日本海に注ぐ一級河川である。

豊岡盆地は、国の特別天然記念物であるコウノトリの我が国最後の生息地であった。現在は、「県立コウノトリの郷公園」において、保護増殖が進められており、コウノトリの野生復帰の節目となる試験放鳥も3年目を迎えている。



図-1 円山川流域図

この円山川水系において、兵庫県は平成15年1月から地域の代表者や学識者とともに「円山川水系自然再生計画検討委員会」を立ち上げ、また、翌年度からは国土交通省も参加して、地域との連携を重視した計画の策定に本格的に取り組んだ。

しかし一方で、平成16年10月の台風第23号による豪雨は、円山川下流域で浸水家屋11,874世帯、浸水面積4,083haに達する甚大な被害を発生させ、治水対策の重要性と河川改修の必要性を改めて浮き彫りにした。



写真-1 台風第23号による出石川の浸水状況

これらの状況を踏まえ、「円山川水系自然再生計画検討委員会」では、11回の審議を行い、治水、利水上の機能を考慮しつつ、河川における豊かな自然環境の保全・再生・創出を図っていくための計画を策定した。その後、コウノトリの野生復帰に向けた取り組みの広がりや、平成16年度災害復旧事業の際に明らかになった国の特別天然記念物に指定されているオオサンショウウオの生息状況を踏まえ、対象区域の拡大及び変更計画について、平成19年3月から平成19年8月にかけて2回の審議を行い、自然再生計画の変更計画を策定した。そして、現在、コウノトリの野生復帰に関わる地域の取り組みと、災害防止のための治水事業が進められる中で治水対策と合わせて河川環境の整備を実施している。

本稿では、策定した自然再生計画のうち、支川出石川の直轄管理区間の計画概要と自然再生事業の具体化策について報告する。

2. 出石川の自然再生計画の概要

出石川は、円山川の感潮区間最上流（河口より16.5km）に合流する直轄管理区間8.7kmの右支川である。その河床勾配は、1/540～1/1,640となっており、下流域はセグメント3のBc型、中流域はセグメント2-2のBb-Bc移行型、上流域はセグメント2-1のBb型となっている。



写真-2 出石川 上中下流の状況

2-1 自然再生計画の目標

円山川水系の自然再生計画では、“コウノトリと人が共生する環境の再生を目指して”をテーマに、多様な生物の生息・生育環境の復元を目指すものとして、流域の目標を設定した。また、出石川を含む対象河川では以下の4つの目標を設定している。

- ・特徴的な自然環境の保全・再生・創出
- ・湿地環境の再生・創出
- ・水生生物の生態を考慮した河川の連続性の確保
- ・人と河川との関わりの保全・再生・創出

2-2 自然再生メニュー

平成17年11月に策定した出石川の自然再生計画書の自然再生メニューを示す。

(1) 湿地環境及び環境遷移帯の再生・創出

湿地環境及び環境遷移帯の再生・創出にあたっては、ほ場整備に伴う乾田化の進行により大幅に湿地環境が減少している現状を踏まえ、河川区域内の水田や休耕地を利用した大規模な湿地環境を創出する。

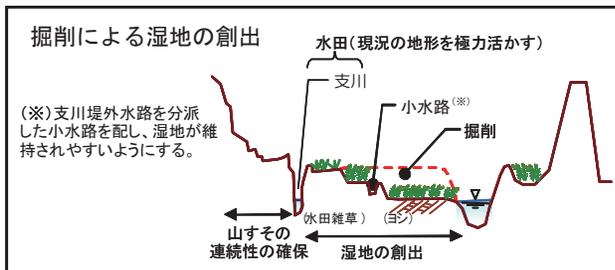


図-2 水田・旧流路を利用した湿地イメージ

(2) 多様な流れ・河岸環境の再生

多様な流れ・河岸環境の再生にあたっては、小規模水制工設置等の工夫によって、速い流れや遅い流れ、瀬や淵が創出されるように流れに多様性を持たせる。また、水制工間の堆砂機能を利用し、変化に富んだ水際及び河床を再生する。

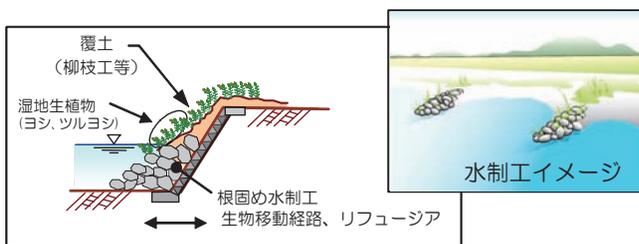


図-3 小規模水制工設置による多様な河岸・河床の再生イメージ

(3) 連続性の確保

河川の縦断的連続性の確保については、新田井堰をはじめとした連続性を損なう堰・落差工に対し、魚道の改善や新設、落差部の解消を行い、生物の移動可能範囲を拡大し、生物生息場としての機能向上を目指す。また、河川と水路の接続部の樋門については、階段形やスロープ形等により落差を解消するとともに、水深を確保し樋門周辺の落差を解消する。

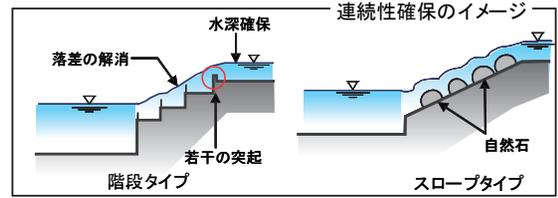


図-4 堰・落差工の連続性確保のイメージ

3. 自然再生事業の具体化方針

3-1 具体化の基本方針

自然再生事業の具体化にあたっては、緊急治水対策による護岸及び掘削工事のうち、平成19年度以降に実施する区間を検討対象区間とした。対策の検討方針フローを図-5に示す。なお、実施にあたっては、治水上の問題点がない場合のみ実施することを前提とした。また、既に工事が行われた区間については、工事後の状態をモニタリングし、必要に応じて対策を検討した。考え方を以下に示す。

- ① 護岸構造は、施工期間が短く、また、植生の早期回復などの環境面で有利な多自然型の連節ブロックを基本とした。なお、通年的に砂州が形成される箇所については、その保全等に努めるとともに、みお筋や淵が形成される箇所では、オオサンショウウオや魚類に配慮するため空石積工法等の設置について検討した。
- ② 護岸の環境・景観面の改善策として、水理的条件(流速、水衝部・水裏部)に応じて、護岸法面への客土や覆土を検討した。
- ③ 工事による水際の単調化への対応として、ワンド状の水際の再生、置き石・寄せ石、河岸緩勾配化等の水際に変化を与える対策を検討し、合わせて生物の生息場確保も配慮した。
- ④ 親水利用が見込める箇所については、低水階段護岸、護岸の緩勾配化により川にしやすい工夫を検討した。

3-2 対策案の適用区間

3-1に示した具体化の基本方針に従い、各河道区間の検討条件(河道特性、護岸整備の状況、親水利用条件、自然再生の保全区間等)を考慮して、対策案の適用区間をとりまとめた。検討条件と対策案の適用区間を図-6に示す。

出石川は円山川の背水、堰湛水などの影響区間が多く、工事予定区間内で多様な流れの形成可能区間は限定されている。本検討では、「鳥居橋上流」、「小坂橋上下流」などの河道形状および護岸形状を工夫することで、砂州、淵など現在の良好な環境を早期に再生する取り組みを検討した。

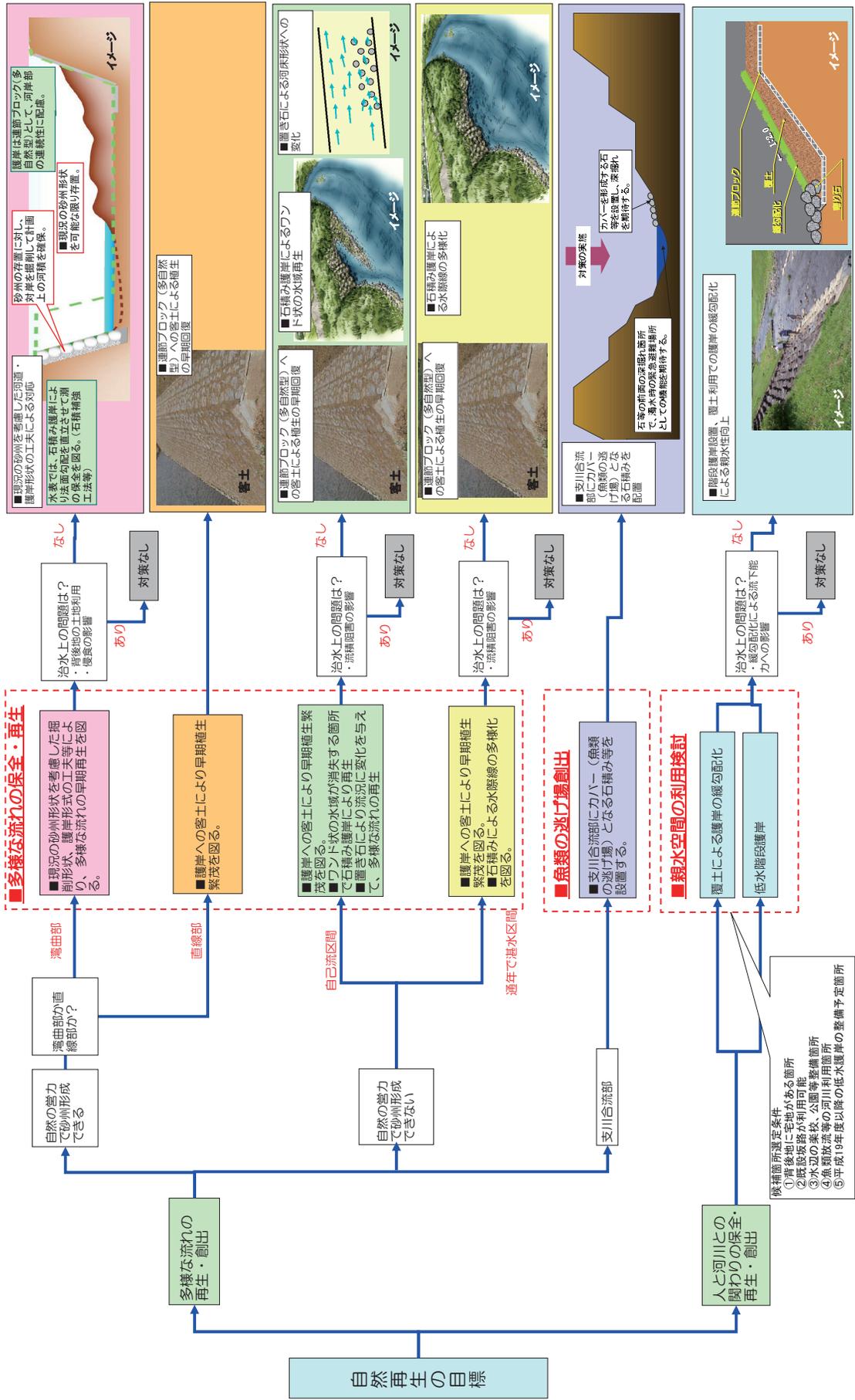


図-5 具体化の対策方針フロー

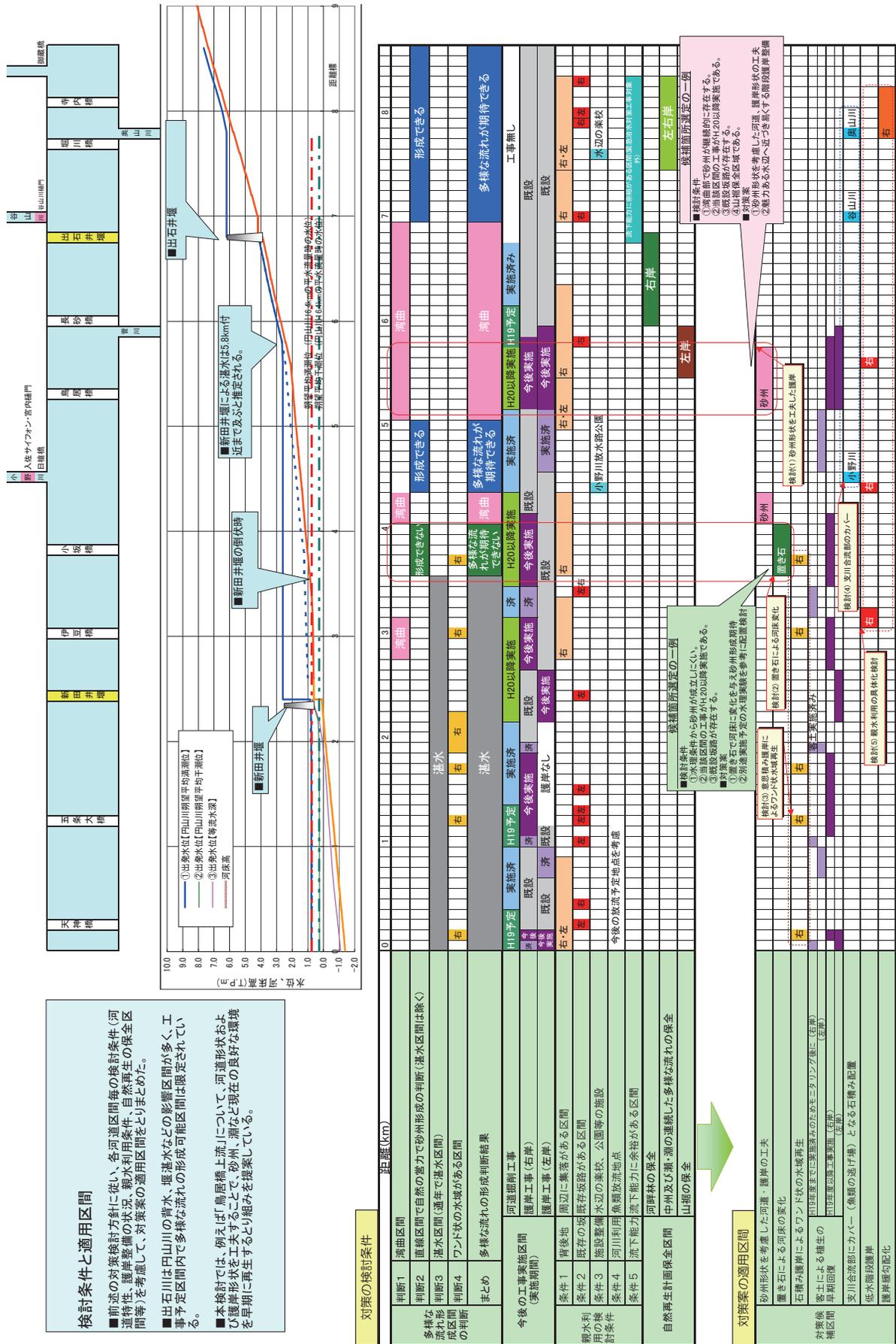


図-6 対策の検討条件と適用区間

4. 各自然再生メニューの具体化

4-1 多様な流れの保全・再生

出石川は、緊急治水対策が実施されるまで砂州・淵など多様な流れが形成されていた。このため掘削や護岸工事を行うにあたり、現在の良好な環境を可能な限り存置することで、多様な流れを早期に再生させるための具体的な検討を実施した。

(1) 砂州形状を考慮した護岸設置の工夫

(湾曲部の水裏部で自然に砂州が形成されることを考慮した断面形状、護岸の工夫)

出石川の中上流部では、河床形態がBb-Bc移行型～Bb型のため、湾曲部の水裏部で自然に砂州が形成される。このため、河道掘削工事を実施しても再堆砂してしまい、早期段階で再掘削などの維持管理が必要となる可能性が高い。以上より、現状の砂州形状を考慮した護岸設置の工夫を検討した。



写真-3 湾曲部の水裏部の砂州 (鳥居橋上流)
(砂州の堆砂により必要断面が確保されていない)

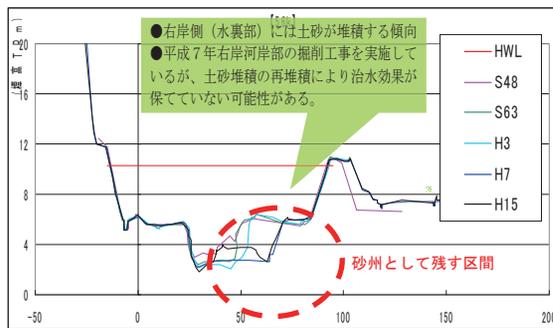


図-7 湾曲部の水裏部の砂州 (経年変化)

○対策方針

砂州形状を考慮した護岸設置の実施にあたっては、治水上の影響が無いことを前提条件とした。河道の設定方針と護岸の整備方針を表-1に示す。なお、検討の結果、鳥居橋上流区間(写真-3)において実施することとした。

表-1 砂州形状を考慮した護岸設置の整備方針

河道設定方針	<p>■自然の営力で「瀬と淵のある多様な流れの創出」することを目的として、現況の砂州形状を考慮した掘削形状とする。</p> <p>①現況の砂州形状・滞筋の位置を考慮して、低水路形状を検討する。</p> <p>②計画断面の最深河床を変更しない。</p> <p>③砂州を存置する場合、対岸側の掘削により計画上必要な河積を確保する。</p>
護岸整備方針	<p>■護岸は、河道設定の目的に合致した形式を選定するように配慮する。</p> <p>①水表面で淵となっている区間は、石積み等の法面勾配を直立させて、現状の淵を極力保全する。</p> <p>②水裏部で砂州が形成されている区間は、現況の砂州を可能な限り存置し、砂州から河岸の連続性に配慮する。</p> <p>③鳥居橋上流区間は、自然再生計画において山裾の連続性を確保する区間となっていることに配慮する。</p>
整備のイメージ	<p>砂州を残す分は左岸側を掘削</p> <p>砂州の形状を考慮して掘削する</p> <p>現況断面</p> <p>緊急治水対策計画断面</p>

○掘削案の比較検討

掘削案については、緊急治水対策の計画断面に対して、水表面となる左岸側(山裾側で滞・淵が形成されている)を掘削する案と右岸側(砂州が形成されている)を掘削する2案を比較した。検討の結果、環境面・治水面で優れた左岸掘削案を採用した。(表-1の整備のイメージ参照)

○護岸形式の比較検討

護岸形式の検討については、当該区間が自然再生計画、山裾の連続性保全区間である位置付けを勘案し、自然石空石積ブロック護岸とした。この護岸は、経済性、施工性については、他ブロック護岸よりも劣る面がある。しかし、次の2つの利点があることより、採用が適当と判断した。



写真-4 自然石空石積護岸

- ・自然石積みとすることで、植物繁茂も容易となるなど小動物の移動も期待される。
- ・淵の外岸部分への空石積み護岸設置により、オオサンショウウオ・魚類等の生息場が創出される。

(2) 置き石による河床変化

(堰の湛水区間ではない区間(自己流区間)の直線部で自然の営力により砂州が形成される工夫)

出石川中流の自己流区間において、直線部で自然の営力で砂州が形成されにくい区間を対象に置き石で河床に変化を与え、砂州が形成される工夫を検討した。



写真-5 砂州形状を考慮する区間 (小坂橋上流)

○対策方針

置き石による河床変化の整備方針を表-2に示す。なお、検討の結果、小坂橋上流区間(写真-5)において実施することとした。

表-2 置き石による河床変化の整備方針

河道設定方針	<p>■置き石配置により局所的に流況変化(縦横断方向での流速変化)を生じさせ、河床の微地形を変化させることで、多様な流れの形成を期待する。</p> <p>①置き石により減少する河積分は、対岸側に滞を掘るなどして計画上必要な河積分を侵さない。</p> <p>②置き石の具体的配置と実施時期については、水理実験結果を参考に、効果、影響について把握し検討する。</p>
整備のイメージ	<p>このイラストは、置き石が配置された河床の断面を示している。石は河床を高くし、水の流れを導くように配置されている。周囲には緑豊かな植生が描かれている。</p>

○置き石の水理実験【参考資料】

置き石の配置に関しては、神田佳一教授(明石工業高等専門学校都市システム工学科)の研究実験結果を参考に各石の大きさ、配置間隔、配置幅、横断延長、箇所数等を決定することとした。実験から、置き石の下流側に砂州状の地形変化が確認された。置き石実験の様子を写真-6、代表的な結果を図-8に示す。



写真-6 神田教授による置き石水理実験の状況

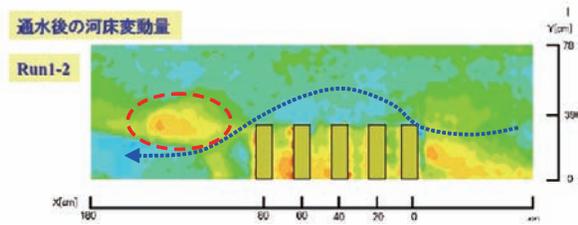


図-8 通水後の河床変動量
(赤・黄色が堆積、青色が掘削傾向を示す)

(3) 石積護岸によるワンド形状の水域再生

出石川中下流において、ワンド形状の水域(写真-7)が存在する。しかし、緊急治水対策事業により水際が単調化するため、石積護岸によるワンド形状の水域再生を検討した。



写真-7 緊急治水対策実施前のワンド形状水域 (小坂橋上流)

○対策方針

石積護岸によるワンド形状の水域再生の整備方針を表-3に示す。なお、検討の結果、既存のワンド形状箇所については、全ての箇所について再生することとした(一例:小坂橋直上流(写真-7))。

表-3 石積護岸によるワンド形状の水域再生の整備方針

護岸整備方針	<p>■護岸は、河道設定の目的に合致した形式を選定するように配慮する。</p> <p>①現況のワンド状水域が消失するため、新しい低水河岸の一部を引き込み、現況と類似したワンド状水域を再生する。</p> <p>②当該区間の護岸には、石積み等の法面勾配を直立させた護岸を採用し、前面部には礫等を配置し、魚類等の生息場を確保する。</p>
整備のイメージ	

4-2 支川合流部のカバー（魚類の逃げ場）設置

支川合流部は、写真-8のように堆砂傾向が見られる。このため、魚類の逃げ場となる空隙を確保するために、護岸部前面に大きめの礫等を配置し、深掘れを期待することとした（図-9参照）。



写真-8 出石川に流入する支川の合流部

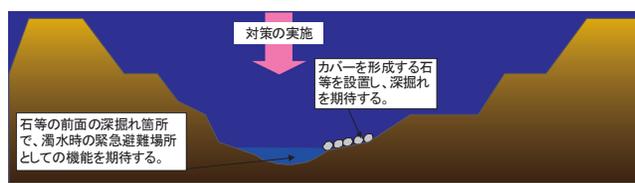


図-9 カバーの設置イメージ

4-3 親水空間の利用検討

(1) 出石川の現状と課題

出石川の沿川では、旧出石藩の城下町として栄えた旧出石町中心部がある。また、国道426号線が河川沿いにあるため、沿川住民の目に触れる箇所も多い。

現在の河川利用施設は、河川沿いの公園や階段形状の低水護岸等が一部で整備されている。坂路は、集落密集地区付近や水田利用がある地区に多く設置されている。

以上の状況から出石川の親水空間の利用における課題は次のことが考えられる。

- ・出石川は、河岸の法勾配が急なブロック護岸が多く、水辺に近寄れる場所が少ない。また、堤防部から高水敷に容易に降りることができるのは、坂路が設置された箇所限定される。
- ・川と川の周辺施設とのつながりがなく、また、川の中で遊べる空間がない。（例：小野川合流点付近に公園はあるが、公園と川の連続性がない等）

上記の課題を踏まえて、人と河川の関わり方の再生について次の2つの親水空間整備を検討した。

- ①「川におりられる空間」
- ②「川に行きたくなる空間、遊びやすい空間」

①「川におりられる空間」

出石川において、川に降りられる箇所を低水階段護岸により整備することを基本とし、「川におりられる空間」としての整備効果が高い区間を以下の条件で整理した。

- ・H19年以降の工事实施区間で、工事図面の変更可能な区間であること
- ・背後地に民家が密集していること
- ・背後地に坂路または公園等の施設があること
- ・構造物新設工事に支障とならない区間であること

整理した結果、低水階段護岸により川におりられる候補地として伊豆橋付近(3.0km)、小野川合流点付近(4.4km)、鳥居橋の上流(5.6km)を選定した。



写真-9 低水階段護岸イメージ

②「川に行きたくなる空間、遊びやすい空間」

親水利用が特に見込める箇所において、護岸の緩勾配化により、川に行きたくなる空間、遊びやすい空間の確保を検討した。

「川に行きたくなる空間、遊びやすい空間」としての整備効果が高い区間を以下の条件で整理した。なお、事業実施の際には、緩勾配化による流下能力への影響が懸念されるため、治水上の課題に対する確認が不可欠である。

- ・ 通年を通して非湛水区間であること
- ・ 流下能力に余裕が区間であること
- ・ 背後地に民家が密集していること
- ・ 河川沿いの道路の交通量が多くないこと

整理した結果、堀川橋上流区間で、河岸の緩勾配化による空間整備の効果が高いと判断した。



図-10 整備効果の高い堀川橋の状況

4-4 その他の自然再生メニューの状況

(1) 湿地環境及び環境遷移帯の再生・創出

出石川の五条大橋付近(1.0～2.0k)は、かつて大きく蛇行した緩流河川であった。河道のショートカットが行われたが、旧流路は湿地化していたことが伺える。その後、昭和30年代に埋め立てられ、耕作地となり現在に至る(図-11参照)。

策定した自然再生計画では大規模な湿地環境の創出地区として選定されており、今後詳細を検討した上で事業を実施する予定である。

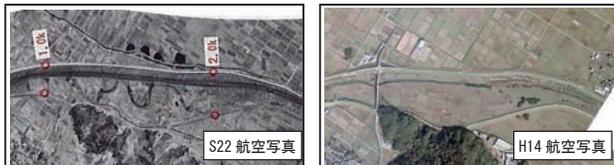


図-11 空中写真による五条大橋付近の河道の変遷の設置イメージ

(2) 河川の連続性の確保

出石川では、河川の縦断方向の連続性確保(既設魚道の改善)として2箇所、樋門と河川の落差解消として2箇所が整備メニューとして計画されている。既設魚道の改善のうち、新田井堰については堰本体の改築

と併せて魚道を新設することとして現在、工事を実施中である。また、出石堰及び樋門と河川の落差解消については、今後詳細な検討を実施し、事業を実施する予定をしている。

5. 出石川管理区間の自然再生

出石川の県管理区間では、平成16年度災害復旧事業の際に明らかになったオオサンショウウオの生息状況を踏まえ、自然再生計画を変更し、事業を実施している。主な整備メニューである井堰の落差解消【扇形魚道】(中川堰)、環境学習の拠点整備【湿地再生、水際の多自然化】(桐野地区)を紹介する。

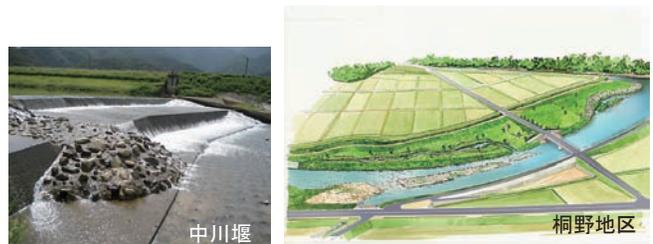


図-12 扇形魚道(左)、環境学習の拠点整備(右)

6. おわりに

本研究の成果及び今後も引き続き実施される他の自然再生事業については、自然再生計画策定後に名称を変更した「円山川水系自然再生推進委員会」の下部組織として設置された「同技術部会」にて、専門的知識を有する学識経験者のご指導、地元委員(漁業、NPO)の方々等からご意見をいただき、現在も審議を継続している。なお、ここに提案した出石川の自然再生の具体化策については、平成19年度以降に実施される緊急治水対策事業に適用する予定である。

最後になりましたが、本検討にあたって、国土交通省豊岡河川国道事務所各位、「円山川水系自然再生推進委員会」及び「同技術部会」の学識経験者・地元委員各位、関係行政機関各位には、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) 豊岡河川国道事務所：平成15,16年度 円山川自然再生計画検討業務 報告書(平成16年3月,平成17年9月)
- 2) 都築隆禎・水野雅光・坂本俊二・辻光浩・池村彰人：コウノトリと人が共生する川づくり, リバーフロント研究所報告, 第16号, pp.25-34 (2005)
- 3) 都築隆禎・渡部秀之・竹内亀代司・眞間修一：自然再生事業と緊急治水対策事業を踏まえたコウノトリが生育できる川づくり, リバーフロント研究所報告, 第17号, pp.17-24 (2006)