



兵庫県安室川における希少藻類チスジノリをシンボルとした自然再生のための総合的な河川技術に関する研究

瀧, 健太郎

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2009-03-06

(Date of Publication)

2009-04-09

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙3050

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2003050>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名 瀧 健太郎
博士の専攻分野の名称 博士（工学）
学 位 記 番 号 博ろ第 3050 号
学位授与の 要 件 学位規則第 5 条第 2 項該当
学位授与の 日 付 平成 21 年 3 月 6 日

【 学位論文題目 】

兵庫県安室川における希少藻類チスジノリをシンボルとした自然再生のための総合的な河川技術に関する研究

審 査 委 員

主 査 教 授 道奥 康治
教 授 藤田 一郎
教 授 塩崎 賢明

別紙様式 3

論文内容要旨

氏 名 瀧 健太郎

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること)

兵庫県安室川における希少藻類チスジノリをシンボルとした自然再生のための
総合的な河川技術に関する研究

(要旨)

本論文では、兵庫県安室川を対象に、希少藻類チスジノリに代表される河川環境を改善するための調査、計画・設計、実施、モニタリングといった一連の河川管理手法について、他の中小河川への適用も念頭に置きながら、総合的に考察した。

第2章では、既存の(物的・人的)資源を活用した人為的な河床攪乱により河川環境を改善する方法について考察した。具体的には、チスジノリの胞子体の放出・着床が期待される9月中旬に、手作業による河床材料の研磨・転石、及び、農業用井堰群の連続転倒によるフラッシュ放流を実験的に行い、チスジノリ生態に与える効果を検証した。さらに検証結果を踏まえて人為的な河床攪乱の実実施計画を検討した。

研磨・転石の効果を検証するため、実験区(研磨または転石をする区間)と対照区(何もしない)に分け、実験区と対照区とのチスジノリの発生状況を比較した。その結果、実験区でシャントランシア体の顕著な増加傾向が確認された。また、小学生が(環境学習の一環として)研磨・転石した範囲で配偶体数株が新たに発見され、研磨・転石がチスジノリの再生に効果的であることが示された。

農業用井堰群の連続転倒によるフラッシュ放流の効果を検証するため、置石調査や強熱減量調査などを実施した結果、チスジノリの生育の阻害要因となる微細粒分・付着藻類が除去されたことが確認された。また、準二次元非定常流解析により、微細粒分・付着藻類の除去に必要とされる掃流力が作用したことが広範囲に確認され、研磨・転石と同様に、

フラッシュ放流もチスジノリの再生に効果的であることが示された。

以上の検証結果に加えて、地域の社会活動(農業・漁業など)による制約条件を考慮することにより、地域の実情に応じた、研磨・転石及びフラッシュ放流の具体的な実施時期や手順、モニタリングの方法などが体系化された。

第3章から第5章までは、河道形状の改変により河川環境を改善する方法について考察した。

第3章では、中小河川での適用を念頭におきながら、所要の治水安全度を確保しつつ環境改善を図るための具体的な河道設計手法を提案した。具体的には、まず、自然営力により良好な環境が持続するように低水路の横断形状を設定し、次に、設定した低水路の横断形状を保持しながら、治水上必要とされる河積が確保されるように、高水敷を含む全断面の横断形状を設定する手順を示した。また、低水路の横断形状の設計条件を次のように定めた。

- ・自己流区間では、持続的に砂礫河原、瀬・淵が形成される状態を目標とし、平均年最大流量に対応する無次元掃流力と川幅水深比とが砂州形成条件を満足すること、
- ・背水区間(感潮区間)では、湖岸(海岸)侵食を回避するため、上流からの供給土砂が河口付近で堆積せず海岸(湖岸)域へ持続的に供給されることを目標とし、平均年最大流量時の掃流力が限界掃流力を越えること。

また、用地幅(河川敷幅)が制約される場合であっても、上記の環境面の設計条件を満たしつつ、所要の河積が確保されるように、全断面の横断形状を設定する方法を例示した。

以上により実河川の河道設計を行った結果、環境面と治水面から要求される設計条件を共に満たすような、用地幅の異なる複数の河道形状が提案され、本手法の有効性が示された。

第4章では、河川環境の改善方策を検討するために効果的な水理モデルの開発を行った。瀬・淵、たまりなどの河道内微地形への流水の影響を把握するため、二次元非定常流モデルを基本として用いた。さらに、河川環境に卓越した影響を及ぼす平均年最大流量以下の洪水群の再現性を高めるため、植生密度の空間分布や倒伏度の時間変化を透過係数の変化により反映させ、植生の流水抵抗の時空間変化をモデル化した。また、詳細な地形測量を実施し、解析用のメッシュ分割を極力細かくすることにより、モデルの空間分解能を向上させた。

開発したモデルによる実績洪水の再現計算の結果、ピーク水位だけではなく、砂州が冠水し始める程度の流量から平均年最大流量までの水位変動や、植生の流水抵抗の変化について高い再現性が得られた。また、計算結果の空間分布とチスジノリの分布とを重ね合わせて比較すると、チスジノリの好適生育条件に関する仮説を裏付ける流速の分布傾向が確認され、開発したモデルはチスジノリの分布特性を分析できるレベルの空間分解能を持つことも示された。

第5章では、安室川の良好な河川環境を再生するための順応的な河道管理(計画・設計、試験施工、モニタリングなど)の方法について考察した。

まず、チスジノリが多く生育した年代と現在との河川形状を比較し、瀬・淵、たまり、湧水など具体的な物理環境の復元を目標として設定した。次に、第3章で示した河道計画手法を安室川(安室橋～河鹿橋付近)に適用し試行錯誤した結果、設計条件を満足する横断面形状は得られなかった。これにより、床固め等により縦断勾配が緩和された河道では、自然営力のみで瀬・淵、砂礫河原の維持が困難であることが明らかにされた。

また、局所的な改変として、周辺に固有種の植生やタナゴ類の生育環境を再生するための「たまり」や、チスジノリの生育環境を再生するための「大型淵(湧水)」の設計を行った。これらの配置や形状については、植生や既存たまりの分布、旧河道の形状などを考慮して設定した。ここで第4章で開発した二次元水理モデルを用いて、「たまり」や「大型淵(湧水)」部付近での改変前後の河床抵抗を算出し比較すると、改変後も河床抵抗に大きな変化は見られなかったことから、「たまり」や「大型淵(湧水)」の形状は長く維持されると判断した。

次に、治水安全度の確保、侵略的外来植物の再侵入の防止、チスジノリ生育環境の保護の観点を踏まえ、設計河道の砂州高を設定した。具体的には、治水安全度の確保のため、治水上必要な河積が確保される砂州高の上限値を設定した。また、侵略的外来種の再侵入防止のため、外来植物との生育範囲(平水位+1.0m以上)と根の深さを考慮し、目標砂州高(平水位+0.7m)を設定した。さらに、チスジノリ保護の観点から、出水時の劇的な河道攪乱を防ぐために、改変前後の掃流力変化が15%以下となるように砂州高の下限値を設定した。

これらの諸条件を満たすように河道形状(たまり・大型淵の位置・形状、計画砂州高)を設定し、試験的に改変を行った結果、一部(大型淵)を除き想定通りの良好な遷移が確認され、上記の設計手順の妥当性が示された。

第6章では、チスジノリの悉皆調査の結果と第4章で開発した二次元水理モデルによる計算結果など、本研究を通じて蓄積された物理環境情報を活用し、チスジノリの好適生育条件を推定した。

まず、チスジノリ分布情報と水理諸量、日照時間、水温分布などの物理特性を、解析用に分割したメッシュ上に整理した。チスジノリの有無で分類したメッシュ群ごとに、物理特性の平均値をとり比較した結果、配偶体・シャントランシア体ともに、①普段からある程度の深さと流れがある場所、②川底がきれいな場所、③日陰など日光が届きにくい場所を選好する傾向が検証された。

また、「配偶体あり」のメッシュ群と「シャントランシア体あり」のメッシュ群を比較した結果、配偶体に比べシャントランシア体の方が、比較的水深の小さい場所や日照時間の長い場所(付着藻類の一次生産が活発な場所)や、流速・摩擦速度が大きい場所(表面積の大きい配偶体が流失しやすい場所)など、より広範囲に生育可能であることが新たに確認された。

次に、物理環境の値からメッシュごとにシャントランシア体の適地判定を行うためのロ

ジスティック回帰モデルを作成した。シャントランシア体なしの属性を持つメッシュ群から、Bootstrap法によりシャントランシア体ありの属性を持つメッシュ群と同数のメッシュを繰り返し抽出し、抽出回数分のロジスティック回帰モデル群を作成した。さらに、モデル群の中からAIC(赤池情報量基準)が最頻値となるモデルを抽出した。ここで得たモデルを用いて適地判定を行い、ROC分析を用いて判定結果を評価したところ、最も正解率の高いモデルが抽出されたことが確認された。その結果、シャントランシア体なしの情報が大半を占めるデータ(zero-inflated data)からシャントランシア体の適地判定する場合に、得られたモデルが有効であることが示された。また、同モデルの独立変数(物理特性)の重要性(IOV)を比較した結果、シャントランシア体の適地としては、水深・水温に比べて日照時間・流速が大きく影響することが示唆された。

第7章では、近年、河川環境の保全・再生を進めるうえで前提条件とされている、多様な関係者による河川の協働型管理体制を構築するための実践的な手法について提案した。

安室川では河川管理者・学識経験者・地元小中学校・利害関係者を含めた幅広い主体による協働体制が構築されており、この構築過程を再整理し成功要因を分析した結果、①計画段階からの利害関係者及び地域の実情に詳しい専門家の参画、②学際的な技術検討体制の整備、③再生のシンボルの存在、④学校との連携、⑤治水・環境が両立した施策の提案、が抽出された。

さらに、良好な協働関係の構築に要する「技術」を抽出したところ、①基礎調査から実施計画、地域主体の行動へと繋げる企画技術・コーディネート技術、②住民の手でも河川環境を再生させる技術(「小さな再生技術」)、③実感を伴う納得を導く分かりやすい説明技術、が挙げられ、これらは、河川環境の保全・再生を進めるために河川技術・河川技術者の担うべき技術であることが示唆された。

第8章では、本論文のまとめと結論を述べた。

(別紙1) 論文審査の結果の要旨

氏名	瀧健太郎		
論文題目	兵庫県安室川における希少藻類チスジノリをシンボルとした自然再生のための総合的な河川技術に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	道典康治
	副査	教授	藤田一郎
	副査	教授	塩崎賢明
	副査		

要旨

安室川は二級河川千種川の中流部に位置する二次的自然を有する支川である。ここで、希少藻類チスジノリをシンボルの生物指標とする自然再生プロジェクトが進められ、プロジェクトの計画・設計・施工、その効果を計測するための環境モニタリングが実施された。学位申請者、瀧健太郎氏は、同プロジェクトの学術研究面で中心的な役割を果たし、これら一連の調査研究成果を体系的に学位論文としてまとめた。昨年12月に本学が定める内見審査を経て、2009年2月10日に論文公聴会と論文審査を実施した。

第一章では、本研究の目的と社会的意義を要約し、今後、全国あるいは海外の中小河川で自然再生事業を実施する上での研究成果の有用性を総括している。

第二章では人為的な河床攪乱が自然環境を再生する上で有効であることに着目し、人為的攪乱がチスジノリの胞子体の放出・着床など代謝促進に対して有効と期待できる9月中旬に河床砂礫の研磨・転石、井堰群の連続転倒とダムからの給水を併用したフラッシュ放流実験を実施した。研磨・転石の効果を検証するために実験区と対照区でチスジノリの発生状況を比較し、研磨・転石という人為攪乱はチスジノリの成長促進に効果的であることを検証した。人為攪乱の実験は、地元の小学生への環境学習の一環として実施されたことを付記する。さらに、地元の漁業・農業関係者や住民の多大な協力によってフラッシュ放流実験も順調に進められた。河川解析と河床状況の観察より、フラッシュ放流によって付着藻類が掃流され、チスジノリの付着生育環境を整えることが明らかになった。

第三章では、琵琶湖流入河川を対象にして、河川環境回復を図りながら治水安全度を向上させるための河道設計法を提案している。ここで、同河川群を対象としたのは、河相や水理特性が安室川と類似しているからである。具体的には自然営力を所定の水準に維持し良好な環境が持続するような低水路形状の設定、与えられた低水路形状を元にして洪水疎通能力を確保するための河道全断面の横断形状の設計指針を示した。特に、①下流側の背水の影響を受けない上中流区間(文中では「自己流区間」)において、瀬と淵の形成維持に必要な河道横断計画と②琵琶湖水位からの背水区間において河岸に生息したヨシ群の倒伏特性を利用した環境・治水機能を最適化するための河道設計を区別して提案したところが特徴的である。後者については感潮区間を含む沖積地河川の河道設計に適用できる手法である。

第四章では、平面二次元流モデルを開発し河川の自然再生や環境回復を検討するための水理解析ツールを構築した。提案されたモデルは、高水計画で問題となる大出水を対象するものではなく、河道内植生の局所分布や植生倒伏にともなう流水抵抗変化を再現できることが特徴である。出水にともなう植生動態と局所流況が再現され、平均年最大流量程度の出水における流量を評価し、チスジノリへの好適生育条件や自然再生に必要な砂州形状を評価・計画することが可能となった。モデルは生態構造におよぼす流れの影響を評価するために十分な空間分解能を有している。

試験施工と環境モニタリングにもとづいて、安室川の自然環境を持続的に再生するための順応的河川管理のあり方、河道整備の方策を提言するための実証研究が第五章にまとめられている。チスジノリが健全に生育していた時代の河相を参照値とし、瀬・淵、たまり、湧水部などの河道地形をはじめとする物理環境に関して現在と比較しながら、目標河道を計画した。しかし、すでに昭和50年代の水害を受けた治水事業によって河道幅や床止めなどによる河床勾配の緩和が施され、自然再生の目標に設定した参照時代の河道地形を完全に再現することは不可能であることが明らかになった。そこで、植生や魚類の固有種の生育環境を再生・整備するためにするために大型淵やたまりを施工し、その持続性を検証している。計画・設計にあたっては、第四章の二次元水理モデルを用いて整備河道が安定であることを検証した。さらに、適度な出水攪乱を受けて植生の繁茂・陸地化が進行することがないように砂州高を水理解析によって設定している。この計画・設計に基づいて、自然再生を実現するための河道が施工され、現在も事後調査が進行している。

第六章ではチスジノリの生息分布に関する数年にわたる悉皆調査と二次元水理モデルによって得られる種々の流量規模毎の水理特性分布を地形メッシュデータ上に重ね合わせ、チスジノリの好適生育条件を推定した。まず、チスジノリの生育を制御する水深・流速、日照時間、水温などの物理特性情報を流量規模別、季節別に地形メッシュ上へ重ねて、配偶体・シャントランシア体が生息するに適した条件を抽出した。その結果、平水時よりある程度以上の流速、水深が維持されていること、チスジノリと競合する他の付着藻類が生長しておらず、細流土砂の堆積が見られないきれいな河床であること、日射量が小さいことなどが好適生育条件であることが判明した。また、シャントランシア体は配偶体より過酷な環境条件でも生育することが明らかになった。相関解析に加えて、ロジスティック回帰モデルを用いたシャントランシア体の生育適地判定指標を作成した。これに基づいてシャントランシア体の生育適地を規定する高位の制御因子は日照時間と流速であり、水深・水温による制御は小さいことが明らかになった。

河床の転石・研磨や農業用井堰群を利用したフラッシュ放流など、様々な自然再生の試みは当該地域の河川をとりまく利害関係者や地域住民の連携・協力なしでは実施できないことが明らかである。このことは中小河川の河川再生そのものが地域社会と一体的に進めるべき河川事業であることを改めて認識させる事実である。第七章では、このような様々な関係者から構成される協働型河川管理体制を構築するための実践技術を提案するという社会工学的研究である。当該地域における河川管理者、小中学校と農業・漁業従事者などの利害関係者、学識経験者を含む幅広い協働体制が成功裏に実現された要因を精緻に分析し、河川の自然再生に必要な協働体制の構築技術を明らかにした。

第八章では本研究の主たる結論を要約し、今後の河川管理と自然再生のあり方に関し提言をとりまとめている。

本論文は、水工学・河川工学にとどまらず、生態学から社会工学にいたる学際的内容を含み、かつ今後の河川管理へ適用し得る様々な知見を含む研究内容となっている。それぞれの章を構成する研究成果はすでに河川技術論文集(土木学会)、リバーフロント研究所報告、国際会議などですでに発表されており、そのほとんどはすでに外部審査を経ている。内見後、初稿を相当程度修正して論文の文章構成が適正に整えられ、学位論文を完成している。本研究は、技術的、社会科学的検討に基づき中小河川の自然再生に関する河川技術を研究したものであり、生物指標を利用した河川の自然環境の再生手法を総合的に論じた価値ある研究成果を集積している。よって、学位申請者の瀧健太郎氏は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。

- ・特記事項
- ・特許登録数 0件
- ・発表論文数 6編