

学位論文内容の要旨	
学位論文題目	沖縄島河川における自然再生に関する実証的研究 (An empirical study on natural regeneration in the rivers of Okinawa Island)
氏名	宮良 工
<p>1章 はじめに</p> <p>研究対象地の沖縄島では、1972年の本土復帰前後からの大量のインフラ整備、土地開発等により河川環境が著しく劣化し、その象徴としてアユの亜種リュウキュウアユが地域絶滅した。これを受け、1991年にリュウキュウアユを蘇生させる会の結成に始まり、自然再生推進法(2002)の下、沖縄本島北部地域河川海岸自然再生協議会の結成(2004)、奥川自然再生事業の開始(2007)、また沖縄県自然環境再生指針の策定(2015年)など河川の自然再生に対するニーズが高まっている。自然再生事業の実施は公共事業として実施される性格のものが多く、対象地が多数存在する場合に優先順位を決定して当たる必要がある。また、沖縄島の河川における自然再生事業は開始から日が浅いため、目的・目標を達成可能とする技術的な検討も進んでいない。本研究は、沖縄島の中小河川を対象として自然再生を行う際の優先度を検討するとともに、具体の再生手法・技術について効果評価を行うことを目的とする。</p> <p>第2章 沖縄の中小河川の現状と課題</p> <p>沖縄島における河川的基本的な地形的特徴、河川生物分布、河川・ダム・砂防・海岸等におけるインフラ整備との関係から生息生物への影響をインパクト-レスポンスフローによって整理するとともに、その後開始された河川環境の保全・再生の経過を整理し、課題として自然再生を行うに当たっての優先順位の検討、その際の制約条件、これらを取りまとめたマスタープランの作成、個別具体の再生技術開発の必要性を抽出した。</p> <p>第3章 自然再生優先度の検討</p> <p>沖縄島の中小河川において比較的簡易にかつ均等に揃う情報である地形、地質、河川規模、河川縦断形状、魚類分布、横断構造物分布などの資料整理に加えて水質調査及び河川横断構造物分布状況調査を行った。これらの情報間の関係分析の結果、下流側が急勾配となっている河川では元来外来魚は少ないが、河川横断構造物の設置に伴い外来魚種が増加すること、且つ水質の良い河川で在来魚が多くなる傾向にあるため、水質が良く、下流側で急勾配となっている奥川をはじめとする河川を自然再生の優先度が高い河川とした。</p> <p>前述の河川地形に関する情報に内湾度を加えてリュウキュウアユの再定着に関するポテンシャル分析を行った結果、河川延長、標高差が大きく、内湾度が中規模の場合にベストモデルとなることが明らかとなった。河川環境の悪化に伴い絶滅したリュウキュウアユの再定着可能な河川とは、その他多くの在来生物にとっても良好な環境であることを意味する。このため、前述の在来魚種の生息から見て再生の優先順位の高い河川と組み合わせることによって更に高い優先度を得られる。この結果、比地川をはじめとした8河川が抽出された。リュウキュウアユの再定着に関して重要課題とされる取水施設の内、ダムの撤去は費用対効果を得にくく、また治水機能も併せ持つため現実的ではないことから、これを除外した4河川における取水堰撤去の可能性を水の安定供給という側面から検討した結果、最大取水を行う源河川における取水堰を撤去しても、影響はほ</p>	

とんど無いという結果を得た。

第4章 奥川における自然再生とその評価

第3章の検討結果を受け、在来魚にとって好適な環境を有していると考えられる奥川における自然再生技術の評価を行った。奥川では、約800m区間に3基の落差工が設置されており、低水路は蛇行が少なく、土砂堆積等によって瀬切れも頻発する河川環境であった。既に、第2落差工撤去による瀬切れの解消、引堤による淵整備が行われており、河川縦断地形、引堤淵河床高、魚類の縦断分布状況の経年変化から、瀬切れの緩和及び引堤淵の遊泳魚種生息への効果が確認された。更に、河床変動計算による長期の予測結果からこれらの地形は将来的にも維持されることが明らかとなったことから、これらの再生手法・技術の有効性が評価された。

第5章 源河川における自然再生とその評価

第3章の検討結果を受け、源河川の取水堰撤去によるリュウキュウアユ産卵河床範囲の拡大の可能性を検討した。河川測量及び河床材料調査を行い、リュウキュウアユの産卵河床として好適な範囲、取水堰への細砂土砂堆積範囲を確認し、取水堰の撤去によって毎年発生する中小規模レベルの複数の出水によっても、好適な河床材料粒径範囲が堰付近から下流まで拡大する傾向を河床変動シミュレーションによって確認したことから、源河川における取水堰撤去は、リュウキュウアユを指標とした自然再生技術として有効であると評価された。

第6章 発展性と課題

主に第3章の自然再生優先度評価モデルの汎用性と課題について検討を行った。在来魚にとって自然再生優先度が高い河川の評価モデル作成では、沖縄島の河川は小規模かつ急勾配であり、横断構造物の設置や水質汚濁が在来・外来種の分布に強く影響するため、一定の精度が確保された評価モデルを作成できたものと考えられる。その他の甲殻類等では遡上能力が大きく外来種も少ないため、精度の高いモデルを作成するには至らなかったものと考えられる。リュウキュウアユの再定着の観点から自然再生優先度が高い河川の評価モデルでは、本種が両側回遊魚であること、及び遊泳魚であることから、従来から指摘されていた河川規模、河川縦断形状、一定規模の内湾との関係が深いことが評価モデル作成を通して証明されたものと考えられる。以上のことから、本研究において採用された魚類による自然再生優先度評価モデルは汎用性が高いものと評価できる。本研究で使用した魚類調査では個体数は考慮されていないにも関わらず、一定精度の評価モデルを作成することができた。小規模かつ急勾配河川では遊泳魚の生息範囲が狭く、自然状態においても分布が制限されているので、種の在・不在のみで評価が可能であったものと考えられる。規模の大きな河川では比較的広範囲に生息環境が分布しており、在・不在の差は出にくい。このため、今回の評価モデルは、中小規模かつ急勾配河川の場合のみ適用可能であるものと考えられる。

自然再生は長期間を要すること、地域経済と密接な関係がある場合もあることから地域主体で進めることが望ましい。沖縄島の二級河川を対象として河川環境保全活動への地域住民参加ポテンシャルを検討した既往の研究成果などを利用して、このような視点からの優先度検討を進めることが望まれる。

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

(博士後期課程博士用)

山口大学大学院理工学研究科

報告番号	理工博甲 第 737 号	氏名	宮良 工
最終試験担当者	主 査 赤 松 良 久 審 査 委 員 羽 田 野 袈 裟 義 審 査 委 員 朝 位 孝 二 審 査 委 員 榊 原 弘 之 審 査 委 員 山 本 浩 一		
【論文題目】			
沖縄島河川における自然再生に関する実証的研究			
【論文審査の結果及び最終試験の結果】			
<p>対象地域の沖縄島では、1972年の日本本土復帰前後から始める大量のインフラ整備、農地開発、水質汚濁等により自然環境の劣化が進み、特に河川ではアユの亜種リュウキュウアユが絶滅するなど大きな影響を受けた。これに対して1980年代後半にはリュウキュウアユが再定着可能な河川再生を目指すリュウキュウアユを蘇生させる会が結成され、学术界、河川管理者、地域住民らの協働による河川における自然再生が始まる。2003年には自然再生推進法が制定され、沖縄においても河川関連の自然再生として、やんばる河川・海岸自然再生協議会（2004年）、奥川自然再生協議会（2007年）、慶佐次川自然環境再生協議会（2015年）が結成されるなど、自然再生に関する機運が高まっており、今後も実施地域が拡大される傾向にあるものと考えられる。自然再生は行政によって事業化される場合が多く、事業地選定プロセスの透明性、合理的説明が求められるが、沖縄においてはこれらが検討された経緯は無く、また、島嶼地域の中小河川における再生技術も効果評価には至っていないのが現状である。本研究の目的は沖縄島における二級河川を対象に自然再生優先度を検討し、優先度の高い河川における再生技術の効果評価を行うこととした。</p> <p>対象河川は急勾配の中小河川であるため、河川横断構造物の設置による流水の分断と生息環境の狭隘化（もしくは消失）、滞留域形成による外来魚の定着などは、在来魚にとって影響が大きいものと判断され、先述した河川再生のシンボルとしてのリュウキュウアユを加えて、再生目標を「在来魚に着目した自然再生優先度」（以下、「在来魚優先度」）および「リュウキュウアユに着目した自然再生優先度」（以下、リュウキュウアユ優先度）として自然再生優先度の検討を行った。</p> <p>沖縄島では38水系が二級指定されているが、継続的な流量観測が行われている河川も少なく、優先度検討のための均質な情報は少ない。このため、在来魚優先度では、地形・地質情報に在来魚の生息に影響を及ぼす水質の状況を加えて検討を行った。リュウキュウアユ優先度では、在来魚の場合に採用した地形情報にリュウキュウアユ稚魚の生息場としての内湾度を加えて優先度を検討した。在来魚優先度では、河川縦断勾配が比較的大きく、かつ比較的流域面積が小さい河川で在来魚が多く、或いは在来魚比率が高い傾向にあり、また、水質が相対的に良い河川で在来魚が多い傾向にあったことから、これらの18河川が在来魚にとって再生する価値のある、即ち優先度の高い河川であるとした。リュウキュウアユ優先度では、過去のリュウキュウアユの分布情報を目的変数、地形情報を説明変数としてロジスティック回帰分析を行い、リュウキュウアユ定着ポテンシャルモデルを作成し、判別中点0.3以上をリュウキュウアユの定着ポテンシャルが高い河川とした。リュウキュウアユの再定着は重要な視点であるが、同時に在来魚にとっても好適であることが望ましいため、在来魚優先度の高い18河川との共通8河川で自然再生優先度が高いとした。</p>			

在来魚優先度検討結果で優先度が高いとした18河川中、2007年から自然再生が進められている奥川における自然再生手法・技術の効果評価を行った。奥川では河川管理区間に3基の落差工があり、第2落差工の堆砂区間を中心に瀬切れが頻発していた。また、河道の直線化と落差工によって蛇行の少ない単調な河床形状となっていた。これに対し、第2落差工を撤去するとともに、その上流側で引堤による淵づくりを行っている。河川測量結果から、第2落差工の撤去によって上流側の堆積土砂が下流側へ移動し、堆積土砂への伏流による瀬切れは軽減される可能性があるとした。また、引堤によって整備された淵は、その後の出水によっても埋まることなく水深が維持されていることが明らかとなった。魚類のモニタリング結果によって、海から淡水域まで遡上することのあるギンガメアジや多数のボラ類が第2落差工の上流側で確認されるようになったこと、再び発生した瀬切れ時に整備した淵内で多数のユゴイ類の生息が確認したこと、その後引き続き多数のボラ類が確認されたことから、奥川で実施されている自然再生は効果があったものと評価された。また、このような効果を持つ河床地形の長期的維持に関して河床変動シミュレーションを行った結果、第2落差工撤去後には上流側の堆積土砂が下流へ移動して河床縦断形状が平準化し、これが維持されること、引堤によって整備された淵は堆積と浸食を繰り返し、ある程度の水深が維持されることが明らかとなったため、長期的にも効果の継続が期待される結果となった。

リュウキュウアユ優先度検討結果で優先度が高いとした8河川中、河川取水施設のみがある4河川内の源河川における取水堰撤去の可能性とその効果を検討した。リュウキュウアユの絶滅後、奄美大島の産卵個体を1992年からダム湖・流入河川に放流しており、順調に陸封化・定着が進んでいる一方で河川定着には至っていない。再生産のための産卵場や河口海域における稚魚生息場が少ないからではないかと考えられている。このため、淡水域最下流に設置されている河川取水堰撤去によって、リュウキュウアユの産卵河床として適切な河床材料粒径の範囲を拡大させる再生手法を提案し、源河川における取水停止の利水面からの可能性を検討するとともに、撤去による適切な河床材料範囲拡大の可能性を、河床変動シミュレーションを用いて検討した。その結果、沖縄県の政策目標である観光客1,000万人達成時においても、源河川における取水堰撤去によって給水停止という事態にはならないことが明らかになった。また、取水堰撤去によって産卵河床における適正河床材料粒径が取水堰付近から下流側で拡大することが明らかとなった。このため、源河川における取水堰撤去による自然再生手法は効果があるものと評価された。

本研究における在来魚に着目した自然再生優先度評価モデルは、種の在・不在と地形・地質及び水質との関係解析によって作成された。急勾配かつ環境収容力の小さな島嶼地域の中小規模河川では、河川横断構造物の設置などによる環境変化は、当該河川からある種の魚種の消滅を引き起こす。絶滅したリュウキュウアユはその代表と考えられる。逆に、環境収容力の大きな大河川では、種の消滅までには至らない可能性があることから、種の在・不在で評価を行う本モデルは大河川では適用できず、本モデルは急勾配の中小河川のみ汎用性を持つものと考えられた。自然再生を行うには長期間を要するため、地域住民や地域経済界の主体的な参画が重要となる。自然再生優先度評価には、今後、地域住民の主体的参画の可能性評価を組み込むことにより、長期的な継続性に関する評価も行えるようになるものと考えられた。

本審査においては、予備審査での質問事項に対して適切な回答がなされたが、各章ごとにまとめの節を、またまとめの章を新設することなど、公聴会に向けていくつかの修正事項が指摘され、適切に修正された。

公聴会においては、利水安定性の検討は源河川における取水堰撤去による自然再生の章で扱う方が適切なのではないかとの意見が出た他、内湾度の計測の手法への説明が求められ、優先度検討のために対象河川における流量を用いなかったことへの疑問が出るとともに、自然再生への地域住民の主体的参画促進のための事例として提示した河川環境保全に対する地域住民の参加ポテンシャル研究結果への説明が求められた。この公聴会での質問に対して概ね適切な回答がなされた。

以上より本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから最終試験は合格とした。なお、主要な関

連論文の発表状況は以下の通りである。

(a)査読のある雑誌等

- (1)著者氏名 : 宮良工, 神谷大介, 赤松良久, 乾隆帝, 上鶴翔悟
論文題目 : 地方中小河川における自然再生計画のための河川の分類と評価-沖縄島を対象として-
学術雑誌名 : 土木学会論文集G (環境)
巻、号、頁 : vol.70, No.5, pp.I_285-I_291
発行年月 : 平成26年12月発行
- (2)著者氏名 : 宮良工, 赤松良久, 湯野剛志, 宮本真琴, 神谷大介, 島谷幸宏
論文題目 : 沖縄県二級河川奥川における自然再生とその評価
学術雑誌名 : 土木学会論文集B1(水工学)
巻、号、頁 : Vol.71, No.4, pp.I_1135-I_1140
発行年月 : 平成28年1月発行
- (3)著者氏名 : 辻本真希, 神谷大介, 赤松良久, 宮良工, 乾隆帝
論文題目 : 沖縄島二級河川の自然再生計画における目標設定のための河川類型化と課題に関する考察
学術雑誌名 : 土木学会論文集G (環境)
巻、号、頁 : Vol.71, No.5, pp.I_61-I_66
発行年月 : 平成28年2月発行
- (4)著者氏名 : 赤松良久, 宮良工, 神谷大介
論文題目 : エクセルギー効率を用いた沖縄本島小河川の河川生態環境評価
学術雑誌名 : 水環境学会誌 Journal of Japan Society on Water Environment
巻、号、頁 : Vol.39, No.2, pp.29-37
発行年月 : 平成28年12月発行
- (5)著者氏名 : 神谷大介, 宮良工, 赤松良久, 辻本真希, 乾隆帝
論文題目 : 渇水リスクを考慮した島嶼河川における自然再生優先度に関する研究
学術雑誌名 : 土木学会論文集G (環境)
巻、号、頁 : Vol.74, No.1, pp.1-10, 2018
発行年月 : 平成30年2月発刊