

京都大学	博士（工学）	氏名	肖 恩邦
論文題目	Eco-Geomorphological Evaluation of the Riverbed Changes of the Katsura River in Relation to Low-head Dam Removal (桂川の井堰撤去に伴う河床変化の生態地形学的評価)		
<p>本研究は、河川に階段状に設置された低落差の農業用井堰による河床地形への影響を明らかにするとともに、石礫河川での堰撤去に伴う地形応答と生物の生息場の変化、さらには、河川水と伏流水の交換率の変化について検討を行ったものであり、全体7章で構成されている。</p> <p>第1章では、論文の背景と研究目的、特に、河川における堰の設置による環境影響と研究課題について解説している。</p> <p>第2章では、低落差の堰の形態・機能の類型や設置による河川環境への影響に関して既往研究のレビューを行うとともに、追究すべき研究課題について検討を行っている。特に、自然河川の生態機能、堰の設置による河床地形変化、堰が河川の生態機能に与える影響、また堰が河川水と伏流水（Hyporheic Flow）の交換率に与える影響について研究する意義を整理している。</p> <p>第3章では、本研究で調査対象とした淀川水系桂川の調査サイトの概要、河川管理者による堰撤去の経緯、航空写真および測量データの分析手法、現地調査による河床地形と生息場構造の評価手法、石礫河川の砂州内を流れる伏流水の調査手法およびこれに基づく河川水と伏流水の交換率の評価手法について概説している。</p> <p>第4章では、堰の有無による河床地形、生息場構造、水生動物相の変化について検討している。ここでは、河川の洪水対策として近年撤去事業が進められた2つの堰について、撤去前後の2013～2019年の航空写真をもとに、河道の変化に伴う生息場（ハビタット）構造と水生動物相の変化について整理している。その上で、堰の撤去に伴う土砂移動の活発化により河床地形が変化するとともに、新鮮な砂州が形成されることを明らかにした。</p> <p>河床地形の変化に関しては、既往研究で提案された中規模河床形態（RSCC）を特徴付ける複数のパラメータとして水際線長や砂州比高形状指数などを適用するとともに、良好なハビタットを形成する瀬の類型に関する知見も活用して評価を行っている。その結果、近年撤去された堰（桂川4号井堰）の上流の河道区間は、湛水環境から流水環境になったことと、上流の堰（桂川6号井堰）の撤去に伴い新たな土砂供給を促進した影響が河床地形の改善効果に貢献していることを示した。さらに、このような河床地形変化が、アジメドジョウやカジカなどの底生魚の増加をもたらし、魚類の多様性を高めていることを明らかにした。</p> <p>第5章では、堰の撤去前後の河床表層の変化や新たに形成された砂州の伏流構造について検討している。河床表層の伏流構造に関しては、河床材料の状態によって決定される透水係数が重要であり、現地透水試験を複数箇所において実施することで、透水係数の面的な情報を詳細に明らかにした。堰上流の湛水区間においては、細粒土砂の堆積によって透水係数が小さくなっており、堰の撤去にともなって細粒土砂がフラッシュされると透水係数が増大して伏流構造が回復する。堰下流に新たに形成された砂州の透水係数は、形成当初は非常に大きいものの、土砂供給が十分でないと砂州の移動性が高まらず、細粒土砂の目詰まりによって透水係数が低下する。河床の伏流水の流動モデル（Hyporheic Flow Model）の検討においては、現地の河床材料の特性評価が重要であり、特に、</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	肖 恩邦
<p>堰の撤去前後の河床地形の変化について、河川水と伏流水の交換率と併せて示した例は他になく、詳細な現地調査を実施した本研究は貴重なデータを提供している。</p> <p>次に、ラプラス方程式とダルシー則を基礎とする伏流水の流動モデル (Hyporheic Flow Model) を構築し、連続して堰が存在する区間を対象に河川水と伏流水の交換率の関係を再現する試みを行っている。また、既往研究と新たに取得された現地調査データを用いて、動水勾配と透水係数の組合せによる河川水と伏流水の交換率の関係について検討を行っている。さらにそれらに基づいて、堰の設置や撤去に伴う河床地形の変化が動水勾配と透水係数にもたらす変化を予測するための経験的モデルの構築と評価を行っている。</p> <p>第6章では、第5章までで導かれた知見をもとに、河川生態系の回復を目的とした河川構造物の管理、特に機能を終えた堰の撤去を含めた河川管理戦略について統合的に検討を行っている。特に、堰の撤去に伴う土砂移動の活発化による河床地形の変化は重要であり、年最大流量と土砂移動量、これによって形成される河床地形について、良好な生態環境を提供する瀬類型などの生息場構造を評価指標として管理していくことを提案した。</p> <p>第7章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題について整理を行っている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、河川に階段状に設置された低落差の農業用井堰による河川環境への影響として、特に河床地形への影響を明らかにするとともに、これらの撤去に伴う石礫河川の地形応答と生物の生息場の変化、さらには、河川水と伏流水の交換率の変化について検討を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 河川の洪水対策として近年撤去事業が進められた淀川水系桂川の2つの堰について、撤去前後の2013～2019年の航空写真をもとに、河道の変化に伴う生息場（ハビタット）構造と水生動物相の変化について整理し、その上で、堰の撤去に伴う土砂移動の活発化により河床地形が変化し、新鮮な砂州が形成されることを明らかにした。
2. 中規模河床形態（RSCC）を特徴付ける複数のパラメータとして水際線長や砂州比高形状指数などを適用し、良好なハビタットを形成する瀬の分類に関する知見も活用して河床地形の評価を行った結果、撤去された堰（4号井堰）の上流の河道区間は、湛水環境から流水環境になったことと、上流の堰（6号井堰）の撤去に伴う新たな土砂供給が河床地形の改善効果に貢献し、このような河床地形変化が、アジメドジョウやカジカなどの底生魚の増加をもたらし、魚類群集の多様性を高めていることを明らかにした。
3. 堰の撤去前後の河床表層の変化や新たに形成された砂州の伏流構造を明らかにするために、現地透水試験により透水係数の面的な把握を行い、堰上流の湛水区間においては、細粒土砂の堆積によって透水係数が小さく、堰の撤去にともなって細粒土砂がフラッシュされると透水係数が増大して伏流構造が回復すること、堰下流に新たに形成された砂州の透水係数は、形成当初は非常に大きいものの、時間経過とともに細粒土砂の目詰まりによって透水係数が低下することを明らかにした。
4. 連続して堰が存在する区間を対象に、ラプラス方程式とダルシー則を基礎とする伏流水の流動モデル（Hyporheic Flow Model）を構築し、一部の堰を撤去した場合の動水勾配と透水係数の変化の組合せによる河川水と伏流水の交換率の関係を再現することに成功している。
5. 河川生態系の回復を目的とした河川構造物の管理、特に機能を終えた堰の撤去を含めた河川管理戦略について統合的に検討を行い、年最大流量と土砂移動量、これによって形成される河床地形を、良好な生態環境を提供する瀬類型などの生息場構造を評価指標として管理していくことを提案した。

以上のように、本研究は、河川に設置された堰の撤去に伴う河川地形の応答と生態機能の回復に関して、現地調査および伏流水の流動モデルを組み合わせることで系統的に研究したものであり、河川生態系を考慮した今後の河川管理および水工計画において、学術的にも実事業的にも寄与することが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年8月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 令和 4年 10月 1日以降