

京都大学	博士 (工学)	氏名	LIN JIAQI
論文題目	Study on eco-hydro-geomorphological effects of sediment replenishment for efficient river habitat restoration (効果的な河川生息場の再生のための土砂還元に伴う生態-水文-河床地形的効果に関する研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本研究は、ダム建設に伴う下流河川の流砂量の減少問題の解決策として、ダム湖に堆積する土砂を下流に掘削・輸送し、河道脇に置き土することによって洪水時に自然に土砂供給を行う方法である「土砂還元」について、その基本的な物理特性から河床地形変化に伴う生態環境変化までを総合的に検討を行ったもので、全体7章で構成されている。</p> <p>第1章では、ダム建設による河川環境への影響を概説するとともに、ダムによって遮断された流砂環境を緩和する手法としての土砂還元対策の定義を行うとともに、土砂還元の現状の課題を整理した上で、本研究で取り組む生態-水文-河床地形的効果を把握するための研究目的を整理している。</p> <p>第2章では、土砂還元手法の4つの類型を示すとともに、日本および諸外国における実施事例の物理特性を整理している。その上で、土砂供給効果や生態-水文-河床地形的効果を把握するための指標化および土砂還元に関する物理モデルや数値計算に関する既往研究のレビューを行っている。</p> <p>第3章では、研究対象とした那賀川・長安口ダムにおける土砂還元の基本特性として、洪水量に関する水文特性、下流河道の河床材料および還元土砂の粒度特性を整理している。その上で、洪水時の流れ場および置き土の側岸侵食特性を把握するために、遠隔WEBカメラを用いて撮影された動画を用いてPIV(粒子画像流速測定法)計測を行い、洪水時の連続的な流れ場の把握に成功した結果を示している。さらに、土砂還元地点下流に設置した濁度計による観測値と置き土の侵食過程の関係についても考察を行っている。</p> <p>第4章では、本研究で取り組む、土砂還元に伴う生態-水文-河床地形学的応答を評価するために開発した包括的なアプローチ手法について整理している。具体的には、洪水量に対する置き土の侵食効率(TR)、河床地形変化に伴う生息場の類型化とその多様性(GUSI-R, GUSI-D)、河床高の変化(BCI)に基づく水深・流速に関する水理特性(HMID)、河床粒度分布の多様性、魚類調査に基づく魚種の多様性(H-Value)などの各指標を提案している。ここで、ダム下流の粗粒化の進行した河床では、土砂還元に伴って多くの土砂が供給されることにより、瀬淵環境が再生されて地形変化が多様化することが期待される。ここでは、那賀川とフランスのBuëch川について、GUSI, HMIDなどの河床地形特性や水理特性指標により土砂還元の効果を比較検討し、対象河道の経年変化を追跡することで土砂還元の効果を定量化することに成功している。</p> <p>第5章では、複数の土砂還元シナリオに対する河床地形変化を予測するために、2次元河床変動計算モデル(Telemac-2DおよびGaia)を用いて2017-2019年の地形変化を計算し、現地観測結果に基づく再現性検証とモデル調整を行っている。数値計算モデルによる土砂還元の検討においては、掃流砂および浮遊砂モデルに加えて、流水に伴う側岸侵食により置き土が経時的に河道流水中に取り込まれる過程の再現が重要である。ここでは、PIV計測により得られた洪水時の流速値の再現を行うとともに、側岸侵食現象を支配する河道の粗度や置き土の安息角などのパラメータについて感度分析を行って検討を行い、現地での侵食効率を再現することに成功している。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	LIN JIAQI
<p data-bbox="161 309 1433 600">第6章では、第5章で構築したモデルを用いて、洪水波形、土砂還元量および粒径分布を複数組み合わせ合わせたシナリオを設定して、置き土の侵食効率および下流河道の地形変化の相違について比較検討を行っている。那賀川とフランスの Buëch 川では、河道内の置き土形状に相違があり、Buëch 川の場合は、土砂を河道内に中州状に配置して増水時に側岸侵食が早期に促進されるような工夫が施されている。那賀川では河道脇に寄せた形で置き土されており、2次元河床変動計算モデルを用いた検討により、Buëch 川のように中州状に置き土することで侵食効率を増加させる可能性があることを示している。</p> <p data-bbox="188 651 1302 685">第7章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題の整理を行っている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、ダム建設に伴う下流河川の流砂量の減少問題の解決策として、ダム湖に堆積する土砂を下流に掘削・輸送し、河道脇に置き土することによって洪水時に自然に土砂供給を行う方法である「土砂還元」について、その基本的な物理特性から河床地形変化に伴う生態環境変化までを総合的に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. 土砂還元に伴う生態－水文－河床地形学的応答を評価するためには、洪水量に対する置き土の侵食効率 (TR)、河床地形変化に伴う生息場の類型化とその多様性 (GUSI-R, GUSI-D)、河床高の変化 (BCI) に基づく水深・流速に関する水理特性 (HMID)、河床粒度分布の多様性、魚類調査に基づく魚種の多様性 (H-Value) などの各指標を用いることが有効である。
2. ダム下流の粗粒化の進行した河床では、土砂還元に伴って多くの土砂が供給されることにより、瀬淵環境が再生されて地形変化が多様化し、特に生息場の多様性指標 (GUSI-D) が増加する一方、土砂還元量が減少すると一時的に低下することが明らかとなった。また GUSI-D と魚種の多様性 (H-Value) は正の相関があることも示された。
3. フランスの Buëch 川においても、同様の河床地形特性や水理特性指標により土砂還元の効果を検討した結果、那珂川と同様に GUSI-D が増加する傾向が確認され、同指標の有効性が確認された。
4. 限られたダムからの放流機会に効率的に置き土を侵食させて土砂還元を実現させるために、2次元河床変動計算モデル (Telemac-2D および Gaia) を用いた検討を行った結果、流水に伴う側岸侵食により置き土が経時的に河道流水中に取り込まれる過程がモデル再現上重要であることを示した。
5. 洪水波形、土砂還元量および粒径分布を複数組み合わせたシナリオを設定して、置き土の侵食効率および下流河道の地形変化の相違について比較検討を行った結果、Buëch 川で実施されているように土砂を河道内に中州状に配置して増水時の側岸侵食を促すこと、また、発生する掃流力を考慮して土砂の粒径を大きくし過ぎないことが十分な侵食効率を確保する上で有効であることを提示した。

以上のように、本研究は、ダムの堆砂対策の一手法として有力な「土砂還元」手法に伴う生態－水文－河床地形学的応答を評価するための包括的なアプローチ手法を提案し、大規模な置き土を行っている那賀川・長安口ダムおよびフランス Buëch 川の現地調査データおよび数値解析モデルを用いて、評価手法の適用性およびこれを用いた置き土の効率化について系統的に研究したものであり、その成果は、土砂還元を用いたダムおよび河川の土砂管理の高度化のために実際上寄与するところが少なくない、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 5 年 2 月 15 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。