

荒瀬ダム撤去によって発生した砂州の
形成機構に関する調査・研究

熊本大学工学部社会環境工学科

教授 大本 照憲

九州地方計画協会・研究支援事業実績報告書

研究課題名：荒瀬ダム撤去によって発生した砂州の形成機構に関する調査・研究

申請者：熊本大学工学部社会環境工学科・教授 大本 照憲

研究協力者：前橋工科大学・准教授 平川隆一

1. 研究目的

ダムや堰などの河川横断構造物は川が本来有する連続性を遮断，物理・生物環境の多様性を消失，さらに自然攪乱を抑制する傾向を持つことが指摘されている．米国では堰を含めたダムの老朽化や河川環境の劣化を改善するために既に 500 以上の堰やダムが撤去されている¹⁾．2011 年には，西部ワシントン州エルワ川のダム撤去が行われ，固有種が川に戻ってくるなど，健全な自然生態系を取り戻しつつあることが報告されている²⁾．礫床河川においては適度な土砂供給は礫と礫のすき間に土砂が入りこみ河床を安定させる．特に，河床勾配が急で，淵と瀬が連続して流れるような場所での淵への適度な土砂の流入は淵底の基盤表面を更新し，新たな付着藻類の着生を促すことが報告されている^{3,4)}．

日本では熊本県南部を流れる一級河川・球磨川において河口より約 20km 上流の八代市坂本町地先にある発電用の荒瀬ダムは，2012 年度より段階的な部分撤去法が適用された．そのため熊本県企業局⁵⁾ではダム撤去が河床変動，河川環境に与える影響を検討している．なお，荒瀬ダムにおいては 2010 年 3 月 31 日よりゲートが開放され，河床からダムクレスト部までの高さが約 11.3m であることから，実質的には堰撤去の領域に入る．Dawei Guan らは，堰下流における河床の洗掘形状，流れのパターンおよび乱流特性について議論し，堰が横断方向に一様な形状であっても堰下流には二次流が発生し，流れの三次元構造が顕著に表れることを指摘した．

類似の局所流現象として橋脚や橋台，水制の局所洗掘がある．Melville は，橋脚や橋台に関する既往研究を取り纏め，極大洗掘深の経験式を提示している．

大本・平川は，水制の向きが二次流，主流速および河床変動に与える影響を明らかにした．石垣・馬場は，台座付平板周りの流れと局所洗掘との関係について検討し，台座付平板周りの局所洗掘は台座前面に発達する馬蹄型渦ではなく，台座先端から発生する強い二次流であるらせん流によって支配されていることを明らかにしている．

既往研究において堰の部分撤去が河床変動に与える影響について検討された事例は少ない．

Zhang らは，粒径や比重の異なる各種の路床材料を敷きならした水路に開口部を有する種々の堰を設置し，越流状態における堰上流域における河床の洗掘特性や堰周辺の局所流を検討した．また，住田らは，アスペクト比の比較的大きい実験水路を用い，堰開口部の形状や大きさが堰上流の河床変動に与える影響，洗掘に伴う流路の形成を検討している．しかし，開口部を有する堰が堰下流域の河床変動に与える影響については研究

例が少なく、部分撤去された堰下流域の河床の洗掘・堆積特性や流れについての研究事例は皆無に等しい。

本調査・研究では、荒瀬ダム直下流において発生した砂州の特性と砂州によって生じた本流路および副流路を流れる平水時の流れの特性について検討した。更に室内実験では動的河床の前に静的平衡河床を対象に、開口部を有する堰において相対越流水深が堰下流の河床変動に与える影響および堰下流域に発達した砂州の基本特性および河床上の流れの三次元構造について検討した。

2. ダム直上下流の河床変動および洗掘土砂量

図-1 は過去 3 時期（2015 年 2 月：右岸側越流部撤去直後，2015 年 8 月：出水後，2016 年 8 月：出水後）における荒瀬ダムの直上流および直下流における平均河床高の縦断変化を示す。熊本県により取得された河床高のデータ⁵⁾を再整理し平均河床高を算出した。2015 年 2 月においてはダム直上流 10m 位置と直下流-80m 位置において平均河床高の差は約 5.5m である。ダム下流 700m 地点においては 2015 年 8 月までは杭基礎があり、曾て地元では歩道橋として利用されていた。このため、ダム下流 700m 区間は上流からの土砂ポケットとして一次貯留された。なお、熊本県では 2015 年 9 月一以降にダム撤去仮設工事および左岸側の無堤地区に対して盛土や土嚢として利用するために砂州の土砂を浚渫した。

出水の影響を受けて 2015 年 2 月から 2015 年 8 月の間および 2015 年 8 月から 2016 年 8 月の間では、各々、ダム上流域 900m 区間では平均 1.54m および 0.05m の河床低下、ダム下流域 700m 区間では 1.76m 河床上昇、0.13m の河床低下である。2015 年の出水ではダム上流において急激な河床低下、下流域では急激な河床上昇であるが、2016 年では大きな変化はない事が分かる。

図-2 は過去 7 年間における荒瀬ダム上流 2.9km 間の洗掘土砂量⁵⁾である。2015 年出水により約 27 万 m³ の土砂がダム下流域に流出しており、ダム下流 700m までに約 13 万 m³ 堆積している⁵⁾。2015 年 8 月および 2016 年 8 月のダム上下流における平均河床高の縦断勾配が撤去前と較べ緩くなっている。一方で、2016 年における洗掘土砂量は約 5

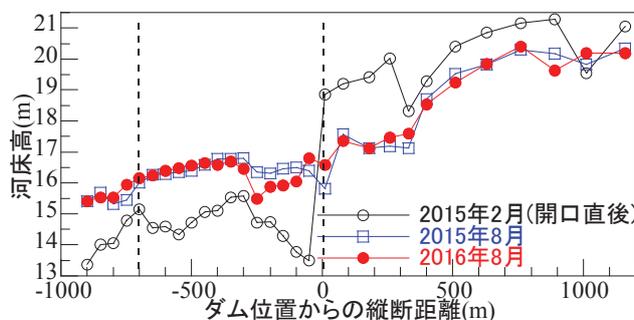


図-1 ダム上下流における平均河床高の縦断変化⁵⁾

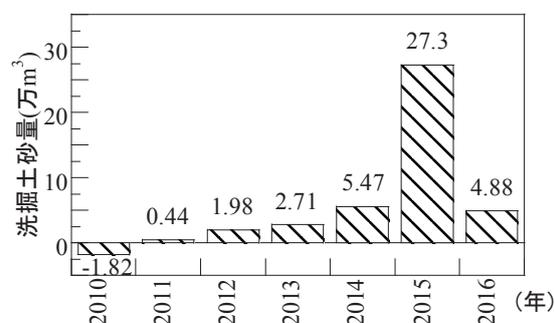


図-2 ダム上流域における洗掘土砂量⁵⁾

万 m^3 であり、2016 年出水では 2015 年出水程の土砂はダム下流域に流出していない。このため、ダム上流域の平均河床高は目立った変化が無く、ダム上下流における平均河床高の縦断勾配も変化が小さい。

3. 現地観測装置および方法

3.1 現地状況

図-3は2016年8月に撮影された荒瀬ダム直下流の観測対象地を示す。ダムから下流300m~700mの区間に左岸側に沿って主流路、右岸側には副流路が形成、河道右岸側から中央部に伸びる砂州の発達が認められる。

図-4は、ダム下流100m~900m区間における、ダム右岸近傍開口直後の2015年2月における河床高³⁾から出水直後2015年8月の河床高³⁾との差分より得られた河床高変化を示す。部分撤去でダムに開口部が生じたことにより、2015年においては、ダムから下流700mの区間で約13万 m^3 の土砂堆積が生じ、ダム下流300m~700m区間の河道右岸側から中央部にかけて顕著な砂州を形成した。出水後の土砂浚渫工事により砂州は消失したが、2016年出水によりほぼ同位置に類似の形状の砂州が認められた。

3.2 流れの計測

(1) 主流路における河道横断面内の流速計測

主流路における流速の計測は、2016年11月15日平水時に、主流路では図-1中のL2~L6を計測線上でRiver Boat-ADCPを用いた。計測はRiver Boat-ADCPを計測線の右岸と左岸の両方からロープで引っ張り、計測線に対して平行に移動させ曳航計測した。

(2) 副流路における表面流速の計測

副流路では表面流速の計測を2016年12月19日平水時に、図-1中のL1~L7の各測線間を計測区間として計測された。表面流の計測は副流路上流に2cmの緩衝材を粒子として投入し、UAVを用いて上空44mより静止した状態で動画を撮影し、PTV(Particle Tracking Velocimetry)法を用いて表面流速を解析した。

2.3. ダム直下流右岸側砂州における河床粒径の測定

2016年11月13日平水時に、縦断方向約330mの砂州地上部の計26カ所において表層河床材をデジカメで撮影した。面格子法に基づき、河床材料の短径長さを測定し、粒径値から各地点ごとに粒度曲線を作成した。各地点ごとの粒度曲線よりD90を読み取り砂州上における河床粒径分布を作成した。

3. 現地の計測結果

3.1. 主流路における流速の河道横断面内分布

図-5は、主流路L6における主流速Uおよび二次流の鉛直方向成分Wの横断面内分布である。水面近くにおいて、区間平均流速と最大で約30%異なる高速域と低速域が交互に帯状に現れ、それぞれで下降流、上昇流が発生しており、木下⁴⁾が指摘した並列ら

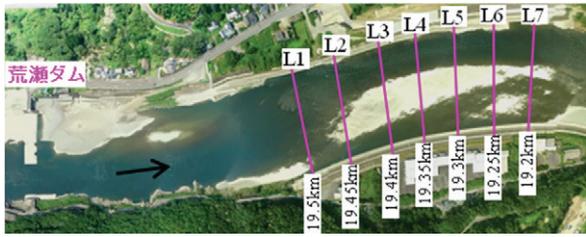


図-3 現地観測場所 (2016年)¹²⁾

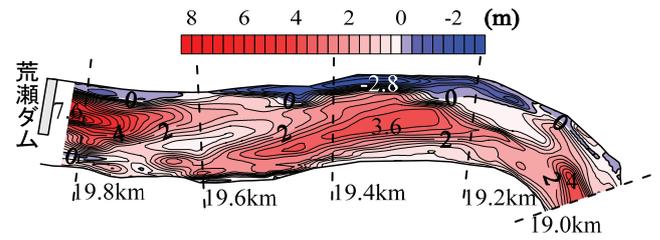
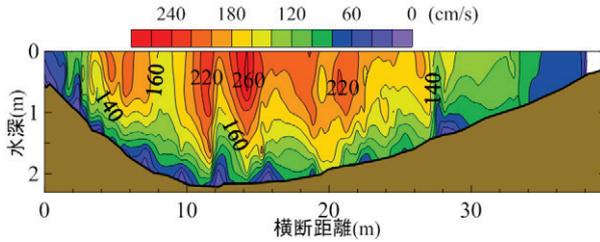
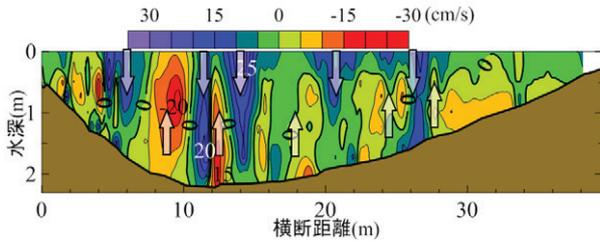


図-4 ダム下流域における河床高変化量 (2015年)



(a) 主流速 U



(b) 二次流 W

図-5 主流速 U および二次流 W の横断面内分布 (計測線 L6)

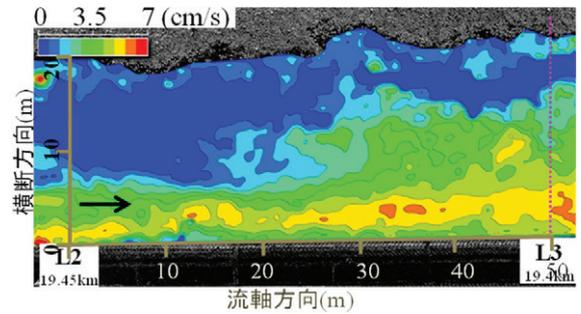


図-6 表面流速コンター (計測線 L2-L3 区間)

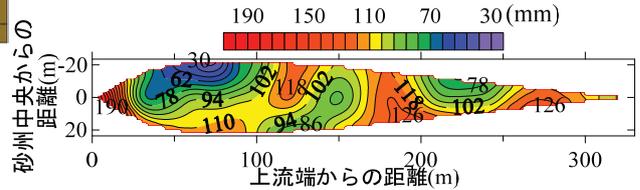


図-7 砂州上の河床材料 D_{90}

せん流の存在が確認された。並列らせん流は禰津ら⁵⁾が野外計測で確認しているが報告例は少ない。

3.2. 副流路の特徴

図-6は、2016年12月19日平水時に計測された、副流路L2~L3区間における表面流速のコンターである。最大流速は約7cm/sであり、副流路は主流路に比べ相対的に小さな流速を示す。UAVを用いた表面流速計測により、流下方向約50m、横断方向20mの範囲において、水深の比較的大きい右岸側護岸に沿い相対的に流速が大きい空間分布を示す流れの傾向を計測出来た。2015年の副流路はワンド状であり砂州中を伏流水が流れ濾過された河川水が副流路へ流入していたが、2016年の副流路では砂州上流側で砂州を越流し副流路に河川水が流入している。副流路下流側のL6における流量の概算値は0.66m³/sであり、2015年においては1.2 m³/sであり半減しているが、副流路における河川水は透明度が高く、2015年と同様に砂州中を伏流水が流れ河川水が濾過されている可能性がある。

3.3. ダム直下流右岸側砂州の特徴

図-7 は砂州上における河床礫の D_{90} 平面分布である。2015 年においては砂州縦断方向に下流側に進むに従い粒径が小さくなる水平分級がみられたが、2016 年においては斑状の分級現象を示す。

2015 年における砂州上流端から下流 200m の区間で D_{90} の平均値は 170cm であり、2016 年においては粒径が小さくなっていることが分かる。砂州形成時の砂州上の流れが低速化したことが考えられ、表層下の河床材料の粒径も小さくなっていることが予想され、伏流水の流量が低下し、副流路の流量が変化したことが考えられる。

4. おわりに

本研究では、みお筋が形成された右岸近傍に開口部を設けることで荒瀬ダムの直上流および直下流部においては急激な河床変動が生じると共に、下流には大規模な砂州が形成され河床形状、河床材料、流れの変化等の物理環境の多様性から生物環境の改善が認められた。なお、紙数の制約から移動床室内実験については割愛した。

謝辞

本調査・研究を遂行する上で、熊本県企業局から荒瀬ダムの上・下流域の測量データを提供して頂いた。ここに記して、深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) ハインツ科学・経済・環境センター編, 青山己織訳: ダム撤去, 岩波書店, 2004
- 2) Amy E. East etc. : Large-scale dam removal on the Elwha River, Washington, USA: River channel and floodplain geomorphic change, *Geomorphology*, 228, pp. 765-786, 2015.
- 3) M. W. , Doyle, E. H. Stanley, Orr, C. H. , Selle, A. R. , Sethi, S. A. and Harbor, J. M. , Stream ecosystem response to small dam removal: lessons from the Heartland, *Geomorphology*, 71, pp. 227-244, 2005.
- 4) K. M. Kibler , D. D. Tullos, and G. M. Kondolf: Learning from dam removal monitoring: challenges to selecting experimental design and establishing significance of outcomes, *River Research and Applications*, Vol. 27, pp. 967-975, 2011
- 5) 熊本県企業局総務経営課荒瀬ダム撤去室: [http://www. Arasedamtekkyo.hinokuni-net. jp/02_page/05_kyougikaitou/](http://www.Arasedamtekkyo.hinokuni-net.jp/02_page/05_kyougikaitou/)