荒瀬ダム撤去事業に伴う球磨川本支川の 河川形状の変化

CHANGES IN RIVER GEOMORPHOLOGY OF THE KUMA RIVER AND TRIBUTARIES DUE TO THE ARASE DAM REMOVAL PROJECT

森井裕¹•矢津田達昭²•木下道²•吉塚博文²•ELLEITHY Dina³•角哲也⁴ Yutaka MORII, Tatsuaki YATSUDA, Toru KINOSHITA, Hirofumi YOSHIZUKA, Dina ELLEITHY and Tetsuya SUMI

1正会員 修(工) 株式会社建設技術研究所大阪本社(〒541-0045 大阪市中央区道修町一丁目6-7)
2非会員 熊本県企業局 (〒862-8570 熊本市中央区水前寺六丁目18-1)
3正会員 京都大学大学院工学研究科(〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄)
4正会員 博(工) 京都大学防災研究所(〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄)

The Arase Dam is the Japan's first full-scale dam removal project. This paper considers changes in river geomorphology etc., based on the results of the environmental monitoring conducted in the project. Image analysis using a river monitoring camera with a surveying function revealed that the water level at the Arase Dam site dropped down about 4m. The change in the river geomorphology of the Kuma River mainstream took place only in the sections located about 4 km above and below the dam site, and there was no significant changes in the other sections. Kudaraki River, joining just upstream of the dam, has changed in two stages, affected by the water level at the timing of floods in the mainstream. Riverbed sediment had a higher sand content at the weir downstream of the dam whereas no silt was deposited.

Key Words : dam removal, river geomorphology, sediment, Arase dam, Kuma River

1. はじめに

荒瀬ダムは、熊本県・球磨川の河口から約20kmに設置 されていた発電専用ダムである. 荒瀬ダムでは、1954年 から50年以上にわたり電力を供給してきたが、2010年3 月31日に水利権が失効したことから発電を停止し、2012 ~2017年度の6年間で撤去された.

荒瀬ダムのダム撤去は、我国では初めての本格的ダム 撤去であり、ダム上流に堆積した土砂(砂礫、シルト)の 流出による生物等への影響を回避・低減するため、ダム 湖内の土砂を除去するとともに、ダム上流の水位を徐々 に低下させる段階的撤去などが行われた.

荒瀬ダム撤去に伴う河川形状の変化等に関しては、大 槻ら¹⁰²³が球磨川本川の土砂輸送や河床変動、干潟の堆 積等を観測結果等に基づき考察し、大本ら⁴⁰⁵がダム直下 に形成された砂州に特に着目し、砂州形状や流速分布の 変化を考察している.また、小林ら⁶は生物生息機能の 観点でダム直下の砂州の特性を調査・分析している.本 報告では、荒瀬ダムの段階的撤去に伴う球磨川本支川の 河川形状および河床材料の変化を総括するとともに、事 業段階毎の本川の流量と水位の関係の変化、さらに本川 水位に着目した支川百済木川の2段階の地形変化過程を 考察した。

2. 撤去事業の概要⁷⁾

(1) 段階的撤去

荒瀬ダム撤去工事は6年間・6期で実施されたが、ダム 撤去に伴うインパクト特性から事業段階は3段階に区分 され、第1段階が「ゲート開放」(2010年4月)、第2段階が 「水位低下設備の運用開始」(2013年6月)、第3段階が 「みお筋部の撤去」となる.(図-1参照)

第1段階の「ゲート開放」では、ダム本体の放流ゲートを常時開放し、発電取水を停止することにより、ダム 直下流の減水区間の流水が回復するとともに、ダム上流 でも貯水池上流部で流水が回復した.第2段階の「水位



図-1 荒瀬ダム撤去における事業段階

低下設備の運用開始」では、ダム堤体下部を削孔して水 位低下設備を設置し、ダム上流の全区間で流水を回復し た.第3段階の「みお筋部の撤去」では、みお筋部に位 置する右岸側のダム堤体を撤去し、流水だけでなく土砂 の自然流下も可能とした.

(2) 堆積土砂の除去

荒瀬ダムでは、2007年3月時点でシルト分10万m³を含 む67万m³の土砂が堆積していた.ダム撤去に伴い、シル トの流出による河川環境の悪化や砂礫の流出による急激 な河床高の上昇などが懸念されたため、2007~2014年度 の8年間で25万m³の土砂が除去された.

(3) 環境モニタリング

荒瀬ダム撤去事業では,撤去工事中の河川環境の変化 を把握し,必要に応じて工法の見直し等を行うため,環 境モニタリングが実施された.モニタリング項目は,流 況,水質,河川形状,底質の物理環境項目と動物(鳥類, 魚類,底生動物),植物の生物環境項目,大気・騒音・ 振動等の生活環境項目である.調査範囲は,下流はダム



サイト下流11kmに位置する遙拝堰から,上流はダムサ イト上流9kmに位置する瀬戸石ダムまでである.(図-2参 照)河川横断測量は、ダム下流区間は200m間隔、ダム上 流区間は250m間隔を基本として、一部区間で50~100m 程度で測線を追加して実施されている.河床材料調査は、 ダム下流区間6測線、ダム上流区間7測線、支川百済木川 2測線の計15測線において実施され、1測線3箇所ずつで 河床材料を採取し、粒度組成が計測された.さらに、 3D測量機能付きの河川監視カメラ(フィールドビュー ア)をダムサイト上下流に設置し⁸、河川形状等の常時 監視を行い、インターネットに公開するなど、詳細なモ ニタリングと積極的な情報発信が行われた.

3. 事業段階毎の水位

(1) 撤去期間中の流況

荒瀬ダム地点の年最大流量の経年変化を図-3に示す. 荒瀬ダム地点の流況は、2013年3月まではダムの運用管 理記録があり、2013年4月以降は上流にある瀬戸石ダム の流入・放流量からの換算流量として記録されている. この流量記録に基づくと、荒瀬ダムのゲート開放後の3 年間(2010~2012年)は、各年で中規模以上の出水が発生 しているが、水位低下設備の運用開始からみお筋部の撤 去3年目までの5年間(2013~2017)は小規模出水しか発生 しておらず、みお筋部の撤去4年目の2018年7月にピーク 流量4,709m³/sの大規模出水が発生している.なお、ここ では便宜的にピーク流量が1,500m³/s程度を小規模出水, 平均年最大流量(3,156m³/s)に相当する3,000m³/s程度を中 規模出水、5,000m³/s程度を大規模出水と定義している.



図-4 ゲート開放前後のH-Q関係

表1	測量機能付河川監視カ	メラ	(FVカメ	ミラ)の諸元
----	------------	----	-------	--------

区分	項目	諸元
カメラ	種別	静止画
機能	画素数	130万画素
	レンズ	光学10倍,ハ化゙ジョン対応
レーザー	測距距離	10~250mm
測距機能	測距精度	± 100 mm
	測距ポイント	約8500ポイント/画面
旋回機能	旋回角度	水平±180° 垂直+90~-45°

(2) ゲート開放前後の水位

河川形状変化の外力となる掃流力の変化を把握するため、ゲート開放前後の大規模出水時の水位~流量関係を 図-4に示す.荒瀬ダムでは、迎洪水時に貯水位を EL+29mまで低下させる運用が行われており、流量 3,000m³/s程度(中規模出水)まではこの水位が維持され、 3,000m³/s以上になると流量の増加に伴い河川水位が上昇 している.すなわち、ゲート開放の前後では、小規模・ 中規模出水では河川水位に変化があるが、大規模出水で は河川水位に変化がなく、ゲート開放によるインパクト の変化がほとんどないといえる.

(3) みお筋部の撤去前後の水位

荒瀬ダムでは水位低下設備の運用開始後(2013.5月以降)は水位の観測が行われていないが、撤去工事期間中の急激な土砂流出等の影響を監視するために設置された 測量機能付河川監視カメラ(以下,FVカメラ)による撮影 画像を用いて河川水位を推定し、みお筋部の撤去による インパクトの変化を推定した.

a) 画像解析の方法

荒瀬ダム上下流に設置されたFVカメラの概要と設置 位置を表-1および図-5に示す.FVカメラによる撮影は, 2013年5月~2019年11月の7年間弱の期間,日1回の頻度 で実施されている.解析に用いた画像は,荒瀬ダム上流 から本体に向って撮影された画像データ(図-6)から流量 規模別に抽出したもので,みお筋部の撤去前が56枚,撤 去後が173枚の合計229枚の画像データを対象に,画像中 にある構造物と荒瀬ダムの構造図を用いてスケーリング









図-6 FVカメラによる撮影画像の例



を行い、水位の推定を行った.

b)水位~流量関係(H-Q式)

画像解析により推定した水位を用いて作成したみお筋部の撤去前後のH-Q式を図-7に示す.H-Q式に基づき同じ流量規模におけるみお筋部の撤去前後の水位を比較すると約4mの水位差がある.みお筋部の撤去後の平均河床高は、みお筋部の撤去前と比較して約1.5m低下しているため、平均水深では約2.5m浅くなっていると推測できる.



4. 河川形状の変化

(1) 球磨川本川

a) 河川縦断形状

球磨川本川の平均河床高の縦断図を図-8に示す. 球磨 川本川の縦断形は、荒瀬ダム撤去工事によりダムサイト 下流約1.4km, 上流約2.5kmのダム直上・直下流区間では みお筋部の撤去後に変化しているが、その他区間では明 瞭な変化が生じていない.

b) 横断形状(ダム直下流)

ダムサイト下流510m(19k400)および直下流(19k800)の 横断図を図-9上段に示す. 19k400では、ゲート開放後に 左岸側のみお筋部で堆積があるものの、河川形状の顕著 な変化がないが、みお筋部の撤去後は横断全体で河床高 が約2~3m上昇し、みお筋部の撤去4年後の横断形では お筋が右岸側に移動している。19k800では、ゲート開放 後から左岸側で堆積が進み、徐々に左岸側の砂州が発達 している. また, みお筋部の撤去後は, 右岸のみお筋以 外で河床高が上昇し、ダム撤去前と比較すると、左岸側 で約8m,河道中央付近で約5m河床高が上昇している.

c) 横断形状(ダム直上流)

ダムサイト上流170m(20k080)および500m(20k410)の横 断図を図-9下段に示す. 20k080は、水位低下設備の運用 後にみお筋で約1.5mの堆積があるが、全体的に河川形

図-10 球磨川本川距離標 状の変化は小さく、みお筋部の撤去後にみお筋から左岸 側の砂州で河床高が約2m低下している。20k410は、右 岸側で人為的に堆積土砂の除去を行っているため、時系 列的な変化は明確ではないが、みお筋部の撤去後は撤去

工事前と比較して、右岸側で最大4m程度、河床高が低

佐瀬野

瀬戸石ダム

下代瀬

下している. d)平面形状

みお筋部の撤去後のダム直上, 直下の砂州形状の変化 を図-11、図-12に示す.ダム直下流では、みお筋部の撤 去後半年で直下流左岸とその下流右岸に砂州が形成され ている. 下流区間に堆積した土砂はその一部が人為的に 除去されたが、みお筋部撤去2年後には砂州が再形成さ れ、さらにピーク流量4,709m3/sの出水生起後の2018年8 月は, 左岸側の砂州が下流に延伸し, ダム建設前の砂州 形状に近づいている. ダム上流区間では、水位低下設備 の運用後に確認された砂州状の堆積土砂が、人為的な掘 削と自然流出により減少し、ダム建設前と同様の砂州が 形成されている.



図-11 ダム直下の砂州形状の変化(みお筋部撤去以降)

(2) 百済木川

a) 河川形状の変化

百済木川の0k000~1k000の横断図を図-13に示す.百 済木川の河川形状は2段階で変化している.百済木川で は、ゲート開放後の2010年に0k400~0k800の河床が1 ~2m程度低下し、2010~2014年は河床高の変化が小さ い.しかし、2015年のみお筋部の撤去後に再度河床高が 低下し、0k000~0k400で2~3m程度低下するなど河床 高の低下が顕著となっている.

b) 百済木川の河床高と球磨川本川水位の関係

百済木川の河川形状の変化イメージを図-14 に示す. 荒瀬ダムでは、貯水位を EL+29m まで低下させて洪水を 迎えていたため、EL+29m 以上は撤去工事前後で出水時



図-12 ダム直上の砂州形状の変化



の掃流力に変化がなく、そのため1k000 は撤去工事後も 河川形状の変化が小さいと考えられる.また、ゲート開 放後の荒瀬ダム地点の水位は、3,000m³% で EL+29m 程 度、1,500m³% で EL+26m 程度となり、百済木川合流点付 近ではそれ以上となる.そのため、ダム本体が残る水位 低下設備の運用後までは、小規模出水でも EL+26m 以下 は本川の背水の影響を受けて掃流力が低下し、0k200 よ り下流では河川形状の変化が小さく、0k400 より上流は 河床高の低下が明瞭になったと考えられる.これに対し みお筋部の撤去後は、出水時の本川水位が約 4m 低下し たと推測されており(前述 3.(3)b)参照)、大規模出水時に おいてもダム撤去前と比較して大きな掃流力が作用し百 済木川の河口部でも明瞭な河床高の低下が発生したもの と考えられる.



5. 河床材料の変化

ダム下流区間の遙拝堰,下代瀬,ダム上流区間の佐瀬 野における粒度組成の調査結果を図-15に示す.

(1) ダム下流区間(下代瀬,遙拝堰)

荒瀬ダム撤去事業では、ダム貯水池に堆積していた砂 礫やシルトが流出し、代表的なアユ産卵場、採餌場であ る下代瀬へのシルトの堆積などが懸念されていた. 下代 瀬の粒度組成は、細礫や粗砂の割合が高い年があったが 長期化せず、撤去工事前と同様の粒度組成に戻っている. 一方、遙拝堰では、水位低下設備の運用後に砂分の割合 が高くなり、その状態が継続している. しかし、当初懸 念されたシルトの堆積は確認されていない. 遙拝堰は湛 水のため掃流力が他地点よりと比較して小さく、砂分が 堆積しやすくなっていると考えられる.

(2) ダム上流区間(佐瀬野)

撤去工事実施前の佐瀬野の粒度組成は、シルト・粘土 が47%、砂分が52%であったが、撤去工事後は粗粒化が 進み、2018年の調査では礫分が80%以上となっている.

6. まとめ

- ・荒瀬ダム地点の水位は、ゲート開放前後は、中規模出水では変化があったが、大規模出水では変化が小さかった。みお筋部撤去後は、FVカメラにより取得された画像データによりH-Q式を作成し、出水時の水位がみお筋部撤去により約4m低下したことが分かった。
- ・球磨川本川では、ダムサイト上下流の約4kmにおいて 撤去工事に伴う河川形状の変化があったが、その他の 区間では年ごとの変化はあるものの、平均河床高の変



化は小さく、撤去工事の影響は小さいといえる.

- ・百済木川の河川形状は概ね2段階で変化した.また, 百済木川の河川形状は,球磨川本川の水位(主に出水 時)の影響を受けて変化していることが推測された.
- ・ダム上下流の河床材料は、全体的には大きな変化がな かったが、ダム下流区間の遙拝堰で砂分の割合が多く なり、ダム上流区間の佐瀬野では粗粒化が確認された.

参考文献

- 大槻順朗,北村直也,二瓶泰雄,石賀裕明,皆川智子,島谷 幸宏:荒瀬ダム撤去影響評価に向けた球磨川及び河ロ干潟の 土砂輸送・堆積特性の把握,土木学会論文集B2, Vol.68, No.2, pp1071-1075, 2012
- 大槻順朗,川崎貴志,二瓶泰雄,鬼倉徳雄:出水時球磨川に おける粒径別浮遊土砂輸送特性,土木学会論文集B1, Vol.69, No.4, pp1063-1068, 2013
- 3) 川崎貴志,大槻順朗,二瓶泰雄,広瀬雄太郎,吉森佑介,鼻 崎拓郎,伊豫岡宏樹,鬼倉徳雄:荒瀬ダム撤去評価に向けた ダム湛水域・下流河川・干潟の土砂動態の調査と解析,土木 学会論文集B1, Vol.71, No.4, pp979-984, 2015
- 大本照憲,平川隆一:荒瀬ダム下流域の土砂輸送および流れ に関する研究,土木学会論文集B1, Vol.69, No.4, pp1057-1062, 2013
- 5) 大本照憲,安達幹治,平川隆一:荒瀬ダムの撤去が直下流域 の土砂動態および流れに与えた影響,河川技術論文集, Vol24,2018
- 小林草平,角哲也,竹門康弘:ダム撤去後に下流に形成した 砂州の生物生息場機能,河川技術論文集,Vol22,2016
- 7) 荒瀬ダム撤去フォローアップ委員会,熊本県企業局:荒瀬ダ ム撤去環境モニタリング報告書,2020.
- 8) 吉田史朗,野間卓志,藤田陽一,小林一郎:ダム撤去におけ る河道管理への測量機能付監視カメラ利用の可能性,土木学 会論文集F3, Vol.70, No.2, pp227-234, 2014

(2020.4.2受付)