

一庫ダムにおける河川環境復元対策と効果について

村上裕哉¹・滝本雅之²

^{1,2}水資源機構桂川・猪名川ダム総合管理所 一庫ダム管理所 (〒666-0153兵庫県川西市一庫字唐松4-1)

一庫ダムは、淀川水系猪名川支川一庫大路次川に建設された重力式コンクリートダムであり、1983年に管理を開始した。一般的に、ダムを建設すると、その下流河川において土砂供給の遮断や河川流量の平滑化等により河川環境が変化するとされている。一庫ダムにおいても河床材料の粗粒化やヨシ、藻類の繁茂等により、魚類等の生息に適した環境が減少していった。そこで、2002年よりフラッシュ放流や土砂還元等の河川環境復元対策を開始し、これら対策の効果検証を目的としたモニタリング調査を継続して実施している。本稿は、一庫ダムの河川環境復元対策の実施状況、及び現段階での効果検証結果について報告するものである。

キーワード 河川環境復元、フラッシュ放流、土砂還元、弾力的管理試験、モニタリング調査

1. はじめに

一庫ダムは、淀川水系猪名川支川一庫大路次川に建設された、洪水調節、水道用水の供給、流水の正常な機能の維持を目的とした多目的ダムであり、1983年に管理を開始した。一庫ダムの諸元を表-1示す。

一般的に、ダムを建設するとその下流において河川環境が変化するとされており、一庫ダムにおいては管理開始20年頃にはアユをはじめとする魚類等の減少が確認された。その要因として、土砂供給の遮断や河川流量の平滑化を起因とする①河床のアーマースコート化や浮石等の減少による魚類等の生息場の変化、②付着藻類の更新頻度の減少などの餌環境の変化が考えられる。特に、一庫ダムは渇水リスクの高いダムであり、近年では2020～2023年度の4年連続で取水制限を伴う渇水対応を行っており、河川流量が平滑化し易い。

上記背景の下、一庫ダムでは2002年より、再び魚類等が生息可能な河川環境の復元を目標に、玉石投入、ヨシの除去、フラッシュ放流、土砂還元や弾力的管理試験といった河川環境復元対策を実施している。また、その効果検証のため、魚類等のモニタリング調査を継続している。本稿は、一庫ダムで実施している河川環境復元対策の実施状況、及び現段階での効果検証結果について報告するものである。

表-1 一庫ダムの諸元

堤高	75.0 m	堤頂長	285.0 m
総貯水容量	33,300 千m ³		
	洪水期：6/16～10/15	非洪水期：10/16～6/15	
洪水調節容量	4,000 千m ³	17,500 千m ³	
利水容量	26,800 千m ³	13,300 千m ³	
流域面積	115.1 km ²		

2. 河川環境復元対策

2.1 課題の抽出と対策検討

河川環境復元対策を実施するにあたり、当時の河川環境を把握するため、魚類、底生動物、付着藻類の調査を実施し、猪名川の河川生物生息環境を評価した上での表-2と課題点の抽出と対策の検討を行った。

表-2 課題点及び対策

課題点	対策
・岩盤が多く、魚類、底生動物が生息、産卵するための石礫や砂が少ない ・底生動物、魚類が好んで食べる付着藻類が少ない ・出水などによる自然の攪乱による河道の変動の消失（ヨシの繁茂等）	・土砂還元、玉石の投入（主にアユ） ・流況の変化（フラッシュ放流） ・陸生植物の除去

2.2 ヨシの除去・玉石投入

河道の変動が消失し、陸生の植物が繁茂すると水辺が減少し、水生生物の生息範囲が縮小される。特にアユの生息には、水面に光の当たる時間は6～12h/日程度が望ましく、冬場の内に付着藻類を食すオイカワ等が定着し

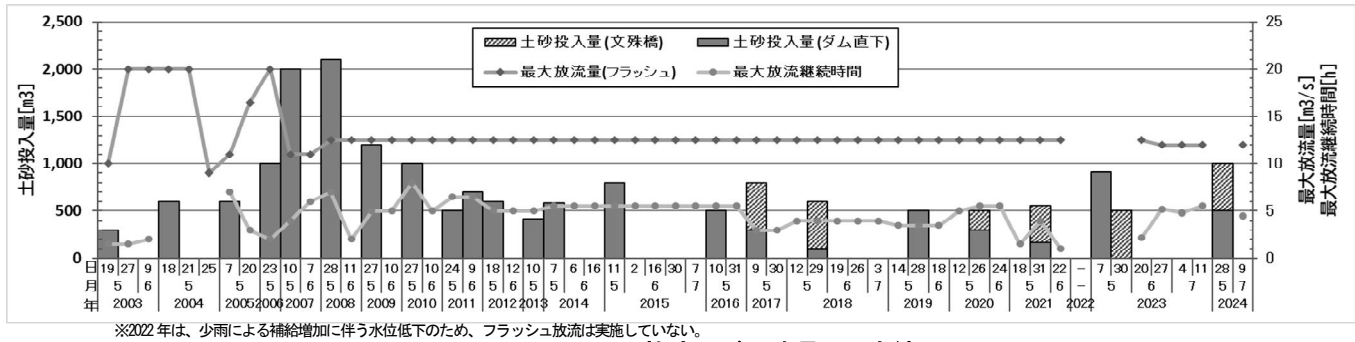


図-1 フラッシュ放流及び土砂還元の実績

餌環境が保全されることが必要であり、加えて、なわばりや外敵からの避難場所となり得る生息場が必要で、人頭大の石礫が適する。また、オイカワの生息には陸生植物が入り込まない瀬で、砂礫底が必要となる。

以上の理由から、2002年にダム下流約300～600mの範囲で、①ダム管理開始以降繁茂していた陸生植物のヨシを除去し、②10～40cmの玉石を河川工事の残土よりふり分けて投入することで、河川環境の改善を図った。

2.3 フラッシュ放流及び土砂還元

ダム建設により、その下流河川において流量が平滑化、土砂供給が遮断されることで、魚類等の生息場や餌となる付着藻類の更新頻度の減少、河床の粗粒化・アーモコート化等が生じ水生生物の生息場が減少する。そのため、2003年からフラッシュ放流及び土砂還元による掃流力を利用した対策を開始している。フラッシュ放流及び土砂還元の実績を図-1に示す。ただし、図-1には後述の弾力的管理試験におけるフラッシュ放流の実績を含む。

フラッシュ放流は平常時最高貯水位(EL. 149.0m)から弾力的管理試験の活用容量に相当する水位(EL. 136.7m)に低下させるドローダウン操作時に併せて実施している。最大放流量は、2005年までは利水放流設備の放流上限である $20\text{m}^3/\text{s}$ としていたが、構造上、放流量が $12.5\text{m}^3/\text{s}$ を超えると低層取水となり、冷水放流による水生生物等への影響が懸念されたため、2006年は非常用洪水吐から $20\text{m}^3/\text{s}$ の放流を実施し、2007年以降は低層取水とならない $12.5\text{m}^3/\text{s}$ を上限とし放流している。

土砂還元は図-2のダム直下及び下流約3.0kmにある文殊橋の2地点で実施しており、投入する土砂はダム上流に堆積した土砂を採取することを基本としている。これにより、貯水池容量の延命化を図るとともに、本来の自然状態に近い下流への土砂移動を意識している。土砂は上記のフラッシュ放流と併せて、重機で直接投入しており、少ない流量でも分散しやすい効率的な土砂還元となるように工夫している。

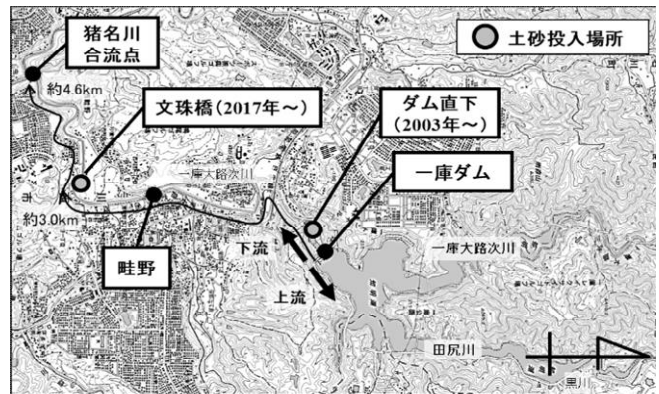


図-2 土砂投入位置

2.4 弾力的管理試験

一庫ダムでは、維持流量の増量により魚類の生息環境の保全・向上を図ることを目的に、2006年より弾力的管理試験を実施している。弾力的管理試験は、洪水貯留準備水位(EL. 135.3m)から最大+1.4mの洪水調節容量に活用容量として貯留し、補給に用いることで、下流河川において魚類の生息に望ましい流量を確保する取り組みである。実施期間は、洪水リスクが高くなる前の6/16～7/15の期間とし、利水への影響を考慮し活用容量内に貯留している場合のみ試験を実施している。アユ、オイカワ、ヨシノボリ類の3種を対象魚種として、下流基準地点(畦野)において生息(移動・産卵)に必要な流量 $1.22\text{m}^3/\text{s}$ を確保する計画であり、この必要流量からの不足分を過年度の流況より求め、そこにフラッシュ放流4回分の容量を加えて活用容量を算定した。現状の試験計画の概要を図-3に示す。

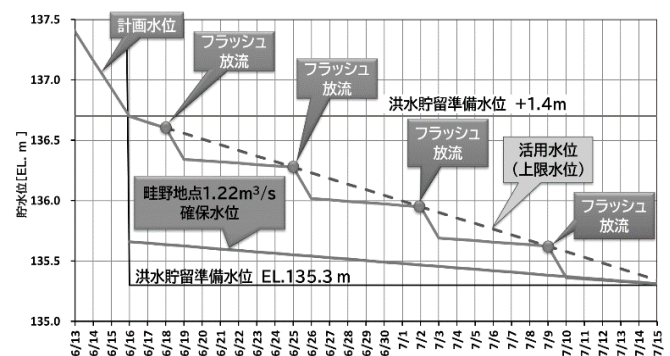


図-3 弾力的管理試験の水位運用イメージ

3. 河川環境復元対策の効果検証

3.1 還元土砂追跡調査

河川環境復元対策の物理的な影響を把握するために、2009～2012 年度で還元土砂の流下範囲を追跡調査している。調査方法は、ダム直下での土砂還元実施時にトレーサー（石灰石）を投入し、河川環境復元対策実施後に 100m 間隔で、現地目視、ふるい分け試験にてトレーサーの有無を確認した。トレーサーの鑑定には希塩酸滴下法を採用し、発砲を確認することで行った。

その結果、 $\phi 0.25 \sim 2\text{mm}$ のものについては下流約 4.6km の猪名川合流点まで流下が確認された。 $\phi 2 \sim 40\text{mm}$ のものについては、下流約 800m 地点の堰付近への一時的な堆積が確認されたが、 $50\text{m}^3/\text{s}$ 程度のダム放流量があれば猪名川合流点まで流下することが示唆された。

3.2 下流河川生物相のモニタリング調査

3.2.1 調査概要

河川環境復元対策の効果検証のため、ダム下流河川において魚類、底生動物、付着藻類の生物相のモニタリング調査を実施している。2023 年の調査は図-4に示す地点において、5～11 月に 1 回/月の頻度で実施している。

3.2.2 モニタリング結果及び河川復元対策の評価

河川環境復元対策の効果検証を行うため、2023 年までのモニタリング調査結果を 10 個の着眼点で評価した。

(1) 河川環境復元対策実施前後での魚類確認種数の比較

ダム下実験区①、②で確認した在来魚の総種数は、2023 年で 16 種となり、2002 年以来最多である。特に、河床の浮き石状態の指標となるカワヨシノボリ等小型の底生魚が継続して確認されており、当年は 4 種と多かった。また、砂質河床に生息する底生魚も確認され、砂質の河床環境が整っていることを示した。

(2) 指標種のオイカワに着目した生態系の持続性

オイカワは、冬季に付着藻類を食すため、春季以降の藻類を食す種の生息環境を整える働きがあり、寿命が 3 年程度で定住性があることから、河川環境復元対策による改善効果の指標となる種と考える。ダム下実験区①、②での確認個体数の変遷を図-5に示す。03 年の土砂

還元開始時からみると、調査年により変動があるものの増加傾向にある。なお、2021 年以降はオイカワの捕獲数が減少しているが、これは 2020 年より 4 年連続で渇水傾向にあった影響と思われる。また、体長 20～50 mm 未成魚が多く確認されており、ダム下流域で自家生産していると思われる。

(3) 底生魚に着目した持続可能な生産性の維持

底生魚の多くは河床の石礫間の窪みや巨石の陰、砂底に潜る。そのため、流量が充分で、水深が概ね 50 cm 以上の深みが散在する河川形態が生息場に適する。ダム下実験区①、②での底生魚類の種数及び確認個体数の経年変化を図-6に示す。2023 年は底生魚の種数と個体数が最多で、調査 1 回あたりの個体数は 63.6 個体で対策開始年に比して 27.7 倍となった。種数は、対策開始年の 5 種から 10 種になった。このことから、河川環境復元対策により、ダム下流域で流速と水深が多様な瀬と淵ができ、河川の生産性が維持されていることが示唆される。

(4) 浮き石状況に着目した溪流河川環境の持続性

小型の底生魚と浮き石状態の河床で産卵するカワムツを浮き石指標種とし、それらの個体数と種数を分析することで浮き石状態を評価した。ダム下実験区①、②での浮き石指標種の個体数及び種数の経年変化を図-7に示す。2023 年調査の浮き石指標種の種数は 4 種で、個体数は 405 個体と最多となり、河川環境復元対策開始年に比して 16 倍以上に増加した。種数は、玉石投入直後の 2002～2007 年は 2～3 種であったが、2009 年からは 4～5 種となるパターンが定着している。以上より、河川復元対

策により浮き石河床を利用する魚類の産卵床が形成され、溪流河川環境を維持していると考えられる。

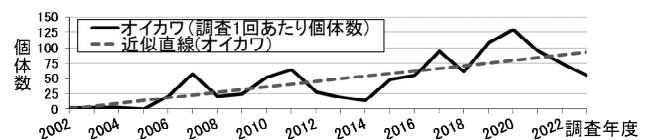


図-5 オイカワの確認個体数の経年変化

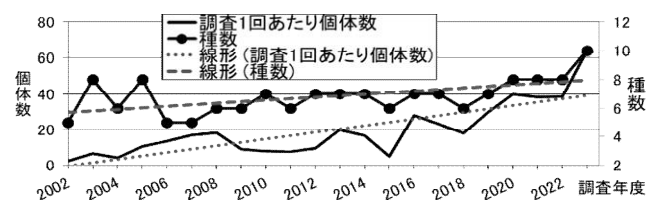


図-6 底生魚の確認個体数の経年変化

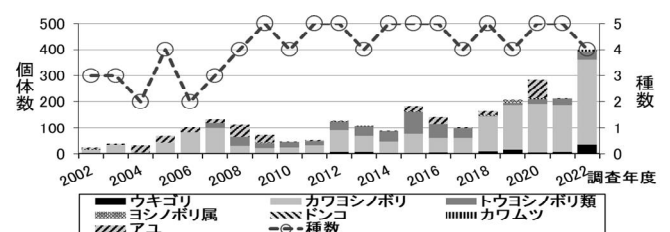


図-7 浮き石指標種の個体数及び種数の経年変化



図-4 モニタリング調査地点 (2023 年)

(5) 河川の河床及び河畔環境

河床状態に敏感なヨシノボリ類、河畔環境に特に敏感なカワムツを指標種とし、ダム下実験区①、②での個体数の経年変化を図-8に示す。ヨシノボリ類の調査1回あたり個体数は河川環境復元対策開始年の1.67個体に対し、2023年には最多の51.0個体で30.5倍に増加した。また、2023年調査のカワムツの個体数は最多の9個体で、河川環境復元対策開始年と比較して9.0倍に増加した。ダム下実験区①、②はカワムツの生息条件の一部を満たしているといえるが、平瀬に繋がる陰のある緩流域が少なく、産卵場となる小礫から中礫の河床が少ないため、さらに河川環境復元対策の河床改善効果が発現され、下流域からの新たな個体群の定着が期待される。

(6) 河床環境の再生状況

ダム下流域での河床環境の再生状況をカマツカとシマドジョウ類の個体数より評価する。ダム下実験区①、②のカマツカとシマドジョウ類の個体数の変化を図-9に示す。2023年のシマドジョウの個体数は40個体で最多であった。一方、カマツカの個体数は安定せず、その要因として、砂に砂利混じりの底質の範囲が狭いこと、出水等による底生動物の定着状況の影響が考えられる。

(7) 河川内の土砂の連続性

八幡はダム下流の河川が大きく蛇行するところに位置し、右岸側に広い河畔林があり、流速が多様で魚類の隠れ場が多いため、ダム下実験区①、②の魚類の避難場、魚類の供給源となり得る。そのため、八幡の環境が維持され流れが連続することが重要である。2023年の在来種全体の確認個体数は176個体で対策開始年の5.9倍に増加、種数は18種で河川環境復元対策開始年の11種から増加傾向にある。これは河川環境復元対策により河床

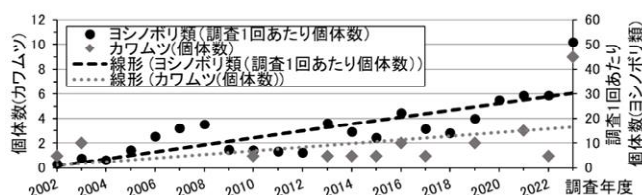


図-8 ヨシノボリ類及びカワムツの個体数の経年比較

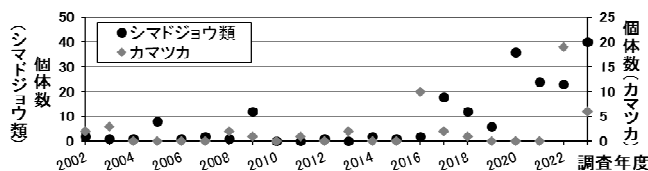


図-9 カマツカ・シマドジョウ類の経年比較

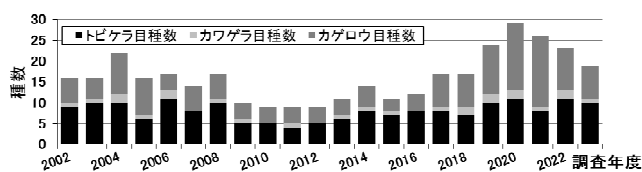


図-10 カゲロウ、カワゲラ、トビケラ目の経年変化

が更新されているためと考えられる。

(8) 底生動物からみた溪流性の生態系の再生

カゲロウ、カワゲラ、トビケラ目の多くの種は溶存酸素の多い流速のある水域や汚濁の少ない流域に生息し、良好な環境の指標となる生物群である。当該3目のダム下実験区①、②での種数の変化を図-10に示す。2023年の種数は、減少傾向に転じた2020年以降で最も少なかった。これは、当年は9月以降の出水が少なく渇水状態が続いていたこと、昨年からの還元土砂が多く沈み石状態となったことが要因と考えられる。このように、流況の影響を受けることが考えられるため、今後も河川環境復元対策を継続し、河床環境を整えることが望まれる。

(9) 洪水による攪乱後の生物相の回復状況

降水量や放流量が多い日が続くと、遊泳力の小さい底生動物や稚魚は下流へ流されられると思われる。しかし2018年7月豪雨の翌年の調査結果から、当該豪雨後の底生動物相は確認種数が増え、攪乱された後にも生物相は回復する抵抗力をもっていることが明らかになった。また、極端な渇水であった2022年のダム下実験区①、②では、魚類の種数が増えるなど、渇水状態が魚類相に及ぼした影響はみられないと考えられる一方で、底生動物相から見ると(8)のとおり底生動物の種数が減少した。

(10) 付着藻類に着目した生産性・回復力

ダム下実験区①では、ダム上流の千軒と同様に藻食魚の餌になりやすい藍藻 *Homoeothrix* が8~10月に優占し、ハミアトも6~10月によくみられた。このことから、ダム下実験区①でも藻食動物の餌環境の生産性が維持されていると考えられる。ダム下実験区②と八幡では、藻食魚の餌になりにくい糸状緑藻や糸状珪藻が優占することが多く、ハミアトはダム下実験区①に比べては少なかったが、石礫を覆うほど繁殖することはない、優占種の交代が頻繁にみられる。以上より、藻類の剥離・更新が示唆され、生産性と回復力が高いといえる。

4. まとめ

これまでの効果検証結果から、①還元土砂は猪名川合流点まで供給されていること、②生物相調査からみると河川環境復元対策により河川環境の改善効果がみられること、③生物相はある程度の渇水や洪水等の環境変化に耐える許容量があり、流況が変化することで、より多様な生物が生息できる環境が形成されていることが考えられる。

今後も河川環境復元対策を継続し、増加傾向に転じてきたカワムツや安定が未確認のカマツカが定着するよう努めていく方針である。