

銅山川における河川環境の改善に向けて

吉野川ダム統合管理事務所 管理課 柳瀬 有里
吉野川ダム統合管理事務所 管理課 調整係長 岡川 英智
吉野川ダム統合管理事務所 管理課長 石川 洋

銅山川においては、江戸時代より瀬戸内側への分水が提案されて以降、時代を経て柳瀬ダム、新宮ダム、富郷ダム建設による開発が進められてきたが、本開発に伴う銅山川下流の流況の変化による河川環境の悪化が懸念された。これに対し吉野川ダム統合管理事務所では、平成13年度より開始した水力発電増強容量の一部活用による「環境用水」と、平成21年度より開始した富郷ダムの洪水調節容量内に「活用貯留水」を組み合わせた弾力的管理により河川環境の改善に取り組んでいる。令和3年度からは、活用貯留水の容量を拡大し新たな運用を開始したことから、これまでの経緯や河川環境の改善に向けた取り組みの報告を行う。

キーワード ダム、弾力的管理、活用貯留水、河川環境改善、フラッシュ放流

1. はじめに

銅山川ダム群には大きく分けて2つの役割がある。1つ目は洪水時に各ダムの洪水調節容量に流入水を貯留し、下流への洪水被害を防止・低減する「治水」、2つ目は生活用水・工業用水・農業用水・発電に使用する水を貯留する「利水」である。銅山川ダム群が地域で担う利水の役割は大きく、昭和29年（1954年）、四国内で初の多目的ダムとして柳瀬ダムが完成して以降新宮ダム、富郷ダムの建設とともに銅山川の水の更なる開発が進められ、製紙業が盛んな四国中央市の発展に貢献してきた。

一方、銅山川の開発とともに、銅山川下流の流況と河川環境の悪化が懸念となった。このことから、社会実験やアンケートの実施を経て、河川環境改善のための下流への補給方法の検討を行い、平成22年（2010年）より弾力的管理試験を開始し、更なる効果的な弾力的管理の運用方法の検討を現在に至るまで続けている。

本稿では、銅山川の河川環境改善を目的とした社会実験、弾力的管理試験の開始、そして近年の弾力的管理の運用方法の変更に至るまで、弾力的管理についての取り組みを報告する。

2. 銅山川の開発と河川環境改善

(1) 川之江・伊予三島地域の水不足と愛媛分水の通水

銅山川開発の歴史は江戸時代に遡る。銅山川から法

皇山脈を越えて瀬戸内側に位置する川之江・伊予三島（現四国中央市）の地域は、古くから水不足に悩まされており、当時住民からの要望を受けた代官が安政2年（1855年）、分水の計画を指示した記録が残っているが、その後100年、分水の実現には至っていない。

昭和初期に入ると、愛媛県が分水の実現に向けて柳瀬ダムを計画、昭和11年（1936年）に地域住民の強い要望により愛媛県と徳島県の間で銅山川分水協定が結ばれ、戦後昭和20年代に柳瀬ダム建設工事が着手された。そして昭和29年（1954年）柳瀬ダムの完成と同時に愛媛分水も通水が開始し、遂に瀬戸内側に水が送られることとなった。この愛媛分水開通までの人々の尽力は「銅山川疎水史」に詳細に記されている。

(2) 銅山川下流の流況変化と河川環境改善

その後、戦後復興と四国の発展のため新宮ダムが建設され、愛媛分水は強化されることとなった。

さらに新宮ダム完成の7年後、昭和57年（1982年）、銅山川の更なる水運用と治水のため、富郷ダム建設事業が着手されることとなるが、銅山川下流の河川流量の低下に伴う、流況と河川環境の悪化が懸念された。このため、富郷ダム建設と同時に新宮ダム下流に調整堰となる影井堰を建設し、銅山川下流に供給水を確保することで、下流河川環境に対する対策とした。銅山川ダム群と愛媛分水の概要は以下のとおりである（図-1）。



図-1 愛媛分水概要図

(3) 影井堰の運用開始と弾力的管理の検討

当初、影井堰の運用をはじめとした銅山川の河川環境改善は、短期的に河川流量を増量させるフラッシュ放流での対応が検討されていたが、平成8年（1996年）頃より地元町村や漁業組合から常時流れる水量の増量（フラット放流による平常時の流量の確保）の要望が強くなった。その後発足した銅山川河川環境を考える懇談会にて、「フラット放流、発電増強の一部活用等の新宮ダム下流環境放流の運用に関する基本事項」が合意され、この基本方針に基づき平成13年（2001年）富郷ダムとともに影井堰の運用が開始した。基本運用を新宮ダムから影井堰の自流を原資として、 $0.042\text{m}^3/\text{s}$ （毎分 2.5m^3 ）を放流するとともに、銅山川第三発電所の使用水量の一部を環境用水として新宮ダムの利水容量内に貯留し上記と合わせて影井堰から $0.17\text{m}^3/\text{s}$ を放流することとして、銅山川の河川環境改善の取り組みが本格的に開始されることとなった。

ただし、当該運用は、年間の限られた期間での放流となるため、平成21年開催の懇談会において河川環境改善の効果を更に高めるべく検討していくこととなり、平成23年度からは社会実験としてダムの弾力的管理の検討や地元へのアンケートを実施しながら、銅山川の河川環境改善効果の更なる向上を目的とした具体的な実施方針の検討を行っていくこととした。（図-2）。

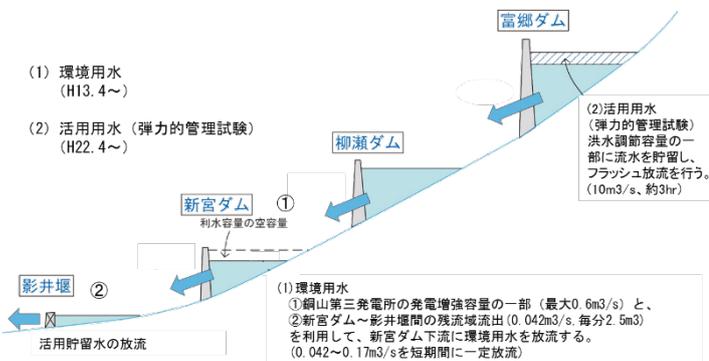


図-2 「銅山川の河川環境改善の取り組み」運用イメージ

3. 銅山川の弾力的管理の具体的な取り組み

(1) 銅山川でのダムの弾力的管理の概要

ダムの弾力的管理とは、洪水調節に支障を及ぼさない範囲で、洪水調節容量の一部に流水を貯留し、これを適切に放流することにより、ダム下流の河川環境の保全、改善を図るものである。

銅山川でのダムの弾力的管理を実施するにあたっては、洪水調節容量が通年存在し、相当雨量（流域面積に対する洪水調節容量の大きさ）の大きい富郷ダムの洪水調節容量内に活用容量を設けることとした。活用容量の貯留規模は、洪水前に利水容量が満杯であっても事前に放流可能な水量を、平成13～20年に発生した比較的大規模な洪水の実績を用いて算出し、洪水調節容量 $1,250\text{万}\text{m}^3$ のうち $25.6\text{万}\text{m}^3$ を活用容量に設定した。

また、貯水位低下速度の制限に達した以降は放流量を定量に保ち、満水でも洪水前に安全に放出できる水量としている（図-3）。活用容量内の貯留水を下流の環境改善のため放流するときは、下流ダムへ段階的に移動させ、影井堰で調整して放流することとした。

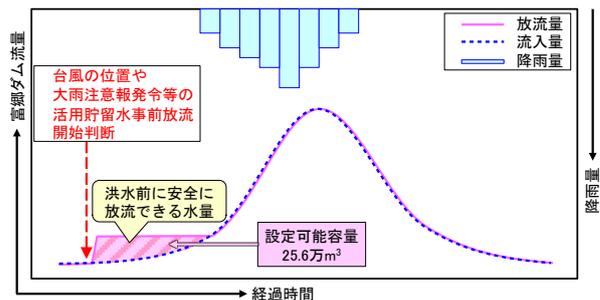


図-3 活用容量 $25.6\text{万}\text{m}^3$ の設定根拠のイメージ

(2) 環境改善のための社会実験の実施

平成 22～26 年に、活用放流のピーク流量や継続時間を変えながら合計8回の社会実験を実施し、流域住民へのアンケートを行い、適切な放流方法を検討した。

a) 日常の水量感増量を目的とした社会実験

第1回～第4回の社会実験（平成22～24年度）では、日常の水量感増大を目的とし、ピーク放流量 $1.0\sim 5.0\text{m}^3/\text{s}$ の実験を行い、アンケートにより放流量が $3.0\text{m}^3/\text{s}$ あれば水量感が多いと感じられる結果を得た。一方で、第4回社会実験にて地元住民の方から河床堆積物を洗い流せていないとの指摘を受け、活用放流の目的を日常の水量感増大から「河床の掃流」へ変更し、フラッシュ放流の検討へ移行した。

b) フラッシュ放流による河床掃流を目的とした社会実験

第5回～第8回の社会実験（平成25～26年度）では、年2回で活用容量を使い切るフラッシュ放流による河床掃流を目的とし、ピーク放流量 $10.0\text{m}^3/\text{s}$ の放流継続時間

を2~6hrで変化させた社会実験を実施した。その結果を以下に示す。

ピーク放流量10.0m³/sのフラッシュ放流時には、ピーク放流の継続時間に関わらず、水位上昇開始から水位ピーク到達までに多くの汚れが流下することが確認され、水位ピーク到達前に濁度は低減した。このことから、放流量の継続時間を長くしても、河床掃流の大きな効果は得られないことがわかった(図-4)。

ただし、ピーク放流の継続時間を短くすると、下流へ伝搬する際に流量波形が崩れ、下流地点のピーク流量が減少する。ピーク放流の継続時間を2hrとした場合、下流地点の最高水位がその他ケースより約10cm低く、10m³/sの水量が到達していなかった(図-5)。よって、対象区間(影井堰~吉野川合流点)を通じてピーク流量10m³/sが到達するように放流継続時間は3hrに設定した。

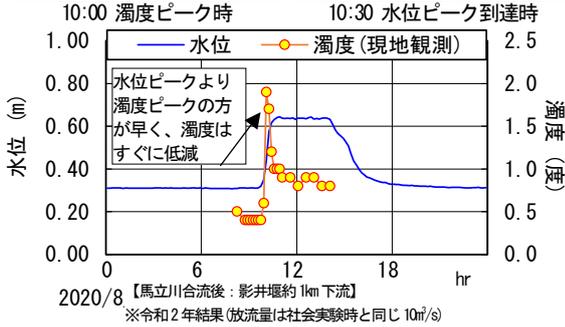
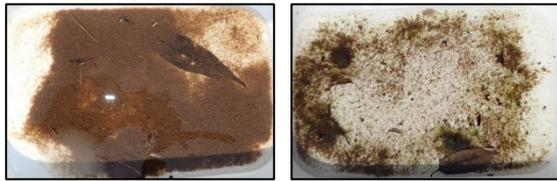


図-4 フラッシュ放流における水位と濁度の変化

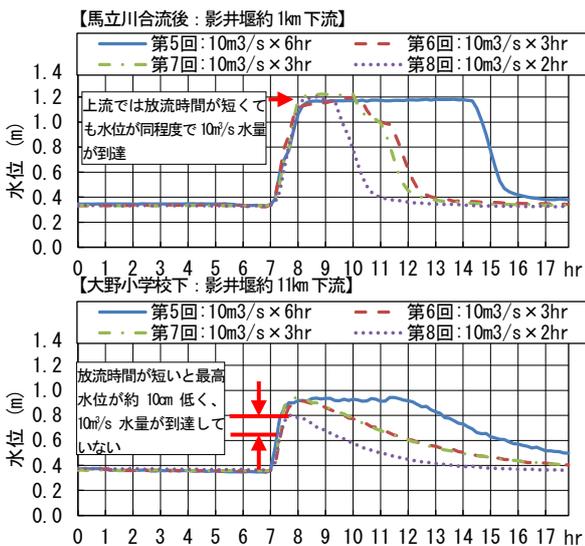


図-5 各放流継続時間における水位の変化

(3) 弾力的管理の試行運用の概要

計8回の社会実験を踏まえ、平成27年度からは、1回につき活用容量12.8万m³を利用してピーク流量10m³/s x 3hrのフラッシュ放流の実施を試行運用と位置付け、継続的にモニタリングを実施している(表-1)。

表-1 平成27年度以降の弾力的管理の試行運用実施状況

実施日	放流実施前の流況*
平成27年 11月12日 (秋)	約180m ³ /sの出水後、約40日の流量安定期間を経て実施。
平成28年 11月16日 (秋)	約120m ³ /sの出水後、約40日の流量安定期間を経て実施。
平成29年 12月12日 (冬)	約580m ³ /sの出水後、約1か月の間、流量が安定しない状況下で実施。
平成30年 5月31日 (春)	約110m ³ /sの出水後、約1か月の間に2~4m ³ /sの出水が3回あった状況下で実施(出水時以外の流況は安定)。
令和元年 12月3日(冬)	約20m ³ /sの出水後、約40日の流量安定期間を経て実施。
令和2年 8月20日(夏)	約50m ³ /sの出水後、約1か月の間に6m ³ /sの出水が1回あった状況下で実施(出水時以外の流況は安定)。

* 吉ノ瀬観測局(影井堰約5km下流)の水位を基に、弾力的管理による放流直近の出水規模とその後の流況を記載

a) フラッシュ放流によって洗い流された物質質量

ピーク放流量10m³/sの試行運用で観測したSS(懸濁物質)と流量(水位)の経時変化を基に、放流によって銅山川水系から洗い流された物質質量の総量(SS総量 = Σ(SS × 流量))を計算した。その結果、掃流されるSS総量は、秋や冬より春や夏に多く、フラッシュ放流を春や夏に実施することがより効果的と考えた(図-6)。これらの試行運用は全て、10m³/s規模以上の出水から約1か月後に実施しており、放流前の河床の安定期間の影響は小さいと考えられる。河床の付着藻類の増殖速度を調査したところ、秋より春や夏の増殖が速かったことから、河床の付着藻類の繁茂する夏にSS総量が大きくなったと考えられる。

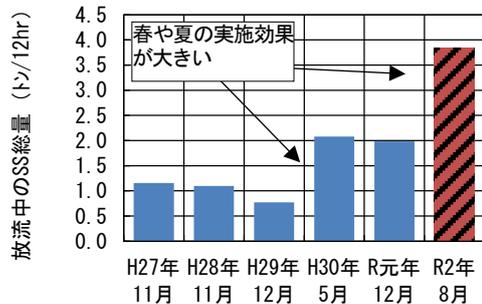


図-6 川口橋(影井堰約17km下流)を通過したSS総量計算結果
弾力的管理の試行運用の実施日

b) 水際に繁茂した糸状緑藻等の掃流

放流前後の河床状況を広く把握するため、各地点の様々な場所の観察を実施した。その結果、元々流れが速い瀬では $10\text{m}^3/\text{s}$ の放流前後で大きな変化は見られなかったが、付着藻類の繁茂や堆積物があった水際等では、放流による掃流効果が顕著に確認できた（図-7）。



平成 28 年度第 1 回試行運用 馬立川合流後：影井堰約 1km 下流

図-7 水際における放流前後の付着藻類の状況

4. 弾力的管理試験の試行運用方法の検討

(1) 試行運用での従前の課題

社会実験の結果より、令和2年度までは弾力的管理を以下の条件で実施した。

- ①影井堰からの最大放流量は、 $10\text{m}^3/\text{s}$ とする。
- ②1回につき、活用貯留量の半量（ $12.8\text{万}\text{m}^3$ ）を使用する。
- ③2回目の弾力的管理試験は、1回目の試験を行ってから約1ヶ月経過後、または、吉野瀬地点水位で 0.8m を超える出水があるから約1ヶ月経過後に実施する。
- ④フラッシュ放流は、原則として4月15日から9月15日の間で実施する。

しかし、実際の運用においては、降雨と重なる等の理由により実施のタイミングは少なく、フラッシュ放流の実施回数が年1回程度となっていた。

また、地元からは銅山川下流の河川環境のために少しでも通常時の水量を増やしてほしいとの要望があった。

(2) 実施方針の見直しと今後の検討

a) 活用容量の拡大

前述の課題を受け、実施方針について、平成13年～平成31年までの気象データを元にした更なる分析や放流シミュレーションを行った結果、活用容量を $25.6\text{万}\text{m}^3$ から $38.4\text{万}\text{m}^3$ へ拡大が可能であることがわかった。既往の活用容量の設定根拠は図-3に示すとおりであるが、活用貯留水の事前放流開始後、貯水位低下速度の制限に達した以降は定量としていた放流量を、流入量に追従させることで、活用容量を増大しても安全に運用可能と判断した（図-8）。

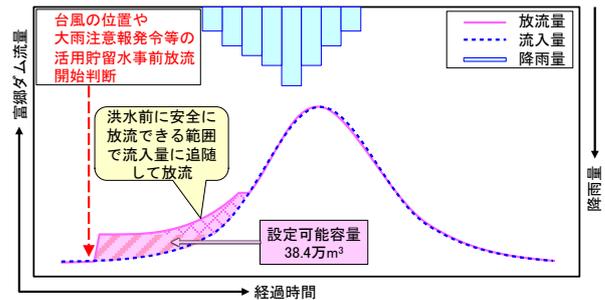


図-8 活用容量 $38.4\text{万}\text{m}^3$ の設定根拠のイメージ

b) 試行運用方法の変更

これまでの社会実験及び富郷ダム活用容量拡大の検討を踏まえ、令和2年度の「銅山川の河川環境を考える懇談会」にて富郷ダムの活用容量を $25.6\text{万}\text{m}^3$ （平常時最高貯水位+20cm）から $38.4\text{万}\text{m}^3$ （平常時最高貯水位+30cm）へ拡大の検討を進めることで合意され、前述の課題を踏まえ、令和3年度から以下の運用方法で実施している（図-9）。

$12.8\text{万}\text{m}^3$ ：ピーク $10\text{m}^3/\text{s}$ フラッシュ放流1回分

$25.6\text{万}\text{m}^3$ ：環境用水と合わせて $0.17\text{m}^3/\text{s}$ フラット放流

今後は、フラッシュ放流の効果に加え、フラット放流の効果も把握し、順応的に適切な弾力的管理を実施していく。

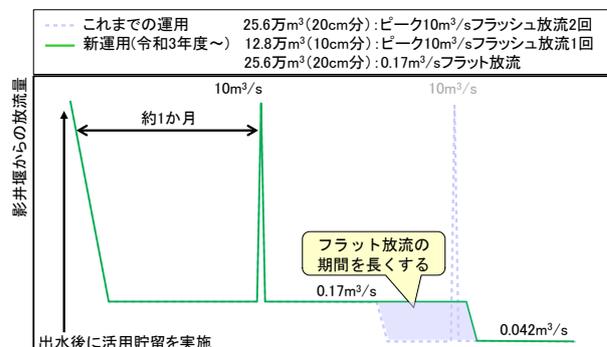


図-9 試行運用の放流方法の変更イメージ

5. おわりに

本報告では、銅山川ダム群の弾力的管理を本格運用に位置づけるにあたり、これまでの河川環境改善の取り組みを紹介した。今後は、本検討内容を取り入れながら試行運用を実施していく予定である。

銅山川は2つの県にかかる河川であり、弾力的管理をはじめとする水運用に関しても、両県の立場に立ち様々な意見を尊重した上で検討を行うことが大切だと考える。吉野川ダム統合管理事務所では引き続き、銅山川の河川環境を考える懇談会等を通して、関係者の意見を踏まえながら、下流河川の環境に配慮した活用水の効果的な運用方法について検討し、銅山川の更なる河川環境改善を目指していく。