

銅山川ダム群の弾力的管理に関する 中間報告

中村河川国道事務所 道路管理課 松岡 高志
吉野川ダム統合管理事務所 管理課 上田 健司

吉野川水系の銅山川ダム群（富郷ダム、柳瀬ダム、新宮ダム）では、影井堰下流に位置する銅山川の河川環境改善を目的として、平成22年度より「銅山川ダム群弾力的管理試験」に取り組んでおり、平成26年度末までに合計8回の社会実験を実施し、その結果を踏まえて平成27年度より試行運用に移行している。昨年度については、これまで実施できていなかった春先に試行運用ができたことで、概ね必要な季節のデータが揃ったところである。本報告は、これまでに実施している試験の結果を受け、本格運用に移行するための弾力的管理の運用方法を検討したので、その結果を紹介するものである。

キーワード 弾力的管理，フラッシュ放流，河川環境，水質

1. はじめに

四国を流れる吉野川水系銅山川には、治水・利水のためのダムが直列に配置されている（昭和29年；柳瀬ダム完成，昭和50年；新宮ダム完成，平成13年；富郷ダム完成）。これらのダム群は、下流河川の洪水被害の軽減，流域外分水による工業や生活基盤の発展に貢献している（図－1）。一方、これらダム群による流水の高度利用に伴い、ダム下流への流量が減少し、河川環境への配慮が課題となっている。

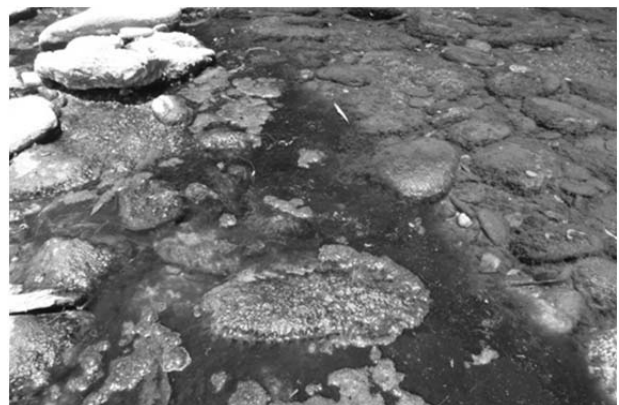
現在、利水者の理解のもとに銅山川第三発電所の使用水量の一部を環境用水として新宮ダムの利水容量内に貯留し、ダム下流へ $0.128\text{m}^3/\text{s}$ の環境放流を実施するとともに、影井堰（新宮ダム下流約2kmにある調整堰；平成13年完成）の自流調整による $0.042\text{m}^3/\text{s}$ と合わせて影井堰下流に $0.170\text{m}^3/\text{s}$ の環境放流が実施されている。しかしながら、影井堰下流の河川環境の改善は不十分であり、大きな降雨がなく流量が安定した期間が続くと、下流河川の河床には、糸状緑藻を含む付着藻類がしばしば繁茂している（写真－1）。

そこで、銅山川ダム群の弾力的管理により、富郷ダムの洪水調節容量内に活用用水（弾力的管理に利用できる水）を貯留し、ダム下流河川の環境改善のためピーク流量 $10\text{m}^3/\text{s}$ のフラッシュ放流を実施している。しかし、現時点で設定している活用容量は、フラッシュ放流2回分の 25.6万m^3 と限られており、現在、試験放流を行いながら効果的な運用方法について検討を進めている状況である。ピーク流量 $10\text{m}^3/\text{s}$ の運用開始以降、春頃に試験放流を実施できていなかったが、昨年度5月に試験放流を実施できたことで、概ね必要なデータが揃ったところである。

本報告では、これまでに実施した試験の結果を踏まえて、本格運用に移行するための活用用水の運用方法を検討したので、その結果について紹介する。



図－1 銅山川ダム群の配置



写真－1 水際に繁茂した付着藻類

2. 銅山川における弾力的管理試験の経緯

銅山川ダム群では、影井堰下流の銅山川の河川環境の改善を目的として、平成22年度より「銅山川ダム群弾力的管理試験」に取り組んでいる。平成26年度末までは、ピーク放流量等を変えながら合計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ながら放流方法について検討してきた。その結果、平成26年度の「銅山川の河川環境を考える懇談会」にて弾力的管理の運用方針は以下の内容で概ね合意された。

■現在の銅山川ダム群の弾力的管理運用方針

- ① 影井堰から $10\text{m}^3/\text{s}$ 以上の放流があつてから 1 か月以上経過した後に、次回放流を実施する。
- ② 活用放流における影井堰からの最大放流量は、 $10\text{m}^3/\text{s}$ とする。
- ③ 1 回の活用放流につき、貯留量の半分（12.8 万 m^3 ）を使用する。
- ④ ただし、上記内容は必要に応じて関係機関と協議のうえ、変更できるものとする。

上記の運用方針が決定された翌年度の平成27年度からは、試行運用と位置付けて継続的に運用を実施している状況である（表－1）。

表－1 平成 27 年度以降の弾力的管理試験の実施状況

実施日	放流実施前の流況
平成 27 年 11 月 12 日 (秋)	約 $180\text{m}^3/\text{s}$ 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 $120\text{m}^3/\text{s}$ 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 $580\text{m}^3/\text{s}$ 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 $110\text{m}^3/\text{s}$ の出水後、約 1 か月の間に $2\sim4\text{m}^3/\text{s}$ 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）。

3. 本格運用にむけた活用用水の運用方法の検討

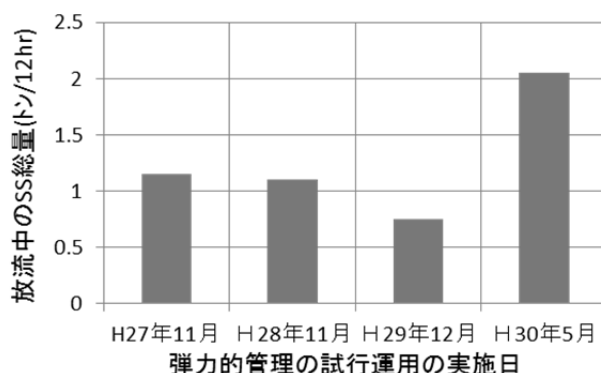
今後、富郷ダムの洪水調節容量内に貯留した 25.6 万 m^3 を用いた弾力的管理を本格運用に位置付けるにあたり、

次のとおり運用方法を検討した。なお、環境改善対象区間の地理的条件を把握するため、対象区間および主要地点を示した地図を図－2に示す。

(1) 掃流効果の季節性

平成 27 年度から実施されている試行運用において観測した SS の結果を基に、放流によって各地点を通過した物質量の総量を計算した。その結果、銅山川の河床の汚れを系外へ洗い流すといった観点で、最下流の川口橋地点を通過した SS 総量は、秋冬の結果より春の結果の方が約 2 倍も多いことがわかった（図－3）。そのため、秋や冬に比べると春にフラッシュ放流を実施することがより効果的と考えられた。

これらの試行運用は全て、 $10\text{m}^3/\text{s}$ 規模以上の出水から約 1 か月後に実施している。そのため、同じ 1 か月間でも、春の方が河床の汚れの蓄積量が多く、このような結果に至ったものと考えられる。河床上の付着藻類の増殖速度については、あとに詳しく記述するが、水温の高い夏がもっとも多く繁茂する傾向にあった。そのため、フラッシュ放流の実施時期としては、河床が汚れやすい春や夏に注目すべきであると考えられた。



図－3 川口橋を通過した SS 総量の計算結果

(2) 吉ノ瀬地点における出水の発生状況

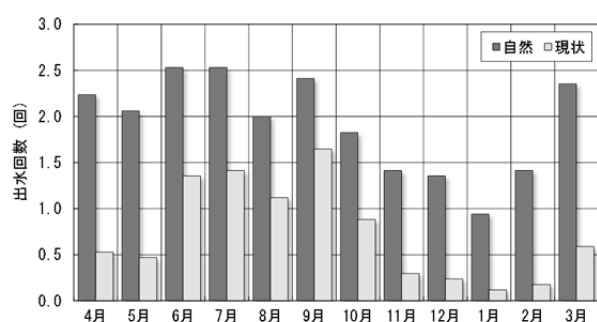
吉ノ瀬地点における現在の出水頻度を、仮に富郷、柳瀬、新宮の3ダムがなかった場合と比較した。現状と自然流況ともに日平均流量を基に、 $5\text{m}^3/\text{s}$ 以上のピークの出水回数を比較した（図－4）。その結果、各月の出水回数を比較すると、特に3～5月の出水回数が減少しているこ



図－2 環境改善対象区間

とがわかった。また、6～10月の出水回数はダムがない場合と比べると減少しているものの、現状流況でも概ね月1回の出水が発生している。

したがって、現状の出水回数の回復の観点からは、特に出水回数が減少している3～5月に、弾力的管理によるフラッシュ放流を実施すべきであると考ええる。なお、11～2月の出水については、ほとんどない現状となっているが、自然流況でも他の季節に比べて出水回数は少ないため、出水回数の回復の優先度は低いと考えた。



図－４ 吉ノ瀬地点における現状とダムがない場合の出水頻度の比較

(3) フラッシュ放流の有効な放流間隔

銅山川ダム群の弾力的管理によるピーク流量 $10\text{m}^3/\text{s}$ のフラッシュ放流の効果は、河床に付着藻類が繁茂した場所で顕著に見られ、もともと流れが速い瀬や付着藻類が少ない場所では放流前後の変化は小さいことがわかっていいる。このことは、河床が汚れていない状況下でフラッシュ放流を実施しても河床の付着藻類を洗い流す効果が小さいことを示している。

そこで、弾力的管理の本格運用に向けてフラッシュ放流の頻度を設定するにあたっては、河床が洗われてから再び汚れるまでの期間を把握する必要がある。本検討では、平成28年度に実施した河床状況観察とD0(溶存酸素)の連続観測の結果を用い、自然に発生した $100\sim 200\text{m}^3/\text{s}$ 規模の出水後の河床とD0の変化状況を関連させて考察し、付着藻類の回復期間を推定した。

その結果、出水後約2週間後には付着藻類で河床全体が色付き始め、特に夏においては、出水後約1か月まで付着藻類が増加し続け、水際に糸状緑藻が繁茂する状況になった。そのため、限りある活用貯留水を効果的に使用する観点から、河床における付着藻類の増殖が概ね頭打ちとなる「出水後約1か月」がフラッシュ放流の間隔として適切と考える。

(4) フラッシュ放流の実施判断方法

銅山川の影井堰下流には、馬立川が合流している。馬立川にも取水堰があり、堰流入量が $0.285\text{m}^3/\text{s}$ 以上の場合に、その超過水量を最大 $4.0\text{m}^3/\text{s}$ の範囲で新宮ダムに導水している。そのため、影井堰からの放流がない場合でも

降雨によって馬立川からの合流量が増加し、出水が生じる場合がある。弾力的管理によるフラッシュ放流の実施にあたっては、このような出水があった直後に実施しても、河床の洗い流し効果は期待できない。よって、馬立川合流後の河川の流況を監視しながら、弾力的管理によるフラッシュ放流の実施を判断していく必要がある。そこで、既往の吉ノ瀬地点の水位に注目した。

影井堰の放流量を $10\text{m}^3/\text{s}$ にして実施している弾力的管理の放流時の水位を確認すると、吉ノ瀬水位は約 0.83m で安定している(表－2)。したがって、「吉ノ瀬水位で 0.8m 」を記録してからある期間を空けて、弾力的管理による放流を実施するといった運用が可能である。

表－2 過去の弾力的管理試験($10\text{m}^3/\text{s}$)における吉ノ瀬ピーク水位

実施日	吉ノ瀬観測所 ピーク水位	影井堰 ピーク放流量	備考
H25.01.12	0.99 m	13.01 m^3/s	新宮ダム放流量を $10\text{m}^3/\text{s}$ として実施
H26.01.18	0.93 m	13.64 m^3/s	〃
H26.11.15	0.92 m	13.81 m^3/s	〃
H27.01.24	0.85 m	14.02 m^3/s	〃
H27.11.12	1.05 m	15.95 m^3/s	吉ノ瀬観測所の水位計不良によりピーク時の水位が 0.24m (上昇前 0.15m)であったが、同地点で当社が観測した水位のピーク時の上昇量($1.31-0.41=0.90\text{m}$)を基に、観測所におけるピーク水位を推定($0.15+0.90$)。
H28.11.16	0.83 m	10.64 m^3/s	影井堰放流量を $10\text{m}^3/\text{s}$ として実施
H29.12.12	0.82 m	10.55 m^3/s	〃
H30.05.31	0.83 m	10.58 m^3/s	〃

(5) フラッシュ放流の実施時期

富郷ダムに活用容量($25.6\text{万}\text{m}^3$)を設定し、1回につき $12.8\text{万}\text{m}^3$ を使用して影井堰からピーク流量 $10\text{m}^3/\text{s}$ のフラッシュ放流を実施することを想定し、その実施期間について、シミュレーションによるケース検討を実施した。

a) フラッシュ放流実施時期(始点)の検討

フラッシュ放流の実施時期の始点を検討するため、CASE 1-1～1-4の検討を実施した(表－3)。その結果、3月から放流を開始するCASE 1-1と1-2では、フラッシュ放流として使用する水量が多く効率的であるものの、活用容量がフラッシュ放流2回分しかないため、5月に放流できる機会が少なくなる。そのため、平均的に月別の出水回数を見ると、3～4月の出水回数に比べ5月の出水回数が少なくなり、1年を通じた出水回数のバランスが悪いという結果になった。また、CASE 1-3については、4月1日からとなっているため、4月のフラッシュ放流が多くなり、全体のバランスが悪くなっている。以上より、実施時期の始点は、CASE1-4の4月15日とした。

b) フラッシュ放流実施時期(終点)の検討

次に、フラッシュ放流の実施時期の終点を検討するため、始点を4月15日に固定してCASE 1-5～1-7の検討を実施した(表－3)。その結果、終点を後ろに設定するほど、秋の出水回数が増加するが、その後に活用用水を貯留できず、4、5月の合計出水回数が少なくなることがわかった。また、CASE1-5については、4月・5月の出水増加量がたまたまCASE1-4と同等になったものの、10月に放流

することは4・5月の放流回数の減少に繋がる可能性が高いと考えられる。以上より、実施時期の終点は9月15日とした。

以上の検討結果を踏まえ、フラッシュ放流の実施時期は、4月15日から9月15日に設定するCASE 1-7案が最も効果的と判断した。ただし、昨年度実施した「銅山川の河川環境を考える懇談会」の場において、「実施時期を限定すると柔軟な運用に支障が出る可能性がある」という意見があったため、原則として上記運用を実施することとした。また、参考として、夏場に使用期間を設けたCASE 1-8も検討したが、降雨時の出水が多発する関係でフラッシュ放流できない場合が増加するという結果となった。

表－3 フラッシュ放流実施時期 検討結果

CASE	適用期間	0.8m以上の出水回数(H13～H30までの平均)												増加回数 合計
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1-0	通常	0.24	0.41	0.71	0.76	0.82	1.23	1.47	1.24	1.35	0.88	0.41	0.29	0
1-1	3/1～9/30	0.24	0.41	1.47	1.47	0.88	1.29	1.47	1.53	1.41	0.88	0.41	0.29	1.94
1-2	3/15～9/30	0.24	0.41	1.42	1.35	1	1.35	1.47	1.53	1.41	0.88	0.41	0.29	1.95
1-3	4/1～9/30	0.24	0.41	0.71	1.52	1.29	1.35	1.47	1.53	1.47	0.88	0.41	0.29	1.76
1-4	4/15～9/30	0.24	0.41	0.71	1.29	1.35	1.41	1.53	1.53	1.47	0.88	0.41	0.29	1.71
1-5	4/15～10/15	0.24	0.41	0.71	1.29	1.35	1.41	1.53	1.53	1.47	1.00	0.41	0.29	1.83
1-6	4/15～10/31	0.24	0.41	0.71	1.29	1.23	1.35	1.53	1.53	1.47	1.17	0.41	0.29	1.82
1-7	4/15～9/15	0.24	0.41	0.71	1.35	1.35	1.41	1.53	1.53	1.41	0.88	0.41	0.29	1.71
1-8	7/2～9/15	0.24	0.41	0.71	0.76	0.82	1.23	1.82	1.71	1.53	0.88	0.41	0.29	1.00

(6) 活用貯留水の保持方法

活用貯留水の保持方法について、検討を実施した。

具体的には、フラッシュ放流の実施時期を4月15日から9月15日までの5か月（CASE1-7）と設定し、新宮ダムに空気が生じた段階で、富郷ダムの活用貯留水を新宮ダムに発電管を通して移動させる案を検討した。検討にあたっては、新宮ダムへの移動を判断する条件として、新宮ダムの貯水位をEL. 223. 0m～226. 0mの間で設定した（表－4）。なお、高い貯水位の方が、より早い段階で活用貯留水を下流に移動させる運用となる。検討結果を確認すると、早い段階で活用貯留水を下流に移動させた場合、少雨時に新宮ダムから押し出されてしまうケースが確認できた（表－5）。なお、小規模出水に伴い、移動した活用貯留水の一部が下流に流れ、12. 8万m³に不足するようになった場合は、フラッシュ放流できないという判定にした。

以上より、活用貯留水の新宮ダムへの移動は、貯水位がEL. 223. 0mを下回った段階で、発電管を通して活用貯留水を移動させる CASE 2-1 を最適と判断した。

表－4 活用貯留水の保持方法 検討ケース

CASE	活用容量	放流方法	適用期間	活用用水の保持方法	事前放流
0-0	なし	—	—	—	—
1-7	25. 6万m ³	ピーク10m ³ /s、30日間隔	4/15～9/15	富郷ダムで保持	考慮なし
2-1	〃	〃	〃	新宮ダムEL. 223m以下で移動	〃
2-2	〃	〃	〃	新宮ダムEL. 224m以下で移動	〃
2-3	〃	〃	〃	新宮ダムEL. 225m以下で移動	〃
2-4	〃	〃	〃	新宮ダムEL. 226m以下で移動	〃

表－5 活用貯留水の保持方法 検討結果

CASE	フラッシュ放流 実施期間	活用貯留水の 保持方法	吉ノ瀬で 0. 8m以上の 出水を記録 する出水回 数（回）	フラッシュ 放流総量 （0. 2 （29m ³ ） 以上）	年間可能発電電力量（kWh）						
					富郷 発電所	銅山川 第一 発電所	1号機	2号機	銅山川 第二 発電所	銅山川 第三 発電所	4発電所 合計
0-0	—	—	9. 82	0. 00	19, 707	73, 913	58, 246	15, 667	6, 043	48, 734	148, 397
1-7	4/15～9/15	富郷ダムで保持	11. 53 +1. 71	21. 84 +21. 84	19, 749 +41	73, 913	58, 246	15, 667	6, 065 +22	48, 734	148, 461 +64
2-1	4/15～9/15	新宮ダムEL. 223m以下で移動	11. 53 +1. 71	21. 84 +21. 84	19, 796 +89	73, 913	58, 246	15, 667	6, 098 +56	48, 861 +126	148, 669 +271
2-2	4/15～9/15	新宮ダムEL. 224m以下で移動	11. 47 +1. 65	21. 08 +21. 08	19, 803 +96	73, 913	58, 246	15, 667	6, 107 +64	48, 855 +121	148, 678 +281
2-3	4/15～9/15	新宮ダムEL. 225m以下で移動	11. 47 +1. 65	21. 08 +21. 08	19, 803 +96	73, 913	58, 246	15, 667	6, 107 +64	48, 855 +121	148, 678 +281
2-4	4/15～9/15	新宮ダムEL. 226m以下で移動	11. 47 +1. 65	21. 08 +21. 08	19, 784 +77	73, 913	58, 246	15, 667	6, 113 +70	48, 860 +126	148, 670 +273

(7) まとめ

(1)～(6)までの結果より、今後、富郷ダムの洪水調節容量内に貯留した25. 6万m³を用いた弾力的管理を本格運用に位置付けるにあたり、以下の運用方法(案)を決定した。

■銅山川ダム群の弾力的管理運用方針（案）

- ① 活用放流における影井堰からの最大放流量は、10m³/sとする
- ② 1回の活用放流につき、活用貯留水の半量（12. 8万m³）を使用する。
- ③ 弾力的管理によるダム放流を含め影井堰から10m³/s以上の放流、または、吉ノ瀬地点水位が0. 8mを超える出水があつてから約1ヶ月以上経過した後に、新宮ダム下流の河川環境の保全と向上に資することを目的として、下流への放流を行うものとする。
- ④ 弾力的管理によるフラッシュ放流は、原則として4月15日から9月15日の間で実施する。
- ⑤ ただし、上記の放流方法は、地元からの意見や要望を踏まえ、必要に応じて関係機関との協議を行った上で変更できるものとする。

4. 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、これまでの試験結果を踏まえた運用方針(案)の検討内容を紹介した。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。また、活用用水の効果的な運用方法についても、「銅山川の河川環境を考える懇談会」にて関係者の意見を踏まえながら検討し、銅山川のさらなる環境改善を目指していく。