

水力発電水車を通じた細粒土砂のスルーシング運用における下流への影響評価 Evaluation of impact of sediment discharge through hydraulic turbines on downstream environment

○久保圭槻・荒木壯則・中島 洋・有光 剛・角 哲也

○Yoshiki KUBO, Takenori ARAKI, Hiroshi NAKAJIMA, Tsuyoshi ARIMITSU, Tetsuya SUMI

In hydropower sites where sedimentation in dam reservoirs has progressed, the sediment into intake has caused significant issues for power generation. As a new countermeasure against the issues, sediment discharging through hydraulic turbines has been proposed recently. In this study, downstream impact such as riverbed deformation was evaluated by one-dimensional riverbed variation analysis with several cases for sediment discharging volume and concentration. It was confirmed that there are sections where the river bed aggradation occurs. Additionally, it was verified that the SS (suspended sediment) concentration at representative points does not exceed the environmental standard. In cases of same annual sediment discharging volume, the difference in impact on downstream river by sediment discharging concentration was negligible.

1. はじめに

2050年のカーボンニュートラル実現に向け、水力発電は再生可能エネルギー主力電源化に大きな役割を果たすことが期待できる電源である。しかし、ダム貯水池の堆砂が進むと、取水口への土砂流入・堆積による閉塞、沈砂池への想定を上回る堆砂などにより、安定的な発電計画に支障が生じることがある。堆砂による様々な障害が顕在化している水力地点において発電量を維持・増加させるためには、取水口周辺における堆砂対策が必要となる。堆砂対策の1つとして取水口周辺の排砂ゲートの活用が挙げられるが、排砂ゲートがない場合は主に浚渫などの堆砂対策が行われている。

これに対して、近年欧州では細粒土砂を発電用の水車を通して排出（スルーシング）する検討が進められている。この方法の実用化に向けては、水車などの発電設備の摩耗に加えて、下流河川の環境影響も懸念として挙げられる。しかしながら、下流河川における流砂環境に及ぼす影響に関する検討事例は十分でない。

本研究では、発電水車を通じたスルーシングが下流の流砂環境に及ぼす影響および運用方法による影響の差異の把握を目的として、モデル地点におけるスルーシングを想定した1次元河床変動計算を実施した。

2. モデル地点の概要と課題

(1) モデル地点の概要

検討対象ダムの概要を表1に示す。重力式コン

クリートダムの直下に水力発電所が設置されている。なお、対象ダムの上下流にもダムが設置されている。また、令和6年時点の対象ダム貯水池の堆砂率は約80%に達している。

表1 検討対象ダムの概要

高さ	約55m
堤頂長	約250m
流域面積	約2,000km ²
年平均堆砂量	約30,000m ³
年平均浚渫量	約140,000m ³
年平均取水口前移動量	約10,000m ³

(2) 堆砂の進行により対象ダムに及ぼす課題

検討対象ダムの取水口付近には細粒土砂が堆積しており、スクリーン前後で水位差が生じる時には、設備破損を防ぐために発電停止を行っている。また、浚渫も行っているが浚渫費用のみならず作業中の発電停止も必要となっている。

3. 下流河川への影響評価

(1) 河床変動計算

下流ダム～検討対象ダム間の約10kmで1次元河床変動計算を実施し、スルーシングの影響を確認した。計算には混合粒径モデルを用い、粒径0.2mm～500mmを掃流砂及び浮遊砂として7階級、粒径0.002～0.2mmをWash-loadとして3階級に分割し、粒度分布を設定した。

検討に先立ち 16 年間分の再現計算を行い、計算モデルの妥当性を確認した。予測計算では、4 ケースの運用方法を比較した (表 2)。流量と水位は過去 20 年間の実績データを与え、スルーシングの実施時間は全ケースで 8 時間/日とした。

表 2 河床変動計算ケース

ケース	土砂通砂日数	スルーシング実施流入量上限	土砂濃度*	通砂量/年
①	0 日	0 m ³ /s	0.0 mg/L	0 m ³
②	273 日	160 m ³ /s	39.8 mg/L	10,000 m ³
③	143 日	90 m ³ /s	74.3 mg/L	10,000 m ³
④	273 日	160 m ³ /s	79.5 mg/L	20,000 m ³

*土砂濃度は最大発電使用水量 (85m³/s) の場合の全粒径を対象

(2) 河床高への影響

下流ダム～検討対象ダム間の河床変動予測結果を図 1 に示す。また、図 2 には、ケース①と比較して②③④の河床上昇が比較的大きい No. 10 断面の河床変動の推移を示す。②と③では河床変動の差はほぼないことが確認できた。一方、④は 20 年後の河床高が①と比較して約 1.5m 高くなるが、周辺の第三者設備への影響はないと評価している。

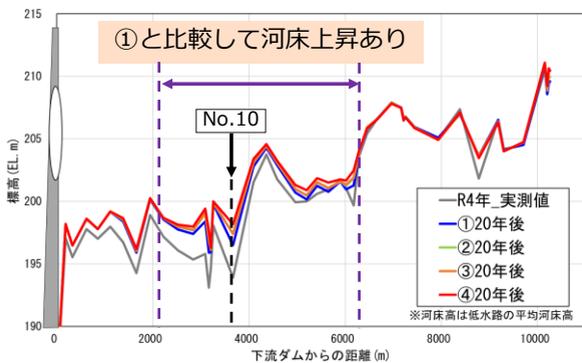


図 1 河床変動計算結果

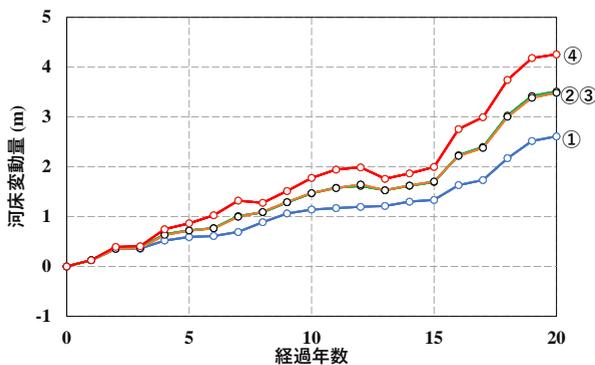


図 2 No.10 断面における河床変動

下流ダムの 20 年間の土砂収支を表 3 に示す。スルーシング土砂量が大きいほど下流ダムの堆砂量が大きくなるが、20 年間の堆砂増加量は貯水容量の約 2%未満であり、影響は小さいと考えられる。

表 3 下流ダム 20 年間の土砂収支 (千 m³)

ケース	スルーシングによる通砂量	下流ダム流入土砂量	洪水吐ゲート流出土砂量	堆砂量
①	0	2923	2278	646
②	200	3150	2374	776
③	200	3122	2344	778
④	400	3323	2422	901

(3) 濁度への影響

河川環境の指標の 1 つである SS の評価のために、粒径 0.2mm 以下の Wash-load の土砂濃度の最大値の計算結果を表 4 に示す。代表地点である下流ダム地点および下流ダムから 3km 上流の地点におけるスルーシング実施中の SS 最大値は、環境基準の 25mg/L を下回っていることが確認できた。

表 4 通砂中の SS 最大値 (mg/L)

ケース	下流ダム	下流ダム 3km 上流
②	0.24	0.90
③	0.17	0.74
④	0.21	0.73

4. まとめと今後の課題

(1) 得られた結論

- 各ケースの運用方法を比較した結果、年間通砂量 10,000m³ および 20,000m³ の場合、下流河川の河床高および下流ダムの堆砂量に大きな影響を及ぼさないことが確認できた。
- ケース②③から、土砂濃度が異なる場合でも年間通砂量が同量であれば下流河川の河床高および下流ダムの堆砂量に与える影響の差は小さい。
- 20 年間の計算期間中では、スルーシング実施中の下流河川の SS 値は、環境基準値を超過しなかった。

(2) 今後の課題

- 本研究では、各年の 12 月 31 日時点の河床高を整理している。短期的な河川環境の変化を把握するために、出水前後の河床変動、粒度分布変化の評価が必要である。
- 実務への適用には、発電設備 (水圧鉄管、水車ランナ等) への影響も評価する必要がある。