

既設砂防堰堤を活用した小水力発電取水施設構造に関する水理模型実験

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○秦野 拓見／非会員 小森谷 哲夫
正会員 片山 直哉／非会員 松田 尚郎

1. はじめに

近年、温室効果ガス排出量の削減を目的とした再生可能エネルギーの利活用に対し社会的注目が高まってきている。再生可能エネルギーのうち水力発電は安定的な電力供給が可能であり、多くの未開発の包蔵水力の存在が示唆されており、特に山岳地が国土面積の 3/4 を占める日本では、既設砂防堰堤を活用した水力発電に期待が寄せられている。一方、既設砂防堰堤を活用した水力発電所の建設事例は全国で 60 箇所程度であり、土砂の移動が活発な砂防指定区域に発電施設を設置する際のリスクや課題については、十分な知見が蓄積されていない。本報告では、土石流区間の砂防堰堤に発電所を設置した場合の取水施設の構造特性を把握することを目的とし、水理模型実験を実施し、その結果について考察を行った。

2. 対象堰堤の概要

対象堰堤は、土石流区間に位置する堰堤のうち、最大出力 200kW 以上が期待でき、アクセス性、魚道の有無、土砂移動の安定性、施設健全度等を勘案し、発電開発地の可能性がある堰堤を選定した。対象堰堤及び計画発電所の基本諸元を表 1 に示す。なお、対象堰堤は、現行の砂防設計基準¹⁾に対し基準不適合のため、堰堤改修を前提とした取水施設を計画した。

表 1 対象堰堤及び発電所の基本諸元

区分	項目	適用
既設砂防堰堤	場所／施設名	非公表
	施工年	平成7年
	構造形式	コンクリート重量式
	元河床勾配	1/18
	堰堤高	14m
	堤長	111m
	水通し幅	20m
	流域面積	19.86km ²
計画発電所	堆砂域の状況	満砂・非湛水
	最大使用水量	1.0m ³ /s
	最大出力	830kW
	取水方式	導水路方式

3. 実験模型の製作及び実験条件

実験模型は、水通し天端下流部に取水口を設置するチロル式取水施設、本堤に穴を開け堰堤背面に取水口を設置する直接取水施設の 2 基作成した。(図 1

～2)。なお、施設形状は、基準^{2)・3)}等を参考に決定した。実験条件は、模型縮尺 1/50 (フルード相似則)、実験砂は混合砂 (現場河床材料を考慮)、流量は 20 年確率 189 (m³/s)、50 年確率 269 (m³/s)、100 年確率 383 (m³/s) とした (実験条件の詳細は資料⁴⁾ 参照)。

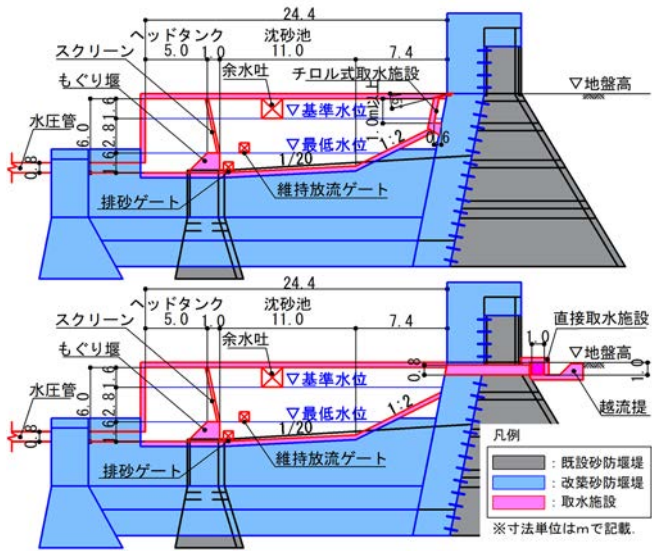


図 1 取水施設計画概要図

(上図：チロル式取水施設，下図：直接取水施設)

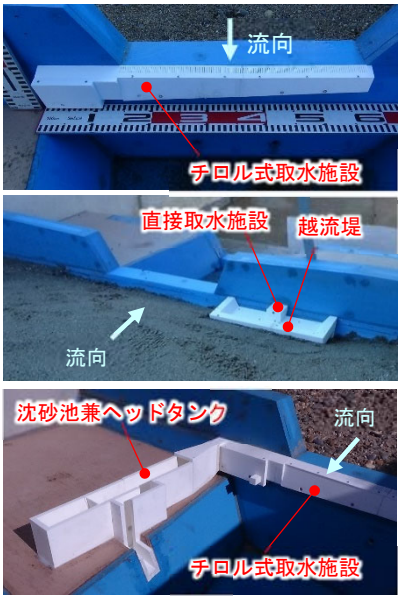


図 2 実験模型写真

(上図：チロル取水施設，中図：直接取水施設，下図：沈砂池)

4. 実験結果

(1) チロル式取水方式

チロル式取水方式の実験では、①取水施設内の土

砂堆積状況, ②取水施設への転石の衝突について, 目視観測を行った. 観測結果より, 取水施設内への土砂堆積については, 取水施設の排砂ゲートを閉鎖した場合, 水路内に 2m 程度の土砂堆積があったが, 排砂ゲートを開放した場合, 土砂の堆積はほぼ観測されなかった (図 3). 転石についてはチロル上部を滑り落ちる状態が観測され, 取水設備に激しい損傷を与える衝突は観測されなかった (図 4).

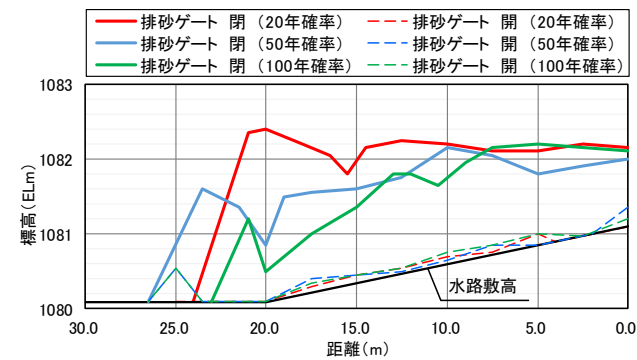


図 3 チロル式取水施設内の土砂堆積



図 4 チロル上部の転石の流下状況 (100 年確率)

(2) 直接取水方式

直接取水方式の実験では, 取水口周辺の土砂堆積状況を観測した. 観測結果より, 洪水期間中は取水施設に損傷を与える転石の衝突や土砂堆積は観測されなかった. 減水期間中に堆砂肩の崩れにより取水口が埋没する現象が観測され, 越流堤を設置した場合でも, 取水口の埋没現象が観測された. (図 5).

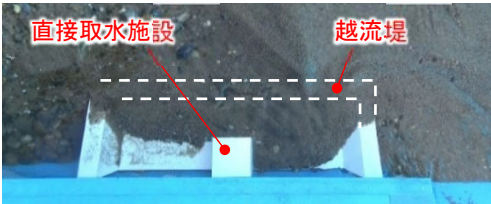


図 5 直接取水施設の埋没現象 (越流堤有)

(3) 沈砂池

通常, 水力発電所は洪水時には土砂混入を防止するため, 取水機能を停止するが, 沈砂池の実験では, 洪水時に取水を行った場合の施設内の土砂堆積状況について観測を行った. 観測結果より, 排砂ゲートを閉鎖し取水を行う場合 (ケース 3), 沈砂池内の土砂

堆積が多くなり, ヘッドタンク内への土砂混入が観測された (図 6). 一方, 沈砂池の排砂ゲート開放した場合 (ケース 1), ヘッドタンク内への土砂堆積は小さくなるものの, 水压管の流量がゼロとなった.

表 2 ゲート開閉条件別の土砂堆積結果一覧

実験ケース		1	2	3	備考
チロル式取水施設	①排砂ゲート	開	開	閉	-
	②制水ゲート	開	開	開	-
沈砂池	③排砂ゲート	開	閉	閉	-
	④維持放流ゲート	開	開	開	-
土砂堆積量 (m3)	チロル式取水施設	1.9	2.0	1.9	施設容量30.5m3
	沈砂池内	1.9	2.8	5.8	施設容量29.1m3

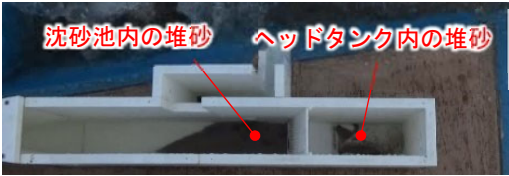


図 6 沈砂池・ヘッドタンク内の土砂堆積 (ケース 3)

5. 考察

本実験結果より得られた知見を下記に整理する.

- ① 土石流区間の砂防堰堤において, 堆砂域が満砂かつ非湛水の状況下では, 土砂堆積の影響を受けにくい「チロル式取水方式」が「直接取水方式」に比べ適用性が高いことが明らかになった.
- ② チロル式取水については, 天端に傾斜角 (15°) を設けることにより, 転石による衝撃が回避できること, 排砂ゲート設置により, 洪水時にチロル内の排砂が可能であることが示唆された.
- ③ 洪水期間中の取水は, ヘッドタンクへの土砂混入リスクが高く, 水車発電機の損傷が懸念される.

謝辞: 本検討は, 環境省委託事業「既存インフラ等を活用した再エネ普及加速化事業」の一環で実施した. ご協力頂いた環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室様, 国土交通省水管理国土保全局砂防部保全課流木対策係様に感謝の意を申し上げます.

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所: 土石流・流木対策設計技術指針解説 (2016.4)
- 2) 新エネルギー財団水力地熱本部: 小水力発電ガイドブック (新訂 5 版) (2005.2)
- 3) (社)農業農村工学会: 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「頭首工」(2008.3)
- 4) 環境省: 既存インフラ等を活用した再エネ普及加速化事業令和 2 年度業務報告書(2021.3)