

監査廊内輸送設備（モノレール）の 改造工事について

阿曾浩¹・武田保郎²・藤田正樹³

- ¹〇独立行政法人水資源機構 味噌川ダム管理所 施設班（〒399-6203 長野県木曽郡木祖村小木曽2058-22）
²〇独立行政法人水資源機構 味噌川ダム管理所 所長代理（〒399-6203 長野県木曽郡木祖村小木曽2058-22）
³〇独立行政法人水資源機構 長良川河口堰管理所 機械課（〒511-1146 三重県桑名市長島町十日外面136）

本設備は、ダム監査廊内における作業（点検、計測等）の効率化及び安全性向上のため設置された設備である。給電方式は、監査廊内壁面に固定された給電線と移動する搬器側の集電装置が常に接触する絶縁トロリーコレクタ方式が採用されているが、壁面の流出物（遊離石灰等）が給電線に付着して生じる導通障害や、監査廊内の高湿度環境下で生じる結露により給電部の絶縁抵抗が著しく低下して漏電発生の要因となる等の問題があった。本稿は、これら諸問題を解消し、設備の信頼性向上と今後の維持管理費低減を図るため、給電方式をバッテリー方式に変更する改造工事を実施したので報告するものである。

キーワード：モノレール，バッテリー方式，維持管理費低減，給電方式，改造検討

1. はじめに

味噌川ダムは、木曽川最上流の長野県木曽郡木祖村に建設された多目的ダムである。

本ダムは、監査廊の総延長が590m、最大傾斜角が45°、また多目的ダムとしては全国でも2番目に標高が高く（EL. 1130.0m）、高低差が140mにも及ぶため、ダム監査廊内における各種作業（点検、計測等）を効率的かつ安全に行うためには必要不可欠であること、また左岸堤体直下に配置された放流設備へのアクセスを目的として、人荷輸送用の監査廊内輸送設備（以下、「モノレール」という）が設置されている（図-1）。

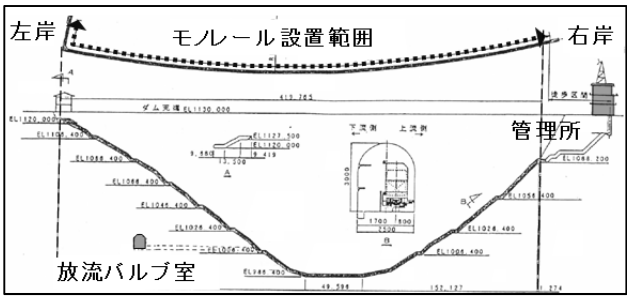


図-1 監査廊概略図

2. 既設設備の概要

(1) 設備仕様

本ダムのモノレール仕様は、表-1の通りである。また、改造前のモノレール外観を写真-1に示す。

表-1 モノレール仕様

監査廊内輸送設備	
完 成 年 月	:平成8年1月
台 数	:1台
用 途	:人荷用
搬器本体	形 式 :床面レール走行式モノレール
	構 造 :鋼板、形鋼溶接構造
	積 載 荷 重 :定員4名(400kg)
	給 電 方 式 :絶縁トロリーコレクタ方式(壁面)
駆動装置	電 源 :動力 AC440V 60Hz 3線 :制御 AC110V 60Hz 1線
	操作制御方式 :機内、機側及び遠方
	駆 動 方 式 :ラック&ピニオン
	走 行 速 度 :空荷時(50m/min) :2名乗車時 45m/min :4名乗車時 40m/min :手動操作時及び減速箇所 10m/min
	電 動 機 :全閉外扇屋外形 (電磁ブレーキ内蔵 7.5kw)
	減 速 機 :ベベルヘリカル減速機

(2) 給電方式の問題点と課題

モノレールの電力供給は、監査廊内壁面に敷設された給電線からコレクタ部（搬器側集電装置）を経由して供給を受ける絶縁トロリーコレクタ方式が採用されている（図-2）。また、監査廊断面が小さく寸法上の制約が厳しいことから、給電線間隔を狭めて設置しなければならず、小型の屋内用ハンガーを使用している。

この給電部において、平成8年1月に設置されて以降、徐々に給電線に監査廊壁面からの流出物（遊離石灰等）が付着して導通障害を生じたり、高湿度環境下で発生する結露により絶縁抵抗が著しく低下して漏電発生の要因となる等、給電関係の問題が発生していた（写真-2）。

一方、これらの要因について対処するため、これまで各種の改善策を実施している。実施内容の一覧を表-2に示す。

上記の対策実施により一定の効果が得られたものの、給電線への流出物付着や結露を完全に防止することは難しく、また、給電線と直に接触するコレクタ部には、運転時に接触部の摩耗や摩耗粉の発生、接触不良によるスパーク、片持ち状態のアーム部に加わる負荷で生じる疲労や変形といった構造上の特性もあるため、給電方式自体の抜本的な見直しが課題であった。

そこで操作制御設備の大規模整備時期に合わせて、給電方式の改造を検討することとした。

3. 改造計画の検討

(1) 検討方針

改造を検討するに当たって、以下の項目を念頭に実施することとした。

- (a) 設備の信頼性向上
- (b) 設備の運用性及び工事の施工性確保
- (c) コスト縮減

(a)については、モノレールの設置環境をこれ以上改善することは困難であるため、故障要因を減らすべく給電部が外部に露出しない方式を検討する。

(b)については、モノレールの運用や必要な性能への影響、改造工事における現地の施工性（搬出入や設置等）に対する適否について検討する。

(c)については、上記2項目を満足しても既設設備より維持管理費が増大する、または工事費が高騰しては費用対効果が得られないため、並行して検討する。

以上を満足するように改造計画を検討した（表-3）。

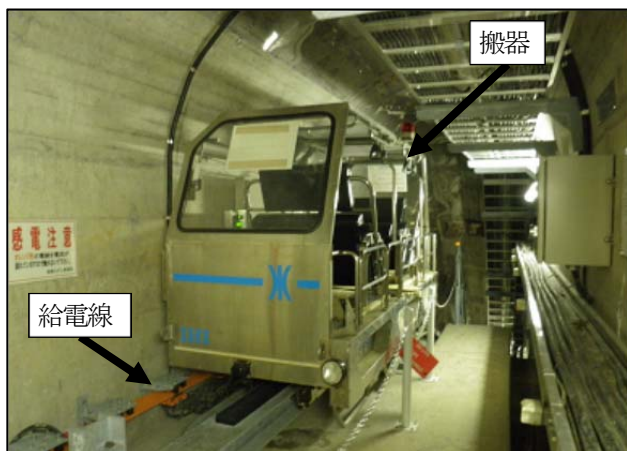


写真-1 改造前モノレール外観



写真-2 不具合状況例（左：流出物付着、右：結露）

表-2 これまでに実施した対策

対策	内容
監査廊内除湿	除湿器の設置
流出物付着防止	ブラケット部の形状変更
導通回復	給電線導体部研磨（付着物除去）
絶縁強化	ハンガー部に碍子を追加設置

表-3 検討フロー

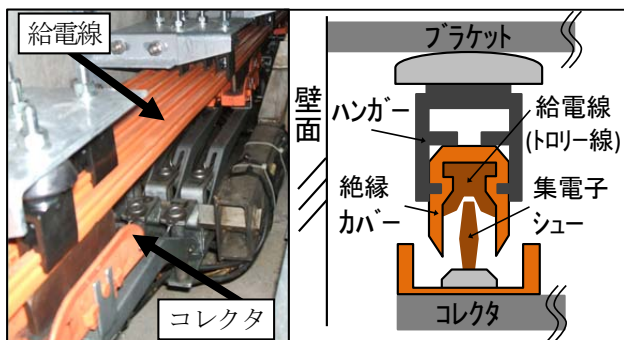
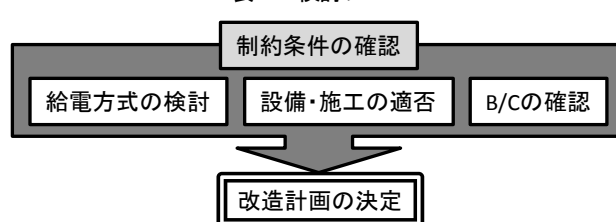


図-2 絶縁トロリーコレクタ方式（左：実機、右：模式図）

(2) 制約条件

検討を始めるに当たり、まずは制約条件を確認した。基本的に、搬器自体を大幅に改造したり、新たに製作し直すことは、コスト面で現実的ではないため、既設搬器の流用を前提とする計画を考えていたが、既設搬器を流用する場合、給電方式によっては設備の能力等に影響を及ぼすことが考えられた。

そのため、現在のモノレールの運用状況を確認し、求められる設備能力から本改造による影響がどこまで許容できるかを把握することとした。確認した定期的に使用する作業内容を表-4に示す。

ダム構造物管理区分が第Ⅲ期に移行している現在、平均で約2回/月の使用であり、乗員は2名/回であった。

ゆえに、搭乗員数は現在の4名から最大2名まで減じることが可能であり、座席1列分が改造用の機器設置スペースとして置き換えることができる。また、積載重量に関しては、成人男性の平均体重が66kgとすると、2名分の体重(132kg)及び計測器や清掃用具等の資機材運搬(20kg程度)を考慮して、約160kg以上を確保することができれば、運用上の問題はないと考えられた。

よって、上記を制約条件として検討することとした。

なお、搬器の流用と同様に、改造後の機器が管理所内の既設配電設備(電力供給元)に影響を与えないことも制約条件とした。

(3) 検討結果

制約条件を踏まえた新たな給電方式の検討結果を表-5に示すとともに、主な内容を以下に列記する。

- 既設以外で考えられる給電方式は、実績を踏まえてケーブルリール方式とバッテリー方式の2方式。
 - ケーブルリール方式は、ルート全長分のケーブル長による電圧降下や巻取装置が必要となる等、採用困難。
 - バッテリー方式において、搭乗員数確保のため機器を搬器外に設置した場合、狭い監査廊内のカーブ等で周囲に接触しない空間の確保が困難であり、搬器の大幅な改造や専用搬器の増設もコスト面で採用困難。
 - 既設搬器内にバッテリーを搭載した場合、座席や積載可能重量は減少するが、制約条件である搭乗員数(2名)及び積載重量(約160kg)が確保可能であり、既設搬器内に搭載する機器寸法上、施工時の搬出入も可能。また、工事及び維持管理コスト両面で優位。
- 以上より、給電方式にバッテリー方式を採用し、既設搬器内に機器を搭載する【案3】を実施することとした。

表-4 モノレール運用状況(定期作業)

作業内容	頻度	人数	備考
巡視点検・堤内観測(漏水量、揚圧力)	月2回	2名	
地震計点検	年1回	2名	資機材運搬あり
清掃	年1回	2名	資機材運搬あり

表-5 改造計画検討結果

		【既設】 給電線(絶縁トrolley)	【案1】 ケーブルリール方式	【案2】 バッテリー方式(搬器外部)	【案3】 バッテリー方式(搬器内部)
工事概要		・給電線を全更新する。	・給電関係をケーブルリール方式に改造する。ただし、搭乗員数は変更せず、必要機器は搬器外に設置する。	・給電関係をバッテリー方式に改造する。ただし、搭乗員数は変更せず、必要機器は搬器外に設置する。	・給電関係をバッテリー方式に改造する。ただし、必要機器は搭乗員数を減らして設けた搬器内スペースに設置する。
メリット		・設備仕様の変更が生じない。	・給電部が外部に露出しないため、流出物付着による導通障害や結露による絶縁不良といった諸問題が解消される。	・給電部が外部に露出しないため、流出物付着による導通障害や結露による絶縁不良といった諸問題が解消される。	・給電部が外部に露出しないため、流出物付着による導通障害や結露による絶縁不良といった諸問題が解消される。
デメリット		・給電部が外部に露出するため、流出物付着による導通障害や結露による絶縁不良といった諸問題が解消されない。 ・現地施工の工期が長い。	・ケーブル全長分の巻取装置(ケーブルリール)が必要となるため、搬器の大幅な改造または専用搬器の増設が必要。	・バッテリー増加分に対応するため、搬器の大幅な改造または専用搬器の増設が必要。 ・1往復毎に充電が必要。	・搭乗員数及び積載可能重量が減る(4→2名)。 ・1往復毎に充電が必要。 ・定期作業以外で輸送能力が不足した場合、往復(充放電)回数が増加。
技術的課題	×	・給電関係の諸問題については現状以上の改善は困難。	×	×	△
経済性	×	・工事費が高い。 ・維持管理費が高い。	×	×	○
総合評価	×	・給電関係の諸問題が解消されない。 ・工事費及び維持管理費ともに高額である。	×	×	○

4. 改造工事の実施

(1) 設計における工夫

本改造を実施するに当たっての技術的課題（積載重量の制約条件）については、リチウムイオンバッテリー¹⁾の採用（軽量で短時間充電性能にも優れる）や搭載機器のフレーム等にアルミ材を使用することで重量低減を図り条件をクリアしている。また、バッテリー化だけでなく設備構成（システム全体）についても工夫を凝らした。

1つ目は、回生電流を活用することにより、バッテリー容量の消耗を抑えることで、監査廊内での往復に要する電力以外に、作業時間に必要な電力（機器待機状態：約1時間分）を十分に確保できるシステムとした（図-3）。また、作業による待機時間が5分を超えると自動で電源オフとなる機能を具備し、安全性と省力化を向上させた。

2つ目は、バッテリー残量や設備状態（故障履歴）等が一目で分かるようグラフィックパネルを搬器に設置することで、運用面での利便性を向上させた（写真-3）。

(2) 施工実施状況

改造後のモノレール外観を写真-4に示す。現地施工については、右岸側が狭隘箇所での作業となったが、既設流用の基本計画により最小限の改造に止めたため、機器の搬出入には手間を要したものの、約1ヶ月間の当初工程通りに現地施工を完了することができた。

(3) 運用に向けた取組

改造工事完成後は、職員（使用者）全員に対して操作説明を行い、操作方法の周知及び習熟を図るとともに、参加者の意見をフィードバックして、より分かり易い操作マニュアルの作成を行っている。

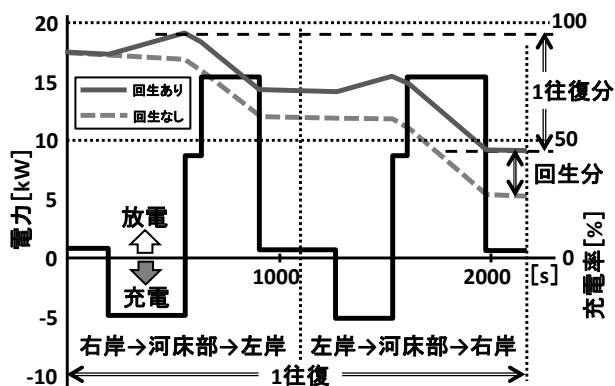


図-3 充放電パターンと充電率変化

5. まとめ

本改造工事の成果として、以下の内容が挙げられる。

○バッテリー化により、遊離石灰による導通不良や結露による絶縁低下、構造上生じるコレクタ部の不具合といった諸問題が解消し、本改造工事の主目的である設備の信頼性を大きく向上させた。

○バッテリー形式や使用材料の工夫により、制約条件である積載可能重量（約160kg）を満足させるとともに、回生電流の活用やグラフィックパネル設置等といった設備構成上の工夫を図り、利便性等を向上させた。

○既設搬器の流用による工事コスト低減とバッテリー化による維持管理コスト低減（給電関係に関して従来の1/3）により、費用対効果を最大化した。

今後は、改造後の設備状態や運用状況を検証し、長寿命化計画に反映するとともに、現在は充電ポイントが右岸部にしかないため、冗長化として河床部ポイント増設の可否（さらなる信頼性、利便性向上）といった改善提案についても検討していく予定である。

全国でもダム管理設備としてモノレールを保有するダム施設は少なく、本改造工事のような事例は初と思われるが、バッテリー化を検討する際に、本論文が一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日立製作所、蓄電池駆動システムにおける最新技術と展望、日立評論10・11月合併号、p.19-23、2016。



写真-3 グラフィックパネル(左：充電率、右：現在位置)



写真-4 改造後モノレール外観(左：盤類、右：搬器)