

# 水路内堆積土砂に起因する通水機能回復 ～創意工夫による課題の解消とコスト縮減の取組～

原 幸也<sup>1</sup>・渡邊 智

<sup>1</sup>群馬用水管理所 管理班 (〒371-0844 群馬県前橋市古市町386)

群馬用水では幹線水路内への土砂流入が多く、その堆積による通水断面縮小のほか、堆積土に藻が繁茂し、切れた藻によるスクリーン閉塞など通水に影響が生じないよう日々の除塵作業、定期的な土砂撤去が不可欠であった。

その土砂撤去は水道用水通水区間では4時間と限られた断水時間内に作業を完了する必要があることや断水にかかる関係者調整など様々な課題があった。

本報告は、その複合した課題の解消に向け通水中における水中土砂撤去の試行、含水比の早期低減や堆積土の有効利用の取組などによる総合コスト縮減対策を取りまとめたものである。

キーワード 水路内堆積土砂、水中掘削、有効利用、総合コスト縮減、管理の効率化

## 1. はじめに

群馬用水の幹線水路約62kmのうち約7割を占める約44kmのトンネル、サイホン、暗渠内には断水等によるストックマネジメント調査において、ほとんど土砂は堆積しておらず、全体延長の2割程度となる開水路（約16km）に多くの土砂が堆積していることを確認している（写真-1）。

多くの堆積土が確認される区間では大量の藻が繁茂し、断水などの流量変動を伴う際にはスクリーンが目詰まりする程の藻が漂着することに加え、通常時も含め廃棄物処理量が年々増加してきている。計画的な土砂撤去には全体賦存量の把握が不可欠であるが、通水中のマルチビーム測量を試行したものの、繁茂する藻によるキャリブレーションの難しさ等から定量化には至らず、全体賦存量の推定手法の検討を進める必要があった。

近年、電気料金の高騰により年間管理費のうち電気料が約1億円から約2億円と倍増しており、利水者負担の平準化等を考慮すると、堆積土砂撤去へ投入する予算規模は拡大できない。

また、堆積土砂撤去を実施するためには、一部の二連化区間を除き断水を伴うが、断水可能時間は水道用水通水区間で最長8時間、農業用水のみの通水区間でも12時間までに限られ施工時間の制約が最大の課題となっている（写真-2）。

本報告は、複合的な課題を関係機関と共同し、これまでの群馬用水の取組を基礎として、既存の知見、既設構造物の有効活用等による総合コスト縮減対策となる取組を報告するものである。



写真-1 土砂堆積状況



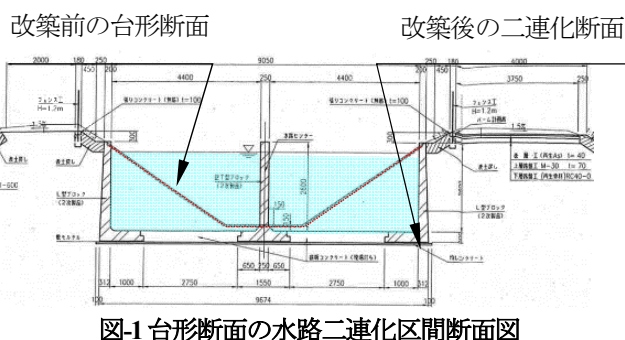
写真-2 土砂撤去状況

## 2. 水路内堆積土砂対策の経過

管理開始より55年を経過している群馬用水では、堆積土砂の対策が課題の一つであり、これまで様々な取組を進めてきている。

## 2.1 緊急改築事業（平成14～21年度）による水路改築

幹線水路の一部区間（榛名約300m、赤城約100m）で台形状の開水路を二連化した（図-1）。水路断面を拡幅することで土粒子の沈降促進を図り、半川締切による通水を継続しながらの土砂撤去も可能となった。しかし、二連化区間の下流部にも堆積土砂が確認されている状況にある。



浚渫土である堆積土砂は撤去時には高含水比のため、土砂として搬出できるよう二連化区間に併設して土砂乾燥場を新設し、コスト削減を図ってきている（写真-3）。



写真-3 土砂乾燥場への搬入状況

2.2 管理事業による通水中の土砂撤去の取組  
管理事業では通水中に水中ロボットやサンドポンプ等による土砂撤去を試行し、良好な結果を得たが、費用が高額となり継続的な対応に繋げることができなかった。

## 3. 新たな対策に向けた検討の視点

これまでの取組から、従前の予算範囲内で、年間堆積量以上の撤去に向けた対策が望まれるという、相反した課題への取組が求められており、視点の変化が必要であった。

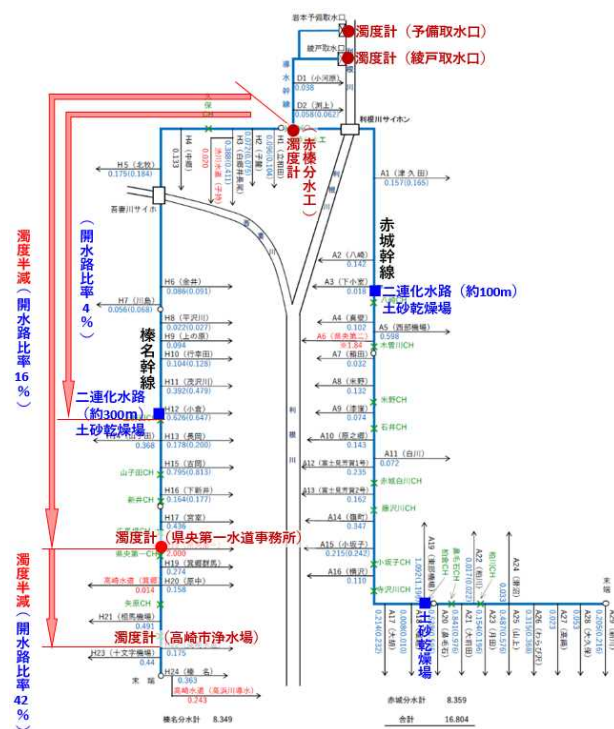
### 3.1 水路内流入土砂量の把握

1.で述べたように、通水中における堆積土砂の全体賦損量の把握は、マルチビーム測量では難しく、この手法を用いる場合、費用が高額になる。そこで、利根川から水

路内へ流入する土砂量に着目し、取水口に設置される濁度計から全体賦存量を推計することとした。濁度の定義「1ppm（1度）＝濁水1L中に白陶土1mg」を基に、10ヶ年の取水量と濁度から流入土砂量を算定すると、年平均790m<sup>3</sup>であり、年間に撤去すべき土砂の目標値が定まった。

### 3.2 水路内堆積位置の推定

濁度は図-2に示すとおり、分土工より下流の浄水場で計測されており、浄水場の多い榛名幹線において高濁度となる洪水時に着目し、濁度の変化を確認した。



取水口より約4km下流の赤橋分土工までは濁度の変化は無いが、約19km下流の県央第一水道事務所までの区間で濁度は半減する。約15km下流の二連化水路部までは開水路比率は約4%であり、流速が落ちる開水路が少ないにもかかわらず、濁度が半減しているため、二連化による沈降促進効果が発揮されているものと推定された。約23km下流の高崎市浄水場までの区間で濁度は更に半減しており、上流部の開水路比率約16%と比較して、県央第一水道事務所以降は開水路比率が約42%と高いため、開水路比率の上昇による流速低下が濁度半減の要因と推定された。ストックマネジメント調査の結果とあわせて、大部分の土砂は開水路区間に堆積していると考えられた。

### 3.3 水路内堆積土砂の粒度と土砂乾燥期間

図-3に示すように、榛名幹線水路内のそれぞれの区間の堆積土砂の粒度は概ね1mm未満であり、D<sub>20</sub>は0.0025～

0.18mmに分布する。Creagerの土粒子径と透水係数の関係によると透水係数は $10^{-8} \sim 10^{-5} \text{m/s}$ と推定され、遮水材料と同等の材料である。

そのため降雨後には表面に雨水が滞留し、浸透による排水がされにくく、天日による蒸発を待つばかりの状況にあり、これまでの乾燥期間は約1年間に1回の搬出だった。

一方で、現在稼働中の土砂乾燥場の全受入容量は約500 $\text{m}^3$ であり年間の流入土砂量約790 $\text{m}^3$ に対して不足しているが、乾燥場を新設し、容量を拡大することは予算面等から難しい。そこで、早期乾燥による回転率の向上（年2回の搬出）をめざし、雨水の効率的な排水促進と搬出可能かどうか判定する指標の検討を進めた。

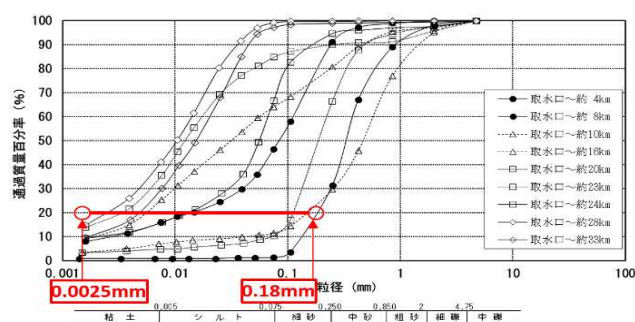


図-3 水路内堆積土砂の粒度分布

### 3.4 断水による水路内堆積土砂撤去の負担

断水による水路内堆積土砂撤去には、工事発注、関係機関（河川・道路管理者、地元、利水者等）との事前調整、機構・利水者による水運用操作、断水中の除塵など多岐にわたる作業が不可欠であった。

年間の流入土砂量を撤去するためには少なくとも6回の断水を必要とし、断水調整の労力などに要する費用は約3,800万円と試算されるが、その人員、費用等を捻出することは困難であった。

このため、重機による浚渫に着想を得て、断水の必要がない水路内水中掘削を前提とした方法を検討した。この場合、濁水や重機からの油流出への対策などが課題となり、対応を進めることとした。

### 3.5 建設発生土受入れ地での処理

乾燥後の土砂搬出にあたっては運搬・処分費を含め $\text{m}^3$ あたり約8,000円を投じて処理を行っており、全ての土砂を有効利用できれば年間約600万円のコスト削減に繋がることとなる。

搬出された土砂は、過去には農地の盤上げにも活用された実績はあるものの、毎年必要とされるものではない。また、近年は受益地を含めた近傍で圃場整備などの計画は無い状況にあった。

関係機関においても建設発生土受入れ先を模索中であり、機構独自の対応を進めることとした。

## 4. 水中掘削の試行と土砂の有効利用に向けた取組

### 4.1 通水中の水中掘削

利根川の濁度は通常時1桁台と小さい。水中掘削により濁度の上昇が想定されるため、許容される濁度を設定する必要がある。浄水場と調整し、水中掘削作業の停止基準濁度は、PACから活性炭処理への切替による浄水場の人員招集指標である濁度200度とした。

水中掘削時の油流出は油圧ホースからの漏油、シリンダーがスムーズに稼働するためのグリス等の流出の可能性が考えられた。受注者と検討を行い、流出対策として油圧ホース等の交換、シリンダー類の清掃、カバー設置を行った。緊急時に備えてオイルフェンス等の備蓄状況の確認も行った。

その結果、油流出は無く、濁度は作業場所の直下流で約80度が最大であった。約2km下流の浄水場では非かんがい期の水量が少ない時期であったが最大でも約25度への上昇に留まる良好な結果が得られた。

掘削は透明度の高い群馬用水の利点を生かし、水路下流から上流に向けて移動（施工）することで濁りの影響を回避し、目視確認により安全に作業を進めることができた。

分水口のほかにウィープホールなどの構造物は事前確認のうえ、その周囲にBHのバケット等が干渉しない範囲での掘削に努め、大容量の土砂を優先的に撤去した。副次的な効果として、土砂中の藻を根ごと除去することができ、切れた藻の流下は少なからずあったが、スクリーンが閉塞するほどの目詰まりは発生しなかった。断水による掘削時には短時間作業のため水路内に残る水と一緒に土砂を撤去せざるを得なかったが、今回の水中掘削では堆積土砂をBHのバケット一杯にすくう事ができ、断水時と比較して、土砂と水の攪拌が生じない形で作業進捗が図れた。

### 4.2 公募による有効利用先の確保

土砂の処分先について広く募集を図るため群馬用水HPにて、機構の土砂乾燥場から積込み運搬を自ら行うことを条件に無償譲渡する旨の公募を行った。

その結果、土壌再生資源利用として年間約1,000 $\text{m}^3$ 規模の応募があり、年間流入土砂量と同等以上の申し出であった。令和5年10月より譲渡を行い、運搬・処分費のコスト削減を進めている。

利用者からは細粒分の多い土であり、土壌再生資源の素材として最適であるとの感想であった。

### 4.3 早期乾燥と管理方法

断水による掘削と比べて、水中掘削では水分量が少なく土砂乾燥場への搬出時に流動性が少なくなっており、断水掘削時には平滑化されていた土砂に5%以上の傾斜

がついていた（写真4）。

この傾斜を生かせば土砂表面に滞留した雨水を排水することができると考え、早期乾燥を促進する表面排水を行うため、土砂乾燥場の中央下層に配置されるドレーン部へ表面水を流す土水路や仮設材設置による試行をし、効率的な排水構造を有する改造案の立案に繋がった（写真5）。



写真4 土水路試行 写真5 コンパネ水路試行

1年間の完全乾燥を待たず、土砂搬出可能時期を適切に判断するため、その指標を発生土利用基準よりコーン指数200kN/m<sup>2</sup>以上（第4種建設発生土相当）とした。

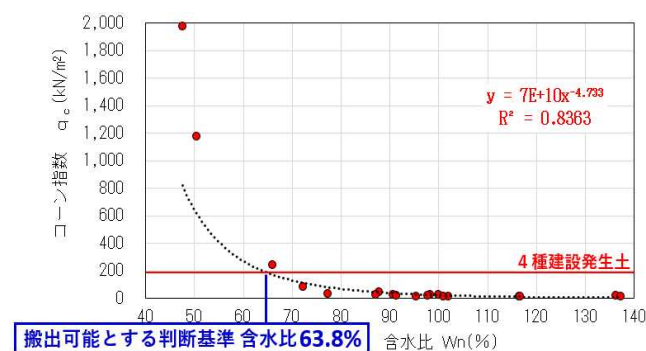


図4 コーン指数と含水比の相関

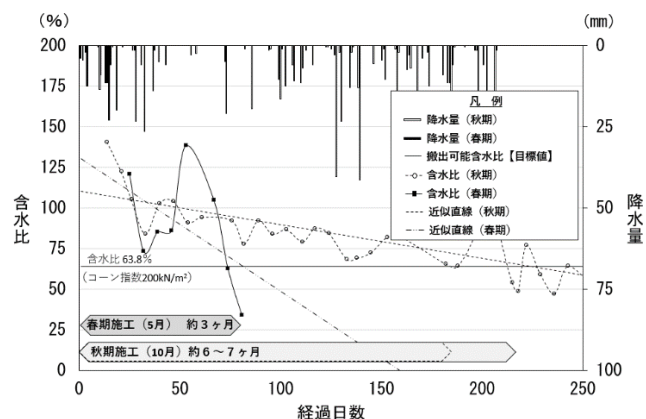


図5 土砂乾燥場における含水比の変化

有効利用を図るうえでは、譲渡要請時に迅速に搬出可能かを判断することが望ましい。そこでコーン指数と含水比の相関を利用した含水比管理を実施し、更には電子レンジによる簡便法を活用したことで即日判断を可能とした。（図-4）

図-5に示すとおり、春期施工、秋期施工で搬出した土砂の乾燥期間はそれぞれ約3ヶ月、7ヶ月だった。排水性を

向上し表面の雨水滞留を抑制したこと及び判断指標を明確化したことで春秋の年2回施工が可能となり、約1,000m<sup>3</sup>/年の堆積土砂撤去・処分が可能となり、年間の流入土砂量へ対応できることを確認した。

## 5. 対策の汎用性の確保と総合コスト縮減対策

今回、堆積土砂対策として、管理用道路を有する開水路での水中掘削の適用性や、水中掘削と連動した土砂乾燥場のあり方について留意事項の抽出もでき、作業の汎用性を確保することに繋がった。

水中掘削が可能となったことにより、年間の流入土砂推定量790m<sup>3</sup>を撤去する場合、これまでの断水を伴う掘削費約1,200万円に対し、約300万円のコスト縮減に繋がった。堆積土の有効利用による年間約600万円の縮減を合わせて、コスト縮減費用約900万円で年間流入土砂量に相当する掘削費が賄われることとなった。

副次的であるが約3,800万円規模と試算される断水作業の調整や現地操作等の負担が省略され、大幅な業務改善にも繋がった。

## 6. 終わりに

今回検討では、これまでの継続的な取組に加え、視点を変えた対策が求められ、かつ、限られた管理人員での効率化も必要であった。

これまで蓄積してきた過去の取組や技術資料等から着想を得て、複合した課題に対し、最小の力で最大の効果発現に繋げることができた。

なお、年間の水路内流入以上の土砂撤去対応策が整理できたものの、一部、水路内構造物周辺等は土砂撤去できない課題も残る。今年度より着手した改築事業において、断水による施設整備等を進めていくところであり、平行して水中掘削状況の確認を行い、更なる改善に向け取組を継続していく予定である。

本報告が、機構の他事務所における堆積土砂による課題解消に向けた参考となれば幸甚である。

最後になりましたが、本件を推進するにあたり、多大な助言、指導を頂きました群馬用水土地改良区、群馬県地域創生部、群馬県農政部、群馬県企業局、高崎市水道局、渋川市上下水道局の皆様へ心より感謝の意を表します。