

長田川サイホン出口部における浮遊物処理方法の検討について

菅野佑治¹

¹近畿農政局 東播用水二期農業水利事業所 工事課 (〒651-2304神戸市西区神出町小束野30-19)

紀伊平野地区の小田井水路は、水路延長約29km、一級河川「紀の川」の右岸に広がる約600haの農地をかんがいする水路である。小田井水路は、主に開水路形式となっており、自然ごみ等（以下、「浮遊物」という）が流入しやすく、河川横断サイホンでは水路断面が変化するため、その構造上、浮遊物が溜まる場所となりやすい。本報では、長田川サイホンを事例として、水理模型等により浮遊物滞留の原因と浮遊物処理に効果のあるサイホン出口部構造について検討した経緯を報告する。

キーワード サイホン、トランジション、浮遊物、滞留、水理模型

1. 事業概要

国営大和紀伊平野農業水利事業は、奈良県の北西部に位置する奈良市他 9 市 11 町村（20 市町村）からなる大和平野と和歌山県の北部に位置する和歌山市他 5 市 2 町（7 市町）からなる紀伊平野の両平野にまたがる農地面積約 13,400ha を受益地としている。

本地区の農業水利施設は、築造後 40 年～50 年を経過していることから老朽化等による性能低下が著しく、早急な対応が望まれている。また、近年の営農形態の変化や都市化の進展に伴う農地面積の減少等により、農業用水の需要に変化が生じてきている。

そこで、本事業ではこれら機能低下した農業水利施設の整備を行い、農業用水の安定供給と適正利用を図るとともに、その結果生み出される余剰水を地域の上水道に転用し、地域の水資源の有効活用に資するものである。

2. サイホン出口部の浮遊物

(1) 長田川サイホンの構造特性

長田川サイホンは小田頭首工の下流約 20km に位置する図-1 のような全長 171.6m、口径φ1200～1350、再編流量 $Q=2.85\text{m}^3/\text{s}$ の河川横断円形サイホンである。本事業により本管は平成 22 年度に FRPM 管で改修されており、トランジションにより下流開水路に接続されている。

サイホン出口部のトランジションは、図-2 のように地形的な制約から台形屈曲形となっており、サイホン出口から開水路に向かって断面が B1350×H3290 から B3400/2340×H1290 へと変化しており、断面①から断面③において特に浮遊物が滞留しやすい場所となっている。



写真-1 出口トランジション部

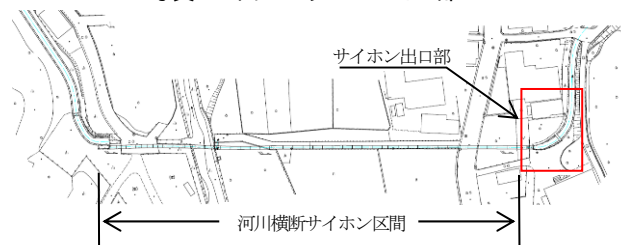


図-1 長田川サイホン全体図

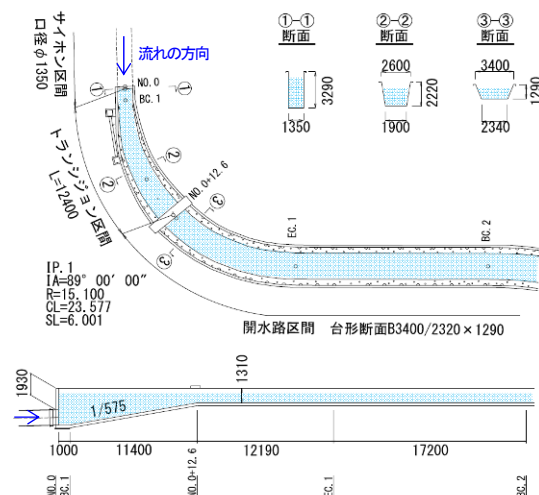


図-2 出口トランジション断面図

(2) 浮遊物滞留に対する問題

上流から流下する浮遊物は草木の枝葉といった自然ごみの他、ポリエチレン、ビニル製品等の生活廃棄物も含まれており、送配水への影響を防ぐため人力によって浮遊物処理を行っているが、多大な労力が掛かり、近隣住民から浮遊物の腐敗臭等に対する改善要望も出されていたことから、現場にて応急対策を行ってきた。

(3) 応急対策の実施経緯

平成 21 年度から建設所職員によって対策を実施してきた経緯を表-1 にまとめた。サイホン出口のごみが水面へ浮上し滞留するのを抑制するために 3 パターンの対策工を実施しており、経過観察を行った結果、ネット張り工法は、直営施工が可能であり、一定の効果が得られる手法になり得るが、かんがい期間を終えると、ネットへのゴミの目詰まり、材料のサビ、劣化等でメンテナンスフリーの永久構造物とはなっていない点を改善する必要が生じた。

表-1 応急対策の経緯

対策案	考察
	試験施工 1 (網状ロープ) ペットボトルなどの質量が軽いゴミの浮き上がりを抑えるには範囲が足りない
	試験施工 2 (鋼製ネット) 出口部を完全閉塞し、出口部の浮き上がりは抑制できるが、水面を逆流して滞留してしまう
	試験施工 3 (逆流防止付き) 浮上がり及び表面逆流による滞留は防止できるが、ネットの目詰まり破損が生じる

3. 浮遊物処理に対する検討

(1) 永久構造物としての検討

小田井水路における浮遊物は、維持管理面から長田川サイホンより下流の調整池にて処理する仕組みになっており、施設管理者から浮遊物を滞留させない構造とすることが求められた。そのため、以下の条件に基づき、浮遊物処理に対する検討を行った。

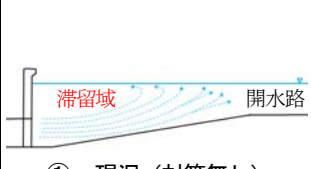
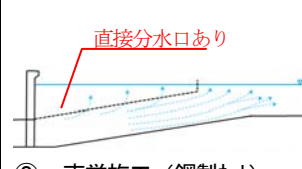
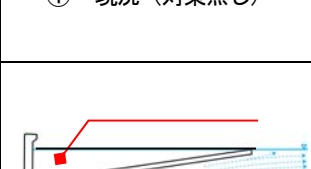
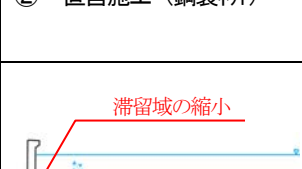
- 住宅近隣であり除塵施設は設けない
- 浮遊物を滞留させないサイホン出口構造とする
- サイホン出口部に直接分水工があり閉塞しない
- 既設コンクリートは取壊さず経済的な工法とする

(2) 浮遊物処理のための設計

浮遊物処理に確実に効果があるのは勾配を緩くしサイホン延長を長くすることであるが、改修にはコストが掛かる点と、トランジション区間において直接分水が 3 箇所あり管理面から上部を完全に閉塞できないという問題があった。そのため、別途、模型実験による水理解析により、コスト面で有利となりそうな堰止め方式を検討することとした。

検討手順は、浮遊物が滞留する原因と考えられる滞留域の形成範囲を模型で確認し、次に堰止め高さ、位置の違いにより滞留域の形成がどのように変化していくのかを検証した。①現況パターンのように滞流域をもつ現況の流れを改善するために、②鋼製ネットにて試験施工を行ってきたが、別の手法として③サイホンの延長、④堰止めする方法を考えた。

表-2 対策パターンの考え方

 ① 現況 (対策無し)	 ② 直営施工 (鋼製ネット)
 ③ サイホン延伸案	 ④ 堰止め案

4. 水理模型実験 (簡易版)

浮遊物の滞留の仕方を見るために写真-2 のような簡易な水理模型を作成した。材料は発泡スチロール、アクリル板、牛乳パック、塩ビパイプで構成される。

ここに水を流すと同時に、浮遊物に見立てたシュレッダーごみを流下させる。表-3 に水理模型に実際に水を流した結果をまとめた。現況形式ではパイプから出た浮遊物が逆流して水面に滞留している様子がわかる。

サイホン延伸形式を試してみると、浮遊物の多くは速やかに流下するが、天井部分に浮遊物が溜まっている様子がわかる。さらに、堰上げ形式を試してみると、浮遊物が滞留する範囲を制限できることがわかった。



写真-2 水理模型 (簡易型)

表-3 水理模型（簡易型）による実験結果

模型形式	考察
	＜現況形式＞ 流水のみ（ごみ無し）
	＜現況形式＞ パイプ出口にごみが浮遊物となって滞留している。
	＜サイホン延伸形式＞ 水路内のごみは流下し易いが、天井部にごみが滞留する。
	＜堰上げ形式＞ 堰上げの位置によって、水面上の浮遊物の滞留域を小さくできる。

5. 水理模型実験（1/5 スケール）

写真-3 のように約 1/5 スケールの縮尺模型を京都大学及びコンサルタントの協力のもとに作成し、現場と同様の流れを再現した。実験スペースの関係から現場とは左右対称となるが、出口トランジションについても写真-4 のように現場と同様の曲線形を再現した。ここで、滞留域を小さくすれば、浮遊物が逆流する余地を限りなく小さくできると仮定し、モルタルブロックや堰板によって出口トランジションの下流を堰止めし、パターン毎の流れの違いを見ることとした。



写真-3 水理模型の全景



写真-4 出口トランジション模型

(1) 軽石による表面流実験

まずは、堰止めする位置の違いによって、水面が逆流している範囲がどう変化するかを、軽石を水面に浮かせて検証した。この実験から、止水堰を下流方向に移動させれば、水面の逆流範囲が長く滞留域が大きくなり、一方で、滞留が無く最も速やかに軽石が流れるのはサイホン出口付近にブロックを3段積みしたパターンと、堰板を立てるパターンであることがわかった。この実験により、より上流に止水壁を設置する方が、滞留域が壊れやすいことがわかった。

(2) トレーサ試験による流下速度の検証

次に、トレーサ試験によって、染料の流れ方と滞留域の形成に相関関係があるかどうかを検証した。試験方法は、サイホン出口から染料を流してトランジション下流の定点において、単位時間毎の水中濃度をサンプリングするものである。試験結果及び試験状況を図-3、図-4 に示す。

まず、軽石実験により滞留域の形成がもっとも大きかった現況（パターン0）の濃度波形を見ると、時間帯が20sec～28sec と早い段階で濃度が急に高くなっている。これは、サイホン出口の上部に水の流れがない滞留域が形成され、染料が一気に流れるものと仮定された。逆に、濃度の波形の出現が遅くゆるやかな波形が、滞留域を小さくすると考えた。

こうして結果検証すると、パターン NEW は濃度波形が低くてピークの出現も遅く、滞留域を小さくすることに効果的なパターンであると想定された。一方、パターン New と同様な堰上げ方式であるが、パターン8はピークの波形の出現が20sec～48sec と速かった。

以上の結果により、滞留域が形成されにくい堰止めパターンと考えられるパターン NEW と、類似しているがピークの出現が速いパターン8を含めて、三次元流速計にて結果検証することとした。

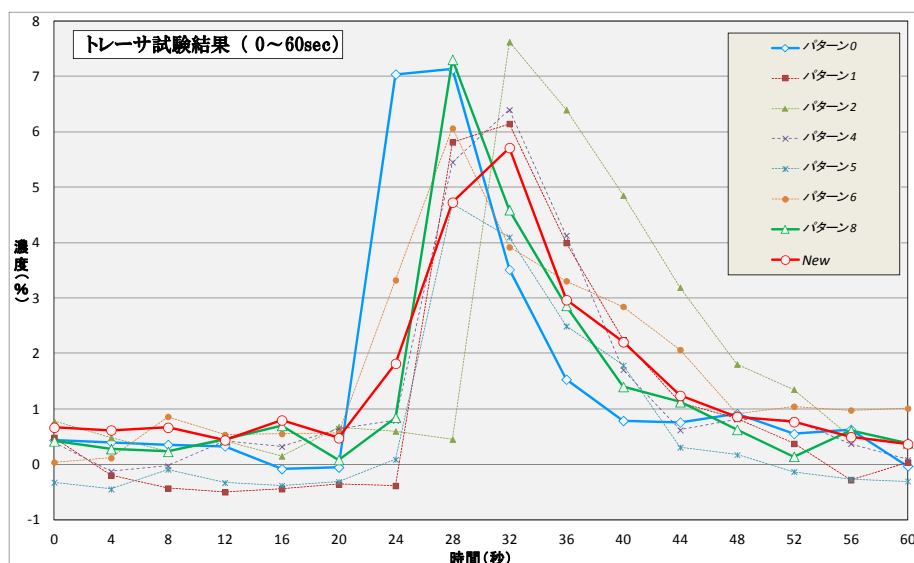


図-3 トレーサ試験による実験パターン及び結果

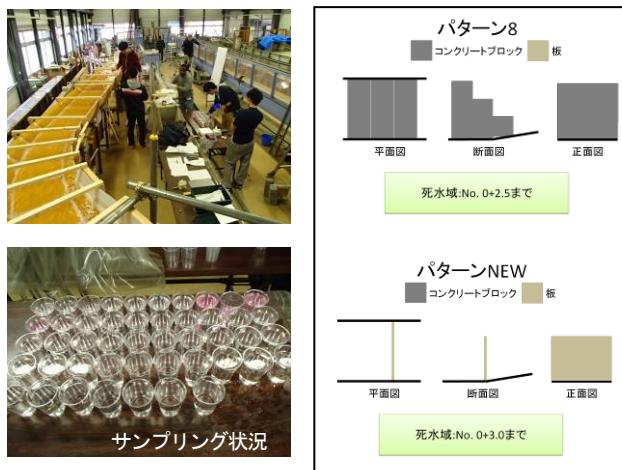


図-4 トレーサ試験の実施状況と代表的なパターン

(3) 三次元流速計試験

トレーサ試験の結果から、現況（パターン0）、ブロック3段積み（パターン8）、堰板（パターンNEW）の3パターンにて三次元流速計による実際の滞留域を形成する流れを可視化することを試みた。計測方法は、図-5のように、縦断方向に6断面（section）、横断方向に3測線、深さ方向を4〜8区分して計測した。

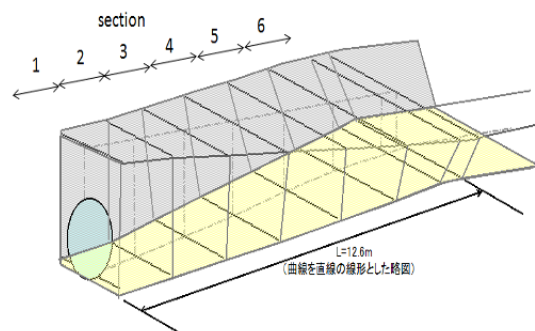


図-5 三次元流速計の測定セクション断面図

(4) 流速計測結果

図-8〜10に、セクション毎の流速分布を示す。各断面図は右側がサイホン出口であり、左側が下流の開水路である。図中の矢印は水流を流速ベクトルで表しており、流れの方向がイメージできる。この結果を見ると、図-6 パターン0（現況）は流心が底版近くであり、表面付近で逆流していることがわかる。

また、図-7 パターン8（ブロック3段）と図-8 パターンNEW（堰板）を現況と比較すると、下流方向への流心は水路表面に向かっていくが、特にパターン8はブロック積背面にて対流が起こっている様子がわかる。この結果により、パターンNEW（堰板）が背面の対流が少なく、最も水面での逆流を抑制することが出来ることがわかった。

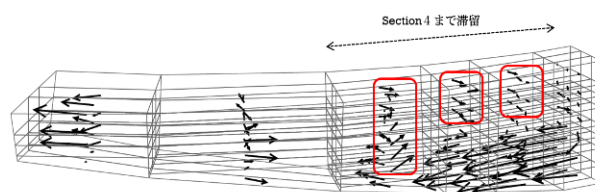


図-6 パターン0（現況）における流水ベクトル図

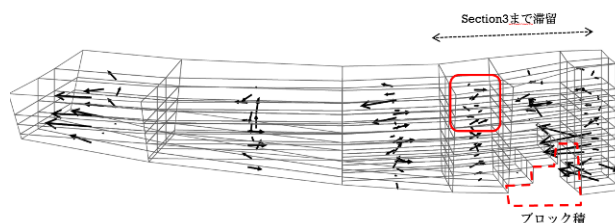


図-7 パターン8（ブロック3段）における流速ベクトル図

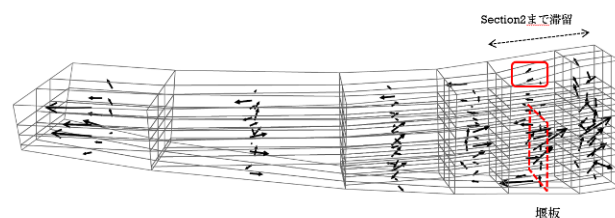


図-8 パターンNEW（堰板）における流速ベクトル図

6. 浮遊物処理方法の検討結果

以上の実験により、現況の滞留域を破壊し、浮遊物を流下させるには、サイホン出口の勾配変化点に堰板を設置し、流れの方向を上向きに変えることが有効であることがわかった。現場での対策としては、サイホン出口に堰板を設置した際の水面上昇と、サイホン入口のバックウォーターのに対する、水路壁余裕高のチェックする必要がある。また、実施工では堰板背面の土砂堆積や、浮遊物が水流に与える影響を考慮した対策を行うこととしている。

7. おわりに

今回の検討では、サイホン出口オープントランシジョンの浮遊物処理について、有識者の意見を踏まえながら対策方針としてとりまとめることができた。本報告が開水路における浮遊物処理の事例として、現場担当者の一助となれば幸いである。

謝辞：本検討を進めるに当たり、模型実験フィールドの提供及びデータとりまとめに関してご協力頂いた京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻水資源利用工学研究室、（株）都コンサルタント、紀伊平野農業水利事業建設所職員の皆様に心より感謝いたします。