

農業集落排水施設再編に伴う長距離圧送設計

株式会社日水コン 佐々木愛

本稿では、千葉県東金市において汚水処理事業の運営をより効率的なものにするため、農業集落排水（以下「農集排」という。）施設の処理場を廃止し公共下水道へ接続する統廃合を検討した。検討上の課題には、「送水距離 1 km 以上の圧送」、「統廃合時の切替え」が挙げられ、前者については①管材 ②マンホールポンプ（以下「MP」という。）の設置基数 ③腐食対策 ④維持管理方法の 4 点について詳細な検討を行った。その結果、施工箇所が緩やかな地形状況であることに加え、水量の大幅な変化がなければ対応可能であるという結果が得られた。また、後者については、既存污水管を供用しながら新設 MP と接続管を先行して施工することでスムーズな切替え工事が可能となることを提案した。

Key Words : 広域化・共同化、長距離圧送、詳細設計、農集排統廃合

1. はじめに

国土交通省ほかは、地方公共団体における汚水処理事業の運営をより効率的なものにするため「広域化・共同化計画策定マニュアル」¹⁾を改訂しており、その一環として農集排施設の処理場を廃止し、公共下水道へ接続する統廃合計画を推進している。東金市の上谷地区及び嶺南・正気西部地区の農集排施設においても、2021 年度時点で供用開始から 20 年以上が経過し、各種設備機器の標準耐用年数（概ね 15 年）を超過していることから、日々のメンテナンスに掛かる維持管理費の増加が懸念される。

そこで本稿では上谷地区及び嶺南・正気西部地区農集排施設を廃止し公共下水道へ接続するための詳細設計について、未だ事例が少ない長距離圧送への対応に加え、統廃合時の切替えの課題に着目し、その解決策について提案する。

2. 業務概要

現場状況と検討上の課題を図 1 に示す。

2-1. 現場状況

上谷地区及び嶺南・正気西部地区農集排施設を廃止するためには、各施設前に MP を設置し、上谷地区から約 0.8 km 圧送し、嶺南・正気西部地区で合流させた後、約 1.5 km の長距離圧送で公共下水道に接続させる必要があり、流入最大汚水量は 0.943 m³/min であった。

現場状況としては、当該対象路線が市道の主要道路のため交通量が多い。また、当該エリアに布設されている地下埋設物として水道、ガス、一部の地域で NTT が確認されているほか、対象路線周辺は水田が広がっており、複数の用水路横断箇所も存在した。

2-2. 検討手順

本業務での課題は「送水距離 1 km 以上の圧送」区間と「統廃合時の切替え」の 2 点である。



図 1 現場状況と検討上の課題

(課題 1) 送水距離 1 km 以上の圧送区間の設計については長距離圧送を実現させるため、①管材 ②MP 設置基数 ③腐食対策 ④維持管理方法の 4 点について詳細な検討を行った。

(課題 2) 現状におけるクリーンセンターでの処理機能を継続しながら MP 場を新設し、既設管を切替えて公共下水道へ接続する方法について検討した。

設計を行うに当たり、本業務での課題と検討手順を整理し、各課題の詳細検討を行う。

3. 詳細検討

2. 業務概要で挙げた課題に対する検討結果を以下に示す。

3-1. 課題 1 の検討結果

長距離圧送を実現させるために、前述の 4 点について検討した。その結果、維持管理等の留意点はあるが、1 km 以上の圧送が可能であることが明らかとなった。以下に検討事項の詳細を示す。

① 管材

管材の採用候補については、ダクタイル鋳鉄管、塩化ビニル管、ポリエチレン管の 3 種類が挙げられた。本業務では、ポリエチレン管を採用した。理由は、曲がり部分での離脱防止製品や耐震用可とう継手が不要となるポリエチレン管が経済的に安価となるためであ

った。また、布設ルートには、複数の埋設物が横断しており、埋設物との離隔を確保する必要が生じた。その際にポリエチレン管では曲管を採用せず、材料の特性を生かして直管を曲げて対応することで、施工性も良好となるほか、曲げ角度が緩やかになり、維持管理面でも堆積物の詰まり防止に貢献できるという利点があった（図 2 参照）。

② MP 仕様と設置基数

当初の予定では仕様の異なった MP を 3 基設置し、送水する計画であったが、流入水量の再確認と実際の平面・縦断線形による全揚程の条件を基に新たな計画として 2 基の MP 設置を提案し、

表 1 に 2 つのケースを提示した。

各ケースでは、それぞれ出力の異なる MP を選定して、イニシャルコスト（MP 本体料金）とランニングコスト（年間の電気料金）を比較した結果、ケース 2 における MP2 基の設定がイニシャルコストとランニングコストの両方で安価となり、本業務ではケース 2 を採用した。

圧送管路では、付帯設備となる空気弁の設置が必要となる。空気弁は、圧送管路凸部の空気が溜まりやすい箇所に設置するのが望ましく、上谷地区においては、最も高い位置に計画した。嶺南・正気西部地区については、布設位置がほぼ平坦であったことから、対象距離の中央箇所に設置した。

長距離圧送においては、ウォーターハンマー（水撃）現象について検証することとなる。この現象は圧力低下（負圧）が発生し、局部等に大きい水撃圧が作用し管路等を破壊する恐れがあり、この負圧の値が 7m を超える場合は対策を講じる必要があった。検証においては、圧送延長が長い嶺南・正気西部地区を対象とし、中央箇所に空気弁を設置することから、空気弁の設置有無についても検証条件に加えた。嶺南・正気西部地区の圧力勾配図を図 3 に示す。図 3 より、空気弁なしの場合には最大負圧約 9.7m が発生しているが、空気弁を設置したことで管路内の負圧は約 5.5m まで下がり、付帯設備として設置した空気弁がウォーターハンマー現象の軽減にも繋がったことがわかる。

③ 腐食対策

下水道施設は対象とする施設ごとに腐食対策を行う必要がある。「下水道管路施設スト

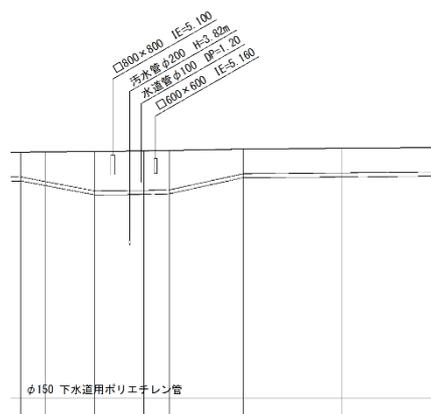


図 2 布設ルートの縦断図

表 1 MP 設置基数検討表

	ケース 1	ケース 2
概要	上谷地区から公共下水道まで 3 か所の MP により送水するケース	上谷地区から公共下水道まで 2 か所の MP により送水するケース
MP仕様 設置箇所数	MP1 : φ 65mm × 3.7kW MP2 : φ 80mm × 3.7kW MP3 : φ 80mm × 2.2kW 3基	MP1 : φ 65mm × 3.7kW MP2 : φ 80mm × 5.5kW 2基
送水距離	MP1上谷 : 835m MP2嶺南・正気西部 : 800m MP3嶺南・正気西部 : 780m	MP1上谷 : 835m MP2嶺南・正気西部 : 1,580m
MP本体料金	4,700千円	3,300千円
電気料金	214千円/年	202千円/年

ックマネジメントの手引き（旧下水道管路施設腐食対策の手引き（案）－2016 年版－）」²⁾によると、管路施設内の一般的な腐食対策には圧送管吐出先の管路施設（MP からの圧送を含む）が対象として挙げられる。本業務においても圧送方式における硫化水素に起因する腐食が発生する恐れがあるため、MP 自体の腐食環境を踏まえて分類ごとに適切な対策を行う必要があった。

腐食環境条件は供用年数及び硫化水素ガス濃度、送水距離等によって分類されるが、本業務では圧送管による長距離圧送対策のため、送水距離に基づいて検討を行った。送水距離による分類は、圧送管延長が 1,000m 以上であればⅠ種、500m 以上 1,000m 未満であればⅡ種、それ以外はⅢ種に分類される²⁾。

この分類に従うと、上谷地区はⅡ種、嶺南・正気西部地区はⅠ種相当の対策が必要となる。腐食環境条件がⅠ種、Ⅱ種に属する場合、腐食対策として発生源対策及び耐硫酸性の管材や防菌・防食コンクリート等の防食材料を使用することが必要となる。

本業務では新設マンホールに対して腐食対策の一つであるレジンマンホールを採用した。レジンマンホールは硫化水素に起因する硫酸に対して優れた耐腐食性を有しており、腐食環境条件Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ種すべてに適用可能である。さらに素材となるレジンコンクリートは高強度で優れた耐久性を有することから薄肉・軽量化した製品設計が可能となる（図 4 参照）。

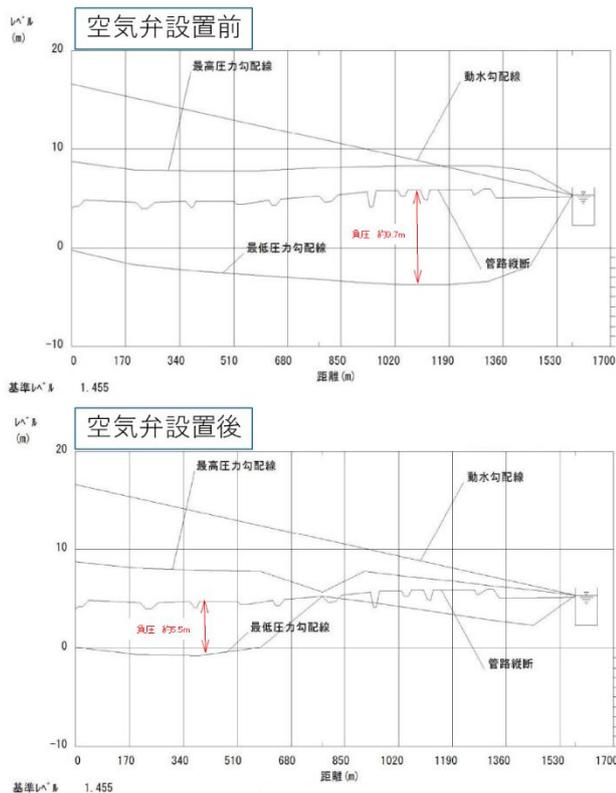


図 3 圧力勾配図

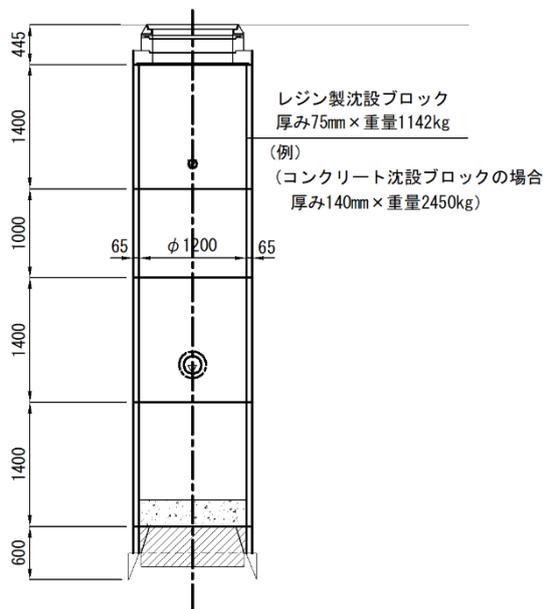


図 4 レジンマンホール組立詳細図

④ 維持管理方法

長距離圧送を行う場合、管路の凹部に土砂や汚泥等が沈殿して管路を閉塞し、通水能力が低下してしまう

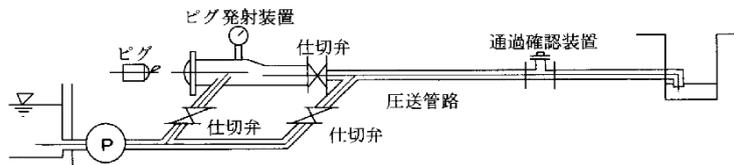


図 5 ピグ洗管の方法と概要

ことがある。この管路内の堆積物を除去するためには、本来であれば、図 5 に示すように解消方法の一つとして、発泡ポリウレタン製のピグを使用したピグ洗管システムが一般的となっている。ただし、MP 内へ発射装置等を新たに設置する点やピグ自体が管路内で詰まるという課題があり、これらを解消するための工法として、アイスピグ管内洗浄工法を提案した。

本工法は、特殊シャーベットを管内に注入してアイスピグを形成してから管外に排出するものである。ここで用いる特殊シャーベットは、水及び無害の添加物（氷点降下剤）を原料として特殊な製法で造られた半液体・半固体のスラリー状の氷であり、液体の流動性と固体のせん断応力を併せ持つものである。洗浄イメージを図 6 に示す。注入されたアイスピグが堆積物に到達し、それを覆うことにより堆積物が除去される仕組みとなる。

これにより、一般的なピグ洗管の課題である新たな設備は必要なく、MP 内の現状設備で対応できるほか、アイスピグが溶けることでピグ自体の詰まりを防ぐことが可能となる。また、本工法を採用する上では、MP 施設内に図 7 に示す掃除口が設置されていれば、そこから材料注入がスムーズに行うことができるため、作業時間の短縮が図られる。

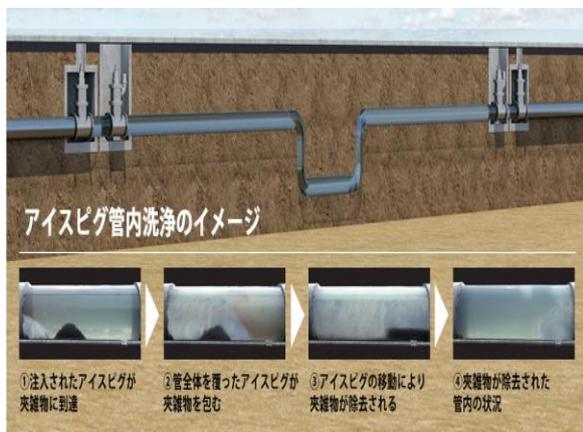


図 6 アイスピグ管内洗浄イメージ³⁾

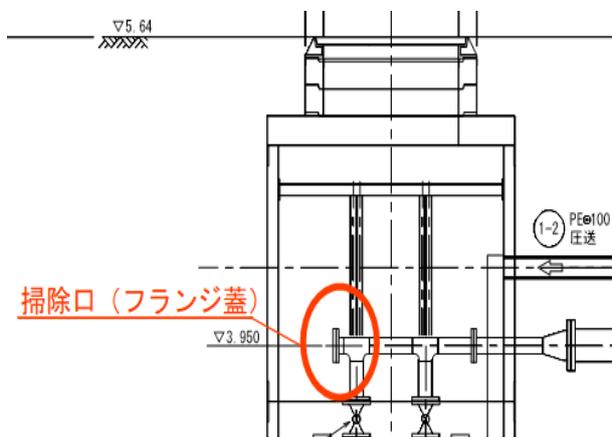


図 7 掃除口

3-2. 課題 2 の検討結果

各農集排施設には既設 MP があり、当初はその施設の再利用を検討していたが、既設設備の撤去から新設整備の設置までが既設 MP 内での作業となるほか、設備設置に必要なマンホール内事前確認・洗浄及び予旋回槽はつり等、マンホール内の狭い空間内の作業となるため、困難を極める。更にその間には、既設汚水の流下を妨げないことや、移設作業に支障がないように上流側に止水プラグを設置し、上流マンホールに溜まった汚水のバ

キューム車等での吸引・輸送・排出（水替え）が長期間必要となってくる。そこで、本設計では新規設備を備えた新設 MP を設置し、新設管を用いて既設 MP と接続しておき、切替え段階において既設設備撤去、インバート打設程度のスムーズ対策で水替え期間の短縮化を図ることを提案した（図 8 参照）。以上を踏まえ、本設計では新設 MP 対応を採用しその施工イメージフローを図 9 に示す。

4. まとめ

本業務では、農集排施設では実績の少ない 1 km 以上の圧送及び既存污水管を供用しながら施工を行うことを課題とした検討を実施した。各課題に関する結論を以下に示す。

課題 1：1 km 以上の長距離圧送は、緩やかな地形状況に加え、水量の大幅な変化がなければ施工可能であった。ただし、最適な管材の選定や圧送方式における硫化水素発生が懸念されるため腐食対策、管路閉塞に伴う適切な維持管理方法の抽出が必要不可欠である。

課題 2：既存污水管を供用しながらの既設 MP から新設 MP への切替えについては、新設 MP を先行し、接続管まで設置しておくことでスムーズな切替え工事が可能となり、水替え期間の短縮に繋がる。

最後に、対象地区の農集排施設では長距離圧送の実績がなかったが、今回の様々な検討・提案によって、長距離圧送が可能との結果を踏まえ、今後は、広域化・共同化事業として農集排統廃合に取り組む上での設計が促進されることを期待している。

(参考文献)

- 1) 総務省，農林水産省，国土交通省，環境省（2020）
広域化・共同化計画策定マニュアル（改訂版）
- 2) 日本下水道協会（2017）下水道管路施設ストックマネジメントの手引き
- 3) アイスピグ研究会 HP

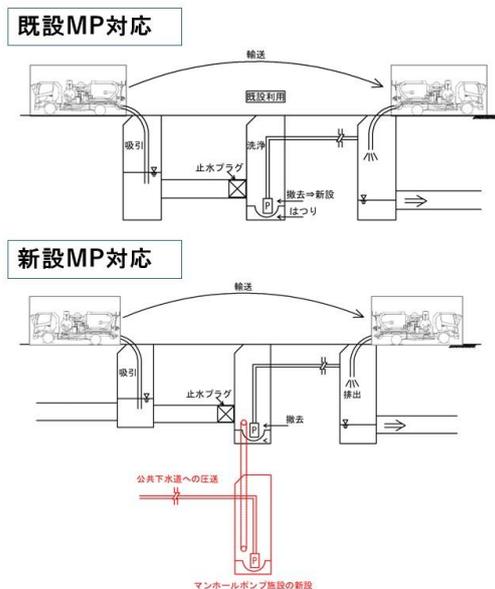


図 8 既設 MP、新設 MP イメージ図



図 9 施工イメージフロー