

図 - 2 揚砂ポンプシステムの構成  
(中圧集砂方式)

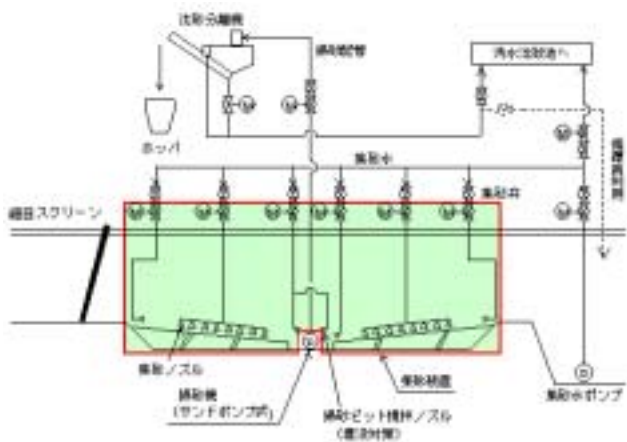


図 - 3 揚砂ポンプシステムの構成  
(低圧集砂方式)

### (1) 集砂装置

集砂装置は、沈砂を沈砂池底部に設置した集砂ノズルから水圧、水流を発生させて揚砂ピットに集めるものであり、集砂ノズルに供給する水圧の違いにより、高圧集砂方式 (0.59MPa 以上)、中圧集砂方式 (0.05~0.3MPa)、低圧集砂方式 (0.002~0.005MPa) の3方式がある。

### (2) 揚砂機

揚砂機は、揚砂ピットに集砂された沈砂を沈砂分離機等に移送するものであり、揚砂ポンプシステムで用いる揚砂機にはジェットポンプ式揚砂機とサンドポンプ式揚砂機がある。

### (3) 用水設備

揚砂ポンプシステムでは、揚砂機周辺に堆積した沈砂を掘削するために圧力水を必要とする他、揚砂機にジェットポンプ式揚砂機を用いる場合にも圧力水が必要となる。

高圧集砂方式の場合には、他の方式に比べて集砂ノズルの噴出開口が小さいことから、ノズルの

閉塞防止のために、加压水源には井水または処理水を用いることが望ましいが、これら水源が得がたい場合には、汚水および雨水を使用することもできる。この場合には、加压水タンクに目幅2mm程度のスクリーンを設けてきょう雑物を除去する。

中圧集砂方式、低圧集砂方式では、集砂ノズルの噴出開口が大きく集砂水のノズル供給圧力が小さいことから、集砂水ポンプにより汚水または雨水を直接給水することができる。

## 3.2 特徴

(1) 揚砂した沈砂を配管によって流体移送するため搬送ラインが不要

揚砂した沈砂を沈砂分離機まで密閉された配管により流体移送するため、フライトコンベヤ等の搬送ラインが不要となる。また、沈砂池上部からの貫通部は、集砂および揚砂に必要な配管・弁類、揚砂および集砂に必要なポンプ類のメンテナンス用スペースのみとなり、容易に沈砂池上部に覆蓋を設置して密閉することができる。

(2) 沈砂池上部の維持管理動線の確保が容易

沈砂池上部にバケットコンベヤのようなスペースを占める機器やフライトコンベヤ等の搬送ラインが大幅に減少するため、維持管理動線の確保が容易となる。

(3) 機器点数が少なく、摺動部を持つ機器がない

揚砂ポンプシステムは、揚砂機、集砂装置、用水設備および揚砂配管から構成されており、従来の沈砂池設備と比較して機器点数も少なく、またバケットコンベヤ式のエンドレスチェーン、バケット等の摺動部品が無く、消耗部品が少ない。

## 3.3 導入効果

(1) 揚砂後、沈砂池のドライ化が可能

揚砂機により沈砂を含んだ水を揚水するため、雨水沈砂池のように常時通水を行っていない沈砂池に設置することで、滞留した沈砂および滞留水を排除して空にするドライ化が可能となり、腐敗滞留水による悪臭や降雨初期の腐敗滞留水の放流を防止することができる。

(2) 脱臭設備の簡素化が可能

揚砂した沈砂を沈砂分離機まで密閉された配管により流体移送するため、フライトコンベヤ等の搬送ラインが不要となり、従来搬出ラインで発生していた臭気の発散、汚水の滴下等がない。また、沈砂池上部からの貫通部は、集砂および揚砂に必要な配管・弁類、ポンプ類のメンテナンス用スペース

ースのみとなり、沈砂池上部に覆蓋を設置して密閉することが容易にできるため、臭気対策は沈砂分離機、沈砂ホップ等の局所脱臭で対応可能となる。

(3) 保守点検の簡素化が可能

揚砂ポンプシステムの機器には、従来設備のようにバケットコンベヤ式のエンドレスチェーン、バケット等の摺動部を持つ機器がないことから、保守点検が容易となる。

(4) 運転管理の簡素化が可能

揚砂ポンプシステムの機器には、従来設備のようにバケットコンベヤ式のエンドレスチェーン、バケット等の摺動部を持つ機器がないことから、運転管理が容易となる。

量③用水の確保④沈砂量等について留意する。

(3) 集砂装置の選定

集砂装置の選定においては、①ドライ化の可否②沈砂池形状③覆蓋の有無等について留意する。

(4) 揚砂機と集砂装置の組み合わせにおける適合性検討

揚砂機と集砂装置の組み合わせにおける特徴を表 - 1 に示す。

表 - 1 揚砂機と集砂装置の組み合わせにおける特徴

揚砂ポンプ 集砂ノズル 方式	ジェットポンプ	サンドポンプ
高圧集砂方式	[標準的な組み合わせ] 揚砂と集砂を同一の加圧水ポンプを利用できる	砂の量が多い場合には集砂装置が一度に多量の砂を集めるので、ポンプ閉塞の恐れがある
中圧集砂方式	基本的に揚砂用と集砂用の加圧水ポンプは別になる	[標準的な組み合わせ] サンドポンプは集砂水量に合わせて選定できる
低圧集砂方式	基本的に揚砂用と集砂用の加圧水ポンプは別になる 揚水量が少ないジェットポンプとの組み合わせでは、揚水量に合わせて1ブロック当たりの集砂水量を少なくする必要がある	[標準的な組み合わせ] サンドポンプは集砂水量に合わせて選定できる

揚砂ポンプシステムは、組み合わせによりインシヤルコスト、ランニングコストの優位性が一概に決まらず、対象規模、池数等の個別の計画条件により変わるものが多い。したがって、複数候補のある場合は、十分に経済性に関する検討も行うことが望ましい。

## 4. 研究内容

### 4.1 計画手法の検討

揚砂ポンプシステムの計画手順を図 - 4 のように整理し、各項目での留意事項を以下の(1)～(4)のようにまとめた。

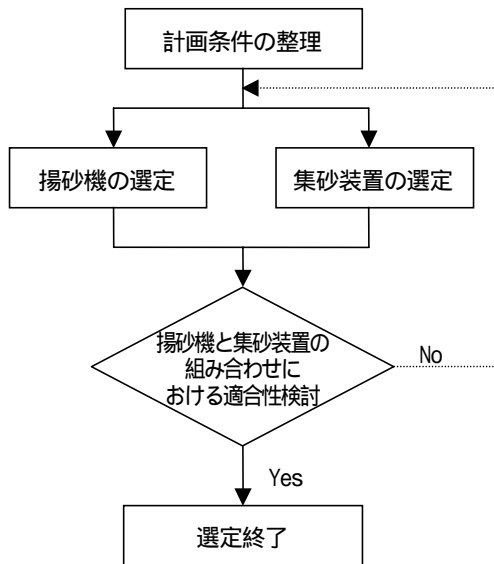


図 - 4 揚砂ポンプシステムの計画手順(1)

(1) 計画条件の整理

揚砂ポンプシステムの計画においては、①対象施設②既存設備との関係③ドライ化の必要性および可否④運転管理⑤前段スクリーンの設置⑥機器配置(荷重条件)⑦電気設備容量などの条件について整理を行う。

(2) 揚砂機の選定

揚砂機の選定においては、①揚程②電気設備容

### 4.2 設計手法の検討

揚砂ポンプシステムの設計に関する共通事項および各集砂方式における設計手順を以下のように整理した。

(1) 設計に関する共通事項

揚砂ポンプシステムの設計にあたっては、設計諸元である流入水量、発生する沈砂量を設計図書から確認するものとした。なお、施設の改築や増設の場合には、実績データも参考とするものとした。

(2) 各集砂方式の設計

各集砂方式ごとに揚砂機、集砂装置、用水設備、配管類の設計手順を整理した。

揚砂機は沈砂量、揚砂水量、揚程、吸い込み口径等により仕様を選定するものとし、特にジェットポンプ式揚砂機については加圧水仕様選定表をまとめ、揚程に対する検討を行いやすくした。

集砂装置については各集砂方式でノズル配置例を示し、池底形状の特徴を整理して設計上の留意点をまとめた。

用水設備については二次処理水、汚水を利用する際の留意点を整理した。

配管類については管内流速の範囲を設定し、磨耗の影響を考慮して標準材質(SUS304)を示した。

### 4.3 汚水沈砂池への適用確認

汚水沈砂池のような池内を運転上ドライ化できない沈砂池に、揚砂ポンプシステムが適用できるかを、水槽実験により調査した。

また、汎用流体解析ソフトを用いたシミュレーションを行い、水槽実験結果との整合性を確認した。

#### (1) 水槽実験結果

集砂前の状況を写真 - 1 に示す。集砂用の砂は、厚さ150mmでトラフ内部に堆積させた。



写真 - 1 集砂前の状況

水槽実験における集砂の状況を写真 - 2 に示す。集砂ノズルにより、沈砂池内に水がある状態で集

砂が行えることが確認できた。このときに、トラフ高さを越えるような砂の巻き上げをほとんど発生させることなく、集砂が行えることも確認できた。



写真 - 2 集砂の状況

#### (2) シミュレーション結果

集砂ノズルによる集砂状況を把握するために、水槽実験においてトラフ底面から25mmの高さにおける流速測定を行った。また、シミュレーションにより同じ条件での流速計算を行った。

結果を図 - 5 に示す。図中でのX方向は集砂の方向(沈砂池の長さ方向)を意味している。また、各グラフの右上の数字は集砂ノズルからの距離(X方向の距離)を示す。

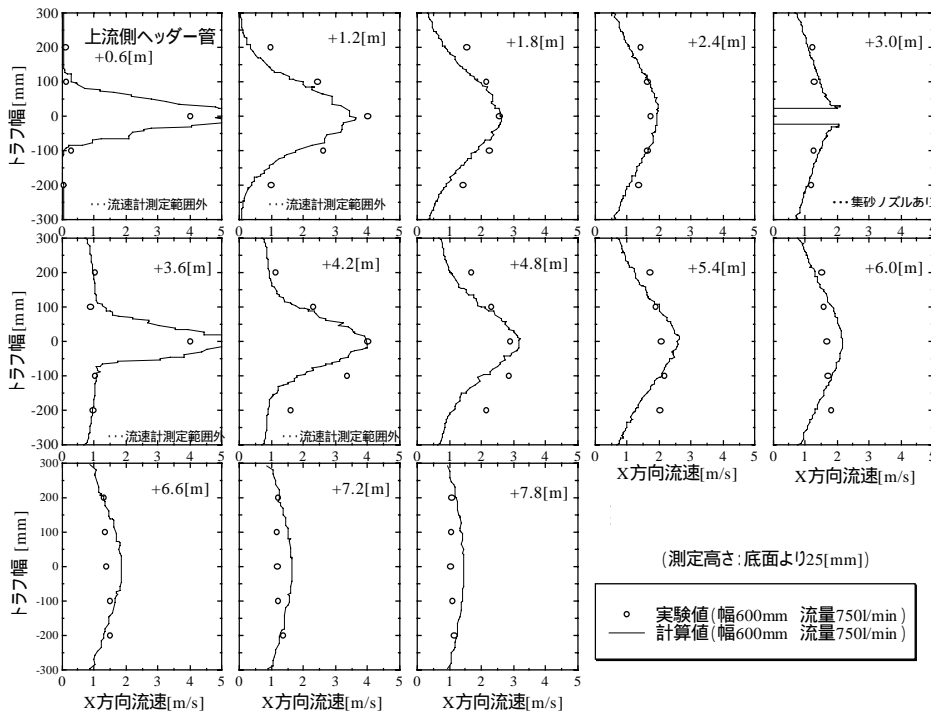


図 - 5 水槽実験とシミュレーションの流速比較

図 - 5 から、実験による流速測定値とシミュレーションによる流速計算値とがほぼ一致していることが分かった。このことから、実際の集砂の状況が、シミュレーションによる流速計算結果から推定できることが分かった。

さらに水槽実験およびシミュレーションから、トラフ幅方向全体にわたって、トラフ長さ方向のほぼ全ての断面において、集砂に必要な底部流速が得られていることが分かった。

把握するため、3箇所の非ドライ化沈砂池を対象に、降雨後1週間程度を経た残留水の水質および臭気を調査した。また、3箇所のドライ化沈砂池を対象に臭気を調査した。

なお、今回調査した施設の中で、沈砂池をドライ化した後、二次処理水による置換を実施している箇所があったため、参考として置換処理水の水質も調査した。

水質調査の結果を図 - 6、臭気調査の結果を図 - 7に示す。

#### 4.4 沈砂池ドライ化による効果確認調査

合流式下水道における雨水沈砂池滞留水の実態を

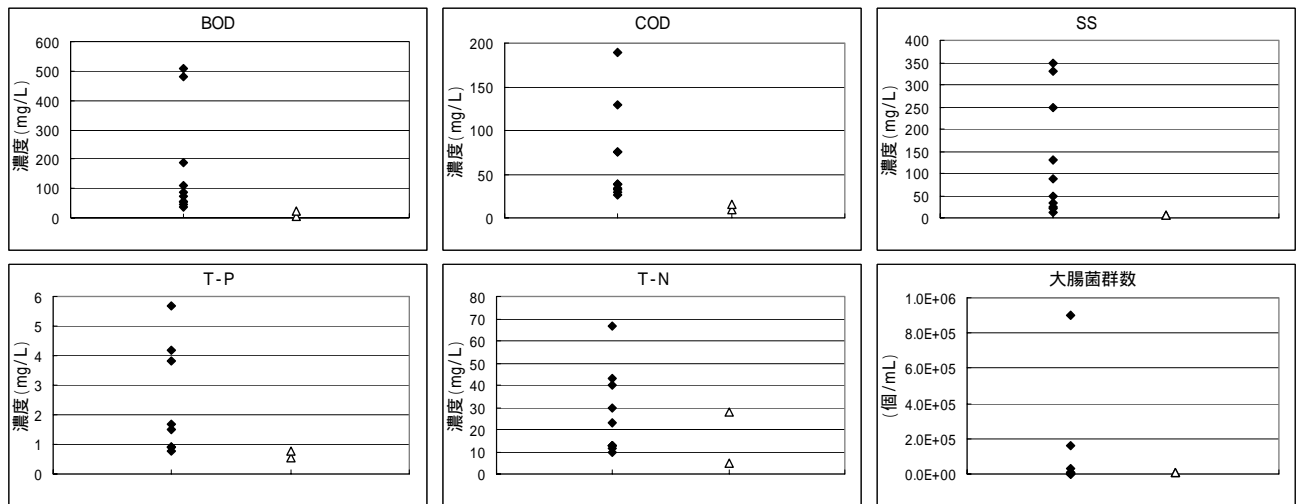


図 - 6 水質調査結果

凡例  
 ● 非ドライ化  
 ○ ドライ化  
 △ + 置換処理水 (参考)

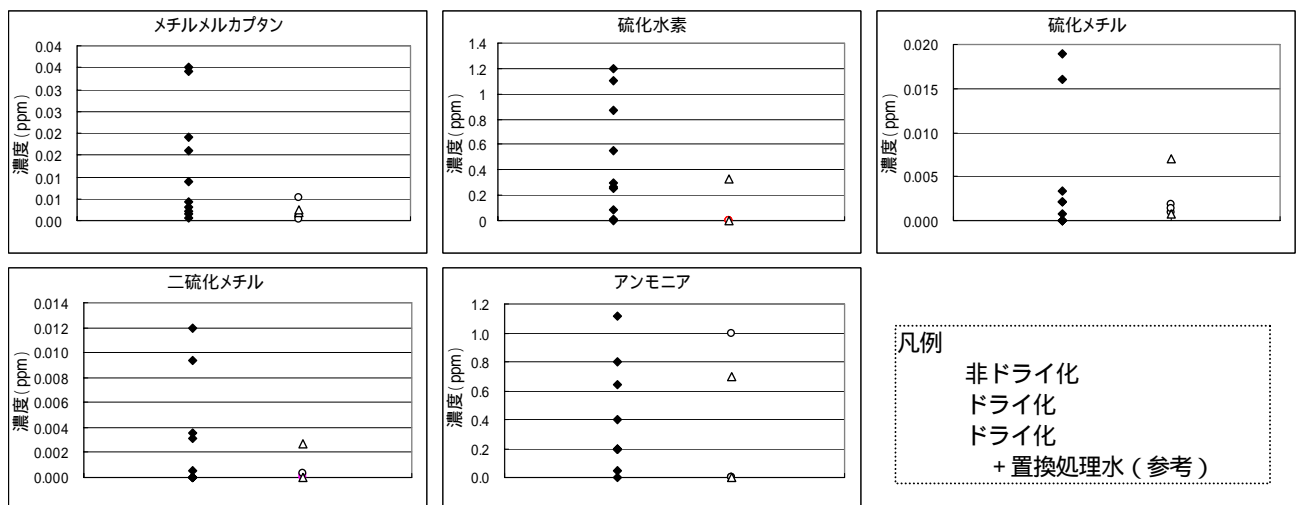


図 - 7 臭気調査結果

凡例  
 ● 非ドライ化  
 ○ ドライ化  
 △ + 置換処理水 (参考)

図 - 6 より、ばらつきはあるが非ドライ化池の水質は置換処理水に比べ全般的に高い値を示していた。また、図 - 7 より、臭気についても非ドライ化池は全般的に高い値を示していた。

ドライ化池の臭気分析結果にはばらつきがみられた。これは対象施設の条件が異なるためと考えられ、雨水沈砂池と汚水沈砂池が隣接している場合は、汚水沈砂池からの臭気流入があったものと考えられる。さらに、

気温、覆蓋の有無による影響の可能性も考えられる。

全般的な傾向として硫黄系の臭気（メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル）はドライ化池のデータが非ドライ化池のデータを大きく下回っていることが確認できた。

これは非ドライ化池の残留水および沈殿物が嫌気的な状態になり、下水中に含まれる硫酸イオンが嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌によって還元され硫化物を生成し、硫化水素として気相中に放散されるため、高い値を示していたものと考えられる。

また、非ドライ化池においては壁面に有機物が付着していることが多く、これらが腐敗する際に発生する臭気成分も多いと推測される。

#### 4.5 揚砂ポンプシステムに関するアンケート調査

揚砂ポンプシステムを採用している全国の自治体を対象に、その採用理由や得られた効果についてアンケート調査を実施した。回答は、29自治体（7政令指定都市）、62の処理場またはポンプ場から得た。

##### (1) アンケート結果

揚砂ポンプシステムの採用により、「臭気の低減により作業環境が改善された」、「運転管理、維持管理が容易になった」等の意見を多く得られた。

##### (2) 不具合事例と対策

寄せられた意見の中に、「①ポンプの目詰まりがあった」「②用水量不足が生じた」などの不具合事例が挙がったため、対策を以下のとおり整理し、技術マニュアルに反映させた。

###### ① ポンプの目詰まり

前段に細目スクリーンを設置し異物の流入を防ぐとともに、定期的な運転を行い沈砂の堆積や固着を防ぐ。

###### ② 用水量不足

ストレーナを介して雨水ポンプ井滞留水を循環利用することなどを、計画段階において十分検討する。

## 5. マニュアル構成

[本編]

### 第1章 総則

#### 第1節 目的

#### 第2節 適用範囲

#### 第3節 用語の定義

### 第2章 設備の概要

#### 第1節 設備の構成

#### 第2節 設備の特徴と導入効果

### 第3章 設備の計画

#### 第1節 計画の手順

### 第4章 設備の設計

#### 第1節 共通事項

#### 第2節 高圧集砂方式の設計

#### 第3節 中圧集砂方式の設計

#### 第4節 低圧集砂方式の設計

### 第5章 施工・試運転

#### 第1節 施工計画

#### 第2節 施工手順

#### 第3節 試運転

### 第6章 維持管理

#### 第1節 保守・点検

#### 第2節 運転管理

[資料編]

1. 集砂ノズルによる集砂状況の確認
2. 揚砂ポンプシステムの導入効果
3. モデル設計
4. 積算資料
5. 問い合わせ先

## 6. まとめ

本研究において、揚砂ポンプシステムの計画や設計の手法を整理することができた。また、揚砂ポンプシステム採用による作業環境の改善やドライ化による環境負荷低減に効果があることが確認できた。

本研究における成果は、「集砂ノズルを用いた揚砂ポンプシステム技術マニュアル」として取りまとめた。今後、技術マニュアルの適切な利用が図られ、揚砂ポンプシステムの普及と発展に役立てられることを願う次第である。

### この研究を行ったのは

研究第二部長	高橋 隆一
研究第二部総括主任研究員	桐原 隆
研究第二部主任研究員	土屋 玄
研究第二部研究員	渡邊 健治
研究第二部研究員	吉野 大輔

### この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	高橋 隆一
研究第二部総括主任研究員	桐原 隆
研究第二部研究員	吉野 大輔