

脱水汚泥貯留・圧送に関する 調査研究

1. はじめに

下水道整備が進むにつれ、焼却・溶融などによる汚泥の減量化・資源化が普及している。

汚泥焼却・溶融の設備は、点検補修による長期停止が必要であること、処理の効率化を目指した汚泥の集約処理が進んでいることなどから、大規模な汚泥の貯留搬送装置が必須なものとなりつつある。

また、臭気・粉じんなどの問題から、従来の装置よりも気密性の高い汚泥貯留サイロや圧送技術が求められている。

しかし、これらの貯留・圧送装置は標準的な設計手法が確立されておらず、設計・計画上十分な資料が不足している。

本マニュアルは、各種汚泥貯留搬送技術の特性を明確にした上で、汚泥貯留サイロおよびポンプ圧送技術について計画上の適用範囲、設計上の基本的な考え方、各々の設備の設計手法を明確にし、合理的かつ効率的な施設整備に資することを目的とした。

2. 研究体制および期間

本研究は、(財)下水道新技術推進機構と(株)荏原製作所、(株)クボタ、(株)神戸製鋼所、三機工業(株)、月島機械(株)、日本ガイシ(株)、三菱重工業(株)7社との共同研究である。

研究期間は、平成10年7月から平成12年3月である。

3. マニュアルの構成

本マニュアルは、「計画編」、「設計編」および「資料編」の3編の構成とした。

3.1 「計画編」

「計画編」では、汚泥の貯留・圧送技術の概要および適用範囲を扱った。また、貯留施設および圧送設備の計画手順について扱った。

さらに、貯留サイロおよび圧送ポンプ技術の実施例を示した。

3.2 「設計編」

「設計編」では、貯留技術、圧送技術に関する設計の基本的な考え方を扱った。また、圧送ポンプの構造と原理や配管設計方法の基本的な考え方を示し、計測制御技術を紹介するとともに二次公害対策および安全対策について扱った。

さらに、消防法や建築基準法などの法規制について述べた。

3.3 「資料編」

「資料編」では、貯留サイロおよび圧送ポンプに関する特記仕様書について扱った。

また、施設をその処理能力から大・中・小の3規模に分類した場合のケーススタディを示し、建設コストの算出結果を示した。

さらに、各種設計諸元値の根拠および関連法規の抜粋を示した。

最後に、各社の技術を紹介した。

4. マニュアルの概要

4.1 「計画編」

4.1.1 適用範囲

本マニュアルは、下水汚泥の貯留・圧送設備の計画・設計・維持管理に適用する。

本マニュアルで扱う貯留・圧送設備とは、下水処理場内で脱水汚泥の貯留・圧送に用いる装置を指すものとし、焼却・溶融設備の前段に設置し、それらの設備の定期点検時貯留用として、または外部汚泥の受入貯留などの用途に用いる容器や、貯留した汚泥を搬送するポンプおよび配管などの設備をいう。

汚泥の貯留・圧送技術は、水処理施設から発生した汚泥が汚泥処理施設へ送泥される段階から始まり、最終処理工程である焼却炉などに至るまでの各プロセス間で用いられる技術である。

このうち、個体と液体の中間的な性質を有しさらに粘着性、腐食性など取り扱い上有有害な性質がある脱水汚泥を貯留・圧送するための技術を適用範囲とする。図-1に適用範囲を示す。

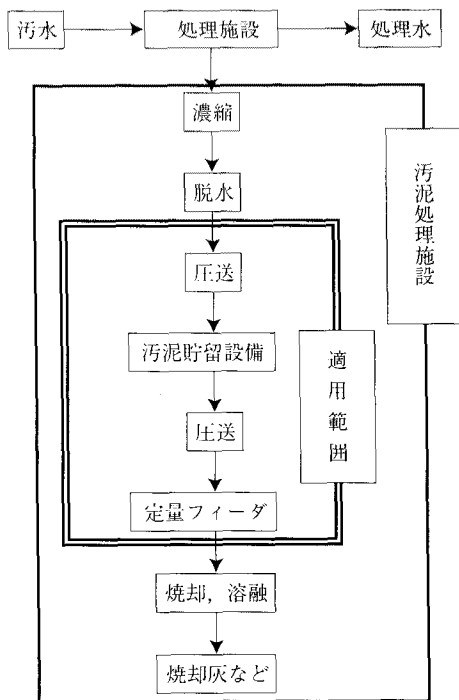


図-1 適用範囲

4.1.2 概論

(1) 汚泥の貯留・搬送技術の概要

汚泥貯留・搬送設備は、汚泥処理の大型化にともなって大規模貯留・長距離搬送技術を必要とすることが多くなっている。

また、近年は周辺環境・作業環境が重視され、衛生的な汚泥搬送技術が求められている。このため、各装置は気密性の高いものが必要となっている。そこで、貯留装置としてサイロ方式、搬送装置としてポンプ圧送方式の採用が増加してきている。これらを踏まえ、それぞれの装置を本マニュアルの対象装置とした。

(2) 利用用途

汚泥貯留・搬送技術が適応される用途として、以下があげられる。

- ・定期点検時貯留
- ・外部汚泥の受入貯留
- ・汚泥脱水設備との中間設備
- ・複数種汚泥の貯留・混合設備

(3) 貯留設備計画

汚泥貯留設備の計画においては、貯留設備の基本的な条件を検討・決定する基本検討と、貯留方式や臭気対策などを検討・決定する設備計画を行う。これらの項目を決定した後、詳細設計を実施する。

図-2に貯留設備計画手順を示す。

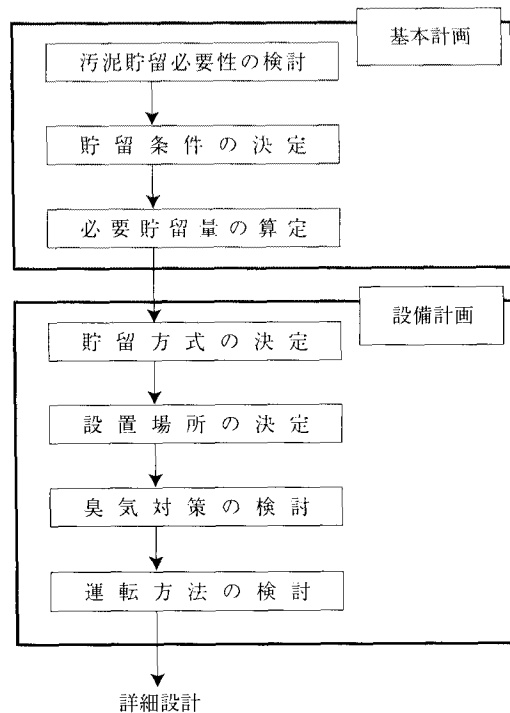


図-2 貯留設備計画手順

(4) 圧送設備計画

汚泥圧送設備の計画では、配管計画、ポンプ形式、ポンプ配置を検討する。

これらの項目を決定した後に臭気対策、運転方法を検討した後に詳細設計を実施する。

図-3に圧送設備計画手順を示す。

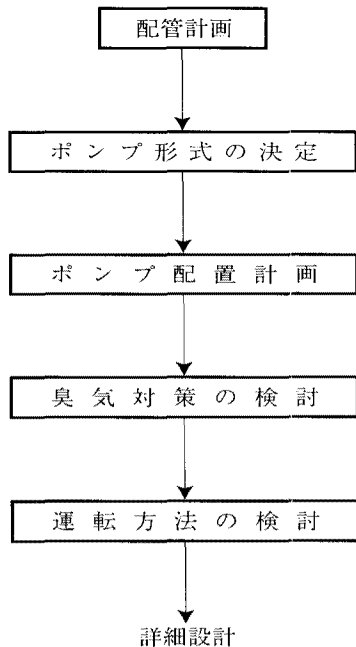


図-3 圧送設備計画手順

4.1.3 実施例

本マニュアルには、貯留サイロおよび圧送ポンプ技術の実施例4件を示した。

4.2 「設計編」

4.2.1 基本的な考え方

脱水汚泥の貯留・圧送設備は、貯留サイロ、圧送装置、圧抜き管および汚泥圧送管などより構成される。

また、その設備構成およびフローは、処理規模や運転条件などにより大きく異なる。

4.2.2 貯留技術

(1) 貯留サイロの構造

貯留サイロは、機能別に以下の各部から構成される。

- ・ホッパ部
- ・かき寄せ部
- ・排出部

(2) 容量計算法

ホッパは貯留設備前後の設備全体の建設計画において、その利用用途に応じた適切な貯留容量で計画されることが重要である。利用用途に応じた貯留容量は、次の項目を検討して決定する。

① 必要貯留層

<定期点検時貯留>

- ・定期点検補修の必要日数
- ・定期点検中に発生する汚泥の滞留量

<外部汚泥の受入貯留>

- ・汚泥のバッチ搬入量と焼却溶融設備の連続処理との差異による滞留量
- ・汚泥搬入量が途絶える期間の焼却溶融設備の連続運転に必要な貯留量

<汚泥脱水設備との中間設備>

- ・脱水機が停止する期間の焼却溶融設備の連続運転に必要な貯留量
- ・汚泥発生量が計画値に達せず焼却溶融設備の稼働率が低い場合、連続運転を一定期間行うための貯留量

<複数種汚泥の貯留・混合設備>

- ・汚泥を種類別に貯留するためのものであり、容量を決定する上での検討項目はその都度決定する。

② 貯留容量計算法

ホッパ有効容量は、ホッパの容積（空容積）に対して、脱水汚泥の安息角を考慮するものとし、ホッパ部に実際に貯留できる容量として算出する。この際、ホッパ寸法が必要以上に大きくなりすぎないように注意する。

(3) 計測制御技術

① 貯留量計測

ホッパ内の貯留量は、汚泥の重量または堆積レベルを計測して把握する。一般的には、下記の計測装置を使用する。

- ・重量計：ロードセル
- ・レベル計：超音波式および重錘式

② 定量供給制御

サイロは他の汚泥ホッパと異なり大容量の汚泥を貯留しており、かき寄せ装置やスクリュウの回転数が一定値である場合、貯留量が多くなるにつれて排出量が増大する傾向にある。後段の設備へ安定した汚泥供給を行う場合、その貯留レベルの増減による影響を少なくし、定量的に切り出せる運転制御技術が重要である。

4.2.3 圧送技術

(1) 基本的な考え方

設計を開始するにあたって整理すべき事項は、一般的に以下のとおりである。

- ・脱水汚泥性状
- ・所要圧送量
- ・最大圧送量
- ・圧送距離および揚程
- ・配管ルートの諸条件

(ポンプ設置スペース、配管設置スペース)

対象とする圧送汚泥は、標準含水率75～80%の高分子系脱水汚泥である。

ポンプの吐出力・圧送量の範囲および形式選定要領は、以下のとおりである。

- ・圧送量は、最大30t/hとする。
- ・ポンプ形式はピストンポンプまたは一軸ネジ式ポンプとし、吐出力および圧送量に応じて選定する。

図-4に、ピストンポンプと一軸ネジ式ポンプの使い分けの一例を示す。

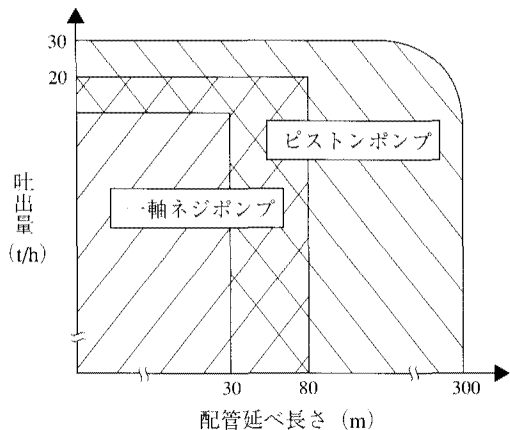


図-4 ピストンポンプと一軸ネジ式ポンプの使い分け例

(2) 圧送ポンプの構造

バルブ切替式ピストンポンプは、シリンダー、ピストン、吸い込みバルブおよび吐出バルブから構成される。

揺動管式ピストンポンプは、シリンダー、ピストンおよび揺動管で構成される。

また、一軸ネジ式ポンプは、ロータおよびステータから構成される。

(3) 配管設計法

配管設計における基本的な留意事項は、以下のとおりである。

- ・配管は、鋼管とする。
- ・摩擦による推力および内圧変動による推力は、管の軸方向張力で受ける。
- ・搬送物は、脱水汚泥である。
- ・配管口径およびルートは、圧送ポンプ吐出圧力と合わせて決定する。
- ・ポンプ最高吐出圧力を決定の上、配管・フランジ・バルブなどの規格を決定する。
- ・使用する圧送ポンプの特性を考慮した配管設計を行う。
- ・必要な箇所にエア抜きおよびドレンを設け、圧送ポンプ最高使用圧力に準じた弁を取り付ける。

また本マニュアルには、管種・管厚、継ぎ手、弁、配管サポートおよび滑材注入装置を決定する上での考慮すべき項目を示した。

(4) 配管圧力損失

脱水汚泥は粘性を持つ非ニュートン流体の一種とみなされ、一般の流体と異なる性質を有している。そのため、配管における圧力損失の算定は確定された計算式でなく、経験式に根拠をおいている。配管およびポンプ能力の設計を行う場合は、概略の圧力損失にて計算し、施工時の圧送ポンプ形式により、圧力損失設計および吐出圧設定を行う。

圧力損失に影響を与える要素としては、以下のものが考えられる。

- ・圧送距離
- ・圧送量
- ・配管口径
- ・脱水汚泥性状
- ・凝集剤種類

具体的には、圧送量、圧送距離および脱水汚泥含水率（予想最低）を確定し、表-1より配管口径を選定し、図-5より圧力損失を予測する。

表-1 圧送距離および吐出量による配管口径の選定

吐出量	圧送距離 (m)				
	100	150	200	250	300
5 m ³ /h	200A	250A	250A	300A	300A
10 m ³ /h	250A	250A	250A	300A	300A
15 m ³ /h	250A	250A	300A	350A	350A
20 m ³ /h	250A	300A	300A	350A	350A
25 m ³ /h	250A	300A	300A	350A	350A
30 m ³ /h	300A	300A	350A	350A	350A

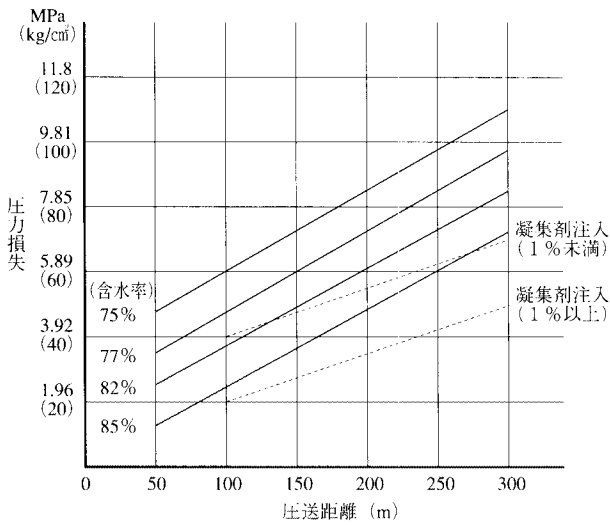


図-5 圧送距離による配管圧力損失

4.2.4 二次公害および安全対策

(1) 臭気対策

通常、サイロで発生する臭気は吸引の上、焼却炉で燃焼脱臭するか、脱臭装置にて処理を行う。

外部汚泥を搬入する場合、臭気が周囲に拡散しないよう防臭対策を行う。以下にその対策方法を示す。

- ・受入ホoppaを建屋内に収納し、建て屋内の臭気を吸引脱臭する。
- ・受入ホoppaの上部にフード兼用シャッターを設け、ホoppa上部より臭気を吸引脱臭する。
- ・受入ホoppaの汚泥投入部上方より脱臭剤を噴霧し脱臭する。
- ・汚泥搬入車両が場外へ出る際、付着汚泥を除去するため水洗浄する。

(2) 騒音対策

ポンプ本体およびポンプ用油圧ユニットの騒音対策は、原則として以下のとおりとする。

- ・ポンプ本体
 - 極力屋内に設置する。屋外設置の場合は、設置場所付近の状況に応じて、防音壁または防音室内に収納する。
- ・油圧ユニット
 - 油圧ユニットのパッケージケースを防音構造とする。

(3) 安全対策

サイロ点検作業時の安全対策として、以下の処置を講ずる。

- ・上部マンホールより内部点検を行う際の墜落防止対策（墜落防止グリッドの設置、または安全帯の使用など）
- ・内部開放点検に際する稼働部の誤作動防止、酸欠防止の措置および必要な場合は火災防止対策

4.2.5 法規制

(1) 消防法

サイロおよびポンプの駆動方法として油圧ポンプを使用する場合は、使用する作動油の取扱量が規定量以上になると消防法の適用対象となる。作動油の量に応じて、消防法上、以下の区分適用を受けるため、同法に準じた設計・計画を行う。

表-2 に、作動油量と消防法上の適用を示す。

表-2 作動油量と消防法上の適用

作動油量	適用
6,000L以上	危険物一般取扱所
1,200L以上:6,000L未満	少量の危険物の基準
12,00L未満	消防法の適用外

(2) 建築基準法

汚泥サイロは、地上よりの高さが8mを越える場合（建築基準法施行令第138条）は工作物と指定され、建築基準法第2条の一に規定される建築物と見なされる。これにより、同法の適用を受けるため、同法第88条も十分考慮し、設計・計画を行う。

4.3 資料編

4.3.1 特記仕様書

本マニュアルには、脱水ケーキ貯留サイロおよび圧送ポンプの特記仕様書の例を示した。

特記仕様書で扱った項目は、以下のとおりである。

- ・使用目的
- ・仕様
- ・構造概要
- ・製作条件
- ・各部の構造
- ・使用材料
- ・保護装置
- ・試験・検査
- ・塗装
- ・据付
- ・他工事との区分
- ・標準付属品
- ・運転操作概要（脱水ケーキ貯留サイロのみ）

4.3.2 ケーススタディ

脱水汚泥貯留・圧送設備について、規模の異なるケーススタディを示した。

- ・設計条件

表-3に、ケーススタディの設計条件を示す。

表-3 ケーススタディの設計条件

項 目		小規模	中規模	大規模
脱水 汚泥 性状	薬注種類	高分子		
	含水率	80%		
	かさ比重	0.8		
焼却炉能力(1基)		30t/日	50t/日	150t/日
焼却炉基数		1基	2基	4基

ケーススタディでは、各規模別に以下の項目について示した。

- ・機器仕様リスト
- ・フローシート
- ・配置計画例
- ・建設費

表-4に建設費比較結果を示す。

表-4 建設費比較結果

項 目	小規模	中規模	大規模
土木建築施設	14	26	48
機 械 設 備	73	133	325
電 気 設 備	14	28	62
合 計	100*	186	435

*小規模の建設費合計を「100」とした。

算出条件

土木建築施設：杭・付帯設備は含まない。

機 械 設 備：汚泥配管はサイロから焼却設備定量フィーダまでを含む。

4.3.3 各種設計諸元値の根拠

本マニュアルには、各種設計諸元値の根拠として以下を示した。

- ・汚泥貯留サイロ標準寸法図

- ・汚泥圧送ポンプ標準寸法図
- ・圧送配管の圧力損失
- ・ピストンポンプの騒音・振動
- ・脱水汚泥貯留・圧送フローの検討条件

4.3.4 関連法規抜粋

サイロおよびポンプの駆動方式として油圧ポンプを使用しその作動油量が6000L以上の場合には、消防法上の危険物一般取扱所と規定される。

危険物一般取扱所に関する消防法上での規定項目は、以下のとおりである。

- ・危険物の指定数量
- ・保安距離の確保
- ・空地の保有
- ・標識、掲示板の設置
- ・建築物の構造
- ・建築物に設置すべき設備
- ・危険物を取り扱う設備装置などの保安処置
- ・電気設備の保安
- ・避雷設備の設置
- ・危険物を取り扱う配管の位置、構造および設備
- ・危険物一般取扱所設置許可申請手続き
- ・油圧装置などを設置する一般取扱所の特例

5. まとめ

脱水汚泥の貯留・圧送技術は一連のシステムとして捉え、汚泥処理システムの中の利用目的と適用範囲を明確にし、それらを設計する際の基本的な考え方と留意すべき事項を設計マニュアルとして取りまとめることができた。

本マニュアルが統一された設計手法確立の一助となることで、汚泥処理システムの効率的な整備・運用の促進に貢献したいと考える。

●この研究の担当者は

研究第二部長 篠田 康弘
 研究第二部主任研究員 長谷川隆之
 研究第二部研究員 中西 康博

●この研究に関する問い合わせは

研究第二部長 中里 卓治
 研究第二部主任研究員 市川 裕一
 研究第二部研究員 中西 康博