# 第 4 章　　計画・設計

## 第 1 節　導入計画

### §18　導入計画の手順

本技術の導入検討は、以下の手順で実施する。

(1) 基本条件の設定

(2) 基本計算の実施

(3) 配置計画の検討

(4) 導入計画の検討

**【解　説】**

**第 3 章　導入検討**において、導入効果が見込まれると判断された場合、**図 4-1** の計画手順で導入計画を実施する。

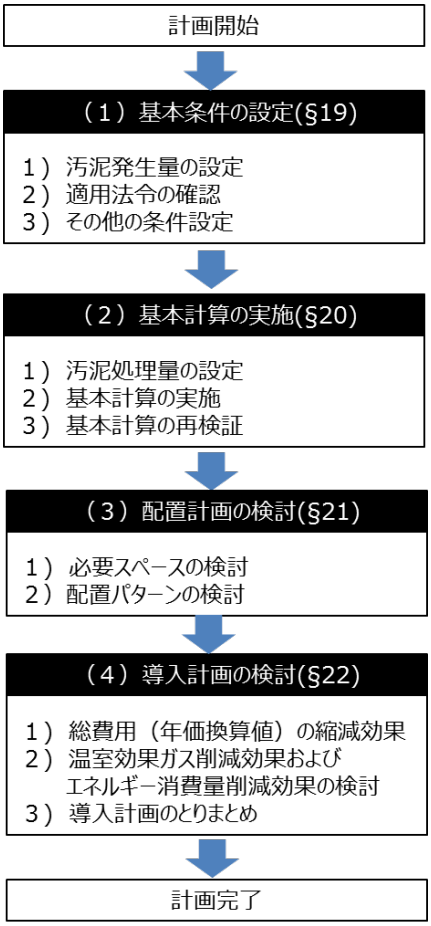



**図 4-1　導入計画手順**

**§19　（１）基本条件の設定**

以下の基本条件の設定を行う。

１）汚泥発生量の設定

２）適用法令の確認

３）その他の条件設定

**【解　説】**

**１）汚泥発生量の設定**

計画日最大汚泥量を汚泥発生量とする。

**２）適用法令の確認**

本技術の設置の設計、製作及び建設について以下の法令に則らなければならない。なお、実施設計時に下記に該当する場合は各種申請・届出が必要となる。

**① 消防法**

脱水乾燥システムでは下記に示す設備を有することから、消防法の適用を受け、設備設置、既設改造時（必要な場合）に消防への確認申請を行う必要がある。

・熱風炉
・燃料貯槽
・乾燥汚泥貯槽

また、乾燥汚泥の有効利用先において乾燥汚泥を貯留する場合は、管轄する消防に事前確認し、必要に応じて設備設置時に申請を行う。

**② 大気汚染防止法**

脱水乾燥システムの熱風炉では補助燃料を使用することから、熱風炉の燃焼能力に応じて大気汚染防止法の適用を受けることがある。地方自治体により上乗せ基準が設定されている場合もあるため、適用を受ける場合は所轄の環境部局に確認し、大気汚染防止法に基づいた届出を行う必要がある。

・適用の規模要件：燃焼能力　50L/hr 以上（重油換算値）
・施設の種類：乾燥炉（本技術では熱風炉が該当）

### ③ 騒音規制法

脱水乾燥システムの付帯設備として送風機、空気圧縮機があり、この設置に際しては環境部局に確認し騒音規制法に基づいた届出を行う必要がある。

適用の規模要件：電動機の定格が 7.5kW 以上のもの

ただし、設置する自治体により適用の規模要件が異なることや上乗せ基準が設定されている場合もあるため、事前に確認し適切に届出を行う必要がある。

### ④ 振動規制法

脱水乾燥システムの付帯設備として空気圧縮機があり、この設置に際しては環境部局に確認し振動規制法に基づいた届出を行う必要がある。

適用の規模要件：電動機の定格が 7.5kW 以上のもの

ただし、設置する自治体により適用の規模要件が異なることや上乗せ基準が設定されている場合もあるため、事前に確認し適切に届出を行う必要がある。

### ⑤ 悪臭防止法

脱水乾燥システムの設置により、事業場の敷地境界における悪臭防止法に規定された 22 成分の規制基準や臭気指数の基準を満たしているか確認する必要がある。また設置する自治体により上乗せ基準が設定されている場合もあるため、事前に確認し適切に届出を行う必要がある。

**表 4-1** に本技術の設計及び建設において考慮する法規制内容の一覧を示す。

**表 4-1　本技術の設置に関する法規制とその対応方法**

| 法　規 | 対象機器 | 内　容 |
|---|---|---|
| 消防法 | 熱風炉<br>燃料貯槽 ※1<br>乾燥汚泥貯槽 ※2 | 左記に示す設備について、消防法の適用を受け、設備設置、既設改造時（必要な場合）に消防への確認申請が必要 |
| 大気汚染防止法 | 熱風炉 | 燃焼能力 50L/h 以上（重油換算値）の場合、乾燥機について届出が必要 |
| 騒音規制法 | 送風機<br>空気圧縮機 | 電動機の定格が 7.5kW 以上のものがあれば届出が必要 |
| 振動規制法 | 空気圧縮機 | 電動機の定格が 7.5kW 以上のものがあれば届出が必要 |
| 悪臭防止法 | － | 事業場の敷地の境界線の地表における規制基準(法第 4 条第 1 項第 1 号に規定する規制基準 22 成分もしくは臭気指数) |

※1：燃料貯留槽は指定数量 2,000L 以上の場合設置許可申請が必要。2,000L 未満の場合、地方条例によるので確認が必要。

※2：乾燥汚泥貯留槽は、指定可燃物 1,000kg 以上に該当する可能性があるが、各地の消防担当の判断による。

### 3）その他の条件設定

#### ① 燃料の設定

本技術で使用可能な燃料について条件を設定する。**表 4-2** に燃料設定に際して検討が必要な項目を示す。

**表 4-2　燃料設定についての検討事項**

| 種別 | | 条件 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 場内 | 消化ガス | 発熱量 | MJ/Nm$^3$ | |
| | | 供給可能量 | Nm$^3$/h | |
| | | 供給圧 | kPa | |
| | 排ガス | 種別 | － | 発電、焼却排ガスなどが候補としてあげられる |
| | | 発熱量 | MJ/Nm$^3$ | |
| | | 供給温度 | ℃ | |
| | | 性状 | － | 絶対湿度など |
| | | 供給可能量 | Nm$^3$/h | |
| | | 供給圧 | kPa | |
| 場外補給 | ガス燃料 | 種別 | － | 都市ガスなどがあげられる |
| | | 発熱量 | MJ/Nm$^3$ | |
| | | 供給方法 | － | 配管での供給、ボンベによる搬送などの方法がある |
| | | 供給圧 | kPa | |
| | 液体燃料 | 種別 | － | A 重油、灯油などがあげられる |
| | | 発熱量 | MJ/L | |
| | | 貯留方法 | － | タンクなどがあげられる |

**§20　（２）基本計算の実施**

以下の項目について基本計算を実施する。

１）汚泥処理量の設定

２）基本計算の実施

３）基本計算の再検証

**【解　説】**

**１）汚泥処理量の設定**

汚泥処理量算出にあたっては、処理場全体の段階的施設計画等を考慮して設置台数を定める。また、年間あたりの運転日数Ｄを設定し、計画最大汚泥量と運転条件値を用いて**式（4・1）**より求める。なお、定修期間を 30 日程度と仮定し、年間当たりの運転日数Ｄは 335 日程度とする。また、１日当たりの運転時間Ｔは特別な制約がある場合を除き基本は 24h とする。

$$Q_0 = S_0 \times C_0 \times 10 \times \frac{365}{D \cdot T} \times \frac{1}{N} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4\cdot1)$$

ここで、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_0$ | ：汚泥処理量 | kg-ds/h･台 |
| $S_0$ | ：計画最大汚泥量 | $m^3/d$ |
| $C_0$ | ：汚泥濃度 | % |
| $D$ | ：年間当たり運転日数 | d/年 |
| $T$ | ：１日当たり運転時間 | h/d |
| $N$ | ：設置台数（予備機を除く） | 台 |

### ２）基本計算の実施

汚泥処理量や各設定値より熱物収支基本計算を実施する。以下に計算方法の概略説明を示す。

#### ①熱物収支基本計算に必要な条件設定

熱物収支計算に必要な条件設定を行う。**表 4-3** に設定項目、内容及び設定例を示す。

**表 4-3　熱物収支基本計算　条件設定**

| 項目 | | | 内容 | 設定例 |
|---|---|---|---|---|
| 汚泥処理条件 | 脱水機固形物回収率 | | 脱水機における固形物回収率とする。 | 特別な場合を除き95%とする。 |
| | 凝集剤品種<br>注入率 | | 事前にメーカーによる試験により高分子凝集剤の品種や注入率、無機凝集剤の注入率を設定することが望ましい。なお、設定が困難な場合は既設脱水設備で使用している仕様・条件を参考に設定する。 | |
| | 乾燥汚泥<br>含水率 | | 10～50%の領域で任意に設定可能である。ただし、計画段階において汚泥の有効利用用途が特定できない場合は、標準的な条件として 30%とする | 10～50% |
| 各種温度条件 | 汚泥温度条件 | 脱水 | 脱水汚泥自体の温度条件である。 | 外気温 |
| | | 乾燥 | 乾燥汚泥自体の温度条件である。 | 外気温 |
| | 外気温度 | | 燃焼空気として系内に取り込まれる外気の温度条件である。 | 外気温 |
| | 熱風温度 | | 乾燥機の入り口の熱風温度の設定であり、250～500℃の領域で任意に設定可能である。 | 約 400℃ |
| | スクラバ<br>排気温度 | | スクラバから大気開放される排ガス温度の設定である。 | 約 60℃ |
| | スクラバ<br>排水温度 | | スクラバから排水される排水温度の設定については、特別な制約がない場合は標準的な条件として 50℃とする。 | 約 50℃ |
| 空気比条件 | | | バーナーにおける燃料と燃焼空気の比率条件である。理論空気比に対しての比率で表記する。 | 2 程度 |

**②熱物収支計算**

①　で設定した条件をもとに、以下の仮定により熱収支計算を実施する。

a)　乾燥機での蒸発量もしくは汚泥処理量を算出し、乾燥機仕様を仮決定する。
（乾燥機仕様は、**表 4-6** を参照）

b)　熱風温度を変更して、乾燥に必要な熱量と温度条件から決定される乾燥機での蒸発に寄与する熱量を一致させる。

c)　熱風温度が 500 度(最高でも 600 度)以上となる場合は乾燥機の仕様を 1 つ上げて、熱風温度が 250 度(最低でも 200 度)以下となる場合は乾燥機の仕様を 1 つ下げて再計算する。

d)　排気露点を確認し、乾燥排気温度＞乾燥汚泥品温≧乾燥排気露点となっていることを確認する。なっていない場合は希釈空気比を上げる、または乾燥汚泥の品温を上げて再計算する。

e)　計算が収束したら終了とする。

**図 4-2** に汚泥処理量 71kg-ds/h（消化汚泥）における熱物収支計算結果の例を示す。

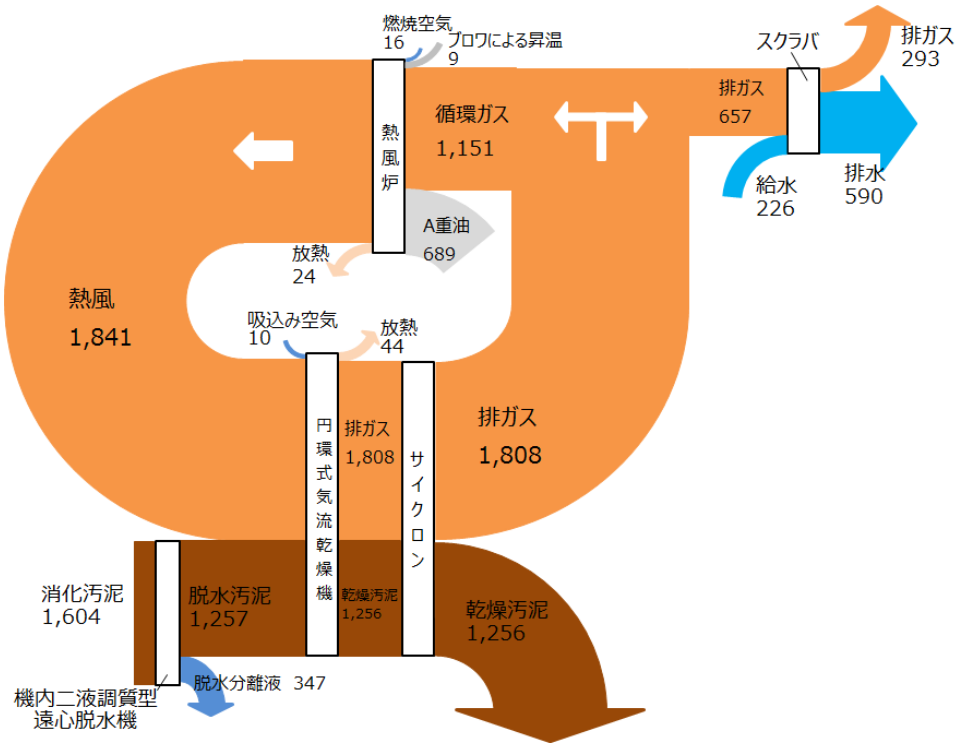



**図 4-2　熱物収支計算例　単位 MJ/h（消化汚泥、汚泥処理量 71kg-ds/h）**

**3）基本計算の再検証**

条件や設定値の変更など、必要に応じて基本計算の再検証を行う。特に脱水汚泥含水率については、機内二液調質型遠心脱水機により低含水率化が見込める一方、無機凝集剤注入率の増加による維持管理費も増加するため、既設を参考に凝集剤注入率条件を設定している場合は余裕を見た設定としておくことが望ましい。

**§21　（３）配置計画の検討**

以下の項目について配置検討を実施する。

１）必要スペースの検討

２）配置パターンの検討

**【解　説】**

**１）必要スペースの検討**

**図 4-3** に脱水乾燥設備の標準配置図を示す。脱水乾燥設備は、a)本体（脱水機、振分けコンベヤ、熱風炉、乾燥機及びサイクロン）、b)ブロワ類（循環ブロワ、燃焼空気ブロワ）及び c)排ガス処理設備（スクラバ及びスクラバ循環ポンプ及び排気ブロワ）から構成される。

**表 4-4** に脱水乾燥設備の主寸法図を示す。

本体は一体構造であり、**表 4-4** に示したスペースが必要である。一方、循環ブロワ、燃焼空気ブロワは本体の近傍に設置することが望ましいが、本体と配管接続できる場所であれば、設置は可能であり、本体とは別にこれらの機器単体で設置するためのスペースを示した。

また、排ガス処理設備は脱水乾燥設備の近傍に配置する必要が無く標準配置図で示したように屋外に配置することも可能であることから、上記とは別に必要スペースを示した。

**表 4-4　脱水乾燥設備　主寸法図**

| 機器名称 ＼ 日最大汚泥処理量 | | | | | 51(kg-ds/h)<br>1.2(t－ds/d)<br>処理設備 | 102(kg-ds/h)<br>2.4(t－ds/d)<br>処理設備 | 204(kg-ds/h)<br>4.8(t－ds/d)<br>処理設備 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 屋内配置機器 | 参考重量　静荷重（動荷重）KN | | | | 100（120） | 100（120） | 130（160） |
| | a）本体 | | 概略寸法 m | L | 6.0程度 | 8.0程度 | 9.5程度 |
| | | | | W | 5.0程度 | 5.5程度 | 6.5程度 |
| | | | | H | 4.5程度 | 5.0程度 | 5.0程度 |
| | b）ブロワ類 | b)-1 循環ブロワ | 概略寸法 m | L | 1.7程度 | 2.1程度 | 2.7程度 |
| | | | | W | 1.1程度 | 1.3程度 | 1.7程度 |
| | | | | H | 1.4程度 | 1.7程度 | 2.7程度 |
| | | b)-2 燃焼空気ブロワ | 概略寸法 m | L | 1.5程度 | 1.8程度 | 2.4程度 |
| | | | | W | 0.9程度 | 1.0程度 | 1.3程度 |
| | | | | H | 1.2程度 | 1.5程度 | 2.3程度 |
| 屋外配置機器 | 参考重量　静荷重（動荷重）KN | | | | 70（240） | 70（240） | 90（270） |
| | c)排ガス処理設備 | | 概略寸法 m | L | 4.5程度 | 4.5程度 | 6.0程度 |
| | | | | W | 3.5程度 | 3.5程度 | 4.0程度 |
| | | | | H | 6.0程度 | 6.0程度 | 6.0程度 |
| 【参考】[1)] 低動力型遠心脱水機 | 参考重量　静荷重（動荷重）KN | | | | 87(94) | 129(147) | 229(256) |
| | 脱水機本体 | | 概略寸法 m | L | 7.5程度 | 8.5程度 | 10.5程度 |
| | | | | W | 4.5程度 | 5.5程度 | 6.0程度 |
| | | | | H | 3.0程度 | 2.7程度 | 3.4程度 |

１）従来の遠心脱水機の仕様を、日本下水道新技術機構発刊（2007）の**「低動力高効率遠心脱水機技術マニュアル」**より記載

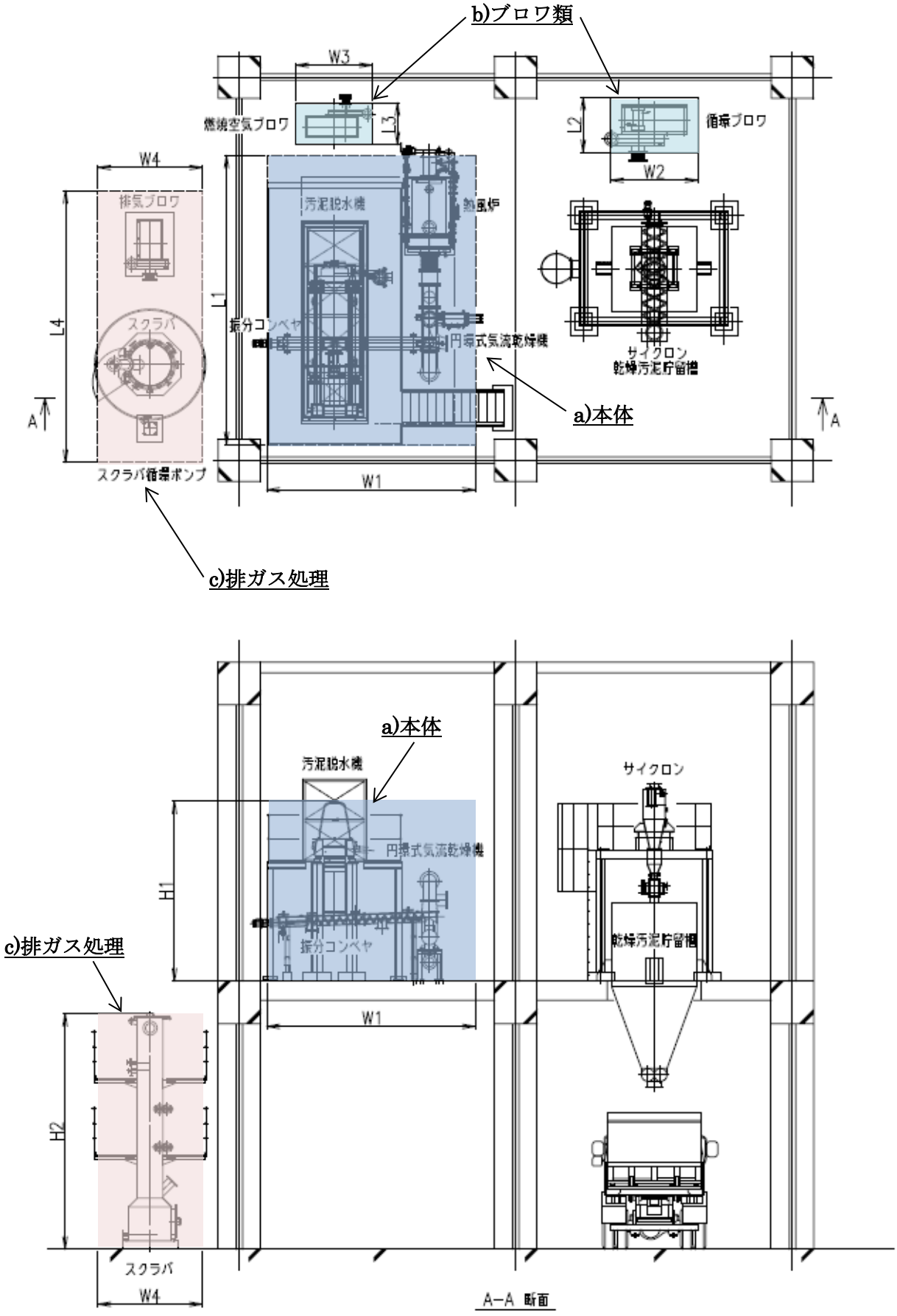
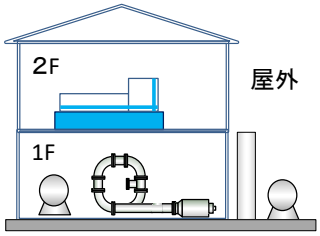
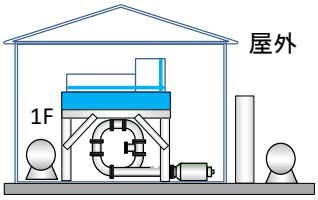
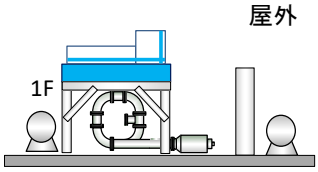



図 4-3　脱水乾燥設備　標準配置図

### 2）配置パターンの検討

本技術は**表 4-5** に示すような配置のパターンが想定される。

**表 4-5　本技術の配置パターン**

| | | 屋内配置 | | 屋外配置 |
|---|---|---|---|---|
| | | ２F構造 | １F構造 | |
| 配置案 | |  |  |  |
| 機器 | 屋外 | スクラバ、排気ブロワ、<br>無機凝集剤供給設備 | スクラバ、排気ブロワ、<br>無機凝集剤供給設備 | 全機器 |
| | 屋内 | ２F：脱水機<br>１F：乾燥機、熱風炉、循環・燃焼空気ブロワ、サイクロン | 専用架台：脱水機、<br>１F：乾燥機、熱風炉、循環・燃焼空気ブロワ、サイクロン | ― |
| 利点 | | ・脱水機架台が不要<br>・共通床版が不要 | ・共通床版が不要 | ・機器配置の自由度が高い |
| 留意点 | | ・配置スペース確保<br>・機器荷重と建屋の耐荷重の確認<br>・機器の維持管理に必要な高さの確保 | ・配置スペース確保<br>・機器荷重と建屋の耐荷重の確認<br>・機器の維持管理に必要な高さの確保 | ・必要なスペースを屋外に確保する |

脱水乾燥設備は既存の脱水機と同等のスペースで配置できることから、建設費を抑えるためには既存の脱水設備が設置されていたスペースを活用した『屋内配置』が望ましい。

既設建屋の脱水機配置区画が『2F 構造』である場合、2F に脱水機、1F に乾燥機及び関連補機を配置することが可能であるが、1F に配置する乾燥機及び補機類の維持管理高さが確保されているか留意する必要がある。

既設建屋の脱水機配置区画が『1F 構造』である場合、脱水機は専用架台に設置した上で、全ての機器を 1F に配置する。この場合、脱水機の設置高さが高いため、維持管理高さが十分確保されているか留意する必要がある。またサイクロンで捕集後、乾燥汚泥貯留槽との位置関係によりコンベヤなどが必要になるため、搬送方法に留意する。

『屋外配置』については屋内に十分なスペースが無い場合は、新設の床版が必須であるため、土木工事費が増加する点に留意する必要がある。

**§22　（４）導入計画の検討**

本技術の導入効果について、導入計画の策定段階からの詳細な情報に基づいて再検討を行い、導入効果を検証する。

１）総費用（年価換算値）の縮減効果

２）温室効果ガス削減効果およびエネルギー消費量削減効果の検討

３）導入計画のとりまとめ

**【解　説】**

**第３章　導入検討**の際に評価した導入効果の検証のために、以下の項目を実施する。

**１）総費用（年価換算値）の縮減効果**

**第３章　導入検討**の際に行った導入効果の試算結果に対して、導入計画に基づいてより精度の高い試算を行う。

**２）温室効果ガス削減効果およびエネルギー消費量削減効果の検討**

**第３章　導入検討**の際に行った導入効果の試算結果に対して、導入計画に基づいてより精度の高い試算を行う。

**３）導入計画のとりまとめ**

本技術の導入についての検討結果を取りまとめるとともに、事業計画図書などの必要な資料及び図書を作成する。導入計画書としては、検討段階において、基礎調査（施設・設備の計画・原状などの把握）に基づいて施設計画の検討を行った結果に加え、導入効果の検証結果を含めて取りまとめるものとする。

# 第２節　設備設計

## §23　設備構成

本技術は以下の設備で構成される。

（１）脱水乾燥設備

（２）補機設備

【解　説】

**図 4-4** に本技術の設備構成を示す。本技術は（１）脱水乾燥設備、（２）補機設備にて構成される。

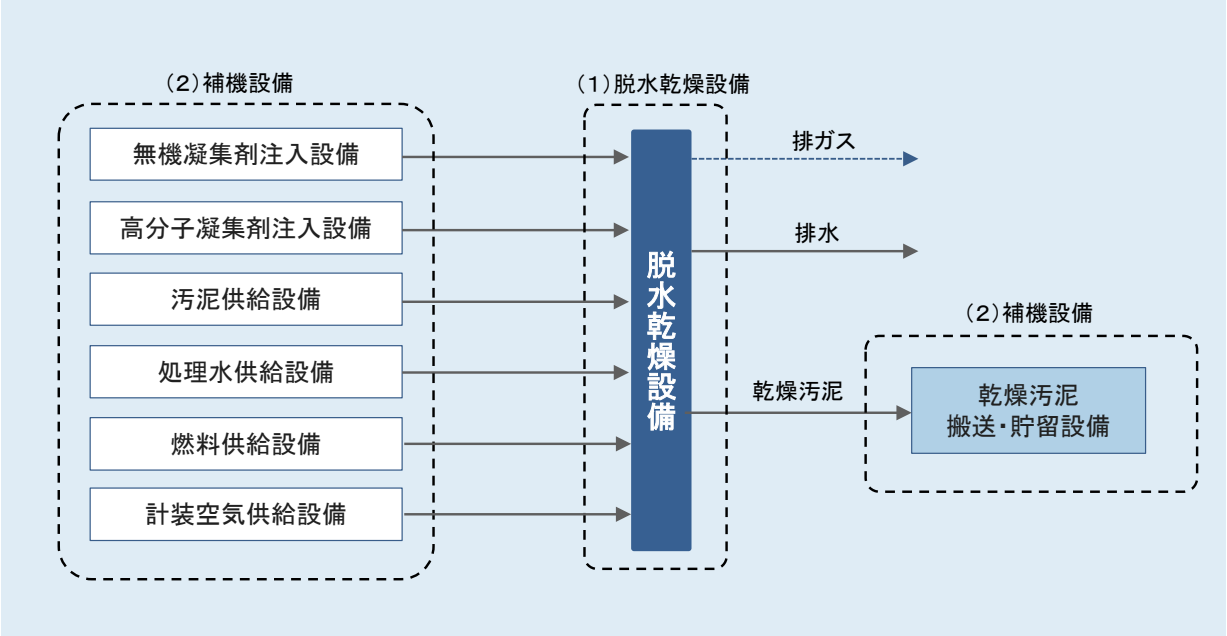



図 4-4　本技術の設備構成

## §24　脱水乾燥設備の設計

脱水乾燥設備は以下に示す機器により構成される。

（１）本体

①　機内二液調質型遠心脱水機

②　振分けコンベヤ

③　円環式気流乾燥機

④　熱風炉

⑤　サイクロン

（２）ブロワ類

⑥　循環ブロワ

⑦　燃焼空気ブロワ

（３）排ガス処理設備

⑧　スクラバ

⑨　スクラバ循環ポンプ

⑩　排気ブロワ

**【解　説】**

**図 4-5** に脱水乾燥設備の設備構成を示す。

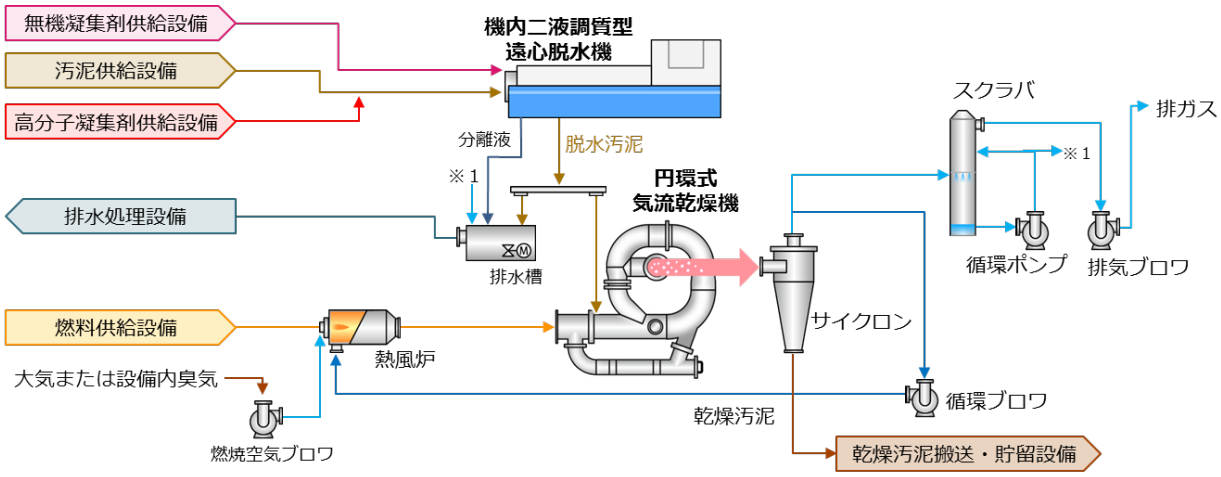



**図 4-5　脱水乾燥設備の設備構成**

**本章§20（２）基本計算の実施**で設定した汚泥処理量をもとに**表 4-6** に示す脱水乾燥設備標準仕様より最適な機種を選定する。

## 表 4-6　脱水乾燥設備　仕様一覧

| 機器名称 ＼ 日最大汚泥処理量 | | 51(kg-ds/h)<br>1.2(t－ds/d)<br>処理設備 | 102(kg-ds/h)<br>2.4(t－ds/d)<br>処理設備 | 204(kg-ds/h)<br>4.8(t－ds/d)<br>処理設備 |
|---|---|---|---|---|
| 遠心<br>脱水機 | 機種 | 機内二液調質型　遠心脱水機 | | |
| | 仕様 | 2.5m$^3$/h処理機 | 5m$^3$/h処理機 | 10m$^3$/h処理機 |
| | メイン＋差速動力 | 22＋7.5kW | 22＋7.5kW | 30+7.5kW |
| 振分け<br>コンベヤ | 機種 | シャフトレスコンベヤ（スパイラルコンベヤ） | | |
| | 仕様 | φ150型 | φ200型 | φ250型 |
| | 動力 | 0.75kW | 0.75kW | 1.5kW |
| 乾燥機 | 機種 | 円環式気流乾燥機 | | |
| | 仕様 | 300A型 | 400A型 | 500A型 |
| 熱風炉 | 仕様 | 低NOｘバーナー | | |
| | 容量 | 700MJ/h | 1,300MJ/h | 2,500MJ/h |
| サイクロン | 機種 | 排出機付サイクロン式集塵機 | | |
| | 処理風量 | 37m$^3$/min | 58m$^3$/min | 88.2m$^3$/min |
| | 排出機動力 | 0.75kW | 0.75kW | 0.75kW |
| 循環<br>ブロワ | 機種 | ラジアルブロワ | | |
| | 仕様 | 30m$^3$/min×14.5kPa | 41m$^3$/min×14.5kPa | 51m$^3$/min×14.5kPa |
| | 動力 | 18.5kW | 30kW | 30kW |
| 燃焼空気<br>ブロワ | 機種 | ターボファン | | |
| | 仕様 | 7m$^3$/min×15.5kPa | 13m$^3$/min×15.5kPa | 26m$^3$/min×15.5kPa |
| | 動力 | 5.5kW | 11kW | 18.5kW |
| スクラバ | 仕様 | スプレー式 | | |
| | 処理風量 | 741m$^3$/h | 1,388m$^3$/h | 2,675m$^3$/h |
| スクラバ<br>循環<br>ポンプ | 機種 | 遠心渦巻きポンプ | | |
| | 仕様 | 0.1m$^3$/min×0.28kPa | 0.18m$^3$/min×0.28kPa | 0.33m$^3$/min×0.28kPa |
| | 動力 | 1.5kW | 3.7kW | 5.5kW |
| 排気<br>ブロワ | 機種 | ラジアルファン | | |
| | 仕様 | 11m$^3$/min×8.3kPa | 20m$^3$/min×8.3kPa | 38m$^3$/min×8.3kPa |
| | 動力 | 5.5kW | 7.5kW | 15kW |

**§25　補機設備の設計**

補機設備は以下の設備で構成される。

（1）汚泥供給設備

（2）高分子凝集剤注入設備

（3）無機凝集剤注入設備

（4）処理水供給設備

（5）燃料供給設備

（6）乾燥汚泥搬送・貯留設備

（7）計装空気供給設備

**【解　説】**

**（1）汚泥供給設備**

汚泥供給設備は、脱水乾燥設備に汚泥を供給するもので、撹拌装置付き汚泥貯留槽と汚泥供給ポンプで構成される。**図 4-6** に汚泥供給設備の概要を示す。

汚泥貯留槽は、汚泥の投入量や引き抜き量を考慮し、維持管理上必要な貯留日数を確保できる容量とする。また、汚泥供給ポンプは定量性を考慮し、一軸ネジ式ポンプを採用する。

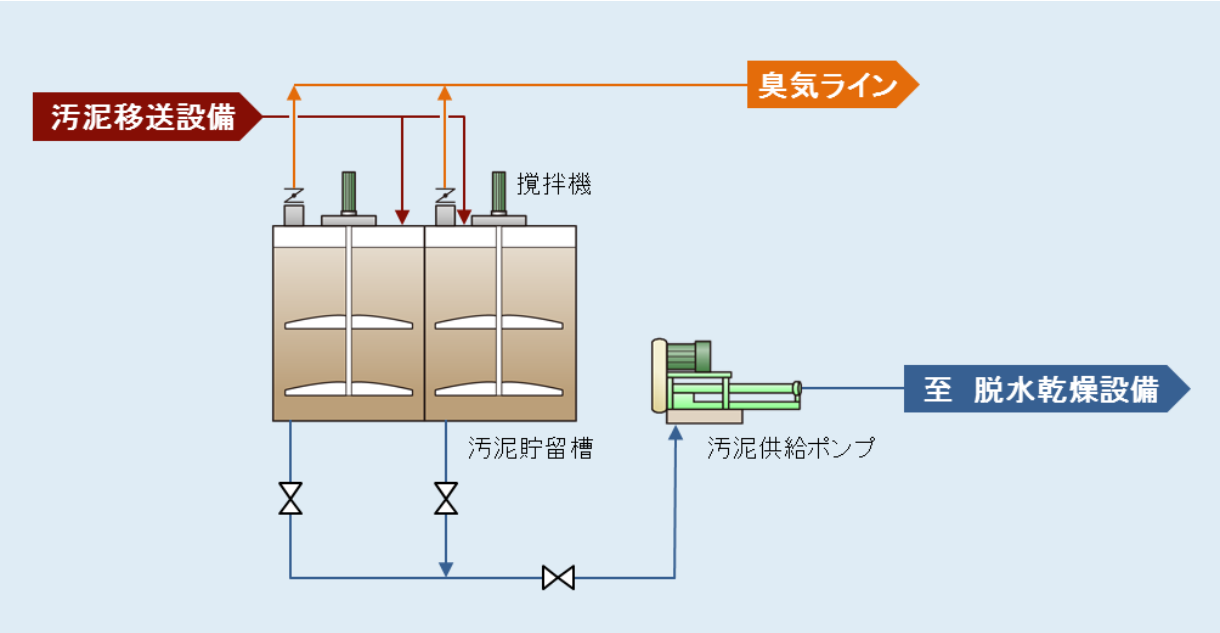



**図 4-6　汚泥供給設備　概要**

汚泥供給ポンプの仕様については以下のとおりである。

**① 型式について**

汚泥供給ポンプは流量一定制御を行うため、定量性のある吐出量可変型とし、一軸ネジ式ポンプを標準とする。ただし、既設の渦巻ポンプなどを流用する場合は、定量性を確保するため、流量一定制御を行うものとする。

**② 台数について**

流量一定制御を行うため、脱水乾燥設備１台ごとに汚泥供給ポンプ１台とする。

**③ 吐出量について**

汚泥供給ポンプ吐出量は**式（4・2）**による。算出した吐出量と汚泥貯留槽から送泥先までの揚程、および配管の圧力損失などからポンプの型式を選定する。

$$Q_S = \frac{Q_0}{C_S} \times 10^{-1} \times k \quad \cdots\cdots (4・2)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_S$ | ：汚泥供給ポンプ１台当たりの吐出量 | $m^3/h$ |
| $C_S$ | ：汚泥濃度 | % |
| $Q_0$ | ：脱水乾燥設備１台当たりの処理量 | kg-ds/h |
| $k$ | ：可変範囲（0.5～1.5） | － |

### （２）高分子凝集剤注入設備

高分子凝集剤注入設備は、高分子凝集剤を溶解し脱水乾燥設備に高分子凝集剤溶解液を供給するものであり、薬品溶解槽と薬品供給ポンプから構成される。**図 4-7** に高分子凝集剤注入設備の概要を示す。凝集剤の溶解濃度としては 0.1～0.3%が一般的である。

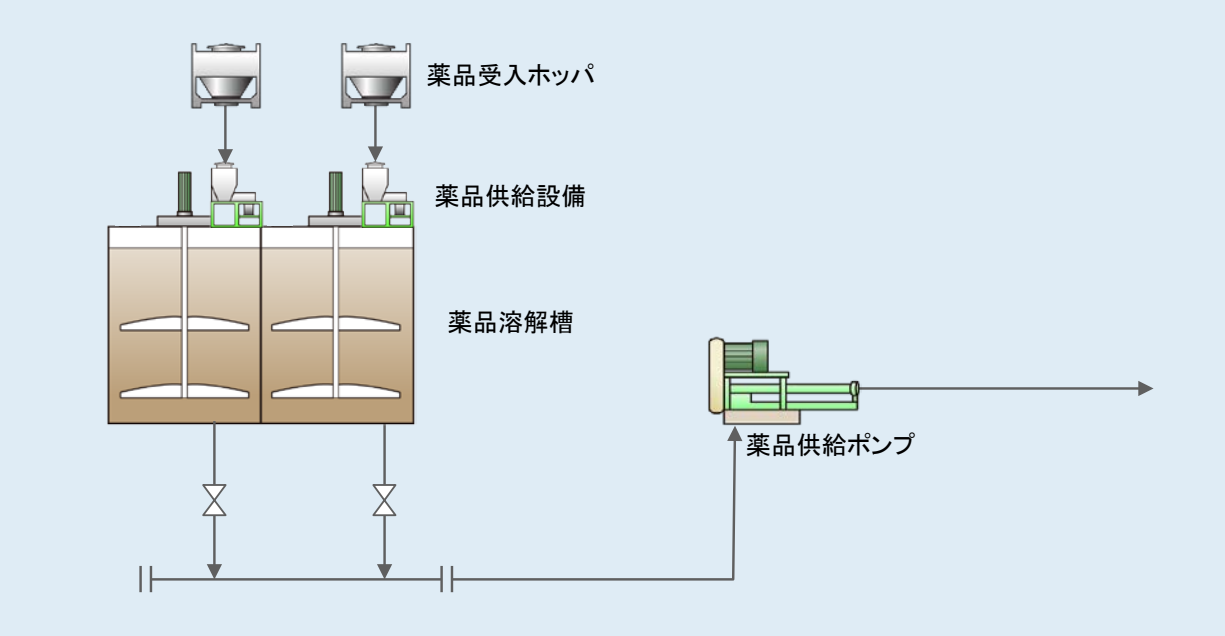



**図 4-7　高分子凝集剤注入設備　概要**

通常薬品溶解設備は既設として設置されていることから、薬品供給ポンプの仕様について以下に示す。新設の場合は、**「下水道施設計画・設計指針と解説（社団法人日本下水道協会発行）」**に従い計画する。

**① 型式について**

供給ポンプは薬品注入率比例制御を行うため、定量性のある吐出量可変型とし、一軸ネジ式ポンプを標準とする。

**② 台数について**

流量一定制御を行うため、脱水乾燥設備１台ごとに薬品供給ポンプ１台とする。

**③ 吐出量について**

供給ポンプ吐出量は**式（4・3）**による。算出した吐出量と貯留槽から送液先までの揚程、および配管の圧力損失などからポンプの型式を選定する。

$$Q_2 = \frac{Q_0 \times r_P}{C_P} \times 10^{-3} \times k \quad \cdots\cdots (4\text{-}3)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_P$ | ：薬液供給ポンプ１台当たりの吐出量 | $m^3/h$ |
| $Q_0$ | ：脱水乾燥設備１台当たりの処理量 | kg-ds/h |
| $C_P$ | ：薬品溶解濃度 | % |
| $r_P$ | ：薬注率 | % |
| $k$ | ：可変範囲（0.5～1.5） | － |

### （３）無機凝集剤注入設備

無機凝集剤注入設備は、凝集剤を貯留し脱水乾燥設備に無機凝集剤溶解液を供給するもので、無機凝集剤貯留槽および無機凝集剤供給ポンプから構成される。**図 4-8** に無機凝集剤注入設備の概要を示す。無機凝集剤としてはポリ硫酸第二鉄が一般的に使用されている。

無機凝集剤は一般的に液体状であり、タンクローリー車で搬送され、搬送車両に装備された圧送ポンプにて、無機凝集剤貯留槽に移送する。

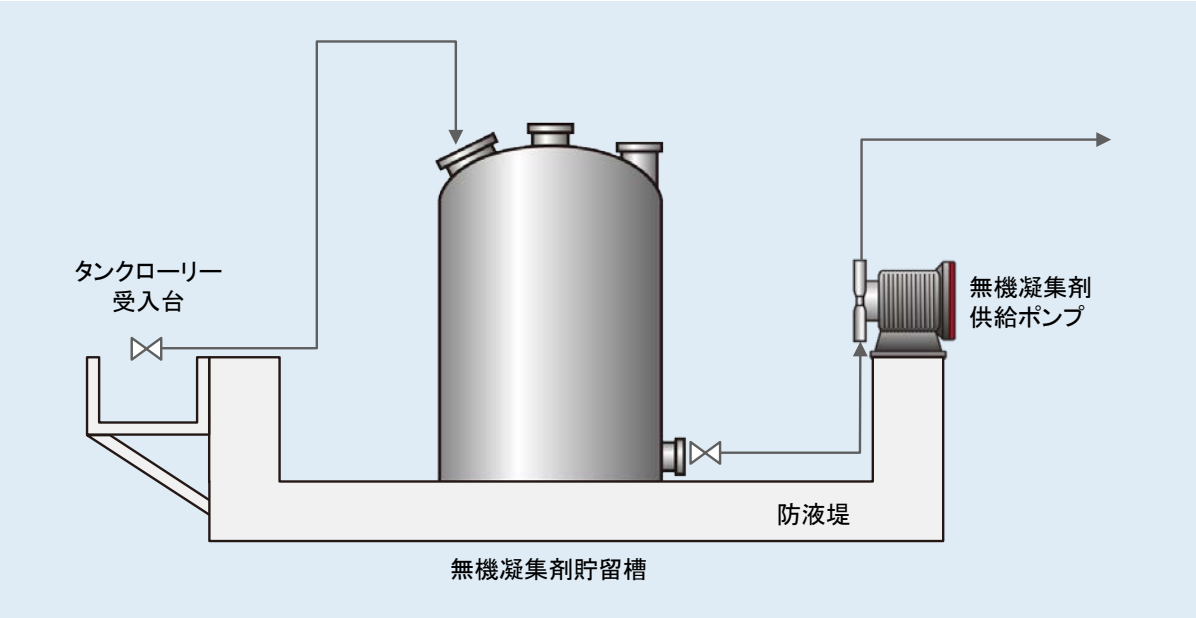



**図 4-8　無機凝集剤注入設備　概要**

無機凝集剤貯留槽は、無機凝集剤溶液が強酸性溶液であるので接液部は耐酸性を考慮し、貯留容量は、薬品の使用量の７日分程度とする。

無機凝集剤供給ポンプの仕様については以下のとおりである。

**① 型式について**

供給ポンプは薬品注入率比例制御を行うため、定量性のある吐出量可変型とし、ダイヤフラムポンプを標準とする。

**② 台数について**

流量一定制御を行うため、脱水乾燥設備１台ごとに無機凝集剤供給ポンプ１台とする。

**③ 吐出量について**

供給ポンプ吐出量は**式（4・4）**による。算出した吐出量と貯留槽から送液先までの揚程、および配管の圧力損失などからポンプの型式を選定する。

$$Q_I = \frac{r_I \times Q_0}{C_I} \times 10^{-2} \times k \quad \cdots\cdots (4\cdot4)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_I$ | ：供給ポンプ１台当たりの吐出量 | L/h |
| $Q_0$ | ：脱水乾燥設備１台当たりの処理量 | kg-ds/h |
| $C_I$ | ：無機凝集剤比重（一般的には 1.45 とする） | － |
| $r_I$ | ：無機凝集剤注入率 | % |
| $k$ | ：可変範囲（0.5～1.5） | － |

### （４）処理水供給設備

処理水供給設備により脱水乾燥設備に洗浄水・スクラバ供給水・冷却水を供給する。**図 4-9** に処理水供給設備の概要を示す。

洗浄水は、主に運転終了時に遠心脱水機のボウル内部を洗浄する際に使用し、短時間ではあるが水量を多く必要とする。通常は専用の供給設備を設置するが、必要洗浄水量に対して既存の処理水供給設備に余裕があれば、同一設備から供給してもよい。

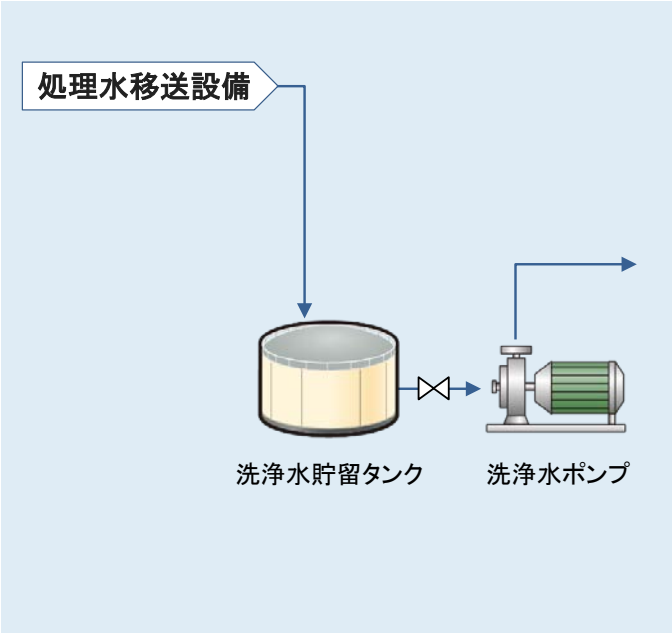
一方、冷却水およびスクラバ供給水は設備運転中に常時必要とするが、水量は少量で済むため、一般的には、ポンプの封水等で使用する場内の処理水供給設備を流用する。

**【 洗浄水設備 】**

専用の洗浄水貯留タンクおよび洗浄水ポンプを設置する。または既存の高架水槽・圧力給水ユニットを流用する。

**【 冷却水・スクラバ供給水設備 】**

既存の高架水槽または圧力給水ユニットを流用する。



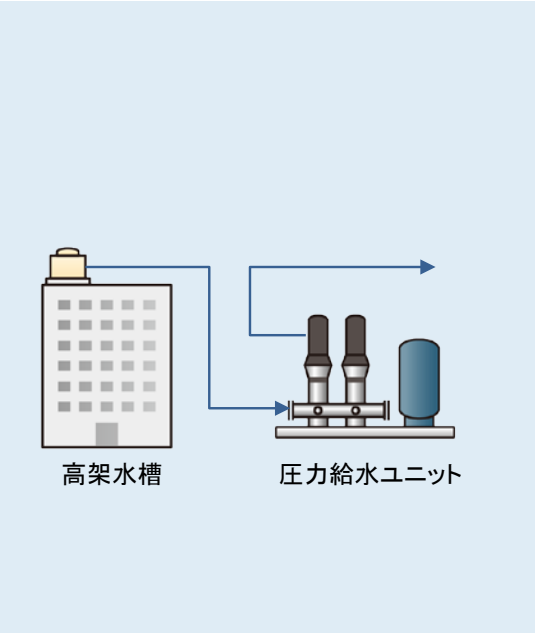




**図 4-9　処理水供給設備　概要（左図：洗浄水設備、右図：冷却水・スクラバ供給水設備）**

処理水供給設備の仕様については以下のとおりである。洗浄水貯留タンクや高架水槽は既設の処理水再利用設備を利用するが、新設する場合は、**「下水道施設計画・設計指針と解説（社団法人日本下水道協会発行）」**に従い計画する。

**① 型式について**

脱水乾燥設備は、脱水機洗浄水、冷却水及びスクラバ供給水が必要である。脱水機洗浄水は、運転終了時に必要である一方、冷却水・スクラバ供給水は常時必要である。高い給水圧力を必要としないことから、既設の高架水槽・圧力給水ユニットを使用することが望ましい。これらの設備で水量が不足する場合は、専用の処理水供給ポンプを設置して対応する。

**② 洗浄水質について**

洗浄水質は、砂ろ過水以上とする。小規模処理場等でろ過水設備がない場合は、オートストレーナーの採用もしくは井水または上水の使用を検討する。

**③ 必要水量について**

脱水乾燥設備に必要な処理水量は、型式ごとで異なるため、**表 4-7** より算定する。なお、**本章§26　既存設備の活用検討**に記載したように本設備ではスクラバにて温水を回収することが可能であるが、温水回収の有無により、必要となる冷却水量が異なる。また、表中に記載した最大水量は停止工程において脱水機の洗浄に必要な水量を加算したものである。

**表 4-7　必要水量表**

| 日最大汚泥処理量<br>(kg-ds/h/台) | 常用（最大） | |
|---|---|---|
| | 温水回収無し | 温水回収有り |
| 51 | 3（5）$m^3$/h | 1（4）$m^3$/h |
| 102 | 5（10）$m^3$/h | 2（7）$m^3$/h |
| 204 | 10（20）$m^3$/h | 4（14）$m^3$/h |

**④ 必要圧力について**

脱水機の洗浄は、洗浄ノズル等を使用せず、機内供給管(フィードパイプ)で回転体内部まで洗浄水を供給するため、洗浄水圧は 50kPa である。

### ⑤ その他留意事項について

脱水乾燥設備で採用されている遠心脱水機は常時洗浄は必要ないが、脱水汚泥の粘性が高い等の汚泥性状によっては、数日以上の長時間連続運転を行った場合、脱水汚泥が内部固着し、振動値が高くなるケースもある。連続運転可能な時間の事前予測は困難なため、導入初期には 3 日置き程度で洗浄を実施し、その後少しずつ連続運転時間を延ばしていき、安全な時間を見極めるのが望ましい。

### （５）燃料供給設備

脱水乾燥設備で使用する補助燃料を熱風炉に供給するための設備であり、重油ポンプ、消化ガス昇圧ブロワで構成される。**図 4-10** に燃料供給設備の概要を示す。

重油を燃料とする場合、既設にタンクがない、既設タンクが使用できないといった場合は、貯留設備も必要になる。

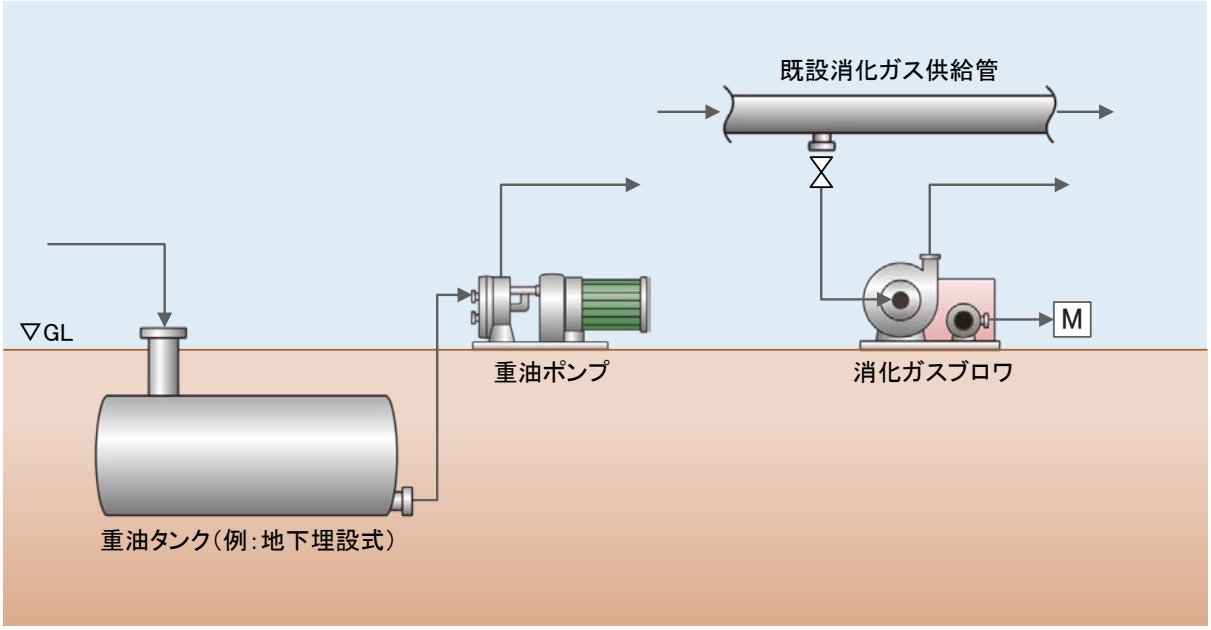



**図 4-10　燃料供給設備　概要**

燃料としては重油などの液体燃料もしくは消化設備を有した処理場では消化ガスを使用することができる。ここでは燃料として重油もしくは消化ガスを使用する場合の供給設備の仕様について示す。

重油タンクの容量は、処理場の立地条件や入手方法などにより、おおむね使用量の 3～10 日分とし、消防法に基づく規制に十分配慮する。

また重油ポンプの仕様については、以下のとおりである。

**【重油ポンプ】**

**① 型式について**

安定した流量が確保できる歯車ポンプ（ギヤポンプ）もしくは一軸ネジ式ポンプを採用する。

**② 台数について**

脱水乾燥設備 1 台につき 1 台とする。

**③ 吐出量について**

ポンプ吐出量は**式（4・5）**による。なお、回転数制御は行わず、リターンラインのバルブ開度にて供給量を調節する。算出した吐出量と、重油タンク（地下タンク）の吸込み圧および配管の圧力損失などに 10%の余裕をみた全揚程からポンプの型式を選定する。

$$Q_O = Q_{OMAX} \times k \quad \cdots\cdots (4\cdot5)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_O$ | ：重油供給ポンプ吐出量 | L/h |
| $Q_{OMAX}$ | ：バーナーにおける最大重油使用量 | L/h |
| $k$ | ：余裕率（1.1 とする） | － |

**【消化ガス昇圧ブロワ】**

**① 型式について**

容積式のルーツブロワを採用する。一般的には消化ガスの昇圧用のブロワとして、ルーツ式、ターボ式のどちらでも適用可能である。

**② 台数について**

脱水乾燥設備 1 台につき 1 台とする。

**③ 風量について**

ポンプ吐出量は**式（4・6）**による。なお、回転数制御は行わず、リターンラインのバルブ開度にて供給量を調節する。回転数制御は行わず、リターンラインのバルブ開度にて供給量を調節する。算出した吐出量と、取合い点での消化ガス圧力および配管の圧力損失などに 10%の余裕をみた全揚程からポンプの型式を選定する。

$$Q_D = Q_{DMAX} \times k \quad \cdots\cdots (4\cdot6)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_D$ | ：消化ガスブロワ吐出量 | L/h |
| $Q_{DMAX}$ | ：バーナーにおける最大消化ガス使用量 | L/h |
| $k$ | ：余裕率（1.1 とする） | ― |

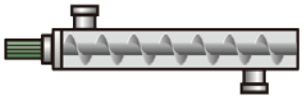
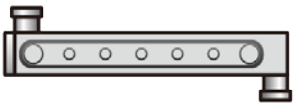
## （６）乾燥汚泥搬送・貯留設備

### 【乾燥汚泥搬送設備】

#### ① 型式について

型式については、**表 4-8** に一般的に汚泥の搬送に使用される機器の種類と適用可能性について示す。乾燥汚泥搬送設備はスクリューコンベヤ、スパイラルコンベヤ及びベルトコンベヤなどを選定することが可能であるが、一般的にスパイラルコンベヤを選定する。

**表 4-8　乾燥汚泥搬送設備の種類と適用可能性**

| | スクリュー<br>コンベヤ | ベルト<br>コンベヤ | スパイラル<br>コンベヤ |
|---|---|---|---|
| 概要 |  <br>U 字型のケーシング内部に回転するスクリューを配置し、内容物を搬送する。一般的には軸両端に軸受けが設置される。 |  <br>輪状にした幅広のベルトを台車の上で回転させ、その上に運搬物を載せて移動させる。 | <br>U 字型のケーシング内部に回転するリボンスクリューを配置し、内容物を搬送する。一般的には軸の駆動機側のみ支持され、搬送側は軸受けが無い。 |
| 能力の<br>考え方 | 搬送能力が搬送する脱水汚泥量を満たすこと | 搬送能力が搬送する脱水汚泥量を満たすこと | 搬送能力が搬送する脱水汚泥量を満たすこと |
| 適用に<br>際しての<br>留意事項 | ライナー材質の耐熱温度に留意すること<br>軸受けの耐熱温度に留意すること | 投入口において乾操汚泥が飛散しない処置を取ること<br>ベルト材質の耐熱温度に留意すること | 軸受けの耐熱温度に留意すること |
| 維持管理性 | 部品点数が少なく、維持管理が容易である。 | 部品点数が多く、維持管理作業の負荷が大きい。 | 部品点数が最も少なく、軸受けも片側のみであるため、維持管理が最も容易である。 |
| 総合評価 | ○<br>使用可能であるが、材質などの検討を要する | △<br>使用可能であるが、材質などの検討を要する。<br>維持管理負荷が大きい。 | ◎<br>使用可能であるが、材質などの検討を要する。維持管理が最も容易である。 |

### ② 台数について

脱水乾燥設備１台ごとに１台とする。ただし、複数の貯留槽へ汚泥を振り分ける場合は複数台必要となる。

### ③ 容量について

搬送設備搬送量は**式（4・7）**による。

$$Q_C = \frac{Q_0}{(100-C_D) \times d} \times 10^{-1} \times k \quad \cdots\cdots (4\cdot7)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_C$ | ：搬送設備１台当たりの搬送量 | $m^3/h$ |
| $Q_0$ | ：脱水乾燥設備１台当たりの処理量 | kg-ds/h |
| $C_D$ | ：乾燥汚泥含水率 | % |
| $d$ | ：汚泥かさ密度（0.5 程度） | $t/m^3$ |
| $k$ | ：余裕率（2 とする） | － |

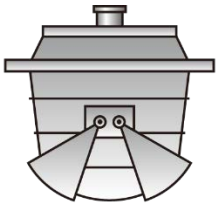
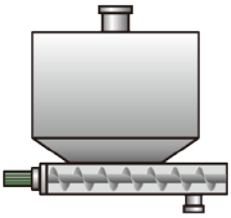
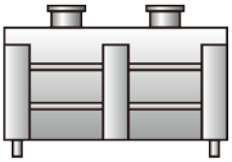
**【乾燥汚泥貯留設備】**

**① 型式について**

貯留設備については**表 4-9** に示すような型式が選択できるため、各処理場の汚泥搬出頻度や貯留日数などを考慮して決定する。ただし、カットゲート方式では搬出車両へ落下させる際の粉塵対策が必須となる。また、スクリューフィーダーやサークルフィーダーを使用する場合は、搬出車両への搬出時間を考慮して、搬送能力を決定する必要がある。

なお、アームロールコンテナの場合は、貯留槽自体が可搬式となるため、搬出後も連続的に設備を稼動する場合は、2 台以上の貯留・搬送設備が必須となり、搬出車両の積載能力を考慮し、コンテナと汚泥の総重量を決定する必要がある。

**表 4-9　乾燥汚泥貯留設備の型式と適用可能性**

| | 角型カットゲート式ホッパ | 角型スクリューフィーダー式ホッパ | 円筒型サークルフィーダー式ホッパ | アームロールコンテナ |
|---|---|---|---|---|
| 概要 |  |  | |  |
| | 角型のホッパの下部にカットゲートを配置する。 | 角型のホッパの下部に 2 軸もしくは 4 軸のスクリューフィーダーを配置する。 | 円筒型のホッパの下部にサークルフィーダーを配置する。 | アームロール車にて貯留槽ごと搬送できる。搬出時は下開きの扉にてダンプアップする。 |
| 容量 | 特に制限はない。 | 特に制限はない。 | 特に制限はない。 | 最大 10m$^3$ |
| 台数 | 1 台以上 | 1 台以上 | 1 台以上 | 2～3 台以上 |
| 適用に際しての留意事項 | ・カットゲートからの搬出時に乾操汚泥が粉塵として飛散するリスクがあり、その対策が必要 | ・スクリューを介して後段に汚泥の流だしのリスクがあり、その対策が必要 | ・特になし | ・乾燥汚泥の落ち口を複数個所設けないと、有効容積が十分活用できない場合がある。 |
| 総合評価 | ○<br>使用可能だが、汚泥の飛散対策 [1)] が必須 | ◎<br>使用可能 | ◎<br>使用可能 | ◎<br>使用可能。<br>駆動部なく部品点数も少ない。 |

1）対策としては、搬出室自体の密閉及び室内換気の徹底などの設備側の対応や、ミストの散布、カットゲートにスカートを設置するなど拡散を防ぐ対策が挙げられる。,

### ② 台数について

脱水乾燥設備１台ごとに１台とする。ただし、複数の貯留槽へ汚泥を振り分ける場合は複数台必要となる。

### ③ 容量について

貯留容量は**式（4・8）**による。

$$V_S = \frac{Q_0 \times 24 \times D_S}{(100-C_D) \times N_S \times d} \times 10^{-1} \quad \cdots\cdots (4・8)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $V_S$ | ：貯留設備１台当たりの貯留容量 | $m^3$ |
| $Q_0$ | ：脱水乾燥設備１台当たりの処理量 | kg-ds/h |
| $C_D$ | ：乾燥汚泥含水率 | % |
| $D_S$ | ：貯留日数 | 日 |
| $N_S$ | ：乾燥汚泥貯留設備台数 | ― |
| $d$ | ：汚泥かさ密度（0.5 程度） | $t/m^3$ |

### ④ 形状について

乾燥汚泥を搬送設備から供給した場合、円錐状に堆積する。形成される円錐の高さは汚泥の安息角により決定され、最大で 45°程度となる。貯留槽の高さの決定に際しては必要容量を満たした上で、上述の円錐高さを考慮して決定する必要がある。

### ⑤ 安全対策について

乾燥汚泥の貯留についてはその安全性を実証したが、安全対策として、槽内の温度計測および非常時の加水配管を設置するものとする。

### （7）計装空気供給設備

脱水乾燥設備におけるダンパ、調整弁類、必要箇所のパージ等に使用する計装用圧縮空気を供給するためのものであり、コンプレッサーおよび計装空気槽で構成される。**図 4-11** に計装空気供給設備の概要を示す。

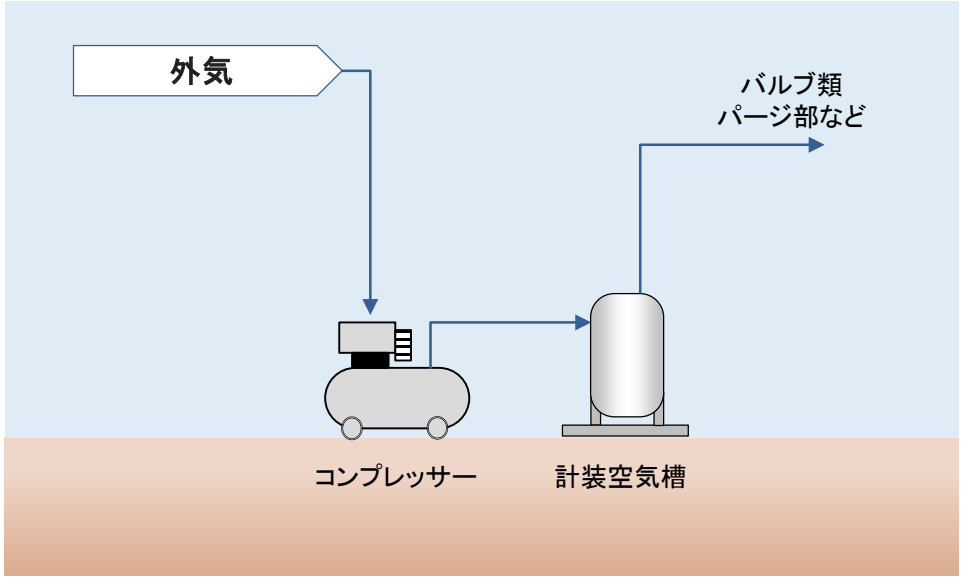



**図 4-11　計装空気供給設備　概要**

コンプレッサーおよび計装空気槽の仕様は以下のとおりである。

**【コンプレッサー】**

**① 型式について**

オイルフリースクロールコンプレッサ　ドライヤ一体型を採用する。

**② 台数について**

脱水乾燥設備１台につき１台とする。

**③ 容量について**

コンプレッサー容量は**式（4･9）**による。また、供給圧力は 0.69MPa 以上とする。

$$Q_C = \frac{A}{C_C} \quad \cdots\cdots (4 \cdot 9)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $Q_C$ | ：コンプレッサー容量 | $m^3$/min |
| $A$ | ：計装空気使用量 | $m^3$/min |
| $C_C$ | ：稼働率（0.8 とする） | － |

**【計装空気槽】**

**① 型式について**

鋼板製円筒立型槽とする。

**② 台数について**

脱水乾燥設備１台につき１台とする。

**③ 容量について**

空気槽容量は**式（4･10）**による。

$$V_K = \frac{Q_C \times t}{\Delta P} \quad \cdots\cdots (4 \cdot 10)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $V_A$ | ：空気槽容量 | $m^3$ |
| $t$ | ：滞留時間（1 とする） | min |
| $\Delta P$ | ：操作圧力（5～7kgf/$cm^2$） | kgf/$cm^2$ |

**§26　既存設備の活用検討**

既存設備については以下の設備について活用検討を行う。

（１）機械設備の活用

（２）電気設備の活用

（３）排水処理設備の活用

（４）空調設備の活用

（５）消化設備との連携

**（１）機械設備の活用**

**図 4-12** に本技術のシステムフローと活用の可能性がある既存設備を示す。ここでは機械設備として活用可能な薬品供給設備、汚泥供給設備、処理水供給設備、乾燥汚泥搬送設備、乾燥汚泥貯留設備の留意点について解説する。

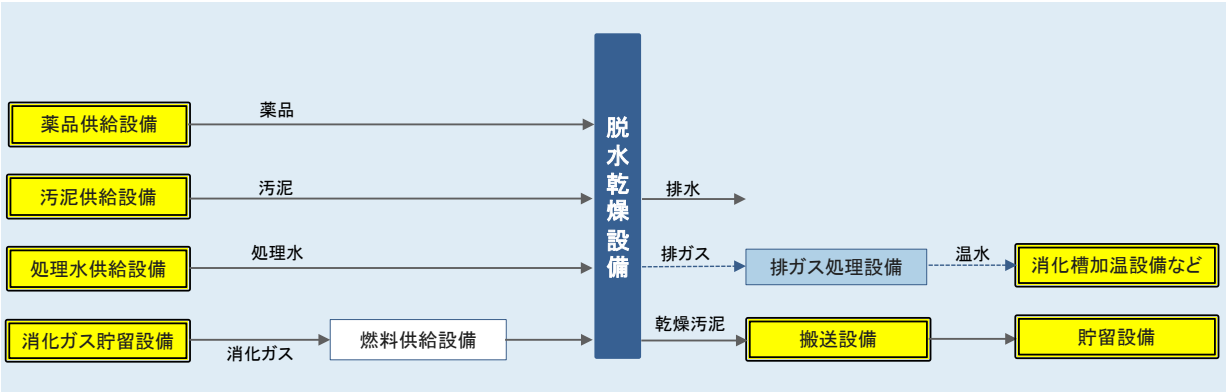



図 4-12　本施設のシステムフローと活用の可能性がある既存の機械設備
（図中、　：活用の可能性がある既存設備）

### ① 薬品供給設備

薬品供給設備については、a)高分子凝集剤供給設備及び b)無機凝集剤供給設備から構成されている。

#### a) 高分子凝集剤供給設備

高分子凝集剤供給設備は一般的に薬品溶解槽と薬品供給ポンプから構成されている。**本章§25 補機設備の設計**に記載した仕様を満足している場合は活用可能である。

なお、薬品供給ポンプを活用する場合は脱水乾燥設備動力制御盤との運転停止指令及び故障信号などの入出力が必要であることから、電気設備の改造も必須である。

また、脱水乾燥設備は、一般的に他の遠心脱水機やベルトプレス脱水機等と共用が可能であるが、それぞれの最適な凝集剤が異なる場合がある。この場合、別々の凝集剤を使用するのは非効率的なため、主体的に運転を行う脱水機に合わせるか、双方の脱水機で共用できる高分子凝集剤を再選定する必要がある。

#### b)無機凝集剤供給設備

無機凝集剤供給設備は一般的に薬品貯留槽と薬品供給ポンプから構成されている。**本章§25 補機設備の設計**に記載した仕様を満足している場合は活用可能である。

なお、薬品供給ポンプを活用する場合は脱水乾燥設備動力制御盤との運転停止指令及び故障信号などの入出力が必要であることから、電気設備の改造も必須である。

また、既存設備で無機凝集剤を使用している場合は、脱水乾燥設備では機内二液調質型遠心脱水機を採用していることから、無機凝集剤の使用量が多いため、貯留容量として十分か検討を要する。一般的には１日の使用量の５日間分以上を貯留できる容量が必要である。

### ② 汚泥供給設備

汚泥供給設備は一般的に汚泥貯留槽及び汚泥供給ポンプから構成されている。**本章§25 補機設備の設計**に記載した仕様を満足している設備がある場合は活用可能である。

なお、汚泥供給ポンプを活用する場合は脱水乾燥設備動力制御盤との運転停止指令及び故障信号などの入出力が必要であることから、電気設備の改造も必須である。

### ③ 処理水供給設備

**本章§25 補機設備の設計**に記載した仕様を満足している場合は活用可能である。その場合、既存設備を含めた用水使用量の見直しとともに、次の事項に留意が必要である。

a) 高架水槽等の場内給水を使用する場合、洗浄水圧の不足については昇圧ポンプ等の検討を行う。

b) 設備段階ごとの分岐水量と配管口径の検討を行い、複数箇所で同時使用した場合に、用水量が不足する箇所が発生しないよう留意する。

#### ④ 乾燥汚泥搬送設備

**本章§24 脱水乾燥設備の設計**に記載した仕様を満足している場合は活用可能である。留意事項としては、乾燥汚泥は設備から 60 から 70℃前後の品温で排出されることから、耐熱性などについて既存設備の仕様を確認する必要があり、必要に応じて改造なども検討を行う。また、脱水汚泥よりも粒子径が細かく、比重も低いことから、搬送設備間のシュートなど汚泥が落下する箇所ではダストが飛散する可能性もあるため、留意が必要である。

#### ⑤ 乾燥汚泥貯留設備

**本章§24 脱水乾燥設備の設計**に記載した仕様を満足している場合は活用可能である。留意事項としては、搬送設備同様、耐熱性などについて既存設備の仕様を確認する必要があり、必要に応じて改造なども検討を行う。また、通常脱水汚泥の貯留に使用されるカットゲート式のホッパの場合、搬出時に乾燥汚泥がダストとして飛散する可能性があり、飛散防止対策の検討も必要である。

### （２）電気設備の活用

脱水乾燥設備は、既存脱水設備と機器構成や電気容量、制御・計装信号取り合い等が異なる場合があるため、既存機器を含めた電気設備の見直しが必要となる。

### （３）排水処理設備の活用

本設備からの排水は、既存の脱水設備からの排水 CODcr 濃度 200mg/L 程度と同程度の排水水質であったが、排水量が異なるため、他の既存設備を含めた汚泥処理工程全体での排水量の確認・見直しが必要である。

排水量は、既存脱水設備からの排水に**表 4-7** に示した必要水量を加算した値となる。

### （４）空調設備の活用

既設建屋に乾燥機を設置する場合、本設備からの放熱量は、従来技術に比べ機器点数や機器の表面積も小さいことから同等以下であるが、既設の状況により空調設備の増強等が必要になる場合があるので留意が必要である。

### （５）消化設備との連携

既設消化設備がある場合、消化ガスを燃料として利用し、温水を供給することが可能であるため、維持管理費の低減が可能である。

#### ① 消化ガスの燃料利用

脱水乾燥設備では熱風炉にて外部からの燃料供給を必要とするが、既設に消化設備がある場合は消化ガスを燃料として利用することが可能であり、これにより燃料費の低減が可能である。

消化ガスは一般的には 21～23MJ/Nm$^3$の発熱量[1)]があるため、発熱量、ガス組成に応じた燃焼設備を予め計画する必要がある。

なお、消化ガス使用量は**式（4・11）**による。

$$S = \frac{101.15 - C_D}{0.1324} \quad \cdots\cdots (4\cdot11)$$

ここに、

| | | |
|---|---|---|
| $S$ | ：消化ガス原単位 | m$^3$/t-ds |
| $C_D$ | ：乾燥汚泥含水率 | % |

また、**表 4-10** に本技術の設備容量と使用する消化ガス量の関係を示す。

**表 4-10　本技術の設備容量と使用する消化ガス量の関係**

| 日最大汚泥処理量<br>(kg-ds/h/台) | 消化ガス条件 | 使用量<br>Nm$^3$/日 |
|---|---|---|
| 51 | メタン濃度 60%程度<br>発熱量[1)]:21～23MJ/Nm$^3$<br>程度 | 550 |
| 102 | | 1100 |
| 204 | | 2200 |

### ② 温水の供給

**図 4-13** に示すように本技術ではスクラバにて排ガス処理を行っている。ここで発生するスクラバ循環水は 50～70℃程度の低温排水であり、この熱源を消化設備の汚泥加温などに活用することが可能である。

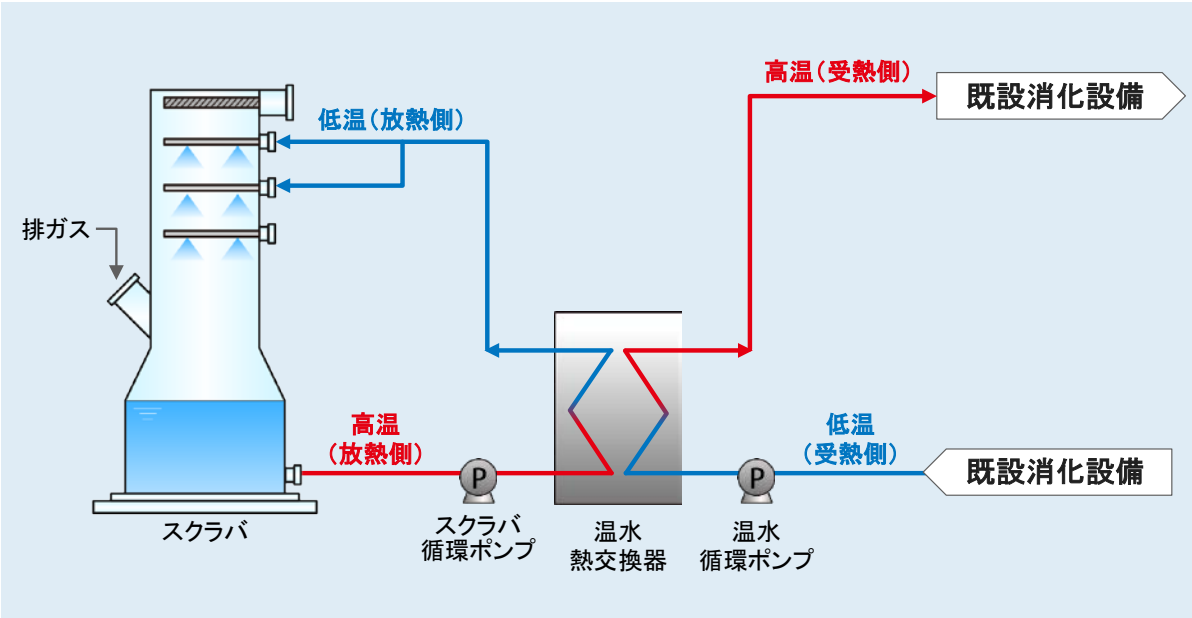



図 4-13　温水供給設備

**表 4-11** に設備容量と温水として供給可能な熱量の関係を示す。

表 4-11　温水として供給可能な熱量と本技術の設備容量の関係

| 日最大汚泥処理量<br>(kg-ds/h/台) | 温水温度条件 | 供給可能熱量<br>MJ/日 |
|---|---|---|
| 51 | 入口 50℃→出口 60℃ | 4,200 程度 |
| 102 | | 8,300 程度 |
| 204 | | 17,700 程度 |