

## 第5章 維持管理

### 第1節 運転管理

#### § 27 運転操作方法

本技術は、自動制御により運転が行われる。以下にその制御内容を説明する。

- (1) 計装フローと自動制御
- (2) 運転ブロックごとの制御
- (3) タイムチャート

#### 【解 説】

##### (1) 計装フローと自動制御

脱水乾燥設備を安定的かつ自動で運転するためには、脱水機から乾燥機に供給される脱水汚泥の性状、量の変動を少なくすることが重要である。また脱水機から乾燥に適さない性状の脱水汚泥が排出された場合に、乾燥機に供給されないよう即座に排水槽ラインに切替えることも安定・自動運転では重要となる。

また、乾燥汚泥を目的に応じた含水率とするためには、脱水汚泥の性状安定化だけでなく、熱風の制御が必要になる。

以上のことから、安定かつ自動運転のためのメインの制御は以下の4点となる。

- 1) 脱水機への供給汚泥濃度計測による薬注比例制御
- 2) 脱水汚泥の状態監視と切替制御
- 3) 乾燥汚泥含水率計測による熱風温度のフィードバック制御
- 4) その他の自動制御

図 5-1 に自動制御のための主要計装フローを示す。

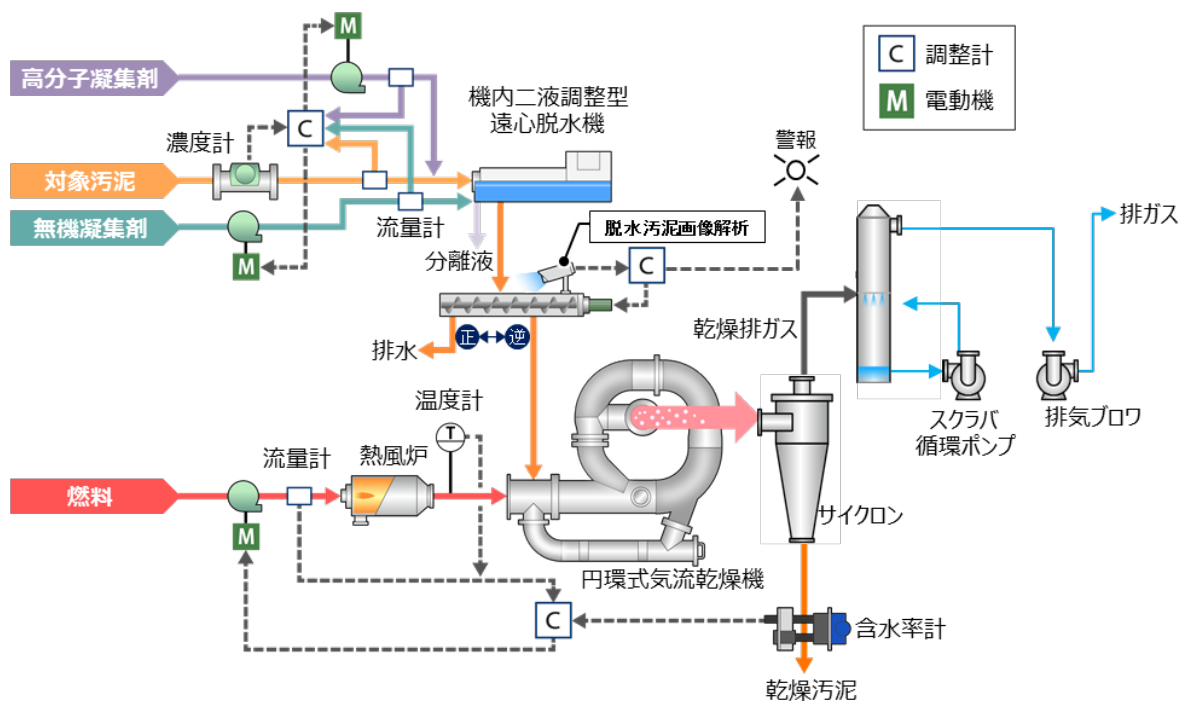


図 5-1 自動制御用主要計装フロー

### 1) 脱水機への供給汚泥濃度計測による薬注比例制御

脱水機への汚泥供給ラインに濃度計を設置し、供給汚泥中の固形物濃度が連続的に計測される。計測結果と予め設定された高分子凝集剤の薬注率、溶解濃度から高分子凝集剤の添加量が自動計算される。この計算結果は高分子凝集剤添加量の調節計の設定値に反映され、高分子凝集剤供給ポンプの回転数を制御する。同様に無機凝集剤についても、計測結果と設定されたラインおよび機内への薬注率から、ラインおよび機内への無機凝集剤添加量を自動計算する。計算結果はそれぞれの無機凝集剤添加量調節計の設定値に反映され、無機凝集剤供給ポンプ（ライン）、無機凝集剤供給ポンプ（機内）の回転数を制御する。

汚泥の固形物濃度が低下した場合は添加量を減少させるために各凝集剤供給ポンプの回転数を下げ、固形物濃度が増加した場合はポンプの回転数を上げて添加量を増加し、常に一定の薬注率となるように制御が行われる。

## 2) 脱水汚泥の状態監視と切替制御

脱水機から排出される脱水汚泥の形状について、カメラで脱水汚泥の搬送状態を撮影し、画像解析技術によりその状態を数値化し、乾燥機への適用性に関して3段階（A：適、B：要調整、C：不適）に判定し、その状況に応じ下記の通り制御が行われる。

### a) 状態 A：適

脱水汚泥の状態が乾燥機に適した状態であり、乾燥機への投入を通常通り継続する。

### b) 状態 B：要調整

即座に乾燥機への投入を停止するほどの状態ではないが、長期的に安定運転が難しいと判断される状態であり、運転員にその状況を知らせるために、軽故障を発報する。

### c) 状態 C：不適

即座に乾燥機への投入を停止する必要がある状態であり乾燥機への汚泥投入を停止し、運転員にその状況を知らせるために、重故障を発報する。重故障の信号を受けて、正逆回転切替え式のコンベヤにより脱水汚泥の供給先が乾燥機側から排水槽側へ切り替えられる。

## 3) 乾燥汚泥含水率計測による熱風温度のフィードバック制御

乾燥汚泥排出機からのシュートに乾燥汚泥含水率計を設置し、乾燥汚泥の含水率を連続的に計測する。乾燥汚泥排出機から排出される乾燥汚泥の一部は、連続的に抜き出されて含水率が計測される。計測結果により、設定した含水率となるように、熱風の温度が制御される。

乾燥汚泥の含水率が設定値より上昇した場合は、乾燥機へ供給する熱量が不足していることを意味するため、熱風温度の設定値が高くなる。その後、熱風温度を高くするために補助燃料の燃焼量が増加する。

一方、乾燥汚泥の含水率が設定値より低下した場合は、乾燥機へ供給する熱量が過剰であることを意味するため、熱風温度の設定値が低くなる。その後、熱風温度を低くするために補助燃料の燃焼量が減少する。本制御により、補助燃料の燃焼量の増減に伴い、燃焼空気量も自動で増減する。

#### 4) その他の自動制御

##### a) 脱水機トルク一定制御

脱水の運転状態を管理する指標として、トルクがある。トルクを一定とすることにより脱水汚泥の性状が安定する。トルクを一定にするために差速が自動で制御される。トルクが設定値を上回る場合は脱水機の差速を上げて脱水機内部の脱水汚泥を排出し、トルクを低下させる。設定値を下回る場合は脱水機の差速を下げて脱水汚泥の排出量を減少し、脱水機内部の滞留量を増加させてトルクを増加させる。

##### b) 乾燥機内圧一定制御

乾燥機は排気が外部に漏れ出さぬよう、一定の負圧で管理されて運転される。内圧は排気ブロワの回転数により制御される。内圧が上昇した場合は排気ブロワの回転数を増加し排気量を増加させることにより内圧を低下させる。内圧が低下した場合は排気ブロワの回転数を下げ、過剰な排気を抑制することにより内圧を上げて正常な状態に回復させる。

## (2) 運転ブロックごとの制御

脱水乾燥設備は、連動運転工程、連動停止工程よりなる。なお、ユーティリティー設備については個別に運転停止を行う。中央または現場からの指令により、連動運転、連動停止する。以下に各工程での機器の主な動きを説明する。

### ① 連動起動

連動起動指令により、脱水系統、乾燥系統の機器が並行して順次起動する。図5-2に連動起動ブロックフローを示す。ここでは脱水系統と乾燥系統を分けて記載する。

#### 【 脱水系統 】

- a) 起動指令により脱水機、排水槽攪拌機が起動し、振分コンベヤが排水槽側へ送るラインである逆転にて起動する。
- b) 脱水機起動後に差速一定制御を開始し、所定の回転数・差速に到達後、無機凝集剤ポンプ（機内）が起動する。
- c) 汚泥供給ポンプ、高分子凝集剤ポンプ、無機凝集剤ポンプ（ライン）が起動し、脱水機への給泥、薬注比例制御、脱水汚泥含水率計測が開始される。
- d) 給泥開始後、脱水機差速のトルクが所定値に達するか、所定値に到達しなくても所定の時間が経過した時点で、脱水機差速のトルク一定制御が開始される。
- e) トルク一定制御が開始され、脱水汚泥含水率が規定値以下に到達した時点で起動は完了し、乾燥系統の昇温完了待ち状態となる。

#### 【 乾燥系統 】

- a) 起動指令により乾燥汚泥貯留ラインのコンベヤやロータリーバルブ、スクラバ、サイクロン廻りのヒーターが起動する。
- b) 排ガスブロワが起動する。
- c) 燃焼空気ブロワ、循環ブロワが起動し、乾燥機内圧力一定制御が開始される。
- d) 熱風炉着火準備として、選択された燃料の供給ラインが起動する。
- e) 熱風炉を着火し、昇温を開始する。
- f) 昇温完了により脱水汚泥の受入準備が完了する。

### ② 脱水汚泥供給

- a) 脱水系統準備完了および乾燥系統昇温完了の状態、脱水汚泥供給開始ボタンにて振分コンベヤが正転に切り替わり、乾燥機への脱水汚泥供給が開始される。
- b) 薬注率制御、切替制御が開始され、排水槽攪拌機はタイマーによる間欠運転となる。
- c) 熱風温度安定後、乾燥汚泥含水率による熱風温度フィードバック制御に切り替える。

### ③ 連動停止

連動停止指令により、脱水系統、乾燥系統の機器が並行して順次停止する。図5-3に連動停止ブロックフローを示す。起動時と同様、脱水系統と乾燥系統を分けて記載する。

#### 【 脱水系統 】

- a) 停止指令により汚泥供給ポンプ、高分子凝集剤供給ポンプ、無機凝集剤供給ポンプ（ライン）が停止する。所定時間経過後、無機凝集剤供給ポンプ（機内）が停止し、脱水機への供給が停止する。排水槽攪拌機が連続運転となる。
- b) トルクが所定値まで低下した後、脱水機の高速度洗浄運転を行う。
- c) 脱水機の低速洗浄を所定回数行う。
- d) 振分コンベヤ、排水槽攪拌機が停止する。

#### 【 乾燥系統 】

- a) 停止指令により振分コンベヤが逆転することで、乾燥機への脱水汚泥供給が停止する。
- b) 乾燥機の排出ゲートの開閉により、乾燥機内部の乾燥汚泥払出し運転を行う。
- c) 熱風炉を消火し、燃料供給ラインを停止する。
- d) プラズマ脱臭機（選択時）、排ガスブロワ、スクラバの順で排ガス処理の機器を停止する。
- e) 乾燥汚泥貯留ラインの機器を上流から下流の順に払出し停止する。
- f) 脱水系統の振分コンベヤ、排水槽攪拌機の停止とあわせ、停止完了となる。

#### 【 ユーティリティー設備起動／停止 】

該当するのは空気圧縮機と計装用空気槽のみである。空気圧縮機の運転は脱水乾燥設備の起動条件となるため、事前に単独で起動する。脱水乾燥設備停止時もページ空気等で使用するため、連動停止には含めず、単独で停止する。

#### 【 非常停止 】

非常停止ボタンにより、バーナーは即時消火、空気圧縮機を含め動力制御盤より電力供給される全ての電動機が停止し、ON-OFF 弁はそれぞれ安全側となるよう、個別に閉または開の状態となる。

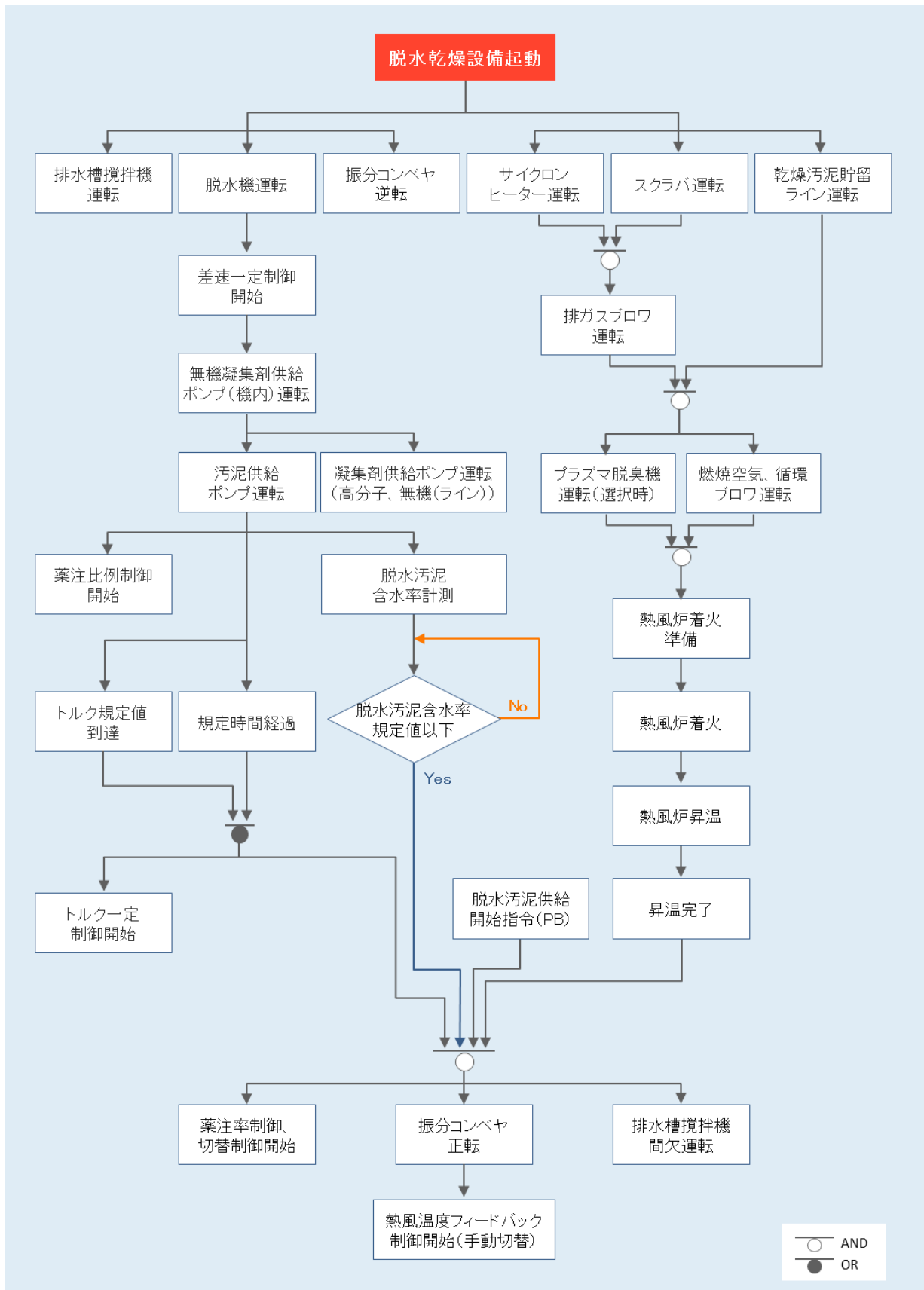


図 5-2 連動起動ブロックフロー

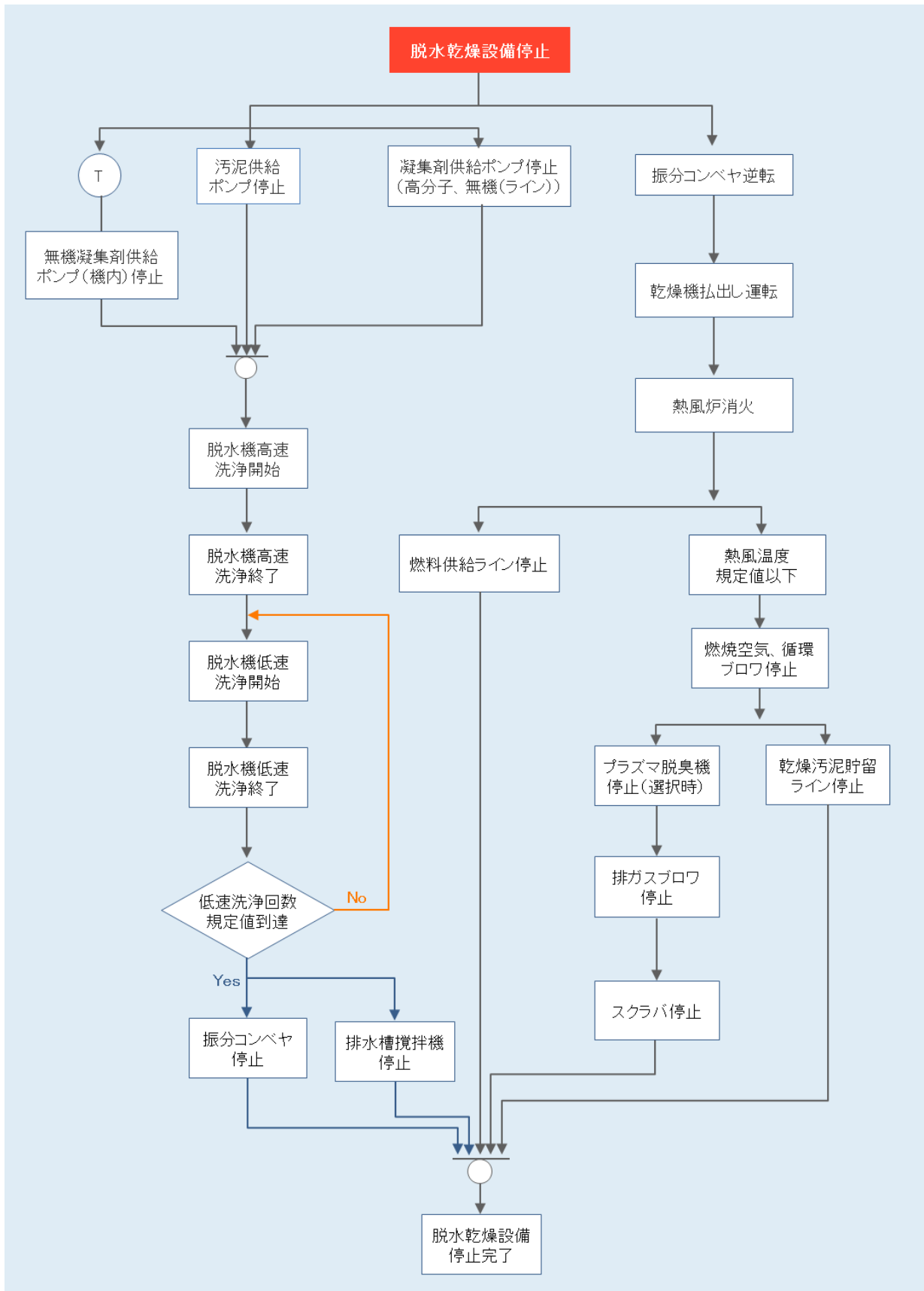


図 5-3 連動停止ブロックフロー

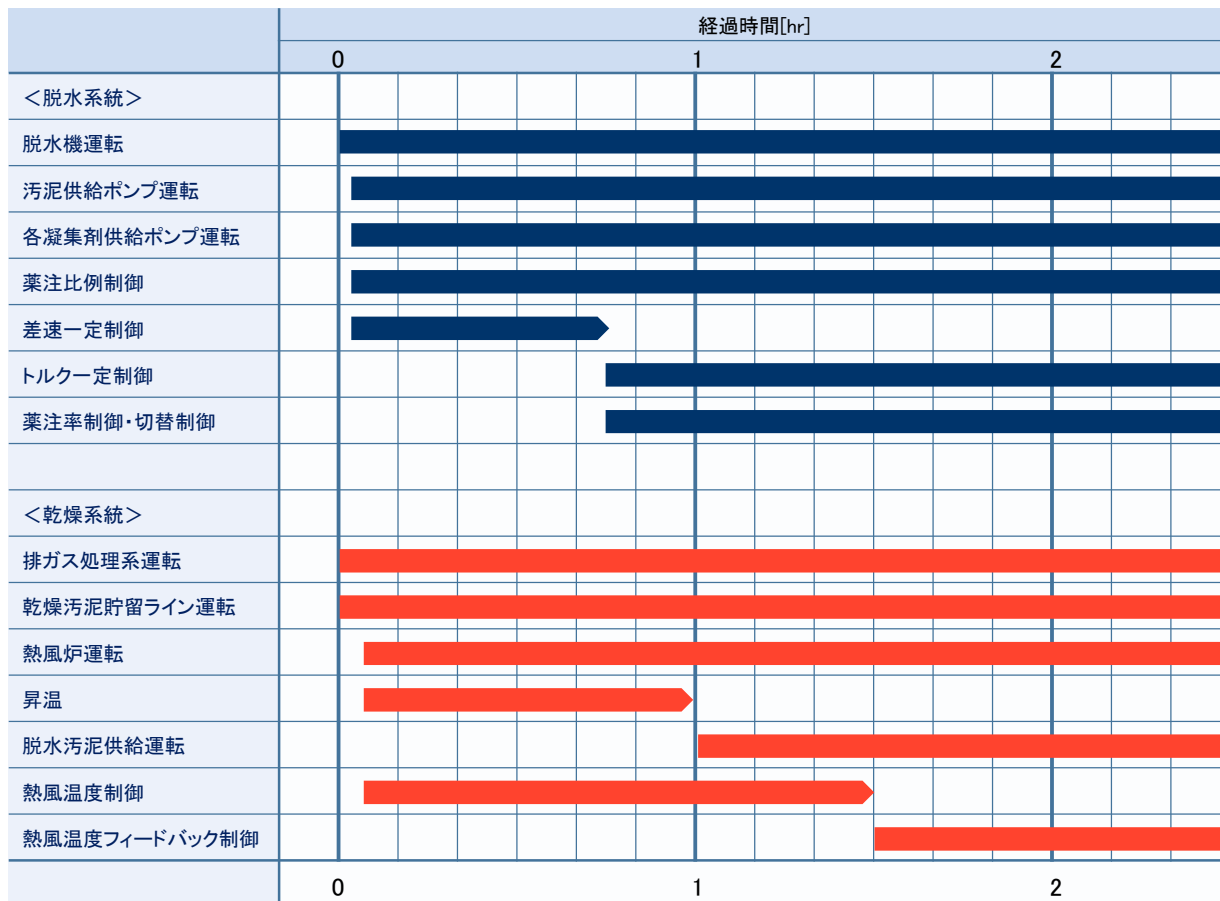


(3) タイムチャート

① 連動起動時

連動起動時の概略タイムチャートを表 5-1 に示す。

表 5-1 連動起動時概略タイムチャート



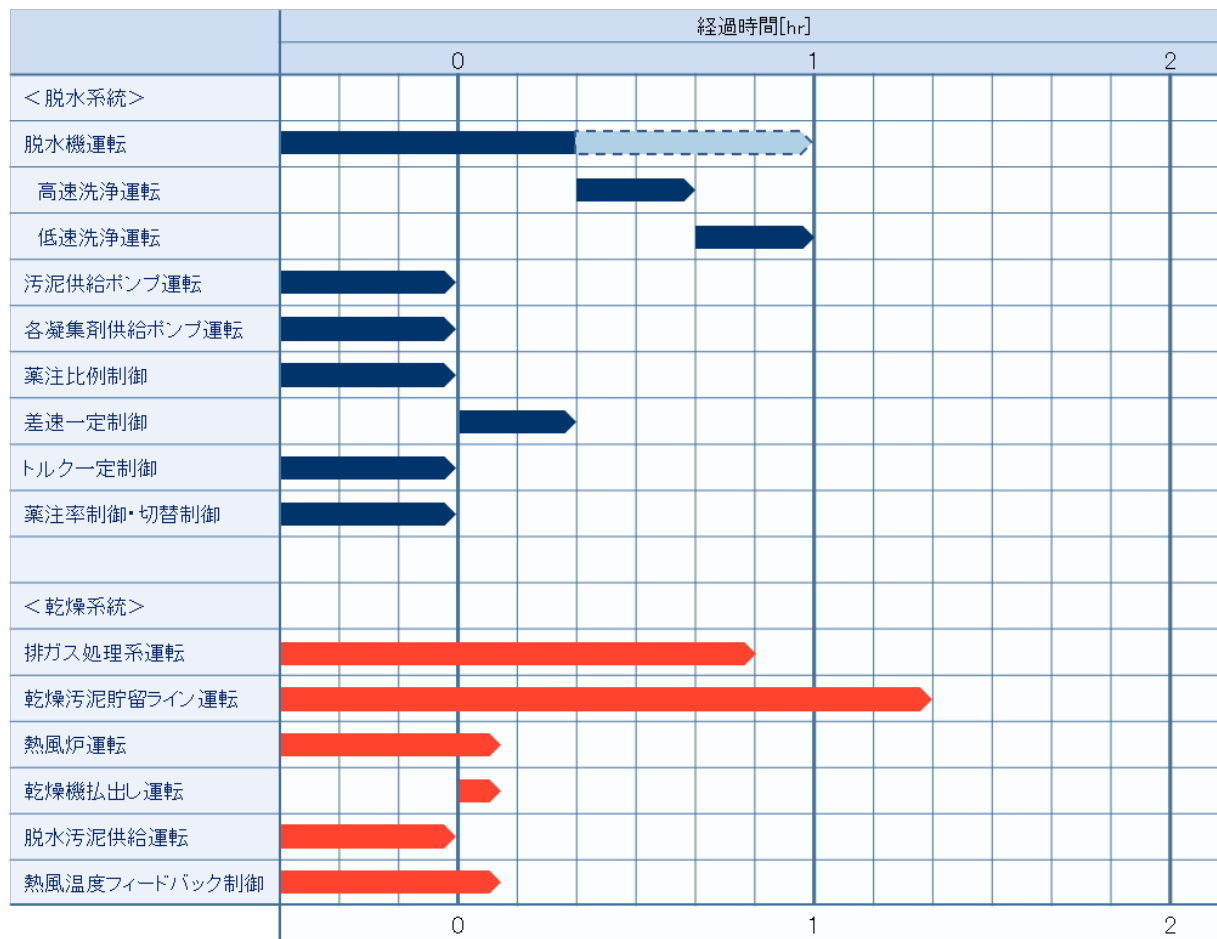
連動起動後、脱水機への供給は数分のうちに開始される。汚泥固形物濃度との薬注比例制御は汚泥供給開始直後からスタートする。差速一定制御にてトルク安定後にトルク一定制御に切り替わる。脱水機側での起動に要する時間は1時間弱を想定している。

乾燥系統では着火までに5分程度、昇温完了、脱水汚泥供給開始までに1時間程度を想定している。脱水汚泥供給直後は温度変化および乾燥汚泥含水率の変動が見込まれるため、熱風温度での管理とし、乾燥汚泥含水率の変動が小さくなってから、乾燥汚泥含水率による熱風温度フィードバック制御に切り替える。

② 連動停止時

連動停止時の概略タイムチャートを表 5-2 に示す。

表 5-2 連動停止時概略タイムチャート



連動停止指令にて脱水機への汚泥供給、凝集剤供給、乾燥機への脱水汚泥供給が停止する。

脱水機は、トルク一定制御から差速制御に切り替わり、払出し運転を行う。差速低下または一定時間経過にて高速洗浄運転となる。高速洗浄運転終了後、低速洗浄運転をし、停止までに約1時間を想定している。(洗浄工程は、駆動機が運転および停止を繰り返すので、表 5-2 では点線で表記)

乾燥系統は脱水汚泥供給停止後、乾燥機払出し運転を行い、終了後に熱風炉を消火する。排ガス処理系は熱風炉およびスクラバ循環水の降温の後、停止となる。乾燥汚泥貯留槽搬送ラインは各コンベヤ内の払出し運転終了後に停止となる。停止完了までに1時間から1時間半を想定している。

## § 28 運転管理項目

本技術の運転管理では、脱水乾燥設備に対して測定、分析及び解析を行い、適正な運転が行われていることを確認する。

### 【解 説】

運転管理は、設備の安定運転を維持するために運転中に実施するものであり、主要な項目を表5-3に示す。脱水補機設備、乾燥補機設備も含め、各機器の運転については自動制御されているため、アラーム警報時に該当値を確認する。

表 5-3 運転管理項目

	確認頻度	内容
脱水汚泥含水率測定	1回/週	含水率計の値の精度確認のため、分析した結果との確認を行う。
分離液濁度測定	1回/週	SS濃度計の精度確認のため、分析した結果との確認を行う。
乾燥汚泥含水率測定	1回/週	含水率計の精度確認のため、分析した結果との確認を行う。
脱水状況確認	異常時のみ	異常時のアラーム警報時に、カメラ画像を確認

なお、上記したように運転管理項目は非常に少なく、現場作業での作業負荷も軽いことから、日中は脱水乾燥設備の選任の運転員を配置した上で、夜間は中央監視室により他設備と兼任で対応することが可能である。

## 第2節 保守点検

### § 29 保守点検

本技術を長期間、適切な状態で維持するために、以下の点検整備を実施する。

- (1) 日常点検
- (2) 定期点検

#### 【解説】

日常点検及び定期点検は、設備を長期的に維持するために、機器ごとに規定の頻度で必要な項目に関し、停止中及び運転中に実施するものであり、主要な機器における点検リスト例を表 5-4 に示す。

なお、本技術を構成する機器のうち、本技術特有の熱風炉、円環式気流乾燥機、サイクロンについてのみ点検項目は示した。一方、遠心脱水機、各種ブロワ、ポンプ類は汎用設備であることから、『下水道維持管理指針』（日本下水道協会）や『低動力型高効率遠心脱水機技術マニュアル』（下水道新技術推進機構）を参照するものとする。

表 5-4 本施設の保守点検基準表（1/2）

点検対象	点検内容	定期		補修	判定基準/作業内容	備考
		日常	年度			
熱風炉	循環ガスに同伴され、熱風炉に乾燥汚泥が戻ってきている。	○			熱風炉出口側のサイトグラスより確認し、ダストが舞っていないかを見る。 サイクロンの閉塞、排出不良が疑われるため、停止後サイクロンの内部点検、閉塞の復旧を行う。	
	耐火材の脱落		○	△	定期点検時に耐火材の脱落がないかを確認し、必要に応じて部分補修を行う	耐火材の脱落時のみ補修
	バーナー着火不良	○			3回以上連続して着火しない。 火炎検出器の汚れ、故障。 点火プラグ先端の汚れ。 燃料の噴霧圧不良、燃料切れ。 改善されない場合はバーナーメーカーへ連絡する。 火炎検出器、点火プラグは定期点検時に点検し、必要に応じて交換する。	
	バーナー燃焼不良	○			炎が暗く、目視ですすが発生しているのが確認できる。 バーナー付近にカーボンの塊が付着しているのが確認できる。 燃焼空気量が適正か、確認する。 燃料の噴霧圧力が低下していないか確認する。 2 流体バーナーの場合は噴霧空気圧力が適正か確認する。 上記理由に当てはまらない、または対応後も改善が見られない場合はバーナーメーカーへ連絡する。	

○：通常実施する項目

△：不具合がみとめられたときのみ実施する項目

表 5-4 本施設の保守点検基準表（2/2）

点検対象	点検内容	定期		補修	判定基準/作業内容	備考
		日常	年度			
円環式気流乾燥機	乾燥機閉塞	○			排気が脱水汚泥供給部より逆流する。 停止後、内部清掃を行う。	
	乾燥汚泥漏れ、噴出し	○		3年毎	乾燥機周辺に乾燥汚泥がこぼれている。 振分コンベヤと乾燥機の継ぎ目のシールがされているか確認する。 連続的に乾燥汚泥がこぼれている場合は、乾燥機の穴あきが想定される。停止後保温を外し、穴あき部に当て板補修をする。	磨耗部位の交換
サイクロン	サイクロン閉塞、排出不良	○			サイクロン下の排出機より乾燥汚泥が排出されない。熱風炉に乾燥汚泥が戻っている。 排出機下のシュート閉塞を確認し、閉塞している場合は清掃して復旧、していない場合は排出機上が閉塞している。 排出機を停止した状態でサイクロン点検口より内部清掃。	
	本体磨耗		○	△	定期点検時に目視点検。必要に乗じて板厚測定を行う。 必要に応じ、磨耗部は当て板補修する。	
	排出機定期点検		○	3年毎	定期点検時にローター、掻き取り羽根の磨耗確認。必要に応じ磨耗部品、グランドパッキンの交換を行う。	

○：通常実施する項目

△：不具合がみとめられたときのみ実施する項目

### 第3節 緊急時等の対応

#### § 30 トラブル時の対応

脱水乾燥設備の運転中のトラブルとその対策を下記に示す。

#### 【解 説】

表 5-5 に、脱水乾燥設備の運転中のトラブルとその対策を下記に示す。

表 5-5 トラブル対策

トラブル内容	原因	対策
遠心脱水機の振動値が上昇	回転体に汚泥が固着し、バランスが崩れている。	脱水機を停止し、通常の停止工程にて自動洗浄を行う。また、振動異常高で停止した場合は強制排出モードにより内部汚泥を排出した上で、洗浄工程を行う。
通常運転時に遠心脱水機のベアリング温度が上昇	グリースが古いもしくは量が適切でなく、潤滑機能が低下している。	所定の品番及び量のグリースを注入する。
グリース注入後に遠心脱水機のベアリング温度が上昇	新しいグリースが多量に注入されたことでベアリング内部の回転抵抗が上昇している。	低速洗浄を行うなど新しいグリースの慣らし運転を行う。また、一度に注入する量を制限し、温度を確認して段階的に注入するなどの措置を行う。
熱風温度の上限温度で運転されているが、乾燥汚泥含水率が設定値より高い	脱水汚泥含水率が高く、蒸発水分量負荷が過大となっている。	汚泥処理量、対象汚泥の性状、調質条件などの検討
	脱水汚泥の形状が塊状であり、乾燥効率が悪化している。	脱水機の運転条件（トルク設定、遠心力）の検討
熱風温度の下限温度で運転されているが、乾燥汚泥含水率が設定値より低い	脱水汚泥含水率が高く、蒸発水分量負荷が過少となっている。	汚泥処理量の検討 注) 乾燥汚泥貯留槽で異常発熱していないか確認を行う。
排気ブロワが上限回転数で運転されているが、乾燥機内圧が設定値より高い	脱水汚泥の形状が塊状である、もしくは機内に付着することでガスの循環流が乱れている。	脱水汚泥の含水率及び形状の確認 乾燥機内部の点検
排水中の SS 濃度が高い	脱水機における SS 回収率が悪化している。	汚泥処理量、対象汚泥の性状、調質条件などの検討 脱水機の運転条件（トルク設定、遠心力）の検討

**§ 31 緊急時の対応**

緊急時に本システムを安全に停止するための対応と対策を示す。

**【解説】****(1) 停電発生時**

停電発生時には全ての機器が停止し、燃焼などもすぐに停止するが、振分コンベヤを介して排水槽側が開放となっているため、系内が加圧されることはなく、安全に停止が可能である。

ただし、脱水機内部に脱水汚泥が残ったまま停止するため、運転操作マニュアルに従い、機内強制排出運転を行い、汚泥を排出する必要がある。

一方、乾燥機やダクト内部には乾燥汚泥が残留しているが、復電後に乾燥汚泥排出機、排気ブロワ、循環ブロワを運転することで、機内の汚泥は排出することができる。

**(2) 地震発生時**

地震発生時は運転員の判断による非常停止か感震装置により停止工程に入る。この場合、停電を伴わない場合は通常の停止工程で停止することが可能であり、次の起動は通常通りの運転が可能である。一方、地震発生により停電が発生した場合は、基本的には(1)停電発生時と同様である。

**(3) 脱水機側の重故障停止**

脱水機側の駆動系その他のトラブルで重故障停止した場合は、所定の工程により停止され、乾燥機側への汚泥供給は停止され、乾燥機排ガス温度が上昇し、上限の警報設定値となった時点で、バーナーが消火され、安全に停止することが可能である。ただし、脱水機側のトラブルについては運転操作マニュアルに従い、原因を究明した上で復旧措置を講じる必要がある。

なお、脱水機の復旧に時間を要する場合は、乾燥機側も停止するのが望ましい。

**(4) 乾燥機側の重故障停止**

乾燥機側のブロワその他のトラブルで重故障停止した場合は、脱水汚泥の供給が即座に停止され、所定の工程により乾燥機側の停止が行われ、脱水機の運転は継続される。ただし、乾燥機側のトラブルについては運転操作マニュアルに従い、原因を究明した上で復旧措置を講じる必要がある。なお、乾燥機の復旧に時間を要する場合は、脱水機側も停止するのが望ましい。