第５章　維　持　管　理

第１節　水熱処理設備の維持管理

§37　水熱処理設備の運転管理

水熱処理設備は，下記プロセスから構成される。各々の運転方法，運転管理項目を示す。

（1）プレ脱水工程

（2）水熱処理工程

【解　説】

（1）プレ脱水工程

1）運転方法

混合汚泥量および，汚泥性状に応じたポンプ，投入薬品量を調整する。また，混合汚泥の温度管理を行う。

2）運転管理項目

原料受け入れから，水熱反応器前までの運転管理項目を**表 5-1** に示す。

基本的に自動管理によって流量などの設定値を維持するよう制御する。管理員は制御画面を確認し，流量，圧力，温度等，異常値が発生していないかを管理する。異常値が見受けられた場合，清掃等の対策を講ずる。

また，水熱反応器での省エネを図るため，水熱反応器から排出される分解液（180℃）の冷却媒体に混合汚泥を用いて混合汚泥を事前に昇温している。この熱交換は，熱回収ヒータ，混合汚泥ヒータの２段で行っているが，２段目出口の混合汚泥温度が高温となり，分子凝集剤の効果が減少しないよう管理することが重要となる。

表 5-1　プレ脱水工程　運転管理項目

設備名称	管理項目	管理方法	備考
初沈引抜タンク	受入れ量/払出し量	液面計・ＤＣＳによる自動管理	バッチ管理
	受入れ時間/払出し時間	液面計・ＤＣＳによる自動管理	バッチ管理
初沈粉砕ポンプ	粉砕循環流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
	シール水流量	現場パトロールによる管理	
初沈移送ポンプ （原則、既設転用）	移送流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
混合汚泥貯留槽 （原則、既設転用）	余剰汚泥受入れ量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
混合汚泥供給ポンプ （原則、既設転用）	供給流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
熱回収ヒータ	原料汚泥入口/出口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	分解液入口/出口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	分解液工程
	総括伝熱係数	ＤＣＳによる自動演算	
混合汚泥ヒータ	原料汚泥入口/出口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	ミックス蒸気入口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	総括伝熱係数	ＤＣＳによる自動演算	
凝集分離タンク	フロック状態	現場パトロールによる管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水機	プレ脱水状態	現場パトロールによる管理	
	プレ脱水スラリ含水率	水分計による定期測定	
	プレ脱水ろ液固形分回収率	SS分析値からの演算	
	ローター/スクリーン電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水スラリタンク	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水ろ液タンク	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水ろ液ポンプ	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水ろ液 スクリーン	入口/出口の差圧管理	圧力計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
リンズ水タンク	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
リンズ水ポンプ	リンズ水流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	

（２）水熱処理工程

１）運転方法

①処理量変動に対する対応

水熱反応器は経時的なスケール成長を抑制するため，**図 5-1** に示すようにローテーション予備基を設置して運転中の清掃が行えるように設計されている（後述③項参照)。また，１基当たりの能力をプラント全体の定格能力の 25〜33.3%とすることで，１基毎の負荷率と稼働基数を組み合わせることで，幅広い負荷変動に追従できるようにしている。

図 5-1 の左図の例では，通常３基運転で 75〜100%の負荷変動に追従させることができるが，100%を超える負荷が発生した場合は緊急的に予備基を稼働させることで最大 133.3%まで能力を上げることができる（**図 5-2 左図**)。逆に負荷が低い場合は，稼働中の１基のみに水運転を挟むことで，66〜75%の範囲をカバーし（**図 5-2 右図**)，66%を下回る低負荷の場合は１基停止させて２基稼働にする。このように稼働基数を調整すれば，0〜133%までの負荷変動に追従できる。

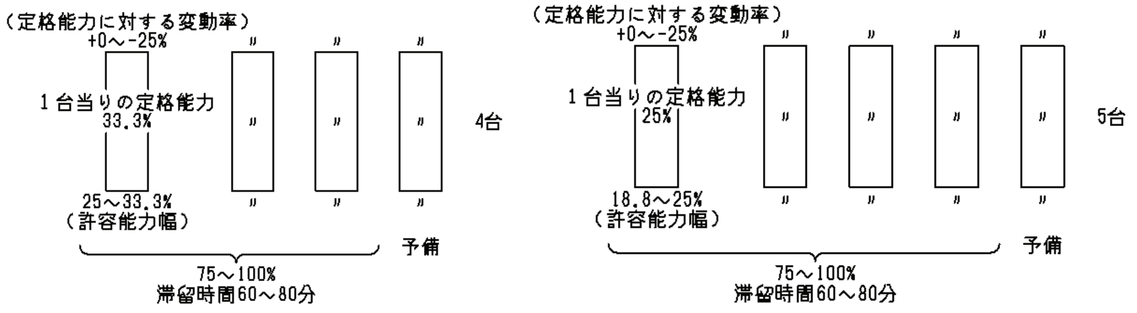
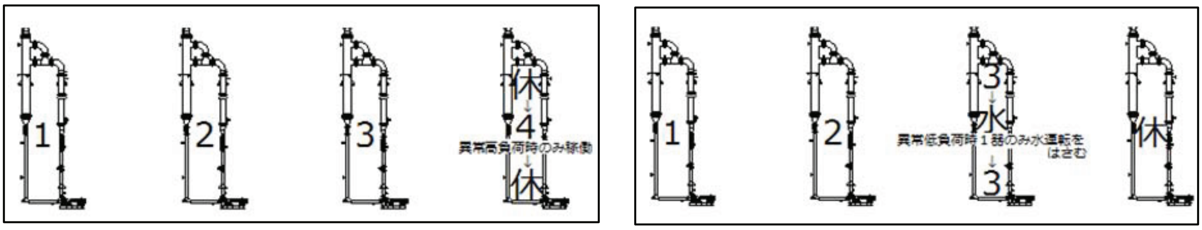


図 5-1　水熱反応器の設置例（左図：４基設置，右図：５基設置）



左図：100%を超える高負荷時　　　右図：75%を下回る低負荷時

図 5-2　負荷変動追従の例

②水運転とローテーション管理

①項で記載したように，水熱反応器はスケールの成長を抑制するため，固定した反応器を長期で連続稼働させることは好ましくない。よって，稼働する反応器は7～10 日間毎にローテーションを行い，30 日間程度稼働の度に7～10 日間運転停止する（図 5-3)。

また稼働中の反応器も，ローテーションのタイミングで２時間程度の水運転を行うことで，内部の置換洗浄を行い，スケールの成長抑制を図る。停止中の反応器は，内部の全ブロー清掃を行うが，また能力低下の程度に応じ，薬液洗浄や開放清掃を実施する場合もある。

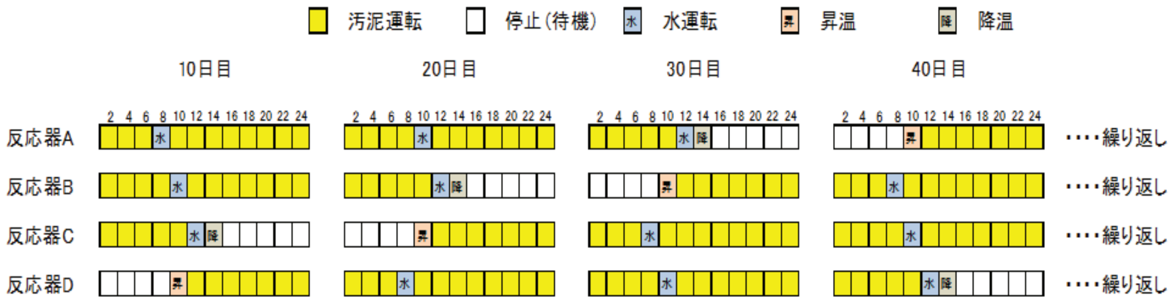


図 5-3　水運転とローテーション管理図（４基設置，３基稼働の例）

③水熱反応器メンテナンス，性能検査時の対応

水熱反応器は「ボイラー及び圧力容器安全規則」の適用機器であるため，毎年性能検査を受検する必要がある。この場合約５日間程度の検査定修を必要とするが，その際に発生する汚泥は濃縮汚泥貯留槽，プレ濃縮汚泥貯留槽を空にして貯留し，性能検査終了後に対応する。そのため汚泥発生量の少ない夏季に実施することが望ましい。

水熱反応器の台数が多い場合は，水熱反応器の検査定修時期をずらすことで連続稼働することができる。

２）運転管理項目

水熱処理工程の運転管理項目を表 5-2 に示す。

基本的に自動管理によって流量などの設定値を維持するよう制御する。管理員は制御画面を確認し，流量，圧力，温度等，異常値が発生していないかを管理する。異常値が見受けられた場合，相応の対策を講ずる。

水熱反応器は，容積式ポンプによって連続押込み投入を行いながら，同時に水熱反応器圧力と分解液フラッシュドラムとの圧力差を利用して連続抜出しを行う。よって，ほぼ密閉容器と見なすことができ，内部の水は飽和水（沸点の水）＋飽和蒸気の状態，若しくは，若干の過飽和状態（飽和圧力より圧力高の状態）にある。そのため，スタートアップ時のように内部が水だけの状態にある時は，温度と圧力の関係が，ほぼ飽和蒸気表に近い値となるが，汚泥運転に切り替わると有機物の分解によって生成した蒸気圧を持つ物質が混在するようになるため，その分圧分が加算された成行きの圧力となる。よって容器の設計圧力に対する安全管理上の監視は行うが，通常運転時（正常な状態）の管理に圧力は含まれない。

表 5-2　水熱処理工程　運転管理項目

設備名称	管理項目	管理方法	備考
プレ脱水スラリポンプ	プレ脱水スラリ流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水ろ液 押込みポンプ	プレ脱水ろ液流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
プレ脱水ろ液ヒータ	原料汚泥入口/出口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	ミックス蒸気入口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	総括伝熱係数	ＤＣＳによる自動演算	
水熱反応器 （加熱器）	入口/出口温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
	蒸気弁開度	ＤＣＳによる自動管理	
	総括伝熱係数	ＤＣＳによる自動演算	
水熱反応器 （気液分離器）	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
	圧力	圧力計・ＤＣＳによる自動管理	
	液抜出し弁開度	ＤＣＳによる自動管理	
反応器循環ポンプ	循環流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
	シール水流量	現場パトロールによる管理	
分解液 フラッシュドラム	液面高さ	液面計・ＤＣＳによる自動管理	
	圧力	圧力計・ＤＣＳによる自動管理	
	圧力調整弁の開度	ＤＣＳによる自動管理	
	内部温度	温度計・ＤＣＳによる自動管理	
分解液移送ポンプ	分解液流量	流量計・ＤＣＳによる自動管理	
	流量調整弁開度	ＤＣＳによる自動管理	
	電流値	電流計・ＤＣＳによる自動管理	
ミックス蒸気ヘッダ	圧力	圧力計・ＤＣＳによる自動管理	
	バックアップ蒸気弁の開度	ＤＣＳによる自動管理	

§38　水熱処理設備の保守点検

水熱処理設備の性能を維持していくため，下記の保守点検を行う。

（１）法定点検

（２）定期計画保全

（３）日常点検

【解　説】

（１）法定点検

水熱反応器，分解液フラッシュドラム，１MPaG を超える蒸気を発生する蒸気ボイラおよび，廃熱ボイラ，クローズドドレン回収系の有圧タンクは，「ボイラー及び圧力容器安全規則」の適用機器であるため，検査証の有効期間（原則１年）を更新するために，毎年性能検査を受検する。

性能検査は，機器の健全性を確認するためのものであるため，機器を停止させ，冷却し，清掃した状態で受検しなければならない。水熱反応器や分解液フラッシュドラムは，このタイミングで清掃を行い能力回復も同時に図る。

（２）定期計画保全

１）設備重要度の設定

個別機器，個別計器毎に，プラント全体に与える影響度や，災害発生時の被害想定度を定量的に評価し，重要度Ⅰ～Ⅲの３段階に分類する。

重要度Ⅰ・・・ア）設備トラブルがプラントの停止に直結する設備
　　　　　　　イ）災害発生時の被害想定度が甚大
　　　　　　　ウ）復旧に長期間を要する
　　　　　　　例）ボイラ設備，脱水設備

重要度Ⅱ・・・ア）設備トラブルがプラントのロードダウンに直結する設備
　　　　　　　イ）災害発生時の被害想定度が高い
　　　　　　　ウ）復旧に中期間を要する
　　　　　　　例）反応器等の熱交換器類

重要度Ⅲ・・・ア）設備トラブルがプラントの操業に直接影響を及ぼさない設備
　　　　　　　イ）災害発生時の被害想定度が低い
　　　　　　　ウ）復旧に短期間を要する
　　　　　　　例）ポンプ類

この内，定期計画保全の対象設備は重要度Ⅰ，重要度Ⅱのみで，重要度Ⅲの設備については事後保全（ＢＭ保全）とする。

２）保全項目の抽出と周期設定

個別機器毎に保全項目を抽出し，劣化・消耗による交換周期や清掃整備周期を定める（これを設備保全管理台帳と称する）。

定期計画保全を計画する際は，設備保全管理台帳を基に立案し，これに現状の機器の状態を勘案して最終決定する。

また，定期計画保全を行った後は，点検結果状況を評価し，定められた点検周期が適切であったか否かを評価する。また，設備保全管理台帳に履歴を残すと同時に，周期や保全項目の見直しを行わなければならない。

性能検査を受検するためには最低でも５日間程度のプラント停止が必要となるため，この時期を利用して法対応機器以外の機器も定期計画保全を行う。対象となるのはプレ脱水機，ポンプ類，熱交換器類，フィルター・ストレーナー類，攪拌機，その他付属品・計器類である。保全形態は周期を定めた予防保全を原則とする。主な保全項目は，清掃（スケールの除去），消耗品の交換，潤滑油等の交換等であり，機器毎，部位毎の点検項目や点検周期を定めた設備保全管理台帳を基に実施する。

（３）日常点検

日常点検は，年単位以下の周期で行うもので，原則プラントの運転中に行う。主な点検項目は，潤滑油やグリスの給油・給脂，並びに異常兆候（微少漏れ，異音，振動）の有無確認である。

尚，異常兆候を確認した場合は，**図 5-4** に示すアクションプログラムに則って判断および措置を行う必要があり，特にプラントの操業に影響を及ぼす重要度Ⅰ並びに重要度Ⅱの設備については，都度，設備保全管理台帳見直し要否の検討を行う。また，経過観察や応急措置を施したままにしている設備については，次回の計画停止工事（ＳＤＭ計画）に確実に反映させることが重要である。

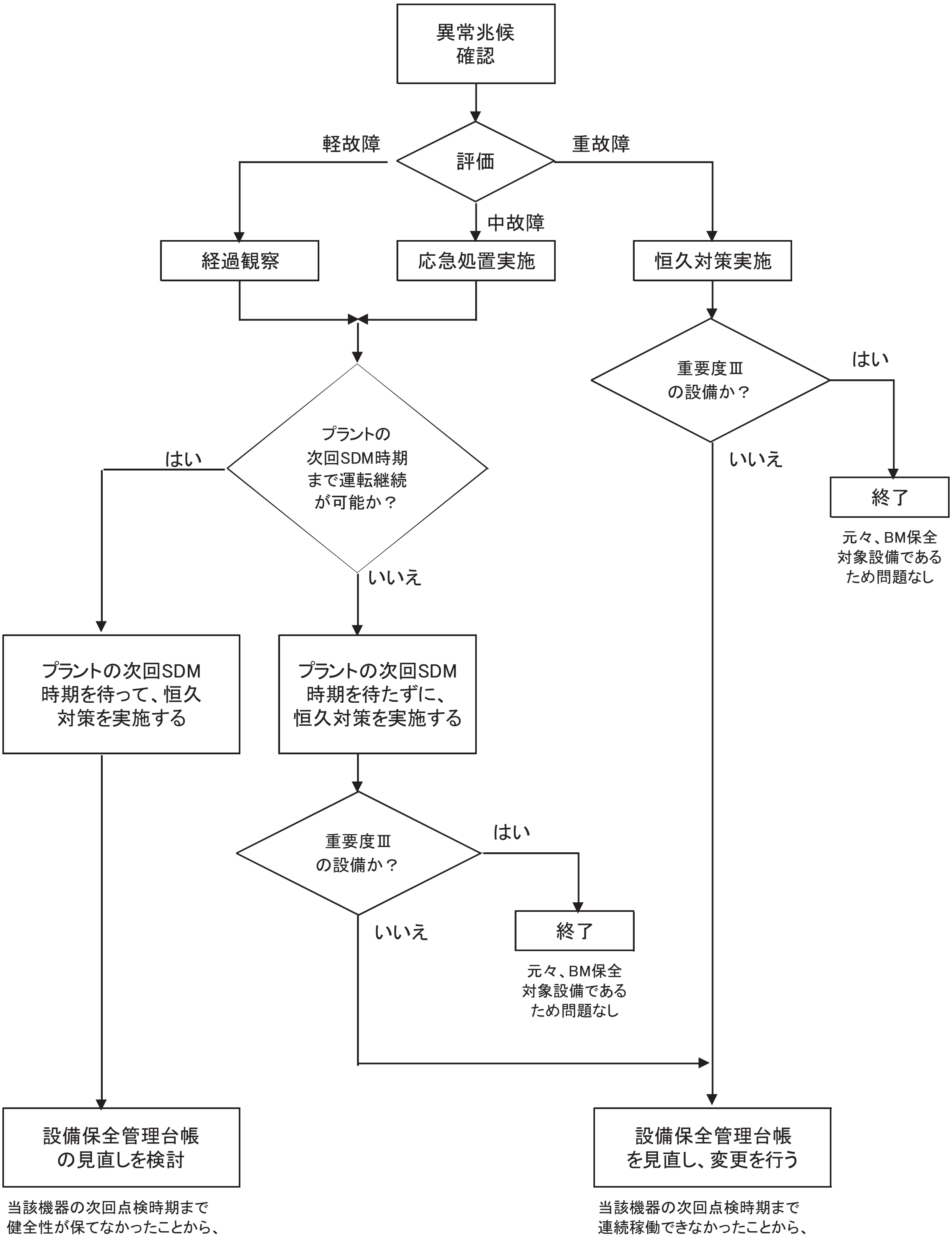


図 5-4　日常保全で異常兆候を観察・発見した際のアクションプログラム

第２節　消化設備の維持管理

§39　消化設備の運転管理

消化設備の運転管理は，次の２つの事項について行う。

（1）担体式高温消化槽の運転管理

（2）消化ガス系統の運転管理

【解　説】

（1）担体式高温消化槽の運転管理

通常の運転で管理する項目は，簡易的に行う日常管理と，非日常的に行う管理（非定常管理）である。管理項目については下記のとおりである。

1）日常管理

自動計測される①～②，定期分析項目である③について，正常値であるか確認管理を行い，異常時は適時適切な対応を行う。

①消化原料投入量

消化原料は水熱処理された分解液とプレ脱水ろ液の全量である。消化槽投入量，滞留日数および希釈倍率を管理し，通常時と大きな変動がないことを確認する。気象状況により濃縮汚泥濃度が薄く，希釈倍率が設定値よりも大きく逸脱する場合は，滞留日数が５日以下になる可能性があるので，プレ脱水ろ液を直接水処理系へ返送する。

消化原料投入量：W_1（m^3/日）

$W_1 = \alpha + \beta$

内　訳：水熱反応分解液投入量　　：　α（m^3/日）

希釈用プレ脱水ろ液投入量　：　β（m^3/日）

確認１：滞留日数（HRT）$= V/W_1 > 5$ 日以上

ここで，V：消化槽有効容積（m^3）

確認２：見掛け希釈倍率 $\varepsilon = W_1/\alpha$ ＞ 設定値

②温度

常時自動計測されている消化槽内温度が，適正温度の範囲内であることを確認する（本実証試験では55±1℃）。投入する消化原料の保有熱量で消化槽温度を55℃に制御するため，加温システムの導入と制御は必要ない。ただし，夏場など消化槽内温度が異常に上がる場合は，冷却水による間接冷却を行う必要がある。

③消化液 pH

pH を毎日測定し，適正値であるかを確認する（本実証試験では概ね 7.8 前後）。6.8～8.3 の範囲を外れる場合，適宜 pH 調整を行う必要がある。

２）非定常管理

定期的な分析および日常管理にて異常を検知した場合において分析を行う（本実証試験の頻度は，１回／2 週）。有機酸濃度およびMアルカリ度の分析結果から消化槽状態を判定し，下記の通り運転調整する。

①有機酸濃度（VFA）　：　1，000 以下（mg/L）

②Mアルカリ度（TAK）　：　3，700～3，800（mg/L）

③消化槽状態指標

酢酸換算有機酸当量/Mアルカリ度当量	≦	0.3	正常状態
		0.3～0.6	要注意状態
	≧	0.6	危険状態

危険状態ではガス発生量や pH を注意深く監視し，改善が見られないようであれば，消化原料投入量を減じて負荷を下げる等の対策を講ずる。再稼働時は，菌体の活性が低下しているため，低負荷（50%程度）から馴養する。負荷ダウンしても改善が見られない場合や，再馴養時に異常を感じた場合は，微量金属を添加して菌体の活性を増加させる。

（２）消化ガス系統の運転管理

消化ガス発生量について，正常値であるか確認管理を行い，通常時と大きく逸脱する場合は適時適切な対応を行う。また，二酸化炭素，硫化水素の濃度を適時測定し，適正な組成かを把握する（本実証試験では週１回程度）。脱硫装置出口における硫化水素濃度が 10ppm を超えた場合は，速やかに予備脱硫塔に切り替えて脱硫材の交換を行う。

§40　消化設備の保守点検

消化設備の性能を維持していくため，下記の保守点検を行う。

（1）日常点検

（2）計画停止保全

【解　説】

（1）日常点検

消化設備を構成する機器を日常的に点検することにより各機器の故障予兆を予測することができる。各種機器の基本的な日常点検については，§38（3）項に準じる。

（2）計画停止保全

1）担体式高温消化槽

本技術の消化槽自体は，日常運転，日常点検で異常が観察されなければ，特に計画停止保全を行うことなく継続的に運転を行う。消化汚泥の流出配管は冗長化している。MAP 析出により閉塞した場合は予備配管に切替え，閉塞管の清掃を行う。

プラント全体が水熱反応器の性能検査期間で停止している場合でも，消化槽は停止することなく液循環を継続させ，系内の流動状態の維持に努める。

2）その他機器

水熱反応器の性能検査に伴うプラント停止期間を利用して法対応機器以外の機器も定期計画保全を行う。対象となるのは，ポンプ類，熱交換器類，脱硫塔，消化汚泥貯留槽，撹拌機，その他付属品・計器類である。保全形態は周期を定めた予防保全を原則とする。主な保全項目は，清掃（ＭＡＰやスケールの除去），消耗品の交換，潤滑油等の交換等であり，機器毎，部位毎の点検項目や点検周期を定めた設備保全管理台帳を基に実施する。

第３節　固形燃料化設備の維持管理

§41　固形燃料化設備の運転管理

固形燃料化設備は，下記のプロセスから構成される。

（1）脱水工程

（2）乾燥工程

【解　説】

（1）脱水工程

本技術では，下水処理場の既存脱水機を用いることを原則とする。通常の運転で管理する項目は下記の通りである。この値になるように運転員が調整し管理する。

1）消化汚泥供給量：W_2（m^3/hr）

2）同 TS 濃度：λ（mg/L）

3）ポリ硫酸第二鉄添加量：ω_f（m^3/hr）

$\omega_f =（W_2 \times \lambda /1000 \times \tau /100）/ \rho$

ここで，τ：ポリ硫酸第二鉄（液ベース）の添加率（%）

ρ：ポリ硫酸第二鉄の液密度（kg/m^3）

4）高分子凝集剤添加量：ω_p（m^3/hr）

$\omega_p =（W_2 \times \lambda /1000 \times \theta /100）/（\phi /100）$

ここで，θ：高分子凝集剤（粉ベース）の添加率（%）

ϕ：高分子凝集剤水溶液濃度（%）

5）脱水汚泥含水率：ϕ_1

脱水汚泥の含水率は，毎日の定時パトロール時（4 回/日）に測定することが好ましい。

目標とする含水率との乖離が大きい時は，1）～4）ならびに，脱水機の調整機構を確認して調整する。

（2）乾燥工程

運転管理項目は下記の通りである。１）～３）の自動計測値について，正常値であるか確認管理を行い，通常時の値から逸脱する場合は適時適切な対応を行う。目標とする含水率との乖離が大きい時は，１）～３）ならびに，乾燥機の調整機構を確認して調整する。

具体的な原因として，排気側に微粉ダストが同伴されて排気配管，サイクロン，凝縮器の閉塞などが想定され，キャリア空気の風量ダウン，凝縮能力不足の原因となるため，維持管理作業員は点検を行い，必要に応じて微粉ダストを取り除く。

１）脱水汚泥切出し装置電動機インバータ周波数：κ（Ｈｚ）

インバータ制御により設定値の脱水汚泥を定量切出しする。

２）加熱蒸気圧力：Ｐ（MPaG）

蒸気量が不足していなければ，常に圧力（＝温度）は安定している。

３）乾燥機内部温度：ｔ（℃）

４）乾燥機出口含水率：ϕ_2

固形燃料の含水率は，毎日の定時パトロール時に測定する（本実証では4回/日）。固形燃料の過乾燥等による火災が発生しないよう適切な含水率になるよう調整する。

§42　固形燃料化設備の保守点検

固形燃料化設備の性能を維持していくため，下記の保守点検を行う。
（1）脱水設備
（2）乾燥設備

【解　説】

（1）脱水設備

1）日常点検

日常点検については，§38（3）項に準じる。

2）計画停止保全

計画停止保全については，§38（2）項に準じる。

（2）乾燥設備

1）日常点検

日常点検については，§38（3）項に準じる。

2）計画停止保全

計画停止保全については，§38（2）項に準じる。

乾燥機のローターや，本体胴の底部は摩耗減肉が進行する部位であるため，貫通すれば何れも蒸気漏れを引き起こして運転が継続できない。よって，計画停止保全時には清掃の上，当該部位の目視点検や超音波肉測計を用いた板厚測定を実施し，減肉程度を把握する。

第４節　災害時の対応・対策

§43　災害時の対応・対策

本技術で想定される災害を抽出し，対応・対策を記載する。

（１）固形燃料保管時の発火防止

（２）火災・爆発

（３）熱傷

（４）薬傷

（５）ガス中毒，酸素欠乏

【解　説】

（１）固形燃料保管時の発火防止

試験および分析を行い，発熱特性を把握したうえで，運搬・貯蔵する際の水分管理，温度管理，可燃性ガス濃度管理および貯蔵期間遵守等の対策を施す。その他条件が違うなど，場合によっては酸化による発熱の危険性があるため各自治体の消防と協議のうえ，適切な対策を講ずる。本実証において発熱特性を分析しており，これを踏まえた個別の検討が必要となる。

（２）火災・爆発

本技術では，可燃性ガスとして，LPG，消化ガス（メタン）を取り扱っており，これらが漏洩，滞留して空気中の酸素と爆鳴気を形成し，そこに着火源があれば火災・爆発に至る。

火災・爆発の対策として，可燃性検知器の設置（LPG 用，メタン用），常時強制換気，周囲での火気使用を厳禁する等の実施を行う。

（３）熱傷

本技術では，蒸気系，蒸気凝縮ドレン系，水熱反応系（プロセス側）が大気圧下における水の沸点（100℃）を超える高温高圧系であるため，漏洩すれば減圧フラッシュして高温の蒸気を吹き出すことになる。水熱反応系の高温高圧部フランジはトルク管理によってボルト締結を行い，漏洩を防ぐ。

（４）薬傷

本技術では，薬傷を生じる化学物質として，薬液洗浄脱臭薬品（苛性ソーダ，硫酸，次亜塩素酸ソーダ）と，ポリ硫酸第二鉄を使用する。薬傷は基本的に被液しなければ被災しないため，これらの薬品を取り扱う時は，指定保護具の着用を義務付ける。

（5）ガス中毒・酸素欠乏

本技術では，脱硫前消化ガスに高濃度の硫化水素が含まれているため，当該部の検知管作業時に硫化水素中毒に陥る危険性がある。よって，当該作業時は，硫化水素用の防毒マスク着用を義務付ける。

また，非定常作業としてタンク内等へ入槽するような作業が発生した場合は，労働安全衛生法や「化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン（厚生労働省発行）」に準拠して作業準備（液抜き，ガス抜き，置換，換気，酸素濃度測定等），作業（監視人配置，換気継続）を行う。