

## 第5章 維持管理

### 第1節 運転管理

#### § 29 導入効果をもつる運転管理の要点

本技術の導入効果をもつるためには、以下の点に留意して運転管理を行うことが望ましい。

- (1) 汚泥性状変化への対応
- (2) 汚泥貯留の有効活用
- (3) 負荷率および稼働率の調整

#### 【解説】

##### (1) 汚泥性状変化への対応

流入下水の変動、雨水の影響、水処理系の運転状況等によって発生する汚泥の性状は時々刻々と変化する。つまり、濃縮汚泥濃度等の汚泥性状の変化により、所要の含水率を達成するための脱水条件（遠心力や薬注率等）が変化する。また、流入水の性状および水処理条件に依存し、脱水設備では本質的にコントロールできない汚泥中の固形分が持つ熱量が、燃焼設備の補助燃料消費量に大きな影響を与える。本システムは、このような汚泥性状の変化に対応して、脱水設備の自律運転機能、およびシステムの連携・自動最適化機能らの働きによって、そういった汚泥性状の変化に追従した運転が可能である。

しかし、遠心力および、薬注率を増加させれば脱水汚泥の含水率が低減されるという基本的な因果関係と、一定の汚泥性状変化範囲を前提にしてシステムを構築しているため、雨水の影響を強く受ける場合や、清掃等による一時的な異常性状汚泥の発生等により、これらの因果関係が通常と大きく異なる場合や、設計範囲を超えた性状の汚泥が流入する場合には、その都度、制御システムの各種パラメータを調整することが不可欠である。なお、その際にはシステムに運転条件の決定を全て任せるのではなく、システムのパフォーマンス（瞬時の運転費用や温室効果ガス排出量の増減）の監視を継続し、必要となれば適宜人的操作を加えて運転することが望ましい。

##### (2) 汚泥貯留の有効活用

本システムをより効率的に運転するためには、濃縮汚泥および脱水汚泥の貯留を活用して、システムの負荷率を上げて運転することが望ましい。ただし、貯留を行う場合には、濃縮汚泥の貯留を優先し、脱水汚泥の貯留は、脱水設備と燃焼設備の間の通過時間を最小化する観点から濃縮汚泥の貯留で対応しきれない場合に限ると良い。脱水汚泥の貯留量を大きくしたまま運転を継続すると、燃焼設備の運転状態が脱水条件に反映される時間が遅れ、連携・最適化機能の発現に時間がかかるようになる。

##### (3) 負荷率および稼働率の調整

負荷率と同様に、稼働率もトータルの維持管理費用等への影響が大きい。さらに、稼働率が高くとともに、頻繁に保温運転を挟むような条件においては、保温時の燃料消費、起動時の燃料消費が嵩む

ため、負荷率調整と図 5-1 に示したトレードオフ現象を踏まえて逐次調整することが重要である。

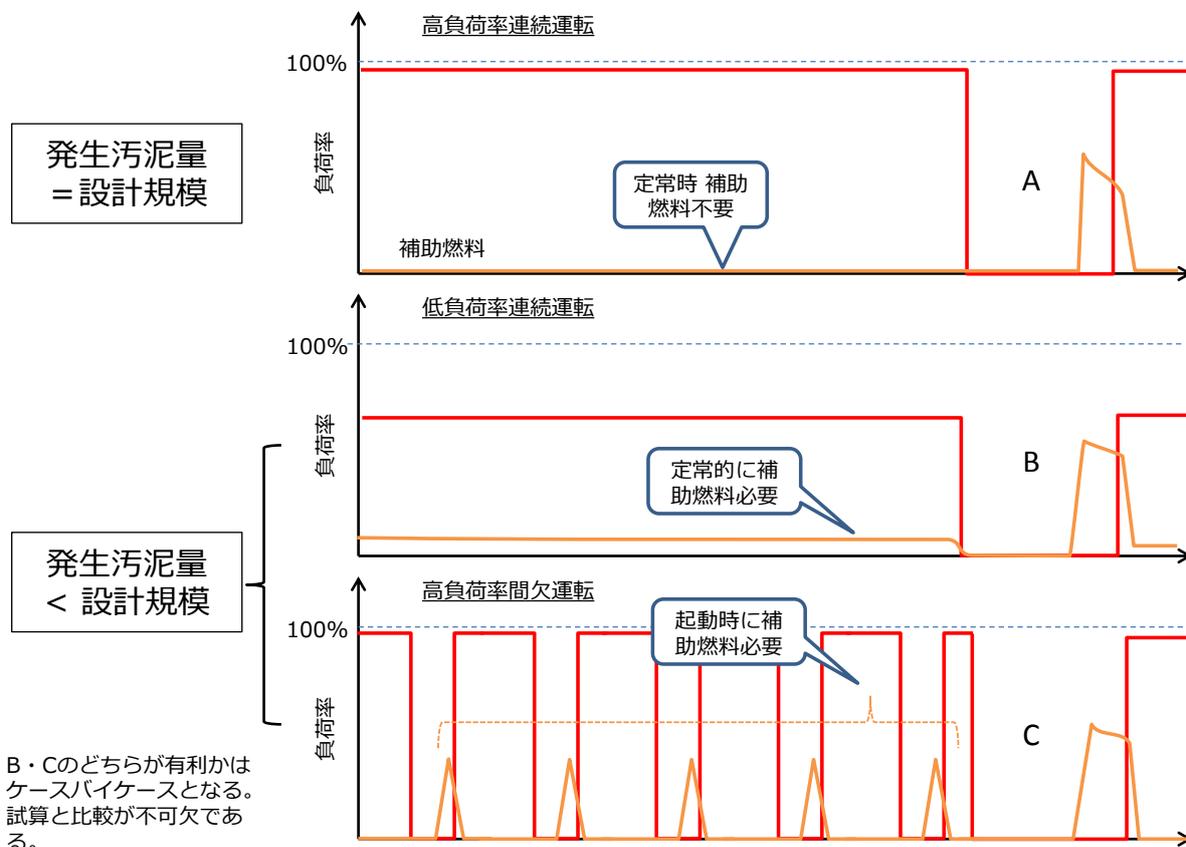


図 5-1 負荷率・稼働率のトレードオフ

なお、図 5-2 に示したような、複数の汚泥処理系を持つ場合においては、消費エネルギーが小さく、維持管理費も低減可能な本システムの運用を優先し負荷率を高めた運転を行い、残った濃縮汚泥・脱水汚泥は既存の汚泥処理系を間欠的に運転させて対応することが基本的に望ましいが、他方の系で過剰に頻繁な起動・停止を招き、大量の補助燃料を使用するような場合には、本システムの負荷率を適宜調整し、汚泥処理システム全体での維持管理費用が最小化されるように調整することが必要である。

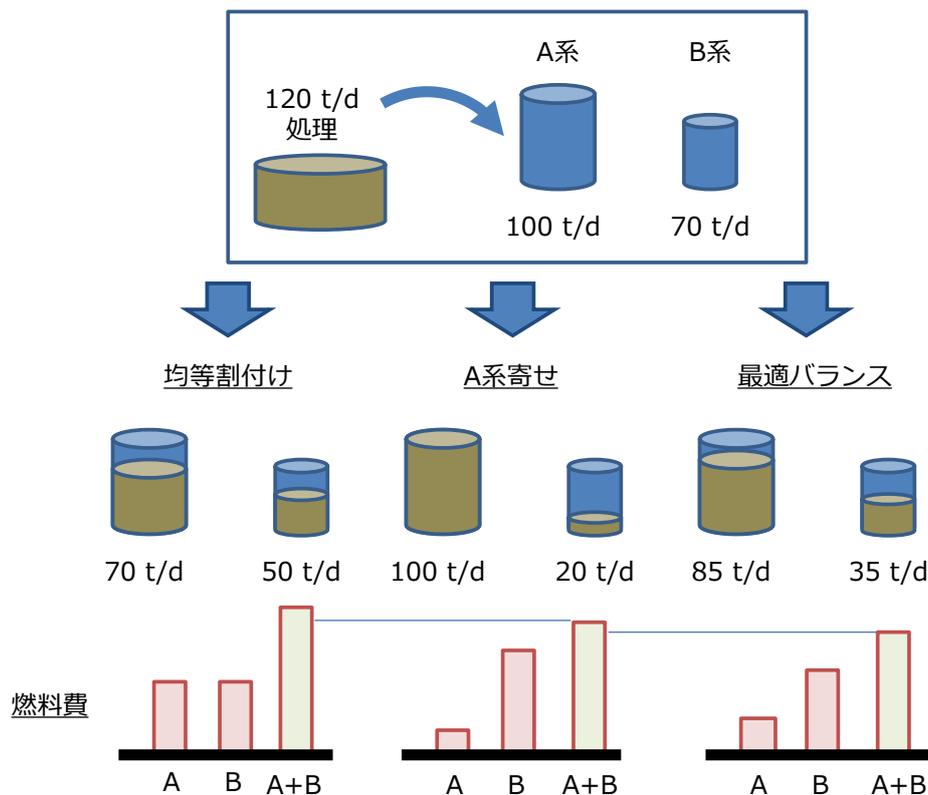


図 5-2 系列間の処理汚泥量配分

なお、本システムの発電設備では、設備の負荷率を高く保ち、一定以上の熱量を供給することで定格運転を維持することが効率的な発電を行う上で不可欠である。負荷率が低下すると、発電効率の低下と相対的な建設費の増大を招き、発電設備に関する投資回収が困難になる場合がある。

そのため、水処理系の運転状況まで遡り、安定的な水処理を保ちつつも汚泥処理の効率化が可能な汚泥排出を、性状と量の両面で意識することが求められる。例として、従来は返送および引抜汚泥量は反応槽の MLSS を一定範囲に維持する目的で調整しているが、汚泥処理系に一定量の汚泥を供給し、負荷率を確保する目的を加味して、汚泥の引き抜き量を増減させることや、過ばっ気を避け沈降性が良く熱量の高い汚泥を排出すること等が考えられる。

§ 30 運転管理

本システムを安全に運転するために以下の点に留意する。

- (1) 運転管理項目
- (2) 各設備の起動・停止
- (3) 汚泥性状変化等に伴う制御因子の調整
- (4) 不具合時の対応

【解 説】

(1) 運転管理項目

本システムの運転管理において、管理が必要な項目を表 5-1 に示した。計装器により連続測定できるものは、監視画面に表示し常時監視することが望ましい。これらの運転管理項目は絶対値よりも変化傾向が重要であるため、数値ではなくグラフ等で監視することが良い。

表 5-1 運転管理項目

設 備	機 器	項 目
脱水設備	駆動機	電流値
	差動機	電流値
	本体	振動値
	潤滑油	貯留量
	汚泥供給系	流量、濃度
	薬品供給系	流量、濃度
	分離液	濁り、起泡
	排出汚泥	排出量、含水率
燃焼設備	砂層	温度
	フリーボード部	温度
	〃	炉内圧力
	排ガス系	排ガス酸素濃度等
	集塵装置	差圧
	排煙処理塔	循環水量
	灰ホッパ	焼却灰発生量
発電設備	熱媒	循環流量、圧力、温度
	排煙処理水	流量、温度
	過熱器等熱交換器	出入温度、U 値*
	冷却水	流量、温度
	発電機	発電量

### ※U 値：総括伝熱係数 ( $W m^{-2} K^{-1}$ )

熱交換器の単位伝熱面積あたり、単位温度差あたりの熱の伝わりやすさを示す指標であり、下記式で算出される。各部の流量、温度から計算可能なため自動的に算出、表示させることも可能である。発電設備の各熱交換器のU 値を定期的にモニタリングすることで、伝熱面の汚れ等による熱交換器の性能劣化を検知できる。

$$U = Q \div A \div \Delta T$$

U：総括伝熱係数 [ $W m^{-2} K^{-1}$ ]

Q：単位時間あたりの伝熱量 [W]

A：伝熱面積 [ $m^2$ ]

$\Delta T$ ：対数平均温度差 [K]

ここでQ は各部で測定される温度および流体の流量から、以下の式で表される。ただし、相変化は無いとし、放熱は無視している。

$$Q = V_1 \times (T_2 - T_1) \times C_1 = V_2 \times (T_3 - T_4) \times C_2$$

$V_1$ ：加熱側熱媒体流量 [kg/s]

$V_2$ ：被加熱側熱媒体流量 [kg/s]

$T_1$ ：加熱側出口温度 [K]

$T_2$ ：加熱側入口温度 [K]

$T_3$ ：被加熱側出口温度 [K]

$T_4$ ：被加熱側入口温度 [K]

$C_1$ ：加熱側熱媒体比熱 [J/kg K]

$C_2$ ：被加熱側熱媒体比熱 [J/kg K]

## (2) 各設備の起動・停止

### 1) 低含水脱水設備

低含水脱水設備の起動・停止における留意点は、従来型の遠心脱水機に準じる。特に低含水率の脱水汚泥を連続的に処理する場合においては、脱水機内に砂分等が蓄積し、回転の偏りによる異常振動等の原因となる場合があるため、起動・停止時の脱水機振動値の監視を行うと同時に、脱水機の起動・停止時には二次処理水による機内洗浄、汚泥の確実な排出を行う必要がある。

### 2) 低空気比省エネ燃焼設備

低空気比省エネ燃焼設備の起動・停止における留意点は、従来型の気泡流動炉に準じる。低空気比運転および自燃運転へは、炉内温度が十分に上昇した後に、それぞれのモード（低空気比運転モード、自燃運転モード）に切り替えることで移行する。各モードに切り替えると、それぞれ自動的に流動空気量をコントロールして空気比を1.3以下に抑える運転、補助燃料を減らすため

に、流動空気予熱器での熱回収量を増やして炉内熱バランスを改善する運転を行う。言うまでもなく、2つのモードは同時に稼働させることも可能である。

### 3) 高効率排熱発電設備

高効率排熱発電設備の起動・停止においては、ボイラー・タービン主任技術者の指導のもと定められた手順に従って行う必要があり、燃焼設備が定格運転となり熱源が安定した後に起動し、燃焼設備の停止に先立ち発電設備を停止することを基本とする。手順を以下に示す。なお停止手順は、起動手順の逆となる。また、これら一連の起動・停止シーケンスは自動化されている。

- ① タービンと蒸気過熱器をバイパスした状態で凝縮器へ冷却水（二次処理水）を、蒸発器へ排煙処理水を通水した後、アンモニア水の循環を行う。
- ② 蒸気過熱器にアンモニアを導入し、熱回収空気を徐々に通気しながらアンモニア水の循環量を増加させ、十分な過熱蒸気が得られるようになった段階でタービンへの加熱蒸気の導入を開始する。
- ③ 徐々にタービンへの過熱蒸気の供給量を上げていき、タービンが定格の回転数近くに達したところで、発電機の遮断機を入れ系統連系をする。
- ④ バイパス量をさらに絞り、最終的には過熱蒸気を全てタービンに供給する。
- ⑤ 各熱源の供給量・冷却水量・熱媒循環量を調整し、発電出力を上げていく。

### (3) 汚泥性状変化等に伴う制御因子の調整

本システムの運転は表 5-2 に示した自動的に調整される項目に加えて、汚泥性状に対して必要な調整を行うことが重要である。特に、脱水設備の運転に影響を与える、濃縮汚泥濃度 (TS)、燃焼設備や発電設備に影響が大きい濃縮汚泥有機分率 (VTS) を定期的に調査、データ蓄積し、それらのデータを基に含水率と脱水条件の因果関係 (含水率テーブル) や、最適化機能で利用している計算モデルを逐次 (少なくとも四季毎に 1 回程度) 確認をし、必要に応じて調整・更新することで、各設備でより適切な運転が可能となる。なお、計算モデルの更新は連携・最適化機能の調整となるため、単価等の設定を除き、基本的にメーカーによる対応が必要である。また、脱水設備の運転においては、連携・最適化システムでカバーしていない高分子凝集剤の選定や注入率の調整は、運転管理をする者が脱水設備メーカーと相談の上、従来の脱水設備と同様に定期的実施する必要がある。

含水率テーブルの具体的な調整法の 1 つとして、図 5-3 に示したように濃縮汚泥濃度 (TS) と含水率のズレの関係に基づいてテーブル全体を上下にシフトさせるような手法がある。資料編 I. 実証試験に示されるように、TS と含水率のズレには一定の相関性が認められ、TS が高ければ含水率が小さい側に、TS が低ければ含水率が高い側へとズレが発生する傾向がある。

そのため例えば、テーブルの配置は変えずに、右下に平行移動させるとより高い遠心力が適用されやすくなるため、TS が低く脱水性の悪い汚泥を対象としたときに適した調整となり、逆に左上に移動させるとより低い遠心力が適用されるため、TS が高く脱水性の良い汚泥を対象とする際に適用することができるテーブルとなる。なお、本方法でも設定と実際の含水率の乖離が見られる場合には、テーブル自体が汚泥性状に合っていない可能性が高いため、メーカーに依頼しテーブルの再

作成を依頼することが望ましく、脱水機の条件を変更しながら順次トルクや排出される脱水汚泥の含水率を測定することで、含水率テーブルの作成に必要なデータを取得する必要がある。

表 5-2 主な制御因子の自動化対応

設備	制御因子	自動制御	担当する制御機能
脱水設備	汚泥供給量	×	従来通りユーザーが調整
	高分子凝集剤注入率	×	〃
	ポリ硫酸第二鉄注入率	○	脱水設備自律運転機能
	遠心力	○	〃
	差速	○	〃
	目標含水率	○	連携・最適化機能
	含水率テーブル	×	メーカー作成したテーブルを 適宜ユーザーが調整
燃焼設備	汚泥供給量	×	従来通りユーザーが調整
	補助燃料供給量	○	燃焼設備制御機能（自燃化）
	流動空気供給量	○	〃（多層燃焼）
	2次・3次空気供給量	○	〃（多層燃焼）
	熱回収空気量	○	連携・最適化機能
	排煙処理水量	○	〃
	発電設備	熱媒循環流量	○
冷却水量		○	〃
連携・最適化	計算モデル	×	メーカーが調整

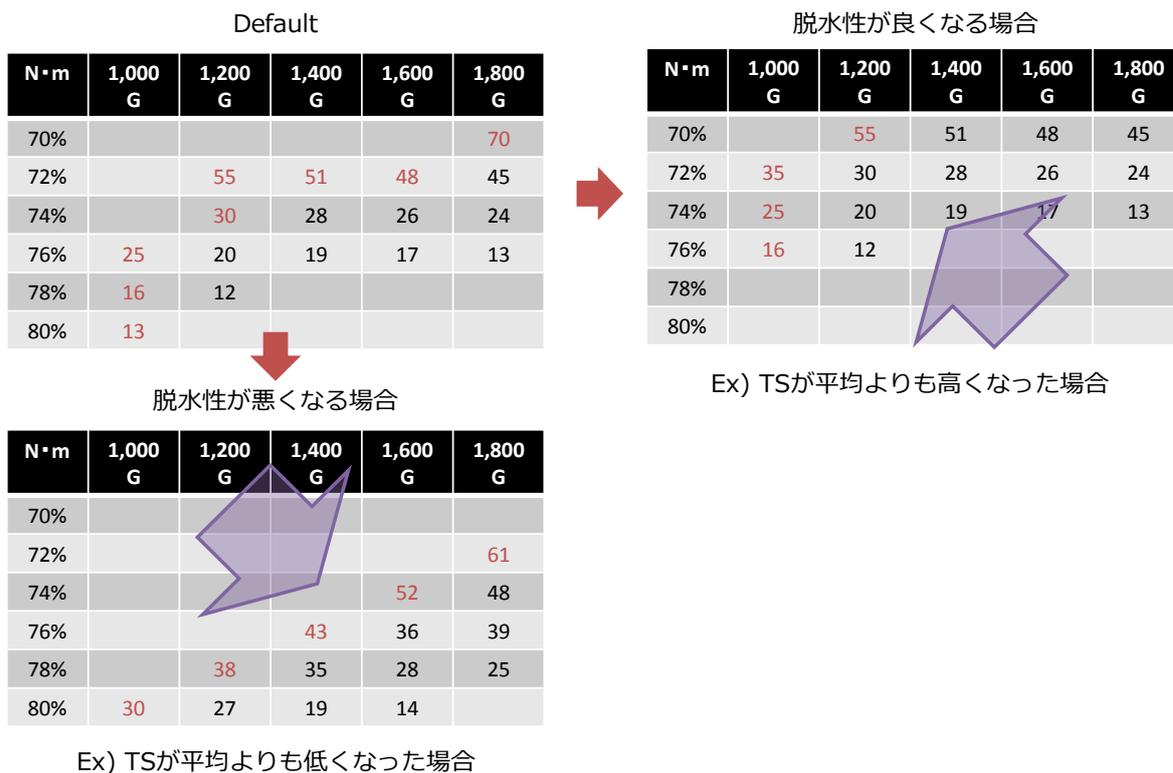


図 5-3 含水率テーブルの補正

#### (4) 不具合時の対応

特に本システムで特徴的な運転時に想定されるトラブル事象とその対応例を表 5-3 に示した。故障・不具合等の原因となる事象の解決には、各設備で想定される故障・不具合例とその基本的な対応策を FMTA（故障モード影響度解析）等の手法を活用して、導入サイト毎の機器構成や立地条件の違いを踏まえて事前に検討し、対策および対応優先度を決めておくことが有効である。

表 5-3 トラブル時の基本的な対応方針例

	故障・不具合例	対応方針例
脱水設備	SS 回収率低下 →水処理負荷増大	差速の調整、薬注条件の見直し
	脱水機振動値増加 →脱水機の破損	機内洗浄の実施
	含水率の乖離 →制御の不都合	汚泥性状確認、含水率テーブル見直し
燃焼設備	排煙処理水シアン検出 →水処理への影響	希釈返流、起動／定常時の燃焼温度／空気比の確認
	FB 部過熱 →耐火物の破損	脱水汚泥投入量の漸減
発電設備	熱交換器汚れ →発電量低下	熱バランスの確認、U 値の確認、洗浄の実施
	シール部の破損 →小規模な漏えい	設備の停止、冷却後、漏えい個所の確認、交換の実施
	燃焼設備の計画外停止 →供給熱量低下	速やかに、停止工程に移行
	冷却水の供給停止 →熱媒圧力上昇	熱供給系のしゃ断（燃焼設備は運転可能）

## 第2節 保守点検

### §31 保守点検

日常点検は運転状態を確認し、異常の発生を早期に検知することで、故障や機能低下を防止するために実施する。定期点検は、必要な修復・整備を行うことで、設備機能を適正に維持するために実施する。

#### 【解説】

本システムの日常点検は、異常の発生を早期に検知することで、故障や機能低下を防止するために実施することから、各設備が定常的に運転している条件で点検を実施する。各設備には各部の温度、流量、各電動機の電流値等の連続的に監視する運転管理項目に加えて、1日1～2回の頻度で実施する日常点検項目が定められている。表5-4に日常点検項目の例を示した。計器類で感知が難しい小さな変化を見逃さないことが重要である。なお、日常点検結果が管理範囲に入っている場合でも、時系列的に逸脱傾向が強い場合には、点検頻度を増加させ異常の早期検知を図り、可能であれば定期点検を前倒して実施することを検討しても良い。

表5-4 日常点検項目（例）

設備	項目
脱水設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外観点検（各部腐食・塗装剥離・変形）</li> <li>・ 各部現場指示計指示値</li> <li>・ 脱水汚泥排出状況（含水率含む）</li> <li>・ 臭気/振動</li> </ul>
燃焼設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外観点検（各部腐食・塗装剥離・変形）</li> <li>・ 燃焼状況（サイトグラスより）</li> <li>・ 各部現場指示計指示値</li> <li>・ 臭気/振動</li> </ul>
発電設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外観点検（各部腐食・塗装剥離・変形）</li> <li>・ 各部現場指示計指示値</li> <li>・ 臭気/振動</li> </ul>

定期点検は、必要な修復・整備を行うことで、設備機能を適正に維持するために実施する。各設備には運転時間等に基づいて推奨される定期点検項目が定められており、それぞれの項目について規定の頻度以上で点検を実施する。表5-5に各設備の定期点検項目の例を示した。これらの項目を着実に実行し、記録に残すことが重要である。また、排熱発電設備においては電気事業法によって定期事業者点検が義務付けられている、表5-6に示した定期事業者検査項目を最低限実施し、記録を残すことが必要である。

表 5-5 定期点検項目（例）

設 備	機 器	項 目	頻 度
脱水設備	ボルト・ナット	締め付け状況	1回/月程度
	ベアリング類	異音の有無	〃
	潤滑油等	交換	1回/数か月
	防振装置	外観の確認	1回/月程度
	Vベルト	緩み・傷の有無	〃
	全体	オーバーホール	1回/4～5年
燃焼設備	排煙処理塔	腐食状況	1回/年以上
		ダスト付着、腐食状況	1回/年以上
	セラミックフィルタ	差圧、逆洗間隔	〃
発電設備	熱交換器	外観の確認	1回/年以上
	熱媒	濃度、量	1回/月以上
	潤滑油	交換	1回/数か月

表 5-6 電気事業法に基づく定期事業者点検項目

	点検内容	頻度
蒸発器	外観点検	1回/2年
安全弁	開放点検・作動試験	1回/2年 (開放点検は隔回実施)
ガス検知器	作動試験	1回/2年

### 第3節 緊急時の対応

#### § 32 緊急時の対応

人身・物損事故の発生や重要設備の故障・不具合の発生等の緊急時には原則として設備毎に定められた手順で速やかに停止操作を行い事態の悪化を防止する。また、地震・台風等の災害時には、設備を定められた手順で速やかに停止し、予め設定した災害時対策フローに従って対応することを基本とする。

#### 【解説】

本システムの運転中に人身・物損事故の発生や重要設備の故障・不具合の発生等があった場合には、原則として設備毎に定められた手順で速やかに停止操作を行い、事態の悪化を防止する。また、システムが自動的に停止した場合においては、定められた停止状態にあることを確認することが必要である。予期しない手順、状態で停止がなされると、リスクが残存したままになる場合や、再起動時に問題を起こす可能性がある。

地震・台風等の災害が発生した場合には、設備を定められた手順で速やかに停止し、予め設定した災害時対策フローに従って対応、復旧することを基本とする。ただし、汚泥処理の継続の観点から、脱水設備の運転を優先し、燃焼設備および発電設備はリスクが顕在化した段階で早期に停止することが望ましい。なお、不測の事故等で運転中に停電が発生した場合には、脱水設備、燃焼設備は従来の設備と同様に自律的に安全に停止する。発電設備において停電が発生した場合には、自動的に各部の遮断弁が閉じ、プロセスへの熱供給を遮断することで安全に停止する。