

## 第4章 計画・設計

### 第1節 導入計画

#### § 18 導入計画

本技術の導入に関する計画は、以下の手順で実施する

- (1) 基本事項の検討
- (2) 基本計算
- (3) 施設計画の検討
- (4) 導入効果の検証
- (5) 導入計画の策定

#### 【解説】

本技術の導入計画の手順を図4-1に示す。導入計画にあたっては、詳細調査から開始し、施設計画の検討、導入効果の検証、導入計画の策定の手順で行う。

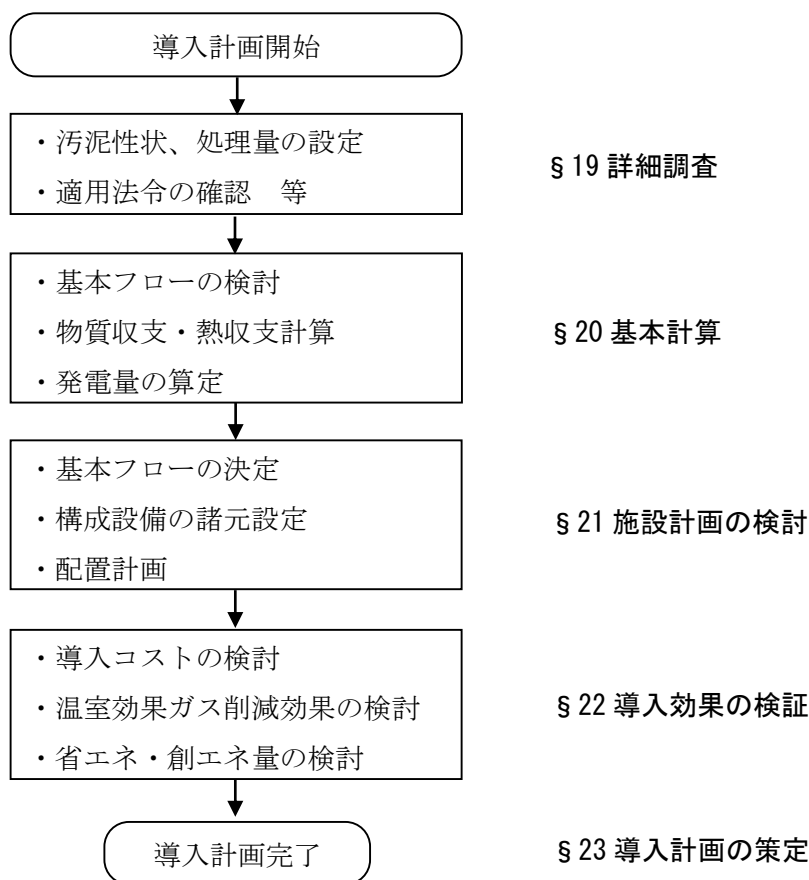


図4-1 本技術の導入設計手順

## § 19 詳細調査

導入計画の検討に先立ち、基礎調査情報に基づき詳細調査を行い、以下の基本条件の設定を行う。

- (1) 濃縮汚泥性状の設定
- (2) 脱水汚泥性状の設定
- (3) 処理量の設定
- (4) 適用法令の確認
- (5) その他の条件設定

## 【解説】

導入検討時に § 15 にて基礎調査を実施しているが、より詳細な調査を行い § 20 で行う計算条件を設定する。調査項目を表 4-1 に示す。これらの調査結果をもとに、以下の基本条件の設定を行う。

表 4-1 詳細調査項目

調査項目	手段	目的
下水処理場の将来計画 (流入汚水量、汚泥処理量)	計画資料等	処理量の設定 → (3)
発生汚泥および濃縮汚泥の種類、量および性状	管理日報等	汚泥性状の設定 → (1) 処理量の設定 → (3)
脱水汚泥の種類(混合生汚泥、消化汚泥)、 量および性状	管理日報等	脱水汚泥性状の設定 → (2) 処理量の設定 → (3)
水処理および汚泥処理施設の運転管理状況	管理日報等	処理量の設定(稼働率・負荷率) → (3)
その他燃料など(し渣・沈砂、乾燥汚泥、 木質バイオマスなど)の受入元、 種類、量および性状	計画資料 管理日報等	その他の条件設定 → (5)
環境アセスメント、各自治体の公害防止条例、 近隣地域との各種協定等	自治体資料等	適用法令 → (4)

## (1) 濃縮汚泥性状の設定

詳細調査を基に年間変動を考慮して、表 4-2 に示す施設計画の基本となる濃縮汚泥性状の代表値を設定する。

脱水性能に大きく影響する汚泥性状因子は、汚泥濃度、強熱減量、および繊維状物であり、これらの脱水性能に影響を及ぼす汚泥性状を設定する。

また発生汚泥性状には季節変動がある。変動要素は、汚泥濃度、強熱減量など脱水機の性能に影響を与えるものもあるため、一年を通じた季節変動を事前に把握することが好ましい。

表 4-2 汚泥性状整理表

項目	内容	備考
汚泥種類	混合生汚泥等	低含水率化技術性能（含水率代表値）の推定に使用
濃縮汚泥濃度（％）	代表値	
濃縮汚泥強熱減量（％）	代表値	
繊維状物（％）	代表値	100メッシュとする

## (2) 脱水汚泥性状の設定

前項で設定された汚泥性状から低含水率化技術の予想性能値である脱水汚泥含水率を設定する。予想性能値は実規模試験や遠沈試験といったラボテスト等によって設定したほうが、実態により近い設定となることから好ましいが、こうした試験が実施できない場合、低含水率化技術の一般性能値から設定する。低含水率化技術の一般性能として、従来技術と比較して7～10ポイントの範囲で低減が見込める。そのため、当該施設における従来型脱水機の含水率の平均値が把握できている場合、もっとも低い数値として7ポイントの低減が見込めるものと仮定して、含水率の設定を行う。ただし、含水率の下限値は、これまでの運転実績等から68%とする（低含水率化技術の一般性能については資料編 1.3 低含水率化技術実証試験結果 P.133, 134を参照）。設定した低含水率化設備の脱水汚泥含水率や、強熱減量、その他導入検討での基礎調査情報（§15）を基に表4-3に示す施設計画の基本となる脱水汚泥性状を設定する。性状範囲としては図4-2に示すP1～P6の範囲とする。

表 4-3 脱水汚泥性状整理表

項目	内容	備考	
脱水汚泥含水率（％）	変動幅 $X_{min} \sim X_{max}$	代表値 $X_s = (X_{min} + X_{max}) / 2$	
脱水汚泥可燃分割合（％）	変動幅 $Y_{min} \sim Y_{max}$	代表値 $Y_s = (Y_{min} + Y_{max}) / 2$	
可燃分組成（％-VS）	炭素	$Z_c$	分析データより
	水素	$Z_H$	
	窒素	$Z_N$	
	酸素	$Z_o$	
	硫黄	$Z_s$	
高位発熱量（MJ/kg-DS）	$H_{HV}$	試算式より算出 <sup>※1</sup>	
低位発熱量（MJ/kg-wet）	$L_{HV}$	試算式より算出 <sup>※2</sup>	

$$\text{※1: } H_{HV} \text{ (MJ/kg-DS)} = 4.186 \times \{ (58.3 \times Y_s) - 193 \}$$

$$\text{※2: } L_{HV} \text{ (MJ/kg-wet)} = (H_{HV} - (Z_H \times 9 \times Y_s) \times 2.5) \times (1 - X_s) - X_s \times 2.5$$

「汚泥焼却炉の省エネルギー化に関する調査報告書」（建設省都市局下水道部・日本下水道事業団）<sup>5)</sup>より引用

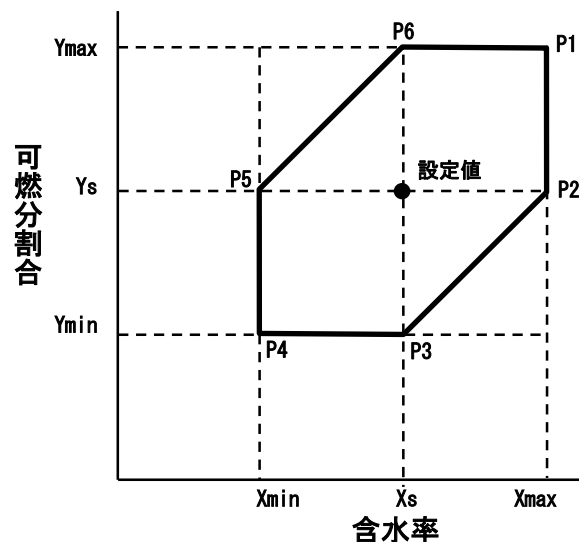


図 4-2 脱水汚泥性状範囲

### (3) 処理量の設定

詳細調査を基に再検証し、年間変動を考慮して、施設計画の基本となる処理汚泥量の代表値を設定する。導入施設での計画処理汚泥量は、計画1日最大汚水量と計画流入水質を用いて算出するが、汚泥処理施設の計画には実績値を考慮し、汚泥処理施設からの返流水による負荷も加味した量とする。また計画処理汚泥量を設定するには、将来的な流入水量の変化ばかりではなく、流入水質の変化等に起因して流入水量当たりの発生汚泥量の変化や、一年を通じた季節変動パターン特性を把握し、考慮する。

上記内容を考慮し、固形物収支計算により計画処理汚泥量を算出する。次に(1)で設定した低含水率化技術の想定含水率性能値より、計画脱水汚泥量を算出する。算出された処理量に対し、年間を通じた発生汚泥量の変動を考慮し、負荷率を設定する。また焼却設備は一年に一回定期整備期間を約一か月設けるため、稼働率の最大値を90%として設定する。

### (4) 適用法令の確認

本システム技術導入に当たり、汚泥脱水設備および汚泥焼却設備設置時の適用法令（建築基準法、大気汚染防止法、ダイオキシン類対策特別措置法、騒音規制法、振動規制法）に加え、代表的な適用法令を下記に示す。

#### 1) 消防法

焼却炉、ボイラーについては「炉・ボイラー設置届出」が必要である。

また従来の汚泥焼却設備設置時においても必要な、危険物（補助燃料、作動油等）を指定数量以上貯蔵または取扱う場合、「危険物設置許可申請（貯蔵所・取扱所）」を行う。なお指定数量未満および1/5以上の場合は「少量危険物の貯蔵取扱届出」を行う。

既に届出がなされている既存焼却設備を更新する場合や増設する場合などは、変更届出対象となるため、必要な手続きを行う。

## 2) 電気事業法

ボイラーおよび蒸気発電設備は自家用電気工作物に該当するため、導入にあたっては電気事業法の適用を受けることから、下記に示す届出が必要である。これらの届出は設置する発電設備の条件により範囲や内容が異なるため、電気事業法の適用について確認し、必要な手続きを行う。なお、詳細は資料編 4. 蒸気発電機設置時の適用法令を参照のこと。

※自家用電気工作物とは、電気事業法第38条において、「電気事業の用に供する電気工作物及び一般用電気工作物以外の電気工作物」と定義されており、具体的には次のものが該当する。

- ・電力会社等から600Vを超える電圧で受電して電気を使用する設備
- ・発電設備（小出力発電設備を除く）とその発電した電気を使用する設備

### ① 保安規程届出（変更届出）

自家用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安を確保するために定めたものである。下水処理場自身が自家用電気工作物に該当するため、既に届出されていることから、変更届出の対象となる。

### ② 電気主任技術者に関する届出（確認のみ）

自家用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるための技術者を、主任技術者免状の交付を受けている人から選任するものである。下水処理場は自家用電気工作物に該当することから、既に届出されているため確認を行う。

### ③ ボイラー・タービン主任技術者に関する届出

自家用電気工作物のうちボイラーおよび蒸気発電設備に係る工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるための技術者を、主任技術者免状の交付を受けている者から選任するものである。主任技術者免状の交付を受けていない者であっても、必要な条件を満足していれば選任することができ、その条件は発電出力、廃熱ボイラーの蒸気圧力によって変わる。

### ④ 工事計画届

自家用電気工作物の設置又は変更の工事の計画について、認可を受けなければならない。

また届出のほか、指定検査機関に「使用前安全管理審査申請」や「溶接安全管理審査申請」

を申請し、これらの審査を受検することになる。

3) 電気供給規程

発電を行う場合、電気を購入している電気事業者への「系統連系申込」を行う。

(5) その他の条件設定

その他の条件として、各処理場の状況に応じて、必要な条件設定を行う。

1) 既存設備の状況

本システムの導入にあたっては、既存設備の更新や増設となる場合が多く、また関連する設備（砂ろ過設備等）も対象となる。そのため、既存設備の運転状況、撤去計画、将来計画などを確認し、配置計画や機器更新範囲などに反映させる。

2) 処理場外からのバイオマス（他処理場の脱水汚泥含む）受入条件

処理場外からのバイオマスを受け入れる場合の諸条件について下記に示す。

① バイオマス受入量および性状

1日当たりの受入量および性状を把握し、(2)、(3)に反映させる。

② 受入方法

外部受入方法や搬送・貯留、前処理の要否等の受入方法を明確にし、設備の設計に反映させる。

3) し渣・沈砂受入条件

階段炉はし渣・沈砂との混焼が可能である。場内または他の処理場から発生したし渣・沈砂を混焼する場合の諸条件について下記に示す。

① し渣・沈砂受入量および性状

1日当たりのし渣・沈砂受入量および性状を把握する。その上で、混焼可能な比率を確認し、(1)に反映させる。

② し渣・沈砂受入方法

場内で発生するし渣・沈砂の場合、脱水処理まで完了したものであるかどうかで、受入設備のシステム、容量等が変わるため、これを明確化して設備の設計に反映させる。

同様に外部からの受入がある場合、受入方法を明確化して、設備設計に反映させる。

## 4) 給水・排水条件

給水としてはバイナリー発電機や復水タービン発電の冷却水に使用するろ過水と、ボイラー給水に用いる上水が必要である。各々の取水箇所、給水量上限値、給水水質基準、温度等を設定する。なお、必要なるろ過水が確保できない条件においては、高度処理設備（移床式砂ろ過器など）を設置するなどの検討を行う。ろ過水の水質については採用する発電方式により水質条件が定められているため、条件を満足できない場合は蒸気発電機側での材質変更等の対応が必要な場合がある。主な水質分析項目については資料編 1.7 その他の実証研究結果 P. 146 を参照されたい。

排水については排水の返流箇所、排水量上限値、排水水質基準、温度等を設定する。排水としては、低含水率化設備からの脱水ろ液、エネルギー回収設備の排煙処理塔から発生する洗煙排水と蒸気発電機の冷却水が大半を占め、既存水処理系に返流することを基本とする。返流量削減のため、バイナリー発電機や復水タービン発電の冷却水については排煙処理塔の冷却水や洗浄水として再利用することも可能である。なお、脱水ろ液はBODやSS分が、洗煙排水は温度が高いため、既存水処理系の流入水量から水処理側に与える影響を確認しておく。

§ 20 基本計算

本システム技術の基本計算を行う。基本計算では、以下の項目を実施する。

- (1) 低含水率化設備周りの物質収支計算
- (2) 発電方式の検討
- (3) エネルギー回収設備周りの物質・熱収支計算
- (4) エネルギー変換設備の発電量の算定
- (5) 基本計算の再検証

【解説】

設定した汚泥処理量や各設定値より物質収支・熱収支計算を行う。基本計算フローを図4-3に示す。

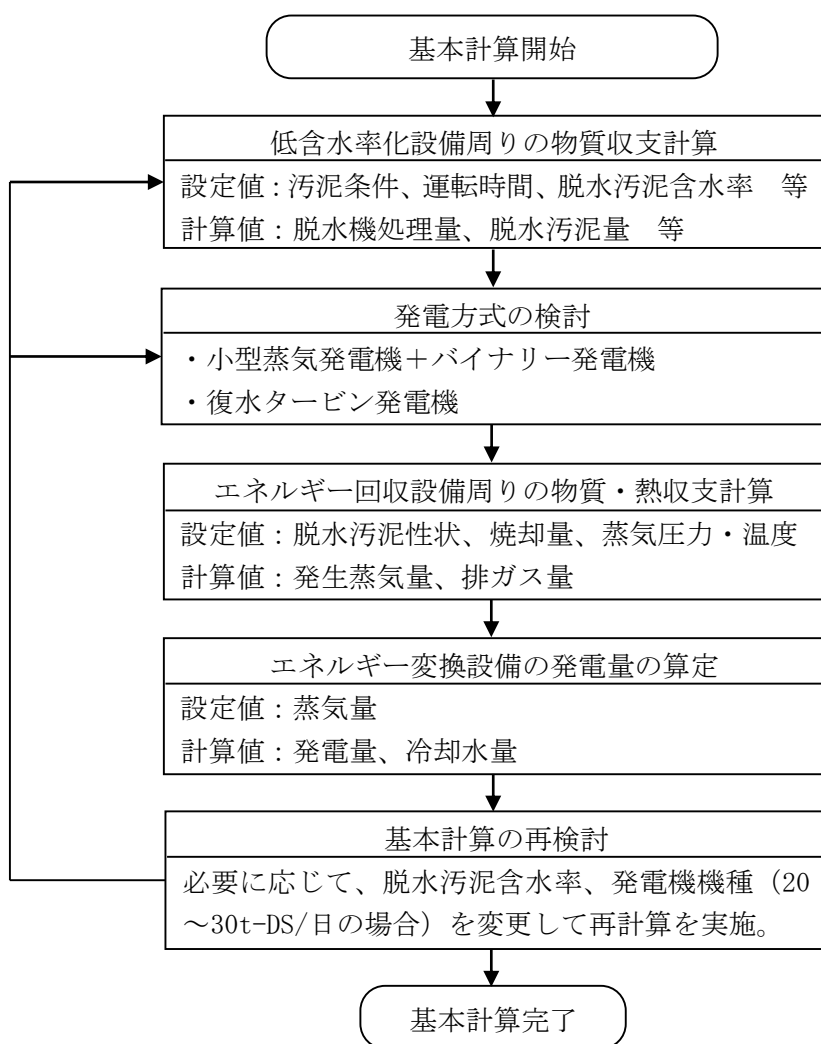


図4-3 基本計算フロー



(1) 低含水率化設備周りの物質収支計算

設定した汚泥条件や各種設定値より物質収支計算を行う。計算の手順を下記に示す。

1) 脱水機入口条件

§ 19 で設定した水処理側より発生する汚泥、ならびに汚泥濃縮設備より発生する汚泥の固形物収支より、脱水機入口汚泥条件を算出する。

2) 脱水機周りの物質収支計算

物質収支計算を行うにあたり、§ 19 で設定した条件以外に下記設定を行い、本設備から発生する脱水汚泥量を算出する。

① 濃縮設備

本設備の脱水性能安定化のため、分離濃縮を行っておらず脱水機入口汚泥濃度の日間変動が大きい場合など機械濃縮機の設置が必要な場合、物質収支計算に組み込んで算定を行う。

② 運転時間および台数

運転時間は処理場の状況に応じて設定する。ただし、本システムでは後段のエネルギー回収設備および変換設備の運転時間に合わせて設定し、システム全体での最適条件として24時間連続運転とすることが好ましい。設定した運転時間により、脱水機の処理量および台数の設定を行う。なお、脱水機はメンテナンスや故障、一時的な負荷変動に対応するため、予備機を最低一台設けるものとする。

③ 凝集剤添加率

凝集剤については、当該施設の汚泥性状により適合する薬品の種類や添加率が大きく異なる。このため実規模試験や遠沈ろ過試験といったラボテスト等で高分子凝集剤および無機凝集剤の添加率を設定することが好ましい。ただし、設定が困難な場合は、高分子凝集剤の添加率は、従来型脱水機の添加率と同じ、もしくはTS当たり0.7%と設定し、無機凝集剤の添加率は実証結果よりTS当たり10%と設定する。

(2) 発電方式の検討

本システム技術では、規模により最適な発電方式が異なる。これは、あるポイントを境界としてエネルギー変換設備にかかるコスト（主に建設費、発電量）が逆転するためである。表 4-4 に規模による発電方式の選定目安についてまとめる。なお発電方式による比較結果については資料編 3.2 革新的技術 P. 191～194 を参照されたい。

低含水率化設備、エネルギー回収設備の焼却炉までは同じフローであるが、エネルギー回収

設備の廃熱ボイラー、エネルギー変換設備が異なるフローとなる。

表 4-4 規模によるフローの選定目安

規模	発電方式	蒸気条件例
10t-DS/日以上	小型蒸気発電機 + バイナリー発電機	1MPaG（飽和）未満
25t-DS/日以上	復水タービン発電	3MPaG・300°Cなど

### (3) エネルギー回収設備周りの物質・熱収支計算

低含水率化設備の計算結果および汚泥性状から、エネルギー回収設備周りの物質収支・熱収支計算を行う。計算の手順を下記に示す。

#### 1) 焼却炉の物質収支・熱収支計算

入口条件として下記を設定する。

- ・脱水汚泥焼却量
- ・脱水汚泥含水率
- ・脱水汚泥可燃分
- ・可燃分中成分（C, H, N, O, S）
- ・脱水汚泥発熱量
- ・空気比
- ・燃焼空気温度

出口条件として下記を設定する。

- ・炉出口排ガス温度（800°C以上）
- ・焼却灰温度（約 400°C）
- ・炉放熱量（規模に応じて設定）

これらの条件にて物質収支・熱収支計算を行い、炉出口排ガス温度が設定値以上となることを確認する。また、本計算は脱水汚泥含水率および可燃分の変動範囲（図 4-2 参照）について実施し、自然可能範囲を確認する。

なお、炉出口排ガス温度は高いほど  $N_2O$  排出量は削減されることから、計画条件に応じて設定する。

#### 2) 空気予熱器、廃熱ボイラーの計算

1) から計算された結果に基づき、燃焼空気の条件から燃焼空気予熱器の必要回収熱量と、

廃熱ボイラーでの回収熱量を算出する。廃熱ボイラーでの回収熱量から、(2)で設定した発電方式に応じた蒸気条件として、発生蒸気量を算出する。また、脱水汚泥の変動範囲(図4-2参照)について計算を実施し、各ポイントにおける発生蒸気量を確認する。

また、蒸気式空気予熱器、排ガス再加熱器などで使用するプロセス蒸気量についても確認しておく。

### 3) その他設備の計算

1)、2)から計算された結果に基づき、排ガス処理設備、灰搬出設備等の計算を行う。計算にあたっては、従来の汚泥焼却設備の計算方法等を参考とする。

### (4) エネルギー変換設備の発電量の算定

(3)から算出された発生蒸気量やプロセス蒸気量から、蒸気発電機の発電量を算定する。発電量は、採用する発電方式に依存し、蒸気量および圧力・温度条件から当該機種のカatalog等の値により算出される。なお、発電量は発電端電力量と送電端電力量があり、蒸気発電機内部で使用する電力分による差があることから留意が必要である。

また、脱水汚泥の変動範囲(図4-2参照)について計算を実施し、各ポイントにおける発電量を把握する。

発電量の算定結果を含めた、24t-DS/日における熱収支計算結果の例を図4-4に示す。

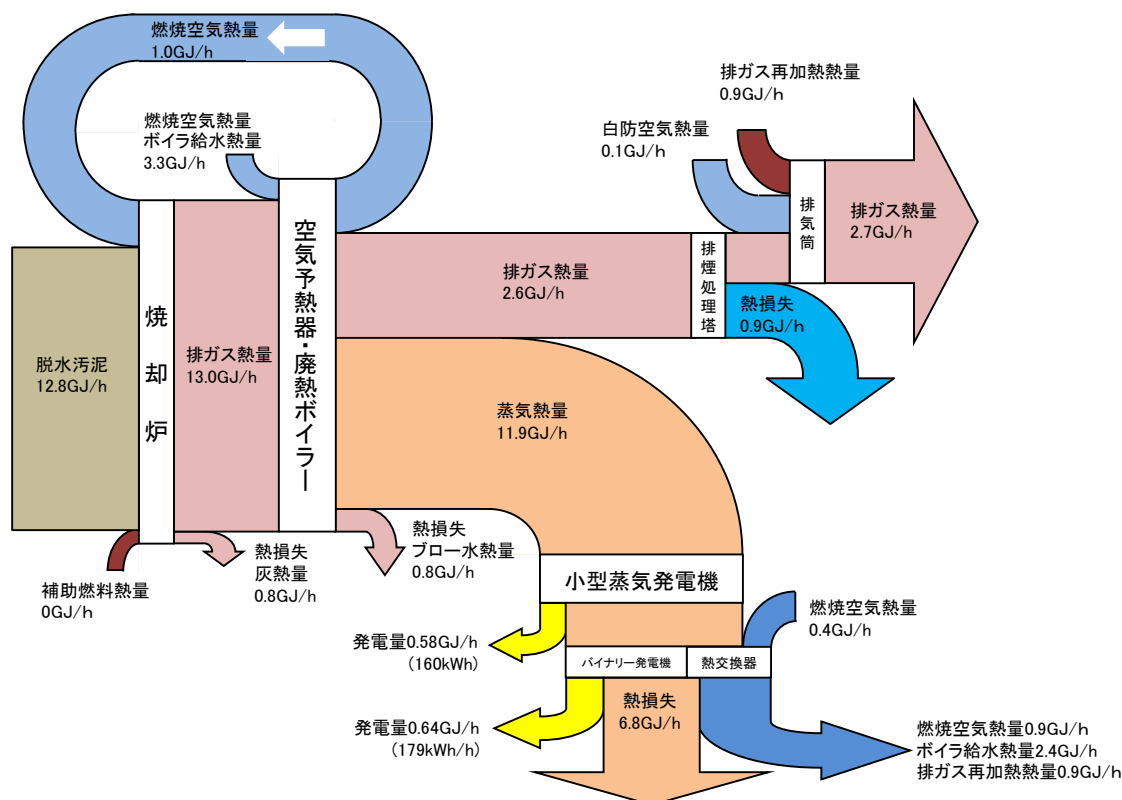


図 4-4 熱収支計算結果の一例 (24t-DS/日、低位発熱量基準)

(5) 基本計算の再検討

必要に応じて下記の条件の見直しを行い、再検証を実施する。

1) 脱水汚泥含水率

低含水率化技術の適用により、脱水汚泥含水率は従来技術と比較して7～10ポイントの範囲で低減が見込める。実証試験や実験室での遠沈試験等を実施して、含水率が当初設定よりも下がることが確認できた場合、含水率の設定を見直して再検討を実施することで、自燃範囲の拡大や、発電量の増大が見込める。

2) 燃焼空気温度

脱水汚泥含水率および可燃分の変動範囲にて、助燃範囲が広い場合、燃焼空気温度の設定を見直して再検討を実施することで、自燃範囲の拡大が見込める（資料編 1.4 エネルギー回収・変換技術実証試験結果 P.140～142 参照）。

3) 発電方式

20～30t-DS/日の範囲において、小型蒸気発電機およびバイナリー発電機が各々2台以上必要となった場合、蒸気発電機が1台となる復水タービン発電で計算を行い、最適条件を確認する。

## § 21 施設計画の検討

本技術を導入する施設の計画では、以下の項目を実施する。

- (1) 主要構成機器の設計検討
- (2) 配置計画

### 【解説】

#### (1) 主要構成機器の設計検討

基本計算をもとに、各設備を構成する主要機器の仕様・容量などの設計を行う。なお、具体的な検討方法は**本章第2節**に記述する。

#### (2) 配置計画

主要構成機器の設計検討結果に基づき、配置計画の検討を行う。配置計画にあたっては既存設備の状況、撤去計画、将来計画などを確認し、計画を行う。

各設備については、以下の方針で計画する。

##### 1) 低含水率化設備

本設備はエネルギー回収設備の近傍に設置されることが望ましいが、既存の汚泥処理棟などに設置スペースがある場合は、その限りではない。ただし、エネルギー回収設備まで脱水汚泥をコンベヤによる搬送となる点に留意が必要である。

配置は維持管理や異常時の点検確認が容易となるよう整然と配列する。また、必要に応じて将来の増設を考慮した配置計画とする。

汚泥脱水機は騒音の発生源となるため、敷地境界からは極力遠ざけて配置し、必要に応じて防音処置された室内（防音ボックスなど）に配置することが好ましい。

##### 2) エネルギー回収設備

従来型の焼却設備と比較して同等またはそれ以下の設置スペースで建設ができるため、特段注意すべき事項は無いが、排ガス流れや灰搬出ルートを検討した計画とする。ただし、既設の更新や屋内設置の場合、搬入計画について事前に十分な検討を行う必要がある。

##### 3) エネルギー変換設備

小型蒸気発電機、バイナリー発電機は屋内外を問わず設置が可能であるが、復水タービン発電は騒音の発生源となるため、敷地境界からは極力遠ざけて配置し、防音処置された室内（主にはタービン室）に配置する必要がある。発電方式、台数により必要な設置スペースが異なるため、配置計画にあたっては事前に十分な検討を行う必要がある。

また廃熱ボイラーからの蒸気配管ルートが最短となるよう考慮した配置計画とする。

なお、本システムの設置に必要なスペース例について表 4-5 に示す。各配置例については資料編 3.2 革新的技術に示す配置例を参照のこと。

表 4-5 本システムの設置に必要なスペース例

規模	縦	横	高さ
12t-DS/日	21.0m	38.4m	16.0m
24t-DS/日	24.0m	45.0m	18.4m
36t-DS/日	27.0m	50.0m	19.5m

**§ 22 導入効果の検証**

施設計画の検討に基づいて導入効果について再検討を行い、**第3章第1節 § 16 導入効果の検討**で試算した導入効果が得られることを検証する。

**【解説】**

導入検討時に § 16 にて導入効果の検討を実施しているが、§ 16 では費用関数を用いる簡易な方法により本技術の導入効果を検証するため、ここではより精度の高い条件設定による施設計画の検討に基づいて導入効果について再検討を行う。本技術の導入における建設費・維持管理費・ライフサイクルコスト・温室効果ガス排出量・エネルギー消費量・エネルギー創出量を算出し、従来技術を導入する場合と比較して導入効果が得られるか検証する。

**§ 23 導入計画の策定**

導入効果が得られることが確認できた場合には、本技術の導入についての検討結果を導入計画書などにとりまとめる。

**【解説】**

導入効果が得られることが確認できた場合には、本技術の導入についての検討結果を導入計画書などにとりまとめる。

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・現状などの把握)に基づいて施設計画の検討(基本プロセスフローの決定、構成設備の諸元設定、配置計画)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 施設設計

## § 24 低含水率化設備の設計

基本計算を基に、低含水率化設備の設計を行う。

- (1) 設計条件の設定
- (2) 汚泥供給設備の設計
- (3) 薬品供給設備の設計
- (4) 脱水機設備の設計
- (5) 濃縮機設備の設計
- (6) 計測設備の設計
- (7) 安全対策

## 【解 説】

## (1) 設計条件の設定

低含水率化設備の設計を行うに当たっては、水処理側の汚泥発生量を考慮した上で脱水処理パターンを設定する。なお、本設備の後段にはエネルギー回収・変換設備が控えるが、§ 10 適用条件と推奨条件で示したように、これらの設備は定格負荷条件にて連続運転を行うことでシステムとしての導入効果が高くなる。よって低含水率化設備の設計にあたっては、後段設備の導入効果が高くなる運転となるような設備容量を考慮し、§ 20 基本計算の物質収支計算に基づいた各設備の容量計算結果から、各設備容量について決定をする。

## (2) 汚泥供給設備の設計

本設備は、水処理等から排除され、重力濃縮、または機械濃縮された汚泥を速やかに低含水率化設備に供給するための設備である。各設備の設計上の留意点を下記に示す。

## 1) 汚泥供給ポンプ

水処理から排除され、重力濃縮、または機械濃縮した汚泥を、汚泥脱水機へ供給することを目的に設置する。ポンプの仕様は、汚泥濃度が変動しても定量性を維持して送泥が可能である一軸ねじ式ポンプとし、ポンプの能力は、脱水機供給汚泥量の0.5～1.5倍を供給できる可変範囲を有するものとする。

## 2) 汚泥破碎機

汚泥に含まれるし渣を破碎し、配管や機器の閉塞を防止することを目的に設置する。当該施設の前段に汚泥スクリーンや破碎機が設置されている場合は、汚泥破碎機の設置は不要である。破碎機は配管ライン上に取り付ける機種を選定し、汚泥供給ポンプと同等の能力を有

するものとする。

### (3) 薬品供給設備（高分子、および無機凝集剤）の設計

本設備のうち、高分子凝集剤供給設備は、高分子凝集剤の溶解液が一定濃度になるように、水と薬品を連続定量供給し溶解するもので、溶解した薬品を汚泥脱水機へ定量供給することを目的に設置する。

また、無機凝集剤供給設備は、購入した無機凝集剤を貯留し汚泥脱水機へ定量供給することを目的に設置する。各設備の設計上の留意点を下記に示す。

#### 1) 高分子凝集剤定量供給機

粉末状の高分子凝集剤を、定量的に高分子凝集剤溶解タンクへ供給するものである。高分子凝集剤の供給量は、薬品溶解液の濃度を0.2～0.3%程度にするために必要となる薬品量を所定の給粉時間（20分程度）で供給できる能力とする。定量供給機の運転と同時に溶解水の供給が必要となる。

#### 2) 高分子凝集剤溶解設備

高分子凝集剤溶解設備は機器の特長や施設の条件（設置スペース、荷重条件等）を考慮して、下記に示すいずれかの方式（バッチ式、連続式）を選択する

##### ① 高分子凝集剤溶解装置タンク（バッチ式溶解装置）

凝集剤定量供給機から供給された粉末状高分子凝集剤と、上水、またはろ過水等を用いた溶解水を混合攪拌し、凝集剤を溶解・貯留するためのものである。タンク上部にはミキサーを配置し、攪拌を行い、1回の溶解工程は150分程度で計画する。本設備は間欠的に凝集剤を溶解する必要があるため、2組以上の設備で構成される。脱水設備能力が大きくなると、本設備の設置スペースおよび荷重条件が大きくなる。

##### ② 高分子凝集剤瞬間連続溶解装置

粉末状の高分子凝集剤を瞬間的に連続溶解し、高分子凝集剤サービスタンクで貯留することを目的に設置する。給粉、溶解、供給を1ユニットの機器で完結する装置であり、必要な量の凝集剤溶解液を供給することが可能であるため、溶解液を長期貯留することによる凝集剤の劣化が生じない運転を行うことが可能となる。

また、本装置は粉末状の高分子凝集剤を瞬間的に溶解してサービスタンクで貯留することが可能であるため、バッチ式と比べてコンパクトであり軽量となる。

#### 3) 高分子凝集剤供給ポンプ

高分子凝集剤溶解タンクから汚泥脱水機へ高分子凝集剤を供給することを目的に設置する。

ポンプの仕様は、脈動がなく定量性が高い一軸ねじ式ポンプとし、ポンプの能力は、脱水機供給凝集剤量の0.5～1.5倍を供給できる可変範囲を有するものとする。

#### 4) 無機凝集剤貯留タンク

脱水汚泥の低含水率化を促進するために利用する無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）を一時貯留するものである。設置位置は、屋外、屋内のいずれでも問題ないが、可能であれば屋内に設置することを検討する。タンク容量は、搬送日数などを考慮して、計画使用量の7日程度を確保するものとする。なお、1回の購入量によって凝集剤の単価に差が生じることがあるので、購入価格を事前に調査してタンク容量を決定してもよい。

無機系凝集剤は強酸性の物性をもつため、タンクの容量を十分に確保（最大貯留容量の110%以上）した防液堤の中に設置する。防液堤には、無機凝集剤がコンクリート面に付着すると腐食の原因になることから、耐薬品塗装を施すものとする。屋外に設置する場合は雨水が滞留するため、適度な導水勾配をコンクリート表面に設け、最下段部に排水用の釜場をもうけてドレン管（手動弁付、常時全閉）を設置する。

#### 5) 無機凝集剤供給ポンプ

無機凝集剤貯留タンクから汚泥脱水機へ無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）を供給することを目的に設置する。ポンプの仕様は、脈動がなく定量性が高い一軸ねじ式ポンプとし、ポンプの能力は、脱水機供給凝集剤量の0.5～1.5倍を供給できる可変範囲を有するものとする。

### (4) 脱水機設備の設計

供給汚泥を遠心分離し、低含水率脱水汚泥を後段のエネルギー回収設備へ供給することを目的として設置する。

本システムで採用する汚泥脱水機は機内二液調質型遠心脱水機であり、これまで導入されてきている標準型、高効率型等の遠心脱水機と同様に、高速回転による遠心力（遠心効果 1,500～2,500G程度）を利用して、脱水機内部に投入された汚泥中の固形物を短時間に固液分離するものである。

汚泥脱水機の設計上の留意点を以下に示す。

汚泥脱水機は、遠心効果を得るために本体を高速回転する必要があるため、本体の騒音が比較的大きい。また、本脱水機から排出される脱水ケーキは、含水率が低いために3～5mm程度の粒状ケーキとなる。脱水ケーキ出口から排出された汚泥はケーシング内部の金属面に衝突し、その衝突音が外部に響くことになる。そのため、本脱水機を設置する場合は、本体を防音カバー内で覆い防音対策を考慮する必要がある。

脱水機の制御は、脱水機メーカーのノウハウをふまえた運転制御としており、低含水率化汚泥を必要とする本システムの脱水設備の場合は、特にメーカーのノウハウを考慮した運転調整を行う必要がある。そのため、脱水機の運転制御を行う制御盤は、脱水機に付属するものとする。

本システムの脱水性能は、当該施設の汚泥性状、および既存脱水機の脱水特性などを勘案して想定する。具体的な検討に進む場合は、より具体的な数値の予測を行うことが望ましく、脱水機メーカーへ実験室で行う遠沈試験による脱水性能の予測や、試験機を当該施設に持ち込んだ現地試験をメーカーに依頼することが望ましい。

汚泥脱水機の能力は、焼却設備側で必要となる計画固形物量を満足する処理能力として設計する。参考に脱水機の機種一覧を表 4-6 に示す。

表 4-6 脱水機の機種一覧

処理量	消費電力 (2000G)	モータ容量			外径寸法 (参考)		
		メイン	差速	潤滑	長さ	幅	高さ
m <sup>3</sup> /h	kWh/m <sup>3</sup>	kW	kW	kW	m	m	m
2.5	1.3	7.5	3.7	-	3.7	2.4	2.4
5	1.3	11	3.7	-	4.1	2.5	2.5
7	1.3	15	5.5	-	4.3	2.7	2.7
10	1.5	22	7.5	0.75	4.9	2.8	2.9
15	1.5	37	11	0.75	5.0	3.2	3.0
20	1.7	55	18.5	0.75	5.8	3.8	3.5
30	1.6	75	22	0.75	6.4	4.1	3.5
50	1.7	132	45	0.75	7.5	4.3	3.7

#### (5) 濃縮機設備の設計 (必要に応じて設置を検討)

脱水機設備へ供給する汚泥濃度の日間変動が大きい場合に、汚泥濃度を安定化させることを目的に脱水機設備の直前に設置するものである。各設備の設計上の留意点を下記に示す。

##### 1) 汚泥濃縮機

脱水機設備へ供給する汚泥濃度の日間変動が大きい場合に、汚泥濃度を安定化させることを目的に脱水機設備の直前に設置するものである。汚泥濃縮機には、ベルト型や回転ドラム型などの低動力型濃縮機が開発、実用化されているが、混合生汚泥を対象とした場合、設置スペースが比較的コンパクトに構成することができる回転ドラム型濃縮機<sup>10)</sup>の採用を検討する。汚泥濃縮機の出口には汚泥濃度計を取り付け、濃縮汚泥濃度の計測値をもとに自動制御を行い、一定濃度 (目標汚泥濃度 4%) の汚泥を排出することが可能である。

汚泥濃縮機の能力は、焼却設備側で必要となる計画固形物量を満足する処理能力として設計する。

2) 濃縮機洗浄水ポンプユニット（汚泥濃縮機一体ユニット）

汚泥濃縮機の運転時に必要となるスクリーン洗浄水を汚泥濃縮機に供給することを目的に設置する。汚泥濃縮機は、回転するドラムスクリーン内（目幅 0.2～0.5mm）に凝集汚泥を供給し、出口側に向かって濃縮汚泥が送り出される。ドラムには小さな凝集ブロックが付着し、スクリーンを閉塞していくため、回転ドラムの上部でスプレーノズルによるスクリーン洗浄を行い、ドラムスクリーンをきれいな状態に保っている。洗浄水量は、選定される汚泥濃縮機の能力に応じて設定する。

3) 濃縮汚泥貯留タンク

汚泥濃縮機から排出された濃縮汚泥を一時貯留し、濃縮汚泥発生量の変動を吸収することを目的に設置する。濃縮汚泥貯留タンクにはミキサーを取り付け、連続的に攪拌を行うものとする。

貯留タンクの容量は、原汚泥濃度の変動による濃縮汚泥量の増減を考慮して、1 時間程度の滞留時間を確保するものとする。

4) 濃縮汚泥供給ポンプ

濃縮汚泥貯留タンクに貯留された濃縮汚泥を汚泥脱水機へ供給することを目的に設置する。

ポンプの仕様は、高濃度汚泥でも安定して送泥が可能であり、脈動がなく定量性が高い一軸ねじ式ポンプとし、ポンプの能力は汚泥濃度が 4%程度となることから、脱水機供給汚泥量（定格汚泥量×0.7 倍）の 0.5～1.5 倍を供給できる可変範囲を有するものとする。

(6) 計測設備の設計

汚泥脱水機の運転制御を安定化させるために、各設備には流量や濃度を計測する計器を設置し自動制御に利用する。各設備における主な計測項目を表 4-7 に示す。

表 4-7 低含水率化設備の主な計測項目

設備名称	計測項目
汚泥供給設備	汚泥貯留槽液位、汚泥供給量、汚泥濃度
薬品供給設備	高分子凝集剤給粉量、給水量 高分子凝集剤液位、無機凝集剤液位、 高分子凝集剤注入量、無機凝集剤注入量
脱水設備	差速回転数、差速電流値
濃縮設備	濃縮機出口汚泥濃度、濃縮汚泥貯留タンク液位

(7) 安全対策

本システムは、基本的に混合生汚泥を対象とした処理プロセスである。混合生汚泥は、腐敗が進むにつれて高濃度の臭気が発生しやすく、硫化水素濃度も高いことが多い。汚泥処理設備の中で汚泥貯留槽などの内部はこれらの濃度が非常に高く、脱臭や換気が適切に行われていないと安全な作業環境を維持することができない。よって、低含水率化設備に係る土木構造物(水槽)や鋼板製タンク、装置(脱水機、濃縮機)には、臭気ガスを確実に吸引し外部に漏出しないものとする必要がある。

また、汚泥脱水機や各種ポンプ類は高速回転機器を採用しているため、機器の運転中は回転部などに手や作業着を巻き込まれないような安全対策を機器単体で実施するとともに、安全に関する表示・教育を確実に実施する必要がある。

## § 25 エネルギー回収設備の設計

基本計算を基に、エネルギー回収設備の設計を行う。

- (1) 脱水汚泥供給条件の設定
- (2) 汚泥移送・貯留・供給設備の設計
- (3) 焼却炉の設計
- (4) 熱回収設備の設計
- (5) 排ガス処理設備の設計
- (6) 灰搬出設備の設計
- (7) ユーティリティ設備の設計
- (8) 計測設備の設計
- (9) 安全対策

### 【解説】

#### (1) 脱水汚泥供給条件の設定

エネルギー回収設備の設計を行うに当たっては、低含水率化設備での稼働時間や負荷率を考慮した上で、脱水汚泥の供給パターン（連続・間欠）を設定する。なお、本設備は立上げ時に補助燃料を使用することから、極力連続運転としたほうがコスト面で低く抑えられる。また、外部から脱水汚泥の受入やし渣・沈渣、他のバイオマスの混焼を行う場合は、これらの受入・貯留・搬送設備を考慮する。

§ 20 の物質・熱収支計算結果に基づいた、各設備の容量計算から、各設備容量を決定する。

#### (2) 汚泥移送・貯留・供給設備の設計

本設備は前段の低含水率化設備の設計条件を考慮し、低含水率化設備より排出された脱水汚泥を定量的にエネルギー回収設備に供給することに留意した設備設計を行う。各設備の設計上の留意点を下記に示す。

##### 1) 汚泥移送設備

低含水率化設備の脱水機から排出された低含水率脱水汚泥を、後段の汚泥貯留設備まで搬送することを目的として設置する。ただし、脱水機が後段の汚泥貯留設備の直上に設置されていれば、本設備は不要である。形式としてベルトコンベヤやフライトコンベヤを用いる。その他スクリーコンベヤ、シャフトレスコンベヤ（リボンコンベヤ）も採用可能である。

設備容量としては脱水機の時間当たり脱水汚泥排出量に対し、一時的な負荷変動を考慮して搬送量を決定する。

## 2) 汚泥貯留設備

低含水率化設備の脱水機から排出された低含水率汚泥を、焼却炉へ定量的に供給するために一時貯留することを目的として設置する。本設備は貯留部であるホップと脱水汚泥の切り出し部から構成される。切り出し部は多軸フィーダと集合スクリーコンベヤを組み合わせた方式やサークルフィーダ方式等が採用できる。また本設備の後段には切り出し量を調整するための計量コンベヤを設置し、ここで測定される重量が設定した焼却量となるよう切り出し装置の回転数をインバータにて調整できる制御を基本とする。

貯留容量としては、焼却炉へ定量的に供給するために一時貯留することを目的としていることや、前後の設備が軽微な故障により一時的に停止しても運転継続が可能な容量を考慮して設定する。ただし、設置する処理場の維持管理上、長い貯留時間が必要な場合は、含水率の上昇や可燃分割の低下により脱水汚泥の発熱量が低下し（資料編 1.5 その他の実証研究結果 P.147 参照）、計画通りの発電量が得られなくなり、助燃運転となる可能性があることに留意が必要である。切り出し量については設定した焼却量に対し、負荷変動範囲を考慮して調整が可能となるよう決定する。

## 3) 汚泥供給設備

焼却炉へ脱水汚泥を定量的に供給するため、汚泥貯留設備より切り出された脱水汚泥を搬送するとともに、投入量を計測することを目的として設置する。計量コンベヤとして、ベルトコンベヤを用いる。なお、焼却炉の投入ホップまでの搬送コンベヤとしてフライトコンベヤ等を用いる。

設備容量としては汚泥貯留設備の最大切り出し量を考慮して、搬送量を決定する。

## 4) 外部汚泥受入設備

他の処理場から発生した脱水汚泥（二液調質脱水汚泥）を受け入れる場合、受入用のホップ及び汚泥貯留設備までの搬送コンベヤが必要であり、受入量に応じて設備容量を決定する。

受入ホップは運搬トラックからの受入れが可能な蓋付のホップと脱水汚泥の切り出し部から構成される。搬送コンベヤは他の設備と同様、フライトコンベヤ等を用いる。

なお、一液調質脱水汚泥の受入が必要な場合、革新型階段炉での直接焼却ができないため、蒸気間接加熱式乾燥機等により乾燥させた後、乾燥汚泥貯留バンカに一旦貯留し、二液調質脱水汚泥とともに混焼させる。

## 5) し渣、沈砂受入供給設備

し渣、沈砂を受け入れて混焼する場合、受入方式（トラック、コンテナ等）に応じた受入・搬送設備、焼却炉への供給設備が必要であり、受入量ならびに運転方を決定の上、必要機器の設定ならびに設備容量を決定する。



### (3) 焼却炉の設計

本設備は低含水率化された脱水汚泥を、補助燃料を使用しない自燃運転にて、800℃以上の燃焼温度を確保して完全燃焼させる。付属機器を含めた設計上の留意点を下記に示す。

#### 1) 汚泥破碎機

炉内での乾燥を効率的に行うため、前段の汚泥供給設備から供給される塊状の脱水汚泥を投入前に破碎を行うもので、形式は二軸パドル式等を用いる。

#### 2) 汚泥振分コンベヤ

焼却炉に供給される脱水汚泥を、焼却炉の幅方向に均一な量で供給するために設置するので、本焼却炉の投入ホップ入口部に設置する。形式はスクリュ式を用いる。

#### 3) 焼却炉

従来の階段式汚泥焼却炉に対し炉内の乾燥機能を強化し、低含水率である機内二液調質脱水汚泥を、乾燥プロセスを経ずに直接焼却可能な焼却炉として開発された革新型階段炉を用いる。

階段炉の各部構成を下記に示す。概略図を図 4-5 に示す。

##### ① 投入ホップ

汚泥供給設備から供給された脱水汚泥を一時貯留する。

##### ② 供給プッシャ

投入ホップに供給された脱水汚泥を炉内へ供給する。供給プッシャは油圧により作動し、その速度にて供給量を調整可能である。

##### ③ ストーカ（火格子）

供給側から乾燥段、燃焼段、後燃焼段により構成される。ストーカ（火格子）は交互に設置された可動段と固定段にて構成され、可動段は油圧により作動する。脱水汚泥はストーカ（火格子）上を順に移動しながら、乾燥、燃焼、熾き燃焼され、灰となって炉排出部より排出される。

##### ④ 風箱および落下灰シュート

燃焼空気はストーカ（火格子）の下側の風箱から供給され、各段に最適な空気量を分配できる構造とする。また、本風箱はストーカ（火格子）の隙間から落下した灰のシュートとしての役割も担う。なお落下灰で未燃分を含むもの（主に乾燥段からの落下灰）はコンベヤにより投入ホップに戻し、それ以外は灰搬出コンベヤに送る。

## ⑤ 計測監視設備

炉内各所ならびに火格子温度を測定できるように、熱電対を設置する。炉頂部には炉内圧力制御に用いるための圧力発信器を設置し、誘引ファンにより常時炉内が大気圧以下となるように制御する。炉前には運転監視室より炉内の燃焼状態が確認できるように、カメラを設置する。

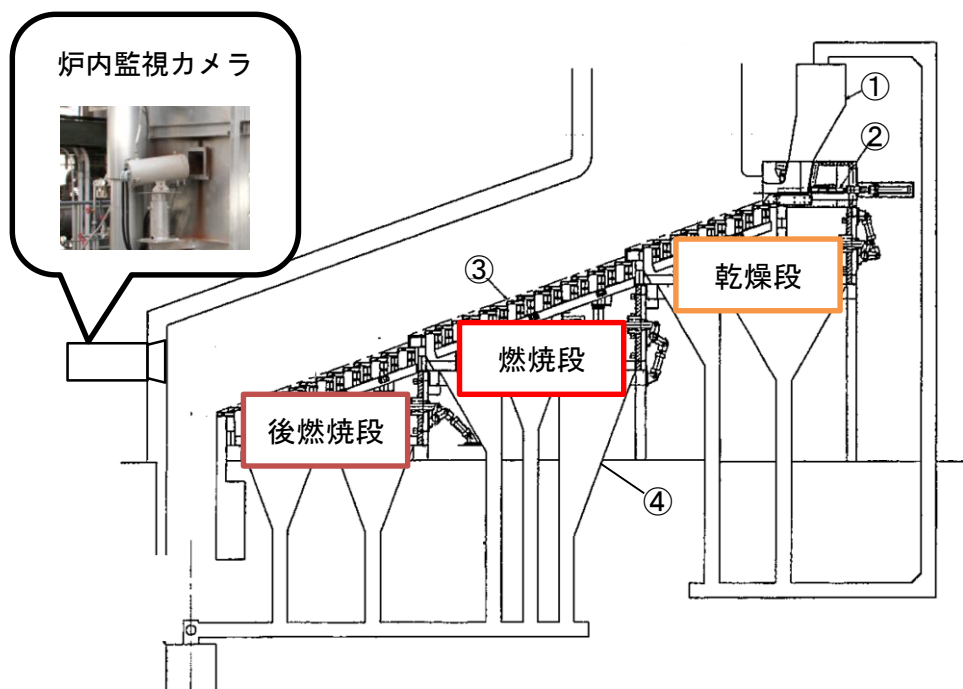


図 4-5 焼却炉概略図

焼却炉を設計する上で必要な諸数値は下記の通りであり、各数値については変動幅(図 4-2 参照)についても考慮する。

- ・日最大焼却量 (t-wet/日)
- ・脱水汚泥含水率 (%)
- ・脱水汚泥可燃分割合 (%)
- ・脱水汚泥低位発熱量 (kJ/kg-wet) または固形物当たりの高位発熱量 (kJ/kg-DS)

## 4) ストーカ油圧装置

焼却炉の供給プッシャおよびストーカ(火格子)を動作させるため設置し、油圧ポンプとタンクにより構成される。供給プッシャおよびストーカ(火格子)には油圧シリンダにより作動し、油圧配管中に設けた比例電磁弁により速度が制御される。

## 5) 補助燃焼設備

焼却炉の立ち上げ時や炉出口の排ガス温度低下時に使用するもので、主に炉内を昇温させるための焼却炉バーナ、および補助バーナを用いる。本設備は、施設規模や使用する補助燃料に応じて、最適な形式を用いる。

## 6) 燃焼空気ファン

汚泥の燃焼用空気を、空気予熱器等を經由して炉内に送気するためのものである。燃焼空気ファンとしては一次燃焼用空気用と二次燃焼用空気用に各々一台とする。なお予備機は設けない。

風量は図 4-2 で示す範囲の脱水汚泥含水率、可燃分割率の変動等を見込んで設定する。静圧は吸気口から炉までの各機器、ダクト等の圧損に応じたものとするが、概ね 4~6kPa 程度の範囲となる。

風量調整はダンパまたはインバータにより、ダクト中に設けた流量計の流量が設定値となるように制御する。

## (4) 熱回収設備の設計

本設備は排ガスから熱回収を行い、蒸気を発生させる廃熱ボイラーと、燃焼空気を昇温させる空気予熱器により構成される。そのため、燃焼空気を昇温させ、かつ廃熱ボイラーにより効率的に熱回収できるような設備全体での最適設計を行う必要がある。各機器の設計上の留意点を下記に示す。

## 1) 廃熱ボイラー

燃焼排ガスの保有熱量を水と熱交換し、プロセスおよび発電用熱源等として利用するための蒸気を発生させる装置であり、形式はボイラー水の温度による比重差によってボイラー水を循環させる自然循環式水管ボイラーを基本とする。概略図を図 4-6 に示す。構造は縦または横に配列された水管の上部に汽水胴（ボイラードラム）を設けており、水管の外側を燃焼排ガスが通過し、水管の内部で加熱され汽水胴（ボイラードラム）で蒸気が発生する構造となっている。なお、蒸気を飽和温度以上とする場合は過熱器を付随させる。

また、ボイラー水管に付着したダストを払い落とすため、煤吹装置（空気式または蒸気式）を付随させる。煤吹装置は定期的に自動運転を行う。払い落とされたダストは、本体下部のシュートからボイラーダスト排出コンベヤにより、灰搬出コンベヤに排出される。さらに、気缶内が設定圧以上になった場合に、装置保護のため圧力を逃す安全弁を具備する。

給水条件については、選定する発電方式により異なるため、条件に応じて軟水装置または純水装置を設ける。

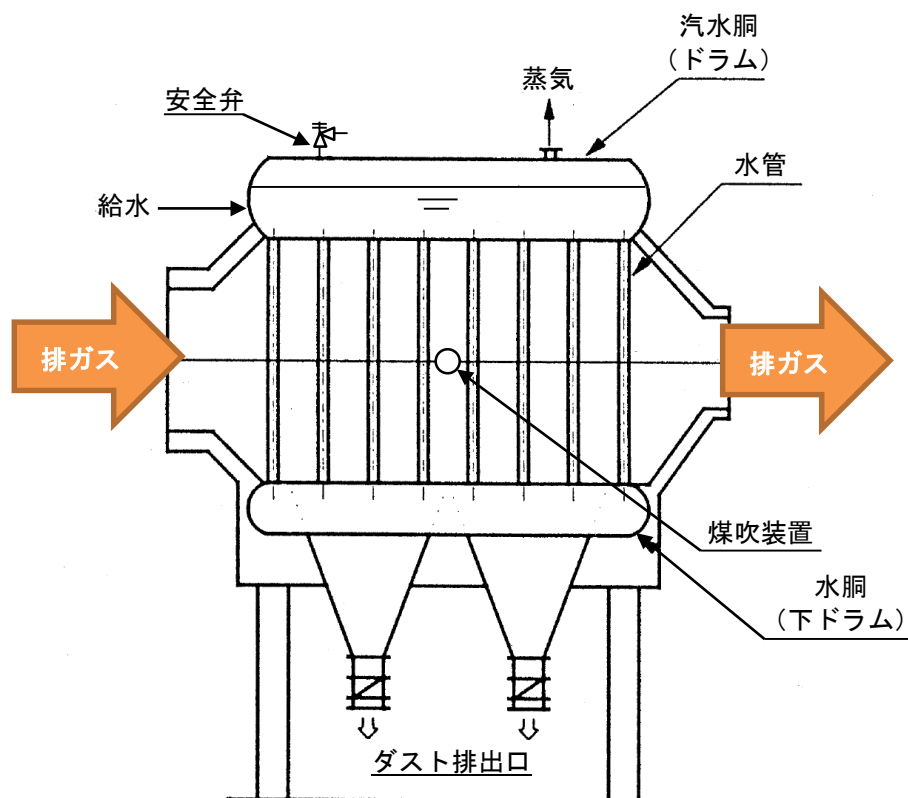


図 4-6 廃熱ボイラー概略図

廃熱ボイラーを設計する上で必要な諸数値は下記の通りであり、各数値については脱水汚泥性状の変動幅（図 4-2 参照）を考慮する。

- ・排ガス温度（入口・出口）（℃）
- ・排ガス量（湿・乾）（ $\text{m}^3/\text{h}$ ）
- ・排ガス組成（ $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  等）（%）
- ・回収蒸気圧力（MPaG）および温度（℃）

上記数値から検討された発生蒸気量から、ボイラーの常用蒸気量と最大蒸気量を決定し、付帯機器の容量計算に使用する。廃熱ボイラーの付帯機器としては下記の通り。

#### ① ボイラー給水ポンプ

廃熱ボイラーに給水するためのポンプである。形式は多段または単段タービンポンプ等の適切な揚程のものを選定する。給水量は発生蒸気量に応じて制御する。

なお、ボイラー給水ポンプは故障停止時に給水が止まると廃熱ボイラーが空焚きとなるため、保安上予備機を設ける必要がある。また停電時においても速やかに運転開始できるよう、非常用発電機との連携などを考慮する。

② ボイラー薬注装置

ボイラー水の水質を基準値内に維持するために、ボイラー水配管中に規定の薬品を注入する装置であり、貯留タンクと注入ポンプにより構成される。ボイラー薬品は使用する上水の水質や、軟水または純水により注入量を決定する必要がある。

③ 軟水装置または純水装置

軟水装置はボイラー給水として利用する水中に含まれるカルシウムイオンやマグネシウムイオンなどの陽イオンを、イオン交換樹脂の働きでナトリウムイオンに置き換える働きを持つ装置である。カルシウムイオンやマグネシウムイオンは、濃度や pH、温度など条件が揃うと、二酸化炭素や、イオウ化合物やリン酸などと結合してスケールを析出させる。スケールはボイラー水管内に付着して、伝熱効率を低下させたり水の流路を狭めたりする。しかしナトリウムイオンは解離性が高く、完全に水分を失わない限り析出しにくい（スケール化しにくい）ため、スケールによるトラブルを防ぐことができる。イオン交換樹脂の再生には、食塩水（塩化ナトリウム）を用いるため、ユーティリティとして工業塩を用いる。

発電に復水タービン方式を採用する場合など蒸気が高圧の条件においては、ナトリウムイオンまで除去した純水を用いる必要があり、純水装置を用いる必要がある。純水装置は陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂により構成されており、その再生には塩酸ならびに苛性ソーダが用いられる。

④ 水冷式蒸気復水器

水冷式蒸気復水器は、蒸気を復水化させるための装置である。構造は多管式（シェル&チューブ式）を基本とする。

容量としては、発生した蒸気をすべて復水化できる能力とし、その能力を満足できる冷却水量を確保する。

⑤ 復水タンク

廃熱ボイラーで発生した蒸気を復水化させた後の復水の受け入れに用いる。また、軟水装置や純水装置により処理された上水を補給する。

⑥ 脱気器

ボイラー水中に溶存する酸素はボイラー内部の金属材料を腐食させる。よって、ボイラー水中の溶存酸素を抜き取るために原則として脱気器を設置し、水に蒸気を直接接触させ水の沸点で溶存酸素の溶解度をゼロにする。

## 2) 燃焼空気予熱器

熱源として蒸気または排ガスから熱回収を行う。蒸気式の形式としては、多管式（Uチューブ式、シェル&チューブ式）、フィンチューブ式があり、ガス式としては多管式（シェル&チューブ式）、プレート式、輻射式等があるため、熱源の条件等により、最適なものを選定する。

本システムでは、燃焼空気を昇温させるとともに、廃熱ボイラーにて効率的に熱回収できるような設備全体での最適設計を行う必要がある。

## (5) 排ガス処理設備の設計

本設備は従来の排ガス処理設備と同様であるため、従来同様に設計を行うことができる。汚泥焼却設備の規制物質は、一般に窒素酸化物、ばいじん、硫黄酸化物、塩化水素である。

窒素酸化物濃度は250ppm以下であり、特別な場合を除き脱硝設備を考慮する必要はない。ここで言う特別な場合とは、上乘せ基準あるいは総量規制等による規制を受ける場合をいう。

ばいじん、硫黄酸化物、塩化水素については排ガス集じん器（バグフィルタ、電気集じん機等）および排煙処理塔などの従来の排ガス処理方式を導入することで、十分に規制値を満足することができる。

ダイオキシン類については燃焼温度800℃以上、CO濃度100ppm以下（一時間平均）の規制があるため、これらの条件を満たすように焼却炉の運転管理を行う。

さらに排気筒からの排ガス放出に対し、白煙（蒸気）を出さないことが要求される場合、白煙防止空気の排ガスへの導入や、排ガス再加熱等の設備の検討が必要である。

各機器の設計上の留意点を下記に示す。

### 1) 排ガス集じん器

排ガス中のばいじんを捕集するためのものである。形式としてはバグフィルタ、電気集じん機がある。なお、階段炉の排ガス中のばいじん量は、焼却灰の大半が炉底部から排出されることから、従来の気泡流動炉と比較して1/20以下と著しく低い。

### 2) 排煙処理塔

排ガス中の硫黄酸化物、塩化水素等を洗浄除去すると同時に、排ガスの冷却・減湿を行うものである。このため冷却水およびアルカリ薬液である苛性ソーダを供給する。構造は従来から使用されているもの（トレイ式、充填式等）と同じであり、排煙洗浄水を循環使用するための循環ポンプおよび苛性ソーダ供給ポンプが付属する。

### 3) 誘引ファン

排ガスが通過する各機器の圧力損失をまかない、焼却炉内を大気圧以下で運転するため、排ガスを誘引して排気筒へ圧送するものである。誘引ファンの形式はプレートファンやター

ボファンとする。設備容量としては、脱水汚泥の変動幅（図 4-2 参照）から算出される排ガス量から決定する。

制御は炉内圧力が一定となるよう、吸い込み側に設置した炉圧調整ダンパ方式、または消費電力を低く抑えられるインバータ方式のいずれかとする。

比較的騒音が大きいため、必要に応じて室内に設置する。

#### 4) 排ガス再加熱器

排ガス中の水分が排気筒出口において大気に接触し白煙となるのを防止するため、排ガスを再加熱し、大気放出時に白煙が生じないようにするためのものである。熱源として蒸気または排ガスとする。蒸気式の形式としては、多管式（Uチューブ式、シェル&チューブ式）、フィンチューブ式があり、ガス式としては多管式（シェル&チューブ式）、プレート式があるため、熱源の条件等により、最適なものを選定する。

なお、蒸気式の場合は排ガスを間接加熱し、ガス式の場合は白煙防止用空気を加温した後排ガスと混合させることで排ガスを昇温させる。その場合は白煙防止用空気ファンが必要となる。

設計条件として、大気温度および湿度を設定し、設備容量を決定する。

#### 5) 排気筒

煙突の代わりに排ガスを大気に放出するためのもので、排煙処理塔頂部に設置される。排気筒までの排ガスダクトには、各種排ガス濃度を連続測定するための分析計の検知器を設置する。

### (6) 灰搬出設備の設計

本設備は従来の灰搬出設備と同様であるため、従来同様に設計を行うことができる。各設備の設計上の留意点を下記に示す。

#### 1) 灰搬出コンベヤ

焼却炉から排出される主灰、ならびに廃熱ボイラー等から排出されるダストを灰バンカまで搬送するためのものである。形式はフライトコンベヤとする。なお、湿灰での搬出を基本とするため水封式とする。乾灰で排出することも可能である。

#### 2) 灰バンカ

灰搬出コンベヤにて搬送された焼却灰を一時貯留するためのものである。焼却灰は湿灰搬出の場合飛散することがないため、流動焼却灰のような特殊なローリー車での搬出は不要で、ダンプトラックにて排出が可能である。灰バンカはダンプトラックへの排出を考慮し、カッターゲート式を標準とする。

乾灰排出の場合、微細な灰の一部が飛散することがあるため、必要な対策を行う。  
貯留容量は5日間程度を標準とするが、排出先の状況に応じた容量にて決定する。

### 3) 破碎・粉碎設備

灰の引き取り条件により、微粉化させる必要がある場合には、破碎・粉碎設備を設ける。

## (7) ユーティリティ設備の設計

本設備は従来のユーティリティ設備と同様であるため、従来同様に設計を行うことができる。  
各機器の設計上の留意点を下記に示す。

### 1) ろ過水給水設備

本システム内の機器冷却水などろ過水を給水するためのポンプ等を示す。エネルギー回収設備のみならず、低含水率化設備、エネルギー変換設備における必要量も加味する。形式は通常、渦巻ポンプとする。また、給水ユニット方式を用いることも可能である。

### 2) 燃料供給設備

補助燃料にA重油や灯油を用いる場合、貯留タンクと供給ポンプの設置が必要となる。いずれも危険物であるため、消防法に基づき届出を行う。設置にあたっては、消防法に準拠した対策を行う。

貯留容量については立上に必要な量や、受入頻度を考慮して決定する。

### 3) 苛性ソーダ供給設備

排煙処理塔に必要な苛性ソーダを貯留・供給するためのもので、タンク本体、液位計、供給ポンプにより構成される。使用する苛性ソーダの濃度に応じた設備とする必要があり、48%で受け入れる場合、必要に応じて希釈用攪拌装置や給水装置、冬季の凍結を考慮してヒータ等による加温が必要となる。

貯留容量は標準的には使用量の3～10日分とするが、受入頻度を考慮して決定する。

供給ポンプは排煙処理塔循環水のpH制御ができるよう、流量調整可能な方式を用いる。

### 4) 空気供給設備

制御用・作動用・ページ用および廃熱ボイラーの煤吹き用等の圧縮空気を確保するために設ける。騒音、振動等を考慮した形式を標準とする。なお、形式によっては騒音・振動防止法において特定施設として扱われるため、一般に防音室内に設置する。また空気圧縮機の付属として、空気使用量の変化に対応するため空気槽を設け、制御用・作動用空気の除湿のため除湿器を設ける。



## 5) 排水設備

各所からの排水を水処理側に返送するために設ける。自然流下により水処理側に返送できる場合は、本設備は不要となるため、施設状況に合わせて設計を行う。

## (8) 計測設備の設計

計測設備については従来と同様であるため、従来同様に設計を行うことができる。各設備における主な計測項目を表 4-8 に示す。

表 4-8 エネルギー回収設備の主な計測項目

設備名称	計測項目
汚泥貯留・供給設備	バンカ重量、脱水汚泥供給量
焼却炉	炉内圧力・温度、燃焼空気量（空気比）・圧力・温度、 炉出口排ガス温度、補助燃料使用量
熱回収設備	ボイラードラム水位・圧力、蒸気流量・圧力、給水流量・温度、 ボイラー水電気伝導度、復水タンク水位、排ガス温度・差圧
排ガス処理設備	排ガス圧力・温度・流量、 排煙処理塔液位・冷却水量・内部ガス温度・排水温度・循環水 pH、 排ガス O <sub>2</sub> 濃度・SO <sub>x</sub> 濃度・NO <sub>x</sub> 濃度・HCl 濃度・CO 濃度 ・N <sub>2</sub> O 濃度・ばいじん濃度
灰搬出設備	灰バンカ重量
ユーティリティ設備	ろ過水水位・流量、補助燃料貯留量、苛性ソーダ液位・流量

## (9) 安全対策

従来の汚泥焼却設備と同様の安全対策（火傷防止、落下・転落防止、巻込まれ防止、酸欠防止等）を行う。また脱水汚泥が滞留する個所、脱水汚泥が加温される個所（焼却炉）、排気、排水等、臭気の発生が予想される個所には必要に応じて、密閉または臭気吸引及び換気を行い、捕集した臭気は脱臭処理を行う。

脱臭方式としては焼却炉の燃焼空気として炉内に送風する燃焼脱臭を基本とする。焼却炉停止時は、既存施設での処理を基本とするが、既存施設が無い場合、脱臭条件等を考慮の上、適切な脱臭方式を選定する。

なお、低含水率化設備より発生する低含水率脱水汚泥は、無機凝集剤であるポリ硫酸第二鉄を使用しているため、S 分を含む臭気物質を抑制する効果がある。そのため、従来の一液調質脱水汚泥と比較した場合の臭気濃度は低いという特徴がある（資料編 1.5 その他の実証研究結果 P. 151, 152 参照）。

**§ 26 エネルギー変換設備の設計**

基本計算を基に、エネルギー変換設備の設計を行う。

- (1) 設計条件の設定
- (2) 蒸気発電機の設計
- (3) ユーティリティ設備の設計
- (4) 電気・計装設備の設計
- (5) 安全対策

**【解説】****(1) 設計条件の設定**

設備設計を行うに当たってはエネルギー回収設備の稼働時間や負荷率を加味した上で設定を行う必要がある。また、§ 20 の基本計算に基づいた、発電量の算定結果から決定する。

**(2) 蒸気発電機の設計**

蒸気発電機は § 20 で選定した発電方式に応じた設備設計を行う。各蒸気発電機の設計上の留意点を下記に示す。

**1) 小型蒸気発電機**

本発電機は供給蒸気量および供給蒸気圧力と排蒸気の圧力差により性能が決まる。仕様・性能はカタログ等にて決定する。

ユーティリティは潤滑油装置の冷却水としてろ過水が必要であるが、水質によっては適用できない場合があるため、その場合上水を用いるか、潤滑油冷却器の材質変更を行う。

非常停止時を考慮して、本発電機をバイパスする蒸気ラインを設ける (図 4-6)。

**2) バイナリー発電機**

本発電機は熱源に低圧蒸気を用いる方式を選定する。一般的に供給蒸気量および圧力、冷却水量および温度により性能が決まる。仕様・性能はカタログ等にて決定する。また、小型蒸気発電機との組み合わせが可能である。

ユーティリティとして、冷媒を凝縮させるための冷却水としてろ過水が必要である。冷却水は比較的多量に必要であることから、必要水量の確認を行うとともに、使用した後についても排ガス処理設備の冷却水に使用するなど、システム全体としての必要量が少なくなるよう設定する。

非常停止時を考慮して、本発電機をバイパスする蒸気ラインを設ける (図 4-7)。

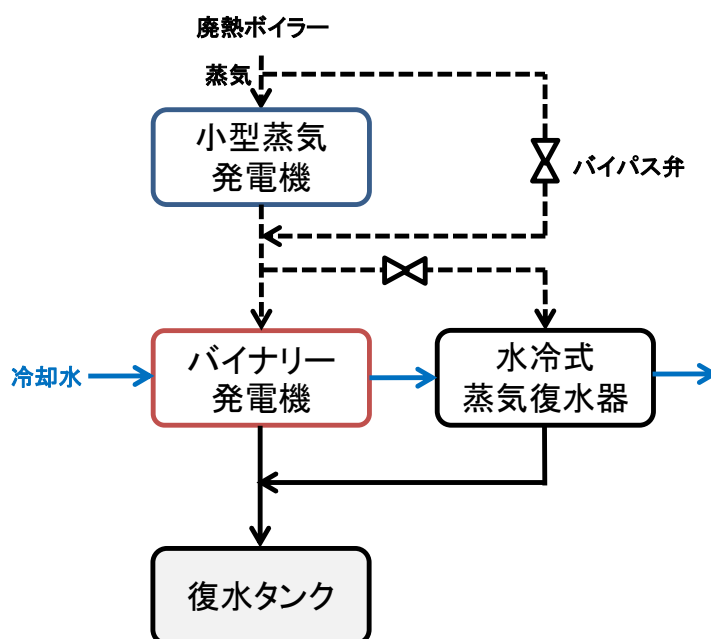


図 4-7 蒸気発電機のバイパスライン

なお、参考として復水タービン発電の設計上の留意点を下記に示す。

※復水タービン発電

本発電方式は供給蒸気量および供給蒸気圧力と排蒸気の圧力差により性能が決まる。

本発電方式の蒸気品質については、不純物が含まれるとタービンブレードに付着物が生じ、付着物による錆はブレードの繰り返し曲げ応力を低下させる要因となることから、ボイラー水質を考慮する。

復水タービン発電の付属品の各部構成を下記に示す。

① 水冷復水器

蒸気タービンの出口蒸気圧力を真空まで減圧させるため、冷却水にて蒸気を復水化させる。

② 復水ポンプ

水冷復水器からの復水を復水タンクに送水するためのポンプである。

③ 潤滑油装置

蒸気タービンの各所の潤滑油の供給に用いる。

(3) ユーティリティ設備の設計

本設備のユーティリティ設備としては、ろ過水給水設備が必要であるが、本設備のみに使用

するものではないため、各機器での使用量を把握した上で、エネルギー回収設備のユーティリティ設備の設計にて合わせて行うこと。

#### (4) 電気・計装設備の設計

蒸気発電機は機種により電圧が決まっているが、必ずしも施設の電圧と一致するとは限らない。その場合、電圧を一致させるための変圧器が必要となる。

また、発電電力を系統連系させるためには、系統連系リレー盤（保護継電器）の設置が必要であるため、電力会社との連系協議結果に基づき仕様を決定する。発電量が消費電力を上回る場合など、一定量の消費電力以下になれば保護継電器からの動作信号により、蒸気発電機を停止させる。

計装設備については、採用する蒸気発電機に必要な計測機器を設ける。各ラインにおける主な計測項目を表 4-9 に示す。

表 4-9 エネルギー変換設備の主な計測項目

ライン名称	計測項目
蒸気	流量計、圧力計、温度計
冷却水	流量計、圧力計、温度計
潤滑油	温度計
冷媒	温度計

#### (5) 安全対策

蒸気発電機は機種毎に電気事業法に準じて、必要な保安装置（非常停止装置等）を有している。そのため、基本的には蒸気発電機側で異常時は停止する制御としているため、特段の安全対策は不要である。

### § 27 監視制御システム

本システムの運転操作・監視と自動運転制御、運転データ管理を行うための設備の設定をする。

#### 【解説】

監視制御システムは、本システムの運転を監視制御し、運転情報を処理する PLC (Programmable Logic Controller) などのデジタル制御機器及び、現場盤、補助リレー盤等からなる運転操作設備、操作室における監視操作盤などの監視制御設備などから構成される。

監視制御システムの設定にあたっては、全体計画、管理体制、操作員の技術レベル、監視制御方式、経済性等を考慮し、各設備の機能を十分に活用して、目的に適合するものを導入する必要がある。

本システム導入時は、システム全体が監視できるものとする必要があるため、低含水率化設備からエネルギー変換設備まで同一の監視制御システムで構成する必要がある。しかし、既存設備からの更新の場合、脱水側と焼却側で別のシステムを使用していることもあり、そうした場合には適切に改造を行う必要がある。