

## 第4章 計画・設計

### 第1節 導入計画

#### § 18 計画の手順

本システム導入に関する計画は、以下の手順で実施する。

- (1) 基本条件の設定
- (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】

第3章 導入検討において、期待した導入効果が見込まれると判断された場合、その導入シナリオに基づき、図4-1に示す手順にて導入計画を立案する。

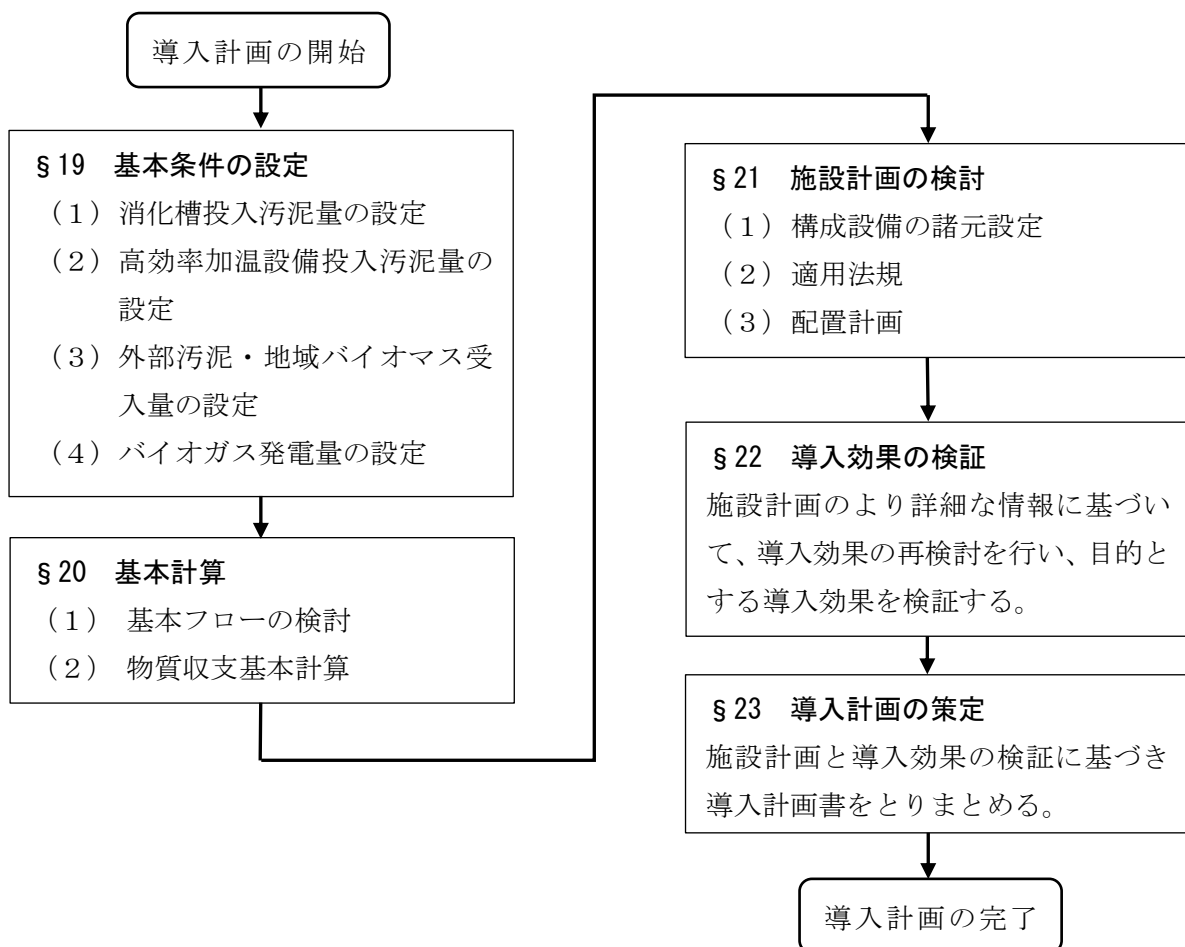


図4-1 導入計画手順

### § 19 基本条件の設定

導入計画の検討に先立ち、以下の基本条件の設定を行う。

- (1) 消化槽投入汚泥量の設定
- (2) 高効率加温設備投入汚泥量の設定
- (3) 外部汚泥・地域バイオマス受入量の設定
- (4) バイオガス発電量の設定

#### 【解 説】

##### (1) 消化槽投入汚泥量の設定

消化槽投入汚泥量は、計画日最大流入水量時に発生する混合濃縮汚泥量（重力濃縮汚泥～機械濃縮汚泥）を対象とし、計画する消化槽の容量及び系列数によって、消化槽1槽あたりの計画投入量を消化日数によって設定する。外部汚泥・地域バイオマスの受入を行う場合、原則として消化日数20日を確保するものとする。

また、消化槽に投入する濃縮汚泥のTS及びVSは、消化設備における有機固形物減量及びバイオガス発生量に大きく影響する。また、季節変動もあるため、過年度の維持管理年報等を参考に平均値を算出し、適切なTS及びVS値を設定する。

##### (2) 高効率加温設備投入汚泥量の設定

高効率加温設備は、既設の消化設備に付加できる加温機能を伴った設備であり、投入する脱水汚泥量は、可溶化投入率により設定される。可溶化投入率は下式で表され、可溶化投入率が高ければ高いほど、高効率加温設備に供する汚泥量が増大する。

$$\text{可溶化投入率} = \text{可溶化投入脱水汚泥 (TS)} \quad \div \quad \text{消化槽投入混合汚泥 (TS)}$$

可溶化投入率とその効果因子の関係を図4-2に示す。

可溶化投入率が増大すると、消化率が上昇傾向となるが、消化槽加温熱量も増加傾向となる。夏場においては、熱の過剰投入につながるため、運転時間の増減で可溶化投入率を調整することとなる。冬期においては高効率加温設備の運転だけでは消化槽加温熱量が不足する可能性があり、その場合は消化槽への蒸気による直接加温を行い、不足分の消化槽加温熱量を補う。

可溶化投入率の目安として、実効性のある値は、0.4～0.7であるが、基礎調査で水処理への負荷に対して、制約がある場合は、可溶化投入率は0.4～0.55とし、その場合の脱水分離液（洗浄水を除く）のCOD<sub>Mn</sub>は、350～400 mg/L、窒素は500～700 mg/L程度と推定される。また、オキシデーションディッチ法の処理場で発生した脱水汚泥を含む場合は、COD<sub>Mn</sub>は、400～500 mg/L、窒素は1,000 mg/L程度と推定される。

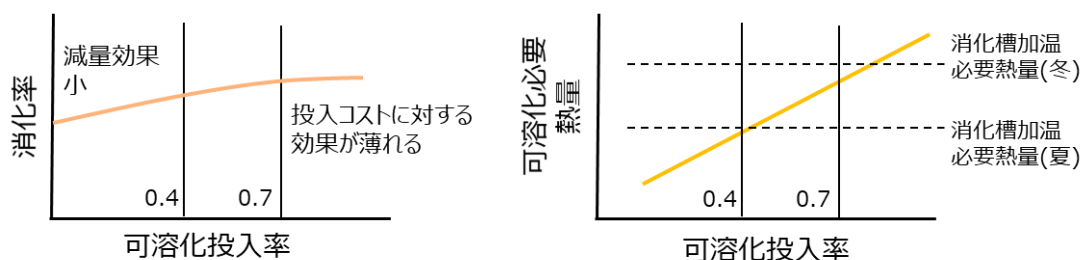


図 4-2 可溶化投入率とその効果因子

高効率加温設備は、ボイラーの運転を伴うため、ボイラーの運転時間内で、設定した可溶化投入率で投入できる脱水汚泥量を設定する。

また、外部汚泥・地域バイオマスのうち、外部汚泥については、高効率加温設備を経た後消化槽への投入となるため、(3)で設定する外部汚泥の受入量で設定した量を高効率加温設備投入汚泥量に加算する。

高効率加温設備へ投入する脱水汚泥量は、汚泥削減計画ばかりでなく、消化槽への熱供給計画に直結する。汚泥削減計画及び熱供給計画の策定に際し、消化槽投入汚泥量決定から高効率加温設備投入汚泥量の設定及び熱利用計画策定までの手順を図 4-3 に示す。

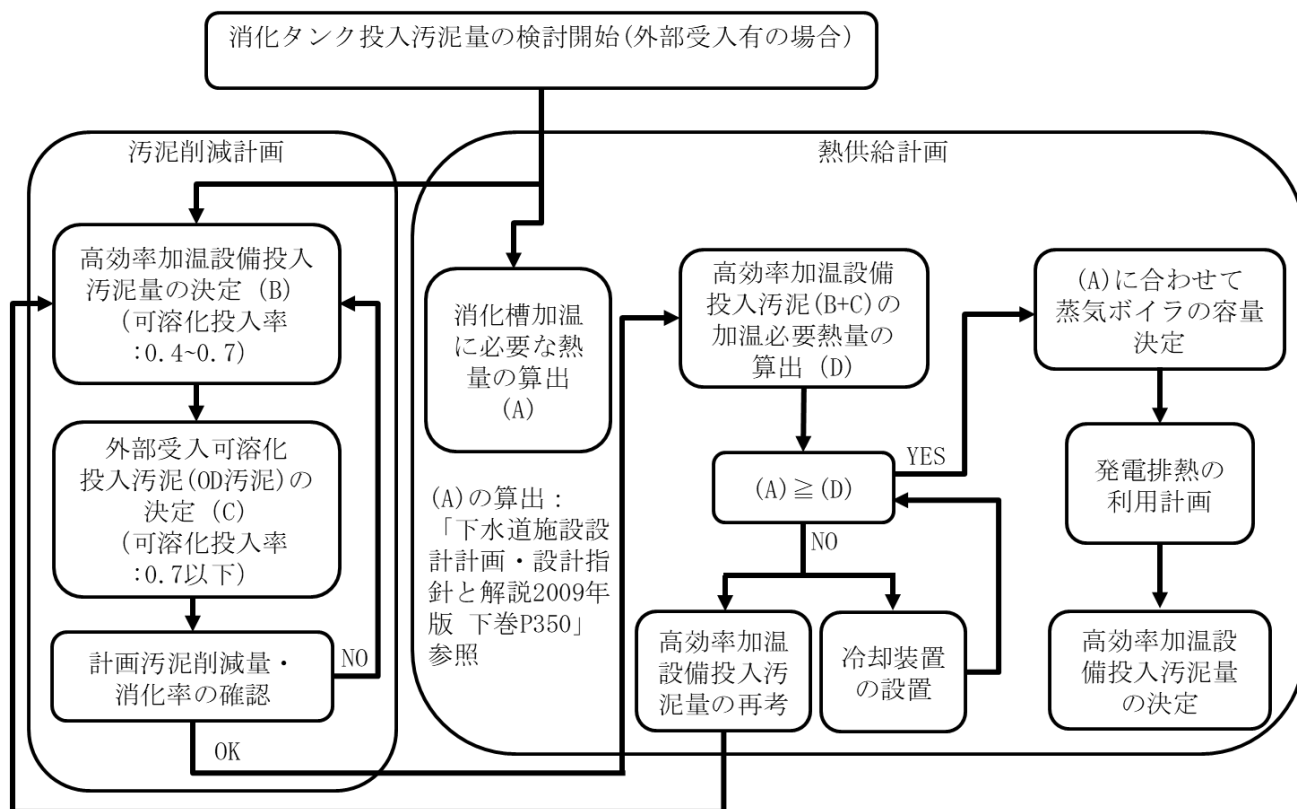


図 4-3 熱利用計画の策定手順

### （３）外部汚泥・地域バイオマス受入量の設定

外部汚泥・地域バイオマスの受入については、投入濃縮汚泥による負荷に対して、消化槽容量に余裕があることが前提で、以下の検討を行って受入量を設定する。

- 1) 消化日数について、投入濃縮汚泥基準で消化日数が 20 日、外部汚泥、地域バイオマスを投入した場合の消化日数が 15 日程度になるように設定する。
- 2) 外部汚泥を熱可溶化して投入する場合、少量の投入でも消化槽への固形物負荷が大幅に上昇する場合も想定されるため、固形物負荷に留意して、投入量を設定する。
- 3) 上記 1) 2) のほか、外部汚泥・地域バイオマスの受入量が変動する場合の懸念事項とその対策について、以下に列举する。
  - ① 消化槽投入量が急激に増加する場合、基質に適したメタン生成菌の増殖が追いつかず、有機酸等が蓄積して消化槽内の汚泥が酸敗する恐れがあるため、消化槽への投入量は徐々に増加させる必要がある。本実証の立上実績から、1.3 倍ずつ、5 日間/1 段階程度のペースでの負荷増を目安とするが、汚泥の酸敗等の恐れが見られるときは、更に負荷槽のペースを遅くすることに留意する。
  - ② 受け入れる外部汚泥や地域バイオマスの種類・割合が急激に変動する場合も、基質に適したメタン生成菌群への変化に時間を要するため、消化槽への投入量を一時的に抑え、徐々に増加させていくようにする。本実証での運転実績から、DS 基準での投入濃縮汚泥の 3% ずつ、5 日間/1 段階程度のペースでの負荷増を目安とするが、汚泥の酸敗等の恐れが見られるときは、更に負荷槽のペースを遅くすることに留意する。
- 4) 脱水分離液への影響について、消化槽への固形物負荷として、濃縮汚泥の 20% を外部汚泥として、高効率加温を経由して投入した場合、脱水分離液（洗浄水を除く）の  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  は 100 mg/L、窒素は 500 mg/L 程度の上昇が想定される。

### （４）バイオガス発電量の設定

算出された発生バイオガス量を、高効率加温設備による消化槽の加温設備での使用量を差し引いた分を発電利用分とする。消化槽加温に必要な消化ガスは、季節によって変動する。

発電機として、25kW 級の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を複数台設置することを想定するが、700℃ 近傍に昇温が必要な装置で、立上げ、立下げに時間を要する。そのため、安定して利用できる消化ガスのみを発電対象とし、季節変動に影響されない分を SOFC による発電量と設定する。残りの変動分については、運転・停止が容易な小型ガスエンジンを複数台設置することを想定して発電量を設定する。なお、SOFC の長期安定運転に関しては、今後の検討が必要である。

## § 20 基本計算

導入計画の検討に先立ち、以下の基本条件の設定を行う。

- (1) 基本フローの検討
- (2) 物質収支基本計算

## 【解 説】

§ 19 基本条件の設定にて設定した基本条件に基づき、基本計算を実施する。

## (1) 基本フローの検討

設定された基本条件に従い、外部汚泥・地域バイオマス受入れの有無を踏まえ、設備全体の基本フローを設定する。外部汚泥・地域バイオマス受入れありの場合の基本フロー例を図4-4、外部汚泥・地域バイオマス受入れのなしの場合の基本フロー例を図4-5に示す。

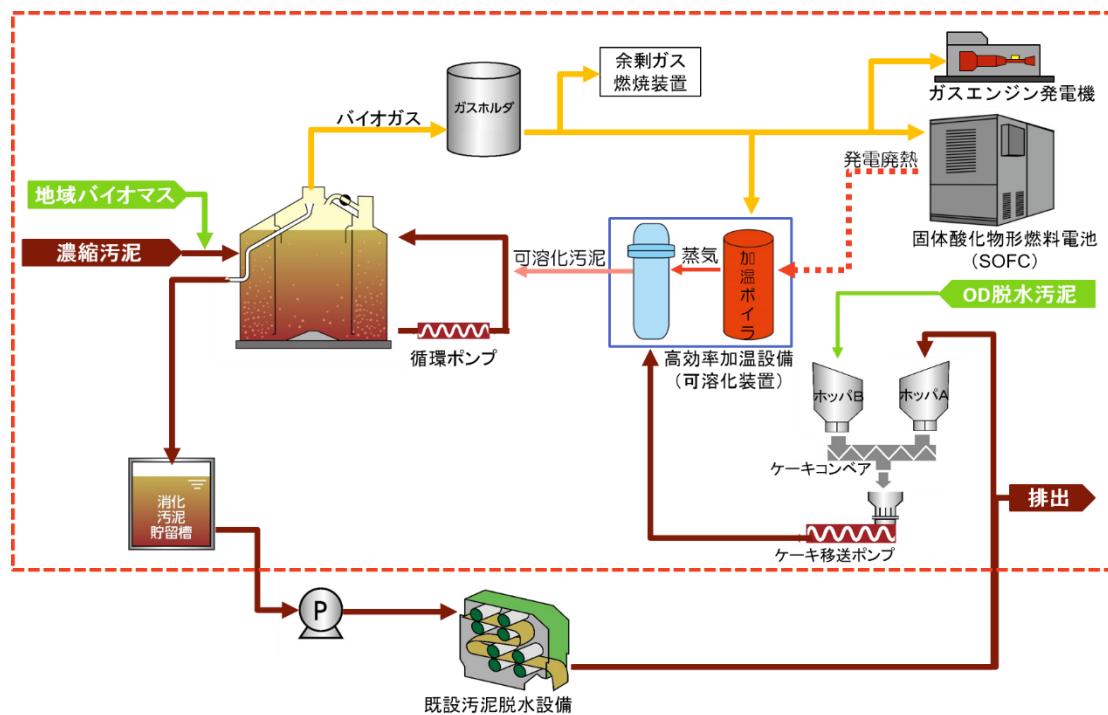


図4-4 外部汚泥・地域バイオマス受入れありの場合の基本フロー例

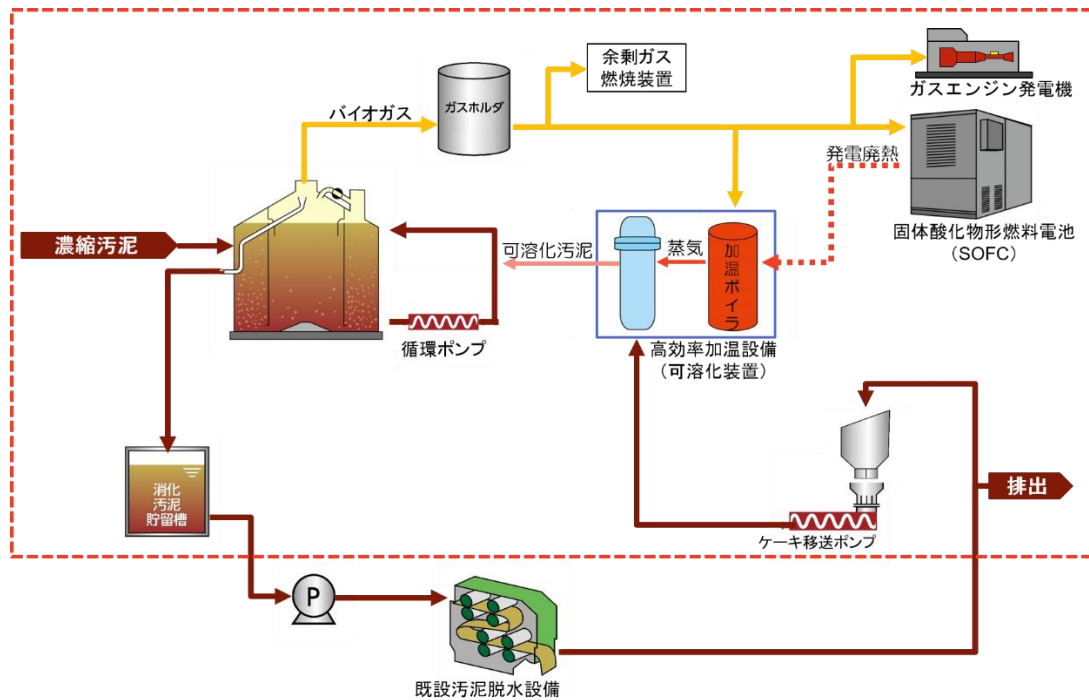


図 4-5 外部汚泥・地域バイオマス受入れなしの場合の基本フロー例

## (2) 物質収支基本計算

設定された基本フロー、基本条件に基づいて、各設備、機器の運転条件を設定して物質収支を計算する。物質収支の計算概要を図 4-6 に示す。

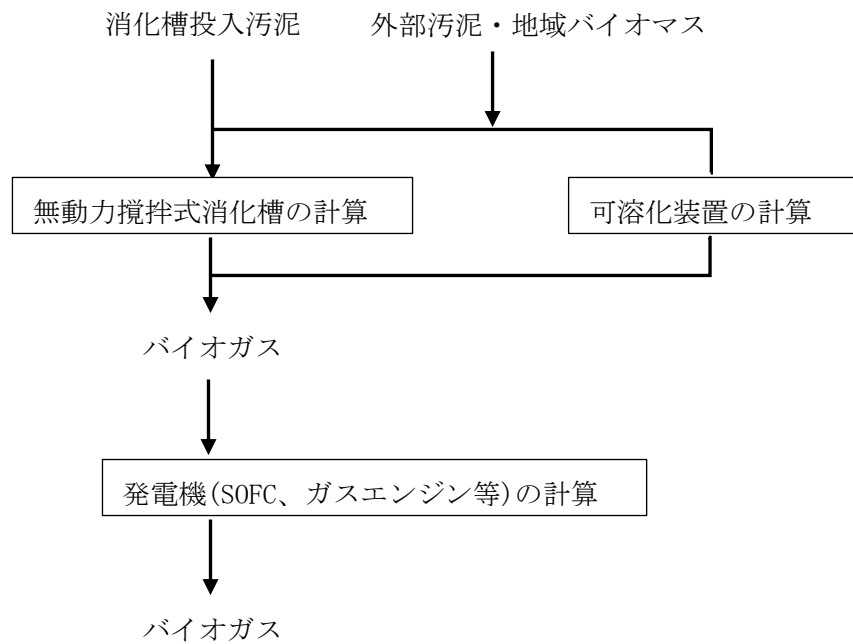


図 4-6 物質収支の計算概要

各設備における基本計算の入出力項目を以下に記す。

#### 1) 無動力攪拌式消化槽の入出力値項目

無動力攪拌式消化槽には、濃縮汚泥、地域バイオマス（食廃）スラリー、可溶化外部脱水汚泥、可溶化汚泥が投入され、消化汚泥とバイオガスが排出される。消化槽への入力値としては、濃縮汚泥量、地域バイオマス（食廃）スラリー量、可溶化外部脱水汚泥量、可溶化汚泥量とそれらの TS 及び VS となる。出力項目としては、消化汚泥量及びその TS、VS、バイオガス量及びそのメタン濃度である。無動力攪拌式消化槽の入出力値項目を図 4-7 に示す。

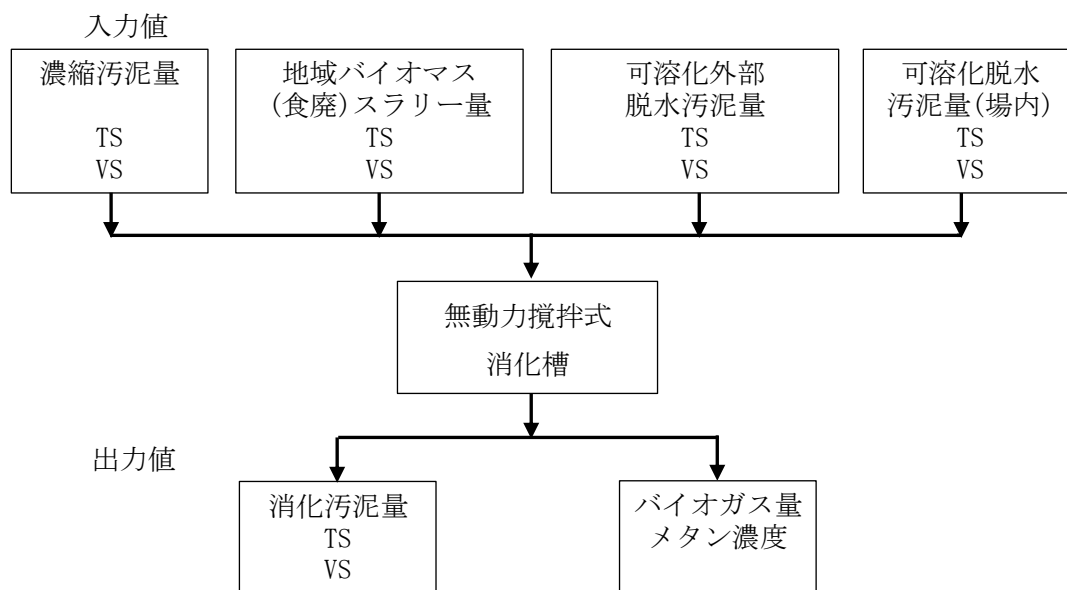


図 4-7 無動力攪拌式消化槽の入出力値項目

出力値について、消化汚泥量、TS、VS は、消化槽に投入する汚泥、地域バイオマスの量及び有機固形物 (VS) 分解率によって、積上げて算出することができる。バイオガス発生量については、投入 VS 当りのガス発生量を積み上げて算出することができる。

メタン濃度については、本システムでは、従来技術である濃縮汚泥の中温消化の場合とほとんど変わらないため、60%として扱って差し支えない。

表 4-1 に回分試験結果により得られた各種汚泥、地域バイオマスの投入 VS 及び分解 VS 当りのガス発生量と VS 分解率を示す。

表 4-1 回分試験結果より設定した各種汚泥のガス発生量、VS 分解率

| 消化槽投入汚泥       | 投入 VS 当りのガス発生量<br>[Nm <sup>3</sup> /t-投入 VS] | 分解 VS 当りのガス発生量<br>[Nm <sup>3</sup> /t-分解 VS] | VS 分解率<br>[%] |
|---------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|
| 濃縮汚泥          | 500                                          | 1000                                         | 50            |
| 可溶化脱水汚泥(場内)   | 248                                          | 750                                          | 33            |
| 可溶化外部 OD 脱水汚泥 | 248                                          | 750                                          | 33            |
| 食廃スラリー*       | 691                                          | 960                                          | 72            |

\*:食品工場の加工残渣

## 2) 高効率加温設備の入出力値項目

高効率加温設備には、消化脱水汚泥及び外部処理場で発生した脱水汚泥を圧入する。装置入口で、スチームと混合され、熱可溶化される。消化脱水汚泥と外部のオキシデーショングッチ法の処理場で発生した脱水汚泥については、それぞれの投入量の管理から、投入する時間をずらして投入することが多いと考えられる。従って、高効率加温設備の入力値項目としては、消化脱水汚泥量及び外部脱水汚泥量及びそれぞれの TS、VS、スチーム量である。出力値項目としては、可溶化汚泥量及び外部可溶化脱水汚泥量及びそれぞれの TS、VS 量である。高効率加温設備の入出力値項目を図 4-8 に示す。

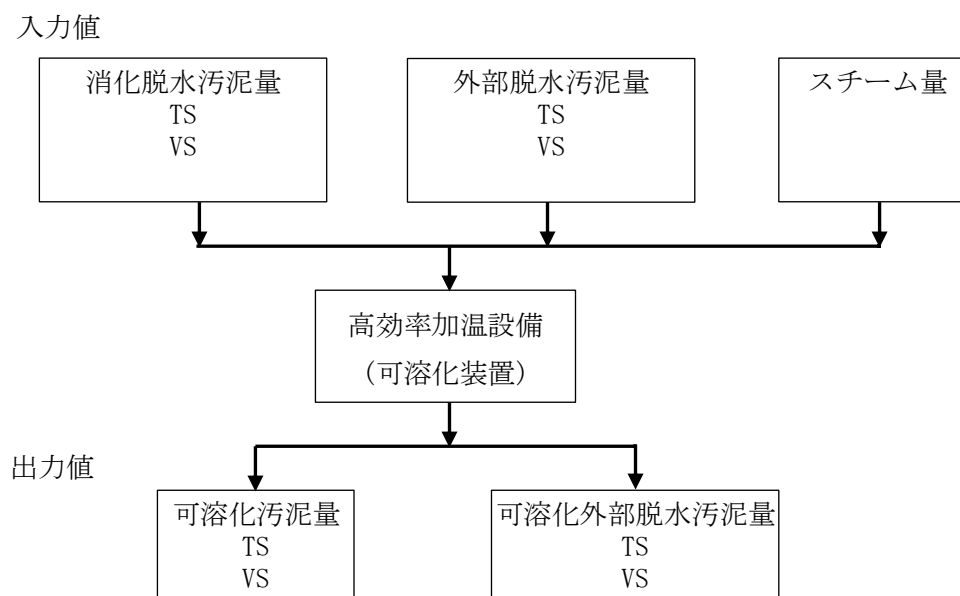


図 4-8 高効率加温設備の入出力値項目

出力値について、高効率加温設備においては、投入汚泥中の有機固形物は低分子化されるが、気体にまで分解されないため、TS、VS の総量は変わらないことに留意する。

### 3) SOFC の入出力値項

高効率加温設備の入力値項目としては、バイオガス量、メタン濃度があり、出力値項目として、発電量、排熱回収量、改質反応に必要な純水量がある。SOFC の入出力値項目を図 4-9 に示す。

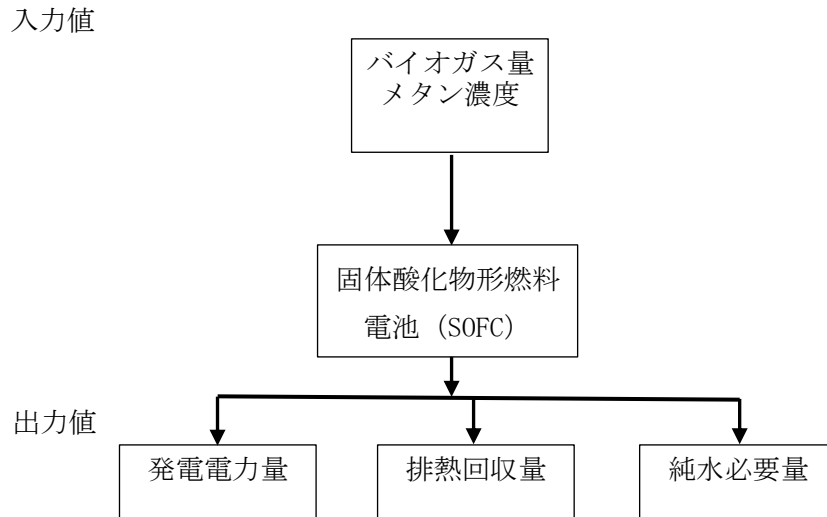


図 4-9 SOFC の入出力値項目

## § 21 施設計画の検討

- (1) 構成設備の諸元設定
- (2) 適用法規
- (3) 配置計画

### 【解 説】

#### (1) 構成設備の諸元設定

基本計算を元に、プロセスを構成する主要設備についての諸元を設定する。諸元項目を以下に記す。

- ① 能力（流量等）
- ② 形状、容量
- ③ 数量
- ④ 使用条件（温度、運転方案）
- ⑤ その他、特記事項

#### (2) 適用法規

本ガイドラインに記載されている技術の導入に当たっては、以下の適用法令の確認が必要になる。

##### 1) ガス事業法（平成 29 年改正）

ガス事業法第 105 条において、「ガス事業以外のガスを供給する事業又は自ら製造したガスを使用する事業を行う者」を「準用事業者」として規定している。消化設備を有する下水処理場は「準用事業者」に該当する。「準用事業者」は、その事業を開始したときは、遅滞なく、管轄の経済産業省産業保安監督部長に準用事業開始届出書を提出しなければならない。無動力攪拌式消化槽は、「ガス発生設備」に該当するため、設置又は変更を行った場合は、ガス事業法第 106 条に基づき、設置（変更）届出書の提出が必要となる。

##### 2) 労働安全衛生法

高効率加温設備内の熱可溶化を行う熱可溶化タンクは、タンク内に汚泥を受入れ、スチームを吹込むことによって加熱する容器であり、容器内の圧力が大気圧を超え、かつ、最高使用圧力 (MPaG) と内容積 (m<sup>3</sup>) の積が 0.004 以上となるため、労働安全衛生法施工令第 1 条第 5 項イ号の規定に該当し、第一種圧力容器に該当する。

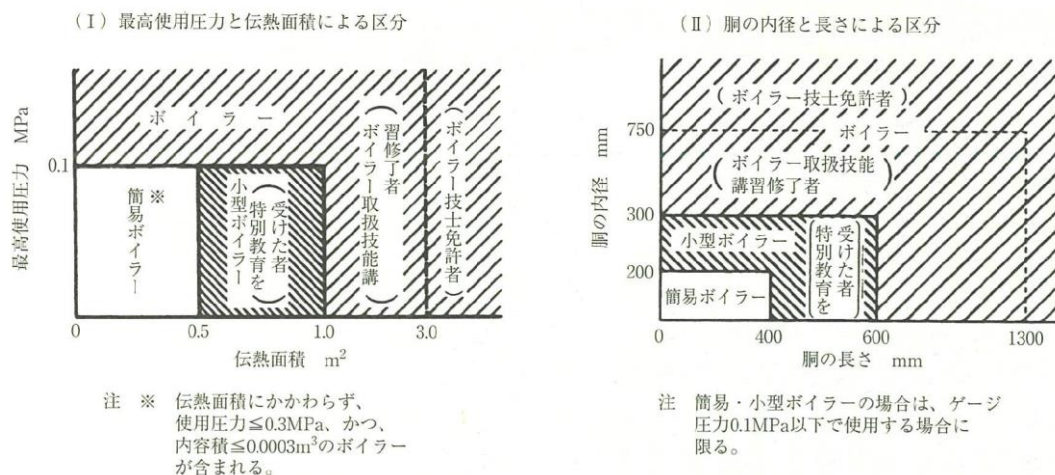
第一種圧力容器については、製造許可を受けている事業者によって製作されなくてはならず、また、構造検査、溶接検査を受検する必要がある。

設置に際しては、第一種圧力容器設置届に第一種圧力容器明細書等を添付して、所轄の労働基準監督署長に提出しなければならない。また、設置時に、落成検査を受検する必要がある。また、設置後は年 1 回の性能検査を受検する必要がある。

高効率加温設備に熱源を供給する蒸気ボイラーの型式は、炉筒煙管ボイラー又は、貫流ボイラー

が選定される。ボイラーは、その大きさ、圧力、型式、伝熱面積によって、ボイラー、小型ボイラーに区分される（図4-10参照）。

#### (a) 炉筒煙管ボイラーの適用区分



#### (b) 貫流ボイラーの適用区分

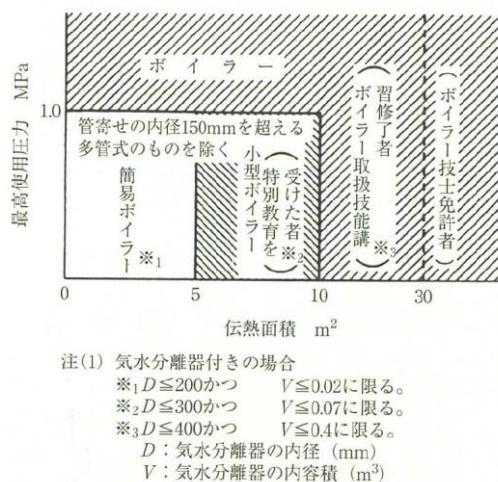


図4-10 ボイラーの適用区分

〔引用〕ボイラー及び圧力容器安全規則の解説（改訂版）

平成22年発行（社）日本ボイラ協会 著 P12, 13

ボイラーについては、第一種圧力容器設置届と同様、製造許可を受けている事業者によって製作されなくてはならず、また、構造検査、溶接検査を受検する必要がある。また、設置時に、落成検査を受検する必要がある、設置後は年1回の性能検査を受検する必要がある。

小型ボイラーについては、規模が比較的小さいため、危険性も小さく、その規制も一般のボイラーに比べると緩和されている。小型ボイラーは、製造時の個別検定、設置時の設置報告が義務付けられている。

### 3) 消防法

ボイラー（小型ボイラーを含む）は、消防法の適用も受ける。工事着工前に市町村火災予防条例に基づいて火を使用する設備として設置届を所轄の消防署に提出しなければならない。条例であるため、地域のよって異なる規定もあることに留意する。（例：感震器が必要な地域がある。）

また、消化槽立ち上げを考慮して、消化ガス燃料のほかに灯油又は重油燃料にも対応できるデュアルフューエルタイプのボイラーを使用する場合は、燃料の貯蔵量によっては、危険物貯蔵所、少量危険物取扱貯蔵所として設置届が必要となる。

また、燃料電池についても、工事着工前に市町村火災予防条例に基づいて火を使用する設備として設置届を所轄の消防署に提出しなければならない（10kW 未満のものを除く）。

### 4) 建築基準法

本技術の導入にあたり、ボイラー室、地域バイオマス受入室等の建屋を建造する場合は、建築基準法に基づく申請が必要となる。高効率加温設備については、屋外設置が基本であるが、操作、運転の便宜を図るために壁のない梁、屋根のみの上屋を設ける場合も申請が必要となる場合があるので、留意する。

### 5) 電力品質確保に係わる系統連系技術要件ガイドライン

発電電力を下水処理場等で場内利用する場合、電力会社の電力系統と発電設備を連系させることとなり、電力会社に対して系統連系の申請を行い、電力会社と下水処理場を所有する自治体の間で契約する必要がある。申請に際しては、「電力品質確保に係わる系統連系技術要件ガイドライン（資源エネルギー庁）」に記載されている「連系に必要な技術要件」を満たしていなければならない。

### （3）配置計画

本システムにおいては、無動力攪拌式消化槽、高効率加温設備、外部汚泥・地域バイオマス受入設備については、メンテのための必要なスペース及び動線を確保した上で、それぞれを近傍に設置することが、配管移送距離の削減となり、建設費削減に繋がることに留意する。高効率加温設備は、屋外及び屋内の何れにも設置可能であり、脱水汚泥を圧入して可溶化するため、脱水汚泥を移送する距離を短くするため、脱水設備棟内又はその近傍に設置するスペースを確保することが望まれる。また、高効率加温設備に、外部からの脱水汚泥を受け入れる場合は、外部脱水汚泥の受入設備もその近傍に設置することが望ましい。高効率加温設備に熱源を供給するボイラーは、屋内のボイラー室に設置することになり、据付位置については、ボイラー安全規則及び消防法の適用を受けることに留意する。

SOFc については、ガス配管の長さ削減の観点から、ボイラー等の他のバイオガス利用機器の近傍に設置することが望ましい。

## § 22 導入効果の検証

§ 21 施設計画の検討で決定した施設計画のより詳細な情報に基づいて、第3章第2節で評価した導入効果の再検討を行い、目的とする導入効果が得られるか検証する。

### 【解 説】

以下の項目について、§ 21 施設計画の検討にて策定した施設計画による詳細な情報に基づいて、第3章第2節で評価した導入効果の再検討を行い、目的とする導入効果が得られるか検証する。

#### （１）事業性の検証

施設計画に基づく詳細な情報により建設費、維持管理費、発生汚泥量、バイオガス利活用による便益を再計算し、これらの数値から総費用(年価換算値)を計算して、事業性の有無を検証する。

#### （２）省エネ効果の検証

施設計画に基づく詳細な情報により、本技術導入による消費電力量及び分解 VS 当たりの電力消費量を再計算し、省エネ効果を検証する。

#### （３）エネルギー創出量の検証

施設計画に基づく詳細な情報により、エネルギー創出量を再計算し、バイオガスによる発電量増加効果を検証する。

#### （４）温室効果ガス削減量の検証

施設計画に基づく詳細な情報により、温室効果ガス削減量を再計算し、温室効果ガス排出量削減効果を検証する。

### § 23 導入計画の策定

前節までに行った施設計画と導入効果の検証に基づいて、施設計画、導入効果、計画上の留意点を盛り込んだ導入計画書を取りまとめる。

#### 【解 説】

これまでの検討結果に基づいて、本システム導入に関する導入計画書を作成する。導入計画書には、基本条件、基本計算結果、施設計画に加え、導入効果の検証結果、計画上の留意点を含めてとりまとめる。

## 第2節 施設設計

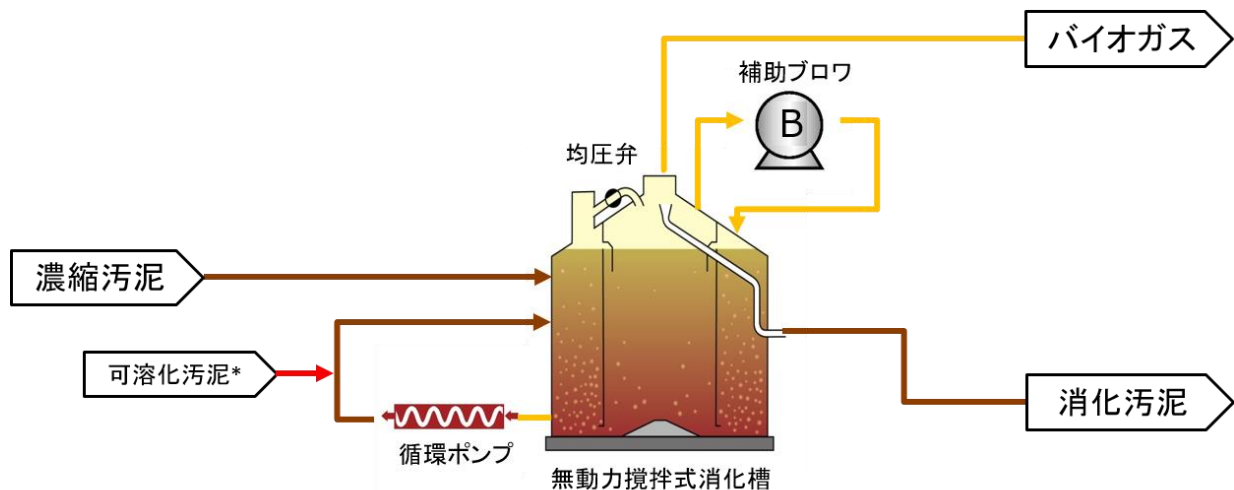
### § 24 無動力攪拌式消化槽の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、無動力攪拌式消化槽の設計を行う。

- (1) 無動力攪拌式消化槽の設計
- (2) 付帯機器の設計

#### 【解 説】

無動力攪拌式消化槽と付帯設備の構成図を図4-11に示す。



\*：本システムでは、可溶化した汚泥を消化槽に投入することで、消化槽を加温する方式で、従来技術の間接加温で設置されるスパイラル熱交に代わって、可溶化汚泥と消化汚泥の混合管が設置されることになる。

図4-11 無動力攪拌式消化槽と付帯設備

#### (1) 無動力攪拌式消化槽の設計

無動力攪拌式消化槽は、消化槽内にて発生する消化ガスの圧力を利用して消化槽内に水頭差を発生させ、その水頭圧により機械的な動力を用いず消化槽内の攪拌を行うものである。設計にあたっては、表4-2に示す仕様、条件に基づいて設計する。

表 4-2 無動力攪拌式消化槽の仕様、条件設定

|      |                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 材質   | 鋼板製又は RC 製                                                                                                             |
| 容量   | 投入濃縮汚泥基準で 20 日、且つ、地域バイオマス分を加算して 15 日以上の消化日数を確保できる容量とする。                                                                |
| 形状   | 内筒、外筒を設けた二重円筒型とする。                                                                                                     |
| 塗装   | 接ガス部は D 種相当、接液部は C 種又は D 種相当の防食塗装が必要である。但し、材質が SUS である場合は、この限りではない。                                                    |
| 均圧弁  | 気相部で内筒と外筒を繋ぐ均圧管に設置する自動弁であり、定期的且つ水位差がついた状態で、開放されるように設定する。                                                               |
| 温度計  | 攪拌が十分行われていることを確認するため槽内の最頂部、中間部、底部に温度計を設け温度分布が測定できるようにする。                                                               |
| 自動運転 | 一日当たりの攪拌回数を設定し、無動力攪拌の自動運転プログラムを設定する。攪拌回数は原則 8 回/日である。                                                                  |
| 汚泥投入 | 外筒上部に、液位差のついた状態で投入する。                                                                                                  |
| 汚泥引抜 | 内筒上部にオーバーフロー口を設けて、主に水位差が生じた状態で、汚泥投入される時に、オーバーフローにより内筒上部から引き抜かれる構造とする。また、底部への砂の堆積を防止するため、外筒底部から、定期的に汚泥を抜き出すためのドレン口を設ける。 |

## (2) 付帯機器の設計

付帯機器として、主に補助ブロワ、消化汚泥循環ポンプ、消化汚泥引抜ポンプ、消化槽投入汚泥ポンプがある。

### 1) 補助ブロワ

消化槽立上時及び負荷が急激に下がったときは、ガスの発生量が少なく、内筒と外筒の間に液位差が生じないので、補助ブロワによって、外筒側に消化ガスを吹込んで、強制的に内筒と外筒に液位差を設ける。尚、内筒側の消化ガスを引抜くと内筒側が引圧になることが想定される場合は、ガスタンクの出口から消化ガスを引抜くこととなることに留意する。

### 2) 消化汚泥循環ポンプ

無動力攪拌式消化槽の加温については、通常の間接加温と同様に消化汚泥循環ポンプを設置して、消化槽内部の汚泥をスパイラル熱交との間で循環させて、温水と熱交換することによって加温させることも可能である。本技術では、可溶化した汚泥を消化槽に投入することで、消化槽を加温する方式で、スパイラル熱交に代わって、可溶化汚泥と消化汚泥の混合管が設置されることになる。消化槽から引き抜かれた消化汚泥は、汚泥循環ポンプの吐出側の可溶化汚泥混合管で、可溶化汚泥と混合されることによって加温され、消化槽に返送されることになる。

### 3) 消化汚泥引抜ポンプ

無動力消化槽からの汚泥の引抜については、内筒上部からのオーバーフローによる引抜きが主であり、消化汚泥貯留槽までは液位差による移送となるが、消化汚泥貯留槽との間で、十分な液位差が取れない場合、および砂がたまりやすく、液位差による移送が困難になる場合があることが想定されるときは、設置することになる。

### 4) 消化槽投入汚泥ポンプ

消化槽への汚泥の投入を行うポンプである。無動力攪拌式消化槽では、液位差がついた状態での投入となり、一日当たりの投入回数及び投入時間に併せてポンプ容量を設定する。

### § 25 高効率加温設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、高効率加温設備の設計を行う。

- (1) 可溶化装置の設計
- (2) 付帯機器の設計

#### 【解 説】

高効率加温設備（可溶化装置）と付帯設備の構成図を図 4-12 に示す。

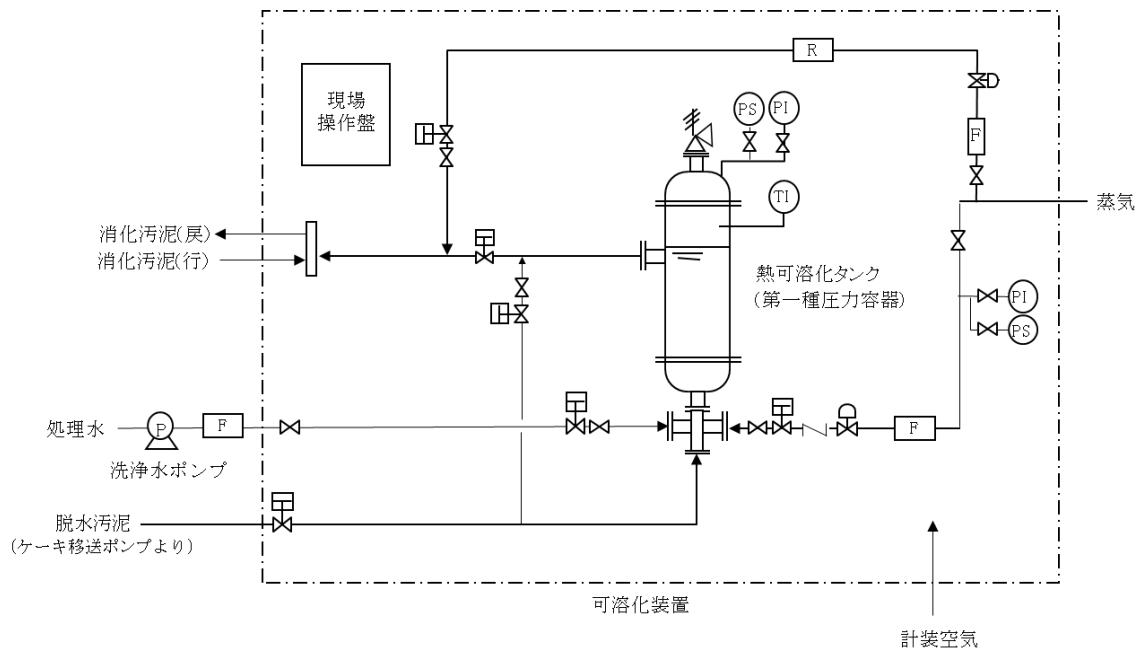


図 4-12 高効率加温設備（可溶化装置）と付帯設備

#### (1) 可溶化装置の設計

可溶化装置は、熱可溶化タンク(第一種圧力容器)、自動弁、計器類、操作盤で構成されるユニット機器である。

可溶化装置の設計にあたっては、表 4-3 に示す仕様、条件に基づいて設計する。

表 4-3 可溶化装置の仕様、条件設定

|      |                                                                                                                                                                                   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 装置能力 | (1) 可溶化装置投入汚泥量：§ 19(2) 高効率加温設備投入汚泥量の設定で設定する。<br>製作可能な機器の仕様としては、0.7、1.5、3.0 t-脱水汚泥/hr であり、必要能力を満足する機種を選定する。                                                                        |
| 運転   | (1) 運転温度：160～170℃<br>(2) 運転圧力：0.5～0.7MPaG                                                                                                                                         |
| 周囲温度 | (1) -10℃ ～ 40℃                                                                                                                                                                    |
| 設計   | (1) 設計温度：183℃<br>(2) 設計圧力：0.98MPa                                                                                                                                                 |
| 適用法規 | 圧力容器構造規格（第一種圧力容器）                                                                                                                                                                 |
| 自動運転 | 現場動力制御盤による連動機器を含めた自動運転を基本とする。<br><div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;">       運転開始 → 昇温 → 可溶化(脱水汚泥圧入) → 洗浄 → 停止     </div> |

## (2) 付帯機器の設計

付帯機器として、主に可溶化装置に供給する蒸気を発生させる蒸気ボイラー及びその付属機器、ケーキ移送ポンプ、洗浄水ポンプがある。

### 1) 加温装置

可溶化装置の加温用ボイラーである。型式としては、汎用品の炉筒煙管ボイラー又は、貫流ボイラーが選定される。容量に関しては下記により選定する。

- ① 公称圧力：運転圧力を可溶化装置の運転圧力以上とする必要があるため、公称最大出力 0.98MPaG のボイラーを選定する。
- ② 蒸気量：可溶化に必要な蒸気量（吹込）に関しては、投入汚泥量の 1/3 が目安となるが、冬場の消化槽加温必要エネルギーの方が、可溶化に必要なエネルギーを上回るため、別途、消化槽の加温装置がない場合は、冬場の消化槽加温必要エネルギーに運転時間を加味して、選定する。

### 2) ケーキ移送ポンプ

可溶化装置に脱水汚泥を圧入するためのポンプである。型式としては、定量性の良い一軸ネジ式ポンプとする。容量に関しては下記により選定する。

- ① 吐出圧力：可溶化装置の運転圧力以上で圧入する必要があるため、配管圧損と可溶化装置の運転圧力の合算値以上の吐出圧力とする。
- ② 吐出量：可溶化装置の装置能力と吐出量を同等とする必要がある。

- ③ 一軸ネジポンプのステーターは、脱水汚泥の性状によって寿命に影響する。特に MAP はステーター（ゴム）に対して攻撃性が高く、ステーターの寿命が短くなることに留意する。MAP 対策として、特殊規格のゴムの採用や、ポンプの回転速度を低くできるような運転が可能となるような容量選定とする等の対応案が考えられる。

### 3) 洗浄水ポンプ

可溶化装置は、固形物濃度の高い状態で可溶化するので、可溶化終了後に蒸気及び処理水等を洗浄水として装置に供給して、装置を洗浄する洗浄工程が必要であり、その洗浄水を供給するポンプである。型式は、高揚程であるため、横型又は縦型多段ポンプとし、容量に関しては、下記により選定する。

- ① 吐出圧力：洗浄工程では、可溶化装置の運転圧力以上で圧入する必要があるため、配管圧損を考慮したうえで、可溶化装置入口において、可溶化装置の運転圧力以上の吐出圧力となるような吐出圧力とする。
- ② 吐出量：ケーキ移送ポンプの吐出量と同等程度が必要である。

## § 26 固体酸化物形燃料電池（SOFC）の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、SOFC の設計を行う。

- (1) SOFC の設計
- (2) 付帯機器の設計

### 【解 説】

固体酸化物形燃料電池（SOFC）と付帯設備の構成図を図 4-13 に示す。

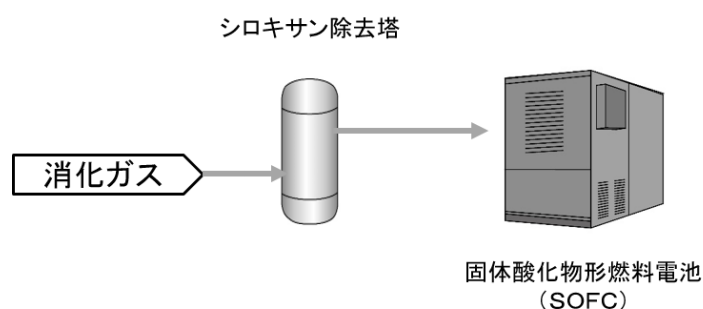


図 4-13 固体酸化物形燃料電池（SOFC）と付帯設備

### (1) SOFC の設計

SOFC の設計にあたっては、表 4-4 に示す仕様、条件に基づいて設計する。

なお、SOFC の長期安定運転に関しては、今後の検討が必要である。

表 4-4 SOFC の仕様、条件設定

|           |                                                                    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|
| 発電出力      | (1) 発電出力：§ 19(4)バイオガス発電量の設定にて、設定する。<br>定格出力としては、1 台当たり 5～50kW と想定。 |
| 運転        | (2) 運転温度：650～1000℃                                                 |
| 周囲温度      | -15℃～40℃（屋外、寒冷地仕様となる場合あり）                                          |
| 入口バイオガス条件 | ガス供給圧：0～10kPa                                                      |
|           | メタン濃度：設定値：57～65% 変動幅：±2%                                           |
|           | 硫化水素濃度：3ppm 以下であること。                                               |
|           | シロキサン濃度：0.1ppm 以下                                                  |
| 装置保護      | 水分：使用温度にて結露しないこと。                                                  |
|           | 入口バイオガス硫化水素が規定濃度以上になった場合に、SOFC の運転停止等の制御を行えるようにする。                 |

## （２）付帯機器の設計

付帯機器として、主にガスの前処理となるシロキサン除去装置が必要である。

シロキサンはバイオガスに含まれる微量成分の一つであり、燃料電池中の改質触媒にシリカとなって析出し、改質反応を阻害する原因となる。シロキサンは、活性炭を充填した除去装置により、吸着反応により除去する。

バイオガスは湿ガスであり、活性炭は主に水分に由来するミストにより、吸着性能が低下するので、装置の前段に、セジメントトラップ等のミストを除去する装置を設置することが望ましい。また、活性炭の微細粉末が後段に混入するのを避けるため、装置の後段にガスフィルタを設けるのが望ましい。

バイオガス中の硫化水素濃度の本システムへの受け入れ基準は 3ppm 以下であり、通常、乾式脱硫後のバイオガスを使用することになる。硫化水素濃度が高い場合、活性炭へのシロキサン吸着量が減少する恐れがある。

入口シロキサン濃度の設定は、対象とするバイオガス中のシロキサン濃度を複数回分析し、過去の測定実績があればそれをもとに設定することが望ましいが、新たに消化槽を設置する場合は、近隣の処理場の実績値を調査し、設定する。一般に下水処理場ではシロキサン濃度は、高温消化の場合、中温消化よりも高い値であることに留意する。

出口のシロキサン濃度については、可能な限り低減することが望ましいが、SOFC への供給条件である 0.1ppm 以下であることを管理指標とする。

## § 27 外部汚泥・地域バイオマス受入設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、外部汚泥・地域バイオマス受入設備の設計を行う。

- (1) 外部汚泥受入施設の設計
- (2) 食品廃棄物受入設備の設計

### 【解 説】

#### (1) 外部汚泥受入施設の設計

処理場周辺の外部汚泥は、本実証技術において高効率加温設備によって熱可溶化後に消化槽に投入するものとする。従って、受入設備の構成は受入れホップ及びホップ切出し口からケーキ移送ポンプフィーダまでのコンベアという構成になる。

受入れホップは、受入れ形態を想定した型式とする必要があるが、4t 程度のコンテナ車等で地上受入れを想定した場合、受入れホップは地下に設置して、地上からの受入が可能となるようにする。また、受入口はシャッターを設けて、雨水の流入や臭気の拡散を抑制する。

貯留容量については、1 回あたりの受入量及び受入れ頻度を考慮して決定する。

後段の可溶化工程への移送のため、スクリューによる切出し機能を設け、ホップ切出し口から、高効率加温設備に圧入するケーキ移送ポンプのフィーダまで、コンベア移送する。コンベアの台数、長さは、コンベアの切出し口とケーキ移送ポンプフィーダの位置関係から、他の機器等との緩衝の回避を考慮して決定される。建設費削減のためには、全体の機器配置計画に際し、コンベアの台数が少なく、長さが最小になるよう留意する。今回の実証実験では、オキシデーションディッチ法の処理場脱水汚泥を用いて実証した。

#### (2) 食品廃棄物受入装置の設計

地域バイオマスとしての食品廃棄物受入については、袋、包装等のメタン発酵不適物が取り除かれた状態での受入れを想定し、破碎、処理水と混合して、スラリー化した状態で消化タンクに投入するものとする。受入装置の設計に際しては、受け入れる食品廃棄物の性状、メタン発酵不適物の混入の可能性の有無、搬入形態を調査、確認の上、方式を決定する。受入設備に関しては、衛生の観点から、臭気対策装置や洗浄装置を備える必要がある。

破碎、処理水との混合工程においては、メタン発酵しやすくなるようなスラリー状にすることが望ましく、食品廃棄物の種類にもよるが、TS 濃度で 4～10%程度で、ポンプで消化槽に投入できる性状にするよう留意する。

## § 28 ユーティリティ設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、ユーティリティ設備の設計を行う。

- (1) 計装空気設備の設計
- (2) レシーバータンク

### 【解 説】

#### (1) 計装空気設備の設計

空気作動の自動弁及び調節弁を駆動させるために圧縮空気を製造するための装置である。

自動弁及び調節弁の計装空気使用量から単位時間当たりの計装空気必要量を算出し、余裕率を掛けて圧縮機的能力を算出する。既設設備の容量に余裕がある場合については、その活用も検討する。

#### (2) レシーバータンク

空気作動の自動弁が複数台作動すると、急激な計装空気使用による圧力低下が生じる。レシーバータンクは、所定圧以下にならないようにするため、圧縮空気を貯留するタンクである。既設設備の容量に余裕がある場合については、その活用も検討する。

**§ 29 安全対策と環境対策**

本システムにおける安全対策と環境対策について検討する。

- (1) 安全対策
- (2) 環境対策

**【解 説】**

**(1) 安全対策**

本技術にかかわる機器について、圧力容器に該当するのが、高効率加温設備、加温用ボイラーであり、設計温度、設計圧力で安全に操作できるよう設計されていなくてはならない。

**(2) 環境対策**

環境対策としては、大気汚染防止法、振動規制法、騒音規制法、悪臭防止法に基づき、排ガス、振動、騒音、臭気の各項目に対して、市町村条例を順守した設計を行う。