

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 20 導入計画手順

本技術の導入検討は、詳細調査、施設計画の検討および導入効果の検証の手順で行う。

【解説】

本技術の導入計画手順を図 4-1 に示す。本技術の導入にあたっては、計画・設計に係る基本事項の詳細調査から開始し、施設計画の検討、および導入効果の検証の手順で行う。

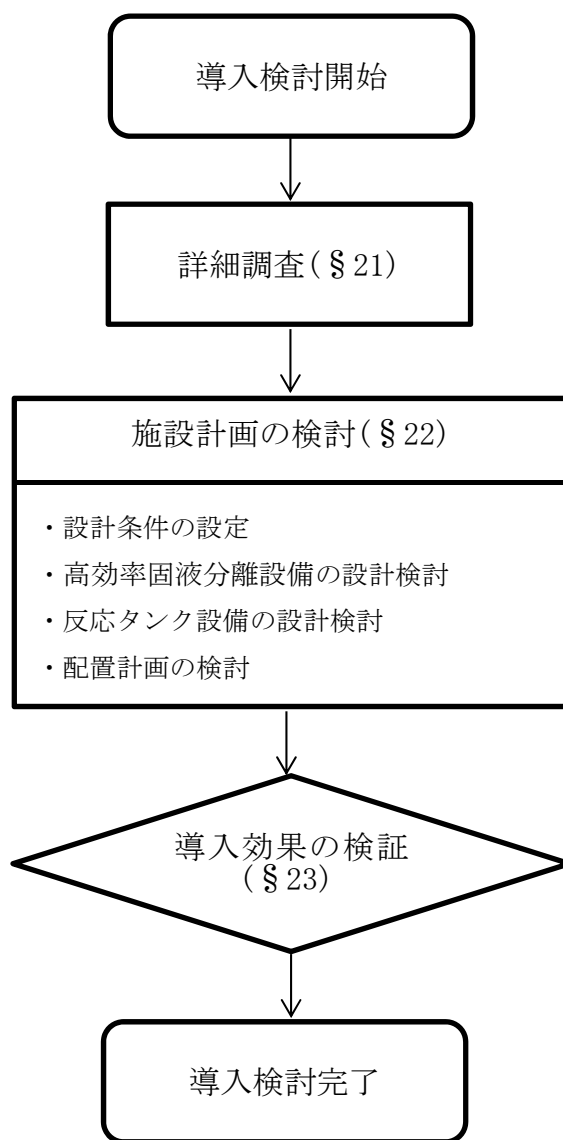


図 4-1 本技術の導入設計手順

§ 21 詳細調査

施設計画の検討に先立ち、本技術の計画・設計にあたり必要な基本事項について、詳細調査を行う。

【解説】

導入検討時に § 15 にて基礎調査を実施しているが、ここでは導入検討時から導入設計する段階での状況変化の確認を行うとともに、表 4-1 に示す本技術の計画・設計にあたり必要な基本事項について、詳細調査を行う。

また、本技術の導入に関連する汚泥濃縮設備や汚泥脱水機等の汚泥設備の運転状況を調査する。調査内容は、計画年次における計画処理水量・水質などの流入条件や維持管理の設定に必要な条件について、可能な範囲でより精度の高い調査を行う。

表 4-1 詳細調査項目

調査項目	調査内容
水量調査	・ 流入下水の水量（季節変動及び時間変動、雨天時及び非常時）
状況調査	・ 既設水処理施設の運転状況 ・ 返流水の流入状況（時間変動、水質等） ・ 水処理施設の水位条件 ・ 各処理施設の水位状況及び既設主ポンプ能力
施設構造	・ 水処理施設各池構造（最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池）
水質調査	・ 流入水質及び放流水質（季節変動及び雨天時水質も含む） SS、BOD、S-BOD、T-N、NH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N、T-P、PO ₄ -P、pH 水温、アルカリ度
汚泥処理	・ 汚泥設備の運転状況 ・ 汚泥設備の能力

§ 22 施設計画の検討

本技術の導入にあたり、各施設・設備計画の検討を行う。

- (1) 設計条件の設定
- (2) 高効率固液分離設備の設計検討
- (3) 反応タンク設備の設計検討
- (4) 配置計画の検討

【解説】

(1) 設計条件の設定

「§ 21 詳細調査」の調査内容に基づき、以下の設計条件の設定を行う。

1) 計画処理水量

計画処理水量は、日最大汚水量、日平均汚水量の他、時間最大汚水量、雨天時、非常時・災害時を想定した汚水量の設定も必要となる（表 4-2 参照）。

①日最大汚水量

施設計画・設計の基本となる諸元として設定する。

②計画日平均汚水量

計画日平均汚水量を冬期日最大汚水量と考え、反応タンクの設計水量とする。また、電力や汚泥処理量等のユーティリティ使用量に必要な諸元としても必要である。

③時間最大汚水量及び流入水量の変動パターン

時間最大汚水量を含んだピーク時の継続時間及び流入水量の変動パターンは、高効率固液分離設備の容量計算に必要である。

表 4-2 設計条件 計画処理水量

設定計画汚水量	対象施設・設備
計画日最大汚水量	高効率固液分離設備及び反応タンク設備
計画日平均汚水量	高効率固液分離設備（生汚泥引抜ポンプ）
時間最大汚水量	高効率固液分離設備

2) 設計水温・設計流入水質

設計水温は月間平均の最低値とする。設計流入水質は、汚泥処理設備からの返流水質負荷を考慮に含めて、冬期の月間平均値とする。

3) 設計水位

高効率固液分離設備は、既設の最初沈殿池に比べる過設備を設置するために水位を現況より 0.6m 以上高く設定する必要がある。このため、既設の設計水位、現況水位状況、既設流入水路及び最初沈殿池の土木構造等、適用条件を加味し設計水位を定める。

(2) 高効率固液分離設備の設計検討

設計条件の設定に基づき高効率固液分離設備の施設・設備設計を行う。詳細は本章の第2節に記述する。

(3) 反応タンク設備の設計検討

設計条件の設定に基づき、反応タンク設備の施設・設備設計を行う。詳細は本章の第3節に記述する。

§ 23 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、従来技術と比較して本技術の導入効果が得られるか検証する。

【解説】

第3章の導入検討の際に行った導入効果の算出及び評価結果に対して、施設計画の検討に基づいて再検討を行う。具体的には、施設計画の検討結果に基づき、本技術の導入時の建設費・維持管理費・ライフサイクルコスト・エネルギー使用量を算出し、従来技術と比較して本技術の導入効果が得られるか検証を行う。

第2節 高効率固液分離設備の設計

§ 24 高効率固液分離設備の設計手順

高効率固液分離設備の設計手順は以下のとおりである。

- (1) 高速繊維ろ過設備の設計
- (2) 前沈殿設備の設計
- (3) 洗浄排水設備の設計

【解説】

高効率固液分離設備は、高速繊維ろ過設備、前沈殿設備および洗浄排水設備から構成されており、基本的に最初沈殿池既存施設躯体を活用して設置する。高効率固液分離設備の設計フローを図4-2に示す。なお、各設備の一般的な機器・配管等の設計は、設計指針に基づき実施する。

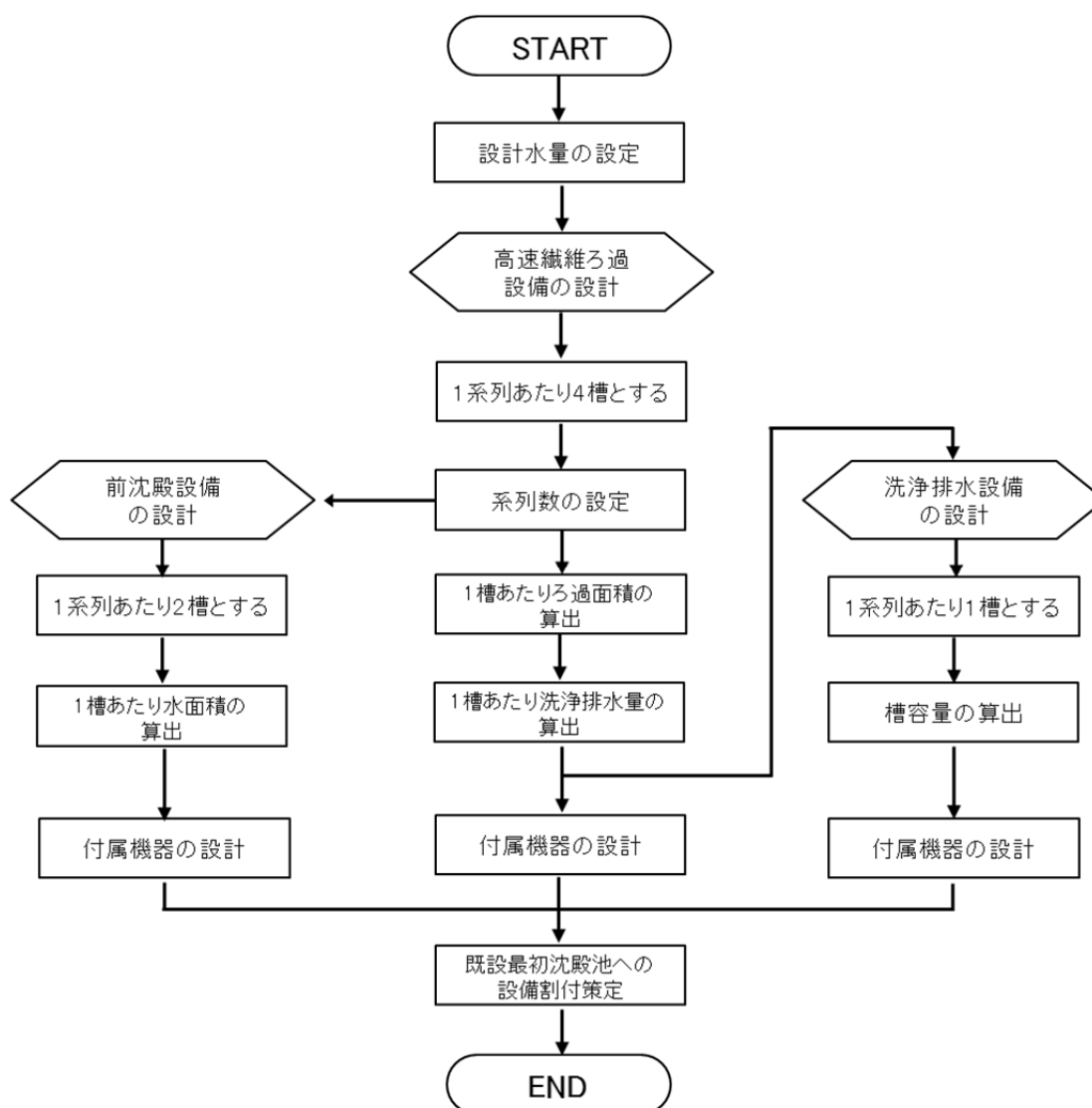


図4-2 高効率固液分離設備の設計フロー

§ 25 高速繊維ろ過設備の設計

高速繊維ろ過設備は、以下の機器より構成される。

- (1) 高速繊維ろ過槽
- (2) 洗浄用ブロワ
- (3) 各種弁・ゲート類
- (4) 次亜塩素酸ナトリウム注入装置

【解説】

(1) 高速繊維ろ過槽

高速繊維ろ過槽は、前沈殿槽で除去できなかった微細な固形物を物理的ろ過処理により除去するものである。

高速繊維ろ過槽の1系列は、実稼動槽数3槽、洗浄予備1槽の計4槽で構成する。系列数(S)は、既設最初沈殿池の系列数と池数を考慮して設定する。(一般的な矩形最初沈殿池を改造する場合、最初沈殿池1池に高速繊維ろ過槽2槽を設ける。考え方を図4-3に示す。)

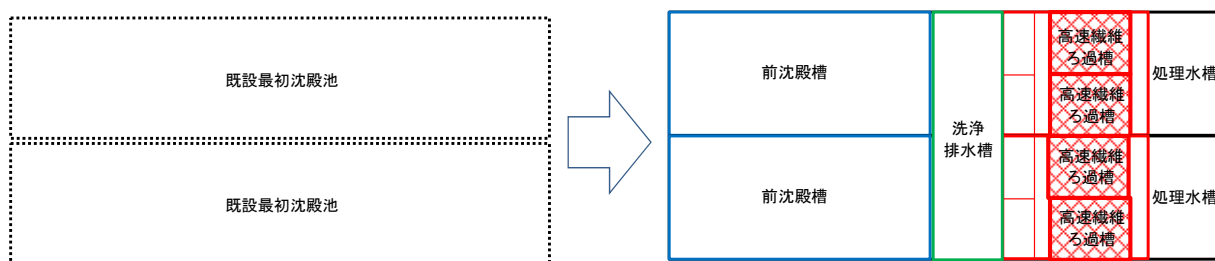


図 4-3 高速繊維ろ過槽 1 系列の考え方

設計ろ過速度は、計画1日最大汚水量 Q_{dmax} (m³/日) に対して 500m/日とする。1槽あたりの所要ろ過面積 A_0 (m²) は、次式より求める。

$$A_0 = \frac{Q_{dmax}}{S \times (N_F - 1) \times R_F} \times \alpha \quad \dots\dots\dots (式 4-1)$$

Q_{dmax} : 計画日最大汚水量 (m³/日)

S : 系列数

N_F : 1系列あたりの高速繊維ろ過槽数 (=4槽)

R_F : ろ過速度 (=500m/日)

α : 余裕率 (=1.2程度)

(2) 洗浄用ブロワ

洗浄用ブロワは、高速繊維ろ過槽のろ材を洗浄するための洗浄用空気を供給するものである。

洗浄用空気量は、ろ過面積 1m² 当たり 25Nm³/h とする。所要吐出空気量 G (Nm³/ (min・系列)) は、次式より求める。

$$G = \frac{A_0 \times 25}{60} \dots\dots\dots (式 4-2)$$

A₀ : 1 槽当たりのろ過面積 (m²)

吐出圧力 (H_B mmAq) は、次式より求める。

$$H_B = \text{散気装置水深} + \text{散気装置の損失 (150mmAq)} + \text{配管損失} + \text{余裕 (50mmAq)}$$

(3) 各種弁・ゲート類

高速繊維ろ過槽には、ろ過・洗浄工程を制御するために以下の弁・ゲート類を設ける (図 2-14 参照)。

- 1) 原水流入ゲート
- 2) 洗浄水ゲート
- 3) 洗浄排水ゲート
- 4) 排水弁

(4) 次亜塩素酸ナトリウム溶液注入装置

ろ材の薬液洗浄用として、可搬式の次亜塩素酸ナトリウム溶液注入装置を装備する。薬品注入は、洗浄水に次亜塩素酸ナトリウムを 5mg/L 注入するものとして、所要吐出量 Q_C (L/ (min・系列)) は次式より求める。

$$Q_C = Q_W \times 10^{-3} \times C_C \times \frac{100}{\rho_C \times P_C} \dots\dots\dots (式 4-3)$$

Q_W : 洗浄水量 (m³/min)

$$Q_W = A_0 \times R_W \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{60}$$

A₀ : 1 槽当たりのろ過面積 (m²)

R_W : 洗浄速度 (m/日) (=500m/日)

C_C : 次亜塩素酸ナトリウム注入率 (mg/L) (=5mg/L)

ρ_C : 次亜塩素酸ナトリウム溶液の比重 (=1.1)

P_C : 有効塩素濃度 (%) (=10%)

§ 26 前沈殿設備の設計

前沈殿槽の水面積負荷は、計画日最大汚水量 Q_{dmax} ($m^3/日$) に対して $100m^3/(m^2 \cdot 日)$ 程度とする。前沈殿設備は以下の機器類より構成される。

- (1) 前沈殿槽
- (2) 汚泥かき寄せ機
- (3) スカム除去装置
- (4) 生汚泥引抜ポンプ

【解説】

(1) 前沈殿槽

前沈殿槽は、既設最初沈殿池の前段を使用して、沈降性の良い固形物を沈殿除去するとともに、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を沈殿処理する。

水面積負荷は、計画日最大汚水量 Q_{dmax} ($m^3/日$) に対して $100m^3/(m^2 \cdot 日)$ 程度とする。既設最初沈殿池の形状が矩形の場合、前沈殿槽の池長さ L_S (m) は次式より求まる。

$$L_S = \frac{Q_{dmax}}{S \times N_S \times 100 \times B_S} \quad \dots\dots\dots (式 4-4)$$

Q_{dmax} : 計画日最大汚水量 ($m^3/日$)

S : 系列数

N_S : 1 系列あたりの前沈殿槽数 (=2 槽)

B_S : 池幅 (m) (=既設最初沈殿池・池幅)

(2) 汚泥かき寄せ機

汚泥かき寄せ機は、重力沈殿した汚泥を汚泥ピットまでかき寄せるものである。既存設備の配置や構造、使用年数や稼働状況を調査し、改造することで流用が可能な場合には、既存設備を利用する。

一般的には、既設最初沈殿池から池長さが短くなり設定水位が高くなるため、かき寄せ長さが短くなりスカムかき寄せレベルが高くなる。

(3) スカム除去装置

スカム除去装置は、前沈殿槽で浮上した汚泥を除去するものである。既存設備の配置や構造、使用年数と稼働状況を調査し、改造することで流用が可能な場合には、既存設備を利用する。

一般的には、既設最初沈殿池から池長さが短くなり設定水位が高くなるため、既設スカムパイプの設定水位に合わせた形状のスカム排出口を設けたものとなる。

(4) 生汚泥引抜ポンプ

生汚泥引抜ポンプは、前沈殿槽で沈殿した汚泥を引抜、汚泥処理設備へ移送するものである。既存設備の使用年数や稼働状況を調査し、流用可能であれば利用する。

計画引抜汚泥量 Q_s ($m^3/日$) は、実証実験から得られた流入原水濃度と総合 SS 除去率の関係式

$$\dots\dots\dots (式 4-5)$$

を用いて次式より求める。

$$Q_s = \frac{Q_{dav} \times C_{SS0} \times R_{SS} \times 10^{-6}}{C_{生}}$$

Q_{dav} : 計画日平均汚水量 (m³/日)

C_{SS0} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

R_{SS} : SS 除去率 (%) (詳細は第4章第3節 §30)

$$R_{SS} = 18.0 \times \ln(\text{流入原水 SS 濃度}) - 19.4$$

* R_{SS} は実証研究により得られた数値であり、流入下水の性状により変動する。

$C_{生}$: 引抜汚泥濃度 (%) (=1%)

§ 27 洗淨排水設備の設計

洗淨排水設備は以下の機器より構成される。

- (1) 洗淨排水槽
- (2) 洗淨排水ポンプ
- (3) 洗淨排水ポンプ吊り上げ装置

【解説】

(1) 洗淨排水槽

洗淨排水槽は、高速繊維ろ過槽の洗淨排水を一時貯留するものであり、1系列につき1槽設置する。

洗淨排水槽容量 (V_W) は、高速繊維ろ過槽の水抜き量 (V_{W1}) と洗淨水量 (V_{W2}) の合計量の1/2程度として次式により求める。

$$V_W = \frac{V_{W1} + V_{W2}}{2} \quad \dots\dots\dots (式 4-6)$$

V_{W1} : 高速繊維ろ過槽の水抜き量 (m^3)

$$V_{W1} = A_0 \times H_{F1}$$

A_0 : 1槽当たりのろ過面積 (m^2)

H_{F1} : ろ層上部水深 (m) (=0.35m)

V_{W2} : 高速繊維ろ過槽の洗淨水量 (m^3)

$$V_{W2} = \frac{A_0 \times R_W \times T_{W2}}{24(h/E) \times 60(min/h)}$$

R_W : 洗淨速度 ($m/日$) (=500m/日)

T_{W2} : 通水洗淨時間 (min) (=25min)

(2) 洗淨排水ポンプ

洗淨排水ポンプは、洗淨排水槽で一時貯留した高速繊維ろ過槽の洗淨排水を前沈殿槽流入部へ移送するものである。

洗淨排水ポンプ容量 Q_{WP} (m^3/min) は、洗淨水供給水量以上の吐出量とし、次式より求める。

$$Q_{WP} = \frac{A_0 \times R_W}{24 \times 60} \times \rho_{WP} \quad \dots\dots\dots (式 4-7)$$

A_0 : 1槽当たりのろ過面積 (m^2)

R_W : 洗淨速度 ($m/日$) (=500m/日)

ρ_{WP} : 余裕率 (=1.2程度)

(3) 洗淨排水ポンプ吊り上げ装置

洗淨排水ポンプ吊り上げ装置は、洗淨排水ポンプの維持管理を行うためのものであり、容量は洗淨排水ポンプを吊り上げることが可能な容量とする。

§ 28 既設最初沈殿池への設備割付

既設最初沈殿池の土木躯体改造が最小となるように、既設最初沈殿池の1池または複数池の単位で1系列となるように割付を設定する。

(1) 既設最初沈殿池への導入（平面割付）

既設最初沈殿池内に上流から前沈殿槽、洗浄排水槽、高速繊維ろ過槽を割り付ける。

(2) 既設最初沈殿池への導入（水位割付）

水位の基準を既設最初沈殿池流出水位（下げることを検討）とし、前沈殿槽から高速繊維ろ過槽への流入高さの設定は、最終ろ過損失水頭分（0.6m）以上を加えた高さとする。

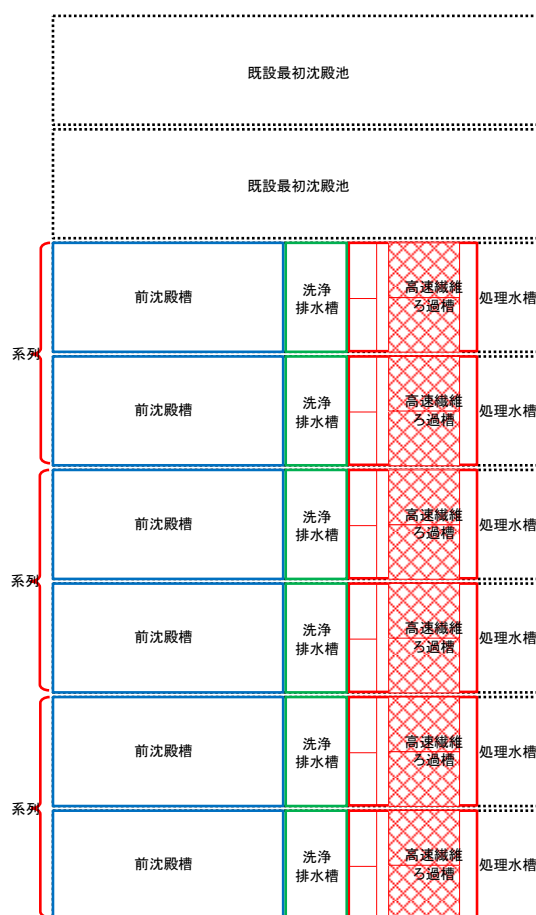
(3) 形状

形状は、既設最初沈殿池の形状に合わせて矩形あるいは円形とする。

【解説】

(1) 既設最初沈殿池への導入（平面割付）

既設最初沈殿池への割付にあたっては、既設最初沈殿池の1池または複数池の単位で1系列となるように系列数を設定し、既設最初沈殿池内に上流側から前沈殿槽、洗浄排水槽、高速繊維ろ過槽を割り付ける。なお、洗浄排水槽は水中部となる。



13.5m²×4(1)槽×3系列

図 4-4 既設最初沈殿池への導入イメージ (50,000m³/日の例)

(2) 既設最初沈殿池への導入（水位割付）

高速繊維ろ過槽高さの設定を図4-5に示す。

水位割付の基準は、既設最初沈殿池流出水位とする。本技術はろ過を行うための水頭が必要で、前沈殿槽の水位が高くなる。一方、ろ過処理水の流出速度は、最初沈殿池のように微粒子の浮上流出が無い場合、大きくすることができる。そのため、既設最初沈殿池の流出水位を下げることを検討し、処理水流出水位を設定する。

前沈殿槽から高速繊維ろ過槽への流入高さの設定は、設定した処理水流出水位に最終ろ過損失水頭分（0.6m）以上を加えた高さとし、前沈殿槽水位および前沈殿槽高さを設定する。既設に余裕がない場合は槽高さの改造を検討する。

高速繊維ろ過槽の水深割付は、設定した処理水流出水位からろ過処理水流出部として0.4m程度、ろ層高さ1.0m、ろ層展開部1.3m以上を割り付ける。

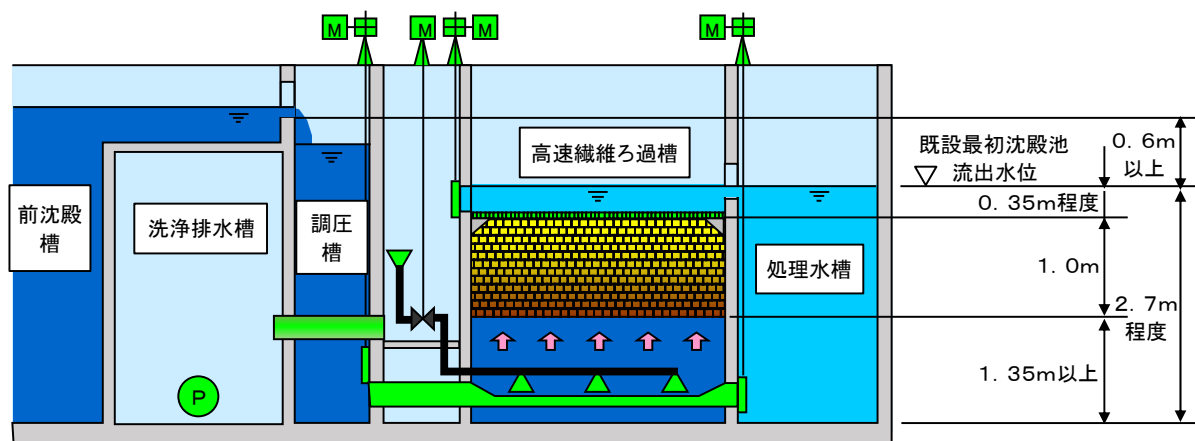


図4-5 高速繊維ろ過槽高さの設定

(3) 形状

既設最初沈殿池の形状が矩形の場合は図4-4に示す。円形の場合は図4-6に示すように、既設形状に合わせて設置することが考えられる。

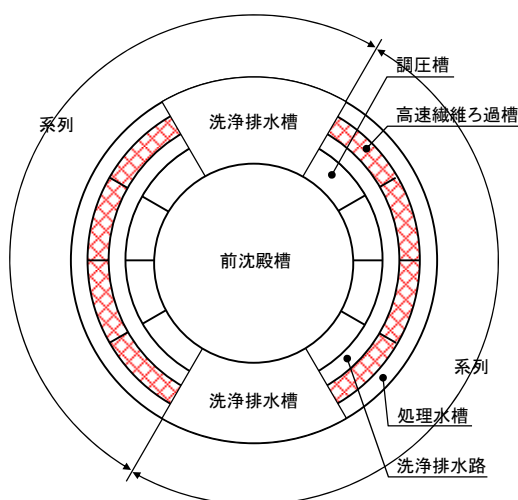


図4-6 既設最初沈殿池が円形の場合の設置イメージ

§ 29 設計に関わる留意事項

高効率固液分離設備の設計においては、特に以下の項目について留意する。

- (1) 高速繊維ろ過槽等に関わる荷重増に対する検討
- (2) ろ過処理に異常が生じた場合のバイパス設備設置の検討

【解説】

(1) 高速繊維ろ過槽等に関わる荷重増に対する検討

既設最初沈殿池内に高速繊維ろ過槽等の構造物や補機類の設置を行うため、既設構造物への荷重が増加する。そのため、耐荷重や耐震設計等の検討が必要となる。

既設最初沈殿池に高効率固液分離設備を設置した場合に増加する概略の荷重箇所を図4-7に示す。なお、高速繊維ろ過槽等の設置にあたっては、施工性や止水性に優れた RC 構造が適するが、荷重が大きくなるため、耐荷重や耐震設計で問題が生じる場合には、鋼板製の採用を検討する。

$$L_1 = L_0 \times \frac{Fp}{100} \dots\dots\dots (式 4-8)$$

$$L_2 = L_0 \times \frac{3.6 \times Fp}{500} + 6.6$$

RC 製の場合

$$Wm = 24 \times W_0 + 0.00296 \times (L_0 \times W_0 \times Fp \times W_0) + 12.5 \dots\dots\dots (式 4-9)$$

$$Wm = \frac{Wm}{L_2 \times W_0}$$

鋼板製の場合

$$Wm = 4 \times W_0 + 0.00097 \times (L_0 \times W_0 \times Fp \times W_0) + 8.8 \dots\dots\dots (式 4-10)$$

$$Wm = \frac{Wm}{L_2 \times W_0}$$

ここで、

Wm：概略荷重(ton) (wm：単位荷重 (ton/m²))

L₀：既設最初沈殿池の池長さ(m)

W₀：既設最初沈殿池の池幅(m)

Fp：既設最初沈殿池の水面積負荷(m³/(m²・日))

L₁：概略荷重位置(m)

L₂：概略荷重箇所(m)

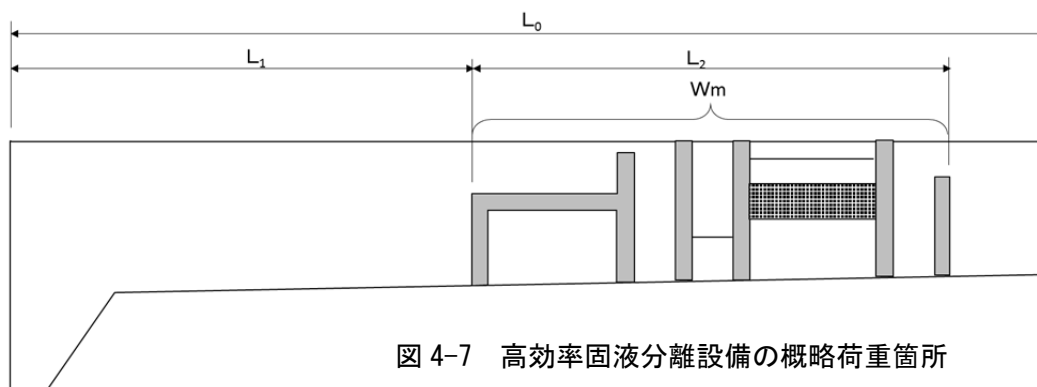


図 4-7 高効率固液分離設備の概略荷重箇所

(2) ろ過処理に異常が生じた場合のバイパス設備設置の検討

下記に示す事象が予想される場合は、安全対策として前沈殿槽流入部に越流堰方式のバイパス設備を設置することを検討する。

- ・異常に多い量の原水が継続して流入することが予想される場合
- ・異常に高いSS濃度の原水が継続して流入することが予想される場合

第3節 反応タンク設備設計

§ 30 反応タンク設備の設計手順

反応タンク設備の設計手順は、設計条件・設定条件からまず反応タンク容量計算を行い、次に反応タンク容量計算の結果に基づき付帯機器の設計を行う。

【解説】

反応タンク設備の設計フローを図4-8に示す。設計条件及びMLSS濃度の設定条件から嫌気槽、反応タンクの容量計算を行う。更新の場合、嫌気槽については既設の反応タンクに収まるように整合をとる。その後、脱窒速度と最終沈殿池流出窒素濃度の確認を行う。設計フローの手順に示したように反応タンク容量や最終沈殿池の流出窒素濃度が条件から外れる場合は、MLSS濃度または流入水量を見直して再検討を行う。

(1) 嫌気槽

嫌気槽は生物学的脱りんを行う場合に設置する。嫌気槽は反応タンクの流入部に設けることを基本とするが、反応タンク容量が不足する場合は、嫌気槽の新設または反応タンクでの同時凝集によるりん除去の採用について検討を行う。

(2) 反応タンク

反応タンクの設計は、無終端型水路を用いた好気ゾーン（硝化ゾーン）及び無酸素ゾーン（脱窒ゾーン）の容量計算を行う。その後、脱窒速度、最終沈殿池の流出窒素濃度、水面積負荷の確認を行い、必要に応じてMLSS濃度や流入水量の設定について見直して再検討を行う。反応タンク容量の決定後、必要空気量を算出する。

(3) 付帯機器

各機器の設計については、確定された設計条件・設定条件・反応タンク容量計算結果から従来技術と同様に行う。次にあげる機器は機能に制約がある。

①送風機設備

本技術では、DO計による空気量の制御が必要となるため、送風機は送風量の可変が容易なインバーター制御運転が可能な機種を原則とする。既設の送風機を利用する場合は、送風量の増減、送気圧条件、サージングを考慮し、送風量調整装置の設置にて対応可能であるか判断する。

②散気装置

散気装置は、必要空気量を効率的に散気できる超微細式散気装置を標準とする。

③水流発生装置

本技術では、DO計による循環水量の制御が必要になるため、水流発生装置は、水面から水底まで均一で可変速な押し出し流れを形成できる縦型攪拌機を原則とする。

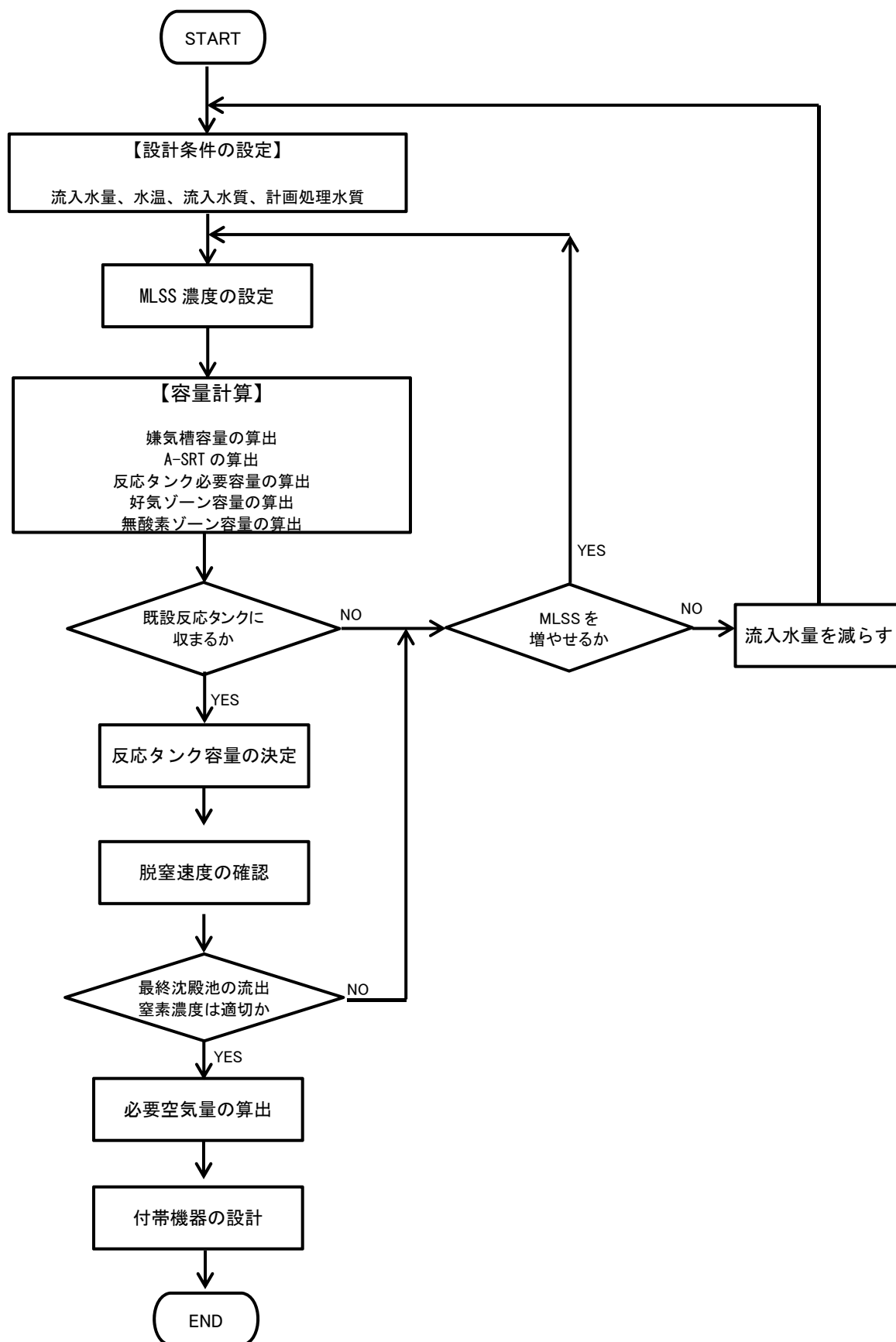


図 4-8 反応タンク設備の基本設計手順フロー

§ 31 反応タンク設計条件の設定

反応タンクへの流入水量、水温、流入水質、及び設計処理水質の設定を行う。

【解説】

(1) 流入水量

「§ 22 施設計画の検討」に示したとおり、流入水量は、系列ごとの日平均汚水量（＝冬期日最大汚水量）とする。

(2) 水温

「§ 22 施設計画の検討」に示したとおり、設計水温は月間平均の最低値とする。

(3) 流入水質

反応タンクの設計に必要な反応タンク流入水質は、SS 濃度、T-BOD 濃度、S-BOD 濃度、T-N 濃度である。りん除去を対象とする場合は T-P 濃度、凝集剤添加設備を追加する場合は S-P 濃度が必要になる。

高効率固液分離設備は重力沈殿とろ過処理の物理処理であるため、固形物(SS)が除去される。そのため、BOD、N、P についても固形物(SS)由来のものが主に除去され、溶解性成分は除去されない。従って、流入する各成分濃度は、「§ 21 詳細調査」で行った水質調査結果から次式で算出する。

$$C_{ssin} = C_{ss} \times \left(1 - \frac{R_{ss}}{100}\right) \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-11)}$$

$$C_{in} = C_{solid} \times \left(1 - \frac{R_{ss}}{100}\right) + C_{soluble} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-12)}$$

ここで、 C_{ssin} : 反応タンク流入 SS 濃度 (mg/L)

C_{ss} : 流入 SS 濃度 (mg/L)

R_{ss} : 高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 (%)

C_{in} : 反応タンク各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分

C_{solid} : 固形性各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分

$C_{soluble}$: 溶解性各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分

高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 R_{ss} は、実証研究では次式のように算出された。参考例として示す。

$$R_{ss} = 17.9 \times \ln C_{SS0} - 18.4 \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-13)}$$

ここで、 C_{SS0} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

§ 32 MLSS濃度の設定

反応タンクの MLSS 濃度は、2,000～2,500mg/L とする。

【解説】

反応タンクの MLSS 濃度は、2,000～2,500mg/L とする。なお、実証試験の実績では、平均で 2,230mg/L（最小：1,580mg/L、最大 2,800mg/L）であった。

MLSS 濃度が高いほど、必要な反応タンク容量は小さくすることができる。一方、MLSS 濃度が高くなると、最終沈殿池における活性汚泥の沈降速度に影響を与えるため、既設の最終沈殿池を利用する場合は、その運転実績や他事例¹⁾から、最終沈殿池の水面積負荷に対する MLSS 濃度の妥当性を確認する。

参考文献

- 1) ステップ流入式多段硝化脱窒法の技術評価に関する報告書 平成 14 年 日本下水道事業団

§ 33 嫌気槽

嫌気槽の容量は、計画1日最大汚水量に対して、滞留時間として1～2時間相当とする。

【解説】

(1) 嫌気槽の設置位置

生物学的りん除去を行う場合、高効率固液分離設備のろ過後の流出水と返送汚泥の混合液を一定時間滞留させ、活性汚泥からりんを混合液中に放出させることを目的として、反応タンク前段に嫌気槽を設置する。既設反応タンク容量に余裕がない場合には、嫌気槽を新設することも考慮する。

(2) 嫌気槽容量

嫌気槽容量 V_{AN} (m³) の算出は次式による

$$V_{AN} = \frac{\tau_{AN} \times Q_{in}}{24} \dots\dots\dots (式 4-14)$$

ここに、 V_{AN} ：嫌気槽容量 (m³)

τ_{AN} ：嫌気槽滞留時間 (h) 1～2時間

Q_{in} ：流入水量 (=系列ごとの日平均汚水量 (冬期日最大汚水量)) (m³/日)

(3) 嫌気槽攪拌機

嫌気槽には汚泥が沈降しないように定期的に攪拌する攪拌機を設置する。攪拌機は十分な底部流速を確保できる攪拌能力を有するものとし、攪拌機の設置台数、維持管理性及び消費電力量を総合的に比較し、機種を選定する。機種の材質については槽内が嫌気性で硫化水素等の発生も考えられることから耐腐食性に優れた材質を使用した機種とする。

嫌気槽攪拌機は常時攪拌し、電力使用量が大きくなる機器であるため、維持管理性及び電力費等を考慮する場合には、間欠攪拌が可能な機種を選定を検討する。

§ 34 反応タンク

反応タンク容量は、設計条件をもとに以下の手順で設計を行う

- (1) A-SRT の算出
- (2) 反応タンク必要容量の算出
- (3) 好気ゾーン容量の算出
- (4) 無酸素ゾーン容量の算出
- (5) 反応タンク容量の決定
- (6) 脱窒速度の確認
- (7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認
- (8) 必要空気量の算出

【解説】

反応タンクの構造は、二点 DO 制御を導入し、生物学的窒素除去を効率的に行うため、流入した汚水を循環させながら処理する無終端型水路構造とする。なお、躯体改造時の注意事項は§35に記載する。

(1) A-SRT の設定

本技術では、循環式硝化脱窒法等の従来の硝化・脱窒プロセスと同等の硝化速度が得られることが実証研究において確認されている。したがって、従来の硝化・脱窒プロセスと同様に、水温に応じた必要 A-SRT を確保することで十分な硝化が行われる。

必要 A-SRT θ_{XA} (日)は、次式で求められる。

$$\theta_{XA} = \delta \cdot 20.6e^{(-0.0627T)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-15)}$$

- ここで、 θ_{XA} : A-SRT (好氣的固形物滞留時間) (日)
 δ : 流入水 T-N の変動に対する補正係数 1.2~1.5
 T : 水温 (°C)

(2) 反応タンク必要容量の算出

反応タンク必要容量 (無酸素ゾーン容量+好気ゾーン容量) は BOD - SS 負荷により求める。本技術における BOD-SS 負荷は、実証研究結果より、0.13 (kgBOD/(kgMLSS・日)) 以下とする。

$$V = \frac{C_{BODin} \cdot Q_{in}}{L_{BOD/X} \cdot X_A} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-16)}$$

- ここで、 V : 反応タンク必要容量 (m³)
 C_{BODin} : 流入 BOD 濃度 (mg/L)
 Q_{in} : 流入水量 (m³/日)
 $L_{BOD/X}$: BOD-SS 負荷 (kgBOD/(kgMLSS・日))
 X_A : MLSS 濃度 (mg/L)

(3) 好気ゾーン容量の算出

好気ゾーン容量 V_A (m³) の算出は次式による。

$$V_A = Q_{in} \times \tau_A = Q_{in} \times \frac{\theta_{XA} (a \cdot C_{s-BODin} + b \cdot C_{ssin})}{(1 + c \cdot \theta_{XA}) X_A} \dots\dots\dots (式 4-17)$$

- ここで、 Q_{in} : 流入水量 (m³/日)
- τ_A : 好気タンク滞留時間 (日)
- θ_{XA} : 好氣的固形物滞留時間 (日)
- $C_{s-BODin}$: 流入水溶解性 BOD 濃度 (mg/L)
- C_{ssin} : 流入水 SS 濃度 (mg/L)
- a : 溶解性 BOD の汚泥転換率 (gMLSS/gS-BOD) 0.5~0.6
- b : SS の汚泥転換率 (gMLSS/gSS) 0.9~1.0
- c : 汚泥の自己分解係数(1/d) 0.025~0.035
- X_A : MLSS 濃度 (mg/L)

(4) 無酸素ゾーン容量の算出

無酸素ゾーン容量 V_{DN} (m³) の算出は次式による。

$$V_{DN} = V - V_A \dots\dots\dots (式 4-18)$$

- ここで、 V : 反応タンク全体容量 (m³)
- V_A : 好気タンク容量 (m³)

(5) 反応タンク容量の決定

「§33 嫌気槽」で算出された嫌気槽容量 (必要な場合)、ならびに、上記で算出された好気ゾーン容量と無酸素ゾーン容量に基づき、反応タンク全体の容量を決定する。

既設改築の場合には、上記で算出された反応タンク全体の容量が既設反応タンク容量以内である場合、既設構造物の改造について確認した上で、それぞれの容量を決定する。一方、既設反応タンク容量を超過する場合には、嫌気槽滞留時間を上記の範囲内で減じ、嫌気槽容量を縮小する。さらに容量が不足する場合には、MLSS 濃度の設定を範囲内で増やすか、処理水量を減らすかして、各容量を再検討する。

(6) 脱窒速度の確認

循環・返送 NO_x-N 負荷量から算出される脱窒速度が、BOD-SS 負荷から算出される脱窒速度以上であることを確認する。脱窒速度が不足する場合は「(7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認」に基づき検討する。

循環・返送 NO_x-N 負荷量から算出される脱窒速度 K_{DM} (mgN/(gMLSS・h))の算出は次式による。

$$K_{DM} = \frac{L_{NOX, DN} \times 10^6}{24 V_{DN} \cdot X_A} \dots\dots\dots (式 4-19)$$

ここで、 $L_{NOX, DN}$: 循環・返送 NO_x-N 負荷量(kgN/日)
 X_A : MLSS 濃度 (mg/L)
 V_{DN} : 無酸素ゾーン容量 (m³)

本技術では循環水量は十分に確保されるため、循環・返送 NO_x-N 負荷量 $L_{NOX, DN}$ (kgN/日)は、流入 T-N 濃度から次式により表すことができる。

$$L_{NOX, DN} = C_{NOX, A} \times Q_{in} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (式 4-20)$$

$$C_{NOX, A} = \alpha \cdot C_{TNin}$$

ここで、 $C_{NOX, A}$: 好気ゾーン末端の NO_x-N 濃度 (mg/L)
 C_{TNin} : 流入 T-N 濃度(mg/L)
 α : C_{TNin} に対し硝化対象窒素の比 (0.7~0.8)
 Q_{in} : 流入水量 (m³/日)

BOD-SS 負荷から算出される脱窒速度 $K_{DM, BOD-SS}$ (mgN/gMLSS/h) の算出は次式による。

$$K_{DM, BOD-SS} = 7.7L_{BOD/X} + 0.6 \dots\dots\dots (式 4-21)$$

ここで、 $K_{DM, BOD-SS}$: BOD-SS 負荷の関係式による脱窒速度¹⁾ (mgN/gMLSS/h)
 $L_{BOD/X}$: BOD-SS 負荷 (kgBOD/kgMLSS/日)

1) 「下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版 日本下水道協会」

$K_{DM} \leq K_{DM, BOD-SS}$ の場合はほぼ完全脱窒となり、最終沈殿池からの窒素濃度流出は問題ないが、 $K_{DM} > K_{DM, BOD-SS}$ の場合は下記の最終沈殿池流出窒素濃度を確認する。

(7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認

最終沈殿池流出 T-N 濃度 (mg/L) が設計処理水質を満足するか確認を行う。T-N 濃度が満足しない場合は、MLSS 濃度を増やすか、処理水量を減らして、各容量を再検討する。最終沈殿池流出 T-N 濃度 (mg/L) の算出は次式による。

$$\text{最終沈殿池流出 T-N 濃度} = \text{硝化対象残留窒素濃度} + \text{Org-N}$$

ここで、

$$\text{硝化対象残留窒素濃度} = (\text{硝化対象窒素-脱窒窒素量}) / Q_{in}(\text{m}^3/\text{日}) \times 10^{-3}$$

$$\text{硝化対象窒素 (kg/日)} = C_{inT-N} (\text{mg/L}) \times \alpha \times Q_{in}(\text{m}^3/\text{日}) \times 10^{-3}$$

$$\text{脱窒窒素量 (kg/日)} = X_A (\text{mg/L}) \times V_{DN} (\text{m}^3) \times K_{DM,BOD-SS} \times 24 (\text{h/日}) \times 10^{-6}$$

(8) 必要空気量の算出

本技術の必要空気量は、有機物の酸化、硝化及び内生呼吸による酸素消費量と好気ゾーンの溶存酸素濃度維持のための酸素供給量を考慮して決める。

① 必要酸素量の計算

① -1 有機物の酸化による酸素消費量 D_B (kg/日) は次式で求められる。

$$D_B = \{ (C_{BODin} - C_{BODeff}) \cdot Q_{in} \times 10^{-3} - (L_{NOXDN} - L_{NOXA}) \times K \} \times A \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-22)}$$

ここで、 C_{BODin} : 流入水 BOD 濃度 (mg/L)

C_{BODeff} : 処理水 BOD 濃度 (mg/L)

Q_{in} : 設計水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)

L_{NOXDN} : 無酸素ゾーン $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷量 (kg/日)

L_{NOXA} : 無酸素ゾーン $\text{NO}_x\text{-N}$ 流出量 (kg/日)

K : 単位 $\text{NO}_x\text{-N}$ 当り脱窒に必要な BOD 量 (kgBOD/kg $\text{NO}_x\text{-N}$) 2.0

A : 単位 BOD 当り必要な酸素量 (kg/kgBOD) 0.45

① -2 硝化による酸素消費量 D_N (kg/d)は、次式で求められる。

$$D_N = \alpha \cdot C_{in} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \times C \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-23)}$$

ここで、 α : C_{TNin} に対し硝化される窒素の比 (0.7~0.8)

C_{TNin} : 設計全窒素 (T-N) 濃度 (mg/L)

C : 単位アンモニア性窒素の硝化に必要な酸素量 (kg/kg $\text{NH}_4\text{-N}$) 4.57

① -3 内生呼吸による酸素消費量 D_E (kg/日)は、次式で求められる。

$$D_E = X_A \cdot V_A \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-24)}$$

ここで、 X_A : 反応タンクの MLSS 濃度(g/L)

V_A : 好気ゾーン容量 (m^3)

B : 単位 MLSS 当りの内生呼吸による酸素消費量 (g/gMLSS/日) 0.12

- ① -4 溶存酸素濃度維持に必要な酸素供給量 D_O (kg/日)は、次式で求められる。

$$D_O = C_{OA} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-25)}$$

ここで、 C_{OA} : 好気ゾーンの溶存酸素濃度(mg/L) 1.5

- ① -5 本技術における全必要酸素量 ΣD (kg/d) は、上式の酸素量の合計として次式となる。

$$\Sigma D = D_B + D_N + D_E + D_O \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-26)}$$

② 必要空気量の計算

上記の①-5 で算出した必要酸素量を供給するのに必要な空気量の計算は設計指針に準じて行う。

§ 35 反応タンク設計に係る留意事項

反応タンク設備の設計においては、特に以下の項目について留意する。

(1) 既設躯体の構造計算の確認

【解説】

各処理工程の設計にあたっては、処理対象とする反応タンク設備の水質状況や運転状況によって、システムの安全対策を検討する必要がある。

(1) 既設躯体の構造計算の確認

既設反応タンクの改築更新にあたっては、反応タンク内の改造（隔壁撤去、縦断方向の隔壁等の打設）や循環水流の妨げとなる中間梁や柱等の改造が必要な場合が考えられる。躯体の構造計算については既設反応タンクの強度計算書や耐震計算書をもとに躯体改造の確認を行うとともに必要な場合は補強工事の設計を行う。

また、無終端型水路では水路中の妨げとなる梁や柱等の構造物についてはなるべく撤去するのが望ましいが、構造上、撤去できない場合はなるべく水流の妨げとならないカバー等の取付や水流抵抗が増した場合の水流発生装置の動力の検討を行う。

実証研究では反応タンク内の隔壁を撤去し、縦断方向に隔壁を設けたが、耐震補強を検討し、柱の補強を行うことで対処した。実証研究での躯体改造例を図 4-9 に示す。

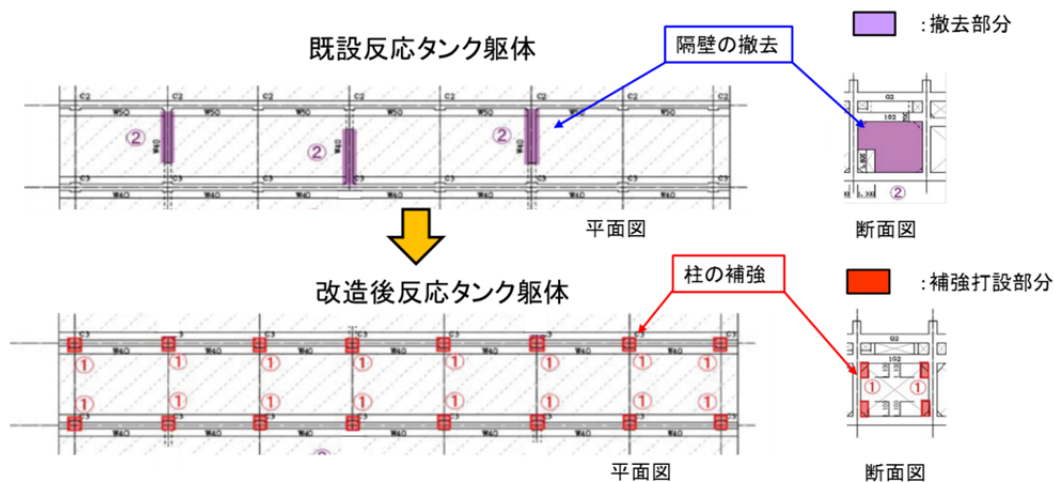


図 4-9 反応タンク改造例

第4節 発生汚泥量の設定

§ 36 発生汚泥量（固形物量）

発生汚泥量は、生汚泥量及び余剰汚泥量を算出して求める。

【解説】

本技術は高効率固液分離設備により、生汚泥量が増え余剰汚泥量が減るため、生汚泥比率の高い汚泥となる。

(1) 生汚泥量

生汚泥量 S_o (kg-ds/日) は、高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 (式 4-13) を用いて、次式により算出される。

$$S_o = C_{SSO} \times Q \times 10^{-3} \times R_{SS} = C_{SSO} \times Q \times 10^{-3} \times (18.0 \times \ln C_{SSO} - 19.4) \dots\dots\dots (式 4-27)$$

ここで、 C_{SSO} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

Q : 流入水量 (m³/日)

R_{SS} : 総合 SS 除去率 (式 4-13)

* R_{SS} は実証研究により得られた数値であり、流入下水の性状により変動する。

(2) 余剰汚泥量

余剰汚泥量 S_i (kg-ds/日) は、反応タンクにて生成される固形物量から放流水 SS 量を除いて次式により算定する。りん除去のための凝集剤添加を行う場合は、別途、凝集剤による汚泥量の増加分を加える。

$$S_i = (a \cdot C_{S-BOD,in} + b \cdot C_{SSin} - c \cdot \tau \cdot X_A - C_{SSout}) \times Q \times 10^{-3} \dots\dots\dots (式 4-28)$$

ここで、 $C_{S-BOD,in}$: 反応タンク流入溶解性 BOD 濃度 (mg/L)

C_{SSin} : 反応タンク流入 SS 濃度 (mg/L)

C_{SSout} : 放流水 SS 濃度 (mg/L)

X_A : 活性汚泥濃度 (mg/L)

τ : 好気タンク滞留時間 (d)

Q : 流入水量 (m³/日)

a : 溶解性 BOD の汚泥転換率 (gMLSS/gS-BOD) 0.5~0.6

b : SS の汚泥転換率 (gMLSS/gSS) 0.9~1.0

c : 汚泥の自己分解係数 (1/d) 0.025~0.035

第5節 監視制御システム

§ 37 高効率固液分離設備の監視制御システム

高効率固液分離設備では、高速繊維ろ過設備の自動制御、ろ過水質の簡易監視及び前沈殿槽の水位監視を行う。

【解説】

高効率固液分離設備の監視制御を行う計装機器の設置位置を図4-10に示す。

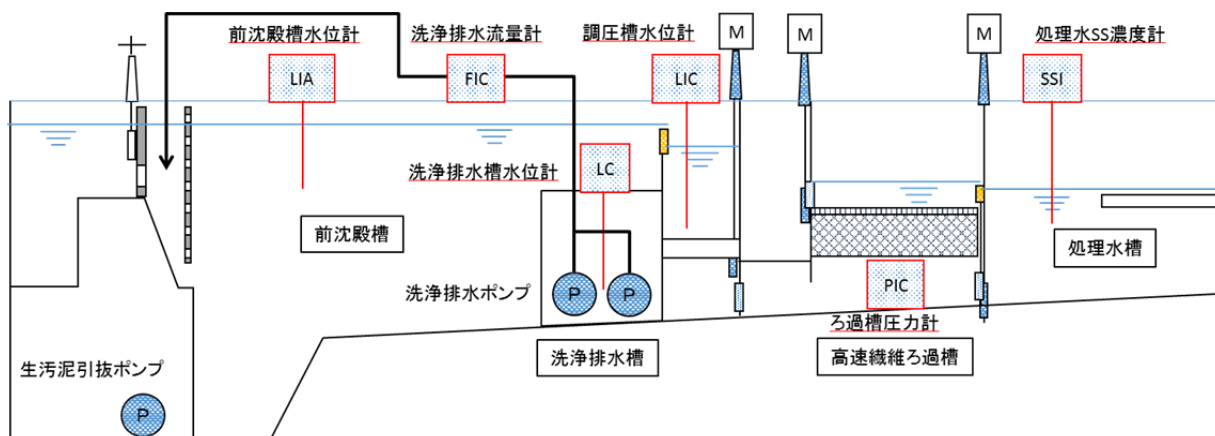


図4-10 高効率固液分離設備の計装機器の設置位置

(1) 高速繊維ろ過設備の自動制御

高速繊維ろ過設備はろ過工程、洗浄工程（水抜工程、攪拌工程、攪拌・排水工程）及び待機工程からなる（§8 高効率固液分離設備の概要と特徴参照）。これらの工程を設備に設けた計装機器と制御盤内のタイマーにより自動制御する。

高速繊維ろ過設備は、SS 捕捉量の増加とともにろ過損失水頭が上昇し、設定値に達した場合、ろ材の洗浄（洗浄工程）を開始する。ろ過損失水頭は調圧槽水位とろ過槽水位の差で求めるが、ろ過槽水位の変動が微小なため、調圧槽の水位が規定値に達した場合を最終ろ過損失水頭として洗浄を開始する。本設備では、調圧槽の水位監視を調圧槽に設置した水位計とろ過槽内部に設置した圧力計の2種類の計装機器で行い、圧力計を優先に水位計をバックアップとして用いることで安全性の向上を図っている。

洗浄の終了は、洗浄水量を洗浄排水管に設置した洗浄排水流量計で監視し、洗浄排水量が規定量に達した時点で洗浄を終了する。

洗浄排水は洗浄排水槽で一時的に受け、洗浄排水ポンプで前沈殿槽前段部に移送する。洗浄排水ポンプは洗浄排水槽内に設置した水位計により自動運転を行う。

(2) ろ過水質の簡易監視

処理水槽内にSS濃度計を設置し、ろ過処理水のSS濃度を監視することでろ過のブレイクスルー等ろ過状態の異常の有無を簡易に監視することができる。

(3) 前沈殿槽の水位監視

前沈殿槽内に水位計を設置し、前沈殿槽の水位を監視する。調圧槽水位計やろ過槽圧力計の故障、洗浄の異常等が発生した場合、前沈殿槽の水位が上昇する。これらの異常を検知することを目的として前沈殿槽の水位を監視する。

(4) 計装機器

計装機器の一覧表を表4-3に示す。

表4-3 高効率固液分離設備の計装機器一覧

設備名称	計装機器	用途		目的
		監視	制御	
前沈殿設備	水位計	○		前沈殿槽の水位を監視
高速繊維ろ過設備	調圧槽水位計	○	○	ろ過状態の監視と洗浄開始制御
	ろ過槽圧力計	○	○	ろ過状態の監視と洗浄開始制御
洗浄排水設備	洗浄排水槽水位計		○	洗浄排水ポンプの自動運転制御
	洗浄排水流量計		○	高速繊維ろ過設備の洗浄終了制御
処理水槽	処理水SS濃度計	○		ろ過状態の監視

§ 38 反応タンク設備の監視制御システム

反応タンク設備では、二点 DO 制御を行うための水質監視、ならびに、二点 DO 制御による自動制御を行う。

【解説】

反応タンク設備の監視制御システムを計装機器の設置位置と制御フローを図 4-11 に示す。

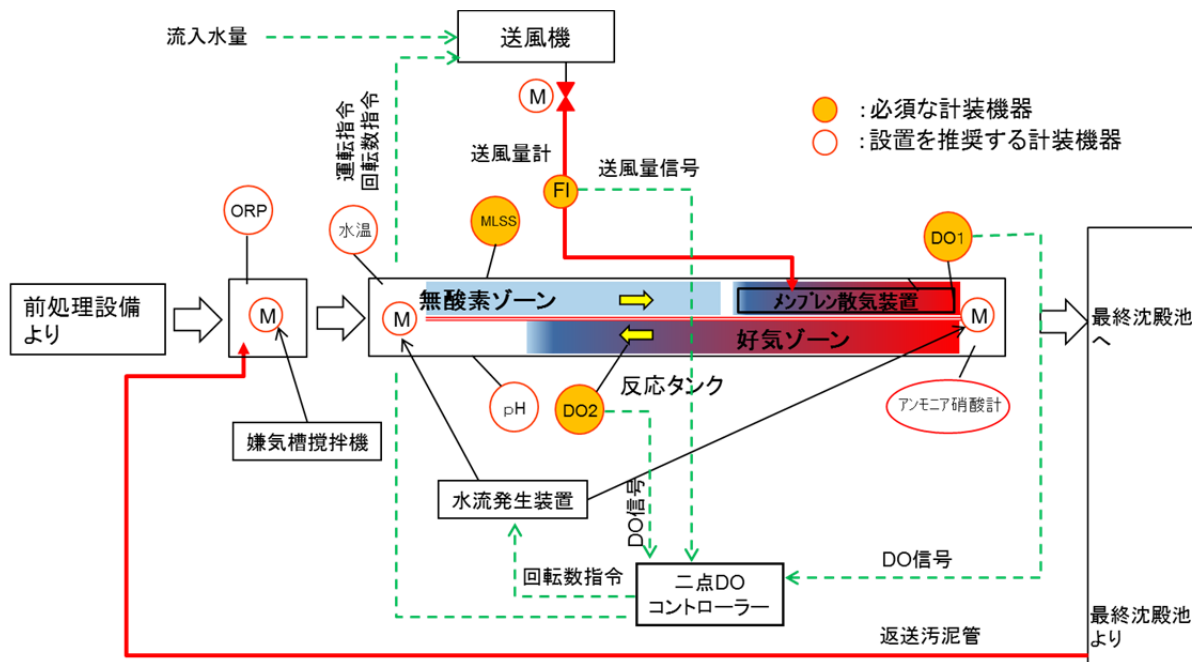


図 4-11 反応タンク設備の計装設置位置と制御フロー

(1) 反応タンク設備の二点 DO 制御

好気ゾーン上流側 DO 計（以下、DO 計 1）と下流側 DO 計（以下、DO 計 2）の各 DO 値が二点 DO コントローラーに送られ、DO 計 1 の設定値となるように送風機回転数が制御されると同時に、DO 計 2 の設定値となるように水流発生装置の回転数が制御される（§ 9 反応タンク設備の概要と特徴参照）。

DO 計 2 は夏期の好気ゾーン末端に設置する。冬期については、夏期より好気ゾーンが増えるため、DO 計 1 と DO 計 2 の傾きから好気ゾーン末端の DO 値（0～0.5mg/L）となるように DO 計 2 を設定する。図 4-12 に冬期の好気ゾーン距離と DO 値との関係を示す。図より DO 計 2 の値は次式で求まる。

$$DO2 = 0.5 + O_x = 0.5 + \frac{DO1 - 0.5}{L - L_1} \times (L - L_1 - L_n) \dots\dots\dots (式 4-29)$$

- ここで、DO2： DO 計 2 の値 (mg/L)
- O_x： DO2 と好気ゾーン末端の DO 値 0.5 (mg/L) の差
- DO1： DO 計 1 の値 (mg/L)
- L： 好気ゾーン距離 (m)

L_1 : 好気ゾーンでの DO1 の位置(m)

L_n : DO1 と DO2 の距離 (m)

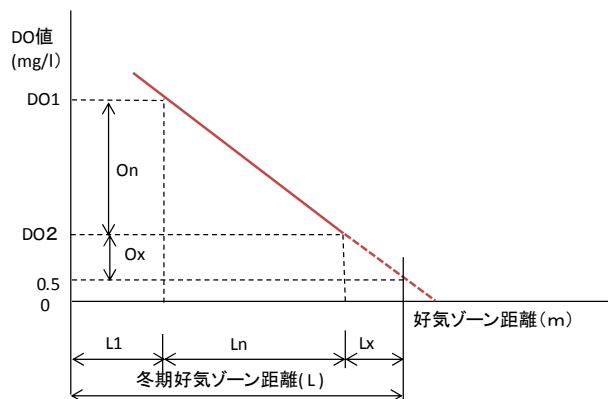


図 4-12 冬期の好気ゾーン距離と DO 値の関係

(2) 計装機器

反応タンク設備の運転状況及び処理水質の監視・制御のために必要な計装機器を設置する。計装機器の一覧表を表 4-4 に示す

表 4-4 反応タンク設備の計装機器一覧

設備名称	計装機器	用途		目的
		監視	制御	
嫌気槽	ORP 計	△		嫌気槽の嫌気状態を監視する。
反応タンク	DO 計 (蛍光式)	○	○	反応タンクの DO 状態を監視し、好気ゾーンの上流 (散気側) 及び下流に設置し、DO 計 1 にて送風量、DO 計 2 により水流発生装置の回転数を制御し、設定した好気ゾーンを形成する。
	水温計	△		反応タンクの水温を監視する。
	pH 計	△		反応タンクの pH 状態を監視する。
	MLSS 計	○		反応タンクの処理で必要な MLSS 濃度が確保できているか監視する。
	アンモニア硝酸計	△		反応タンク内の硝化・脱窒状況を監視する。
	曝気風量計	○	○	送風機の送風量を監視し、送風量一定制御の場合は指示値に合わせた送風量となるように調整する。
	返送汚泥量計	○	○	返送汚泥の送泥量を監視し、設定値に合わせ返送汚泥ポンプを制御する。また、余剰汚泥引抜量の制御に使用する。
	返送汚泥濃度計	○	○	返送汚泥濃度を監視し、返送汚泥量及び余剰汚泥引抜量を制御する。

※△：設置が望ましい、○：設置が必要

反応タンクで二点 DO 制御を行うに当たり、DO 計の精度が重要となる。このため、維持管理が容易で、安定した測定が可能な蛍光式を原則として使用する。

(3) 反応タンク設備の制御

① DO 計異常時の対応

反応タンクの制御は2つの DO 計による二点 DO 制御運転を基本とするが、異常時に自動で運転方法を変更する機能を設ける。

DO 計は DO 計 1 と DO 計 2 の二点で制御を行っている。通常運転では常に $DO1 > DO2$ の DO 値で設定されているが、長時間にわたり、 $DO1$ と $DO2$ の DO 値が逆転する状態 ($DO1 < DO2$) となった場合や DO 計からの信号が来ない等の DO 計の異常と判断した場合は、二点 DO 制御運転から送風量を流入水量の一定倍率とする風量一定制御とすると同時に水流発生装置の回転数を一定数とした運転に切り替える (図 4-13 参照)。

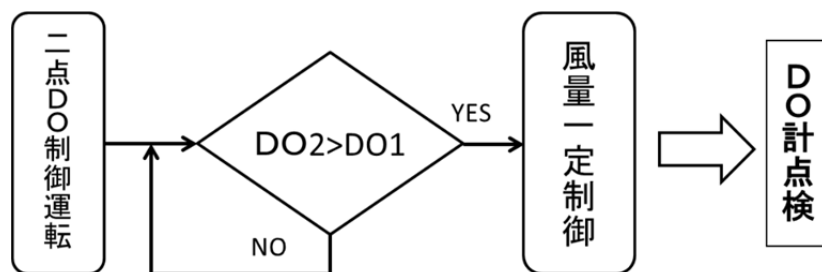


図 4-13 DO 制御異常時の制御フロー

② 低負荷時の対応

反応タンクへの流入負荷が低く、DO 計 1 による曝気風量が最小値でも好気ゾーン末端での DO 値が設定値以上で継続する場合や、DO 計 2 による水流発生装置の回転数が最少でも好気ゾーン末端での DO 値が設定値以上で継続する場合は低負荷曝気工程を設定し、送風機の一時的な停止による間欠曝気を考慮する (図 4-14 参照)。

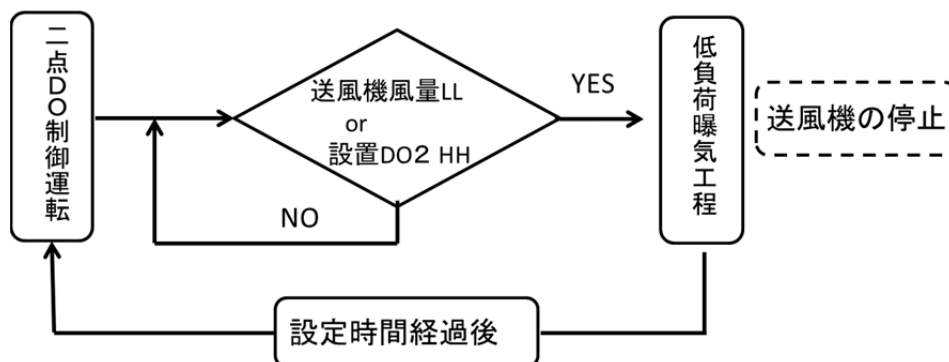


図 4-14 低負荷時の制御フロー