

## 第4章 計画・設計

### 第1節 導入計画

#### § 19 導入計画手順

本技術の導入計画は、実態調査、施設計画の検討、導入効果の検証、および導入計画のまとめの手順で行う。

#### 【解説】

本技術の導入計画手順を図4-1に示す。導入計画にあたっては、実態調査から開始し、施設計画の検討、導入効果の検証、および導入計画のまとめの手順で行う。

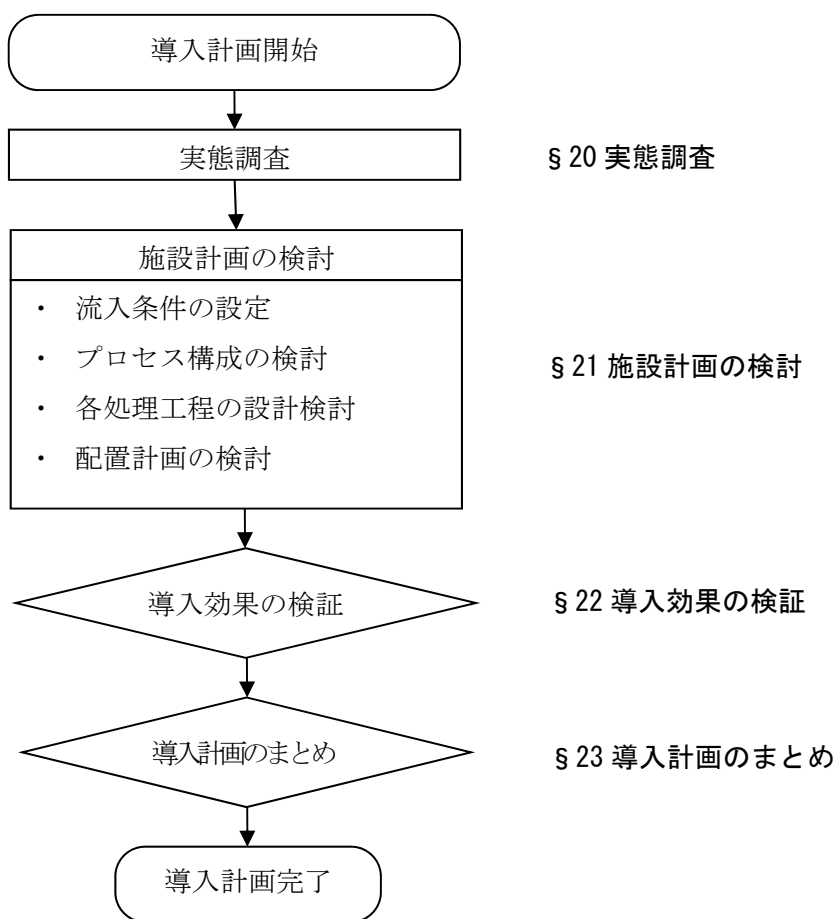


図4-1 本技術の導入設計手順

§ 20 実態調査

施設・設備の設計検討に先立ち、実態調査を行うことにより、施設・設備の計画・現状などについて把握する。

【解説】

導入検討時に § 14 にて実態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までの状況変化の確認を行うとともに、導入検討時に実施した § 14 の表 3-1 に示す対象排水などの水量・水質性状（T-N 濃度、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度）に加えて、本技術の導入設計に係る各種水質性状を調査する。また、本技術の導入に関連する嫌気性消化槽や汚泥脱水機などの周辺設備の運転状況などを調査する。基礎調査内容の一例を表 4-1 に示す。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、維持管理費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。なお、有機物の指標として BOD を使用するが、アンモニア性窒素の酸化に係る BOD（N-BOD）を除いた有機物分解に係る C-BOD<sub>5</sub> を対象とする。

表 4-1 基礎調査内容の例

基礎調査項目	検討・測定内容
状況調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・嫌気性消化槽および汚泥脱水機の運転状況</li> <li>・嫌気性消化汚泥脱水ろ液の水量および水質の季節変動</li> <li>・汚泥脱水機の高分子凝集剤の添加量</li> </ul>
水質調査	脱水ろ液性状 <ul style="list-style-type: none"> <li>T-N</li> <li><math>\text{NH}_4^+\text{-N}</math></li> <li>C-BOD<sub>5</sub></li> <li>SS</li> <li>アルカリ度</li> <li><math>\text{PO}_4^{3-}\text{-P}</math></li> </ul>

§ 21 施設計画の検討

本技術の導入計画にあたり，以下の項目について検討を行う。

- (1) 流入条件の設定
- (2) プロセス構成の検討（前処理工程の要否の検討）
- (3) 各処理工程の設計検討
- (4) 配置計画の検討

【解説】

(1) 流入条件の設定

対象とする下水処理場において実施した § 20 の実態調査に基づき，計画年次における以下に示す流入条件の設定を行う。最低限必要な流入条件の調査および測定項目を表 4-2 に示す。

表 4-2 最低限必要な脱水ろ液流入条件の調査および測定項目

項目	調査・測定内容	目的・用途
1) 計画処理水量	計画処理水および水量の変動特性	各処理工程における施設規模（水槽容量および機器仕様・容量）の設定，および各処理工程の運転における処理水量の設定条件に使用する。
2) 計画水質	T-N 濃度	返流水個別処理としての本技術の処理性能に係る指標（T-N 除去率など）に使用する。
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 濃度	部分亜硝酸化工程における亜硝酸化槽，およびアナモックス工程におけるアナモックス槽の水槽容量の設定に使用する。
	C-BOD <sub>5</sub> 濃度	前処理工程における有機物除去施設の設置の要否判断，および水槽容量の設定に使用する。
	SS 濃度	前処理工程における SS 除去施設の設置の要否判断，および水槽容量の設定に使用する。
	アルカリ度	部分亜硝酸化工程の維持管理（薬品使用）に係る指標に使用する。
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P 濃度	MAP 対策の実施の要否判断，および前処理工程における維持管理（薬品使用）に係る指標に使用する。

1) 計画処理水量

計画年次における脱水機の運転状況などを想定して水量の変動特性を把握し、計画処理水量を設定する。設定した水量に基づいて、各処理工程における施設規模（水槽容量および機器仕様・容量）を決定する。また、各処理工程の運転における処理水量の変更や脱水ろ液の流入停止の有無などを検討する。

2) 計画水質

流入水質は、嫌気性消化槽および汚泥脱水機の運転状況や種類に大きく依存するため、表 4-2 に示す項目を十分に調査した上で設定する。なお、計画窒素除去率は、実証実績から 80%で設定する。

(2) プロセス構成の検討（前処理工程の要否の検討）

流入条件の検討の結果に基づき、前処理工程内の各施設の設置の要否について検討を行う。流入水の有機物（C-BOD<sub>5</sub>）やSSの濃度が高い場合には、亜硝酸化槽やアナモックス槽の処理性能を低下させることがあるため、これを防止する目的で、それぞれ有機物除去施設やSS除去施設を設置する必要がある。プロセス構成の一例を図 4-2 に示す。

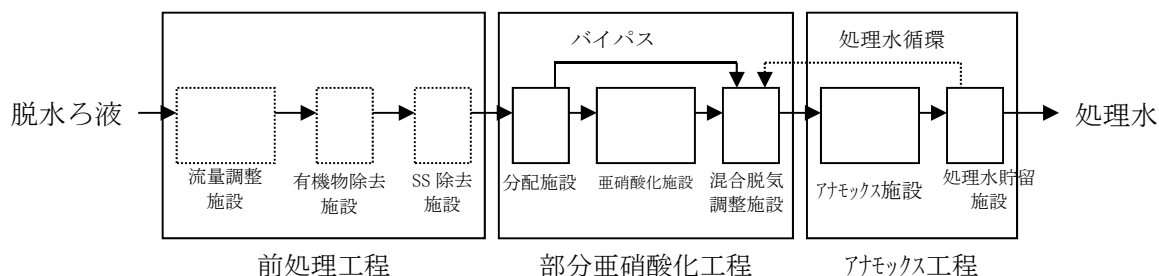


図 4-2 固定床型アナモックスプロセスのプロセス構成の例（前処理工程あり）

1) 有機物除去施設

有機物除去施設の設置の要否は、基準として亜硝酸化槽へ流入する C-BOD<sub>5</sub> 濃度を常時 100 mg/L 以下に維持できるものとし、計画水質の C-BOD<sub>5</sub> 濃度が 100 mg/L を超える場合には有機物除去施設を設置する。

2) SS 除去施設

SS 除去施設の設置の要否は、基準として亜硝酸化槽へ流入する SS 濃度が常時 100 mg/L 以下を維持できるものとし、計画水質の SS 濃度が 100 mg/L を超える場合には SS 除去施設を設置する。また、流入水が高濃度のりんを含む場合には、処理過程での MAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）の生成が懸念されるため、この場合は SS 除去施設にりん除去機能をもたせること

を考慮し、また処理過程以前の取水設備での MAP の生成が懸念される場合は「下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版」(公益社団法人日本下水道協会)、§ 5. 4. 9, p. 368 に記載の内容を考慮する。

以上の検討を行った上で、プロセス全体のフローを整理し、処理水量、各処理工程における水質(有機物(ここでは C-BOD<sub>5</sub>)、SS、窒素、アルカリ度、りんなど)を検討する。

各処理工程における水質および窒素負荷量は、前処理工程、部分亜硝酸化工程、アナモックス工程の順に検討する。具体的には各種設定条件に基づき、以下の手順で検討を行う。

【設定条件】

・前処理工程

SS 性の窒素 (mg/L) : 前処理工程で除去されるものとする。

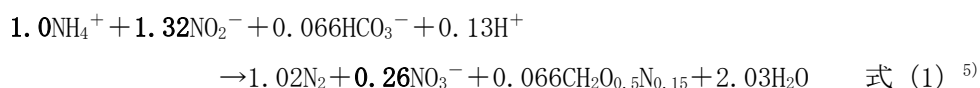
T-P 濃度の除去率 (%) : 83% (「アナモックス反応を利用した窒素除去技術の評価に関する報告書」(日本下水道事業団 技術開発部)平成 22 年 4 月, p. 117, 表 3-13, 大阪市実証実験参照)。

・部分亜硝酸化工程

亜硝酸化率 (%) : 亜硝酸化率 = (亜硝酸化槽流出 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度 - 亜硝酸化槽流入 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度) ÷ 亜硝酸化槽流入 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度。亜硝酸化率は 80%~95%の間で設定(資料編 p. 124 部分亜硝酸化工程参照)。

硝酸生成率 (%) : 硝酸生成率 = (亜硝酸化槽流出 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度 - 亜硝酸化槽流入 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度) ÷ 亜硝酸化槽流入 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度。硝酸生成率は 0%~5%の間で設定(資料編 p. 124 部分亜硝酸化工程参照)。

バイパス比率 (-) : バイパス比率 = バイパス水量 ÷ (計画処理水量 - バイパス水量)。部分亜硝酸化工程流出水の NH<sub>4</sub><sup>+</sup> と NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 反応モル比が、下記アナモックス反応の実験式での NH<sub>4</sub><sup>+</sup> と NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 反応モル比 1.32 に近似するように設定する。



・アナモックス工程

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の除去率 (%) : アナモックス槽における NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の除去率は実証施設のデータから 90%と設定する(資料編 p. 128 アナモックス工程参照)。

【検討手順】

<手順1>前処理工程流出水の水質検討

- i) C-BOD<sub>5</sub>濃度 (mg/L) : 有機物除去施設にて C-BOD<sub>5</sub>濃度を 100 mg/L 未満にまで低減させる。
- ii) SS 濃度 (mg/L) : SS 除去施設にて SS 濃度を 100 mg/L 未満にまで低減させる。
- iii) T-N 濃度 (mg-N/L) と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度 (mg-N/L) : 前処理工程において SS 性窒素が除去され、T-N はすべて溶解性 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) となる。…①
- iv) T-P 濃度 (mg-P/L) : 凝集沈殿法を採用する場合、除去率 83%として流出水濃度を算出する。

↓

<手順2>部分亜硝酸化工程における水量検討

- i) バイパス比率 (γ) の計算 : 以下の計算式に基づきバイパス比率を算出する。  
設定モル比 1.32 = {NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度① × 亜硝酸化率 × (1 - γ)} / (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度① × γ)
- ii) バイパス水量の計算 : 以下の計算式に基づきバイパス水量を算出する。  
バイパス水量 (m<sup>3</sup>/日) = 前処理工程流出水量 × バイパス比率…②

↓

<手順3>亜硝酸化施設後の混合・脱気・調整槽の流出水の水質検討

- i) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度① × 亜硝酸化率 × (1 - バイパス比率 γ) …③
- iii) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度① × 硝酸生成率 × (1 - バイパス比率 γ) …④
- iv) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度① - NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度③ - NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度④…⑤

↓

<手順4>アナモックス工程流出水の水質検討

- i) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度⑤ × (1 - アナモックス槽 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の除去率)…⑥
- ii) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度③ - (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度⑤ - NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度⑥) × 1.32…⑦  
※1.32 は式 (1) に基づく NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N に対する NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N の反応モル比
- iii) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度 (mg-N/L) = (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度③ - NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度⑥) × 0.26…⑧  
※0.26 は式 (1) に基づく NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N に対する NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N の生成モル比
- iv) T-N 濃度の計算 : 以下の計算式に基づき流出水濃度を算出する。  
T-N 濃度 (mg-N/L) = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 濃度⑥ + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 濃度⑦ + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度⑧…⑨

↓

<手順5>それぞれの窒素負荷量の検討

i) 窒素負荷量の計算：以下の計算式に基づきそれぞれの窒素負荷量を算出する。

$$\text{窒素負荷量 (kg/日)} = \text{対象水量} \times \text{対象窒素濃度} \times 10^{-3}$$

各処理工程におけるフローを図4-3、水質検討結果の一例を表4-3に示す。各種設定条件は以下のとおりとした。

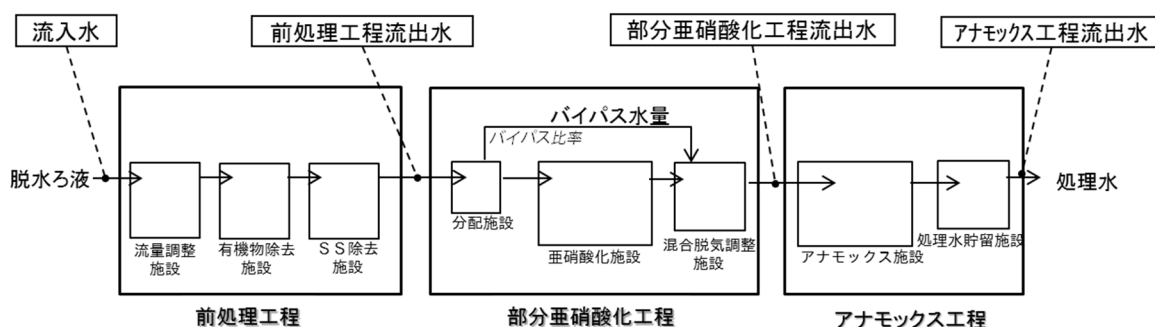


図4-3 アナモックスプロセスのフロー例

表4-3 各処理工程における水質の検討 例

	流入水 計画値	前処理工程 流出水	部分亜硝酸化 工程流出水	アナモックス工程 流出水
計画処理水量	m <sup>3</sup> /日	100	←	←
窒素負荷量	kg/日	38	36	7
T-N	mg-N/L	380	360	72
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg-N/L	360	←	15
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	mg-N/L	—	—	21
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg-N/L	—	—	36
C-BOD <sub>5</sub>	mg/L	200	<100	←
SS	mg/L	900	<100	←
T-P	mg/L	50	8	←

【設定条件例】

・前処理工程

SS 性の窒素：前処理工程で除去されるものとする。

T-P 濃度の除去率：83%

・部分亜硝酸化工程

亜硝酸化率：90%

硝酸生成率：0%

バイパス比率 (図 4-4) : 0.37

・アナモックス工程

$\text{NH}_4^+\text{-N}$  の除去率 : 90%

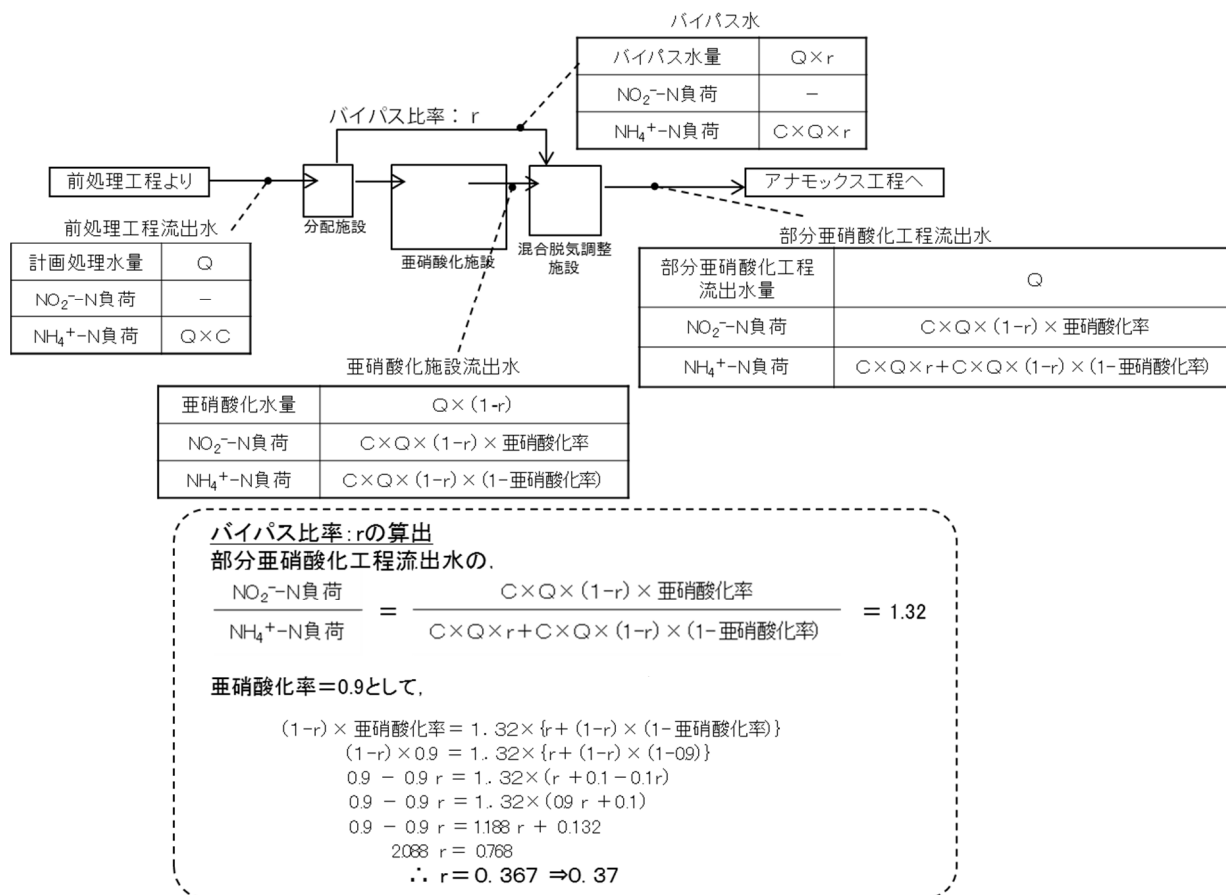


図 4-4 部分亜硝酸化工程における窒素挙動

(3) 各処理工程の設計検討

前処理工程、部分亜硝酸化工程およびアナモックス工程の水槽容量、主要機器の仕様・容量などの設計を行う。なお、具体的検討方法については本章第2～4節に記述する。また、各処理工程にて設置する計装機器やそれらを用いた計装制御については本章第5節に記述する。

(4) 配置計画の検討

各処理工程の設計検討結果に基づき、配置計画の検討を行う。

なお、本技術における各処理工程の所要水槽については、必要容量および寸法を確保できれば既設のRC槽を活用することもできるが、既設RC槽の容量、水深、水理条件、荷重条件、開口の数・位置、および防食塗装などについて、十分に検討する必要がある。



§ 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 § 15 導入効果の検討で試算した導入効果が得られるか検証する。

【解説】

導入検討時に § 15 にて導入効果の検討【導入検討Ⅱ】を実施しているが、導入検討時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・エネルギー使用量を算出し、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 導入計画のまとめ

本技術の導入についての検討結果を，実態調査，施設計画の検討，および導入効果の検証の各結果について導入計画書などとしてとりまとめる。

【解説】

本技術の導入についての検討結果を導入計画書などとしてとりまとめる。

導入計画書としては，実態調査（施設・設備の計画・現状などの把握），施設計画の検討（流入条件の検討，プロセス構成の検討，各処理工程の設計検討，配置計画の検討）を行った結果に加え，導入効果の検証結果を含めてとりまとめるものとする。

## 第2節 前処理工程の設計

### § 24 前処理工程の設計概要

前処理工程は、後段の工程（部分亜硝酸化工程，アナモックス工程）の処理機能に悪影響を与えないよう，脱水ろ液の水量・水質を調整することを目的として設置する。本工程では，直列する以下の施設とこれに付属する機器で構成される。

- (1) 流量調整施設
- (2) 有機物除去施設
- (3) SS 除去施設

#### 【解説】

前処理工程の設計概要を図4-5に示す。前処理工程は，後段の工程（部分亜硝酸化工程，アナモックス工程）の処理機能に悪影響を与えないよう，脱水ろ液の水量・水質を調整することを目的として設置し，（1）～（3）の各施設について設計を行う。

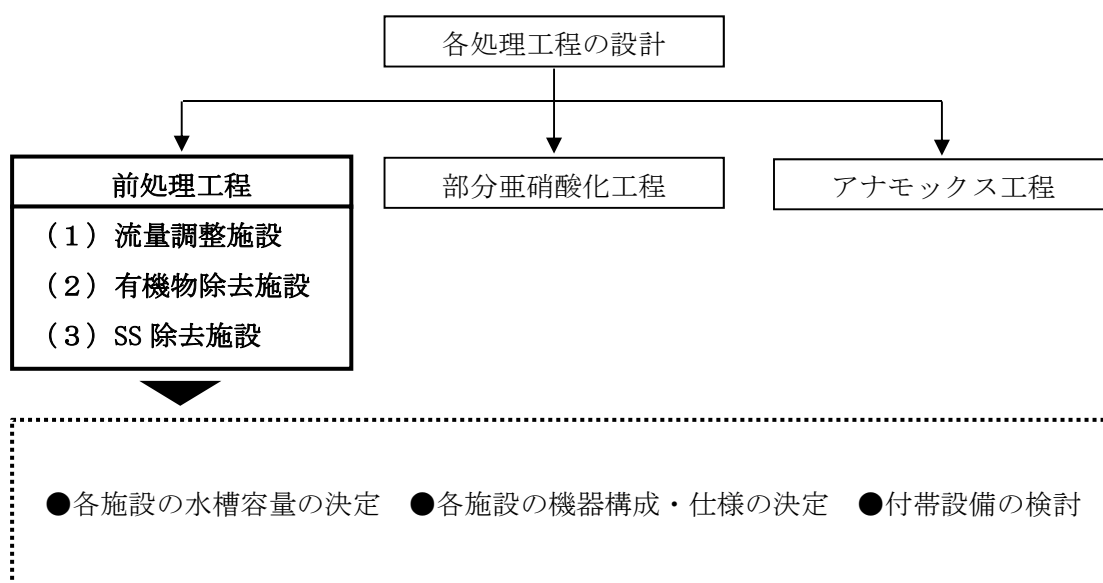


図 4-5 前処理工程の設計概要

(1) 流量調整施設

本プロセスでは、突発的な異常流入による悪影響の回避や(脱水機が連続運転でない場合の)流入停止の回避などを目的として流量調整施設を設置し、脱水ろ液を一時的に貯留して脱水ろ液の流量・水質変動を緩和する。ただし、流用可能な既存水槽がある場合や流入停止回避を目的とする場合は流量調整施設を省くこともできる。また、脱水工程で使用する高分子凝集剤が脱水ろ液中に残留する場合、アナモックス槽における処理性能が低下する可能性がある。これを防止するために、流量調整施設に当該下水処理場で発生した汚泥を投入して高分子凝集剤と反応させ、高分子凝集剤を低減させるなどの予防措置を講じる(資料編 p. 144 高分子凝集剤の低減参照)。

(2) 有機物除去施設

本プロセスでは、高濃度の BOD が流入すると、亜硝酸化槽およびアナモックス槽内において BOD 酸化細菌などの従属栄養細菌が優占化してアンモニア酸化細菌およびアナモックス細菌の増殖を阻害し処理性能が低下することがある。これを防止することを目的として、§ 21 のとおり、亜硝酸化槽へ流入する C-BOD<sub>5</sub>濃度が 100 mg/L を超える場合には有機物除去施設を設置する。

(3) SS 除去施設

本プロセスでは、高濃度の SS が流入すると、亜硝酸化槽およびアナモックス槽内において生物膜の閉塞やその他の細菌が優占化してアンモニア酸化細菌およびアナモックス細菌の増殖を阻害し処理性能が低下することがある。これを防止することを目的として、§ 21 のとおり、亜硝酸化槽へ流入する SS 濃度が 100 mg/L を超える場合には SS 除去施設を設置する。ただし、前述の脱水工程で使用する高分子凝集剤の残留による処理阻害を防止する対策として当該下水処理場で発生した汚泥を流量調整槽などに投入する場合は、当該汚泥による SS 濃度も考慮する。

### § 25 流量調整施設

流量調整施設は、脱水ろ液の水量・水質変動を低減して後段の処理工程へ供給するために設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) 流量調整槽の容量は、脱水機の運転時間および本プロセスの運転・停止時間などを考慮して決定する。
- (2) 流量調整槽には、浮遊物質の沈降防止装置を設ける。

#### 【解説】

- (1) 流量調整槽の容量は、脱水機の運転時間および本プロセスの運転・停止時間などを考慮して決定する。

本プロセスでは、処理速度の維持や制御の安定性などの見地から、原水を連続的に供給することが望ましいが、流用可能な既存水槽がある場合や流入停止回避を目的とする場合は流量調整施設を省くこともできる。その容量は、脱水機の運転時間や脱水ろ液の発生量、脱水ろ液貯留槽の容量から決定される本プロセスの処理水量を考慮して設定する。容量の設定の際には、脱水ろ液の水量変動が緩和できるよう配慮する。

なお、脱水ろ液の流入が一時的に停止する場合、流量調整槽に余裕を見込む方法と、処理工程への流入停止による対処方法がある。流量調整槽に余裕を見込む場合は、脱水機が停止する日数分以上の滞留時間を見込んで流量調整槽の容量を設定する。一方、処理工程への流入停止により対処する場合は、1～2週間程度の停止であれば流入再開後の復旧は速やかに行うことが可能であり、亜硝酸化槽における硝酸化およびアナモックス槽でのpH異常が発生しないように、本プロセスを運転調整することで対応する。なお、流入停止時の運転管理については§ 39に詳述する。

- (2) 流量調整槽には、浮遊物質の沈降防止装置を設ける。

流量調整槽内に脱水ろ液を長時間滞留させると、浮遊物質が沈降して堆積する恐れがあるため、浮遊物質の沈降を防止するための装置を設ける。具体的には、空気攪拌式、水中攪拌式、水中攪拌ポンプ式などの攪拌装置の設置を基本とする。

§ 26 有機物除去施設

有機物除去施設は、脱水ろ液中に有機物（C-BOD<sub>5</sub>）が高濃度に含まれる場合にその有機物を除去するために設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) 有機物除去方式は、活性汚泥法を基本とする。
- (2) 有機物除去槽の容量は、必要 BOD 容積負荷を諸元として算出する。
- (3) 有機物除去槽の後段に、固液分離のための沈殿槽の設置を検討する。

【解説】

(1) 有機物除去方式は、活性汚泥法を基本とする。

有機物除去方式は、活性汚泥法を基本とするが、設置スペースの制約などがある場合には担体法などの処理方式を検討する。実証施設では活性汚泥法を採用し、図 4-6 に示すように、流出水の BOD 濃度は安定的に 100 mg/L 未満に維持できた（資料編 p.116 前処理工程の処理性能参照）。担体法による実施例は資料編 p.226～227 担体法を適用した高負荷有機物除去装置の運転事例を参照されたい。

また、エアレーション方式は、「下水道設備計画・設計指針と解説 2009 年版」（公益社団法人日本下水道協会）に記載のように、必要な酸素を供給でき、活性汚泥法の場合は槽内汚泥の均一性を十分に保つことができるものとする。なお、省エネルギー性の見地から、酸素効率がよいものを選定することが望ましい。また、曝気処理による硝化反応の促進（特に亜硝酸酸化）を抑制するため、過剰な曝気を抑える必要がある。

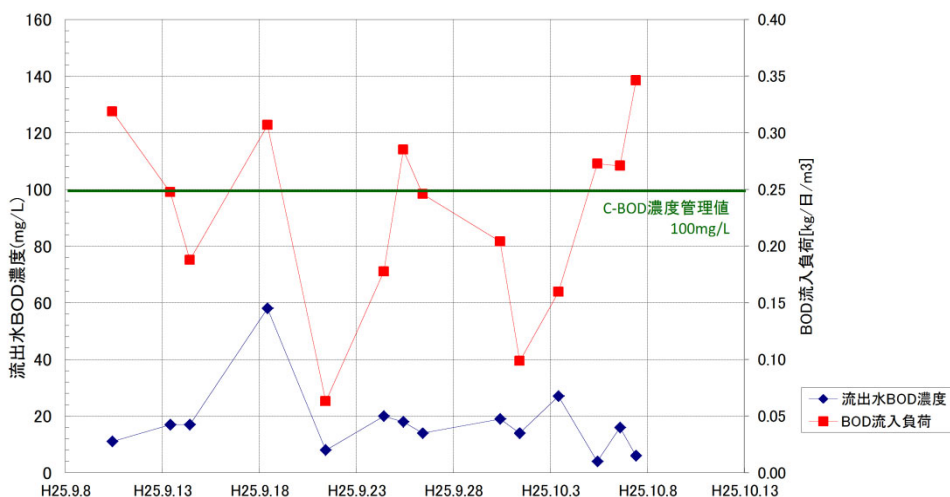


図 4-6 実証施設の有機物除去施設における C-BOD<sub>5</sub> 除去性能の例（約 1 ヶ月間）

(2) 有機物除去槽の容量は、必要 BOD 容積負荷を諸元として算出する。

有機物除去槽の容量は、流入する BOD 負荷量に対し、必要 BOD 容積負荷を諸元として算出す

る。ここでは、有機物の指標としてBODを使用するが、アンモニア性窒素の酸化に係るBOD(N-BOD)を除いた有機物分解に係るC-BOD<sub>5</sub>を対象とする。

$$V \geq Q_{in} \times C_{BOD.in} \times \frac{1}{L_{BOD}} \times 10^{-3}$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3/d$ ]

$C_{BOD.in}$  : 流入C-BOD濃度 [ $mg/L$ ]

$L_{BOD}$  : 必要BOD容積負荷 [ $kg/m^3/d$ ]; 実証施設 $0.4kg/m^3/d$

(3) 有機物除去槽の後段に、固液分離のための沈殿槽の設置を検討する。

有機物除去槽から流出する汚泥を固液分離するために沈殿槽の設置を検討する。沈殿槽には沈殿汚泥の排出機能を備え、活性汚泥法の場合は活性汚泥量 (MLSS 濃度) を適正に維持するため、汚泥返送機能を考慮する。なお、担体法の場合、有機物除去施設の後段に SS 除去施設を設置する場合はここで沈殿槽を省略してもよい。

§ 27 SS 除去施設

SS 除去施設は、脱水ろ液中に SS が高濃度に含まれる場合にその SS を除去するために設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

(1) SS 除去方式は、沈殿法あるいは凝集沈殿法を基本とする。

【解説】

(1) SS 除去方式は、沈殿法あるいは凝集沈殿法を基本とする。

SS 除去方式は、沈殿法あるいは凝集沈殿法を基本とし、対象とする原水の特性を事前にジャーテストなどを実施して確認し処理方式を選定する。沈殿法は、沈殿槽単独で構成され、凝集沈殿法は、混和槽、凝集槽、沈殿槽で構成される。実証施設では当初は凝集沈殿法を採用したが、想定よりも流入水の SS 濃度が低かったため凝集剤の添加を行わず沈殿処理とした。一例として実証施設における各槽の設計諸元を表 4-4 に示す。

表 4-4 実証施設における凝集沈殿法 設計諸元

	設計諸元
混和槽	所要滞留時間：5 分以上
凝集槽	所要滞留時間：20 分以上
沈殿槽	所要水面積負荷：20 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d 以下 所要越流負荷：100 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d 以下 所要滞留時間：3 時間以上

1) 混和槽

混和槽は、凝集沈殿法を採用した場合に設置し、脱水ろ液と凝集剤を混合しフロックを形成させるもので、混和槽内全体の攪拌が十分かつ急速に行えるものとする。

凝集剤には無機凝集剤として、硫酸アルミニウム、PAC、塩化アルミニウム、塩化第二鉄、ポリ硫酸第二鉄などを使用する。フロック径や形状、またその沈降性などは対象とする原水の水質により異なるため、事前にジャーテストなどを実施して、凝集剤の種類および添加量を決定する。また、pH は処理効果に大きな影響を及ぼすため、必要に応じて、pH 調整剤の注入を検討する。

2) 凝集槽

凝集槽は、凝集沈殿法を採用した場合に設置し、混和槽で形成したフロックを高分子凝集剤を用いて粗大化するもので、凝集槽内全体の攪拌が十分緩速に行えるものとする。

高分子凝集剤には、カチオン系、ノニオン系、アニオン系があるが、性状には水質により異



なる場合があるため、事前にジャーテストなどを実施して、凝集剤との組み合わせおよび添加量を決定することが望ましい。なお、凝集沈殿における高分子凝集剤の添加量は一般的に数 g/m<sup>3</sup>程度であり、§ 24 で想定されるアナモックス槽への阻害が懸念される濃度よりも大幅に小さいため、その可能性は低い。

### 3) 沈殿槽

凝集沈殿槽は、凝集フロックを重力沈降により沈殿除去し、上澄水を次工程に流出させるものである。なお、沈降除去した汚泥を槽外へ排出する装置を備える。

### 第3節 部分亜硝酸化工程の設計

#### § 28 部分亜硝酸化工程の設計概要

部分亜硝酸化工程は、前処理工程後の脱水ろ液中のアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換し、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の濃度比を適正に調整して後段のアナモックス工程に供給することを目的として設置する。本工程では、直列する以下の施設とこれに付属する機器で構成される。

- (1) 分配施設
- (2) 亜硝酸化施設
- (3) 混合・脱気・調整施設

#### 【解説】

部分亜硝酸化工程の設計概要を図4-7に示す。部分亜硝酸化工程は、前処理工程後の脱水ろ液中のアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換し、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の濃度比を適正に調整して後段のアナモックス工程に供給することを目的として設置し、(1)～(3)の各施設について設計を行う。

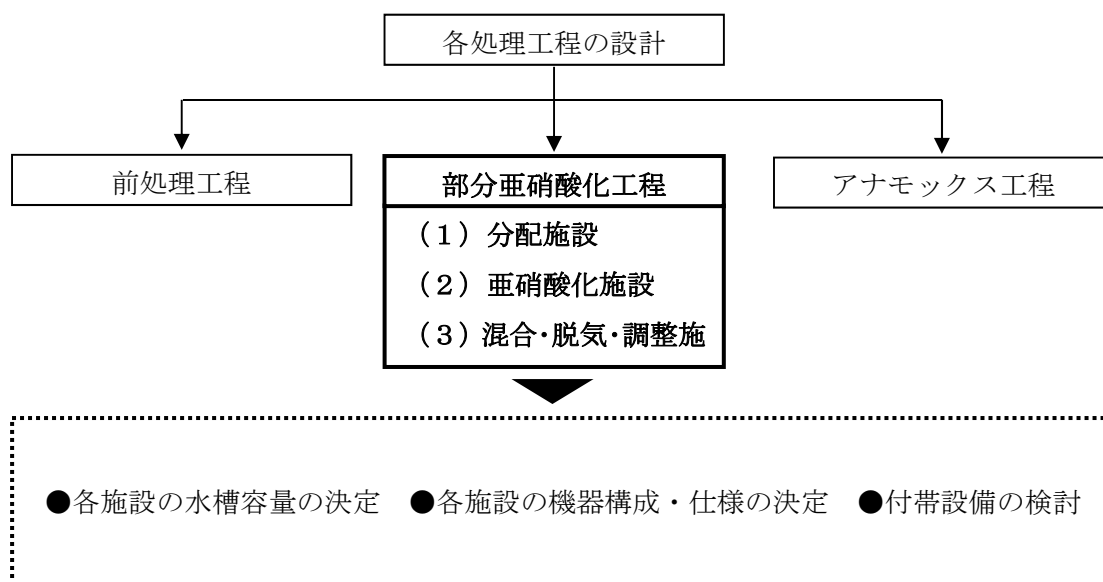


図4-7 部分亜硝酸化工程の設計概要

(1) 分配施設

分配施設は、前処理工程後の脱水ろ液を(2)の亜硝酸化施設と(3)の混合施設へ適正な水量比率で分配することを目的として設置する。また、亜硝酸化施設およびアナモックス施設において常時所要水温を維持できる環境での適用以外は温度調整機能を設置する。

(2) 亜硝酸化施設

亜硝酸化施設は、硝化(アンモニア酸化)を利用して、流入するアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換することを目的として設置する。

(3) 混合・脱気・調整施設

亜硝酸化施設の後段に、混合施設、脱気施設、調整施設を直列に設置する。

混合施設は、亜硝酸化槽流出水と、適正な水量比率で分配した分配槽流出水(バイパス水)とを混合することを目的として設置する。脱気施設は、アナモックス工程への流入水の溶存酸素を低減することを目的として設置する。調整施設は、アナモックス工程への流入水のpH調整を目的として設置する。また、アナモックス工程への流入水中の亜硝酸性窒素濃度が250 mg/Lを超える場合にはアナモックス細菌の活性が阻害される恐れがあるため、後段のアナモックス工程におけるアナモックス槽内で亜硝酸性窒素による阻害が懸念される濃度となる場合は、アナモックス工程における処理水貯留槽から処理水を供給する濃度調整機能を付帯させる。アナモックス槽が押し出し流れの場合は流入部において濃度の影響を受けやすいため、特に留意する必要がある。なお、実証施設では、流入水の亜硝酸性窒素濃度の管理値として200 mg/L以下を目安とし、最大200 mg/L程度の運転においても安定した処理性能を確認している。

## § 29 分配施設

分配施設は、前処理工程後の脱水ろ液を、亜硝酸化施設と混合施設へ適正な水量比率で分配することを目的として設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) 分配施設は、分配槽を設置し、分配槽から送水ポンプまたは可動堰を用いて適正な水量比率で後段の工程へ送水できる構造とする。
- (2) 亜硝酸化施設およびアナモックス施設の水温調整が必要な場合は、加温装置もしくは冷却装置を設ける。

## 【解説】

分配施設は、前処理工程後の脱水ろ液を、亜硝酸化施設と混合施設へ適正な水量比率で分配することを目的として設置する。

- (1) 分配施設は、分配槽を設置し、分配槽から送水ポンプまたは可動堰を用いて適正な水量比率で後段の工程へ送水できる構造とする。

## 1) 分配槽の容量

分配槽の容量は、後段の工程への送水に支障がないよう、分配槽への流入水量の変動特性を考慮し変動時の最大水量に基づいて所要滞留時間を諸元として算出する。

$$V \geq Q_{in} \times t / 24 / 60$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3/d$ ]

$t$  : 所要滞留時間 [min] 実証施設では60分

## 2) 分配方法

本プロセスでは、部分亜硝酸化工程における  $NO_2^- - N / NH_4^+ - N$  比の調整方法としてバイパス方式を適用している (§ 7 参照)。分配槽より、その流出水の一部を亜硝酸化施設へ供給し、残りを亜硝酸化施設をバイパスさせて後段の混合施設へ供給するもので、分配槽からの分配水量を適正な水量比率で自動で制御し混合施設における  $NO_2^- - N / NH_4^+ - N$  比を安定的に維持するものである。

分配方法は、実証施設で実施したポンプにより所定の分配水量を制御して供給するバイパスポンプ方式を基本とするが、分配槽や水路から可動堰を通して自然流下でバイパス水を分岐する可動堰方式としてもよい。

(2) 亜硝酸化施設およびアナモックス施設の水溫調整が必要な場合は、加温装置もしくは冷却装置を設ける。

本プロセスでは、亜硝酸化施設において硝酸の生成を抑制するための1つのパラメータとして亜硝酸化槽内の水溫を30℃以上(実証施設では30～37℃)に維持する必要がある。またアナモックス施設においてアナモックス細菌の活性を高い水準で保つためにアナモックス槽内の水溫を30℃程度(実証施設では27～36℃)に維持する必要がある。そのため、亜硝酸化施設およびアナモックス施設において常時所要水溫を維持できる環境での適用以外は加温装置もしくは冷却装置を設置する。加温方法としては、実証施設にて実施した熱交換により間接的に加温する方法を基本とするが、分配槽に直接蒸氣を吹き込むなどの直接的に加温する方法としてもよい。また、冷却方法としては熱交換により間接的に冷却する方法とする。加温を要する場合の熱源としては、省エネルギー性に配慮し、消化槽の余剰ガスや消化ガス発電の廢熱、焼却廢熱など現状で未利用の熱源を活用することを検討する。

### § 30 亜硝酸化施設

亜硝酸化施設は、硝化（アンモニア酸化）を利用して、流入するアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換することを目的として設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) 亜硝酸化槽は、固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。
- (2) 亜硝酸化槽は、槽内の水温および pH を適正範囲内に維持できる構造とする。
- (3) 亜硝酸化槽の担体ユニットの容量は、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。
- (4) 槽容量は、算出した担体ユニットやその他の付帯設備の設置などを考慮して決定する。
- (5) 亜硝酸化槽内には、散気装置を設置する。
- (6) 固定床担体に付着した過剰な汚泥を剥離するため、逆洗装置を設ける。
- (7) 逆洗時に排出される SS の除去を行うため、後段に SS 分離槽を設ける。
- (8) 亜硝酸化槽は、複数系列とする。

#### 【解説】

亜硝酸化施設は、硝化（アンモニア酸化）を利用して、流入するアンモニア性窒素を亜硝酸性窒素に変換することを目的として設置する。

- (1) 亜硝酸化槽は、固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。

安定した亜硝酸化性能を維持するため、継続的に汚泥（アンモニア酸化細菌）を保持できる固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。固定床方式とすることで、同槽内におけるアンモニア酸化細菌を高密度化し、アンモニア酸化細菌の維持管理が容易で、負荷変動に強く安定した運転を実現できる。

担体の取付方法としては、**図 4-8**のように実証施設で採用したフレームに固定して槽内に設置する方法を基本とする。



図 4-8 亜硝酸化槽の使用担体（左）と担体ユニット（右）例

(2) 亜硝酸化槽は、槽内の水温および pH を適正範囲内に維持できる構造とする。

#### 1) 構造

本プロセスでは、亜硝酸化施設において硝酸の生成を抑制するためのパラメータとして亜硝酸化槽内の水温は 30℃以上（実証施設では 30～37℃）に、pH は 7.8 程度（実証施設では 7.6～7.9）に維持する必要がある。そのため、槽内の水温および pH を適正範囲内に維持する必要があることから、完全混合型反応槽を基本とし、ショートパスやデッドスペースができないよう配慮する（図 4-9 参照）。例えば、実証施設では槽中央部にドラフトチューブを配し、担体下部から曝気することで担体部は上向流、ドラフトチューブは下向流とし、槽内の均質化を図ることで良好な性能を維持している。

本構造により、実証施設では安定した亜硝酸化性能を確認しているため、実証施設の形状を基本とする。なお、亜硝酸化槽のスケールアップを行う場合には別途にシミュレーションなどを実施して構造（形状など）を決定する（資料編 p. 217～219 亜硝酸化槽のスケールアップ参照）。

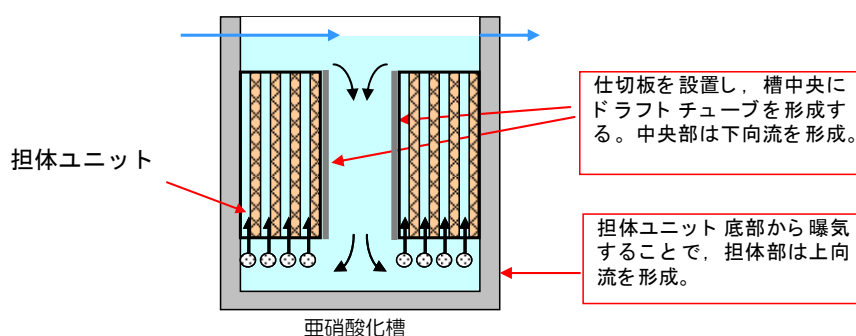


図 4-9 亜硝酸化槽の構造の概念図

#### 2) 水温維持および pH 調整方法

水温維持方法としては、実証施設にて実施した分配槽において加温した前処理工程後の脱水ろ液を直接供給する方法を基本とするが、亜硝酸化槽単独で個別に加温して水温を維持する方法としてもよい。

亜硝酸化槽では、上記(2)に示したとおり、槽内の pH は 7.8 程度に維持する必要があるが、かつ硝化（アンモニア酸化）によりアルカリ度が消費され pH が低下するため、槽内の pH を適正範囲内に調整する pH 調整装置を設ける。亜硝酸化を維持するための pH 調整剤としては重炭酸ソーダが一般的であるが、本技術では、より安価な苛性ソーダを使用しランニングコストの抑制を図ることを特徴とする。なお、苛性ソーダを使用した場合であっても安定した亜硝酸化が可能である点は、実証施設において確認されている。pH（アルカリ）調整剤の所要量は亜硝酸化量に比例し、実証施設における苛性ソーダ添加量と亜硝酸化量の関係は資料編 p. 132～133 薬品使用量を参照されたい。

(3) 亜硝酸化槽の担体ユニットの容量は、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。

亜硝酸化槽の担体ユニットの容量は、流入するアンモニア性窒素の負荷量に対し、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。実証施設の担体窒素負荷は  $2.0 \text{ kg/m}^3/\text{d}$  (この時の担体ユニットの担体充填率は 20%) であり、その数値を設計諸元とする。なお、当初実証研究成果より、担体窒素負荷の設計諸元は  $1.0 \text{ kg/m}^3/\text{d}$  としたが、自主研究における高負荷試験により安定した処理性能が得られたことから設計諸元を変更した (資料編 p. 156~157 高負荷試験参照)。

$$V \geq Q_{in,d} \times C_{TN,in} \times \frac{1}{L_{NO2}} \times 10^{-3}$$

$V$  : 担体ユニット容量 [ $\text{m}^3$ ]

$Q_{in,d}$  : 亜硝酸化槽への流入 水量 [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]

$C_{TN,in}$  : 流入アンモニア性窒 素濃度 [ $\text{mg}/\text{L}$ ]

$L_{NO2}$  : 必要担体窒素負荷 [ $\text{kg}/\text{m}^3/\text{d}$ ] 1.0

(4) 槽容量は、算出した担体ユニットやその他の付帯設備の設置などを考慮して決定する。

亜硝酸化槽は、算出した担体ユニットやドラフトチューブ、また後述の散気装置や逆洗装置の設置などを考慮して実際の容量を決定する。

(5) 亜硝酸化槽内には、散気装置を設置する。

本プロセスでは、亜硝酸化施設において硝酸の生成を抑制するための 1 つのパラメータとして亜硝酸化槽内の DO 濃度があるが、所要の範囲内 (実証施設では  $0 \sim 2 \text{ mg/L}$ ) での運転を行なう。また後述する定期的な逆洗操作や曝気量抑制運転 (第 5 章参照) における必要酸素量を考慮して散気装置を選定する必要がある。散気装置は、アンモニア酸化に必要な酸素量をできるだけ均一に供給でき、かつ pH 調整および温度維持の見地から十分な攪拌能力を有するものとする。さらに、省エネルギー化の観点から、酸素溶解効率のよいものを採用する。亜硝酸化槽の必要空気量は、亜硝酸化に必要な酸素消費量、内生呼吸に必要な酸素消費量と溶存酸素濃度維持に必要な酸素消費量を考慮して算出する。

$$AOR = D_N + D_E + D_D$$

$AOR$  : 必要酸素量 [ $\text{kg}/\text{d}$ ]

$D_N$  : 亜硝酸化 ( $\text{NH}_4 - \text{N} \rightarrow \text{NO}_2 - \text{N}$ ) による酸素消費量 [ $\text{kg}/\text{d}$ ]

$D_E$  : 内生呼吸による酸素消費量 [ $\text{kg}/\text{d}$ ]

$D_D$  : 溶存酸素維持に必要な酸素消費量 [ $\text{kg}/\text{d}$ ]



$$D_N = Q_{in} \times C_{TN.in} \times 10^{-3} \times 3.42$$

$Q_{in}$  : 亜硝酸化槽への流入水量 [ $m^3/d$ ]

$C_{TN.in}$  : 流入 $NH_4-N$ 濃度 [ $mg/L$ ]

3.42 : 単位 $NH_4-N$ の亜硝酸化に必要な酸素量 [ $kgO_2/kgNH_4-N$ ]

$$D_E = R \times \theta \times 1.92$$

$R$  : 担体ユニット容量 [ $m^3$ ]

$\theta$  : 担体ユニット容量の 充填率 [-]

1.92 : 担体ユニット容量 あたりの内生呼吸による酸素消費量  
[ $kgO_2/m^3$ 担体ユニット]

$$D_D = Q_{in} \times C_{OA} \times 10^{-3}$$

$Q_{in}$  : 亜硝酸化槽への流入水量 [ $m^3/d$ ]

$C_{OA}$  : 反応槽溶存酸素濃度 [ $mg/L$ ]

(6) 固定床担体に付着した過剰な汚泥を剥離するため、逆洗装置を設ける。

固定床方式の場合、固定床担体を充填した反応槽に長期的に SS が流入すると、担体の表面に SS (汚泥) が堆積し、処理性能が低下する恐れがある。処理性能を安定して維持させるため、担体を洗浄し余剰な汚泥を剥離させることが有効である。

洗浄方法は、空気洗浄方式を基本とし、通常の散気管とは別に洗浄用の逆洗用散気管を設置する。逆洗用散気管から粗大気泡を散気して担体表面にスクラビングさせることで、表面に付着した汚泥を剥離させる。洗浄頻度は処理状況や維持管理の実績から判断することとするが、定期的に空気洗浄を行うことで、表面の汚泥堆積を防止し、安定して亜硝酸化処理が維持できる。

(7) 逆洗時に排出される SS の除去を行うため、後段に SS 分離槽を設ける。

担体の洗浄操作時および操作後には担体から剥離した汚泥(SS)が槽内から排出されるため、その排出される SS を除去するため、亜硝酸化槽の後段に SS 分離槽を設ける。

(8) 亜硝酸化槽は、複数系列とする。

亜硝酸化率の低下やその対応、またメンテナンスや担体の更新などを考慮して、亜硝酸化槽は複数系列とする。

### § 31 混合・脱気・調整施設

混合・脱気・調整施設は、直列する混合施設、脱気施設、調整施設から構成する。本施設的设计にあたっては、次の項目を考慮する。なお、機能を併用できる場合は、これらの施設を共通化することも可能である。

- (1) 混合施設は、混合槽を設置し、亜硝酸化槽流出水と分配槽からのバイパス水とを混合して均質化できる構造とする。
- (2) 脱気施設は、脱気槽および攪拌装置を設置し、槽内を緩やかに攪拌して滞留させることで溶存酸素を低減させる構造とする。
- (3) 調整施設は、調整槽および薬品注入装置、攪拌装置を設置し、後段のアナモックス工程への流入水の pH を適正に調整できる構造とする。

#### 【解 説】

亜硝酸化施設の後段に、混合施設、脱気施設、調整施設を直列に設置する。機能を併用できる場合は、これらの施設を共通化することも可能である。

- (1) 混合施設は、混合槽を設置し、亜硝酸化槽流出水と分配槽からのバイパス水とを混合して均質化できる構造とする。

混合槽は、亜硝酸化槽流出水と、分配槽からのバイパス水とを槽内で混合・攪拌することにより、混合された水を均質化させるためのものである。混合液を均質化させる方法として機械攪拌を用いる。

混合槽の容量は、流入水量に基づいて所要滞留時間を諸元として算出する。

$$V \geq Q_{in} \times t / 24 / 60$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3 / d$ ]

$t$  : 所要滞留時間 [min] 実証施設では10min

- (2) 脱気施設は、脱気槽および攪拌装置を設置し、槽内を緩やかに攪拌して滞留させることで溶存酸素を低減させる構造とする。

後段のアナモックス工程におけるアナモックス施設では、アナモックス細菌の活性を維持するため槽内を嫌気状態に保つ必要があり、目安として DO 濃度は 0.3 mg/L 未満（実証施設では 0~0.1 mg/L）に維持する。脱気槽は、混合槽からの流出水を槽内で緩やかに攪拌して滞留させることで液中の溶存酸素を低減させるためのものである。

脱気槽の容量は、流入水量に基づいて所要滞留時間を諸元として算出する。

$$V \geq Q_{in} \times t / 24 / 60$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3 / d$ ]

$t$  : 所要滞留時間 [min] 実証施設では180min

(3) 調整施設は、調整槽および薬品注入装置、攪拌装置を設置し、後段のアナモックス工程への流入水の pH を適正に調整できる構造とする。

後段のアナモックス工程におけるアナモックス施設では、アナモックス細菌の活性を維持するため槽内の pH を 8.0 以下に保つ必要があり、アナモックス反応による pH の上昇を考慮して、流入水の pH を調整する必要がある(実証施設では流入水の pH を 7.2~7.3 に調整してアナモックス槽内の pH は 7.5~7.9 に維持)。調整槽は、後段のアナモックス工程への流入水の pH を適正に調整するためのものである。

調整槽の容量は、流入水量に基づいて所要滞留時間をもって算出する。

$$V \geq Q_{in} \times t / 24 / 60$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3 / d$ ]

$t$  : 所要滞留時間 [min] 実証施設では10min

槽内の pH を適正範囲内に調整するため、薬品注入装置および攪拌装置を設ける。アナモックス反応により水素イオンが消費されるため、アナモックス槽内の pH を最適に保つように調整槽の pH 調整には酸を使用する。調整剤としては実証施設にて使用した硫酸を基本とするが、塩酸を使用してもよい。

なお、前述した混合槽は、混合・攪拌して槽内の水質を均質化させる機能を有するため、これらの施設を共通化することも可能である。

## 第4節 アナモックス工程の設計

### § 32 アナモックス工程の設計概要

アナモックス工程は、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を除去することを目的として設置する。本工程では、直列する以下の施設とこれに付属する機器より構成される。

- (1) アナモックス施設
- (2) 処理水貯留施設

#### 【解説】

アナモックス工程の設計概要を図4-10に示す。アナモックス工程は、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を除去することを目的として設置し、(1)～(2)の各施設について設計を行う。

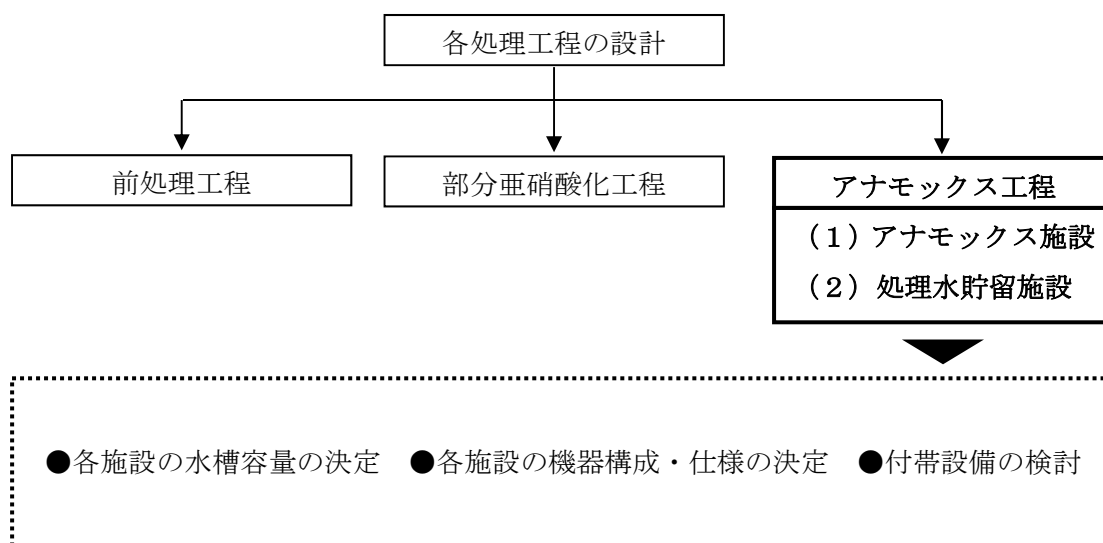


図4-10 アナモックス工程の設計概要

##### (1) アナモックス施設

アナモックス施設は、嫌気条件下でアナモックス細菌により生物学的に、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を窒素ガスに変換することを目的として設置する。

##### (2) 処理水貯留施設

処理水貯留施設は、アナモックス施設にて処理した処理水を一時的に貯留し、既存の水処理施設へ送水することを目的として設置する。また、アナモックス細菌は高濃度の亜硝酸性窒素により活性が阻害される恐れがあるため、前段のアナモックス槽内において亜硝酸性窒素の阻害が懸念される場合には、処理水貯留槽から部分亜硝酸化工程の調整槽へ処理水を供給してアナモックス工程への流入水を希釈するための濃度調整を行う。

### § 33 アナモックス施設

アナモックス施設は、嫌気条件下でアナモックス細菌により生物学的に、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を窒素ガスに変換することを目的として設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) アナモックス槽は、固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。
- (2) アナモックス槽は、水温を適正に維持でき、かつショートパスのない構造とする。
- (3) アナモックス槽の担体ユニットの容量は、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。
- (4) 槽容量は、算出した担体ユニットやその他の付帯設備の設置などを考慮して決定する。
- (5) アナモックス槽は、複数系列とする。
- (6) アナモックス槽には逆洗装置を設置する

#### 【解説】

アナモックス施設は、嫌気条件下でアナモックス細菌により生物学的に、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を窒素ガスに変換することを目的として設置する。

- (1) アナモックス槽は、固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。

アナモックス槽は、安定した処理性能を維持するため、継続的に汚泥（アナモックス細菌）を保持できる固定床担体を使用した固定床方式を基本とする。固定床方式とすることで、同槽内におけるアナモックス細菌を高密度化し、アナモックス細菌の維持管理が容易で、負荷変動に強く安定した運転を実現できる。

担体の取付方法としては、[図 4-11](#)のように実証施設で採用したフレームに固定して槽内に設置する方法を基本とする。

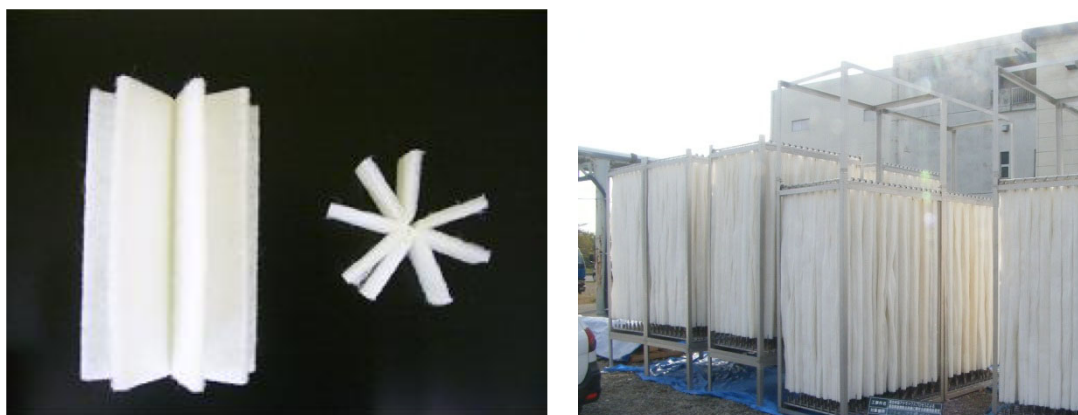


図 4-11 アナモックス槽の使用担体（左） と担体ユニット（右）例

(2) アナモックス槽は、水度を適正に維持でき、かつショートパスのない構造とする。

アナモックス槽では、アナモックス細菌の活性を高い水準で保つためにアナモックス槽内の水温を 30℃程度に維持する必要がある（実証施設では 22～36℃）。

また、アナモックス槽が押し出し流れの場合は流入部において局所的な濃度勾配やショートパスが生じやすいため、槽内を均一にして局所的な負荷の集中やショートパスをなくすよう、流入配管の設置位置や設置方向など流入方法に配慮する。

なお、アナモックス槽で発生する汚泥が沈降・堆積し腐敗することを防止するため、槽下部は攪拌などにより汚泥を流動させる構造とする。槽上部からは、浮上した汚泥が流出する可能性があるため、アナモックス槽あるいは処理水貯留槽内に汚泥回収装置を設けるなど、浮上汚泥を分離して再びアナモックス槽内に戻すことができるよう検討する。

アナモックス槽からは窒素ガスが発生するため、密閉構造にせず発生したガスを排出できる構造とする。なお、長期間流入停止時にはアナモックス槽から硫化水素が発生する恐れがあるため、必要に応じて脱臭施設で処理が可能となるよう考慮する。

また、汚泥処理施設の脱水工程で使用する高分子凝集剤が脱水ろ液中に高濃度で残留する場合は § 27 に示すように、前処理工程（流量調整槽）にて予防措置を検討するが、それでもその脱水ろ液がアナモックス槽に流入してアナモックス細菌の活性が低下し、窒素除去反応が阻害された場合を考慮して、応急対策として、アナモックス槽を窒素ガス洗浄できる機構を備えることが望ましい。

(3) アナモックス槽の担体ユニットの容量は、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。

アナモックス槽の担体ユニットの容量は、流入するアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素の合計負荷量に対し、必要担体窒素負荷を諸元として算出する。実証施設の担体窒素負荷は 5.0 kg/m<sup>3</sup>/d（この時の担体ユニットの担体充填率は 20%）であり、その数値を設計諸元とする。なお、当初実証研究成果より、担体窒素負荷の設計諸元は 2.5 kg/m<sup>3</sup>/d としたが、自主研究における高負荷試験により安定した処理性能が得られたことから設計諸元を変更した。また、他の処理事例では、さらに高い負荷での運転データも得られている（資料編 p. 156～157 高負荷試験、p. 222～223 ベンチスケールアナモックス装置の運転事例参照）。

プロセスや処理条件によっては従属栄養の脱窒反応が同時に進行し、見かけの窒素除去速度や除去率が高くなることが期待できるが、これを予測・制御することは困難であるため、基本的にはアナモックス反応単独での反応速度に基づく設計を行う。

$$V \geq Q_{in,d} \times C_{TN,in} \times \frac{1}{L_{ANA}} \times 10^{-3}$$

$V$  : 担体ユニット容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in,d}$  : アナモックスへの流入水量 [ $m^3/d$ ]

$C_{TN,in}$  : 流入 $NH_4^+ - N$ 濃度 +  $NO_2^- - N$ 濃度 [ $mg/L$ ]

$L_{ANA}$  : 必要担体容積負荷 [ $kg/m^3/d$ ]<sup>2.5</sup>

(4) 槽容量は、算出した担体ユニットやその他の付帯設備の設置などを考慮して決定する。

アナモックス槽は、算出した担体ユニットやその他必要な付帯設備の設置などを考慮して実際の容量を決定する。

(5) アナモックス槽は、複数系列とする。

窒素変換率の低下やその対応、またメンテナンスや担体の更新などを考慮して、アナモックス槽は複数系列とする。ただし、敷地条件や施設規模などに応じて1系列とせざるを得ない場合には処理機能の安定化などに関して特別の留意を有する。

(6) アナモックス槽には逆洗装置を設置する。

アナモックス槽では連続運転を行うにあたり、担体付着汚泥が増加し担体隙間が閉塞してデッドゾーンやショートパスを生じる可能性があるため、固定床担体に付着した過剰な汚泥を剥離するための粗大気泡による逆洗装置を設置する。



§ 34 処理水貯留施設

処理水貯留施設は、アナモックス施設にて処理した処理水を一時的に貯留し、既存の水処理施設へ送水することを目的として設置する。本施設の設計にあたっては、次の項目を考慮する。

- (1) 処理水貯留槽の容量は、処理水量の変動特性を考慮して算出する。
- (2) 部分亜硝酸化工程の調整槽へ処理水を返送してアナモックス工程への流入水を希釈する処理水返送装置を設置する。

【解説】

処理水貯留施設は、アナモックス施設にて処理した処理水を一時的に貯留し、既存の水処理施設へ送水することを目的として設置する。

- (1) 処理水貯留槽の容量は、処理水量の変動特性を考慮して算出する。

処理水貯留槽の容量は、処理水量の変動特性を考慮し変動時の最大水量に基づいて所要滞留時間を諸元として算出する。

$$V \geq Q_{in} \times t / 24 / 60$$

$V$  : 槽容量 [ $m^3$ ]

$Q_{in}$  : 流入水量 [ $m^3 / d$ ]

$t$  : 所要滞留時間 [min] 実証施設では60分

- (2) 部分亜硝酸化工程の調整槽へ処理水を返送してアナモックス工程への流入水を希釈する処理水返送装置を設置する。

アナモックス細菌は高濃度の亜硝酸性窒素により阻害が生じるため、アナモックス槽内の亜硝酸性窒素濃度の挙動に注意する必要がある。通常の運転通りに部分亜硝酸化工程における  $NO_2^- - N / NH_4^+ - N$  比の調整が適切に行われ、アナモックス細菌の処理速度が十分に維持できていれば、亜硝酸性窒素が高濃度になることはないが、機械的なトラブルや突発的な処理速度の低下が生じた場合は亜硝酸性窒素の上昇が懸念される場合があるため、それに対処するために処理水を部分亜硝酸化工程の調整槽へ返送して希釈する処理水返送装置を設置する。返送方式は、送液ポンプによる返送を基本とする。

## 第5節 各処理工程の設計に係る留意事項

### § 35 各処理工程の設計に係る留意事項

各処理工程の設計にあたっては、処理対象とする脱水ろ液の水質性状や運転状況によって、次の項目に留意する必要がある。

- (1) MAP 対策
- (2) 臭気対策
- (3) 発泡対策

#### 【解説】

各処理工程の設計にあたっては、処理対象とする脱水ろ液の水質性状や運転状況によって、(1)～(3)の対策を検討する必要がある。検討が必要と考えられる施設を表4-5に示す。

表4-5 各処理工程の設計に係る留意事項とその検討箇所

検討箇所		MAP 対策	臭気対策	発泡対策	備考
原水取水設備		○			
前 処 理 工 程	流量調整施設		○	○	空気攪拌式の場合
	有機物除去施設	○	○	○	
	SS 除去施設	○			
部 分 亜 硝 酸 化 工 程	分配施設				
	亜硝酸化施設		○	○	
	混合・脱気・調整施設				
ア 工 程 モ ッ ク ス	アナモックス施設		○		長期停止時
	処理水貯留施設				

(1) MAP 対策

処理対象とする脱水ろ液中には高濃度のりんを含むことが多いため、MAP（りん酸マグネシウムアンモニウム）が生成し、配管閉塞などの処理阻害が懸念される場合がある。特に、原水取水設備においてその影響が生じやすく、MAP 対策については、「下水道施設計画・設計指針と解説」（公益社団法人日本下水道協会）2009年版、§5.4.9, p.368に記載の内容を参考とする。また、前処理工程においても影響が生じる可能性があるため、有機物除去施設では目詰まりしにくくかつメンテナンスしやすい散気装置を採用するなどのMAP生成の影響を低減できる設計を行う。さらに、後段の工程への影響が懸念される場合には、SS除去施設においてSS除去とあわせて $PO_4^{3-}$ -P濃度を低減することも検討する。

(2) 臭気対策

処理対象とする脱水ろ液中には高濃度のアンモニア性窒素を含むことから、処理過程におけるアンモニアの放散が懸念される場合もある。施設の設置環境や条件によっては臭気対策が必要となる場合もあり、特に曝気を要する施設においては臭気対策ができるような設計に配慮する必要がある。また、アナモックス槽では長期間停止時に僅かながら硫化水素が発生することが懸念されるため、この期間に限り臭気対策ができるような設計に配慮する必要がある。

(3) 発泡対策

通常の運転では発泡による運転上の支障が発生する可能性は少ないが、運転の立上げ時や突発的な負荷の変動、流入水質の変動時などで発泡することがあるため、特に曝気を要する施設においては発泡対策できるように消泡装置の設置を検討する。

## 第6節 計装制御

### § 36 固定床型アナモックスプロセスの計装制御

固定床型アナモックスプロセスの計装制御は、安定した処理性能が得られることを目的とし、部分亜硝酸化工程における分配水量の自動制御や各処理工程における水質監視などを行う。

#### 【解説】

固定床型アナモックスプロセスは、安定した処理性能を得られることを目的として各種計装制御を行う。本プロセスでは、部分亜硝酸化工程における  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比の調整方法としてバイパス方式を適用し、分配水量の自動制御を行う。なお実証実験では、分配水量の自動制御により  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比を安定して設定値に制御でき、安定した窒素除去性能が得られることを確認している（資料編 p. 135 バイパス水量制御参照）。

#### 1) 部分亜硝酸化工程における分配水量の自動制御

図4-12に示すように、本プロセスでは亜硝酸化槽の前段に設置した分配槽より前処理工程後の脱ろる液の一部は亜硝酸化槽へ供給し、残りは亜硝酸化槽をバイパスさせて混合槽を経由して調整槽へ供給する。調整槽にはアンモニア濃度計および亜硝酸濃度計を設置し、オンラインで計測したそれぞれの濃度より、調整槽における  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比を算出し、 $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比が所定の設定値になるように適正な水量比率で分配水量を制御して比率調整した排水をアナモックス槽へ供給する。また、亜硝酸化槽における処理性能の監視と曝気風量制御のために、分配槽にはアンモニア濃度計を、亜硝酸化槽にはアンモニア濃度計・硝酸濃度計を設置しており、高い窒素除去率が常時要求される場合には、上述の分配水量自動制御方法が必要であるが、目標性能に余裕がある場合は、分配槽アンモニア濃度計及び亜硝酸化槽のアンモニア濃度計・硝酸濃度計の計測値から調整槽の  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比を演算（推定）する簡易自動運転制御を採用することで、計装機器（調整槽のアンモニア濃度計及び亜硝酸濃度計）を削減できる。

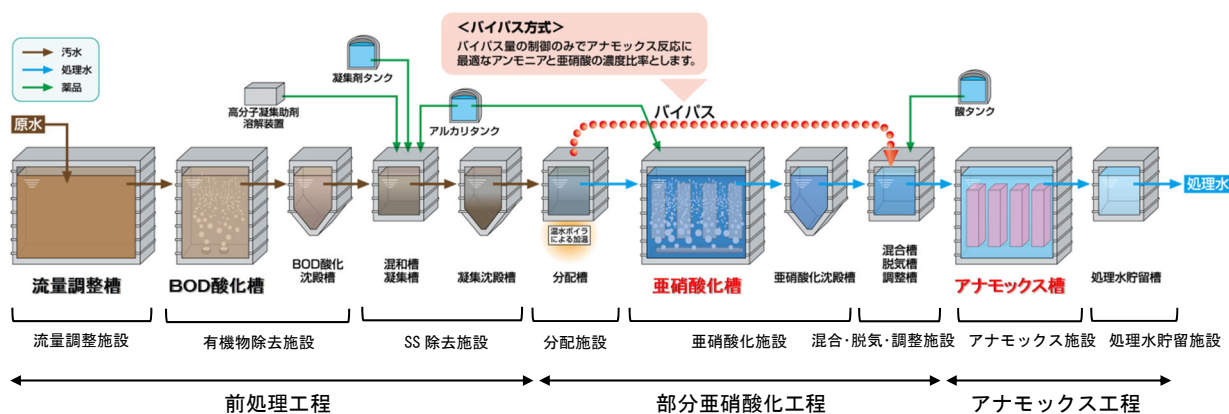


図4-12 固定床型アナモックスプロセスのフロー例

$\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比は、§6 に示すアナモックス反応の実験式から 1.32 を目安とするが、アナモックス細菌に対する亜硝酸の阻害を考慮して若干低めに設定することが望ましい。なお、図 4-13 に示すように、実証実験において  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比 1.15~1.45 の範囲で変動しても安定した窒素除去性能を確認している。

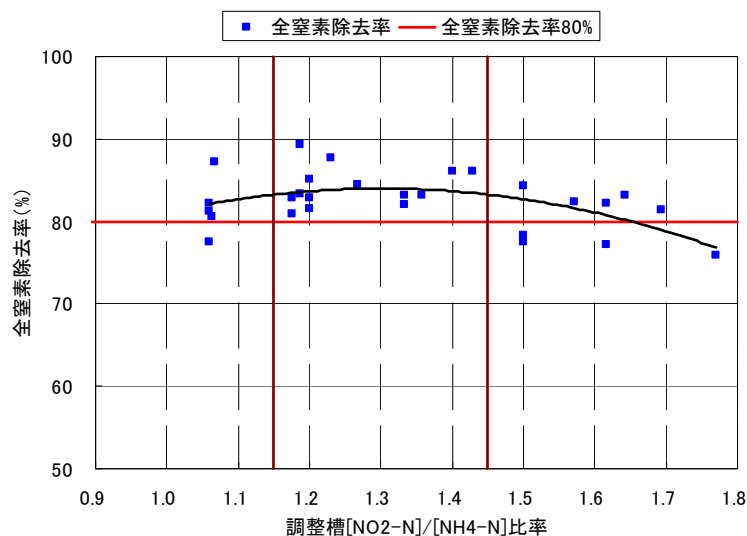


図 4-13 実証実験における  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比と全窒素除去率の関係

## 2) 各処理工程における水質監視

本プロセスでは、運転状況や処理水質の監視・制御のために必要な計装機器を各処理工程に設置する。具体の計装機器とその監視・制御方法については §39 に記述する。

§ 37 計装機器

固定床型アナモックプロセスには、運転状況および処理水質の監視・制御のために、計装機器を設置する。

【解説】

固定床型アナモックプロセスには、運転状況および処理水質の監視・制御のために必要な計装機器を設置する。前処理工程、部分亜硝酸工程およびアナモック工程の計装機器について、それぞれ表 4-6～8 に示す。

表 4-6 前処理工程における計装機器一覧

名称	用途		目的
	監視	制御	
有機物除去施設	溶存酸素計	○	有機物除去槽内の溶存酸素濃度を監視し、曝気風量の調整に使用する。
	(温度計)	○	有機物除去槽内の水温を監視する。
SS 除去施設	(pH 計)	○	凝集沈殿法を採用し凝集剤を添加する場合、凝集沈殿施設内の pH を監視し、pH 制御に用いる。凝集沈殿法以外の場合は不要。

表中（温度計）は、有機物除去施設を設置する際に適正な温度域を逸脱する可能性がある場合に設置する。

表中（pH 計）は、SS 除去施設において凝集沈殿法を採用する場合に設置する。

表 4-7 部分亜硝酸化工程における計装機器一覧

名称		用途		目的	
		監視	制御		
分配施設	分配槽	温度計		○	分配槽内の水温を監視し、水温制御に用いる。
		アンモニア濃度計	○		分配槽のアンモニア性窒素濃度を監視し、亜硝酸化槽の曝気風量の調整に使用する。
		SS計	○		分配槽のSS濃度を監視する。基準濃度を超える場合には後段への流入を停止する。
亜硝酸化施設	亜硝酸化槽	(温度計)	○		亜硝酸化槽内の水温を監視する。
		pH計		○	亜硝酸化槽内のpHを監視し、pH制御に用いる。
		(アンモニア濃度計, 亜硝酸濃度計)	○		分配槽のアンモニア濃度計および調整槽のアンモニア濃度計・亜硝酸濃度計などから演算により監視する場合は不要である。亜硝酸化槽の系列数が多く、亜硝酸化槽単独で監視する場合に設置し、亜硝酸化槽内のアンモニア性窒素濃度、亜硝酸性窒素濃度を監視する。
		(硝酸濃度計)			亜硝酸化槽内で硝酸性窒素の生成濃度を確認する必要がある場合には硝酸濃度計を設置して監視する。
混合・脱気・調整施設	調整槽	アンモニア濃度計		○	調整槽内のアンモニア性窒素濃度を監視し、亜硝酸化槽の曝気風量制御や分配水量制御に用いる。目標性能に余裕がある場合は省くこともできる。
		亜硝酸濃度計		○	調整槽内の亜硝酸性窒素濃度を監視し、分配水量制御に用いる。目標性能に余裕がある場合は省くこともできる。
		pH計		○	調整槽内のpHを監視し、pH制御に用いる。
		溶存酸素計	○		調整槽内の溶存酸素濃度を監視する。

表中(温度計, アンモニア濃度計, 亜硝酸濃度計)は、亜硝酸化槽の系列数が多く、亜硝酸化槽単独で監視する場合に設置する。

表中(硝酸濃度計)は、亜硝酸化施設での硝酸性窒素濃度を把握することで、亜硝酸化反応を確認する必要がある場合に設置する。

表 4-8 アナモックス工程における計装機器一覧

名称		用途		目的	
		監視	制御		
ア 施 モ ッ ク ス	アナモックス槽	温度計	○		アナモックス槽内の水温を監視する。
		pH計	○		アナモックス槽内の pH を監視する。
処 理 水 貯 留 施 設	処理水貯留槽	アンモニア濃度計	○		処理水貯留槽内のアンモニア性窒素濃度を監視する。
		亜硝酸濃度計	○		処理水貯留槽内の亜硝酸性窒素濃度を監視する。
		(硝酸濃度計)	○		高い窒素除去率が常時求められる場合、アナモックス槽におけるアナモックス反応状態を詳細に監視する目的で設置し、処理水貯留槽内の硝酸性窒素濃度を監視する。

表中（硝酸濃度計）は、アナモックス槽におけるアナモックス反応状態を監視する場合に設置する。