

## 第5章 維持管理

### 第1節 固定床型アナモックスプロセスの維持管理

#### § 38 固定床型アナモックスプロセスの立上げ

本技術の立上げは、次の項目を留意して行う。

- (1) アナモックス槽における種汚泥の確保
- (2) 立上げ手順

#### 【解説】

本技術の立上げ時には、増殖速度が小さいアナモックス細菌を用いるアナモックス槽の立上げが律速となる。そのためアナモックス槽の立上げを主眼とした手順で行うものとする。実証施設の立上げ事例については資料編 p. 114 アナモックス槽の立上げを参照されたい。

#### (1) アナモックス槽における種汚泥の確保

アナモックス槽を速やかに立上げるため、立上げの設定期間を考慮して、必要な量の種汚泥（アナモックス細菌）を確保する必要がある。初期の投入種汚泥量が多ければ多いほど速やかな立上げが可能となるが、初期に確保できる種汚泥量はその準備期間や運送方法などによって制限される。種汚泥の確保は、本技術を導入する下水処理場にて種汚泥の培養を行うか（現地培養）、もしくはその他のサイトで別途培養を行う方法（オフサイト培養）がある。

##### 1) 現地培養

本技術を導入する下水処理場に培養設備を設置して現地にて種汚泥の培養を行う。この時、培養に用いる培養液は、実際の脱水ろ液を用いるか、あるいはアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素を主成分とする培養に適した合成培地を用いてもよい。培養した種汚泥をアナモックス槽に投入して立上げを行う。

##### 2) オフサイト培養

培養設備が整っている別の下水処理場や民間工場などその他のサイトにて種汚泥の培養を行う。培養した種汚泥はトラックなどで搬送し、アナモックス槽に投入して立上げを行う。なお、本技術が導入されている稼働中の施設がある場合は、そこから種汚泥を確保して移設してもよい。固定床方式の培養設備を用いる場合は培養に使用した菌付着担体をそのまま移設するか、あるいはその担体から剥離した種汚泥を使用することもできる。固定床方式以外の培養設備を用いる場合は、培養した種汚泥をそのまま使用することができる。実証施設では菌付着担体を移設してアナモックス槽の立上げを行ったが、種汚泥を直接投入した場合でも速やかに槽内の

固定床担体に付着し、菌付着担体の移設同様の立上げが可能であることを確認している（資料編 p. 224～225 汚泥投入によるアナモックス槽の立上げ事例参照）。

(2) 立上げ手順

確保した種汚泥をアナモックス槽に投入する前に、前処理工程および部分亜硝酸化工程を立上げ、アナモックス工程に必要な基質（ $\text{NH}_4^+$ および $\text{NO}_2^-$ ）を供給できる状況としておく必要がある。その後、アナモックス槽へ種汚泥を投入し、アナモックス槽流入水の $\text{NO}_2^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N比を調整しつつ窒素負荷量を低負荷量から段階的にあげながら、アナモックス槽が所定の窒素除去能力に到達するまで培養して立上げを行う。立上げ時も通常の運転時と同様に、アナモックス槽内のpH、水温などを監視し所定の範囲内になるようにそれぞれ調整する。プロセスの規模が大きく複数の系列を立上げる場合は、図5-1のように培養済みのアナモックス細菌の一部を次の系列に移し、2系列でアナモックス細菌を所定窒素除去能力になるまで培養する。この操作を繰り返すことで、複数系列時のアナモックス槽の立上げは完了となる。

以上をもって、前処理工程からアナモックス工程までの立上げは完了となる。

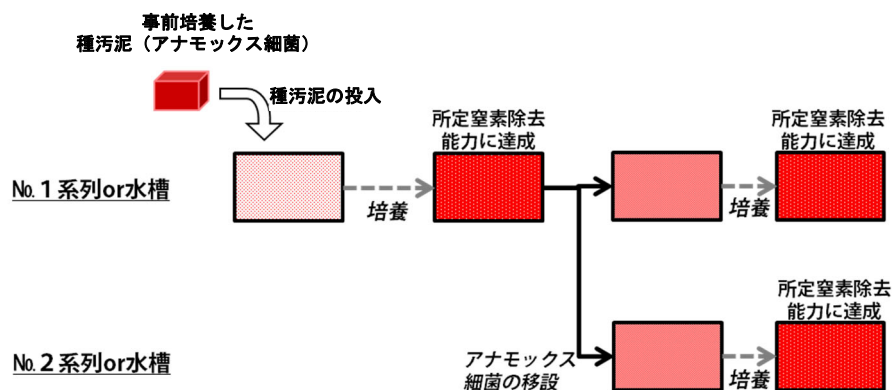


図 5-1 複数系列のアナモックス槽の立上げ手順のイメージ

§ 39 固定床型アナモックスプロセスの運転管理

本技術の運転管理は、以下に示す内容について実施する。

- (1) 運転状況の確認
- (2) 負荷変動時の運転管理
- (3) 流入停止時の運転管理

【解説】

本技術においては、各処理工程の運転管理を確実にを行うことにより、所定の処理性能を維持する。通常運転時における各処理工程の運転操作方法のまとめを表 5-1 に示す。

表 5-1 通常運転時における各処理工程の運転操作方法のまとめ

処理工程	目的	運転操作方法
前処理工程	所定処理水量の供給	所定処理水量を定量で流入させる。
	原水の有機物低減	後段の工程への流入水の C-BOD <sub>5</sub> が 100 mg/L を超える場合には、BOD 酸化を行いその濃度を 100 mg/L 未満にする。
	原水の SS 低減	後段の工程への流入水の SS が 100 mg/L を超える場合には、凝集沈殿処理を行いその濃度を 100 mg/L 未満にする。
部分亜硝酸化工程	アナモックス工程流入水の NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 比の調整	アナモックス槽における窒素除去性能を安定して維持させるため、アナモックス工程流入水の NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 比の制御設定値を適宜調整する。
	亜硝酸化槽における NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N 生成反応の抑制	亜硝酸化槽における NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N の生成反応を抑制するため、槽内の水温、pH を所定の範囲内に維持できるように制御値を設定する。
アナモックス工程	アナモックス槽における処理性能の維持	アナモックス槽内における水温、pH、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N 濃度を所定の範囲内に維持できるように制御値を設定する。

一方、脱水ろ液の水質や水量が変動することで各処理工程に流入する窒素負荷量の変動した場合でも、その変動に応じて必要な操作をすることで、安定した運転を継続することができる（資料編 p. 136～137 負荷変動時の運転参照）。また、原水の流入が停止した場合は、停止期間の長短に応じて必要な操作を実施することで、再開後の復旧を速やかに行うことが可能である（資料編 p. 138～139 流入停止時の対応・復帰参照）。

(1) 運転状況の確認

表 5-1 に示す各処理工程の運転操作を行うにあたり、対象となる各項目について監視・測定し、各処理工程が適正に運転できていることを確認する。各処理工程における計装機器については、§ 37 を参照されたい。

1) 前処理工程

前処理工程においては、処理水量が定量で供給されていること、有機物除去および SS 除去が良好にできていることを確認するため、表 5-2 の項目について監視・測定を行う。

なお、水質監視基準値は、前処理工程の流出水の C-BOD<sub>5</sub> 濃度が 100 mg/L 以下であり、かつ SS 濃度が 100 mg/L 以下である。

表 5-2 前処理工程の監視・測定項目

監視・測定項目	監視・測定箇所	監視・測定方法	頻度	監視・測定目的
前処理工程処理水量	前処理工程流入部	現場計測器	連続	前処理工程処理水量の把握。
DO	有機物除去施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
(pH)	SS 除去施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
(水温)	有機物除去施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
T-N, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N, C-BOD <sub>5</sub> , SS, T-P, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, アルカリ度	流量調整施設	公定分析など <sup>※1</sup>	適宜	脱水ろ液および処理水の水質性状の把握、一部の項目は計測機器の校正に使用。

表中 (pH) は、凝集沈殿法を採用した SS 除去施設を設置する場合に pH の監視・制御のために設置する。

表中 (水温) 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時に設置する。

※1 水質分析は必ずしも公定分析である必要はなく、簡易的な現場分析でもよい。

2) 部分亜硝酸化工程

部分亜硝酸化工程においては、亜硝酸化反応が良好に行われていることを把握し、後段のアナモックス工程への流入水の  $\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$  比が、適正な範囲にあることを確認する。監視・測定項目を表 5-3 に示す。

表 5-3 部分亜硝酸化工程の監視・測定項目

監視・測定項目	監視・測定箇所	監視・測定方法	頻度	監視・測定目的
部分亜硝酸化工程処理水量, バイパス流量	分配槽流出部	現場計測器	連続	$\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 比制御に使用。
水温	分配施設 亜硝酸化施設	現場計測器	連続	水質の把握。
SS	分配施設	現場計測器	連続	水質の把握。
DO	脱気施設	現場計測器	連続	水質の把握。
pH	亜硝酸化施設 調整施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	分配施設 亜硝酸化施設 調整施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
$\text{NO}_2^- \text{-N}$	亜硝酸化施設 調整施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
( $\text{NO}_3^- \text{-N}$ )	亜硝酸化施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
亜硝酸化率あるいはアンモニア残留率	亜硝酸化施設	計測器による演算	連続	亜硝酸化槽の運転状況の把握。
$\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 比	調整施設	計測器による演算	連続	$\text{NO}_2^- \text{-N} / \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 比の監視。
T-N, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , $\text{NO}_2^- \text{-N}$ , $\text{NO}_3^- \text{-N}$ , C-BOD <sub>5</sub> , SS, アルカリ度	分配施設 亜硝酸化施設 調整施設	公定分析など <sup>*1</sup>	適宜	水質の把握, および計測器の校正に使用。

表中 ( $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ) 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。

<sup>\*1</sup> 水質分析は必ずしも公定分析である必要はなく、簡易的な現場分析でもよい。

亜硝酸化槽において  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  の生成反応が進行した場合、充填担体の洗浄操作を行うことでその反応は抑制されることを確認しており、亜硝酸化反応を安定化させるため、洗浄操作を1~2週間に1回程度の頻度で実施することが有効である。なお、洗浄を行っても亜硝酸化性能が回復しない場合には曝気量抑制運転を行うことで復旧できることを確認している（資料編 p. 142 曝気量抑制運転参照）。

3) アナモックス工程

アナモックス工程においては、アナモックス細菌が良好な活性を得られる環境にあることを確認するため、表5-4の項目について監視・測定を行う。

表5-4 アナモックス工程の監視・測定項目

監視・測定項目	監視・測定箇所	監視・測定方法	頻度	監視・測定目的
アナモックス工程処理水量	アナモックス槽 流入部	現場計測器	連続	既存の水処理施設への送水量の把握。
水温	アナモックス施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
pH	アナモックス施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
$\text{NH}_4^+-\text{N}$	処理水貯留施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
$\text{NO}_2^--\text{N}$	処理水貯留施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
$(\text{NO}_3^--\text{N})$	処理水貯留施設	現場計測器	連続	水質および運転状況の把握。
T-N, $\text{NH}_4^+-\text{N}$ , $\text{NO}_2^--\text{N}$ , $\text{NO}_3^--\text{N}$ , C-BOD <sub>5</sub> , SS, T-P, アルカリ度,	処理水貯留施設	公定分析など <sup>*1</sup>	適宜	処理性能の把握, および計測機器の校正。

表中 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) は、処理水貯留槽での硝酸性窒素濃度を把握することで、アナモックス反応を確認する必要がある場合に設置する。

\*1 水質分析は必ずしも公定分析である必要はなく、簡易的な現場分析でもよい。

(2) 負荷変動時の運転管理

嫌気性消化施設の停止/不調、または脱水機の停止/不調などにもなう突発的かつ大幅な負荷変動が想定される場合の運転管理の留意事項として、亜硝酸化槽では流入する窒素負荷量に応じた曝気量の調整を行う。アナモックス槽では負荷変動時においても特に影響を受けることなく安定した運転を継続することができる。実証施設では、最大40%程度の負荷変動(増加)時にも通常の維持管理の延長で安定した運転を継続でき、対応可能であることを確認した(資料編 p.136~137 負荷変動時の運転参照)。

(3) 流入停止時の運転管理

原水の流入が停止する事例として、脱水機の運転パターンにより週末の2~3日間、原水の流入の停止が想定される短期停止時の場合と、年末・年始休暇などで最長1週間程度、原水の流入の停止が想定される中期停止時の場合、災害時や機器メンテナンス時などで1ヶ月程度、原水の流入の停止が想定される長期停止時の場合がある。

1) 短期停止

数日間程度の原水の流入停止が想定される場合、再開後の復旧を速やかに行うための運転管理の留意事項として、亜硝酸化槽では過曝気による硝酸化を防止するため、間欠曝気を行い、アナモックス槽ではpH調整機能を維持しつつ処理水循環を行うことで、アンモニア酸化細菌お

よびアナモックス細菌の処理速度を維持することができる。実証施設では、3日間の原水流入の停止後、速やかに復旧できることを確認した（資料編 p. 138 流入停止時の対応・復帰参照）。

## 2) 中期停止

1週間程度の原水の流入停止が想定される場合、再開後の復旧を速やかに行うための運転管理の留意事項として、短期停止時と同様とするが、アンモニア酸化細菌およびアナモックス細菌の処理速度の低下が生じる場合があるため、その時はそれぞれの処理状況を見ながら低負荷条件から再立上げを行う。停止期間中は水槽内汚泥の腐敗防止のため汚泥の堆積に注意する。実証施設では、8日間の原水流入の停止後、アンモニア酸化細菌の処理速度の低下が見られたため、低負荷条件から再立上げを実施し2週間程度での復旧を確認した。（資料編 p. 139 流入停止時の対応・復帰参照）。

## 3) 長期停止

1ヶ月程度の原水の流入停止が想定される場合、亜硝酸化槽では間欠曝気を行い、アナモックス槽では温度条件によって硝酸塩（硝酸ナトリウム、硝酸カリウム等）の添加を検討する。亜硝酸化槽の立上げでは曝気風量を負荷上昇に合わせて適正に調整することで硝酸化を抑制し速やかに立上げができる。

§ 40 固定床型アナモックスプロセスの保守点検

本技術における各設備・機器がその機能を良好・安全に維持するため、定期的に保守点検を行う。

【解 説】

本技術には、特殊な設備・機器はない。主要機器の保守点検項目一覧を表 5-5 に示す。

表 5-5 固定床型アナモックスプロセスにおける主要機器の保守点検項目一覧

機器名称	保守点検内容	保守点検頻度				
		日常	週間	月間	年間	
機械設備	ポンプ類	異音・異常振動の有無	●			
		流量・圧力の確認	●			
		電流値の確認	●			
		絶縁抵抗の確認				●
	ブロワ	異音・異常振動の有無	●			
		吐出圧力の確認	●			
		吸込空気温度・量の確認	●			
		安全弁の確認			●	
		電流値の確認	●			
		絶縁抵抗の確認			●	
	攪拌機	異音・異常振動の有無	●			
		電流値の確認	●			
		潤滑油の交換				●
	亜硝酸化槽固定床担体 <sup>※1</sup>	目視による状態確認			●	
	アモックス槽固定床担体 <sup>※1</sup>	目視による状態確認			●	
	散気装置	発泡状態の確認	●			
送気圧力・量の確認		●				
薬液タンク	漏れ, 変形, 変色の確認	●				
	内部劣化の確認				●	
計装設備	自動弁類	外観目視	●			
		分解点検				●
	水質分析計	外観目視	●			
		センサー類の交換				●
	校正 <sup>※2</sup>		●	●		

※1 点検用に小型のサンプルを槽内に設置する。点検の際は槽内から引上げて目視にて状態を確認する。

※2 機種により頻度が異なる。



§ 41 トラブルシューティング

本技術の運転において発生し得るトラブルに対してその影響および対処方法を事前に想定し、トラブルが発生した場合は適切に対処する。

【解説】

本技術の運転において発生し得るトラブルについて、想定される影響および対処方法の例を表5-6 および表5-7 に示す。

表 5-6 本技術の運転において発生し得るトラブルと影響・対処方法の例<sup>7)</sup>

想定されるトラブルの例		影響	対処方法
脱水ろ液	脱水ろ液の増大	・窒素除去率の低下（部分亜硝酸化工程における亜硝酸化率低下，アナモックス工程における窒素除去率の低下，など）。	・プロセスの許容値以上の水量を流入させない。
	脱水ろ液の停止	・過曝気による亜硝酸化槽の機能低下（ $\text{NO}_3^-$ -Nの生成等），基質不足にともなうアナモックス槽の機能低下（アナモックス細菌の活性低下等）。	・亜硝酸化槽の間欠曝気を行う。 ・流入停止条件での運転方法に切替える。
流入水質	流入窒素濃度の上昇	・窒素除去率の低下（部分亜硝酸化工程における亜硝酸化率低下，アナモックス工程における窒素除去率の低下，など）。	・流入窒素負荷量が許容値を超える場合には，流入水量を減少させるなどの措置をとる。
	流入窒素濃度の低下	・部分亜硝酸化工程における $\text{NO}_3^-$ -Nの生成。	・流入窒素濃度が大幅に低下した場合には，流入水量（流入負荷量）を増加させる，曝気量を減少させる，pHを上昇させるなどの措置をとる。
	流入浮遊物質，有機物濃度の上昇	・担体などへの浮遊物質や生物膜の異常付着による亜硝酸化槽およびアナモックス槽の機能低下（窒素除去率の低下）。	・前処理施設の許容値以上の浮遊物質，有機物を流入させないように流入停止などの措置を行う。
	毒物，阻害物質などの流入	・亜硝酸化槽およびアナモックス槽における機能低下（窒素除去率の低下）。	・原因不明の処理機能低下がみられる場合には，流入を停止させた上で，阻害物質等の流入を想定した原因究明を行う。

※「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，別添資料第5章5.3 異常時の対応を改変。

表 5-7 本技術の運転において発生し得るトラブルと影響・対処方法の例<sup>7)</sup>

想定されるトラブルの例		影響	対処方法
部分亜硝酸化工程	亜硝酸化率の低下	・窒素除去率の低下（アナモックス槽における $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の残留）。	・亜硝酸化槽の運転条件を確認し、条件が乖離していれば再調整する。 ・点検用担体サンプルを目視にて確認する。 ・亜硝酸化槽の曝気量を調整する。 ・曝気洗浄の頻度を上げ、それでも回復しない場合は曝気量抑制運転を実施する。
	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ の生成	・窒素除去率の低下。	・亜硝酸化槽の運転条件を確認し、条件が乖離していれば再調整する。 ・点検用担体サンプルを目視にて確認する。 ・亜硝酸化槽の曝気量を調整する。 ・曝気洗浄の頻度を上げ、それでも回復しない場合は曝気量抑制運転を実施する。
	pH 制御の不調	・亜硝酸化率制御の不調。 ・処理機能低下（ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の生成等）。	・速やかに制御を復帰させる。
	水温制御の不調	・亜硝酸化率制御の不調。 ・処理機能低下（ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の生成等）。	・速やかに制御を復帰させる。
アナモックス工程	残存 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 濃度の増加	・処理機能低下（ $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 阻害）。	・速やかに原因を調査し、流入 $\text{NO}_2^-\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比低下、内部循環などの措置をとる。
	pH 制御の不調	・処理機能低下（窒素転換率の低下）。	・速やかに制御を復帰させる。 ・酸剤の過剰注入などにより pH が低下した場合には、手動でアルカリ剤を投入するなど、速やかに pH を上昇させる。
	アナモックス細菌の活性低下	・処理機能低下（窒素転換率の低下）。	・アナモックス槽流入水を希釈して低濃度かつ低負荷で連続運転を行い活性向上を図る。

※「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，別添資料第 5 章 5. 3 異常時の対応を改変。