

「硝化抑制運転の諸課題に対する調査について」

調査研究報告書（令和3年度）

公益財団法人山梨県下水道公社

峡東浄化センター

1 目的

令和2年度の調査研究では、平成30年3月に国土交通省より示された「水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン～下水処理場における二軸管理～」の手法を基に、当センターの水処理運転について「水質」と「エネルギー」を総合的に判断して評価を行い、硝化抑制運転を年間を通して行うことが、現時点では有効な運転方法であるとした。

今年度は、実際に年間を通して硝化抑制運転を行うなかで、「処理水質」と「エネルギー」（令和2年度においてセンター使用電力量の27%を占める「送風機」）、これらに伴う「コスト」及び「温室効果ガス排出量」について調査する。

2 送風機使用電力量の制御（現状の確認）

必要空気量に応じて送風機の使用電力量を制御（増減）する手法を以下に示す。

- (1) 表1に示す性能（電動機出力）の異なる送風機を選択して運転する
- (2) 同一性能の送風機で吸込風量を変化させて運転する

表1 送風機の仕様

名称	No. 1-1	No. 1-2	No. 2-2	No. 2-3
水処理系列	1、2系			
型式	単段ターボブロア			
吸込風量	55m ³ /min	55m ³ /min	120m ³ /min	90m ³ /min
電動機出力	90kW	90kW	180kW	132kW
供用開始年度	H7	H3	H19	H10
風量調整機構	インレットバーン			

- 1) 送風機の使用電力量を制御するため、性能（電動機出力）の異なる送風機を使用した場合、一日当たり460kWhの電力量の差が生じる結果となり、必要空気量に応じて送風機の号機を切り替えることで、電力量の削減を図ることができる。
- 2) 送風機の使用電力量を制御するため、同一の送風機で吸込風量を変化させた場合、一日当たり730～750kWhの電力量の差が生じる結果となり、必要空気量に応じて送風量の制御を行うことで、電力量の削減を図ることができる。

3 必要空気量と処理水質

水処理に必要な空気量の算出は「峡東流域下水道事業計画変更届出書（平成30年度）」に記載されている送風機必要空気量の算出方法を参照する。

【必要酸素量】

必要酸素量：AOR = O1 + O2 + O3

O1：BODの酸化に必要な酸素量（kg/日）

O2：内生呼吸に必要な酸素量（kg/日）

O3：硝化反応に必要な酸素量（kg/日）

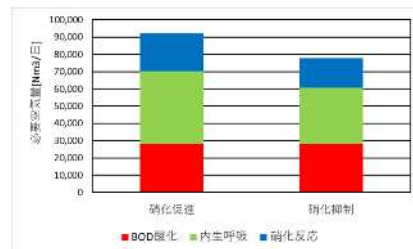


図1 必要空気量の算出結果

【必要空気量】

必要空気量：Gs (m³/日)

$$= \text{必要酸素量 (AOR)} \times 1.668 / (0.292 \times 1.293 \times 0.232) \times (273+20) / 273 \times 1.1$$

余裕 10%とする

標準状態の必要空気量：Gs' (Nm³/日)

$$= G_s \times 273 \times \{(1.0332 - 0.04326 \times RH) / 1.0332\} / (273 + T)$$

RH：相対湿度 (75%を採用)

T：吸込温度 (20℃を採用)

単段式嫌気好気法により硝化促進運転を行い、年間の反応タンク流入水量が今年度とほぼ同量であった平成 28 年度と比較しながら必要空気量と水質等のパラメータの状況を調査した。結果を以下に示す。

1) 当センターで行う硝化抑制運転は硝化促進運転と比べて、必要空気量を抑制することができる。

(図 1 参照)

2) 当センターで行う硝化抑制運転は硝化促進運転と比べて、年間を通して処理水質の安定化を図ることができる。

3) 当センターで行う硝化抑制運転は硝化促進運転と比べて、年間を通して窒素含有量の除去率が低下する。

4) 当センターで行う硝化抑制運転は硝化促進運転と比べて、年間を通して燐含有量の除去率はほぼ同等であるが、季節変動が小さく安定した状況で推移する。

4 放流域への影響

当浄化センターでは、処理水を一級河川笛吹川に掛かる白井河原橋と中道橋の間に放流しており、上、下流河川水の水質調査を毎月一回実施している。今年度は、年間を通して単段式嫌気好気法により硝化抑制運転を行ったが、放流地点の上流 (白井河原橋付近) と下流 (中道橋付近) の水質状況を調査した。

図 2 に放流地点及び上、下流の採水地点を示す。



図 2 放流地点及び採水地点

調査結果を以下に示す。

1) 当センターの処理水が放流地点の下流河川水に影響を与える水質項目は、BOD 及びアンモニア性窒素含有量であった。

2) 当センターの処理水が下流にほとんど影響を与えない水質項目は、SS、亜硝酸性窒素含有量、硝酸性窒素含有量及び燐含有量であった。

3) 溶存酸素は、下流においても年間を通して十分な濃度となっており、BOD 及びアンモニア性窒素含有量の酸化 (硝化) に伴う酸素欠乏の可能性はないものとする。

5 硝化抑制運転における污泥処理

硝化抑制運転は、硝化促進運転に比べて余剰污泥の発生量が増加し、污泥処理コストが増加する可能性があるため、今年度の各種データを元に硝化促進運転とした場合の脱水污泥発生量を推定算出して今年度の実績量と比較する。

余剰汚泥は、反応タンク内のMLSSを適切に維持するために引き抜く余分な汚泥のことをいうが、その量は次式で算出される。

【余剰汚泥量】

$$Q_w = \{ (a \times C_S - BOD + b \times C_{SS}) \times Q_{in} - c \times X \times V \} / X_w$$

表2に算出に用いた数値を示し、表3に脱水汚泥量の状況を示す。

表2 算出に用いた数値（硝化促進・余剰汚泥量）

項目（パラメータ）	単位	値	備考
Q _{in} ：反応タンク流入水量	(m ³ /日)	32,260	R3.4～R4.2平均
V：反応タンク容量	(m ³)	11,380	好気部
C _{S-BOD} ：反応タンク流入溶解性BOD	(mg/L)	23	R3.4～R4.2平均
C _{SS} ：反応タンク流入SS	(mg/L)	54	R3.4～R4.2平均
X：MLSS	(mg/L)	1,870	H27-H29平均
X _w ：余剰汚泥SS濃度	(mg/L)	4,500	H27-H29平均
a：溶解性BODに対する汚泥転換率	(gMLSS/gBOD)	0.6	0.4～0.6
b：SSに対する汚泥転換率	(gMLSS/gSS)	1.0	0.9～1.0
c：活性汚泥の内生呼吸による自己分解速度	(gMLSS/(gMLSS・日))	0.030	H27-H29平均
機械濃縮機回収率	(%)	99.6	R2実績（分離液）
生汚泥固形物量	(kg)	1,150,000	R3.4～R4.2(334日)
脱水機回収率	(%)	98.0	R2実績（分離液）
脱水汚泥含水率	(%)	73.8	R3.4～R4.2平均
年換算係数	(-)	365/334	

表3 水処理方針による脱水汚泥量の差

水処理方針	脱水汚泥発生量 (t/年)	備考
硝化抑制運転 (A)	6,966.22	R3実績値
硝化促進運転 (B)	6,876.94	R3試算値
差(A) - (B)	89.28	

1) 硝化抑制運転は硝化促進運転よりも余剰汚泥の発生量が増加するため、脱水汚泥の発生量が増加する。

6 コスト調査

硝化抑制運転と硝化促進運転のコストを比較、調査する。

なお、硝化抑制運転は今年度の実績値を採用し、硝化促進運転は以下の数値を採用した。

(1) 送風機使用電力量；平成28年度実績を一部流用した推定算出値

(平成28年度；単段式嫌気好気法による硝化促進運転（通年）、反応タンク流入水量が今年度と近似）

(2) 脱水汚泥量；表3による

表4に送風機使用電力量の差を、表5に電気料金の削減額を、表6に汚泥処分費の増加額を、表7に総コスト（差額）を示す。

表4 送風機使用電力量の差

水処理方針	送風機使用電力量 (kWh・年)	備考
硝化促進運転	923,300	平成28年度データ流用推定算出
硝化抑制運転	781,100	令和3年度実績
差	142,200	

表5 電気料金の削減額

採用単価	電気料金削減額 (円・年 税込)	備考
単価1 (R3.4)	1,780,344	
単価2 (R4.4)	2,707,488	
平均	2,243,920	

表6 汚泥処分費増加額

採用単価	汚泥処分費増加額 (円・年 税込)	備考
令和3年度契約単価	1,924,880	

表7 総コスト（差額）

電力料金採用単価	総コスト (円・年 税込)	備考
単価1 (R3.4)	144,536	増加
単価2 (R4.4)	-782,608	削減
平均	-319,040	削減

硝化抑制運転を採用した場合のコスト変化は以下のとおりである。

- 1) 電気料金の削減額は採用する電力料金単価によって変動し、年間でおよそ 178 万円から 271 万円、平均でおよそ 224 万円と算出された。
- 2) 污泥処分費の増加額は年間でおよそ 192 万円と算出された。
- 3) 年間の総コストは現状でおよそ 14 万円の増加から 78 万円の削減、平均でおよそ 32 万円の削減と算出された。

7 温室効果ガスの排出

硝化抑制運転と硝化促進運転の温室効果ガス排出の状況を比較、調査する。

表 8 に硝化抑制運転を採用した場合の送風機使用電力の削減量に基づく排出削減量を、表 9 に水処理プロセスからの排出量の差を示し、表 10 に硝化抑制運転の排出状況をまとめる。

表 8 使用電力量削減に伴うCO₂量

項目	単位	数値	備考
送風機使用電力削減量	(kWh・年)	142,200	
二酸化炭素排出係数	(kg-CO ₂ /kWh)	0.443	契約小売電気事業者 令和3年度算定用
二酸化炭素削減量	(kg-CO ₂ ・年)	62,990	

表 9 水処理プロセスからのCO₂量

項目	単位	数値	備考
反応タンク流入水量	(m ³ /年)	11,726,700	令和3年度
一酸化二窒素排出係数(嫌気好気活性汚泥法)	(kg-N ₂ /m ³)	0.0000292	単段式嫌気好気法 硝化抑制運転代用
一酸化二窒素排出係数(循環式硝化脱窒法)	(kg-N ₂ /m ³)	0.0000117	単段式嫌気好気法 硝化促進運転代用
二酸化炭素換算係数(地球温暖化係数)	(倍)	298	
二酸化炭素排出量(A)	(kg-CO ₂ ・年)	102,040	硝化抑制運転
二酸化炭素排出量(B)	(kg-CO ₂ ・年)	40,890	硝化促進運転
二酸化炭素増加量(A)-(B)	(kg-CO ₂ ・年)	61,150	

表 10 硝化抑制運転によるCO₂排出状況

項目	数値	備考
水処理プロセスからの増加量	61,150	
使用電力量からの減少量	-62,990	
差(kg-CO ₂ ・年)	-1,840	減少

1) 送風機使用電力量の削減に伴う減少量が水処理プロセスからの増加量を上回るため、全体として減少する結果となった。

8 まとめ

これまでの調査結果を以下に記載する。

- ・送風機の使用電力量を制御するため、必要空気量に応じて性能(電動機出力)の異なる送風機を選択、また、性能が同一の送風機では吸込風量を変化させることで電力量の削減を図ることができる。
- ・当センターで行う硝化抑制運転では、硝化促進運転と比べて必要空気量を抑制しながら年間を通してBOD、SSの処理水質及び有機物含有量除去率の安定化を図ることができるが、窒素含有量の除去率は低下する。
- ・当センターで行う硝化抑制運転では、処理水が放流河川の下流に影響を与える水質項目としてBOD及びアンモニア性窒素含有量が挙げられるが、下流においても溶存酸素は年間を通して十分な濃度となっており、BOD及びアンモニア性窒素含有量の酸化(硝化)に伴う酸素欠乏の可能性はないものといえる。
- ・当センターで行う硝化抑制運転では、硝化促進運転と比べて電気料金は削減されるが、余剰汚泥量の増加に伴い污泥処分費は増加し、総コストは現状の単価では十数万円の増加または数十万円の減少となる。
- ・当センターで行う硝化抑制運転では、硝化促進運転と比べて温室効果ガスの排出について送風機使用電力量の削減に伴う減少量が水処理プロセスからの増加量を上回るため、全体として減少する結果となった。

9 今後の課題

今後へ向けての課題を以下に記載する。

- ・硝化抑制運転の安定化を継続する。
- ・維持管理全体としてコスト縮減への取り組みを継続する。