

活性酸素種を用いた化学的酸素供給法による水処理システムへの適用検討

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○佐藤 友紀 群馬工業高等専門学校 学生会員 福井 功志朗
群馬工業高等専門学校 正会員 堀尾 明宏

1. はじめに

浄化槽や下水処理等の電力消費は、ブロウに掛かる電力消費割合が最も多いことがわかっており CO₂の削減において、国家レベルでの対応が急務となっている。そこで、近年では、高効率型のブロウの開発が進められているほか、浄化槽の運転手法の中で、間欠ばっ気運転などによる対応も進められている。また今日、事業系(食品加工など)の分野においては、曝気槽内で酸素供給剤添加による化学的処理によって、酸素を供給する方法が行われている事例がある¹⁾。それらの施設では、薬液効果により、効率的な酸素の供給が行えており、水質の安定化と電力コストの削減が実現できている。

そこで本研究では、実施設で用いられている酸素供給剤の有効性についての基礎的検討を行った。

2. 薬液の組成と酸素生成の概要

薬液の主な成分は、過硫酸、EDTA、酵母溶解酵素、グリセロール脱水酵素、グルタチオン酸化型等からなり、既に生物処理剤²⁾として、市販されている。

酸素生成のメカニズムは、依然未解明な点が多いが有機排水に薬液が接触すると、活性種と酸素が生成され、これが連鎖的に発生することで連続的に酸素が生成される。活性酸素種は抗酸化剤により抑制され、最終的に水とCO₂に分解される。

3. 研究概要

3.1 基質の種類による酸素生成の挙動

実験は、生物処理剤(以降、薬液)と有機物の反応を調査するために各基質に薬液を添加し、酸素の生成状況を確認した。条件は容量100.2ml~103.7mlのフラン瓶に基質を満たし、薬液1mlを添加した後に、5分ごとに溶存酸素量(YSI Doメータ5000型)の変化を15分間測定した。これを表1に示す。(※は群馬高専の試料水を示す。)

さらにグルタミンとグルコースについては、基質と薬液、基質と5%過酸化水素液(H₂O₂)を1:1の割合でそれぞれ反応させた後に、5分ごとに溶存酸素量の変化を15分間測定した。これを表2、表3に示す。

表1 基質ごとの酸素生成

基質	Do (mg/l)				酸素の増加判定
	0.5分後	5分後	10分後	15分後	
流入水※	1.5	1.9	2.2	2.3	○
活性汚泥	22.7	34.7	36.0	39.7	◎
接触曝気槽水※	2.4	2.8	3.0	3.2	○
沈殿槽の上澄み※	2.4	3.8	4.1	4.4	○
汚泥濃縮貯留槽※	1.8	7.2	9.6	10.8	○
カタラーゼ(0.5g)	38.2	39.9	36.9	31.3	◎
グルコース	5.5	5.6	5.5	5.6	×
グルタミン	5.3	5.3	5.3	5.4	×

表2 基質ごとの酸素生成

グルコースに添加した薬液	Do (mg/l)				酸素の増加判定
	0.5分後	5分後	10分後	15分後	
薬液	15.3	16.4	16.8	18.3	○
5%過酸化水素液	16.5	16.1	15.3	15.5	○

表3 基質ごとの酸素生成

グルタミンに添加した薬液	Do (mg/l)				酸素の増加判定
	0.5分後	5分後	10分後	15分後	
薬液	13.9	15.5	16.0	15.8	○
5%過酸化水素液	12.9	12.9	14.3	14.4	○

3.2 薬液添加による大腸菌群数と酸素生成

実験は汚泥濃縮貯留槽内の上澄み100ml分取したものを5つ用意した。1つはそのままの状態、残りの4つはそれぞれ薬液0.01ml、薬液0.1ml、薬液1ml、5%過酸化水素液0.1ml添加した。5つの試料を90分間放置して反応させ、その試料の酸素状況と大腸菌群数を測定した。測定はデスオキシコール平板法により行い、酸素の生成状況は、3.1同様とした。

3.3 汚泥の減容効果

活性汚泥が100mlの分取したものを9つ用意し、それに水8ml(ブランク)、薬液8ml、5%H₂O₂8ml添加したものを3つずつ用意し、8日間放置した。その後、蒸発残留物(mg/l)を測定した。100mlの活性汚泥に1mlの薬液では、20時間酸素生成が行われたため、一日に必要な薬液を1mlと仮定して実験を行った。

3.4 ラジカル生成の測定

電子スピン共鳴(ESR)装置を使用して、薬液と基質の反応によるラジカル生成について計測した。

4. 実験結果および考察

4.1 基質の種類による酸素生成の挙動

酸素の挙動の結果を表1、表2、表3に示した。○はDo

キーワード 酸素供給剤, 活性酸素種

連絡先 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580 TEL:027-254-9189 Email:horio@cvl.gunma-ct.ac.jp

が初期値(0.5分)より15分後の値が0.5mg/l以上増加したものの、◎はDoが初期値(0.5分)から15分後までの間20mg/lを超えたもの、✕はそれ以外のものとした。

グルコースとグルタミンでは薬液の量を増やし、薬液と5% H_2O_2 液を1:1の割合で反応させた場合で、酸素生成がみられた。このことから、薬液の添加量は、酸素生成量に大きく影響することがわかった。

実排水の試料やカタラーゼでは、薬液が1%含まれている状態で酸素生成していることから、薬液は細菌が持つ酵素に反応しやすいとわかった。これらのことから、生物反応槽(活性汚泥法)に効果的であると言える。

4.2 大腸菌群数と酸素生成の挙動

大腸菌群のデータを表4に、使用した試料の酸素生成の挙動を図1に示した。大腸菌群数は、薬液0.1ml, 薬液0.01ml, 上澄みのみの値が近似していた。薬液1ml添加した試料は、大腸菌群が不検出であった。100mlの実排水に対して薬液0.1ml(0.1%), 薬液0.01ml(0.01%)では、大腸菌群への影響が少なかった。このことから、薬液の濃度によって大腸菌群に与える影響が異なり、量を調整することで菌への影響を抑えることができると考えられる。

薬液と H_2O_2 での比較では、酸素生成の挙動に大差のない程度の濃度において、大腸菌群数を比較した場合、5% H_2O_2 液の方が少ない傾向にあることから、薬液の方が大腸菌群に与える影響は小さいと考える。

4.3 汚泥の減容効果について

蒸発残留物の実験で得られたデータを表5に示す。薬液はブランクよりも活性汚泥が18%, 5% H_2O_2 液はブランクよりも活性汚泥が49%減少している。薬液、過酸化水素ともに蒸発残留物はブランクより少ないことから、汚泥の減容効果が認められた。

4.2の結果同様に、5% H_2O_2 液は薬液の方が影響は小さいことが考えられる。

4.4 ラジカル生成について

活性汚泥に薬液を添加したとき、ラジカル生成反応のピークが、図2のように観測された。その形状からヒドロキシラジカルと判断され、活性種の生成が確認された。

5. まとめ

薬液と酸素生成の研究で以下の知見が得られた。

- (1) 薬液の酸素生成については、細菌類や酵素と主として反応しており、活性汚泥とカタラーゼで大きな酸素生成が見られ、生物反応槽への適用に効果的であると考えられた。

表4 大腸菌群

試料	大腸菌群(個)
上澄みのみ	440
薬液0.01ml	350
薬液0.1ml	390
薬液1ml	0
5% 過酸化水素液0.1ml	180

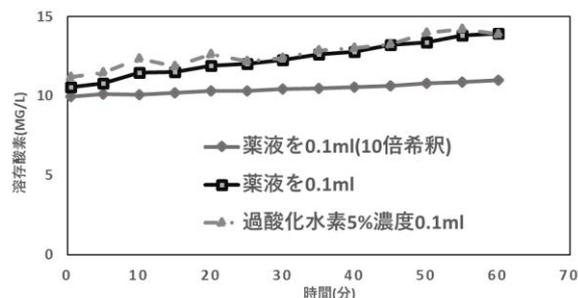


図1 汚泥濃縮貯留槽の酸素生成の挙動

表5 蒸発残留物

種類	蒸発残留物(mg/D)
ブランク	8.72
薬液	7.15
過酸化水素	4.41

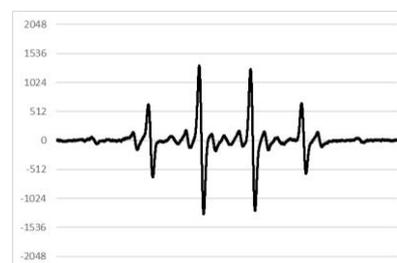


図2 薬液と基質のラジカル生成

- (2) 大腸菌群の実験から、薬液は実排水の中に0.1%程度あれば、大腸菌に影響がほとんどなく酸素の生成を行うことが可能だといえる。
- (3) 5% H_2O_2 液ほどではないが、薬液でも汚泥の減容効果が示された。
- (4) 基質との反応においては、活性種(ヒドロキシラジカル)の生成が確認できた。

謝辞

研究に協力してくださった、岐阜薬科大学の宇野文二教授、株式会社セイネン杉浦氏に感謝の意を申しあげます。

6. 参考文献

- (1) 堀尾明宏・杉浦岳人・杉浦美智代:食料品製造業における排水処理水質の安定化とバイオマスコントロール, 第53回日本水環境学会講演集2019, pp545-545, 2019年3月
- (2) 株式会社セイネン:公開特許公開, 特開2013-18407, 2013