

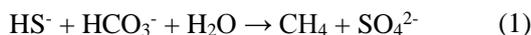
生物学的排水処理における微生物培養のための電位制御装置の開発

長岡技術科学大学 ○高久将吾, 山口隆司, 中山忠親

1. はじめに

低濃度有機性排水を処理する UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: 上昇流嫌気性汚泥床) リアクターにおいて、酸素、硝酸、亜硝酸などの電子受容体や光がない条件下で硫黄が嫌氣的に酸化される現象が発見された¹⁾。本反応は UASB リアクターに流入してきた硫酸塩が下部で硫酸還元により硫化物へ還元されてから、上部で酸化され再び硫酸塩になる。そのため、リアクター上部での反応は従来の硫黄酸化とは異なり、新規の硫黄酸化反応だと考えられる。

前述した嫌氣的硫黄酸化は糖蜜模擬排水を基質として供給した際に確認された。また、硫化物が酸化されるとともにメタンが発生していることから、炭酸塩を電子受容体として以下の反応式が提案されている¹⁾。



嫌氣的硫黄酸化反応の条件は水温が 17°C 以下、pH が 7 付近、ORP (酸化還元電位) が -300 mV から -150 mV の間であると報告されている。そこで、本研究の目的は微生物を触媒として(1)の反応式を実験的に再現することによって硫黄の嫌氣的酸化反応のメカニズムを明らかにすることである。

本研究で行なったことは微生物培養のための電位制御装置の開発と適正確認、嫌氣的硫黄酸化反応における ORP (-300 mV から -150 mV) の再現のための、糖蜜模擬排水への外部電流印加による ORP 制御である。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験装置

本研究で作成した実験装置は(1)の反応式の水質項目の濃度変化を調べるために十分なサンプリングを行えるよう、容積 2.0 L である。また本実験装置の電位制御のための機構は外部から電流や電圧を印加しながら、陰極側の電位測定を可能とするものとなっている。電極の材質は参照電極が銀/塩化銀、作用電極、対電極が炭素である。図 1 は実験装置の概略

図である。サンプルの密閉性は陰極側と陽極側を繋ぐフランジ機構によって保たれている。

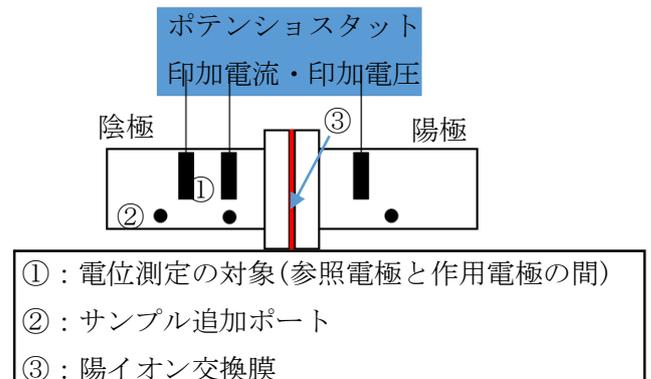


図 1 実験装置概略図

2.2 実験装置の参照電極の適正確認

任意の温度において妥当な電位の値を測定できことを適正であるとして、本実験装置の検査が行われた。

検査方法はある温度での電位が既に分かっているキンヒドロンの粉を pH 標準液で溶かしたサンプルを用いて電位を測定し、理論値と実験値を比較することである。任意の温度において、実験値が理論値の ±10 mV の範囲に入っていれば実験装置の参照電極は適正である。電位測定の際は外部からの電流や電圧は印加しない。サンプル温度は 26.2°C である。

図 2 は参照電極として用いた銀/塩化銀電極を塩化皮膜が十分施されているものに交換し、内部溶液 KCl を新しいものに交換することによって得た実験値と理論値の関係を表している。3.9% までの理論値からのずれは適正であると判断される。図 2 の実験値の理論値とのずれは 3.6% なので、交換後の参照電極を取り付けての実験装置は適正であると判断された。

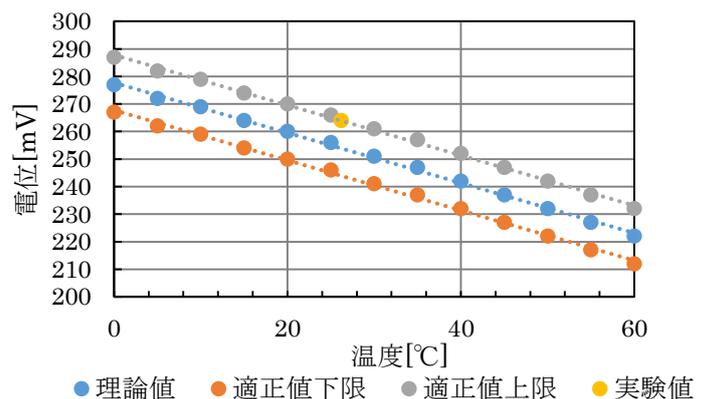


図 2 電極適正性調査の結果

2.3 電位制御実験

今後行う予定である図 1 の実験装置を用いた微生物培養の前段階として、本実験はサンプルに微生物を投入しない状態での電位制御である。陰極、陽極間の電子のやり取りはNeutral Redによって促されている。

電位制御実験の目的は糖蜜模擬排水中の電位を-300 mV から-150 mV にするための印加する外部電流の値を求めることである。

電位計測の方法は表 1 で示されている組成の糖蜜模擬排水に外部電流を印加しながら電位を測定した。測定時間は 3 時間である。Neutral Red の濃度は先行研究よりサンプル中の電位が早く安定すると知られている 0.9 mM と設定し、サンプル温度は 12.3°C、印加電流は 3.0 mA、4.0 mA、4.5 mA で実験を行った。

表 1 糖蜜模擬排水の組

組成	濃度
Na ₂ SO ₄	1.5 [mM]
NH ₄ Cl	200 [mg/L]
KH ₂ PO ₄	6 [mM]
NaHCO ₃	7.5 [mM]
C ₁₅ H ₁₇ CIN ₄ (Neutral Red)	0.9[mM]
糖蜜	300 [mg-COD/L]

3. 結果および考察

外部電流 3.0 mA、4.0 mA、4.5 mA が印加されることで、内部電流が-25 mV、-115 mV、-450 mV 付近で安定したことが図 3 から図 5 より読み取れる。外部電流の値が大きい程の内部電位は小さくなる（絶対値が大きくなる）ことが分かる。また、外部電流を印加してから内部電位が安定するまでの所要時間があるため、微生物を用いた際に、外部電流を印加してからの微生物投入時刻を検討する必要がある。

図 6 は 9500 秒での図 3 から図 5 における内部電位と外部電流の関係である。図 6 から内部電位は外部電流に対して一次関数的に変化しないこと、目標値である-300 mV から-150 mV の内部電位を得るためには 4 mA から 4.5 mA の外部電流を印加する必要があることが読み取れる。目標値を得るための外部電流の範囲は 4.5 mA よりも 4 mA に近いことが目測

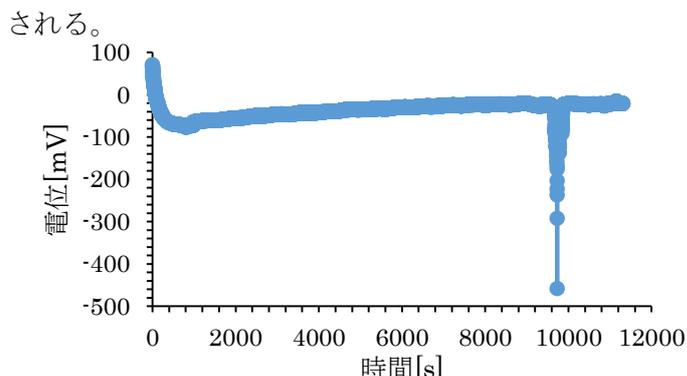


図 3 外部電流 3.0 mA における測定結果

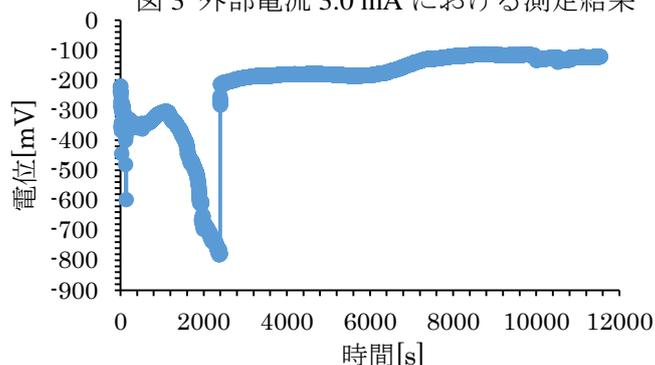


図 4 外部電流 4.0mA における測定結果

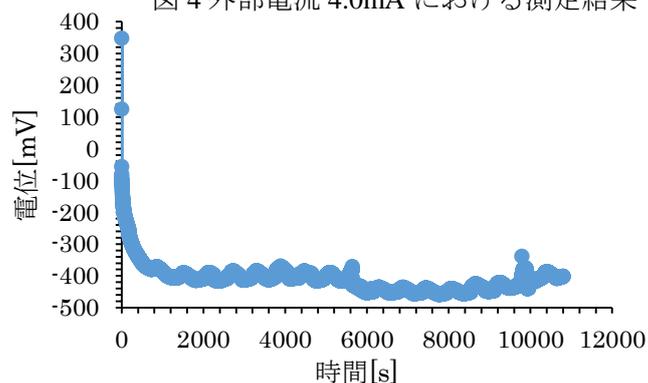


図 5 外部電流 4.5 mA における測定結果

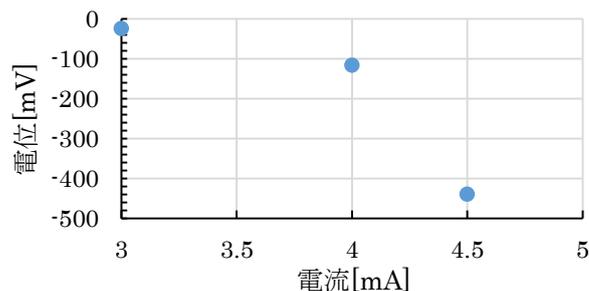


図 6 内部電位と外部電流の関係

4. おわりに

微生物培養のための電位制御装置を開発した。また、内部電位-300 mV から-150 mV を得るための外部電流の範囲は 4.0 mA から 4.5 mA より狭い。

5. 参考文献

- 1) 幡本ら. (2014). 嫌気性排水処理リアクターで起こる嫌氣的硫黄酸化反応. *日本微生物生態学会誌*. 29:76-77.