

活性汚泥及び廃水を用いた生物電池に関する基礎的研究

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 宮沢 麻衣子
早稲田大学理工学部 正会員 榊原 豊

1. はじめに

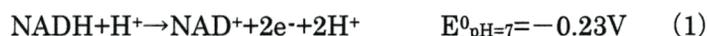
近年、活性汚泥法を用いた廃水処理は広く普及しているが、処理プラントを運転していく際に多大なエネルギーを要する。廃水中の汚泥(微生物)や有機物をエネルギー供給源として利用する方法として、微生物が基質を消費する過程で発生する代謝物(メタン、 H_2 等)を用いる研究などが実施されているが、代謝物の生成速度が遅い、回収率が低いなどの問題がある。本研究は、活性汚泥中に存在する微生物が基質を酸化する際に体内で起こっている電子伝達系における電子を外部に取り出し、廃水と微生物体内のエネルギーを電気エネルギーに変換する生物電池の可能性について検討した。

2. 本燃料電池の原理

本生物燃料電池(エタノール/酸素)の電極反応を示す。

【負極】微生物によるエタノール酸化

基質であるエタノールを微生物が消費する際、嫌気状態で電子伝達物質として 2-methyl-5,6-dimethoxy benzoquinone(Q_0)を添加すると、式(1)、(2)に示すように微生物体内中の電子を外部に取り出すことができる¹⁾。生物電池における負極と正極の反応を図1に示す。



electrode

【正極】水中溶存酸素の還元

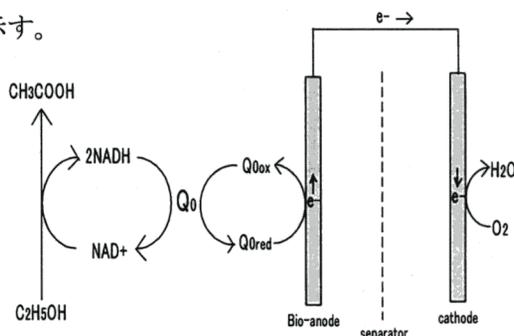


図1 生物電池の原理

3. 実験装置及び実験方法

実験装置略図を図2に示す。セパレーターであるNafion膜を2枚の白金メッシュ電極(各正極、負極)で挟み、さらにこれをアクリル板2枚で固定し装置中央部に差し込んだ。アクリル板には10mm*15mmのマドが開いており、電極と溶液が接触する。本実験では、活性汚泥と Q_0 の接触の仕方が電圧に影響を与えるか調べるため、負極の条件を変えた実験1,2を行い、さらに参照実験3,4と比較した。

正極：実験1~4すべてリン酸緩衝液をHRT=1で連続供給。

負極：(実験1)DO=0の活性汚泥を嫌気状態で溶液中に分散させ、濃度0.1Mになるようエタノールを加えた。 Q_0 は電極に固定化した。

(実験2)DO=0のリン酸緩衝液にエタノールを0.1M加え、嫌気状態、HRT=1hで連続供給した。濃縮した活性汚泥と Q_0 を共に電極に固定化した。

(実験3)実験1の条件で Q_0 を使用しなかった。

(実験4)実験1の条件で好気状態にした。

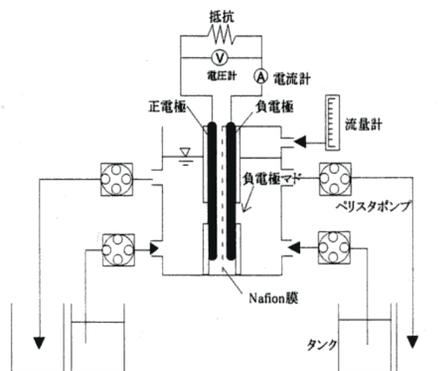


図2 実験装置略図

キーワード：活性汚泥、生物電池、電子伝達物質、電極、微生物

連絡先〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科 tel.3203-4141

以上の実験条件を表1に示す。

4. 実験結果及び考察

実験1～4で測定した電圧の経時変化を図3に示す。また、実験1～4における実験開始時と終了後におけるDOとpHを表2に示した。

表2より実験開始時と終了後でのDOとpHはいずれもほとんど変化していないこと分かり、測定した電圧は酸素濃度やpH差によるものとは考えにくい。また、図3から分かるように実験1,2に比べ実験3,4は発生した電圧が著しく低い。このことは、 Q_0 の添加と嫌気条件が成り立つ実験1,2において、式(1)～(3)の反応が進行していることを間接的に示すものであると考えられる。

さらに、活性汚泥と Q_0 の接触条件が異なる実験1と実験2では、どちらが生物電池として効率がよいか比較した。活性汚泥濃度から各実験で使用した乾燥汚泥質量を算出し、汚泥1g当たりで発生する電圧を式(4)より計算する。

$$\text{単位汚泥当たりの電圧} = \frac{\text{発生電圧 (mV)}}{\text{使用汚泥質量 (g)}} \quad (4)$$

実験1、実験2における単位汚泥当たりの電圧経時変化を図4に示す。

図4より、活性汚泥を負極溶液中に分散させるよりも、電子伝達物質である Q_0 と共に電極に固定化の方が生物電池としての効率がよいこと分かる。これは実験1で活性汚泥を滞留させると数分後にフロックは沈殿し、 Q_0 に接している微生物量が減少するのに対し、実験2では活性汚泥と Q_0 は常に接しているため電子伝達量が多いことによると考えられる。

5. まとめ

排水中の活性汚泥(微生物)を用いた生物電池によって電圧を得ることが可能であり、さらに活性汚泥と電子伝達物質の接触条件によって効率が異なることが分かった。

今後は微生物代謝速度、電子伝達物質の循環速度と生物電池の電圧及び電流値との関係について検討する予定である。

表1 実験1～4における実験条件

実験	好/嫌気	負極			正極	
		Q_0	活性汚泥	汚泥乾燥重量(g)	好/嫌気	溶液
1	嫌気	固定	分散	0.15	好気	リン酸緩衝液
2	嫌気	固定	固定	0.03	"	"
3	嫌気	なし	分散	0.15	"	"
4	好気	固定	分散	0.15	"	"

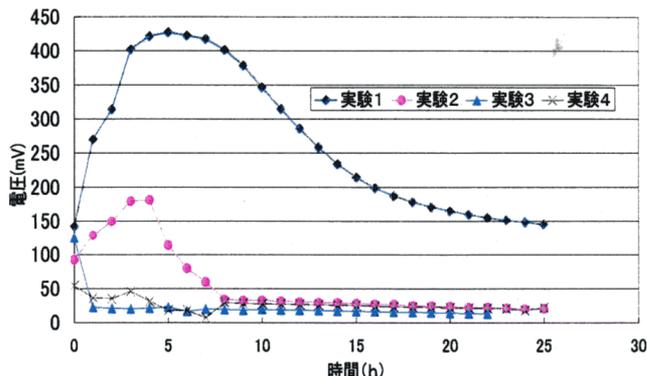


図3 実験1～4における電圧の経時変化

表2 実験1～4におけるDO, pH

実験	時間	正極		負極	
		DO	pH	DO	pH
1	実験開始時	8.8	7.05	0	8.47
	実験終了後	6.7	7.06	0	7.72
2	開始	8.4	7.12	0	7.12
	終了	4.12	7.24	0	7.25
3	開始	8.54	7.18	0	8.85
	終了	7.05	7.22	1.09	7.7
4	開始	8.12	7.2	6.74	7.95
	終了	7.8	7.21	5.2	7.26

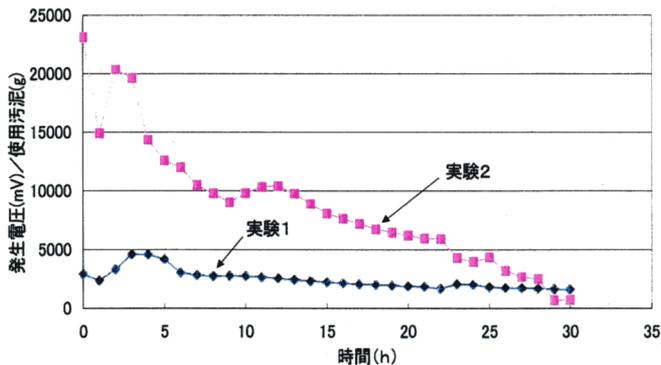


図4 実験1、実験2における単位汚泥当たりの電圧経時変化

[参考文献] 1) Ikeda et al. : J.Electroanal.Chem., 430,197-204 (1997)