

鉄バクテリアによる強酸性含鉄排水処理について

東北大学工学部 正員 野池達也
 東北大学大学院 学生員 近藤一夫
 東北大学大学院 学生員 中村寛治

1.はじめに 鉄バクテリアは pH 1.0~4.0 という強酸性条件下で 第1鉄と第2鉄に酸化するときに必要なエネルギーを 空気中の CO_2 を固定し、これをエネルギー源として生きており、また 有機物も利用できる 通性独立栄養細菌である。強酸性含鉄排水を中和処理する場合には、鉄の形態が第2鉄であれば、安価で中和生成物の安定容積が小さくすむ CaCO_3 を使って、鉄は $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の形で、硫酸イオンは CaSO_4 の形で容易に沈殿分離でき、pH を上げることもできるので、この鉄バクテリアを排水処理に利用すれば、非常に有利となる。この際、鉄バクテリアは、菌体収量が低いので、大量に菌体を得るために有機物を加えることも考えられる。本研究は、鉄酸化と増殖に及ぼすグルコース濃度の影響を回分実験で、また第1鉄の連続酸化と回転円板法で検討したものである。

2. 実験方法

鉄バクテリアは、示川より採取し、これを 9K 培地で通気培養したものを種菌にした。回分実験は、表1に示す組成の培養液を用い、30°C、pH 2.0で培とう培養を行ない、連続実験は、表2に示す組成の基質を用い、温度 20°C および 30°C、pH 2.3で行なった。菌数は、血球計算盤を用いた 600倍 位相差顕微鏡で計数し、鉄は JIS 0102 の KMnO_4 法で、pH は pHメーターで経時的に測定した。ここで、回転円板の酸化反応槽の容積は 2400ml、円板有効面積は 0.366 m^2 である。

3. 実験結果及び考察

【回分実験】図1、2に、種々のグルコース濃度をパラメーターにして、生成した鉄濃度、菌数、pH の変化を、経過時間に対して示す。グルコースは、濃度 4% (v/v) 以上で、鉄バクテリアの鉄酸化を阻害したが、3% 以下では阻害せず、むしろわずかながら鉄酸化を促進した。しかし、菌濃度の増大効果は小さかった。図2より、鉄バクテリアは、第1鉄が消費され、酸化可能な鉄源がないとき、グルコースを利用して増殖することがわかる。グルコース濃度 0.05% 以上では、菌濃度が 10~30倍 になった。このとき pH は、グルコース濃度 0.2% 以

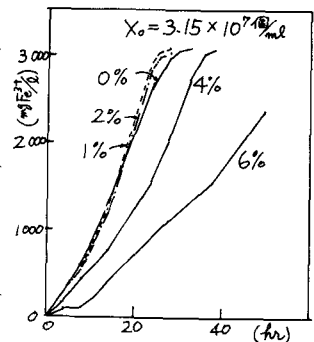


図1 経時変化

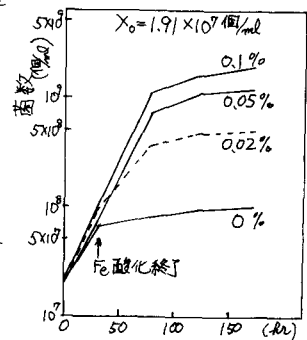


図2 経時変化

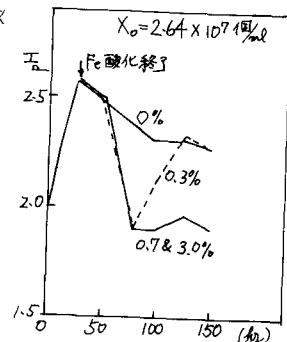


図3 経時変化

表1 実験に用いた培養液

成分	量
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	7.50 g (Fe^{2+} 3000 mg/l)
D-グルコース	適宜
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1.50 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.25 g
K_2HPO_4	0.25 g
KCl	0.05 g
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.005 g
10N H_2SO_4	pH 2.0 になるまで添加
菌懸濁液、蒸留水を加えて全量 500 ml	

表2 基質組成 (1 l 中)

成分	量
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.5 g (Fe^{2+} 500 mg/l)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	150 mg
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25 mg
K_2HPO_4	25 mg
KCl	5 mg
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.5 mg
10N H_2SO_4	1.0 ml
水道水で稀釈	

下では 0%と同程度までしか低下しなかったが、0.3%以上では菌への数増殖期終期には pH1.9まで低下した。下式で示される加水分解は Fe^{2+} 3000mg/l では 2.02以上でないと起きないことを考えるとこのpH低下は有機物を利用したためと考えられる。グルコースで生育した鉄バクテリアの世代時間は第1鉄のみでの値よりやや短くなっていることが図2より知られる。

【連続実験】鉄バクテリアを用いた第1鉄の連続酸化処理では短い滞留時間でも安定した酸化率が得られる。一旦、定常状態にはいると酸化率はほとんど変動しなかった。

図4に 付着菌数と Fe^{2+} 負荷量の関係を示す。本実験は 流入 Fe^{2+} 濃度は一定で行っており Fe^{2+} 負荷(1%日) = $\frac{1}{2} \times$ 水量負荷(%日) の関係がある。図4によれば Fe^{2+} 負荷量と付着菌数には正の相関が見られる。実際には水量負荷の増大につれ付着菌数はほくりに減少するのでこれよりその程度は大きいと考えられる。

図5に 酸化率と滞留時間の関係、図6に 酸化量と Fe^{2+} 負荷量の関係を示す。酸化率は滞留時間が長くなるにつれ対数的に増加している。鉄バクテリアの Fe^{2+} 酸化反応が一次反応(95% = 0.45)と仮定して20℃のプロットを式化したところ、酸化率は

$$\left\{ 1 - e^{-(0.0204t + 0.244)} \right\} \times 100 \% \quad t: \text{滞留時間(分)}$$

で示された。図5,6より滞留時間が60分以上では第1鉄酸化効率に及ぼす温度(20~30℃)の影響は小さいことが知られる。回転円板による有機性廃水処理では13~24℃の範囲ならば処理効率に及ぼす温度の影響が小さくなると言われており、第1鉄酸化でも同様に思われるが、今後低温での連続実験が望まれる。

図7に 付着菌あたりの酸化量と Fe^{2+} 負荷量の関係を示す。付着菌あたりの酸化量は Fe^{2+} 負荷量の全範囲にわたってほぼ一定である。これより水量負荷 470 %/日でも鉄バクテリアの活性が低下しないことがうかがえ、「回転円板は負荷に強い」という定説が改めてうると考えられる。

4 まとめ

- ①グルコースは 4%(%)以上で鉄バクテリアの第1鉄酸化を阻害した。また鉄バクテリアは酸化可能な鉄源がないとグルコースを利用して増殖し菌濃度は10~30倍になった。
- ②鉄バクテリアを用いた回転円板処理では短い滞留時間でも安定した酸化率が得られ、酸化率は滞留時間が長くなるにつれ、対数的に増加する。また滞留時間60分以上では第1鉄酸化効率に及ぼす温度(20~30℃)の影響は小さかった。

参考文献

- 1) 日本水道コンサルタント技術資料「回転円板法設計のチリ」

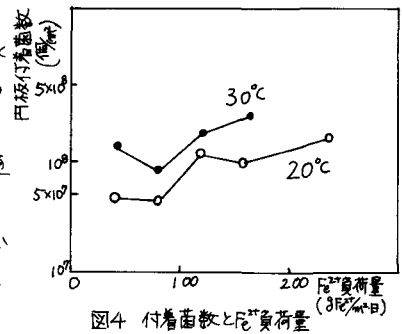


図4 付着菌数と Fe^{2+} 負荷量

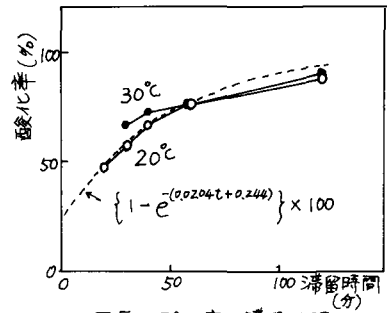


図5 酸化率と滞留時間

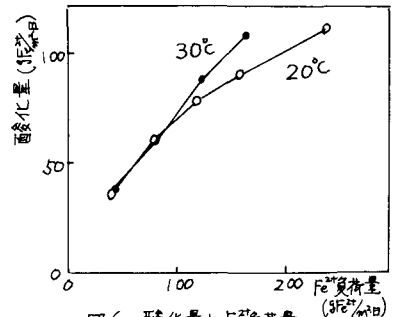


図6 酸化量と Fe^{2+} 負荷量

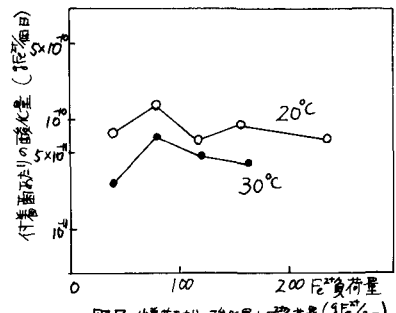


図7 付着菌あたりの酸化量と Fe^{2+} 負荷量