

静岡県 正員 ○近藤 一夫
 東北大学工学部 正員 松本 順一郎
 東北大学工学部 正員 野池 達也

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鉄を第2鉄に酸化するときに必要なエネルギーをつかって 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使って 鉄は $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の形で、 SO_4^{2-} は CaSO_4 の形で容易に沈殿分離でき、pH を上げることができるので 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 従属栄養細菌に比べ 菌体収量が低いので 菌数を増加させるために有機物を加えることも考えられる。有機物としては グルコースが最適であると言われている。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鉄の連続酸化を回転円板法で 検討したものである。

2. 実験方法 鉄バクテリアは 赤川より採取し、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 で振とう培養を行ない、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 2.0 で行なった。連続実験装置の回転円板は 半径 10cm、1槽につき 6枚、有効面積 0.366 m^2 であり、酸化反応槽の実容積は 2400 ml である。菌数は Thomas の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。

3. 実験結果および考察

【回分実験】図1, 2, 3 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 Fe^{2+} 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% (%) 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、菌数の増加効果は あまり大きくなかった。図2 より 鉄バクテリアは 第1鉄を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

表1 回分実験用培養液

成分	量
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	7.50 g ($\text{Fe}^{2+} = 3000 \text{ mg/l}$)
D-グルコース	適量
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	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 になるまで滴下 菌懸濁液、蒸留水を加えて全量 500 ml	

表2 基質組成 (1.2中)

成分	量
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.5 g ($\text{Fe}^{2+} = 500 \text{ mg/l}$)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	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	

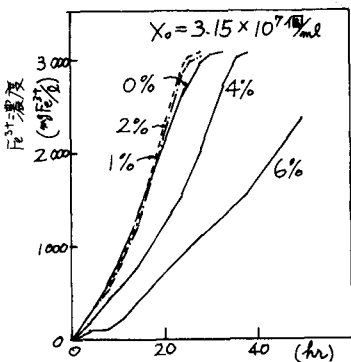


図1 経時変化

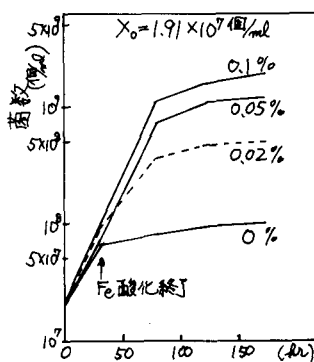


図2 経時変化

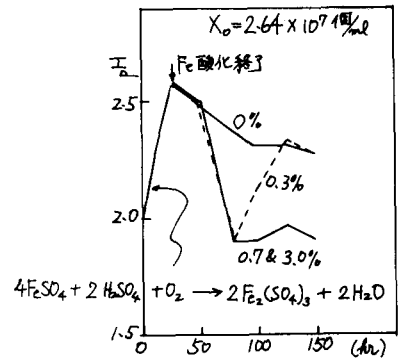


図3 経時変化

では菌数が10~30倍になった。このときpHはグルコース濃度0.2%以下では0%と同程度までしか低下しなかったが、0.3%以上では菌の対数増殖期終期にはpH1.9まで低下した。このpH低下は $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ の加水分解： $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$ では説明がつかないもので、有機物を利用したために生じた特有な現象であると考えられる。

【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。円板付着菌数は槽内浮遊菌数の100倍以上であり、付着菌の働きによって第1鉄の酸化が行われたと考えられる。

図4に付着菌数と Fe^{2+} 負荷量との関係を示す。本実験は流入 Fe^{2+} 濃度は一定で行っており、 Fe^{2+} 負荷量(%) = $\frac{1}{2} \times$ 水量負荷(%) 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はくりに少なくなるので、これより両者の相関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+} 負荷量との関係を示す。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(速度 = kS)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13~29℃の範囲ならば処理効率に及ぼす温度の影響が小さいと言われており、第1鉄酸化でも同様になるが、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+} 負荷量との関係を示す。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%でも鉄バクテリアの活性が低下しないことがわかり、「回転円板は負荷に強い」という定説が実証された。

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き、グルコースを利用して増殖し菌数は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。

おわりに 本研究は東北大学大学院の中村寛治君との共同研究である。今後は低温での連続実験を行ない、温度の影響を検討する予定である。

参考文献 1) 日本水道コンサルタント技術資料「回転円板法設計の手引」

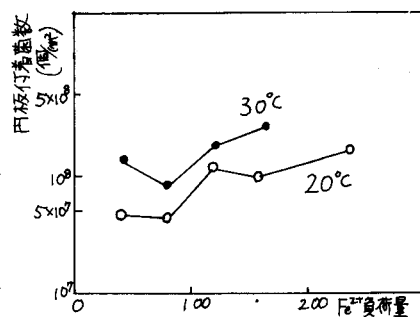


図4 付着菌数と Fe^{2+} 負荷量

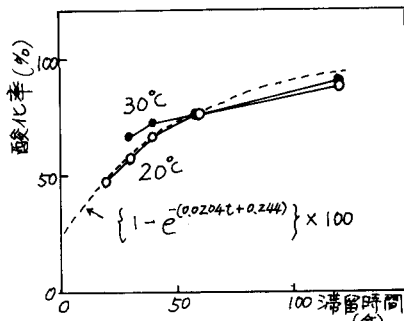


図5 酸化率と滞留時間

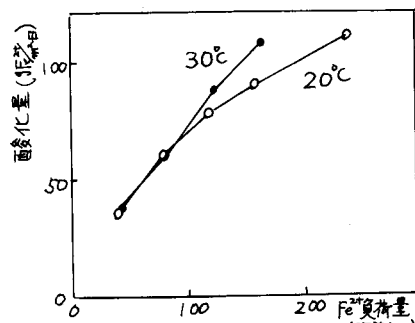


図6 酸化量と Fe^{2+} 負荷量

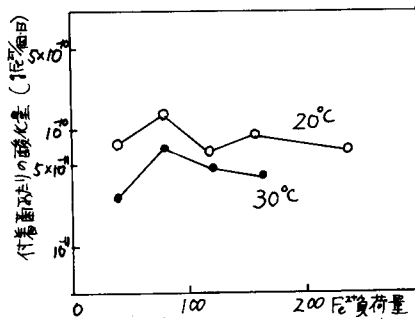


図7 付着菌あたりの酸化量と Fe^{2+} 負荷量