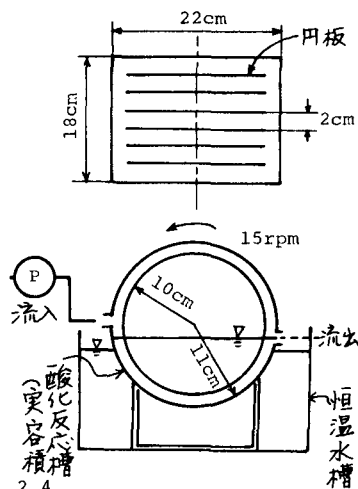


鉄酸化バクテリアによる第1鉄酸化におよぼす第1鉄濃度の影響

東北大学工学部 学生員 〇中村寛治
東北大学工学部 正会員 松本順一郎
東北大学工学部 正会員 野池孝也

1. はじめに 鉄酸化バクテリアは硫酸鉄を含む鉱山地域に生息する好気性細菌で、鉱山から排出される含鉄排水中の第1鉄を第2鉄に酸化して増殖エネルギーを得ている。大きさはおよそ $0.5 \times 1.0 \mu\text{m}$ の桿菌で、最適pHは2.5~3.5、最適水温は25~35℃の範囲にある。現在、鉄酸化バクテリアのこの第1鉄酸化作用を利用して含鉄排水中の第1鉄を第2鉄に酸化し、その後炭酸カルシウムにより中和処理する方法が岩手県の松尾鉱山跡で行なわれている。鉄酸化バクテリアに関する研究は従来から数多く発表されているが、回分実験によるものが多く、連続実験による研究はほとんど見当たらない。本研究では鉄酸化バクテリアが自然界で受ける様々な環境因子のうち第1鉄濃度を取り上げ、鉄酸化バクテリアの第1鉄酸化作用におよぼす流入第1鉄濃度の影響を回転円板装置を用いた連続実験により検討を行なった。

2. 実験装置および方法 回転円板装置は図-1に示す通りである。鉄酸化バクテリアは岩手県の松尾鉱山跡と流れる赤川(北上川2次支流)より採取したもの、9K培地により水温20℃で通気培養してきたものを使用した。まず酸化反応槽内に9K培地中の第1鉄を酸化し終った鉄酸化バクテリアの菌溶液を入れ、これに9K培地を加えて回分状態の約1週間おとした。こうしてある程度鉄酸化バクテリアを円板表面に付着させた後、基質を連続的に供給した。一例として流入第1鉄濃度500mg/lの場合の基質組成を表-1に示す。他の第1鉄濃度においては表-1に示した各々の成分の割合を変えず、つまり第1鉄濃度を1000mg/lに増大させた場合は他の成分の濃度も2倍にするという方法で基質を調整した。回転円板は2系列運転し、1系列は流入第1鉄濃度125mg/lから開始し、定常値が得られた後250mg/lに上昇させ、その後500、1000mg/lと流入第1鉄濃度を徐々に上昇させた。そして他の1系列は流入第1鉄濃度1000mg/lより開始し、2000、4000mg/lと徐々に第1鉄濃度を上昇させた。滞留時間は30、60、120minの3段階に変化させ、水温は20℃、流入pHは2.3に設定した。分析項目は第1鉄、全鉄、pH、細菌数で、第1鉄はJIS K0102 KMnO_4 法、全鉄は原子吸光度計、pHはpHメーター、細菌数は相差顕微鏡600倍下でThomaの血球計算盤と使用して直接カウントした。



1) 図-1 回転円板装置

3. 実験結果および考察

3-1. 第1鉄酸化率について 滞留時間30、60、120minと水量負荷に直すと、この装置の場合、各々約80、160、320 $\text{l/m}^2\text{d}$ となる。流入第1鉄濃度と第1鉄酸化率の関係を各水量負荷ごとにまとめたものを図-2に示す。水量負荷が80 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系では流入第1鉄濃度が1000mg/lまでは第1鉄酸化率は約90%で安定していたが、これを越えると第1鉄酸化率は低下した。同様に水量負荷が160 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系では第1鉄濃度が500mg/lまでは酸化率が約80%で安定していたが、これを越えると低下、320 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系でも500mg/lまでは酸化率が約65

表-1 基質組成(1l中)

Components	Amount
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	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 ml

%で安定していたがこれを越えたと低下した。ここで第1鉄酸比率が安定した範囲における最大の第1鉄負荷量は水量負荷が80、160 $\text{l/m}^2\text{d}$ で80 $\text{gFe}^{2+}/\text{m}^2\text{d}$ 、320 $\text{l/m}^2\text{d}$ で160 $\text{gFe}^{2+}/\text{m}^2\text{d}$ となり、第1鉄負荷量が100 $\text{gFe}^{2+}/\text{m}^2\text{d}$ 前後を越えたと著しく酸比率が低下しおこることが考察できる。

また第1鉄濃度を125から250 mg/l 、250から500 mg/l 、500から1000 mg/l と上昇させた場合の24hr後の第1鉄酸比率の変化を表-2に示す。水量負荷が80、160 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系では第1鉄濃度が上昇しても酸比率はほとんど変化を示さなかった。水量負荷が320 $\text{l/m}^2\text{d}$ に増大すると流入第1鉄濃度が500から1000 mg/l に上昇した場合、酸比率の変化は-7.6%と他の場合に比較して若干低下の傾向を示した。しかしこれらの濃度における定常期での酸比率の差は10%であり、この値を考慮すれば上述の酸比率の低下7.6%はほぼ無きと見做すことができ、急激な第1鉄濃度増大による突発的な酸比率の低下はこの系においても観察されなかった。以上の結果から、回流水法による第1鉄濃度の回流水法による家庭排水の処理同様、負荷の変動に對して非常に強いことがわかった。

3-2. 付着菌について 流入第1鉄濃度と付着菌数の関係を図-3に示す。水量負荷が80 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系では第1鉄濃度が2000 mg/l のところまで、160、320 $\text{l/m}^2\text{d}$ の系では1000 mg/l のところまで付着菌数が増加して一定値に達したが、これらの値はどの系においてもおよそ $3.5 \times 10^9 \text{ cells/cm}^2$ であった。また各々の水量負荷において付着菌数が一定値に達した点と、図-1において酸比率が著しい低下を示した点とよく対応している。このことから回流水法に付着できる菌数には限界があり、これを越えればバクテリアが必要となるような大きな第1鉄負荷がかかる場合に高い酸比率を達成するためにさらに回流水法を増大させて菌数の増大をはかることが必要となってくることを考察できる。

次に流入第1鉄濃度と比酸化速度の関係を図-4に示す。流入第1鉄濃度が高くなると比酸化速度がこゝに降って低下しているが、これは第1鉄濃度の増大と共に増加する付着菌数に原因があると考えられる。つまり回流水法で付着菌数が増加するとそれに伴ってバクテリア1 cell当たり基質に接触する機会が多くなり、このため比酸化速度が低下するのであろう。このことは比酸化速度の低下が付着菌数が一定に達した所に止まり、その後付着菌数に對応するように一定値をとりつづけていることから裏づけられる。

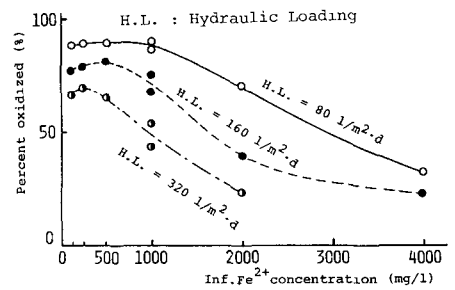


図-2 流入第1鉄濃度と第1鉄酸比率の関係

表-2 第1鉄濃度を変化させた場合の酸比率の変化

	第1鉄濃度 変化する 範囲(%)	第1鉄濃度 変化した後の 濃度(%)	流入第1鉄濃度の 変化(mg/l)	第1鉄酸比率 の変化(%)
HL=80 ($\text{l/m}^2\text{d}$)	88.5	89.5	125 → 250	+1.0
	89.5	90.5	250 → 500	+1.0
	90.1	89.7	500 → 1000	-0.4
HL=160 ($\text{l/m}^2\text{d}$)	77.1	79.8	125 → 250	+2.7
	79.1	81.2	250 → 500	+1.4
	78.6	75.6	500 → 1000	-3.0
HL=320 ($\text{l/m}^2\text{d}$)	68.6	71.3	125 → 250	+2.7
	67.7	65.5	250 → 500	-2.2
	60.4	52.8	500 → 1000	-7.6

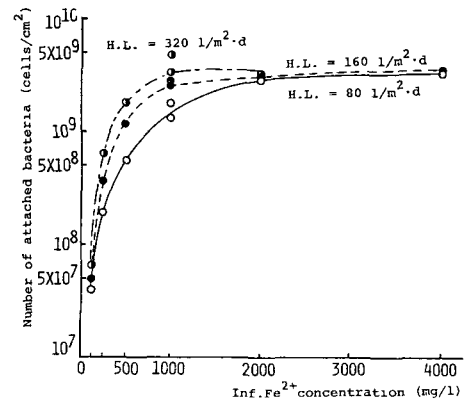


図-3 流入第1鉄濃度と付着菌数の関係

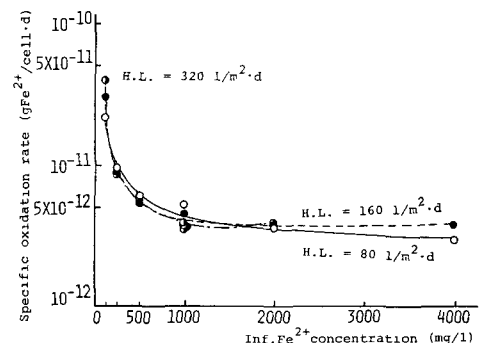


図-4 流入第1鉄濃度と比酸化速度の関係