

II-110 鉄酸化バクテリアの第1鉄酸化作用に及ぼす温度の影響

東北大学工学部 学生員 ○中村 竜治
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 重也

1. はじめに 鉄酸化バクテリアは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鉱山排水中の第1鉄を第2鉄に酸化して増殖エネルギーを得、カルベン回路により空気中の CO_2 を固定している。下まさいおよそ $0.5 \times 1.0 \text{ m}$ の様面で、最面 pH は 2.5 ~ 3.5、最面水温は 25 ~ 35 °C 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鉱山排水中の第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も多く、連続実験による研究はほとんどない。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、温度を取り上げ、鉄酸化バクテリアの第1鉄酸化作用に及ぼす温度の影響と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次支川)より採取したもので、9 K 培地により水温 30 °C で通気培養してきたものを使用した。まず酸に反応槽内に 9 K 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、これを 9 K 培地と混ぜて回分状態に約1週間馴らした。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、表-1に示す基質と連続的に供給した。実験は水温 30 °C の条件から始め、30 °C での第1鉄酸化率の定常値が得られた後、次の温度段階の 20 °C に温度を下げ、そのときの状態で回転円板を約1週間運転して、そこから再び定常値が得られるまで分析を続けた。温度は、30 °C → 20 °C → 15 °C → 10 °C → 5 °C の順序で行ない、上記の操作をくり返した。また滞留時間と温度段階を、30 分、60 分、120 分の3つの滞留時間と設定した。回転円板装置はカバーを取り付け、水温と気温の差を少なくし、分析項目は第1鉄、全鉄、pH、細菌数で、第1鉄は I S K O I O 2 K M n O 4 法、全鉄は原子吸光光度計、pH は pH メーター、細菌数は相対顕微鏡 60 倍で Thomas の血球計算盤を用いて測定した。

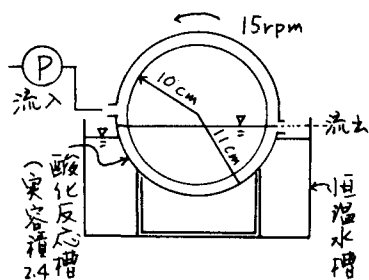
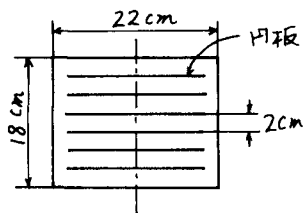


表-1 基質組成 (1 l 中)

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
10 N H_2SO_4	0.7 ml
水道水で調整	

3. 実験結果および考察

3-1. 円板表面の付着物について 回分状態である程度うすうす鉄の沈着物がつき、その後の基質の連続供給により徐々に沈着物が円板表面についていた。鉄の沈着物に酸化率の上昇と区に大きくなり、定常期には円板表面に付いた沈着物は下層-こけ茶色の沈着物、中層-黄土色の沈着物、上層-粘質物、というようにほぼ3層に分れた。これは 0.1 mm の厚さで行なった現場実験の結果と一致する。下層は非常に固く結晶質となっており、中層は下層ほど固くおこすことができず、容易に取れる程度に沈着していた。上層の粘質物は先に発表しているグルコースを添加した実験の際に現れた粘質物と同じものであった。円板表面の鉄酸化バクテリアはこの層のうち上層と中層に数多く分布しているのといふ

かと思われいる。

3-2. 第1鉄酸化率について 滞留時間と第1鉄酸化率の関係を温度段階ごとにまとめた図を図-2に示す。どの温度でも滞留時間の増加に伴い、酸化率は上昇した。また酸化率は120分の滞留時間でほとんど温度による影響を受けず、60分の滞留時間では5℃において若干低下。そして30分の滞留時間では温度の低下に伴って徐々に低下した。最も温度の影響が現れた30分の滞留時間での30℃と5℃での酸化率の違いは約15%であった。先に行なった実験では各温度段階ごとに異なる回数板面に付着したバクテリアを付着させて、その後連続的に基質を供給する操作を行なった。この場合10℃では板表面への鉄の沈着の速度が酸化率よりも上昇を示す。1ヶ月以上連続しても酸化率は10%を越えなかった。つまり低温で板面と連続する際は、より高温の状態での酸化率を上昇させ、鉄の沈着物の板表面に付着した後に低温で連続するという操作が必要になってくる。そして今回の実験結果から回収用板法を用いた鉄山排水中の第1鉄酸化は低温域においてもかなりの酸化能力を維持できることが明らかとなった。

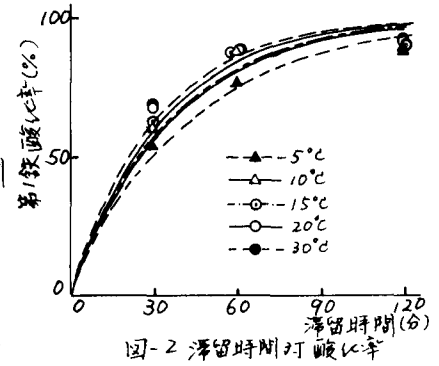


図-2 滞留時間対酸化率

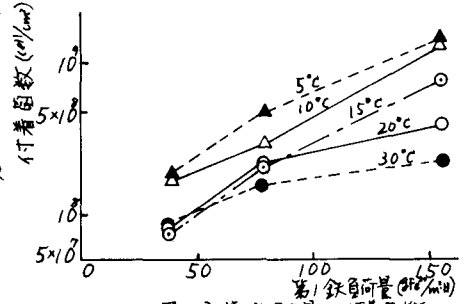


図-3 第1鉄自重量対付着菌数

3-3. 付着菌について 回収用板装置内には浮遊菌と付着菌が存在するが、浮遊菌の数は付着菌に比べて極めて少なく、酸化反応槽内での第1鉄酸化はほとんどすべて付着菌によって行なわれると考えられる。第1鉄自重量と付着菌数の関係を図-3に示す。この図によるとどの温度段階でも第1鉄自重量の増加に伴って付着菌数が増加することがよく表われている。また、温度の低下に伴って付着菌数が増加し、第1鉄自重量が7/60 mg/m²の場合、5℃における付着菌数は30℃におけるそれより、約10倍も多くなっている。次に温度と酸化速度の関係を図-4に示す。この図によると、滞留時間が長い120分、60分では酸化速度は30℃から15℃までほとんど変化せず、15℃以下になると急に低下している。滞留時間が一番短い30分では酸化速度の低下が30℃から20℃の間にも表われており、20℃から10℃の間では最も著しい。著者らに鉄酸化バクテリアの低温で第1鉄酸化が著しく低下し、その境界域が15℃付近にあることを先記発表しているが、今回の実験でもこれと裏づけるような結果が得られた。つまり、鉄酸化バクテリアの低温域では第1鉄酸化が著しく低下するが、温度の低下に伴って板表面上で菌数が増加するため、図-2に示した通り低温でもかなりの第1鉄酸化率を維持できることが今回の実験結果から考察できる。

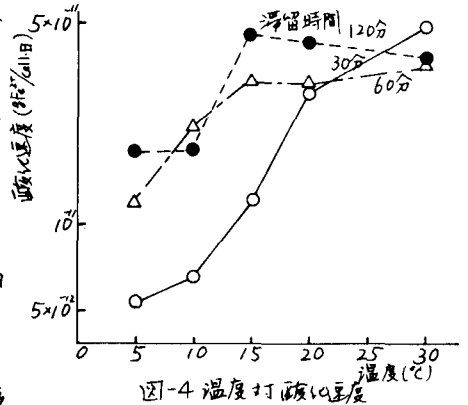


図-4 温度対酸化速度

4. おわりに 今回の実験では低温域での鉄酸化バクテリアの第1鉄酸化と回収用板を用いて行うことが十分可能であるという結果を得た。今後はこの温度域とさらに高温域でも実験を行うつもりである。

- 〈参考文献〉 1) Olem and Unz : J. WPCF., Vol. 52, 2, (1980), pp 257~269
2) 野池, 中村: 第35回工学会年報, (1980), pp 670~671
3) 野池, 中村: 第17回衛生工学研究討論会, (1981), pp 108~113