

## 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 正会員 野池達也

東北大学工学部 学生員 O中村寛治

東北大学工学部 学生員 神登進

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、カルビン回路により空気中のCO<sub>2</sub>を固定している。大きさはおよそ0.5×1.0μm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されていない。本研究で鉄酸化バクテリアが自然界で影響を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鉄酸化作用におよぼす温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を流れる赤川(北上川支流)より採取したもので、9K培地により水温30℃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、ここに9K培地を加えて回分状態での約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、表-1に示す基質を連続的に供給した。実験水温30℃の条件から始め、30℃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℃に温度を下げてそのまま連続状態で回転円板を約1週間運転して、それから再び定常値が得られるまで分析を続けた。温度は、30℃→20℃→15℃→10℃→5℃の順序で行い、上記の操作をくり返した。また滞留時間は各温度段階で30分、60分、120分の3つの滞留時間を設定した。回転円板装置はカバーを取り付け、水温と気温の差が小さいことを防いだ。分析項目は第1鉄、全鉄、pH、細菌数で、第1鉄はJIS K 0102 KMnO<sub>4</sub>法、全鉄は原子吸光度計、pHはpHメーター、細菌数は位相差顕微鏡600倍でThomaの面積計算盤を用いて測定した。

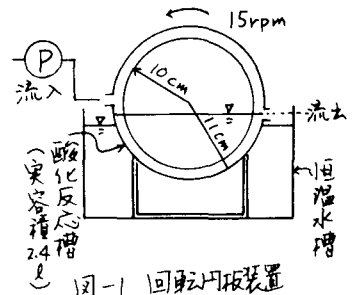
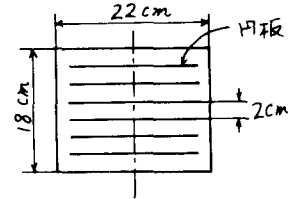


表-1 基質組成(1ℓ中)

| 成 分                                             | 量                                    |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O            | 2.5 g<br>(Fe <sup>2+</sup> =500mg/l) |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 150 mg                               |
| MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O            | 25 mg                                |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                 | 25 mg                                |
| KCl                                             | 5 mg                                 |
| Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 0.5 mg                               |
| 10N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>              | 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と鉄の沈着物がつき、その後の基質の連続供給により徐々に沈着物の円板表面についていった。鉄の沈着物は酸化率の上昇と共にだんだん定常値に近づいた。円板表面について付着物は、下層-こげ茶色の沈着物、中層-黄褐色の沈着物、上層-粘質物、というように3層に分かれた。これはOlemらが行った現場実験の結果と一致する。下層は非常に固い結晶質となっており、中層は下層ほど固くなくつまみかきでかいても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<sup>2)</sup>したグルコースを添加した実験の時に、沈めた粘質物と同じものであった。この粘質物は基質に4つがに存在する有機炭素を利用して増殖したものと思われる。円板

表面の鉄腐食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ではないと思われる。

3-2. 第1鉄腐化率について 滞留時間と第1鉄腐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って腐化率は上昇した。また腐化率は120分の滞留時間では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℃での腐化率の違いは約15%であった。先に行った実験で各温度段階ごとにまず回分状態で円板表面にある程度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ったが、この場合10℃では円板表面への鉄の沈積が緩慢で腐化率はほとんど上昇を示さず、1ヶ月以上連続しても腐化率は10%を越えなかった。つまり低温で円板を連続する際は、まず高温の状態で腐化率を上昇させ、鉄の沈積物の円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転円板法を用いた鉄山排水中の第1鉄腐化に低温域においてかなりの腐食能力を維持できることが明らかとなった。

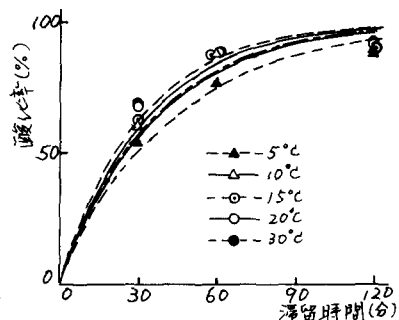


図-2 滞留時間対腐化率

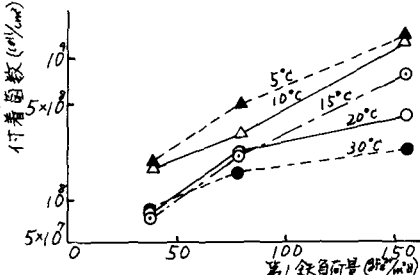


図-3 第1鉄負荷量対付着菌数

3-3. 付着菌について 回転円板装置内には浮遊菌と付着菌が存在するが、浮遊菌の数が付着菌に比べて極めて少なく、腐食反応増進剤での第1鉄腐化はほとんどすべて付着菌によって行われたと考えられる。第1鉄負荷量と付着菌の関係を図-3に示す。この図によるとどの温度段階でも第1鉄負荷量の増加に伴って付着菌数の増加が認められる。また温度が低下するにつれて付着菌数が増加し、第1鉄負荷量が約160 gFe/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。

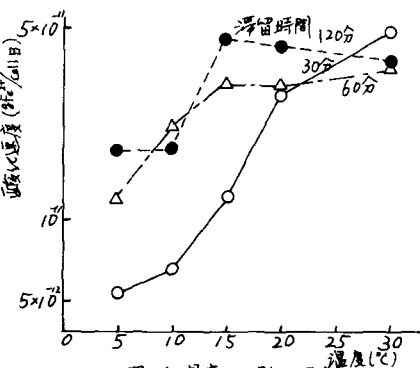


図-4 温度対腐食速度

次に温度と腐食速度の関係を図-4に示す。この図によると滞留時間が長い120分、60分では腐食速度は30℃から15℃までほぼほとんど変化せず、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分では腐食速度の低下が30℃から20℃の間でも表われており、20℃から10℃の間でこれが著しい。著者らは鉄腐食バクテリアは低温で第1鉄腐食活性が著しく低下し、その境界域が15℃付近にあることを先に発表しているが、今回の実験でもこれを裏付けるような結果が得られた。つまり、鉄腐食バクテリアは低温域では第1鉄腐食活性が著しく低下するが、温度の低下に伴って円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鉄腐食能力を維持できることがこれまでの実験結果から推察できる。

4. おわりに 今回の実験で低温域での鉄腐食バクテリアの第1鉄腐食を回転円板法を用いて行うことが十分可能であるという結果を得たが、今後はこの温度域をさらに拡大し、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回土木学会年講, (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