

II-533

バクテリアリーチングに及ぼす
pHの影響東北大学工学部 ○足利伸行
野池達也

1. はじめに

Thiobacillus ferrooxidans や *Thiobacillus thiooxidans* は酸に対する耐性の強い菌で、かなりの強酸性中で増殖する。これら細菌の増殖や金属の溶出に及ぼす pH の影響についてはこれまで多くの研究がなされているが、バクテリアの活動により生成される硫酸などにより実験中に反応槽内の環境が変化するために、初期 pH の影響は数多くされているものの、pH 変化の影響を防ぐために短時間の実験しか行なわれていない。しかし、自然環境下で酸性水の生成原因として発生するバクテリアリーチングは、中性域の河川水が硫化鉱石床に流入することによって長期的にリーチングが発生し、この現象は一般の土木工事の排水においても強酸性水の生成が起これるという事を現わしている。よって本研究では、強酸性排水の発生のメカニズムを解明し、強酸性鉱山排水の生成原因であるバクテリアリーチングの発生限界を求め、また停止させることを目的として、初期 pH による長期的な鉄酸化バクテリアのリーチング活性と pH ショック、およびコントロールしたときのリーチング活性に対する pH の影響を調べた。

2. 実験材料および方法

2.1 実験材料 本研究で用いた鉄酸化バクテリアは、岩手県の松尾鉱山跡にある旧松尾鉱山新中和処理施設のバクテリア回収槽から採取したものを 9 K 培地（pH=2.0）で植え継ぎ培養してきたものを用いた。鉄酸化バクテリアは、9 K 培地中の第一鉄が約 90% 酸化されたとき収穫され、直ちに実験に使用した。鉱石は、日鉱探開（K・K）から入手した硫化鉄鉱で、これを 200 メッシュパスに粉砕した後 1N-HCl で酸溶解性の鉄を除去し、蒸留水で十分に洗浄して乾燥させたものを 10 g ずつ 500 ml の坂口フラスコに入れ 120℃、30 分間乾熱滅菌したものを用いた。

2.2 実験方法 9 K 培地から第一鉄を除いたもの 380 ml に菌懸濁液 20 ml を加え、表-1 に示す実験条件になるように H_2SO_4 または NaOH で pH を調整し、これを前述の坂口フラスコに加えた。このようにして用意したフラスコを振盪培養槽に入れ、30℃、振盪回数 110 回/分で実験を行なった。また pH コントロールした実験では、前述のように用意したフラスコを 6 時間おきに NaOH で pH を調整した。

表-1 実験条件

No	初期 pH	No	初期 pH
Run 1	1.0	Run 4	5.5
Run 2	2.5	Run 5	7.0
Run 3	4.0	Run 6	8.5

3. 結果および考察

1) **初期 pH の影響** 図-1 に pH の経時変化を示す。これによると pH を調節した培地がパイライトと急激に反応して pH が低下し、その後も Run 3 ~ Run 5 は pH が低下する。約 47 時間後には Run 3 ~ Run 5 は pH=3.1 ~ 3.2 となり鉄酸化バクテリアの最適 pH の pH=2.5 ~ 3.5 の範囲内になった。しかし Run 1 と Run 2 はほとんど変化しなかった。続いて 148 時間後には Run 3 ~ Run 5 は pH=2.5 ~ 2.7 になったので、フラスコ内容物を取り出して pH を調整した。その結果、pH を調整した Run 3 ~ Run 6 の各系とも pH の低下は鈍くなり、24 時間で 1.2 ~ 1.8 と始めの約半分になった。

図-2 に全鉄の浸出量を示す。これによると Run 1 からはほとんど鉄は溶出せず溶解性の鉄の 87 ~ 100% が第一鉄として存在している。これは pH が低過ぎるために菌が絶えられなかったためであると思われる。また Run 6 もほとんど鉄は浸出していないが、これは Run 1 と反対に、pH が高過ぎるために菌の活動が停止しているためと思われる。しかしパイライトの自然酸化により pH は低下しているので、長期的にはリーチングの発生する恐れは十分にあると思われる。Run 2 ~ Run 5 では、パイライトからの鉄の溶出が認められ、また第一鉄の蓄積も見られないことから鉄酸化バクテリアによるリーチングが順調に行なわれていると思われるが、pH が高くなるほど lag が長くなり、浸出速度や浸出量が少なくなる。

2) pHの影響 表-2に240時間のpHの平均および標準偏差を示す。この結果より、目標値よりやや低かったがpHを±0.5の範囲内にコントロールできた。図-3にpHに対する全鉄の浸出量を示す。これによるとpHをコントロールしている間はRun 2以外の鉄の浸出は見られなかった。pHコントロール終了時の酸溶解性鉄濃度は、Run 2に対してRun 3～Run 6ではほとんど酸溶解性鉄は存在せず、pH=4以上では鉄の溶出はほとんど抑えられた。また、pHコントロール終了後、Run 3～Run 5では、pHの低下に伴って鉄が溶出する。図-4にpHに対する硫酸の浸出量を示す。これによると始めの二日間で若干の硫酸イオンが増加するものの、Run 1およびRun 4～Run 6ではほとんど変化がなかった。またRun 2, Run 3については、pHコントロールしている間ではRun 2よりRun 3の方がやや浸出量が多い。また、pHコントロール終了後には、Run 4とRun 5も硫酸の浸出が認められた。しかしRun 1及びRun 6についてはpHコントロール中及びコントロール終了後供にほとんど硫酸は浸出しなかった。これらpHに対する鉄と硫酸の浸出量の結果より、pH=2.5付近ではThiobacillus ferrooxidansの作用によるリーチングが優先的に起こり、pH=4.0の付近では、鉄に浸出がほとんどないにもかかわらず硫酸の浸出が活発に起きていることからThiobacillus thiooxidansによるリーチングが優先的になっていると思われる。これは、Thiobacillus-thiooxidansとThiobacillus ferrooxidansの最適pHの差(Thiobacillus thiooxidans: 3.0～4.0, Thiobacillus ferrooxidans: 2.5～3.5)などからも裏付けられる。また、Run 3, Run 4においてpHコントロール後の鉄の溶出量が高まったのも、Thiobacillus thiooxidansによるリーチング作用によりパイライトの構造が崩されたために金属成分が溶出しやすくなったためであると思われる。

4. まとめ

- ① pH=8.5まで上昇させるとバクテリアリーチングは完全に停止する。しかし自然酸化により徐々にpHは低下する。その結果、長期的に見ればバクテリアリーチングが発生するおそれはあると思われる。
- ② pH=5.5以上にコントロールした場合、鉄及び硫酸の溶出は起こらない。
- ③ pH=4.0にコントロールした系では、鉄の溶出は見られないが硫酸の浸出は盛んに行なわれ、これはThiobacillus thiooxidansによるリーチングが発生したためと思われる。

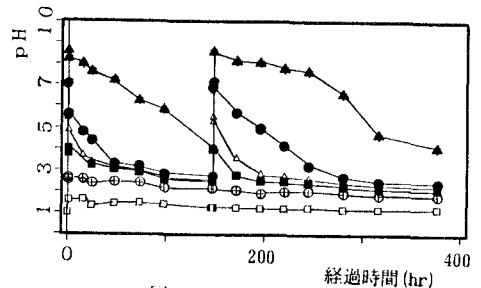


図-1 pHの経時変化
□ Run 1 ○ Run 2 ■ Run 3 △ Run 4 ● Run 5 ▲ Run 6

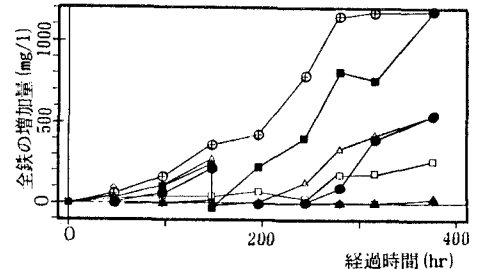


図-2 全鉄の増加量の経時変化
□ Run 1 ○ Run 2 ■ Run 3 △ Run 4 ● Run 5 ▲ Run 6

表-2 pHの平均と標準偏差

	平均	標準偏差		平均	標準偏差
Run 1	1.03	0.02	Run 4	5.10	0.25
Run 2	2.33	0.00	Run 5	6.72	0.28
Run 3	0.79	0.18	Run 6	8.38	0.01

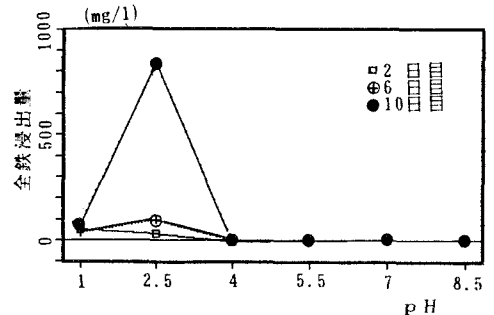


図-3 pHに対する全鉄浸出量

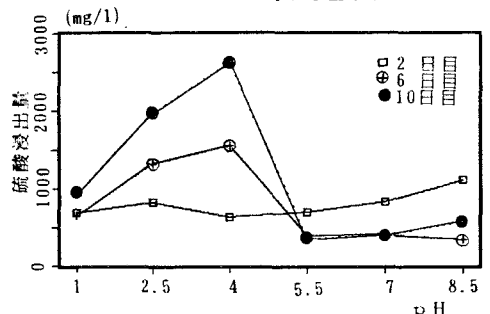


図-4 pHに対する硫酸浸出量