

# 地すべり防止のための鉄バクテリア除去技術に関する実験的研究

長野高専 学生会員 ○米山 航  
正会員 畠 俊郎

## 1. はじめに

近年、集中豪雨などにより各地で地すべりが発生している。その原因の一つに山の地下水を排水する管路の閉塞によるものがある。その閉塞を引き起こす要因として、鉄バクテリアが挙げられる。

現在、管路の閉塞を除去するために人の手で清掃しているが、時間とコストの面で課題とされているため、省力化技術として銅の殺菌効果に着目した検討を進めている。本文では、銅により鉄バクテリアによる管路の閉塞を抑制することを目的として実施した2種類の室内試験結果を報告する。

## 2. 試験の概要

### 2-1. 銅イオンによる殺菌効果の検証

河川や溜池から採取した環境水に殺菌効果が期待される銅イオンを添加し、菌数の変化をもとに最適な銅イオンの濃度を明らかにする。本実験では銅イオン濃度を0,0.25,0.5,1ppmの4段階にして30℃の温度で7日間培養して0,3,7日目にそれぞれの菌数を求めることとした。なお、微生物数の計測には標準寒天培地によるコロニーカウント法を用いた。

本実験で用いた標準寒天培地の組成を表-1に示す。標準寒天培地は全ての試薬を混合した後にオートクレーブで121℃×15分で滅菌し、無菌条件で作成する。

表-1 標準寒天培地

試薬名	試薬量	単位
ペプトン	1	g
粉末酵母エキス	0.5	g
ブドウ糖	0.2	g
粉末寒天	3	g
純水	200	ml

### 2-2. 循環試験による鉄の溶解量と析出量の測定

最適な銅の濃度を殺菌効果検証試験の結果から0.5ppmとし、鉄の析出量・溶解量比較を目的とした循環試験を実施した。循環試験の手順を以下に示す。

- 1) 鉄酸化細菌培地に校内の溜池から採取した環境水を添加し、30℃×120rpmの条件で鉄バクテリア（鉄酸化細菌）を培養する。
- 2) 培養した鉄バクテリアを河川水と混合し排水管を模したアクリルパイプに鉄が析出するまで循環させる(写真-1)。なお、試験は常温で行う。
- 3) アクリルパイプ内に析出した鉄をスパチュラで回収し、乾燥後に電子天秤で秤量する。
- 4) 期間中毎日採取したサンプルを対象とし、フレイム原子吸光光度法により鉄濃度の測定を行う。
- 5) サンプル水に含まれる生菌数を標準寒天培地によるコロニーカウント法で求める。

なお、試験は銅イオン無添加（銅なし）と、銅イオン濃度0.5ppm（銅あり）の2ケースとし、それぞれ鉄析出量および菌数について比較することとした。

1)に示す鉄酸化細菌培地の組成を表-2に示す。全ての試薬を混合した後にオートクレーブで121℃×15分で滅菌し、無菌条件で溜池の水を添加する。

表-2 鉄酸化細菌培地

試薬名	試薬量	単位
硫酸鉄(II)七水和物	4	g
リン酸二カリウム	0.05	g
硫酸アンモニウム	0.3	g
塩化カリウム	0.01	g
硫酸マグネシウム	0.024	g
硝酸カルシウム四水和物	0.001	g
純水	100	ml

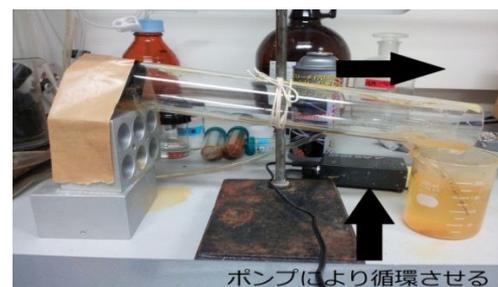


写真-1 循環試験の様子

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1 銅イオンによる殺菌効果の検証

コロニーカウント法による生菌数の推移を図-1に示す。初期は銅イオン濃度 0.5ppm にのみ菌が確認されたが 3 日目には全てのケースで菌数が増加し、7 日目には 0 および 0.5ppm のサンプルで菌が最も少なくなった。この結果から銅イオン濃度 0.5ppm とした場合に最も高い殺菌効果が期待できると考えられる。しかしながら、最終的に 0ppm と 0.5ppm の菌数がほぼ同じとなったことから、銅イオンの影響を受けずに生育可能な菌の存在が考えられる。

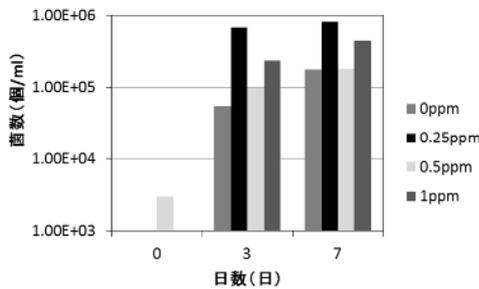


図-1 菌数と日数のグラフ

#### 3-2 循環試験による鉄の溶解量と析出量の測定

図-2に銅イオンの有無が鉄の溶解量に与える影響について検討した結果を示す。鉄溶解量の算定式を式-1に示す。また、銅ありとなしで鉄溶解量を比較し、その比率を式-2で求めた。結果を図-2に示す。

$$\text{鉄溶解量(mg)} = \text{鉄濃度(ppm)} \times \text{水溶液(L)} \quad (\text{式-1})$$

$$\text{溶解鉄の差の比率} = \frac{\text{銅ありなしにおける鉄溶解量の差}}{\text{銅なしにおける鉄溶解量}} \times 100 \quad (\text{式-2})$$

あわせて、実際に回収したサンプルを用いて秤量した鉄析出量の差を表-3に示す。なお、表中には計算値の差もあわせて示した。

図-2より銅なしに対して銅ありは最終的に5%近く鉄が多く溶けており、平均して10%の差で推移した。銅ありとなしで計算値と実測値の差が26%となった。銅ありのほうが溶けている鉄の量が多く、析出量が少ないことが明らかとなった。計算値と実測値の差が大きい原因としては鉄以外の物質が析出しているなどが考えられる。

試験期間中の生菌数の推移を図-3に示す。試験開始から3日目には銅ありは銅なしよりも菌数が多く

なっているが、5日目には銅ありのほうで菌数が少なくなっているため殺菌効果が表れていると考えられる。以上の結果より、銅イオンには鉄バクテリアを抑制する効果が期待できることが明らかとなった。

表-3 鉄の量の差

	銅あり	銅なし	差
計算値	14.2mg	13.5mg	5%
実測値	1.9mg	2.5mg	31%

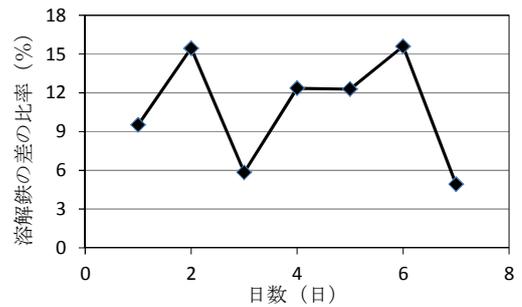


図-2 鉄の量のグラフ(計算値)

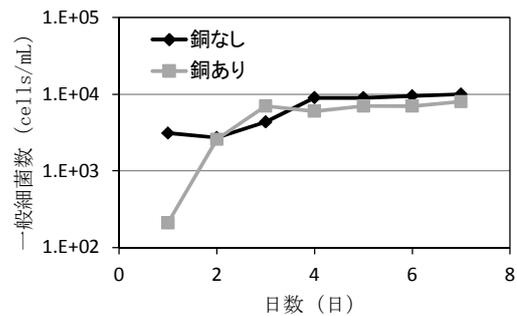


図-3 循環試験における菌数

### 4. まとめ及び今後の予定

本実験で得られた知見を以下に示す。

- 銅の濃度については、今回実施の4ケースでは0.5ppmが最も殺菌効果があると考えられる。
- 環境水に銅イオンを添加することで鉄の析出量が少なくなり、菌数が若干ではあるが減少する。

以上より、銅イオンには鉄バクテリアを抑制する効果があると考えられ、排水管の目詰まりを抑制する効果が期待できることが明らかとなった。今回実施した実験では析出した鉄の量が0.6mgと少ないため、試験装置の規模を大きくして実規模に近い条件での追試験の実施を予定している。あわせて、今回の実験では校内の溜池由来の鉄酸化細菌を使用しているが、追試験では実際に現場から鉄バクテリアスライムを採取するなどしてより現地に近い状態で鉄バクテリアの抑制効果を検証していきたい。