

不織布を利用した微生物による鉄汚染地下水浄化の実験的研究

岐阜大学工学部 片山 卓 ・ 正会員 佐藤 健, 橋本 洋平

1. はじめに

環境問題が深刻化する昨今, 森林面積が県土の8割を占める岐阜県において伐採雑木の有効利用が注目されており, 伐採雑木を現場でチップ化し再利用する技術が研究されている¹⁾. それに関連して, 今回木質チップ堆肥化の過程で発生する浸出水による地下水汚染に着目した. そこでこの地下水汚染が問題となっている岐阜県関市上之保の木質チップ堆積場において, 浸出水中に溶解した鉄を除去し, 微生物を利用した省エネ・資源循環型の水質浄化装置の開発を目的とする研究を進めていく.

2. 微生物の性質と不織布の機能

本研究で対象となる微生物は, 鉄バクテリアと呼ばれる好気性の細菌で, 地下水中に溶存する鉄を酸化して不溶性の水酸化第二鉄とし, フロックとして沈殿する機能をもった一群のバクテリアである²⁾. この性質を利用して, 鉄濃度の高い原水を水質改善する方法が注目されている³⁾. 鉄バクテリアによる除鉄は生物学的な過程のみを必要とし, 化学薬品を用いる必要がないため環境負荷が少なく, 凝集・沈殿施設が不要であり, 装置のコストが安価である. また, 操作が容易で特別な技術を必要としないという利点がある. それに加えて本研究では, 不織布を微生物の担体として用いることにより鉄バクテリアの繁殖を促し, 同時にフロックの吸着材としての機能を持たせ, より高い除鉄効果を得ることを狙いとした.

3. 実験方法

実験装置の概要を図-1に示す. ステンレス製の除鉄装置(横幅 70 cm, 奥行き 50 cm, 高さ 94 cm)とタンク(容量 200 L)に現地の地下水を入れ, タンク内の水をモーターポンプで吸い上げ除鉄装置に送り込み, 一定量貯まると再びタンクへと通水するようにして流速一定で地下水を循環させた. 除鉄装置内には格子状に取り付けたポリエチレン製の不織布を設置し, そこに鉄バクテリアを繁殖・沈着させ, 72 時間装置を稼動

した後, 除鉄効果を検討した. 専用のヒーターで水温を $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保ち, 除鉄装置とタンクの各水面と通水部(バルブ)に間隔をあけて通水の際に起こる泡水により曝気効果を得る構造とした. 6 時間毎に計 13 回のサンプリングを行い, 不織布の有無や初期鉄濃度の異なる場合について分析し, 比較検討した.

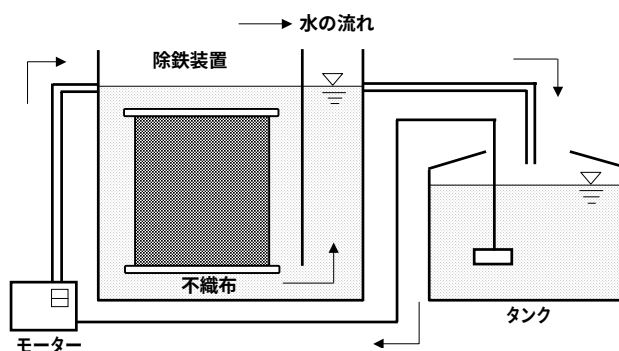


図-1 実験装置と水の循環システム

4. 実験結果

4.1 時間経過と除鉄率の関係

表-1に初期鉄濃度 14.21 mg/L の場合の実験結果を示す. 本研究で用いる除鉄率は,

$$\text{除鉄率}(\%) = \frac{\text{初期濃度} - \text{測定値}}{\text{初期濃度}} \times 100$$

で算出した. 実験開始から 12 時間経過までは鉄濃度は緩やかに低下し, 18 時間の時点で除鉄率は 50% 近くまで上昇した. その後も除鉄効果は継続し実験終了時の 72 時間後には鉄濃度 0.25 mg/L, 除鉄率 98.2% の結果が得られた. また地下水の pH は曝気効果により 6.44 の弱酸性から弱アルカリ性へ移行し, 7.8 付近で一定になった. EC については微少な増減が確認され, 濁度は鉄濃度と同様に減少する傾向にあった.

表-1

時間(h)	PH	EC(mS/m)	濁度(NTU)	鉄濃度(mg/L)	鉄除去率(%)
0	6.44	12.57	408	14.21±0.00	0.0
6	6.97	12.42	177	13.17±1.79	7.3
12	7.27	11.32	160	12.70±0.92	10.6
18	7.47	11.37	133	7.13±0.16	49.8
24	7.68	10.66	106	7.21±0.18	49.2
30	7.74	11.63	88.8	5.14±0.25	63.8
36	7.72	11.40	64.6	3.72±0.01	73.8
42	7.74	11.35	37.9	2.23±0.04	84.3
48	7.72	10.62	18.3	1.42±0.15	90.0
54	7.79	10.30	10.9	0.86±0.02	93.9
60	7.81	10.90	7.49	0.53±0.01	96.3
66	7.84	10.50	5.63	0.37±0.03	97.4
72	7.85	10.92	4.38	0.25±0.00	98.2

4.2 不織布の影響

図-2, 図-3 に不織布の有無における除鉄効果の経時変化を示す。図-2 から, 不織布のある場合は, 初期鉄濃度が不織布のない場合より高いにも関わらず, 実験終了時の鉄濃度が低く, 0 に近似する結果となった。一方, 不織布のない場合においても緩やかではあるが鉄濃度の減少が確認できた。それでも図-3 が示すように, 最終的な除鉄率は 42.8% にしか届かず, この結果から, 不織布を用いることで地下水からの除鉄効果が上昇することが考えられる。

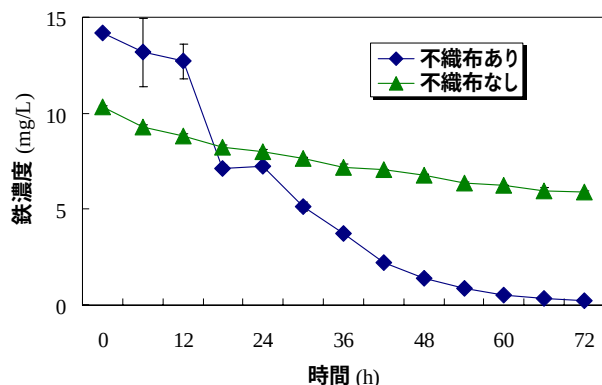


図-2 不織布の有無と鉄濃度の関係

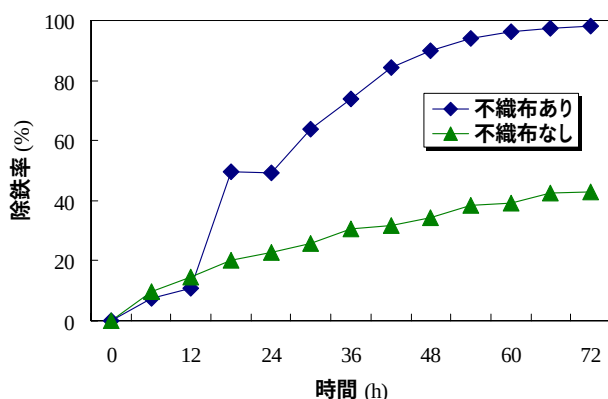


図-3 不織布の有無と除鉄率の関係

4.3 初期鉄濃度の違いと除鉄効果の関係

初期鉄濃度の異なる場合の鉄濃度の経時変化を図-4 に示す。初期鉄濃度が 14.21 mg/L, 9.18 mg/L, 6.98 mg/L で, その他の条件は同一にして実験を行った。鉄濃度 10 mg/L 以下の 2 つの場合では, 実験開始 6 時間で大幅な減少がみられ, 14.21 mg/L の場合では同じような減少が 12 時間から 18 時間の間で確認できた。いずれの場合も 54 時間経過後には鉄濃度 1 mg/L 以下まで減少し, 除去率も 96 % に達した。初期鉄濃度が異なる場合でも, 72 時間で環境基準を十分に下回る除鉄効果が確認できた。

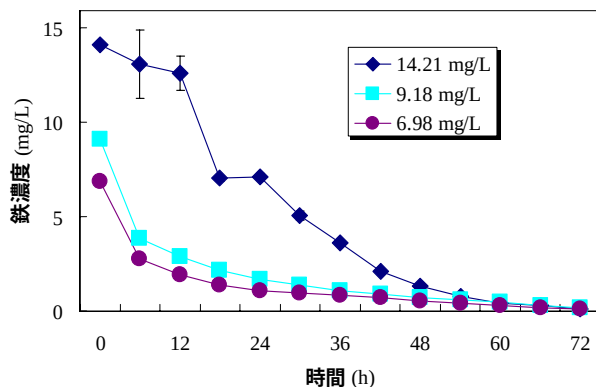


図-4 初期鉄濃度の違いと除鉄効果の関係

4.4 濁度と鉄濃度の相関性について

サンプリングした現地の地下水の水質検査を行ったところ, 濁度と鉄濃度に図-5 に示すような正の相関が見られた。鉄濃度 0-10 mg/L の範囲では, 濁度との正の相関が顕著であり, 濁度の数値から鉄濃度が推測可能であると考えられる。またこの結果から, 水中の浮遊物質が鉄濃度に影響し, 不溶化した鉄がフロックとして沈殿, あるいは不織布に沈着することで鉄濃度が減少している可能性が推察される。

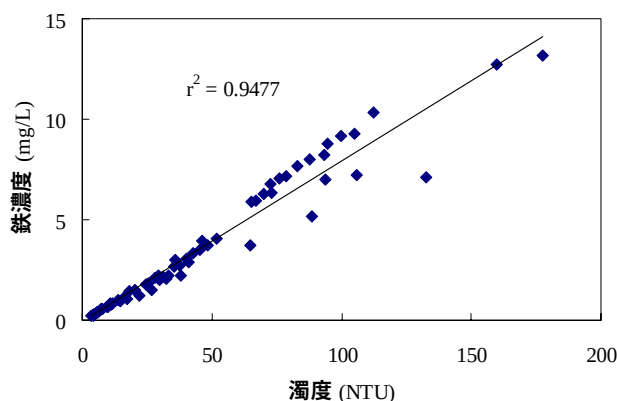


図-5 濁度と鉄濃度の相関

5. まとめ

本研究では, 不織布の導入が鉄の除去効果を高めることが確認できた。今回は実験条件を同一にするため毎回不織布を交換して行ったが, 今後は経済性の検討のため, 不織布の繰り返し利用による除鉄効果への影響について考察し, 水温の温度変化と除鉄効果の関係性についても検証する。

<参考文献>

- 1) 中部森林開発研究会：伐採雑木の多面的活用
- 2) 小島貞男：鉄バクテリアによる除鉄, 用水と排水, Vol.3-10, pp.45-52, 1961
- 3) 村崎友春・川村孝一・大野操・小俣新重郎：鉄バクテリアを利用したろ過池の除鉄効果とその維持管理, pp87-93, こうえいフォーラム第9号, 2001.1