

鉄シアノ錯体の原位置浄化期間の短縮方法に関する基礎的検討

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○高畑 陽
 大成建設(株) 技術センター 正会員 伊藤 雅子
 大成建設(株) 環境本部 正会員 片山 美津瑠
 大成建設(株) 名古屋支店 住 美希恵

1. 目的

シアノ化合物の中で遊離シアンは毒性が強く、微生物分解性が高いことが知られている。遊離シアンは地盤中に鉄分が存在すれば鉄シアノ錯体となり安定化するが、鉄シアノ錯体の解離定数¹⁾は小さいため、いったん鉄シアノ錯体の形態になると遊離シアンに解離しにくく、地盤中での遊離シアンの存在比率は低くなる場合が多い。筆者らは、鉄シアノ錯体を緩やかな遊離シアンへの解離を促進し、原位置バイオレメディエーションの浄化期間を短縮する方法の基礎的な知見を得るため、石炭ガス製造工場跡地の実汚染地下水を用いた室内試験を実施した。

2. 鉄シアノ錯体と遊離シアンの微生物分解速度の違い

石炭ガス製造工場跡地から採取した実汚染地下水(鉄シアノ錯体:約89%, 遊離シアン:約6%)に栄養塩(N:10mg/L, P:2mg/L)を添加して培養した条件での全シアン濃度の半減期は約140日であった。一方、遊離シアンを単一の炭素源とする人工培地²⁾に実汚染地下水を1%添加して培養した条件での全シアン濃度の半減期は約2.4日であり、遊離シアンは地下水中の微生物により速やかに分解されることが示された(図-1)。

3. 過硫酸塩による鉄シアノ錯体の解離

過硫酸塩による鉄シアノ錯体の解離効果を確認するため、0.1 mMのフェリシアン溶液に0.1 mMの塩化鉄(III)を触媒として添加し、終濃度が0, 1, 10mMになるように過硫酸アンモニウムを添加して遮光瓶中で2週間培養を行った。この結果、培養終了時における全シアン濃度に対する遊離シアン存在比率は、過硫酸アンモニウムを1mM添加した条件では約20%, 10mM添加した条件では約80%に達し、硫酸ラジカル反応により鉄シアノ錯体から遊離シアンへの解離が促進されることが示された(図-2)。

4. 実汚染地下水を用いた培養試験

4.1 試験方法

石炭ガス製造工場跡地から採取したシアン汚染地下水(表-1)にペプトン, Nutrient Broth, 酵母エキスをそれぞれ1g/Lずつ添加した汚染地下水に過硫酸カリウムを0, 5, 10, 20, 40mMと段階的に添加した溶液を作成して30℃で振とう培養し、濁度を経時的に測定した。続いて、過硫酸カリウムとpH緩衝剤(pH6.5)を汚染地下水に添加した場合のシアノ化合物の挙動を把握するため、フェロシアン化カリウムを全シアン濃度で1.5mg/Lになるように添加した汚染地下水を用いてバッチ培養試験を

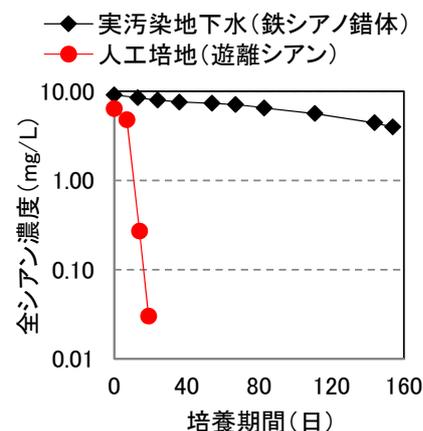


図-1 シアン形態別の微生物分解

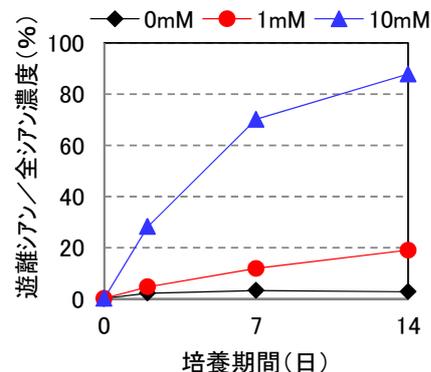


図-2 過硫酸塩による鉄シアノ錯体から遊離シアンへの解離

表-1 実汚染地下水の性状

項目	測定結果
pH	8.0
溶存酸素濃度	2.4 mg/L
酸化還元電位	120 mV
全有機炭素濃度	3.8 mg/L
アンモニア性窒素濃度	4.5 mg/L
オルトリン酸リン濃度	1.8 mg/L
全菌数	5.4×10^6 cells/mL
全シアン濃度	0.21 mg/L
遊離シアン濃度	<0.01 mg/L

キーワード 原位置浄化, バイオレメディエーション, 鉄シアノ錯体, 遊離シアン, 過硫酸塩

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7217

行った。120mL 容のガラスバイアル瓶にシアン濃度を調整した汚染地下水を 50mL 分注し、過硫酸カリウム (0, 3, 5, 10mM) と、リン酸緩衝液 (0, 0.3, 0.5, 1, 3mM) を添加して密栓し、20°Cで静置培養を行った。

4.2 過硫酸塩濃度による地下水中の微生物増殖能力

過硫酸カリウムの濃度に対する培養期間中の濁度の経時変化を図-3 に示す。この結果、10mM までは微生物の増殖に伴う濁度の上昇が観測されたが、20mM 以上では濁度の上昇がほとんどみられなかった。したがって、過硫酸カリウムが存在する中で微生物分解を促進させるためには、過硫酸塩の濃度を少なくとも 20mM 以下にする必要があることが示された。

4.2 過硫酸塩濃度による実汚染地下水中のシアン挙動

3mM のリン酸緩衝液が存在する条件での過硫酸カリウムの添加濃度に対する全シアン濃度および遊離シアンの経時変化を図-4, 図-5 に示す。過硫酸カリウムを 3mM 添加した条件での全シアン濃度は、過硫酸カリウムを添加しない条件とほぼ同様の傾向で推移し、培養期間中に大きな変動はみられなかった。一方、過硫酸カリウムの添加量を 5mM, 10mM と増加することにより、全シアン濃度の減少速度が大きくなった。5mM, 10mM の過硫酸カリウムを添加した条件では、培養開始直後に遊離シアンの濃度が上昇し、培養が進むと共に減少していく傾向が認められた。これは、鉄シアノ錯体から遊離シアンが解離したことにより一時的に遊離シアン濃度が上昇し、培養の経過と共に微生物による分解が促進されたものと推察された。培養終了時 (27 日目) のリン酸緩衝液添加量に対する pH 値を図-6 に示す。10mM の過硫酸カリウムを添加した条件では、リン酸緩衝液の量が少なくなると pH は低くなる傾向を示した。リン酸緩衝液を 3mM 添加した条件での培養終了時の pH は約 6.5 であり、微生物活動に適した中性域に pH が保たれることを確認した。

5. まとめ

- ・ 鉄シアノ錯体で汚染された地下水に 10mM 程度の過硫酸塩を添加することにより、鉄シアノ錯体から遊離シアンへの解離が緩やかに進行することが示された。
- ・ 地下水中の pH を中性域に保つことにより遊離シアンは速やかに微生物分解され、地下水中に高濃度で残存しないことが示された。

参考文献

1) 片山美津瑠ら (2010) 大成建設技術センター報, 第 43 号, No. 57, 1-7.
 2) 高畑陽ら (2004) 第 10 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp. 525-527.

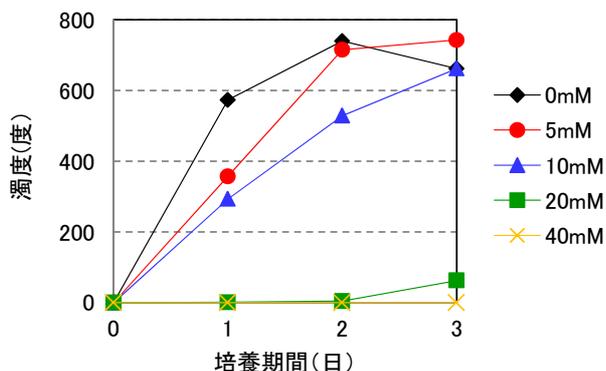


図-3 過硫酸塩の添加濃度に対する濁度の推移

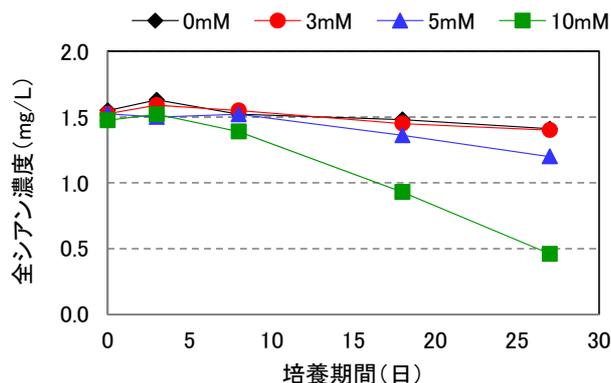


図-4 全シアン濃度の推移(リン酸緩衝液3mM)

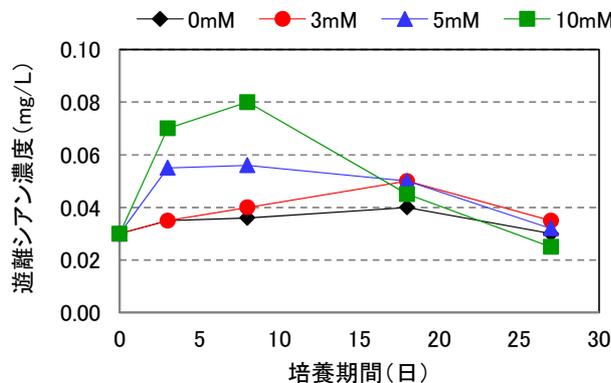


図-5 遊離シアン濃度の推移(リン酸緩衝液3mM)

