

バイオスパーキングによるシアン化合物汚染地下水の浄化実証試験

大成建設株式会社	土木技術研究所	正会員	○片山	美津瑠
大成建設株式会社	土木技術研究所	正会員	高畑	陽
大成建設株式会社	エコロジー本部	非会員	須藤	泰幸
大成建設株式会社	土木技術研究所	正会員	帆秋	利洋
大成建設株式会社	土木技術研究所	正会員	藤原	靖

1. 研究の背景および目的

シアン化合物は生物に対して毒性が強く、土壌汚染対策法では第二種規制物質に分類されている。シアン化合物は水溶性が高く、帯水層深部に浸透しやすい性質があるため、広範囲に拡散したシアン汚染地下水に対する浄化対策として原位置（非掘削）浄化工法が有効であると考えられる。シアン汚染地下水の原位置浄化工法のひとつである揚水処理法は、浄化効率の低下による浄化期間の長期化が課題として挙げられる。

シアン化合物は他の重金属類とは異なり、微生物による浄化を受けることから¹⁾、原位置バイオレメディエーション技術の適用が期待できる。筆者らは、室内試験において浄化促進助剤の添加の効果を検討すると共に、シアン浄化微生物を汚染サイトから分離培養して同定している^{2) 3)}。一方、実際のシアン汚染サイトでバイオレメディエーションを適用した事例は国内外を通じてほとんど報告されていない。

シアン浄化微生物は、シアンの浄化を行う際に酸素を必要とする好気性微生物であることが明らかとなり^{4) 5)}、シアン汚染地盤中の溶存酸素濃度を高めることが可能なバイオスパーキング工法が浄化に適していると考えられた。そこで本研究では、ジシアノ銀錯体によって汚染された地盤を対象に浄化実証試験を行い、本方法によるバイオスティミュレーションの浄化効果について検証した。

2. 試験方法

実証試験装置を図-1に示す。スパーキング井戸（S1）から空気を供給するスクリーン位置はGL-3.5～3.8mとし、S1から0.5mピッチに観測井戸（スクリーン位置：GL-2.0～3.0m）を4本設置した。

S1から25 L/minの流量で空気を供給した際に空気が到達する範囲（スパーキング影響範囲）を検証するため、各観測井戸における井戸内圧力を測定した。その結果、M1およびM2では40kPaまでの井戸内圧力の上昇が見られたが、M3およびM4では圧力の上昇が確認されなかったことから、スパーキング影響半径は約1.0mであることが示された。

本試験では、S1から流量25 L/minで地盤内への空気供給を1日あたり8時間行い、49日間にわたって断続的に供給した。試験開始から1週間ごとに各観測井戸中の地下水を採取し、地下水中の全シアン濃度、アデノシン三リン酸濃度（以下ATP）、全菌数、溶解性有機炭素濃度（以下DOC）、溶存酸素濃度（以下DO）を測定した。

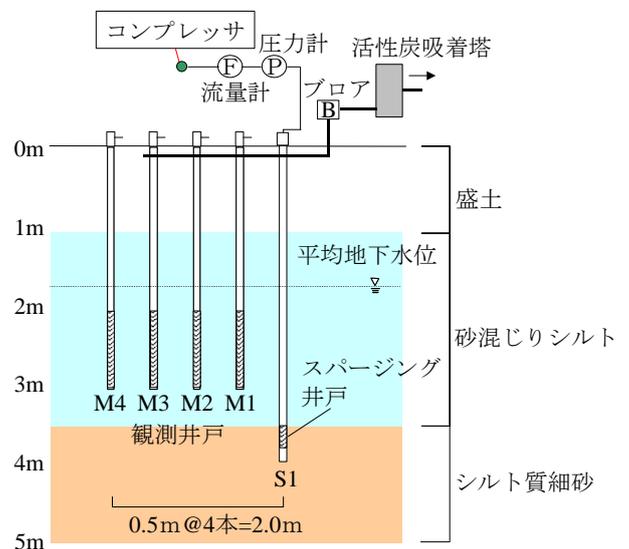


図-1 スパーキングによる実証試験装置の模式図

キーワード シアン化合物、金属シアノ錯体、バイオスティミュレーション

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設㈱技術センター 土木技術研究所 水域・生物環境研究室

TEL: 045-814-7226 FAX: 045-814-7257 E-mail: ktymr00@pub.taisei.co.jp

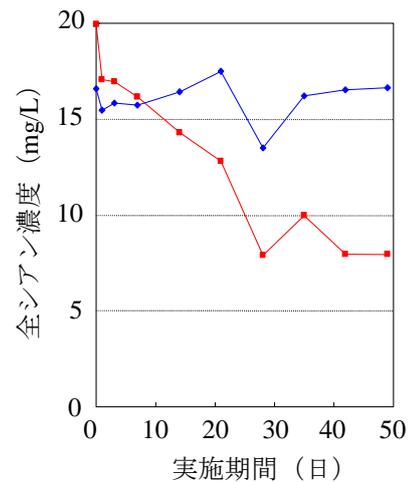
3. 試験結果

3.1 汚染地下水中の DO 濃度変化

浄化開始前の各観測井戸における地下水中の DO 濃度はいずれも 1 mg/L 未満であった。スパージング影響範囲内の地下水中の DO 濃度は、試験開始後 3 日以降から 10 mg/L とほぼ飽和で推移した。一方、スパージング影響範囲外では試験期間を通じて 1 mg/L 未満であった。

3.2 汚染地下水中の全シアン濃度変化

全シアン濃度の経時変化を図-2 のグラフに示す。スパージング影響範囲内の地下水では、溶存酸素濃度の上昇に伴って全シアン濃度が減少し、30 日目までに初期値の約 60% の全シアン濃度が減少した。しかしながら、30 日以降は有意な全シアン濃度の減少は確認されなかった。この要因としては、30 日以降の地下水中のリン酸濃度は 0.1 mg/L 未満と低濃度であったことから、微生物の増殖に必要なリン等の必須元素が不足したためであると推察された。一方、スパージング影響範囲外の地下水では、試験期間を通じて全シアン濃度の大きな変化は確認されなかった。



■ スパージング影響範囲内 (M1・M2の平均値)
◆ スパージング影響範囲外 (M3・M4の平均値)

図-2 地下水中の全シアン濃度の経時変化

3.3 汚染地下水の微生物活性

スパージング影響範囲内の地下水では、ATP 濃度の上昇に伴う DOC 濃度の減少が確認された。これは、スパージングにより地盤中へ酸素を供給したことで好気性微生物が活性化され、有機物消費による ATP 合成が促進されたことに由来するものと考えられた。一方で、スパージング影響範囲内・外いずれの観測井戸でも、全菌数は $10^5 \sim 10^6$ cells/ml で推移しており、試験期間を通じて大きな変動は確認されなかった。

4. まとめ

シアン汚染地下水を対象としたスパージングを実施し地下水中の DO 濃度を高めたところ、全シアン濃度の減少に伴った ATP 濃度の増加と DOC 濃度の減少が見られ、シアン浄化と微生物活性の上昇が同時に確認された。このことから、シアン汚染地下水において微生物による浄化が行われたことが考えられ、汚染サイト中の好気性シアン浄化微生物を活性化させることがシアン化合物の浄化に有効であることが示された。

今回の試験では、地下水中の ATP 濃度の上昇はあったものの全菌数には変動は見られなかった。そこで今後の課題として、バイオスティミュレーションを行う際の微生物のモニタリングには、微生物数の増減だけでなく浄化に適する菌相を解析すると共に、浄化微生物を特定してその活性を確認することが重要であると考えられた。

5. 参考文献

- 1) Chapatwala K.D. et al, J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 20:28-33, 1998.
- 2) 高畑陽ら, 土木学会年次学術講演会, 第 61 回講演概要集, pp.277-278, VII-139, 2006.
- 3) 片山美津瑠ら, 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 第 12 回講演集, pp.93-98, 2006.
- 4) Skowronski B. et al. Can. J. Microbiol., 15:93-98, 1969
- 5) Kunz D.A. et al, Appl. Environ. Microbiol., 58:2022-2029, 1992