

鉄粉による生分解性樹脂の加水分解促進効果の基礎的検討

大成建設株式会社 正会員 ○副島 敬道
大成建設株式会社 正会員 伊藤 雅子
大成建設株式会社 正会員 高畑 陽

1. はじめに

分解性の低い汚染物質が土壌に浸透することで引き起こされる地下水汚染は、飲用等のリスクが生じないように浄化や拡散防止措置が求められる。深部に到達した汚染地下水については掘削除去が難しいため、揚水処理だけでなく、汚染物質を帯水層中で化学的もしくは生物学的に分解する原位置浄化技術が多く用いられている。

2. 目的

揮発性有機塩素化合物で汚染された地下水の有効な拡散防止対策として、地下水の流路に 0 価の鉄粉を浄化材として設置して化学的な脱塩素化を促す方法が多く適用されている¹⁾。

上記の方法は鉄粉の還元力を利用した化学的な浄化手法であるが、嫌気性微生物の機能を利用して生物学的な脱塩素反応を促進する手法も存在し、筆者らはこのような微生物を有効利用する技術の開発を行ってきた。その一つとして、硝酸性窒素やトリクロロエチレンなどの塩素化エチレン類で汚染された地下水を長期的に浄化するため生分解性樹脂を帯水層に埋設し、樹脂から加水分解によって嫌気性細微生物を活性化させる溶存性の有機物を長期的に供給する原位置浄化技術（バイオバリア）を開発している。

本報では、地下水の pH 値の変動による生分解性樹脂（PLA:ポリ乳酸）の経時的な加水分解量を把握すると共に、鉄粉による生分解性樹脂の加水分解促進効果について室内試験を行った結果について報告する。

3. 実験方法

生分解性樹脂は水酸化物イオン濃度（pH）の高い環境下で加水分解が促進されることが知られている^{2,3)}。そこで、PLA の分解と pH の関係を調べるための加水分解試験を行った。また、水中へ 0 価の鉄粉を投入すると水分子が還元されて水酸化物イオンが発生する。この反応を利用することで、PLA の加水分解が鉄粉の添加により促進されると考え、鉄粉の投入量が水中の pH に与える影響について試験を行った。

PLA の加水分解試験は、以下の方法で行った。蒸留水に水酸化ナトリウム（NaOH）を溶解して pH=8, 10 の NaOH 溶液を作成した。これらの NaOH 溶液を 125mL 容量の密閉バイアル瓶に 100mL ずつ分注し、液内に平均分子量 Mn=100,000 のペレット状 PLA を浸漬し、30℃の恒温室内で加水分解させた。試験開始 24 時間および 48 時間後に PLA を取り出して乾燥重量を測定し、初期重量からの重量減少から分解率を算出した。

鉄粉投入量と pH の関係は、脱窒試験と同時に以下の方法で行った。各務原市の地下水（硝酸態窒素濃度約 20mg-N/L）に硝酸カリウムを加えて硝酸態性窒素濃度を 30mg/L に調整し、その他ミネラル成分として Na₂HPO₄・12H₂O:0.716g, KH₂PO₄:0.265g, MgSO₄・7H₂O:10 mg/L 溶液:100 μl, 微量元素溶液（CaCl₂・H₂O:10mg/L, MnCl₂・4H₂O:0.5mg/L, CuSO₄・5H₂O:0.5mg/L, NaMoO₄・2H₂O:0.5mg/L, FeCl₃・6H₂O:0.5mg/L）:500 μl を加え試験液とした。試験液を 125mL 容量の密閉バイアル瓶に 100mL 分注し、試薬鉄粉を無添加, 100mg, 200mg, 500mg の 4 条件を設定した。材料投入後のバイアル瓶はブチルゴムキャップで密栓し、気相部への窒素パージを 15 分間行なった。窒素パージ後、菌種として各務原台地の表層土 1g に 100mL の滅菌水を加えて攪拌し、懸濁液の上澄み水 1mL を各バイアル瓶に接種後、15℃の恒温室内で静置培養を行った。培養期間中には、経時的にバイアル瓶内の培養液の pH 及び硝酸イオン濃度を測定した。

キーワード 鉄粉, 原位置浄化, 嫌気性微生物, 硝酸性窒素, 塩素化エチレン類, 生分解性樹脂

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 TEL 045-814-7221

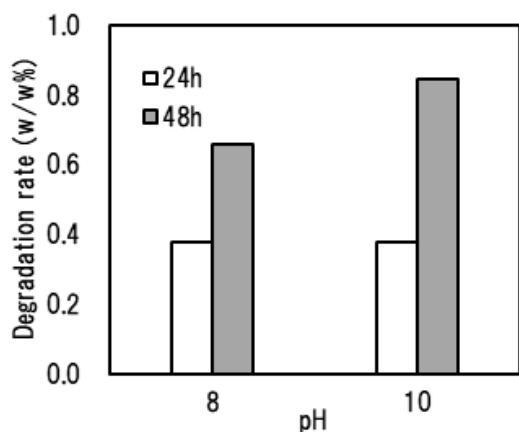


図1 PLA (Mn=100,000)の24時間および48時間の重量減少率

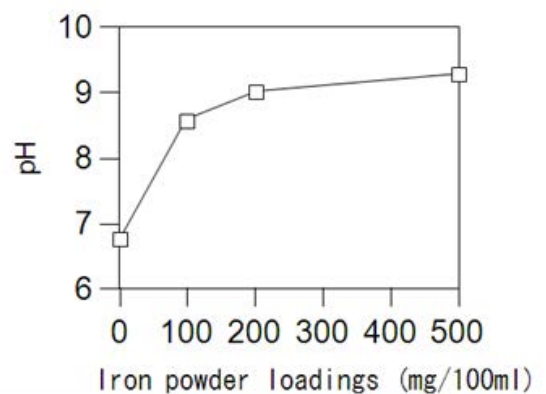


図2 72時間後における混合液の鉄粉添加量とpHの関係

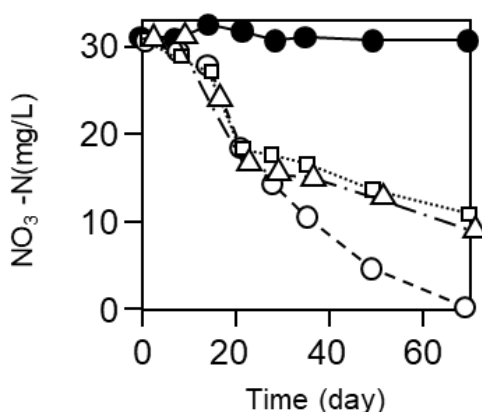


図3 試験液の硝酸性窒素濃度変化（鉄粉添加量＝●:0mg,○:100mg,□:200mg,△:500mg）

4. 実験結果

pHが異なる環境下でのPLAの加水分解試験の結果を図1に示す。pHが高いほど、また浸漬時間が長いほどPLAの重量減少率は大きく、水酸化物イオンの存在がPLAの分解を促進するものと考えた。

PLAと鉄粉を加えた脱窒試験の結果を図2、3に示す。72時間後のpHは鉄粉の添加量が増加するにしたがって高くなる傾向にあった（図2）。また鉄粉を加えた条件では時間の経過とともに硝酸性窒素濃度の低下が認められた（図3）。鉄粉をPLAと共存させた場合には、鉄粉への加水により水酸化物イオンが発生し、水酸化物イオンによりPLAの加水分解が進行したものと推測された。それに伴い、PLAの分解生成物である乳酸を電子供与体として微生物脱窒が進行した結果、硝酸性窒素濃度が低下したものと考えられる。また、硝酸性窒素は鉄粉の添加量が100mgで最も低下しており、鉄粉の添加により培養液中のpHが過度に上昇すると微生物の活性が低下する可能性が示唆された。

以上より、加水分解性の生分解性樹脂と鉄粉を組み合わせることで、微生物脱窒が促進することを確認した。この組み合わせは揮発性有機塩素化合物による汚染地下水の原位置浄化技術にも適用でき、有機物の長期的供給システムの構築が可能と考えている。

参考文献

- 1) 根岸昌範, 深澤道子, 下村雅則, 今村聡: 浄化用鉄粉の反応性とその支配要因, 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会, 第9回講演集, pp. 432-433, 2003.
- 2) 土肥義治: 生分解性高分子材料, 工業調査会, 1990.
- 3) 土肥義治: 生分解性プラスチックのおはなし, 日本規格協会, 1991.