

連続透水試験による微生物機能を用いた地盤性状の制御に関する検討

長野工業高等専門学校 非会員 北原 亘
同 正会員 畠 俊郎

1. はじめに

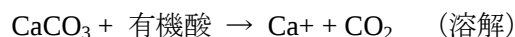
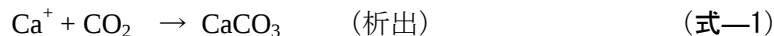
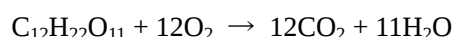
近年、農用地や工場跡地の土壌・地下水汚染による周辺住民への健康被害が懸念されている。近隣住民の健康を確保するために、土壌・地下水汚染による被害を最小限に食い止める低環境負荷かつ安価で得られる技術が求められている。本研究では、地下水に含まれる有害化学汚染物質の拡散防止、および浄化後の透水性の復元について、微生物機能を用いた非掘削かつ任意に制御可能な技術について検討している。

本文では、イースト菌を含む培養液を使用した連続定水位透水試験を実施し、微生物機能によるカルシウム系鉱物の析出および溶解に伴う透水係数の変化について検討した結果を報告する。

2. 試験の概要

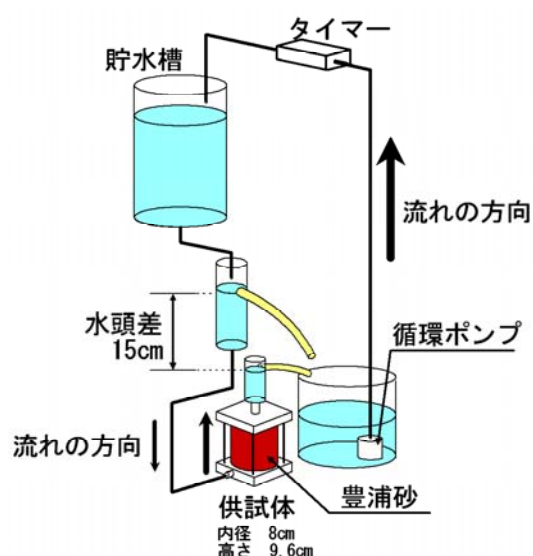
微生物機能により地盤内においてカルシウム系鉱物の析出および溶解を制御することで任意の透水性が得られるかどうかの検討を目的とした連続定水位透水試験を実施した。

本研究で着目した微生物機能によるカルシウム系鉱物生成・溶解のメカニズムを式—1に示す。



既往の研究より連続透水条件においてもカルシウム系鉱物の析出による透水性の低下が確認されている¹⁾。本文では、透水係数の低下後に、さらに微生物活動が活性化して有機酸が過剰に生成された場合を想定した。このような条件のもとでは、pHバッファーの中性域維持能力を超えることが予想され、結果的に培養液の pH の低下が生じカルシウム系鉱物が溶解し透水性が回復すると考えた。本実験で用いた培養液の組成を表—1に示す。今回の試験ではカルシウム系鉱物析出が検証されている培養液にイースト菌（ドライイースト＜日清フーズ（株）、日清スーパーカメリア 顆粒＞）を添加し、試験に使用した。連続透水試験装置の概要を図—1に示す。供試体は相対密度 50%を目標に水中落下法により作製した。試験は水頭差 15cm の定水位に設定し、供試体の周囲にホースを巻きつけ水道水を常に循環させた恒温条件下において実施した。また、下降流では供試体の圧密が懸念されるため、培養液を供試体下部より上部に向けて透水させた。試験は9日間行い、培養液はポンプにより一定間隔で揚水し循環使用した。

分析項目の一覧および目的を表—2に示す。



図—1 連続透水試験装置の概要

表—1 培養液組成

項目	種類	濃度・容量
添加した菌	農業廃水	11L
カルシウム源	ドライイースト	0.001%
炭素源	CaCl ₂ ・2H ₂ O	0.1 mol/L
pH緩衝溶液	スクロース	0.1 mol/L
pH調整	ドリス	0.1 mol/L
	塩酸	pH8

表—2 分析項目一覧

分析項目	目的	方法(試験装置)
透水試験	地盤性状評価	JGS0311(2000)
カルシウムイオン濃度	結晶化評価	原子吸光 (Z2000 Hitachi)
一般細菌	微生物活性評価	下水試験法(1974)
pH	培養液pH評価	twin pH(HORIBA)

3. 分析結果および考察

3-1 透水係数, カルシウムイオン濃度の推移

透水係数とカルシウムイオン濃度の推移の関係を図-2に示す。透水係数については、5日目までは低下しそれ以降は回復していく傾向が認められた。カルシウムイオン濃度については、3日目まで減少した後5日目まで上昇が認められ、以降は透水係数の変化に合わせて推移していく傾向が認められた。以上の結果より、培養液中のカルシウムイオンがカルシウム系鉱物として析出し、その後溶解している可能性が示された。詳細については段階的な実験を再度行うなどして確認していきたい。

3-2 pH, 一般細菌数の推移

pH と一般細菌数の推移の関係を図-3に示す。pH については、1日目までは pH=8 を維持していることが確認されるが、2日目より低下し始め5日目以降は pH=4 程度で維持することが認められた。これより本試験条件での pH バッファー（トリス）の中性域維持効果が期待できるのは約1日程度であることが推察される。一般細菌については、2日目までは増加し以降はほぼ同数を維持することが確認された。以上より、微生物の活性化により pH バッファーの効果を上回る有機酸が発生し、pH が低下したと推察される。また、カルシウム系鉱物が溶解したと推察される試験開始5日目の pH が約5程度であるため、pH=5 程度でカルシウム系鉱物が溶解し始めると考えられる。

3-3 pH, カルシウムイオン濃度の相関図

pH バッファーによる緩衝能が失われたと考えられる試験開始2～9日での pH とカルシウムイオン濃度の相関を図-4に示す。図より pH とカルシウムイオン濃度は負の相関があることが分かる。また、相関係数が -0.8909 と高い相関関係が認められるため、pH により地盤の透水性を任意に設定できると考えられる。

4. まとめおよび今後の課題

今回の試験で得られた主な知見を以下に示す。

- 地盤の透水性が微生物機能によるカルシウム系鉱物の析出・溶解により変化する。
- 微生物活性化による pH の低下がカルシウム系鉱物の溶解を促進し、透水性の復元をもたらす。
- pH を管理することで任意の透水係数を制御できる可能性を確認。

今後の課題としては、pH の管理による透水係数の制御をより詳細に検証する必要がある。そのため、本試験と同じ条件下での連続透水試験を実施して pH が低下してきた段階で培養液中の微生物を殺菌することで、pH の低下が停止し透水係数が復元しないかどうかを検討する計画である。

(参考文献)

- 1) 坂本朝子：カルシウム系鉱物析出促進に適した糖類の選択に関する検討，長野高専卒業論文，2007

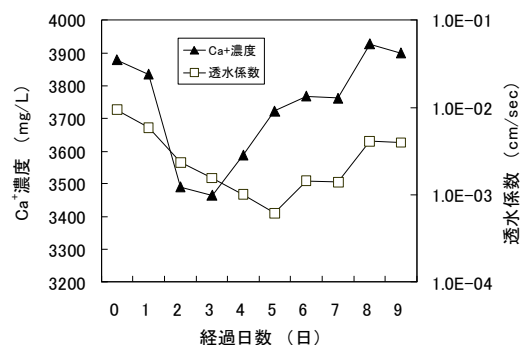


図-2 透水係数およびカルシウムイオン濃度の推移

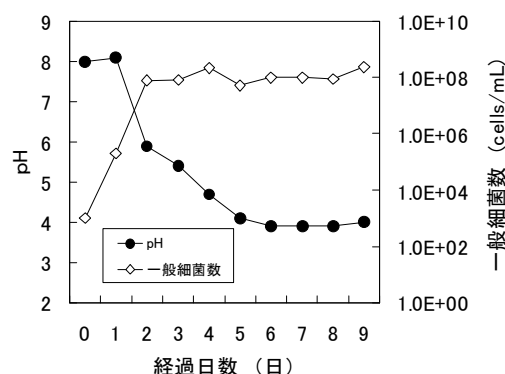


図-3 pH および一般細菌数の推移

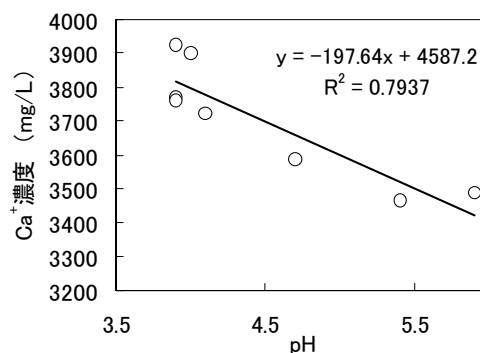


図-4 pH とカルシウムイオン濃度の相関 (試験開始2～9日)