

微生物機能を用いた地盤性状制御技術に関する検討 (その1)

～バッチ試験による基本的能力評価～

長野工業高等専門学校 学生会員 ○木賀田 賢太

長野工業高等専門学校 正会員 畠 俊郎

1. はじめに

近年、農業用地における施肥、工業用地における有害化学物質の漏洩による土壌・地下水汚染が深刻化しており、周辺住民の健康に悪影響を及ぼす状況が少なくない。この問題の解決には、地盤への浸透を抑制し、汚染範囲を最小限に止める技術が必要不可欠である。本研究では、炭素源・カルシウム源を添加し、微生物機能により地盤中に結晶物を析出させることで、低コスト、低環境負荷で地盤の透水性を低下させ、汚染された地下水の拡散を抑止する技術について検討している。

既往の研究よりグルコース（炭素源）、塩化カルシウム（カルシウム源）を添加した際の有効性は確認されている。このような状況を踏まえ、本文では炭素源としてスクロース、カルシウム源として炭酸水素カルシウムを添加する新たなグラウト技術の有効性検証を目的とした比較試験を実施し、その結果を報告する。

2. 試験の概要

2-1 試験手順

試験水として、農業由来のため池水を使用した。炭素源の比較を目的とした培養サンプルの組成を表-1に、カルシウム源の比較を目的とした培養サンプルの組成表を表-2に示す。培養サンプルの作製手順は以下の通りである。バイアル瓶に炭素源、カルシウム源および、pH バッファーを入れ、その後、HClを用い、pH=8.0に調整した後、所定量までメスアップした。炭酸水素カルシウムの試験区についても同様の手順で作製した。調整後のサンプルは、ブチルゴム栓で密栓し、37℃、100rpmで振とう培養を行った。サンプリングは、初日および、1、3、6日後に行った。その際、一般細菌数の計測用に1mL計り取り、残りの49mLを孔径0.45μmメンブレンフィルターで吸引ろ過し、蒸発残留物の測定およびX線回折による結晶同定に用いた。

表-1 培養サンプル組成（炭素源）

試験区名	グルコース	スクロース
溶液量	50ml	50ml
Tris	0.606g	0.606g
CaCl ₂ 2H ₂ O	0.74g (0.1mol)	0.74g (0.1mol)
グルコース	0.9g(0.1mol)	—
スクロース	—	1.71g (0.1mol)

表-2 培養サンプル組成（カルシウム源）

試験区名	炭酸水素カルシウム(Ca(HCO ₃) ₂)
溶液量	50ml
Tris	0.606g(0.1mol)
(Ca(HCO ₃) ₂)水溶液	25ml
スクロース	1.71g(0.1mol)

2-2 分析項目・分析方法

本研究において着目した分析項目の分析理由、分析方法等の概要を表-3に示す。

表-3 分析項目一覧

分析項目	目的	方法（試験装置）
pH	中性域維持の確認	JIS Z 8802
カルシウムイオン残存率	一般細菌数増加に伴う残存率低下の確認	HPLC(イオンクロマト)
一般細菌数	炭素源の変更による細菌数変動の確認	下水試験方法 1974 年版に順ずる。
蒸発残留物	析出物生成量の評価	下水試験方法 1974 年版に順ずる。
X線解析	析出物の同定	Miniflex(株式会社理学製) [※]

※ X線解析条件：Cu/30kV/15mA、スキャン速度 4°/min、スキャン範囲 4～60°

キーワード 土壌・地下水汚染、透水性、微生物機能、カルシウム系鉱物

連絡先 〒389-1214 長野県長野市大字徳間 716 長野工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL 026-295-7096

3. 分析結果および考察

3-1 炭素源検討結果

3-1-1 溶液の分析結果

図-1にスクロースを添加したサンプルの一般細菌数、カルシウムイオン残存率と培養日数の関係を示す。一般細菌数は1日目まで増加し、その後減少する傾向が認められた。しかしながら、培養開始初日と6日後を比較すると、細菌数は増加している。また、カルシウムイオンについては、培養期間を通じて減少傾向にあることが確認された。これらのことより、スクロースの添加が、結晶物析出に有効であると推察される。

3-1-2 蒸発残留物重量の測定

図-2に蒸発残留物重量の推移を示す。スクロースに関しては、析出物の顕著な増加が見られるが、グルコースに関しては、析出物の増加は見られない。従って、スクロースの方がより効果的に結晶物を生成することができると推察される。

3-2 カルシウム源の検討結果

3-2-1 カルシウムイオン濃度の変化

カルシウムイオン濃度の変化を図-3に示す。カルシウムイオン濃度に関しては、低濃度であっても培養期間を通じて減少していくことが確認された。これは、地盤内の微生物の活動により、カルシウムイオンが消費されたためと推察される。

3-2-2 蒸発残留物重量の測定

図-4に蒸発残留物重量の推移を示す。蒸発残留物の重量は1日目までは減少しているが、それ以降は7日目まで増加していくことが確認された。このことから、カルシウムイオン濃度は低いが、培養液中に何らかの析出物が生成されたと推察される。

3-2-3 X線回折による析出物の同定

析出物の同定を行うため、X線回折を行った。結果を図-5に示す。分析の結果、析出物には炭酸カルシウムが含まれていることが確認された。

4. まとめ

スクロースは、分子量の違いから、グルコースより効率的に大きなエネルギーを得られる。また、炭酸水素カルシウムは自然界に存在する炭素や酸素、水素から構成されているため、環境への負荷が小さい。これらのことを踏まえると、効率的かつ、低環境負荷で炭酸カルシウム系鉱物を生成可能となる組み合わせとしては、炭素源はスクロース、カルシウム源は炭酸水素カルシウムであるといえる。しかしながら、炭酸水素カルシウムイオン濃度を高濃度で維持する方法を検討していく必要がある。

実用化にあたっては、炭酸カルシウム系鉱物の析出により、実地盤において実際に抑止効果が見られるかを検証するため、長期透水試験を行う必要がある。

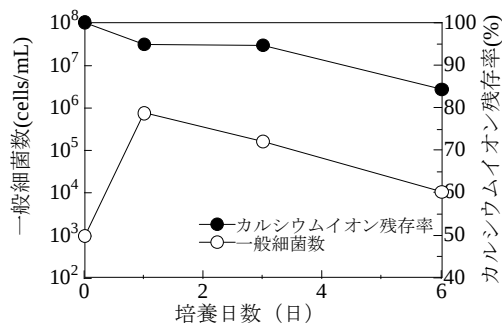


図-1 一般細菌数の推移

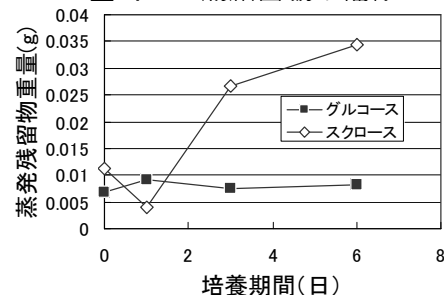


図-2 蒸発残留物重量の推移

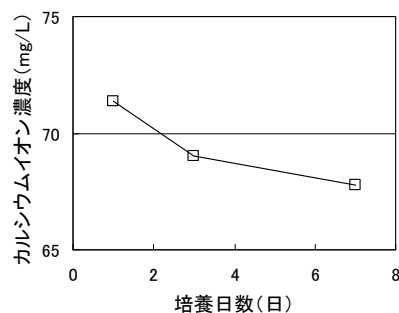


図-3 カルシウムイオン濃度の推移

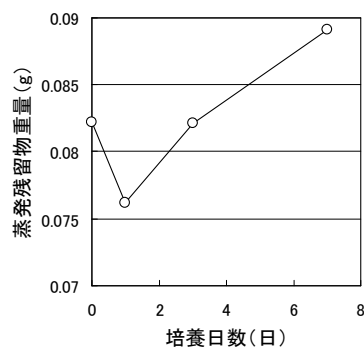


図-4 蒸発残留物重量の推移

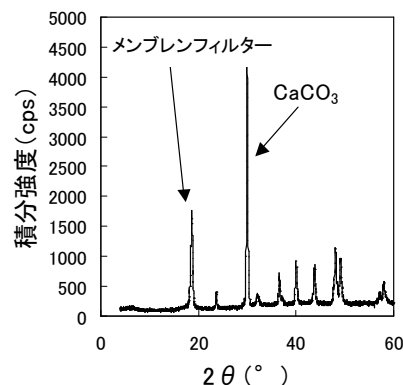


図-5 X線回折結果