

微生物の代謝活動を利用した透水性の低下・復元に関する研究

長野高専 学生会員 横山 珠美

正 会 員 浅野 憲哉

正 会 員 畠 俊郎

1 はじめに

微生物の代謝機能を利用して地盤内に炭酸カルシウムを析出・再溶解させる技術について検討を進めている。現在までに、微生物機能により炭酸カルシウムを析出・再溶解させる効果が認められている。特に、炭酸カルシウムの再溶解については間隙水の pH を 5.5 以下に低下させることが重要となる。これまでの検討から、過剰な有機物を添加することにより pH を速やかに低下させる効果を確認しているが、透水性復元の主要因と考えられる有機酸の組成などについては未解明な点が多い。以上の状況を踏まえ、バイアル瓶による有機酸生成試験を実施し、有機酸濃度、カルシウムイオン濃度および pH の推移について検討した。

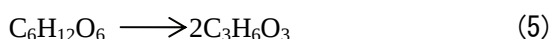
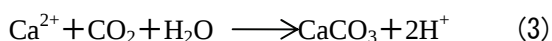
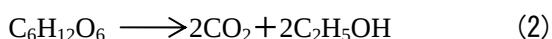
2 有機酸の生成メカニズム解明を目的とした培養試験

2-1 試験の概要

微生物機能による透水性の低下・復元技術に関連し、透水性の復元に影響すると考えられる有機物の分解による pH 低下効果を室内試験で検証する。具体的な内容としては、純水にドライイーストを添加し、有機物量を 3 段階に調整した培養を実施した。試験中に採取したサンプルを対象とした各種分析を通じ、有機酸の組成比較などについて検討した。

2-2 炭酸カルシウムの生成および再溶解メカニズム

本研究において着目している有機物の代謝に伴う炭酸カルシウムの生成および再溶解のメカニズムを式 (1) ~ (5) にそれぞれ示す。



本研究では有機物の好気代謝と嫌気代謝のメカニズムを表した (1), (2) と, (3) で表されるカルシウムイオンと有機物の代謝に伴い発生する CO_2 を利用して炭酸カルシウムを生成するメカニズムと同じく有機物の酢酸発酵 (4) と, 乳酸発酵 (5) による再溶解メカニズムに着目した。

2-3 実験手順および分析項目

試験ケースおよび培養液の組成、微生物源、培養条件を表-1 に示す。実験手順としては、3 本のバイアル瓶に 50mL ずつ分注して恒温水槽で振とう培養するとともに、残りを 0 日のサンプルとして保管した。なお、0,1,3,7 日の計 4 回サンプリングを行った。分析項目、分析方法等の条件を表-2 に示す。

表-1 試験ケース一覧

		Case1	Case2	Case3
試験水		純水		
溶液組成	Tris濃度	0.10mol/L		
	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 濃度	0.10mol/L		
	炭素源および濃度	No added	スクロース (0.01mol/L)	スクロース (0.10mol/L)
微生物源	添加微生物	ドライイースト 0.05g (重量比0.1%)		
培養条件	培養期間	7 day		
	サンプリング日	0, 1, 3, 7day		
	培養条件	37°C 120rpm		

表-2 分析項目, 分析方法, 装置, 規格一覧

分析項目	分析法
カルシウムイオン濃度	フレイム-原子吸光光度法 上水試験法(1993)
pH	ガラス電極法 上水試験法(1993)
VFA	FID-ガスクロマトグラフ 下水試験法(1997)
乳酸	F-キット-乳酸 J.K. インターナショナル INC. 製

3 実験結果および考察

7日間の培養実験における pH の推移を図-1 に示す。炭素源を添加していない Case1 はほぼ一定の値を維持した。Case2, Case3 は3日後に pH=6.6 まで低下し、Case3 についてはその後7日目にかけて pH=5.6 まで低下した。これらの変化からスクロースの濃度が高いほど pH の低下が早いことが明らかとなった。この原因としては有機物の代謝による有機酸の生成が考えられる。

カルシウムイオン濃度の推移を図-2 に示す。Case1 は添加濃度と同程度の値を維持した。Case2 は7日後にかけて減少傾向が見られた。Case3 は1日後にかけて減少し、その後日数の増加にあわせて徐々に増加した。図-1 より Case3 は脱灰がおこる pH=5.5 付近まで低下していることから、初期にカルシウムが結晶化して低下したカルシウムイオン濃度が、その後の pH 低下による再融解によりカルシウムイオン濃度が上昇したと考えられる。

ガスクロマトグラフにより酢酸・酪酸・プロピオン酸・吉草酸の濃度を求めた。その結果酢酸の濃度変化が著しいことから有機酸生成の主要物質であると着目した。酢酸の濃度の推移を図-3 に示す。Case1 は初日からほぼ一定の値を示した。Case2 は3日後に上昇し、7日後にかけて低下した。一方、有機物濃度が最も高い Case3 は日数が経過するにつれて酢酸濃度が上昇した。

ガスクロマトグラフでは測定不能な有機酸として乳酸に着目した。F-キット L-乳酸により乳酸の濃度を測定した。乳酸の濃度の推移を図-4 に示す。Case1 は変化が見られず、Case2, Case3 は日数が経過するにつれて濃度が上昇した。有機物濃度の低い Case2 の方が有機物濃度が最も高い Case3 よりも濃度が高かった。

以上より、酢酸はスクロース濃度が高いほど生成が促進されるが、乳酸はスクロース濃度が低い方が生成しやすい傾向が認められた。有機物濃度により有機酸の生成量が異なる理由については今後検討を進める必要があると考えている。

4 まとめ

今回の実験で得られた知見を以下に示す。

- ・スクロースの濃度が高いほど pH の低下およびカルシウムイオン濃度の復元が早い。
- ・酢酸はスクロースの濃度が高いほど生成されるが、乳酸はスクロースの濃度が低い方が生成される。

今回の実験では有機物濃度により生成される有機酸の組成が変化することと、有機物濃度が透水性の低下・復元に大きく関与している可能性が示された。しかしながら、添加微生物量が透水性の低下・復元に与える影響などについては未解明な点が多いため、今後も検討を進めていきたいと考えている。

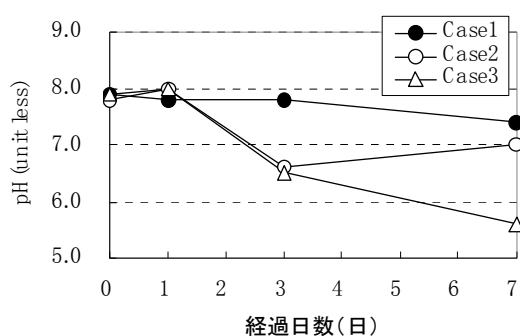


図-1 pH の推移

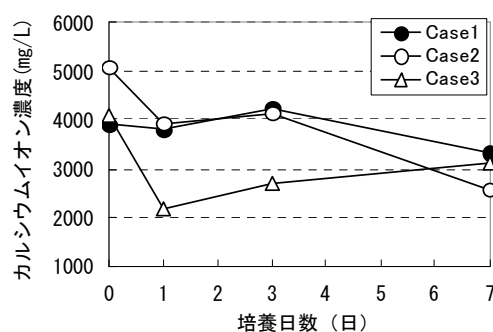


図-2 カルシウムイオン濃度の推移

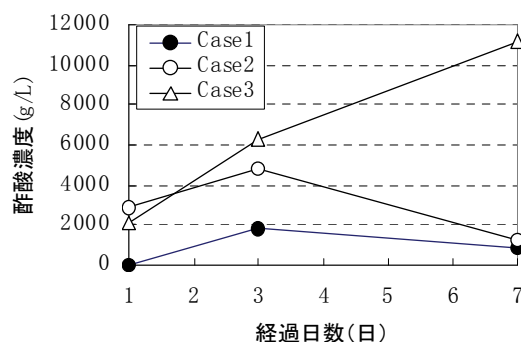


図-3 酢酸の濃度の推移

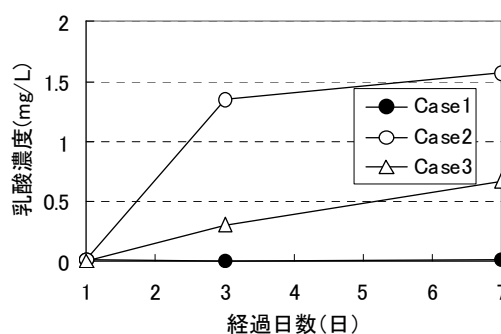


図-4 乳酸の濃度の推移