

pH および有機栄養源に着目したバイオグラウトの基礎的研究

熊本大学 工学部 学生会員 ○吉永 智昭 熊本大学 大学院 正会員 椋木 俊文
 熊本大学 大学院 学生会員 下屋敷覚弘 北海道大学大学院 正会員 川崎 了

1. はじめに

近年、我が国においては埋立廃棄物最終処分場（以下、処分場と呼ぶ）の残存容量は1億8000万立方メートル前後（平成11年以降）で推移しており、今後も処分場の残存容量が著しく増加することは考えにくいというのが現状である¹⁾。したがって、処分場の残存容量を増加させることが求められている。その解決策の一つとして、覆土量を低減させ残存容量を増加させるという手法が考えられる。

筆者らは主に有機物を含む処分場の即日覆土に、北海道大学・地圏フィールド工学研究室において開発されたバイオグラウトの技術を応用したカバーソイルの実現を目指した研究を行っている²⁾。バイオグラウトとは、微生物の代謝により生じる二酸化炭素を利用して炭酸カルシウムを土や岩の隙間に析出させるグラウト材のことを指す。筆者らはこのバイオグラウトの技術を用いることで透水性を低下させ、覆土量を低減させることを目指している。本報では、pH および二酸化炭素が炭酸カルシウム析出に与える影響を明らかにするため、溶媒および有機栄養源の種類に着目して実験を行った。

2. 実験概要

2-1 使用材料

溶液の緩衝能力の違いを評価するために、実験では溶媒に1M Tris-HClのトリス塩酸緩衝溶液(以下トリスと呼ぶ)と10mM Tris-HClであるTE(8.0)、および緩衝能力のない蒸留水を用いた。実験においては微生物としてイースト菌を使用した。Ca源および有機栄養源の種類と量は同等とし、イースト菌は1.000g及び0.100gの2種類とした。溶液の調整については表-1に示す。

表-1 溶液仕込み量-1

NO.	溶液の種類・量	硝酸カルシウム・四水和物(g)	有機栄養源(g)	イースト菌(g)
Case1	トリス 10ml	0.236	0.300	1.000
Case2	トリス 10ml	0.236	0.300	0.100
Case3	TE(8.0) 10ml	0.236	0.300	1.000
Case4	TE(8.0) 10ml	0.236	0.300	0.100
Case5	蒸留水 10ml	0.236	0.300	1.000
Case6	蒸留水 10ml	0.236	0.300	0.100

表-2 溶液仕込み量-2

NO.	溶液の種類・量	硝酸カルシウム・四水和物(g)	有機栄養源・量(g)	イースト菌(g)
Case5	トリス 10ml	0.236	グルコース 0.3	1.000
Case6	トリス 10ml	0.236	フルクトース 0.3	1.000
Case7	TE(8.0) 10ml	0.236	マルトース 0.3	1.000
Case8	TE(8.0) 10ml	0.236	スクロース 0.3	1.000

また、有機栄養源の違いによる微生物代謝状況の違いの評価は、微生物の呼吸によって発生した二酸化炭素とCaイオンが反応して炭酸カルシウムができることを想定し、Caイオン濃度の測定により行った。Ca濃度の変化を観察する実験においては溶媒とCa源の質量を一定とし、有機栄養源は単糖としてグルコースおよびフルクトース、二糖類としてマルトースおよびスクロースを使用した。溶液の調整は表-2に示す。

2-2 実験手順

溶液内の溶媒、硝酸カルシウム、有機栄養源の比率は、10ml : 0.236g : 0.300gとなるように統一し、それらを容器に入れ攪拌を行った。攪拌終了後にその溶液を10mlずつねじ口試験管に加え、続いてイースト菌を加え試験管の攪拌を行った。攪拌終了後は25度の恒温水槽の中に試験管を入れ反応をさせた。その後、規定の反応時間経過時に試験管を水槽内から取り出し、攪拌した後pH測定が必要な場合はpHを測定した。そして、溶液を濾過し濾液のCaイオン濃度を測定した。本実験において反応時間は表-3のように設定をした。

表-3 各Case反応時間一覧表

No.	0時間	12時間	24時間	48時間	72時間	1週間
Case1					○	
Case2					○	
Case3		○			○	
Case4					○	
Case5	○					
Case6			○			
Case7						
Case8						
Case9						○
Case10						

3. 実験結果及び考察

3-1 溶媒の違いによる Ca イオン濃度の変化

図-1、図-2、図-3 に溶媒の違いによる Ca イオン濃度の変化および pH の変化を示す。Ca イオン濃度の変化は、各反応時間の溶液の Ca イオン濃度(C)を反応0時間の溶液の Ca イオン濃度(C_0)で正規化することにより Ca イオン濃度の減少率として示した。本実験においては、Ca イオン濃度の低下率は炭酸カルシウム析出率を示している。図-1 よりイースト菌が同量の場合 Case2 のみ大きく低下し、反応開始後 24 時間前後までに Ca イオン濃度は低下を終えたと考えられる。

次に、溶液 10ml に対してイースト菌 1.000g および 0.100g 加えた場合には、Ca イオン濃度の変化および pH 変化に関しては Case1、Case2 以外では大きな炭酸カルシウム析出は観察されなかった。Case1 と Case2 に着目すると、反応開始後 12 時間では Case1 のイースト菌の量が多いものほど Ca イオン濃度の低下率が大きいですが、24 時間では両 Case の差は 10% 程度まで小さくなる。pH についても Case1 と Case2 のみ pH8 近くを維持することができるが、その他のものに関しては反応開始後 24 時間で pH が 4 前後の酸性領域になる。以上のことより溶媒に 1M Tris-HCl のトリス-塩酸緩衝溶液を用いることが炭酸カルシウムの析出に有効であり、炭酸カルシウムは反応開始後 24 時間程度で十分に析出する。

3-2 有機栄養源の違いによる Ca イオン濃度の変化

有機栄養源の違いにおける Ca イオン濃度の低下率を図-4 に示す。有機栄養源が単糖である Case7、Case8 に関しては 24 時間で炭酸カルシウムの析出が終了する。しかし、二糖類である Case9、Case10 に関しては 24 時間以内に炭酸カルシウムの析出は終了せず、少なくとも一週間程度かかると考えられる。つまり、図-4 よりバイオグラウトを適用する上で、単糖のほうが生物にとって分解しやすく二酸化炭素の発生が多いので炭酸カルシウムが多く析出すると考えられる。一方、二糖類になると分解しにくく二酸化炭素の発生が少ないので、炭酸カルシウムが析出しにくいということが示された。しかし Case9 と Case10 を比較すると、一週間程度反応させることでスクロースに関しては単糖と同じぐらいの炭酸カルシウム析出が期待できることも示された。

4. まとめ

今回の実験より、バイオグラウトにおいては pH8 程度に保つことができる溶媒が炭酸カルシウム析出に有効であることが明らかとなった。また、有機栄養源に関しては今回使用した糖類の中ではグルコースの場合の炭酸カルシウム析出量が一番多いことが明らかとなった。

参考文献 1) 財団法人産業廃棄物処理事業振興財団：誰でもわかる!!日本の産業廃棄物(改訂3版), 大成出版社, pp1-12, 2008.

2) 川崎了・村尾彰了・広吉直樹・恒川昌美・金子勝比古：生物の代謝活動により固化する新しいグラウトに関する基礎的研究, 日本応用地質学会, 応用地質, 第47巻, 第1号, pp2-12, 2006.

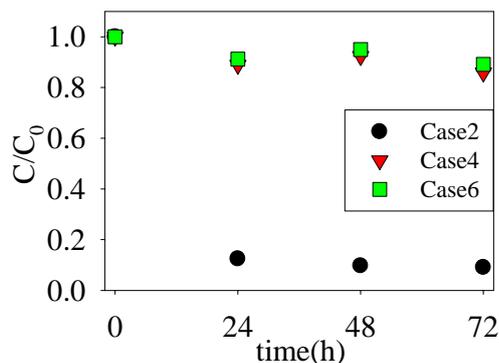


図-1 Ca イオン濃度低下率経時変化

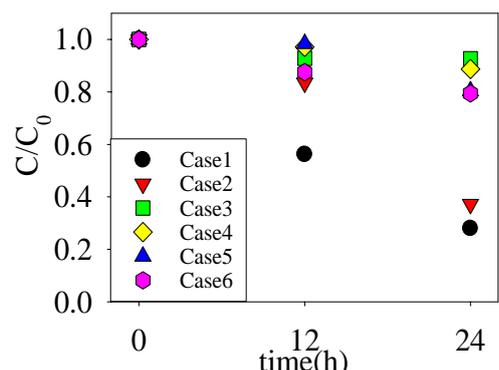


図-2 Ca 濃度低下率に及ぼす溶媒の影響

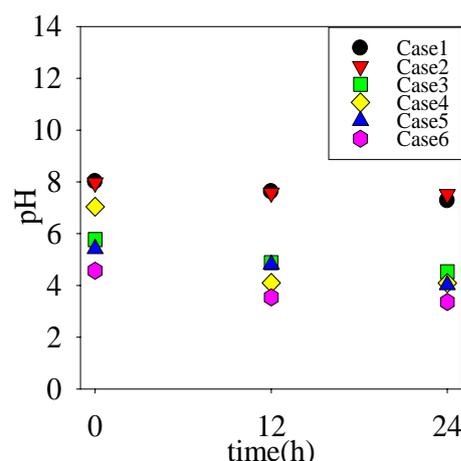


図-3 pH 変化に及ぼす溶媒の影響

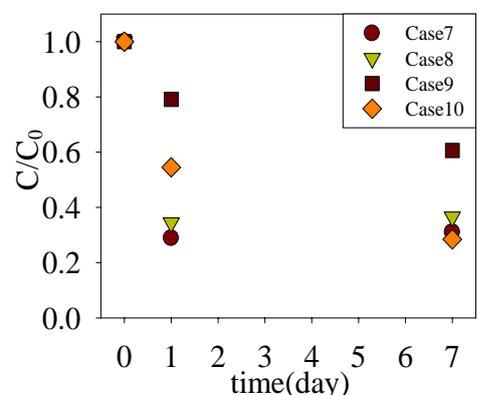


図-4 Ca 濃度低下率に及ぼす有機栄養源の影響