

微生物代謝を用いた処分場の覆土層における Ca イオン濃度の低減に関する研究

熊本大学 学生会員○下屋敷 寛弘 熊本大学 正会員 棕木 俊文
 熊本大学 学生会員 吉永 智昭 北海道大学 正会員 川崎 了

1. はじめに

廃棄物埋立処分場（以下、処分場）において、微生物による有機物分解の際に二酸化炭素が発生し、浸出水中に含まれるカルシウムイオンと反応することで炭酸カルシウムが析出する。これは、污水集水管にクロッキング現象を引き起こすことから、処分場内に汚染物質が貯留し処分場内部の化学的安定化の遅延化へと繋がる危険性がある¹⁾。そこで本研究の目的は、処分場の覆土層において浸出水中のカルシウムイオンと微生物代謝に伴う二酸化炭素を強制的に反応させることで炭酸カルシウムを析出させ、浸出水中のカルシウムイオン濃度を低減させることである。本報では微生物代謝に伴って発生する二酸化炭素を測定後、X線 CT 法を用いて処分場モデル化供試体における微生物代謝による二酸化炭素発生時の内部挙動を非破壊で可視化し、地盤材料内部におけるカルシウム濃度の分布について評価したので報告する。

2. 実験方法

2.1 二酸化炭素発生量評価試験

図 1 は二酸化炭素測定実験に用いた装置の模式図である。体積 50L の密閉容器内に微生物とカルシウム溶液を混入した溶液を設置し、送風機を用いて CO₂ 濃度測定センサーへと容器内の空気を送り、その二酸化炭素濃度を測定した。1 分おきに 24 時間測定し、測定条件は温度を一定とするために 25℃の恒温室内で実験を行い、密閉容器内に設置した温度メーターにより観測している。

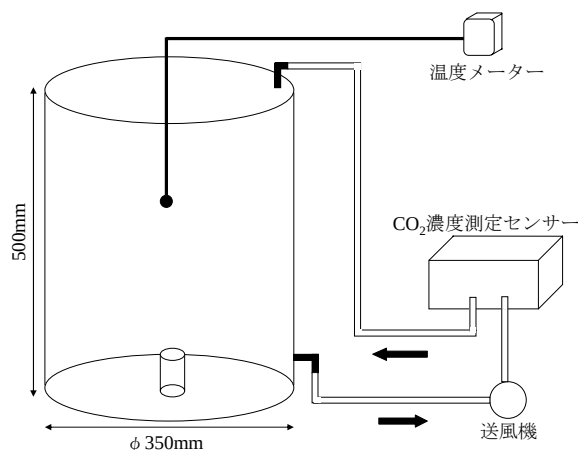


図 1 二酸化炭素発生量評価試験装置

2.2 処分場覆土層モデル化試験

図 2 は今回作成した処分場モデル化供試体のイメージ図である。覆土層には硅砂 8 号および微生物としてイースト菌を使用し、廃棄物層には有機栄養源としてグルコースを使用した。覆土層は絶乾状態で乾燥密度 1.40(t/m³)となるように充填した。カルシウム溶液には溶媒には炭酸カルシウムの析出を促すために pH8.0 トリス緩衝溶液を使用し、溶質に硝酸カルシウムを使用した。また、作成した供試体について上部より 0.1(mol/L)のカルシウム溶液を注水した。以上のように、同種の供試体を二つ作成し、一つは散水直後に CT 撮影を行い、もう一つは 25℃で 24 時間養生した後に CT 撮影を行った。これは養生前後の供試体の変化を評価する必要があるが CT 撮影を行った場合、X 線の影響により微生物の数が減少する危険性があるためである²⁾。また、CT 撮影後の覆土層におけるカルシウムイオン濃度を計測するために、上部覆土層を 3 等分し、その中から 1g ずつ試料を採取した後、さらに蒸留水に溶解させ、カルシウムイオン濃度の計測を行った。

3. 実験結果

図 3 は二酸化炭素発生量測定試験の結果である。二酸化炭素の発生量は測定開始直後において、7 時間経過後から急激にその量が増加している。開始直後から 1 時間目までの発生量が 0.149L なのに対し 7 時間目から 8 時間目までの発生量が 1.297L と 8.705 倍に増加していることから明らかである。このことから微生物の代謝活動が活発になるためには多少の時間が必要であると言える。

図 4 は X 線 CT 撮影結果である。CT 画像是 256 階調の白黒濃淡画像として表示されており、白い部分ほど高密度領域、黒い部分ほど低密度領域を示している。初期の CT 画像と養生後の CT 画像を比較した場合、養生後の画像では低密度領域が局所的に発生している観察できる。養生後に確認された低密度領域の位置が有機栄養源の位置とほぼ一致していることから、微生物代謝によって供試体内で発生した二酸化炭素が低密度領域を形成した

と言える。そして、図 3 より 24 時間後には 37.99L もの二酸化炭素が発生していることがわかり、これは供試体の体積の 387.0 倍に相当する。したがって、この二酸化炭素量が図 4(b)の画像における中央に存在する局所的な間隙と上部覆土層に存在する多数の間隙を形成したと言える。また、上部覆土層内において水平方向に筋状に低密度領域が形成されていることから、二酸化炭素は上部覆土層まで拡散していると考えられる。

図 5 は二酸化炭素が発生したことによる供試体内のカルシウムイオン濃度の分布を調べた結果である。縦軸は各位置における初期のカルシウムイオン濃度により正規化した上部覆土層内の鉛直方向のカルシウムイオン濃度分布である。また、横軸は廃棄物層から上部覆土層表面までの距離で正規化した廃棄物層から試料採取地点までの距離である。初期の供試体内部から計測された Ca イオン濃度と比較し、養生後の供試体内部では 75%の濃度低下が確認できた。図 4 の考察でも述べたように二酸化炭素が大量に発生したため、覆土層の内部まで二酸化炭素が拡散し、供試体全域で炭酸カルシウムが析出したといえる。これらの結果より、厚さ 2.5mm の有機物栄養層に対する微生物の活発な代謝活動は、少なくとも厚さ 2.5cm の覆土層全域に炭酸カルシウムを析出させることが可能であるといえる。

4. 結論

微生物代謝は有機栄養源が存在する廃棄物層の近くで活性化し、大量に二酸化炭素が発生させる場合、二酸化炭素は廃棄物層内全域に広がり、炭酸カルシウムが覆土層内で一様に析出することが期待される。このため浸出水中のカルシウムイオン濃度が低減され、污水集水管におけるクロッキング現象の発生をおさえることが期待される。

【参考文献】

- 1) 吉田秀雄, 原田浩幸, 中島重旗: 都市ゴミ焼却残渣における Ca^{2+} の溶出特性に関する研究, 第2回廃棄物学会研究発表会, pp.297-300, 1991.
- 2) 増野陽一, 許玉福, 中井亮祐, 長谷川剛史: 大線量X線およびFe イオン照射の照射に対する放射線耐性生物の生存に関する予察的研究, Space Utiliz Res, 24, pp.314-316, 2008

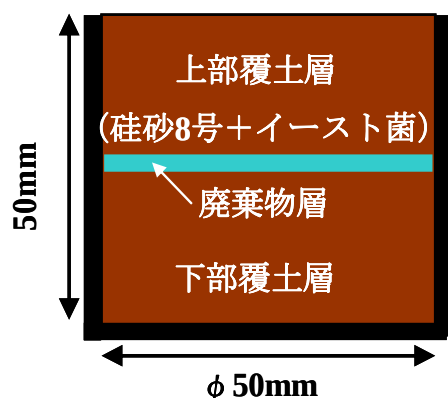


図2 処分場モデル化供試体

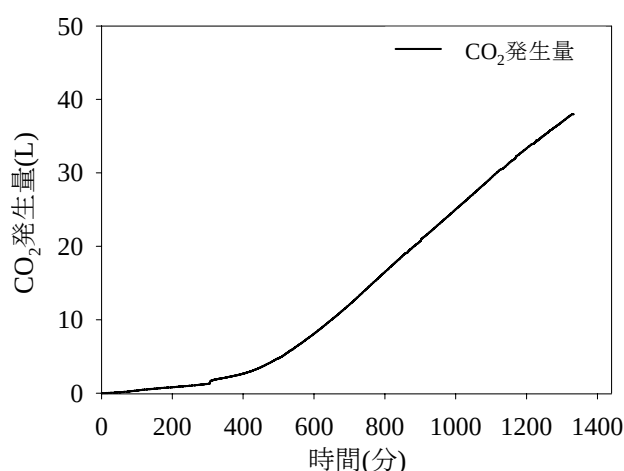
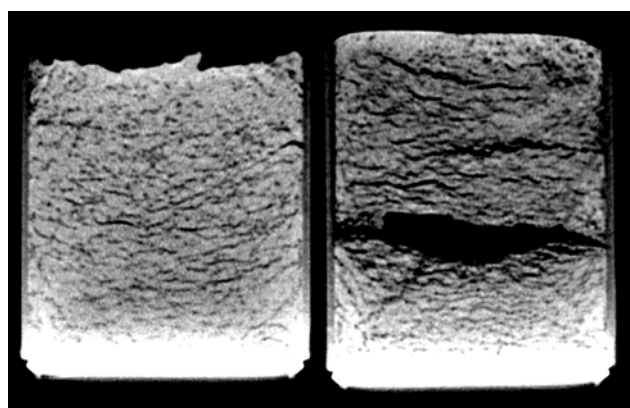


図3 二酸化炭素発生量の時間変化



(a)初期

(b)養生後

図4 X線CT撮影画像

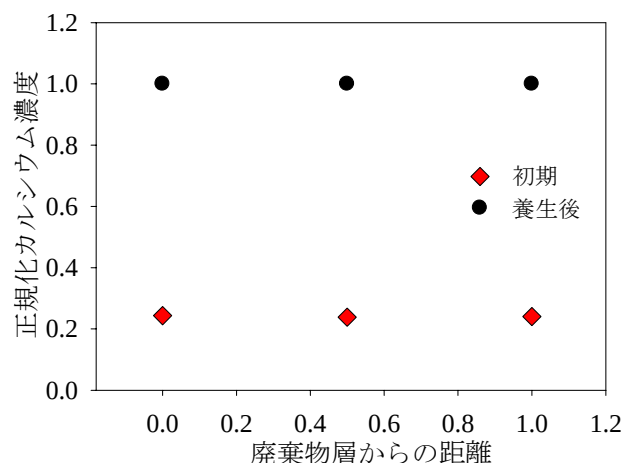


図5 供試体内のカルシウム濃度分布