

油汚染浄化における土壌ガス(CO₂)の測定と現場管理指標としての適用性に関する基礎的実験

熊谷組 正会員 ○河村 大樹
熊谷組 正会員 佐々木 静郎
熊谷組 中村 孝道

1. はじめに

油汚染土壌の微生物分解では、油を水と CO₂ に分解する。既往の研究では、CO₂ の発生量と油分濃度にある程度の相関が示されていることから、汚染サイトから発生する CO₂ を計測し、汚染状況のモニタリングが試されている。ただし、CO₂ 発生量が少ないことから、ガスクロマトグラフを用いて CO₂ の測定を行う必要があり、現場におけるモニタリング手法としては適していなかった。筆者らは、CO₂ の排出量が多い油汚染土壌の微生物分解の場合、現場でリアルタイムに CO₂ を計測することで、浄化の進行状況や微生物活動状況が把握できるのではないかと考えた。

本試験では、土壌から発生する CO₂ を現場でリアルタイムに測定する方法のうち、比較的安価で簡便なチャンバー法によって発生する CO₂ を計測し、低減する油分濃度と比較することで、浄化の進行状況を予測できるかどうかの可能性を検討した。得られた知見について報告する。

2. 試験概要

2.1 試験条件

試験条件を表-1 に示す。土壌成分(a)では山砂に栄養塩、有機資材、(b)では、さらに、石油分解菌 (*Rhodococcus erythropolis*.NDKK6 株) を混ぜ合わせた。土壌成分(c),(d),(e)では山砂に油分濃度が 4,000 mg/kg-dry 程度になるように所定量のタービンオイルを添加した。その後、表-1 に示した通り、栄養塩、有機資材、および石油分解菌 (*Rhodococcus erythropolis*.NDKK6 株) を混ぜ合わせて、模擬油汚染土壌を作製した²⁾。それぞれの作製した土壌を供試土とした。土壌成分(a),(b)では有機資材と石油分解菌から発生する CO₂ を調査し、土壌成分(c),(d),(e)では微生物分解で発生する CO₂ と油分の低減について調査した。

表-1 試験条件

	土壌成分			計測項目	
	有機資材	石油分解菌	油	CO ₂ 発生速度 (mg-CO ₂ /m ² /h)	油分濃度 (mg/kg)
(a)	○	×	×	○	
(b)	○	○	×	○	
(c)	×	×	○	○	○
(d)	○	×	○	○	○
(e)	○	○	○	○	○

2.2 CO₂ モニタリング装置

図-1 にモニタリング装置での測定状況を示す。チャンバーの直径は 20cm で内部には CO₂ センサーとファンが取り付けられている。土壌の面積・時間当たりの CO₂ 放出量(SRr(mg × CO₂/m²)/h))は以下の式により算出した³⁾。

$$SRr((mg \times CO_2/m^2)/h) = \Delta CO_2(mg/m^3)/\Delta t(h) \times V(m^3)/A(m^2)$$

ここで、 $\Delta CO_2(mg/m^3)$: Δt における CO₂ の変化濃度、 $\Delta t(h)$: CO₂ の変化濃度を測定した時間、 $V(m^3)$: チャンバーの容積、 $A(m^2)$: チャンバーの底面積とする。

2.3 試験手順

2.1 で作成した(a)～(e)の土壌を直径 25cm、高さ 26cm の容器の底面から 20cm まで充填し、5 つの供試体を作成した。1 日 1 回 CO₂ モニタリング装置を土に 2 cm 程度差し込み 10 分間計測し、面積・時間当たりの CO₂ 発生速度を計算した。その後、土壌試料を採取し、油分濃度を分析した。

キーワード 油汚染土壌、微生物分解、CO₂ 発生速度

連絡先 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 (株)熊谷組 技術研究所 TEL 029-847-7505

3. 試験結果

3.1 微生物分解によって発生する CO₂ 発生速度の把握

有機資材と油分分解菌の非浄化活動時(表-1 土壌成分(a),(b))に発生する CO₂ と、有機資材と油分分解菌の浄化活動時(表-1 土壌成分(c),(d),(e))に発生する CO₂ を調査した。結果を図-2 に示す。土壌成分(a),(b)では、CO₂ の発生速度はある程度一定で、日数が経過するにつれて徐々に低下する傾向を示し、21 日後には CO₂ の排出がほとんどなくなった。一方、土壌成分(c)では日数が経過しても CO₂ はほとんど測定されなかった。土壌成分(d)と(e)では、2 日目に CO₂ 発生速度が最大となり、そこから緩やかに低下し、21 日後には CO₂ の排出がほとんどなくなった。全体を通して CO₂ の発生速度は油分が含まれる土壌の方が 2 倍程度高い値を示した。油分を含む土壌では、有機資材や油分分解菌によって油分分解が活動的になると考えられる。

3.2 CO₂ 発生速度と油分分解に関する考察

CO₂ 発生量と油分分解の関係性を把握するために、油分の残存率の経時変化と比較した。図-3 に、表-1 の土壌成分(c),(d),(e)における CO₂ 発生速度と油分残存率を示す。(c)では、油分分解がされないため、土壌から CO₂ はほとんど排出されなかった。(d),(e)では、有機資材に含まれる微生物や油分分解菌の活動によって油分分解され、(c)と比べて多く CO₂ が排出された。2 日目に CO₂ の発生速度が最大となっているのは、有機資材中の有機物を先に微生物が消化していることが要因として考えられる。それ以降は、油分濃度と CO₂ の発生速度は比例傾向を示した。油分濃度が低下すると、有機資材や油分分解菌の活動量が低下し、それに伴って CO₂ の発生量も低下することが要因の 1 つと考えられる。

4. まとめ

油汚染浄化での CO₂ 発生速度を把握し、油分濃度の経時変化と比較し、以下の知見を得た。

- (1)有機資材と油分分解菌の CO₂ 発生速度は浄化活動時の方が非浄化活動に比べて全体を通し、2 倍程度高い値を示した。
- (2)有機資材と油分分解菌は浄化活動の有無にかかわらず、21 日後には CO₂ の発生はほとんど無くなった。
- (3)油分濃度と CO₂ の発生速度は比例傾向を示した。

今後は本法の適用限界を調べるため、低濃度の油汚染土壌における CO₂ 発生速度を計測し、限界値を求めるとともに現場での計測を行う予定である。

参考文献

- 1)岡村和夫他：地中 CO₂ による油汚染土壌の簡易モニタリング技術の開発 清水建設研究報告第 83 号
- 2)村上順也他：油汚染土壌のバイオ浄化における添加資材の効果 土木学会第 71 回年次学術講演会
- 3)中外テクノス株式会社：土壌改良後の土壌からの温室効果ガス排出量算定方法

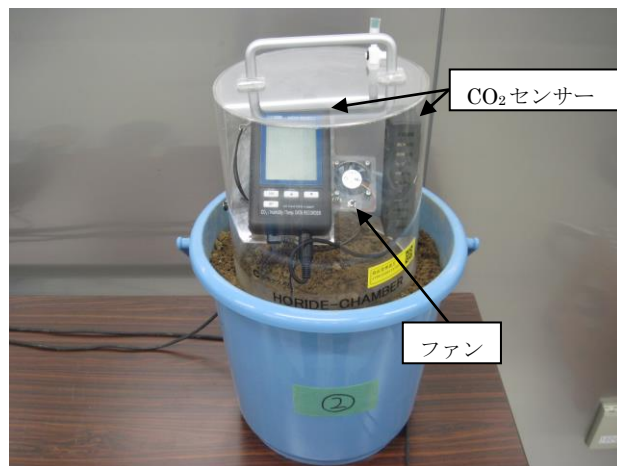


図-1 CO₂ 計測状況

恒温恒湿室にて温度 30℃、湿度 50%で養生。1 日 1 回表面が乾かないよう水分調整を行う。

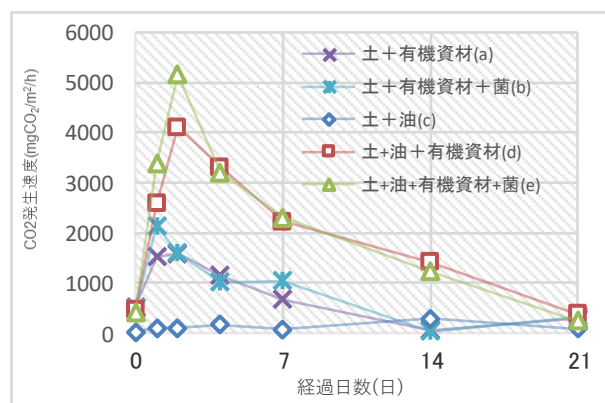


図-2 各土壌成分における CO₂ 発生速度

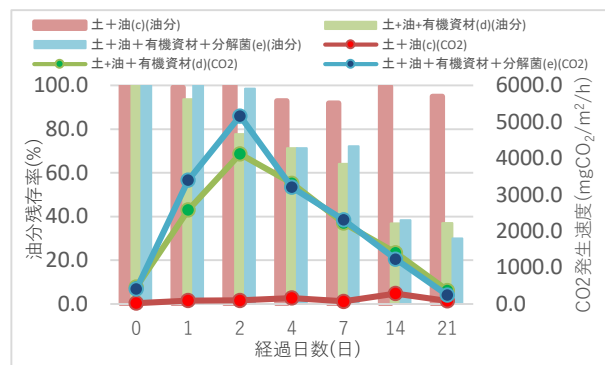


図-3 油分残存率と CO₂ 発生速度