

バイオパイル工法による大規模エステル類含有土壌の加温試験と室内試験との温度浄化比較

鹿島建設 正会員 ○河野 麻衣子 鹿島建設 正会員 河合 達司
 鹿島建設 正会員 川端 淳一 鹿島建設 西牧 宏明
 鹿島建設 仲山 賢治 東邦ガス 正会員 桐山 久

1. 目的

バイオパイル工法による油の浄化処理は、温度等の環境条件の影響が大きく、低温になる冬期とそれ以外の季節における浄化速度に大きな差がある。昨年度の土木学会では¹⁾、低温環境における浄化期間は、通常の2倍必要であるとの室内試験結果を報告した。しかし限られた施工期間の中で浄化を達成させるためには、冬期においても施工期間短縮のための対策を講じることが必要である。本報では現場に加温システムを導入し、土中温度を昇温させ、微生物活性や気相油分濃度減少を非加温パイルや室内実験と比較し、浄化特性の検証を行う。

2. 工事概要

表-1 浄化工事の概況

当該サイトは化学工場跡地で、国内でも有数のバイオパイル工法の大規模工事である。浄化工事の概況を表-1に示す。バイオパイルの形状はW24m×D8m×H2.2m(土壌量約300m³)であり、20基のバイオパイルを配置した。夏季の養生を8週、冬期は15週とし、攪拌頻度は夏期、1回/2週、冬期は1回/4週とした¹⁾。

項目	仕様
敷地面積 (m ²)	49,000
油分濃度 (mg/kg)	平均約 4,000 (調査時)
汚染土壌量 (m ³)	17,894
浄化対象	エステル類含有油汚染
土質条件	シルト混じり細砂主体 (礫、粗砂、粘性土)
工期	2010年7月~11年9月

3. 加温概要・方法

土壌の加温方法として、ロードヒーティングシステムと有機資材添加法の2方法に着目し、加温区と対照区(無対策工区)と比較し、その促進効果を評価した。表-2に加温システムの概要と方法について示す。

表-2 加温概要と方法

方法	ロードヒーティングシステム	有機資材添加
原理	パイル底部にヒーティングケーブルを敷設し、通電によりパイル土壌を直接加温する。	パイルに有機資材を投入し、発酵熱を利用してパイル温度を上昇させる。
特徴	-20℃の環境下でも、土壌温度を30℃以上に維持可能。	既存栄養塩に薬剤を加え、発酵温度を制御する。
期間	加温区: 2/17-4/6 対象区: 2/27-5/11	加温区: 2/25-4/18 対照区: 3/5-5/25
方法	① パイルの底部にヒーティングケーブルを敷設。 ② 加温区、対照区のパイルを成型。 ③ バイオパイルの上面からの深度 TL (Top Level): 0, -0.5, -1, -1.5, -2m の位置にロガーを埋設。 ④ 22日間通電・加温。停止後、60日まで経過観察。 ⑤ 約 TL -1m の地点で土壌ガス測定 (回/週)	① 栄養塩と共に有機資材を0.5%濃度で添加。 ② 加温区、対象区のパイルを成型。 ③ バイオパイルの上面からの深度 TL(Top Level): 0,-0.5,-1,-1.5,-2m)の位置にロガーを埋設。 ④ 約 TL -1m の地点で土壌ガス測定。(回/週)



4. 加温結果

図-1~2に各 TL 温度結果を示す。土壌ガスの測定は土壌ガス測定器 Ecoprobe5 を使い、O₂、CO₂、CH₄、気相中油成分 (PID、TP) を測定した。加温による微生物活性増加と油分濃度減少の確認のため、CO₂ と PID の経時変化を図-2~4に示した。図-1、2よりヒーターは特にパイル底部で50℃以上になる等、高温を記録した。一方、有機資材はヒーター程高温ではなかったが、試験期間中、加温効果が継続した。また、図-3、4より、PID 測定値がヒーターは約50日、有機資材は60日で定量下限に達した。一方、CO₂濃度は前者で30日、後者で40日にピークを迎え、PID が収束した頃にはフラットになっている。これは、土壌中の油成分が分解されて排出される CO₂ がほぼ落ち着いた事を示している。また、有機資材の方がヒーターよりも CO₂ 濃度が高い理由は、原料に有機物を

キーワード バイオパイル工法, エステル類, 浄化速度, バイオレメディエーション, 土壌・地下水汚染

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19番地1号 鹿島建設株式会社 TEL042-489-6671

含むため CO₂ 分解量が多かったためと考えられる。両加温方法とそれぞれの対象区と比較した CO₂ と PID の浄化速度はヒーターでは 1.7~2.1 倍、有機資材では 1.5~1.8 倍であり、いずれも工期短縮が可能である。

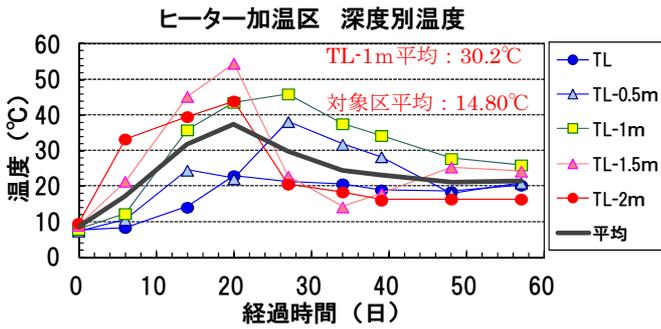


図-1 ヒーター温度経時変化

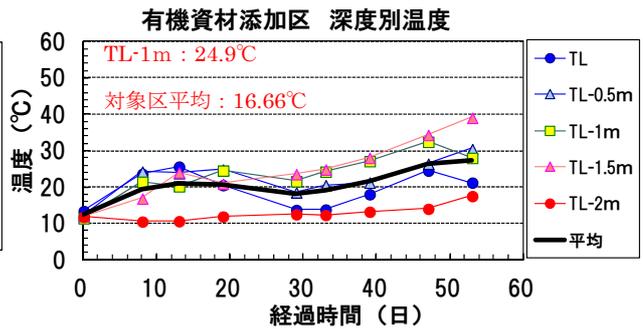


図-2 有機資材温度経時変化

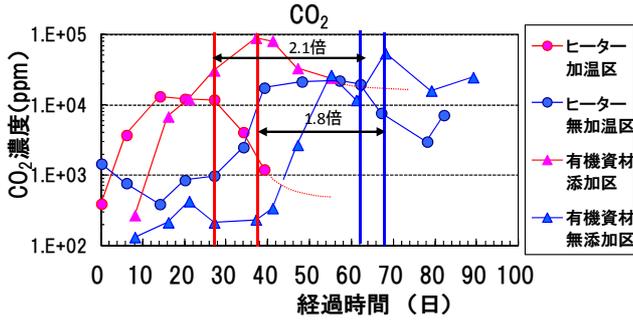


図-3 CO₂ 濃度の経時変化

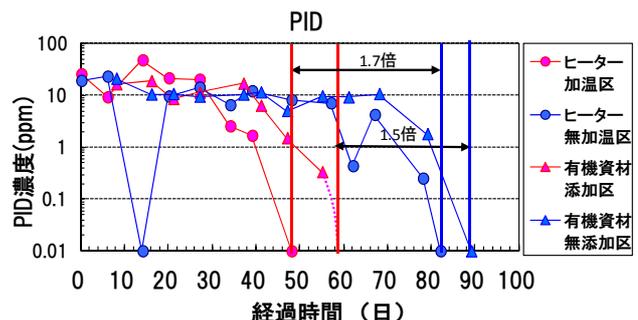


図-4 PID 濃度の経時変化

5. 室内試験結果

昨年度の土木学会で、TPH 濃度約 3000 mg/kg の土壌を 5、10、15、20、30、40、50°C の 7 ケースの温度設定した恒温槽で約 4 ヶ月間培養し、Ecoprobe5 を用いてモニタリングしたことを報告した。図-1、2 より現場の加温区の温度を約 30°C、対象区温度を約 15°C として、室内試験の 15°C と 30°C の CO₂ と PID 結果と比較した。(図-5、6) ただし室内試験では一定 O₂ 濃度を下回った時に O₂ を供給するバッチ試験のため、経時変化での評価が難しいので、CO₂ 積算発生量を算出し、増加 CO₂ 量が平衡に達した時を浄化終了とした。図-5、6 より 30°C は 15°C の浄化速度の 2.3~2.9 倍なので、室内の方が現場より若干速いことが分かった。これは恒温培養した室内試験に対し、現場の土中温度差分が影響していると考えられる。例えば TL-1m のヒーター加温区の温度差分は Max46°C-Min7.9°C = 38.1°C。また有機資材の加温区では、Max32.5°C-Min11.5°C=21°C で、その差は明瞭である。しかし、温度影響の大きい生物処理法という事を留意すれば、この差は誤差内と考えられる。よって、室内試験と現場の浄化速度の結果は整合性があるといえる。

7. まとめ

冬期における加温システムの導入により、通常時の 1.5~2 倍の工期短縮が可能であることが確認できた。また、工期短縮効果を予測するために、室内試験の浄化速度結果を適用する事が可能であると示唆された。

8. 参考文献

1)河野麻衣子他、第 66 回年次学術講演会後援概要集、VII-180

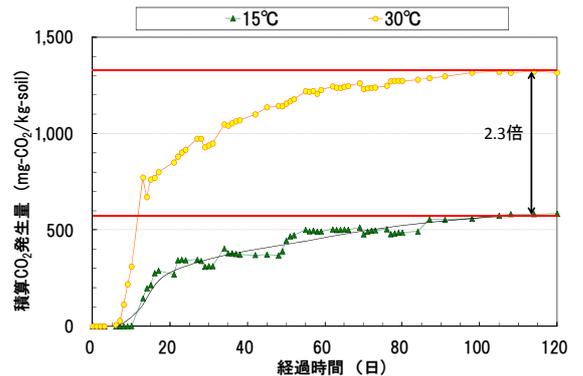


図-5 室内試験 CO₂ 積算発生量経時変化

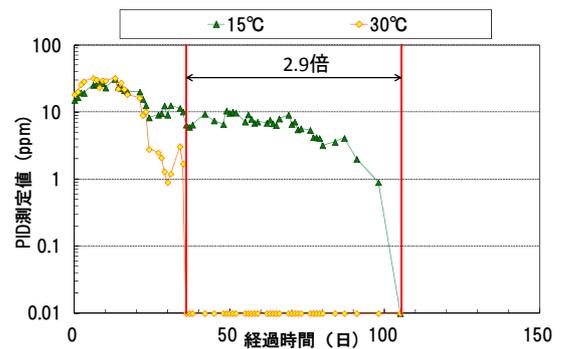


図-6 室内試験 PID 経時変化