

VII-278

石油汚染土壌バイオレメディエーションにおける栄養塩添加効果の比較

大成建設技術本部 正会員 谷口 敦 技術研究所 正会員 帆秋 利洋
技術研究所 正会員 川又 陸 技術研究所 正会員 大場 美保

1. はじめに

石油汚染土壌のバイオレメディエーション技術を実用化することを目的に、重油に汚染された土壌を用いたパイロット規模の実証実験を行った。本実験は、平成7年9月よりおよそ1年間にわたり実施し、さまざまなデータを収集するとともにバイオレメディエーション技術の有効性について検証した¹⁾。本報では、栄養塩の添加方法の異なる2系の実験条件において、栄養塩添加効果を比較した結果について報告する。

2. 実験方法

当該土壌は、おもに重油留分を含有する砂質土壌であり、初期の全石油系炭化水素濃度（TPH）約52,000mg/kg乾土、自然含水比9.4%、水素イオン濃度（pH）7.9である。（表-1）

栄養塩の投与は実験初期の盛土前に行い、表-2に示す条件にしたがい、系Aには無機栄養塩を所定量溶解した水溶液を、系Bには粒状化成肥料と水を、それぞれスタビライザーによって攪拌混合した。栄養塩の混合が完了した土壌をほぼ均一な密度となるように盛土し、透気管、真空プロアにより吸引式の連続通気を行った（図-1）。全土量30m³に対する通気量は0.5～2.0m³/分で酸素消費速度の変化に応じて調整した。

実験期間中のサンプリングは、1回の分析・測定につき任意の3箇所より行い、直径30mmのステンレス管を土中に貫入させることにより行った。各サンプルにつき、TPH、TLC/GC-FIDによる分画成分、水溶性栄養塩濃度の分析、最確値法（MPN法）による生菌数の測定を行った。TPHは四塩化炭素抽出液を赤外線分光光度計（IR）により、分画成分はクロロホルム抽出成分をTLC/GC-FIDにより分析した。栄養塩濃度は硝酸、亜硝酸、アンモニウム、リン酸の各イオン濃度をイオンクロマトグラフィーにより定量した。また、これらの分析に加えて、呼吸速度テスト²⁾、土中温度の計測を行った。呼吸速度テストは、盛土中に設置したモニタリング孔により通気停止直後の酸素濃度、二酸化炭素濃度の変化を測定するものであり、これにより酸素消費量および二酸化炭素生成量を算出した。

表-1 供試土壌の初期性状

項 目	測定結果	測定方法
土 質	砂質土	—
自然含水比	9.5 %	地盤工学会基準
水素イオン濃度	7.9	精製水抽出ガラス電極法
油分含有量	52000 mg/kg	四塩化炭素抽出IR分析
油分溶出量	1000～1500mg/ℓ	S51環境庁告示3号

表-2 実験条件

系	混和物	添加栄養塩濃度 (mg/kg-乾土)		含水比 (%)	乾燥 密度 (g/cm ³)
		窒素 N	リン P		
系A	栄養塩水溶液 NH ₄ NO ₃ , K ₂ HPO ₄ , KH ₂ PO ₄	500	100	11.2	1.46
系B	化成肥料+水	1450	150	10.5	1.42

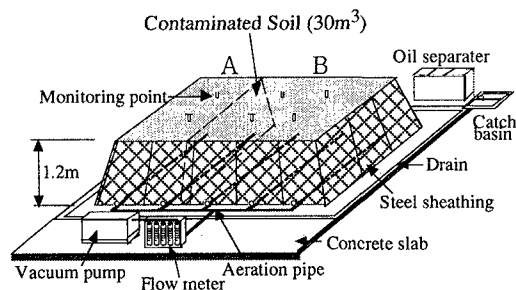


図-1 実験プラント概要図

キーワード バイオレメディエーション 石油汚染土壌
連絡先 〒169 東京都新宿区百人町3-25-1 03-5386-7568

〒275 千葉県習志野市茜浜3-6-2 0474-53-3901

3. 実験結果および考察

図-2に、約300日間の実験結果における系A、BのTPH、土中温度、累積酸素消費量、水溶出栄養塩濃度（窒素）の経時変化を示す。

最終分析を行った300日の時点でTPH除去率は、系Aが50%、系Bが18%となり、栄養塩を水溶液態で添加した系Aの方が除去効果が高かった。これは、事前に行った室内実験での検討結果³⁾と同様の結果であり、栄養塩の添加方法によってバイオレメディエーションの効果に大きな差が生じることを、パイロット規模の実験で再現することとなった。また、累積酸素消費量の比較において、300日間で系Aは系Bの4倍以上の値を示したほか、土中温度も系Aは系Bより終始高い温度を示していた。これらの結果は、系Aが系Bに比べてより土壌微生物の分解活性が大きかったことを示している。すなわち、系Aの条件が、均一性や濃度などの条件において、より有利な形態で栄養塩の添加が行われたものと考えられる。

図-3には窒素濃度（水溶出により測定した硝酸、亜硝酸、アンモニウム態窒素濃度の合計値）の経時変化を示す。系Aは、実験開始後60日ごろまでに窒素濃度はおおむね減少し、その後は微量の濃度で推移した。この結果により、効率的に栄養塩が添加されたことを示した。一方で、系Bは窒素濃度は減少したが約300日まで多量の窒素濃度が測定された。これは、系Bが粒状の化成肥料を用いているため、未溶解の肥料による影響が大きいと考えられるが、水溶性の栄養塩が土壌中に残留するというに加えて、系Aと比較して分解効果がかなり低いということから、今回設定した系Bの条件は好ましいものではなかった。

4. おわりに

石油汚染土壌のバイオレメディエーションにおいて、無機栄養塩の投与は効果的であるが、その効果は添加方法により差が生じる結果となり、事前の室内実験に続き、パイロット規模の実験でもこれを確認した。本実験の系Bのように粒状の肥料を用いる栄養塩の添加方法は、経済的にも施工的にも採用し易いが、水溶液の状態で添加した場合に比べて、細部での均質性に欠け、栄養塩が残留するという問題を含むことから好ましい方法とは言えない。一方で、系Aのように水溶液の状態で栄養塩を混合することを想定した場合、定置型の混合機械で混合することが最適であると考えられ、混合作業にやや高い施工費用を要することも予想されるが、土壌微生物の活性を大きく増大させ効率的な浄化を可能とすると同時に、水域と接し富栄養化が懸念されるような場合には、残留する栄養塩を微量とすることも可能である。

5. 参考文献

- 1) 谷口、帆秋、大場、川又：第31回水環境学会講演集，p.269（1997）
- 2) Robert E Hincbee, Say Kee Ong：J. Air Waste Manage. Assoc., 42（10）p.1305-1312（1992）
- 3) 谷口、藪田、帆秋、大場：第51回土木学会年次講演会要旨，p.138-139（1996）

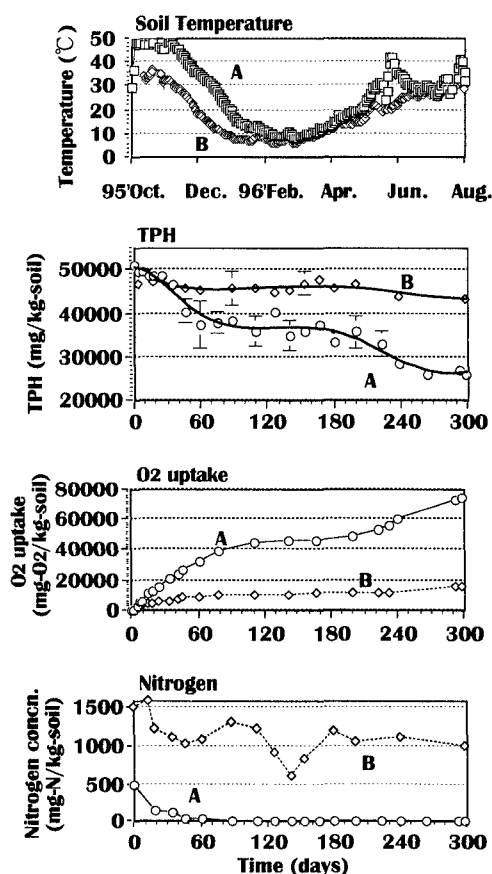


図-2 実験結果