

注入による地盤中の栄養塩拡散に関する実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○稲垣 由紀子
同 上 森 啓年
同 上 正会員 杉田 秀樹

1. はじめに

土壌中に生息する微生物類を利用して、土壌汚染の浄化を促進するバイオレメディエーションでは、栄養塩を注入することが一般的である。その際、栄養塩を汚染土壌全体に拡散させる必要があるが、注入された栄養塩の拡散状況については十分に把握されていない。

そこで、本研究では、模型地盤の中央に設けた栄養塩注入孔から栄養塩を注入して観測することにより、注入方法、土壌の種類等による栄養塩の拡散状況を調べた。

2. 実験方法

図-1 に示すような模型地盤を作製し、模型地盤の中央に設けた注入孔より、模型地盤表面と水頭差を 1cm に保ちながら、栄養塩 200ml を注入した。栄養塩注入後は乾燥対策をして 21 日間観測し、模型地盤内に設けた 3 つの各採水孔より合計 7 回ずつの採水と採取した水の水質分析を行って、栄養塩の拡散状況を調べた。この実験は、注入方法、試料土の種類、栄養塩の種類を変え、表-1 に示すケースで行った。

3. 実験結果

採水した水については、全有機炭素濃度 TOC、水素イオン濃度 pH、酸化還元電位 ORP を調べた。各ケースにおける TOC、pH、ORP の分析値の経時変化について図-2～図-4 に示す。分析値は、注入孔からの中心間距離で 6cm の位置のものである。TOC の値で、ケース 1 の 1 日経過後、ケース 5 の 3 日経過後に突出した値となった。この明確な理由は不明だが、模型地盤内に局所的にできた水みちや採水の影響等によると考えられる。

①注入孔からの栄養塩注入条件による違い

ケース 1 (初期の栄養塩注入のみ)、ケース 1' (ケース 1 終了後の模型地盤にケース 1 と同条件で栄養塩を再注入)、ケース 2 (初期の栄養塩注入の他、観測期間中、注入孔と模型地盤の水頭差を 1cm を保つために適宜水を注入)、の結果を図-2 に示す。

ケース 1 とケース 2 の比較では、TOC の推移に顕著な差は見られなかったが、ケース 2 ではケース 1 に比べて観測期間中の pH および ORP の変化が少ない結果となった。今回は、いずれのケースも定常的な間隙水流を発生させておらず、栄養塩の注入時、採水時、ケース 2 の水の注入時以外では、間隙水の移動はほとんど発生していないと考えられる。そのため、ケース 2 では水の注入により栄養塩の濃度が薄められ、栄養塩注入による影響が緩やかに現れたと考えられる。

ケース 1' は、栄養塩の再注入後 2～6 日程度で、栄養塩の分解によると考えられる TOC の上昇、pH、ORP の低下が見られた。ケース 1 により栄養塩を分解しやすい状態 (pH や ORP の低下した状態) となった模型地盤へ栄養塩が再注入され、短時間で栄養塩の分解が始まったことによると考えられる。

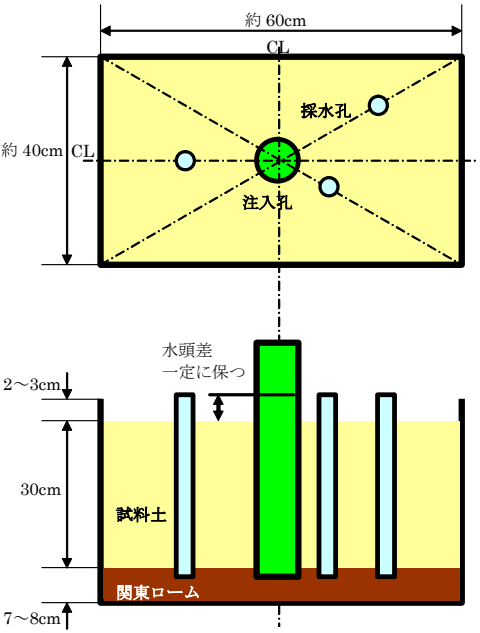


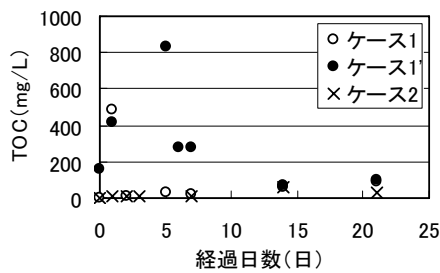
図-1 模型地盤

表-1 実験ケース

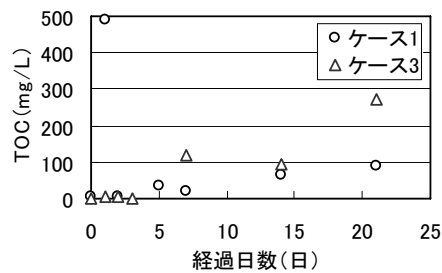
No.	試料土	栄養塩	その他条件等
1	工業用珪砂5号	A(液体タイプ)	—
1'	工業用珪砂5号	A(液体タイプ)	ケース1終了後再注入
2	工業用珪砂5号	A(液体タイプ)	注入孔の水頭差を1cmに保つよう、注入孔に水を注入
3	美浦砂	A(液体タイプ)	—
4	工業用珪砂5号	B(液体タイプ)	—
5	工業用珪砂5号	C(ゲルタイプ)	—

キーワード：土槽実験、栄養塩、拡散

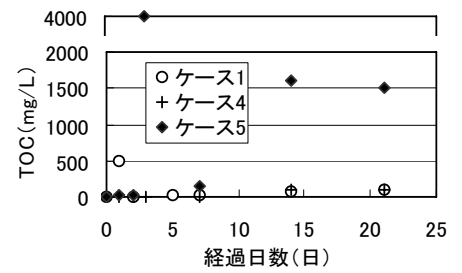
連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 (独) 土木研究所土質・振動チーム TEL：029-879-6767



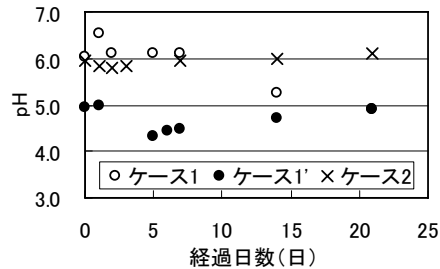
(a) 全有機体炭素 (TOC) の推移



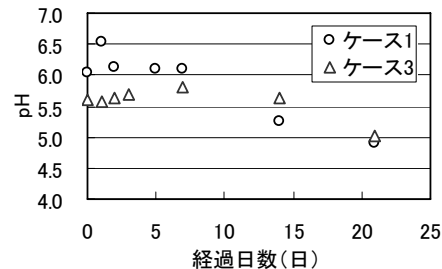
(a) 全有機体炭素 (TOC) の推移



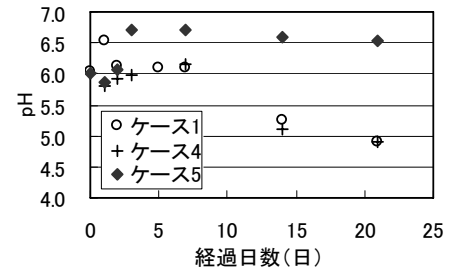
(a) 全有機体炭素 (TOC) の推移



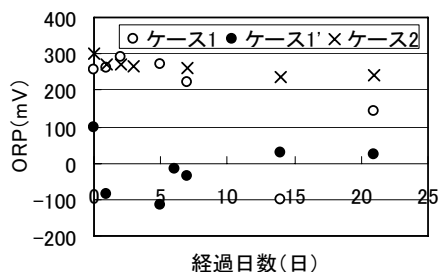
(b) pH の推移



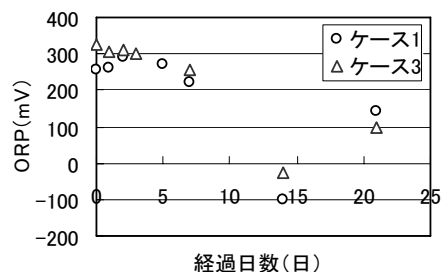
(b) pH の推移



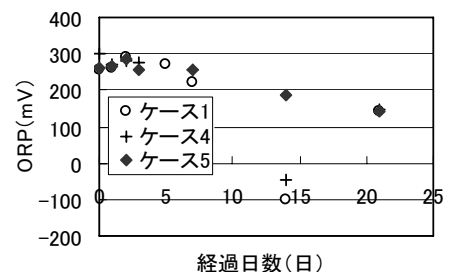
(b) pH の推移



(c) 酸化還元電位 (ORP) の推移



(c) 酸化還元電位 (ORP) の推移



(c) 酸化還元電位 (ORP) の推移

図-2 注入方法による比較

図-3 土の種類による比較

図-4 栄養塩による比較

②土の種類による比較

ケース 1 (工業用珪砂 5 号) およびケース 3 (美浦砂) の比較では、両ケースの pH、TOC、ORP に大きな違いは見られなかった (図-3)。両ケース共、14 日経過後に栄養塩の分解によって考えられる TOC の上昇、pH、ORP の低下が見られた。

③栄養塩による比較

ケース 1 (栄養塩 : A (液体タイプ))、ケース 4 (栄養塩 : B (液体タイプ)) およびケース 5 (栄養塩 : C (ゲルタイプ)) の結果を比較した (図-4)。液体タイプの栄養塩を注入したケース 1 とケース 4 では、TOC、pH、ORP の推移に大きな違いは見られなかった。栄養塩の種類は異なるが、ケース 4 でもケース 1 と同様、栄養塩の分解が起こったと考えられる。液体タイプの栄養塩を注入したケース 1、ケース 4 とゲルタイプの栄養塩を注入したケース 5 を比較すると、ケース 5 の方が、TOC の変化は大きい、pH や ORP の変化は小さくなった。これは、ゲルタイプの栄養塩 C は液体タイプの栄養塩 A や栄養塩 B よりも注入濃度が濃いため、TOC は大きくなったが、粘度が液体タイプの 10 倍以上と高く、間隙水中に溶け出す速度が遅いため、液体タイプに比べて分解が遅く進んだことによると考えられる。

なお、栄養塩の拡散状況に影響を与える要因の 1 つに、栄養塩の土壌への吸着が考えられる。そこで、模型地盤材料に対してバッチ吸着試験¹⁾を行い、着目した物質の土壌への吸着の程度を示す指標となる遅延係数を求めた。液体タイプの栄養塩と模型地盤材料の組合せの場合、ケースも遅延係数は 1 となり、実験では栄養塩の吸着はほとんどなかったと考えられる。

4. まとめ

小型土槽実験により、間隙水の流動がほとんどない条件の下、地盤に栄養塩を注入した際の栄養塩の拡散状況を調べた。その結果、注入条件、土の種類等による拡散状況の違いについて、定性的に把握した。

今後、栄養塩拡散状況について、移流拡散解析による検討、粘性土地盤における場合の検討等を進めていきたい。

<参考文献>独立行政法人土木研究所: 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル[暫定版], pp.123-125、鹿島出版会、2004.5