第Ⅲ部門　　土槽実験による注入空気の移動特性と溶存酸素の評価

立命館大学理工学部　学生員　○堀内　敬康
立命館大学理工学部　正会員　石森　洋行
立命館大学理工学部　正会員　深川　良一
熊谷組　門倉　伸行
立命館大学理工学部　久保　幹

１．はじめに

油汚染対策として、油汚染を取り除く方法には掘削処理技術がよく用いられている。しかし、油汚染は建造物などの下で発覚されるケースが多く、掘削処理技術で対応できない場合がある。このような状況から油汚染を取り除くために掘削処理技術に取って代わる対策技術が求められている。本研究は、原位置バイオレメディエーションに着目して微生物分解の高効率化を目指すものであり、所要の溶存酸素濃度を維持するための空気注入条件を土槽実験により議論した。

２．実験方法

実験で使用した土槽を図 1 に示す。本土槽には、土中に注入した空気の流れを評価するための電極や、それに伴う圧力変化を評価するためのテンシオメータが埋設されている。また、所定位置における溶存酸素濃度を計測するために、土槽内の水を採取するための排水バルブが設置されている。各センサーと排水バルブの配置位置を図 2 に示す。エアポンプを用いて図 2 の空気注入口より空気を注入した。

水中落下法で作製した飽和地盤（珪砂 5 号、乾燥密度 1.4 g/cm^3）に対して空気を注入し、注入条件と空気の拡がり方、それに伴う溶存酸素濃度の増加量の関係を評価した。土槽内の空気の移動特性は、電極から得られる比抵抗分布により面的に評価した。[1)2)] また空気を注入することで変化する溶存酸素濃度を、土槽の所定位置に設置されたサンプリング用のバルブから液体を採取し DO メーターにより評価する。

実験手順は次のとおりで、まず、(1) 低流量（気体流量 1.5 L/min、気体圧力 8.0 kPa）の空気を 1 時間送り込み、(2) その後の比抵抗および溶存酸素の変化を 3 日間みる。続いて、 (3) 高流量（気体流量 8 L/min、気体圧力 12 kPa）の空気を 1 時間送り込み、(4) その後の変化を 3 日間みる、以上の手順で実験を行う。

３．実験結果

(1) 空気の移動特性

土槽内に設置した電極を用いて、比抵抗分布を求めた結果を図 3、図 4 に示す。この図から土中における空気の流れはきわめて不均質であり、一度空気を流れるパスが形成されれば、その後空気はそのパスに沿って流れることがわかる。また、流量を大きくすることで、広範囲にわたり空気を行き渡らせることができる。

図 1　土槽（幅 620 mm×高さ 1200 mm×奥行 150 mm）

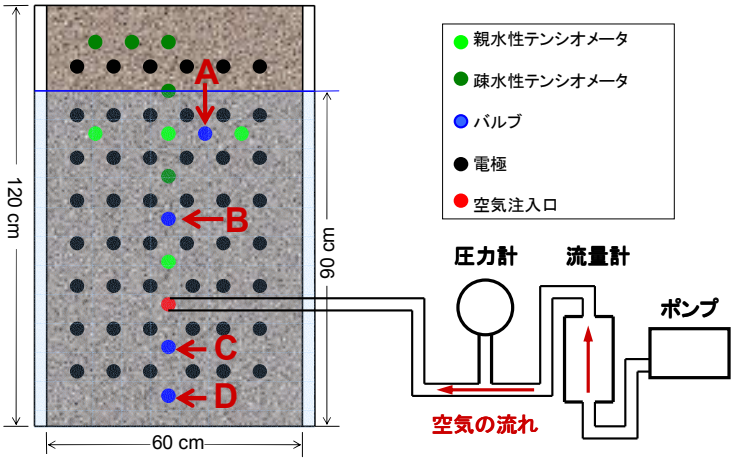
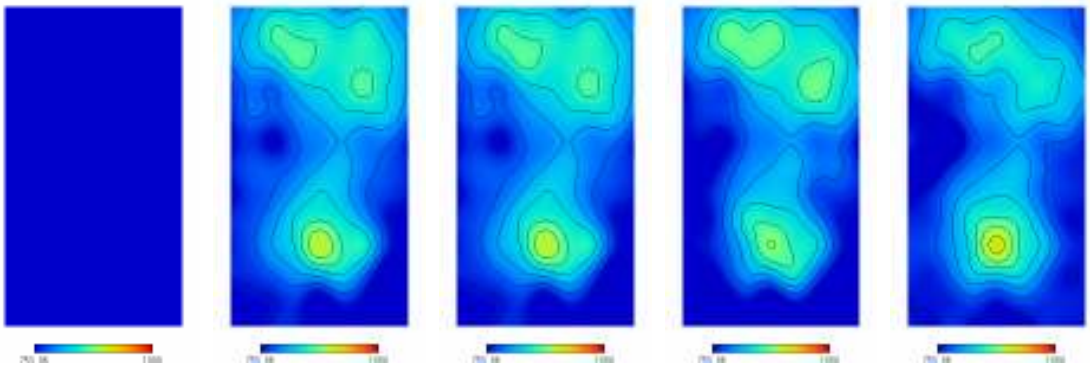


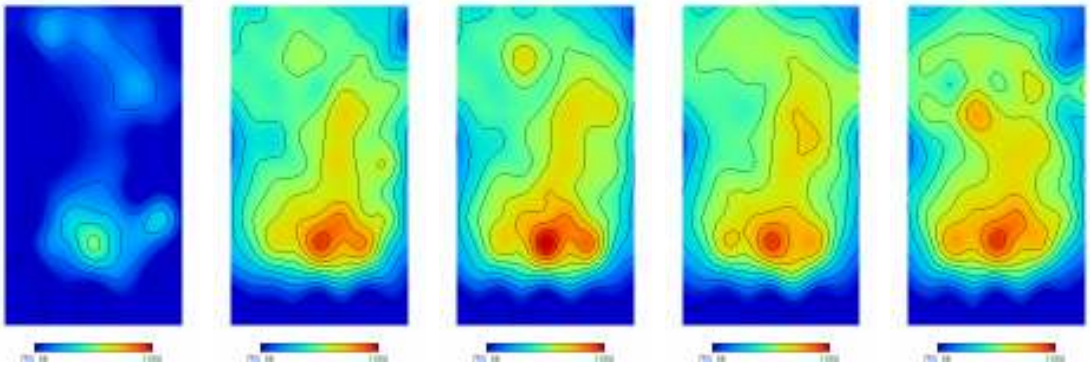
図 2　土槽背面簡易図

Takayasu HORIUCHI, Hiroyuki ISHIMORI, Ryouichi FUKAGAWA, Nobuyuki KADOKURA, Motoki KUBO



注入前　　1 時間後　　10 時間後　　30 時間後　　50 時間後

図 3　低流量（気体流量 1.5 L/min、気体圧力 8 kPa）の比抵抗分布



注入前　　1 時間後　　10 時間後　　30 時間後　　50 時間後

図 4　高流量（気体流量 8 L/min、気体圧力 12 kPa）の比抵抗分布

2) 空気注入に伴う溶存酸素濃度の変化

土槽背面に設置したバルブより土槽内の水を抽出して、DO メーターで溶存酸素濃度を測定した結果を図 5 に示す。空気の注入に伴い、土槽内の溶存酸素濃度の上昇が若干ながら確認されたが、空気の届かない地点 D（図 2 を参照）では、溶存酸素は実験中ほとんど変化が認められなかった。空気注入前から土槽内の溶存酸素濃度は高かったため、溶存酸素濃度の増加は顕著に現れることがなかったと考えられる。

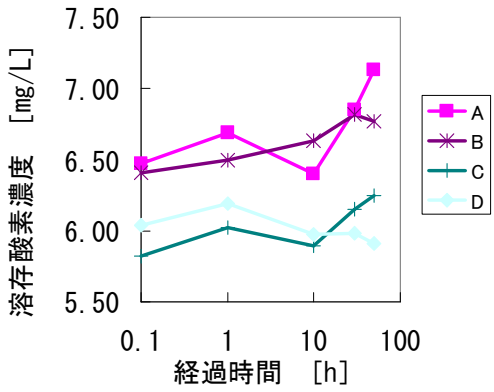


図 5　サンプリングポイントと溶存酸素濃度の時間変化

４．結び

空気の流れを面的に評価する手段として比抵抗トモグラフィは有効な手段と考えられる。流量を大きくすることで、空気は横方向に大きく拡がることが確認された。また、空気の注入によって、空気に曝露された部分については、溶存酸素の上昇が若干ながら認められた。今後の課題として、土槽内の溶存酸素濃度が低い傾向にある状態で空気を注入することで、溶存酸素濃度の時間変化とその上昇量を確認する必要がある。

参考文献

1）堀内敬康、石森洋行、深川良一、門倉伸行、久保幹：地下水中に注入した空気の移動特性と溶存酸素濃度の変化、第 14 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会、2008（投稿中）

2）Lundegard, P. D. and LaBrecque, D. : Air sparging in a sandy aquifer (Florence, Oregon, U.S.A.) : Actual and apparent radius of influence, Journal of Contaminant Hydrology, Vol.19, pp.1-27, 1995.