

地下水変動条件下の LNAPL の挙動に 物理特性が及ぼす影響

Siatua Adrian Easter Lautua

キーワード：地下水位変動、LNAPLs、飽和度、多孔質媒体、簡便画像解析法

1. 研究の背景と目的

石油系炭化水素は水より比重が小さく、水への溶解度が非常に低いことから、LNAPLs（軽質疎水性液体、Light Non-Aqueous Phase Liquids）と呼ばれる。LNAPLs が貯留タンクからの漏洩などによって地盤中に流出すると、土壌・地下水汚染を引き起こすが、特に地下水位の変動は水より比重の小さい LNAPLs の浸透に大きな影響を及ぼす。土壌・地下水汚染の影響予測や合理的な対策の立案においては、地盤中における LNAPLs の浸透挙動、分布特性を適切に把握することが重要となる(Palmer & Johnson 1989)。

本研究では、粘性や比重といった物理特性が異なる複数の LNAPLs を対象として、地下水位変動条件下における砂地盤中の LNAPLs 分布特性を Flores ら (2009) が開発した簡便な画像解析手法を適用して評価した。この画像解析方法は、飽和砂地盤における LNAPLs の浸透挙動を2種類のバンドパスフィルタを装備したカメラで撮影することにより、異なる色で着色した水と LNAPLs の飽和度を個別に同定する手法である。複数の LNAPLs の浸透挙動を比較、検討し、LNAPLs の物理特性が地下水位変動条件下での挙動に及ぼす影響を調査した。

2. 使用材料と実験方法

(1) 使用材料

3.5 cm 四方の正方形断面を有する 50 cm 長の鉛直一次元カラムを用い、地下水位変動条件下の LNAPLs の浸透挙動を評価した。砂地盤の作成には豊浦標準砂を用いた。画像解析を実施するため、水には Brilliant Blue FCF を 0.01% 添加して着色した蒸留水を用い、各種 LNAPLs も Sudan III を 0.01% 添加して着色した。

(2) 簡便画像解析手法

簡便画像解析手法は、LNAPLs 飽和度 S_o 、水飽和度 S_w 、写真撮影で得られた適当な波長に対する平均光学密度には線形的な関係が得られることを利用して、 $S_w = 0\%$ & $S_o = 0\%$ 、 $S_w = 100\%$

& $S_o = 0\%$ 、 $S_o = 100\%$ & $S_w = 0\%$ の 3 つの条件で観測した平均光学密度の値に基づいてキャリブレーション平面を決定し、任意の 2 つの波長に対する平均光学密度から S_w 、 S_o を導出する画像解析手法である。本研究では、450 nm、640 nm の二つの波長のバンドパスフィルタを用いて一定間隔で浸透挙動を写真撮影をし、浸透中の S_o 、 S_w の経時変化を同定した。

(3) カラム試験

カラム試験の実施状況を図-1、使用した LNAPLs の種類と物性を表-1 に示す。実験は気温 20°C、湿度 70% の条件下で実施した。水で飽和した砂地盤上部に LNAPLs を供給し、カラム内の水位を -5 cm (72 時間) → 40 cm (24 時間) の条件で繰り返し変化させ、地下水位変動条件下での LNAPLs 浸透挙動を観察した。

3. 実験結果の要点

簡便画像解析法の適用性を物性の異なる 8 種類の LNAPLs について確認したところ、いずれも良好に水と LNAPLs の飽和度を測定できることが明らかになった。一方、カラム試験においては、粘性係数の比較的高い Low-viscosity paraffin の浸透速度は小さいものの浸透深さは最も大きくなること、密度の影響は有意ではないことが明らかになった。

表-1 実験に使用した LNAPLs の物性

| LNAPLs | 動粘性係数 (mPa·s) | 密度 (g/cm ³) |
|------------------------|---------------|-------------------------|
| Ethylbenzene | 1.5 | 0.87 |
| Low viscosity paraffin | 7 | 0.88 |
| N-Decane | 1.4 | 0.73 |

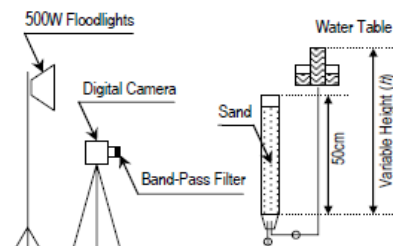


図-1 カラム試験の概要