

Dtransu-2D・EL を用いた最終埋立処分場維持管理のための地下浸透流の評価手法の検討

長崎大学大学院 学生会員 ○中村嘉一
長崎大学大学院 正会員 李 博

長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 杉本知史
長崎大学工学部 学生会員 濱田大輝

1. はじめに

浸透流関連の問題には、灌漑用水の過剰なくみ上げによる塩害¹⁾や最終処分場の遮水工の損壊による有害物質の漏出で生じる土壤汚染²⁾等様々な原因が存在し、それらを防ぐためには、地盤内での地下水の挙動を把握する必要がある。本研究では主に水溶性の金属イオンを想定し、土中での挙動を解析によるシミュレーションの実施で把握することを目的とする。

2. 研究概要

解析にはオイリアン・ラグランジアン法による飽和・不飽和浸透流－移流・分散解析プログラムであるDtransu-2D・ELを用いる。飽和・不飽和浸透流と移流・分散の基礎方程式³⁾を以下に示す。密度依存を考慮した移流分散解析では、濃度変化によって密度が変化する。すなわち、式(1)の左辺第1項の c と左辺第2項の ρ の値が変化し密度流が生じるため、式(1)と式(2)を2段階に連成させて解析を行う。

飽和・不飽和浸透流の基礎方程式

$$\rho_f \theta \gamma \frac{\partial c}{\partial t} + \rho \{ \beta S_s + C_s(\theta) \} \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \{ \rho K_{ij}^s K_r(\theta) \frac{\partial \phi}{\partial x_j} + \rho K_{i3}^s K_r(\theta) \rho_r \} \quad (1)$$

移流・分散の基礎方程式

$$R \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j}) - \theta \rho V_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - R \theta \rho \lambda c - Q_c \quad (2)$$

ここで、 ϕ ：圧力水頭、 θ ：体積含水率、 S_s ：比貯留係数、 $C_s(\theta)$ ：比水分容量、 K_{ij}^s ：飽和透水テンソル、 $K_r(\theta)$ ：比透水係数、 c ：濃度 ($0 \leq c \leq 1$ 、飽和濃度を1として正規化)、 t ：時間、 ρ_f ：溶媒の密度、 ρ ：流体の密度、 ρ_r ：溶媒の密度に対する流体の密度比 (ρ / ρ_f)、 $\beta = 1$ ：飽和領域、 0 ：不飽和領域、 γ ：溶質の密度比、 R ：遅延係数、 D_{ij} ：分散テンソル、 V_i ：実流速、 Q_c ：源泉項、 λ ：減衰定数。

また、分散テンソルは拡散係数も含めた流速に依存する次式を用いた。

$$D_{ij} = \alpha_T \|V\| \delta_{ij} + (\alpha_L - \alpha_T) \frac{V_i V_j}{\|V\|} + \alpha_m \tau \delta_{ij} \quad (3)$$

ここで、 α_T ：横分散長、 α_L ：縦分散長、 V_i ：実流速ベクトル、 $\|V\|$ ：実流速の絶対値、 α_m ：分子拡散係数、 τ ：屈曲率、 δ_{ij} ：クロネッカのデルタ。

解析モデルは室内実験⁴⁾で使用したものを模し、幅39cm、高さ15cm、地盤とタンクの長さが3:1になるように作成する。ここに、 L ：タンクと地盤の境界面からの距離(cm)、 Z ：地表面からの深さ(cm)である。このモデルを用い、珪砂・豊浦砂の2種類で飽和浸透流－移流・分散解析を行う。入力した物性値を表-1に示す。

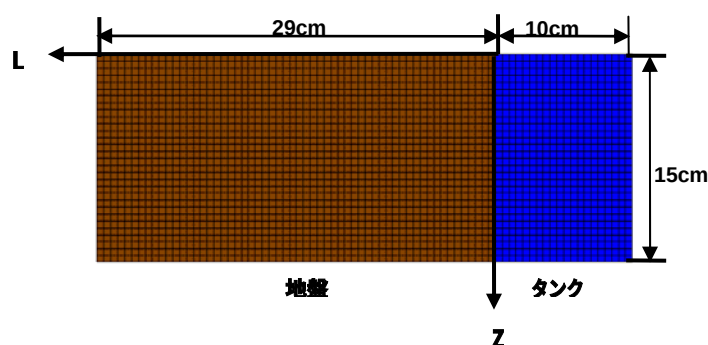


図-1 モデル概要

表-1 各試料の物性値

試料	透水係数 $k(m/s)$	有効間隙率 θ (%)	減衰定数 λ	分配係数 R_d
珪砂	2.2×10^{-4}	15	0	1
豊浦砂	8.9×10^{-5}	15	0	1

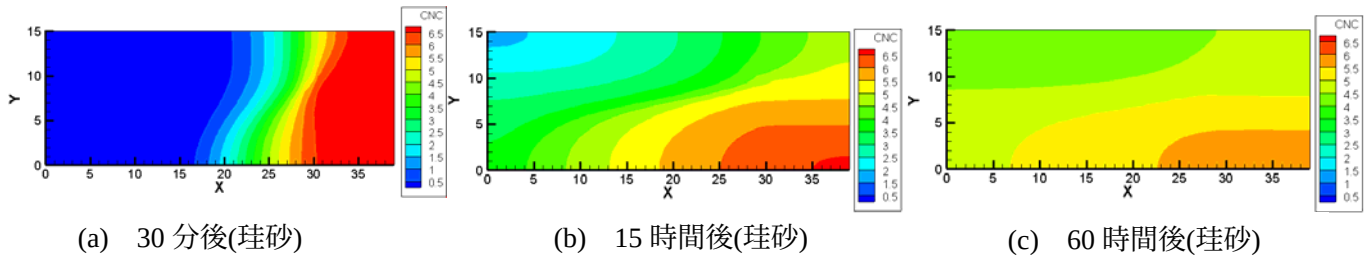


図-2 解析結果の可視化

3. 結果と考察

解析モデルの地盤に珪砂と豊浦砂、タンクに7%のナトリウムイオンを設定し、密度依存を考慮したうえで解析を行った。図-2 は珪砂における各時間ごとの濃度分布を示したものである。珪砂の $(L, Z)=(16, 7.5)$ を基準点とし、 $L \cdot Z$ の各値、試料を変えて比較したものを図-3 に示す。

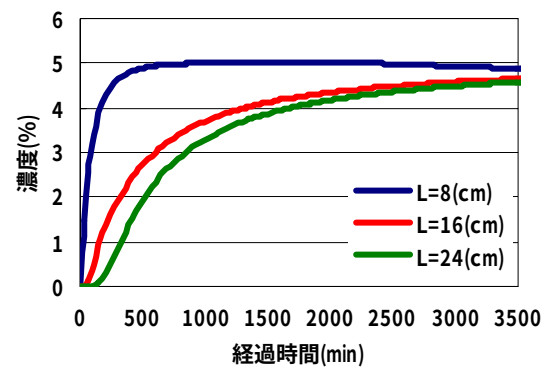
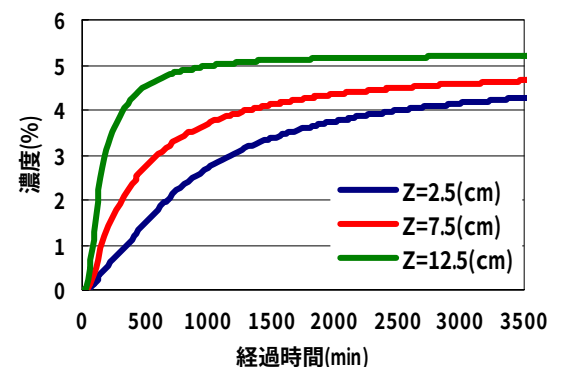
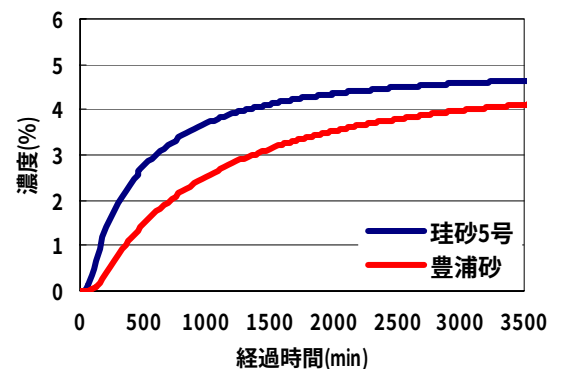
図-3(a)は L の値を変化させたグラフである。 L の値により時間の差があり、特に $L=8cm$ では一度最大値へ達した後緩やかに減少し、最終的にすべての観測点における濃度は一定の値へほぼ収束している。図-3(b)は Z の値を変化させたグラフであり、こちらはそれぞれ異なる値へと収束する傾向が見られる。図-3(c)は試料による違いを示したグラフであり、こちらも試料ごとに異なる値へと収束している。このことから L は濃度上昇までの時間、 Z と試料は濃度の最大値への影響が大きいことがわかる。特に L においては直接 L の値、 Z においては密度、試料においては透水係数等の物性値の影響が値に現れているからであると考えられる。

4. おわりに

珪砂と豊浦砂について、2次元モデルによる飽和浸透流—移流・分散解析を実施した。先に行った室内実験でも L の値は濃度上昇までの時間、 Z の値と試料は濃度の最大値への影響が大きい傾向が見られ、このモデルの妥当性を示すことができた。解析の精度をより向上させること、他の土質における解析の実施が今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 門野浩二, 福原輝幸: 中間塩集積層土壌の2次的塩害に及ぼす散水の影響, 土木学会第58回年次学術講演会論文概要集, pp.67-68, 2003
- 2) 竹林広頭, 中山正与, 江成敬次郎: 土壌に浸透する廃棄物埋立地浸出水の変化, 土木学会第56回年次学術講演会論文概要集, pp.22-23, 2001
- 3) 西垣誠: Dtransu-2D・EL 理論解説, pp1-33
- 4) 浜田大輝ら: 室内模型実験による地盤内地下浸透流の基礎的研究, 平成23年土木学会西部支部研究発表会, 投稿中

(a) L の値による影響(珪砂)(b) Z の値による影響(珪砂)

(c) 試料による影響

図-3 濃度の経時変化