

不均質地盤における難水溶性汚染物質の長期挙動

吉川 雅美

キーワード： 土壌地下水汚染, DNAPL, サイトキャラクタリゼーション, 不均質地盤

1. 研究背景

近年、工場跡地等の再開発に伴い、重金属や有機塩素化合物による土壌・地下水汚染が顕在化している。主要な汚染源として、難水溶性流体NAPLsが挙げられ、中でもTCEのように水より密度の高いものをDNAPLと呼ぶ。

2. 研究目的

DNAPL 汚染挙動分布は、地盤の不均質性の影響を強く受ける。そこで本研究では、不均質地盤での原液の移動と残留、侵入圧また原液からの溶出を考慮した数値解析を実施しDNAPLの長期汚染拡散挙動を評価する。浄化を行う際に必要なサイトサイトキャラクタリゼーションを実施するうえで、考慮すべき影響因子は何かを評価するため帯水層中の一部に異なる地盤物性値を与え、評価を行う。

3. 解析手法

(1) 解析コード

原液・溶解 DNAPL の両方に関して評価が可能な U. S. EPA により配布されている 2 次元差分プログラム”NAPL: Simulator”を用いた。

(2) NAPL 浸透モデル

$$h_{cNW} = \frac{1}{\alpha_{NW}} (S_e^{-1/m} - 1)^{1/n}$$

$$S_e = \frac{S_W - S_{Wr}}{1 - S_{Wr} - S_{Nr}}$$

(3) NAPL 相から水相への溶解モデル

$$E_n^W = C_n^W (\rho_n^W - \rho_n^N)$$

$$C_n^W = \beta_1^{WN} (\varepsilon S_N)^{\beta_2} |v^W|^{\beta_3}$$

4. 解析条件と解析結果

図-1 に二次元解析断面を、解析に用いたパラメータを表-1 に示す。地盤に TCE を 0.01ml/s で 30 日注入した時の下流側での溶解フラックスの経時変化を図-2 に示す。細砂層の侵入圧の大きさを比較した時、 $d\alpha = 0.001 \text{ cm}^{-1}$ 、すなわち細砂層への侵入圧が大きいケースにおいては、底部の滞留 NAPL 量が多いた

め flux 発生量が多い。逆に、 $d\alpha = 0.005 \text{ cm}^{-1}$ の侵入圧が小さいケースでは、細砂層上の飽和度が低いために拡散による汚染が起こりにくく flux が経時的に減少していくものと考えられる。よって侵入圧を表す $d\alpha$ は下流側での水溶性 TCE フラックスや汚染期間に大幅な影響を及ぼすと判断できる。また、サイトキャラクタリゼーションを行う際には、鉛直方向だけでなく水平方向の NAPL 分布への考慮を行うことが重要であると考えられる。

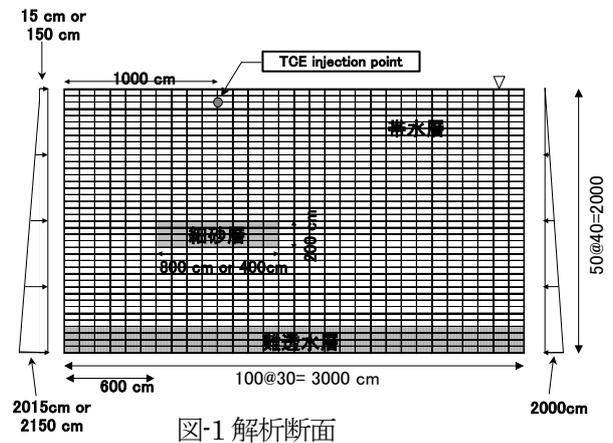


図-1 解析断面

表-1 解析パラメータ

	unit	帯水層	細砂層
固有透過度	cm ²	1.02E-07	1.02E-08 / 1.02E-09
間隙率	-	0.38	0.4
乾燥密度	g/cm ³	1.63	1.5
残留水飽和度	-	0.15	0.2
残留NAPL飽和度	-	0.2	0.25
VGパラメータ d	1/cm	0.01	0.001 / 0.005
VGパラメータ n	1/cm	5	3

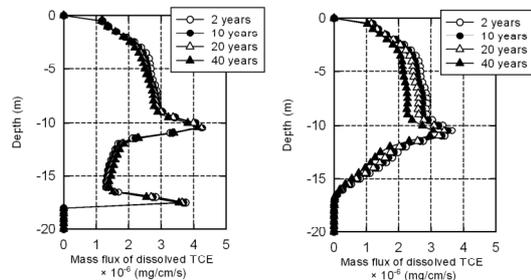


図-2 フラックス経時変化

左: $d\alpha = 0.001 \text{ cm}^{-1}$ 右: $d\alpha = 0.005 \text{ cm}^{-1}$