

地下水に流入した物質の移行状況に関する土槽実験

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○稲垣 由紀子 正会員 加藤 俊二
 正会員 佐々木 哲也 正会員 阿南 修司

1. はじめに

建設発生土の有効利用の促進に当たっては、地盤汚染に対するリスク評価技術の現場への導入により要対策土量を減らすことが求められている。リスク評価の現状は、発生源における有害物質の含有量や溶出量によるのではなく、周辺（保全対象や敷地境界等）への影響による評価を行う考え方は示されている¹⁾。しかし、現場適用実績が少なく、リスク評価のための解析法の適用性や解析条件の設定方法、モニタリング技術については十分に確立されていない。例えば、盛土に封じ込めた汚染土から有害物質が溶出した滲出水が地下水に流入した場合、地下水で希釈されて濃度が低下する可能性もあるが、現状では、濃度の低下の程度が把握されておらず、その影響がリスク評価に考慮されていない。

こうした課題に対する検討に向け、物質が地下水に流入し続けた場合に地下水流速や物質の流入量が物質移行特性に与える影響について、土槽実験により確認した。

2. 実験方法

実験では、地下水面の1点から滲出水を模擬した濃度1%の食塩水を流量一定で注入し続け、地盤内各部での塩化物イオン(Cl⁻)濃度の推移から地盤内各部への食塩の到達状況を調べた。

図-1に示すとおり、コンクリートピット内の両端に設けた給水タンクおよび排水タンクの間幅1.9m×長さ7.4m×深さ2.25mの空間に締固め度85%を目標に山砂(土粒子密度2.695g/cm³, 細粒分含有率16.6%)を締め固めた地盤を作製した。給水タンクに注水、水頭差を利用して排水タンクに向かって浸水させた後、各タンク内は、所定の水位を保つようにすることで、地下水流を発生させ続けた。

地盤への通水を続けながら、地盤内に設けた各採水ポイントから採水した検液の塩化物イオン(Cl⁻)濃度を調べ、これをバックグラウンド値とした。バックグラウンド値の確認後、各地盤に1箇所、地下水面付近に設けた注入ポイントから、濃度1%の食塩水をポンプにより一定流量で観測期間終了時まで連続注入した。食塩水の注入開始後、各採水ポイントから採水した検体中のCl⁻濃度を調べ、その経時変化や地盤内での分布により、食塩の到達状況を調べた。

以上の一連の実験は、食塩水の流入量と動水勾配を変え、表-1に示すような4ケースで実施した。なお、いずれのケースにおいても地盤全体で透水係数が一様と仮定すると、見かけの透水係数 $k = Q/Ai$ は、概ね $5 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-5} \text{m/s}$ であった (Q : 排水タンクからの時間当たり排水量, A : 流路面積 (= 注入タンクと排水タンクの水位の平均×流路幅 1.9m), i : 動水勾配 (= 注入タンクと排水タンクの水位差 h / 流路長 L (= 注入タンクと排水タンクの間距離 7.4m))。

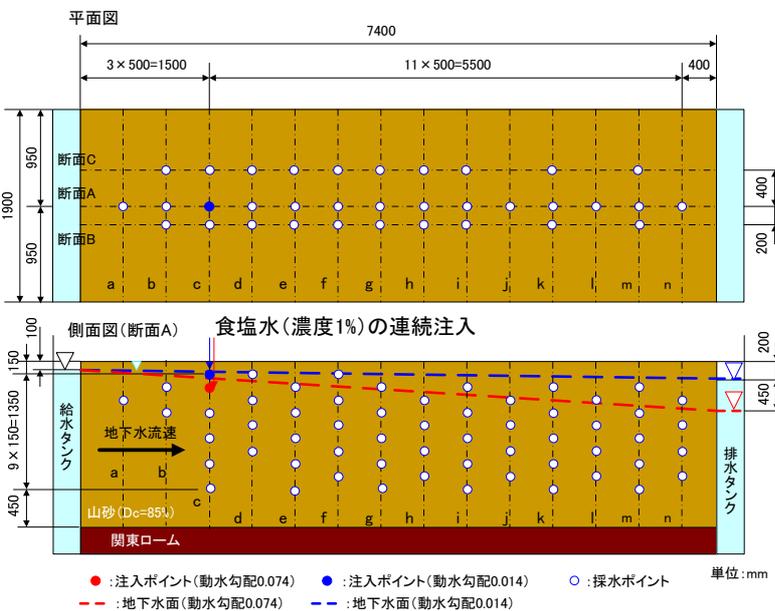


図-1 模型地盤作製状況

表-1 実験ケース

	動水勾配	食塩水注入の流量
		(mL/min)
ケース1	0.074	2
ケース2	0.074	0.2
ケース3	0.014	0.4
ケース4	0.014	0.04

キーワード：地下水，物質移行，土槽実験

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6（国研）土木研究所土質・振動チーム TEL：029-879-6771

3. 実験結果および考察

各採水ポイントにおける Cl⁻濃度のバックグラウンド値は 30 ~ 80mg/L であったため、採水ポイントから採水された検体の Cl⁻濃度が 80mg/L を超えた時に、注入した食塩水が到達したと判断することとした。各ケースとも、食塩水が到達したと判断された採水ポイントは限られ、こうした採水ポイントは、多くが図-1 に示す断面 A の地下水面に比較的近い位置のものであった。また、注入した濃度 1% の食塩水中の Cl⁻濃度が 6,068mg/L であるのに対し、各採水ポイントで観測された Cl⁻濃度はいずれもこれを下回った。食塩水が採水ポイントに達するまでの間に、地下水により希釈されたものと考えられる。

3. 1 食塩の流入量による違い

食塩の流入量による違いについて、ケース 3 とケース 4 を例に観測期間中に Cl⁻濃度が 80mg/L を超えた採水ポイントにおける Cl⁻濃度の経時変化 (図-2) から比較する。図-2 の凡例「アルファベット大文字・小文字-数字」は各採水ポイントの位置を示している。例えば、「Ae-15」であれば、図-1 に示す断面 A と断面 e の交線上で、食塩水の注入ポイントがある深さから 15cm 深い位置に当たる。Cl⁻濃度が 80mg/L を超えるまでに要した日数から見て、いずれのケースでも、注入ポイントに近い位置から順次食塩が到達しているのが確認された。ケース 4 で Cl⁻濃度が 80mg/L を超えたのは、図-2(b) に示した 4 つの採水ポイントのみで、Cl⁻濃度もケース 3 に比べて数分の 1 程度で推移した。

3. 2 動水勾配による違い

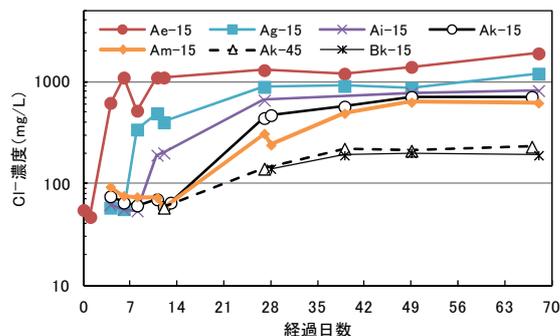
動水勾配による違いについて、ケース 1 とケース 3 を例に、約 4 週が経過した時点の各ケースの断面 A における Cl⁻濃度分布 (図-3) から比較する。両ケースでは、地下水流量 (排水タンクへの単位時間当たり排水量) と食塩水注入の流量の比はいずれも 1 : 0.003 程度であるが、動水勾配が小さく地下水流速の遅いケース 3 の方が、各採水ポイントで観測される Cl⁻濃度は低かったが、Cl⁻濃度が 80mg/L を超える範囲が広くなり、深さ方向への拡散が進む結果となった。食塩水注入の流量がケース 1 およびケース 3 に対してそれぞれ 10 分の 1 となるケース 2 とケース 4 の比較でも同様の傾向が見られた。

4. まとめと今後の課題

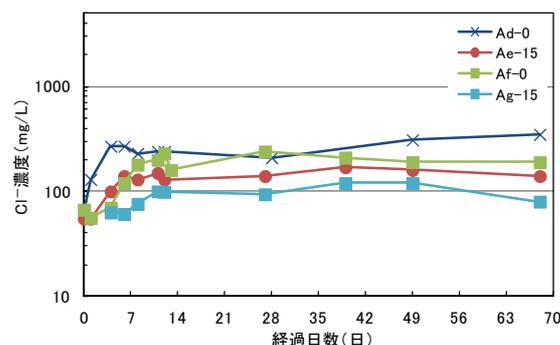
地下水中に流入させる物質の量、地下水の動水勾配を変えて土槽実験を行った結果、物質が地下水中に溶出しても地下水流によって溶出点付近で希釈され、周辺に達する濃度は低くなることが確認された。こうした影響をリスク評価手法に考慮できるよう検討を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) (独) 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 (改訂版)，鹿島出版会，平成 24 年 4 月

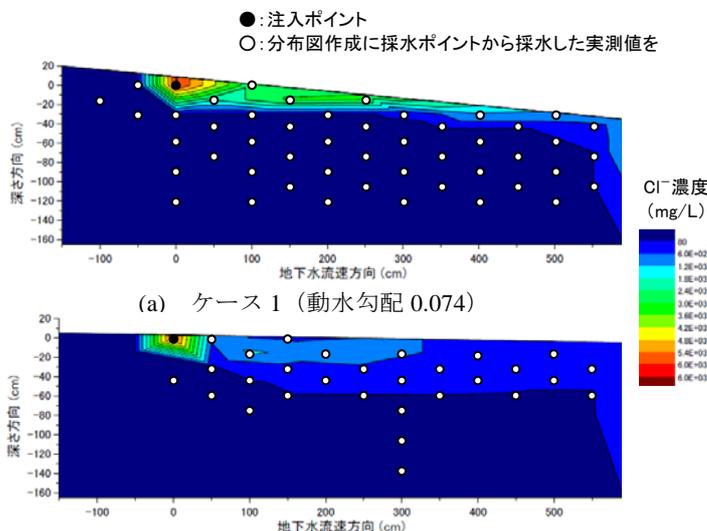


(a) ケース 3 (食塩水注入量 0.4mL/min)



(b) ケース 4 (食塩水注入量 0.04mL/min)

図-2 発生源の締り度と Cl⁻濃度の推移 (動水勾配 0.014 の例)



(b) ケース 3 (動水勾配 0.014)

図-3 約 4 週経過時における Cl⁻濃度分布