

閉鎖カラムを用いた温度勾配下での水分・溶質の移動

岐阜大学 正会員 佐藤 健

岐阜大学 学生員 ○佐野徳行

岐阜大学 学生員 西澤永晃

1. はじめに

地表付近に負荷された汚染物質は、降雨以外に気温の影響も受けながら複雑に挙動することが分かってきた¹⁾。埋め立て処分場の閉鎖後、地表付近に汚染物質が集積する現象も指摘されており²⁾、このような現象を正確に把握するためには、溶質移動に及ぼす温度・水分の影響を詳細に調べる必要がある。温度による水分移動は蒸発の問題を考える際に重要になるので、農学関係で詳細に検討されている³⁾。温度と水分移動の現象を表現した物理モデルが Philip and deVries⁴⁾ によって、既に提案されている。しかしながら、溶質移動まで含めた現象の把握とモデルの構築にはまだ成功していない。本研究では、温度勾配下にある砂中の水分と溶質がどのような過程を辿って定常状態に到達するのか、簡単な室内実験の結果を紹介する。

2. 実験概要

長さ 20 cm、直径 5 cm の塩ビパイプに、0.03 mol/L の濃度の NaCl 水溶液を飽和度 80%、乾燥密度 1.55 g/cm³ で充填した。塩ビパイプ一端の側壁にヒーターを巻き付け、サーモスタットで 40℃ に温度制御しながら加熱する。加熱ヒーターの端から 7, 10, 13, 16, 18 cm の位置で温度、含水比、塩素イオン濃度の計測を行った。含水比と濃度計測は、各位置に配したゴム栓を開けて、20 g 程度採土して、秤量し硝酸銀滴定した。採土後 1 日遅れで、計測した含水比と濃度の砂を再充填した。装置の概要を図-1 に示した。

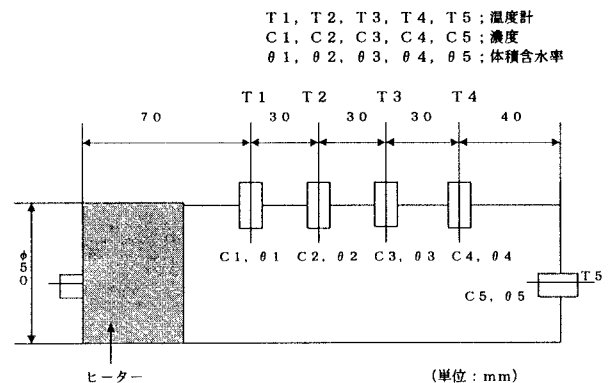


図-1 両端密閉の水平カラム

3. 結果

(a) 温度分布

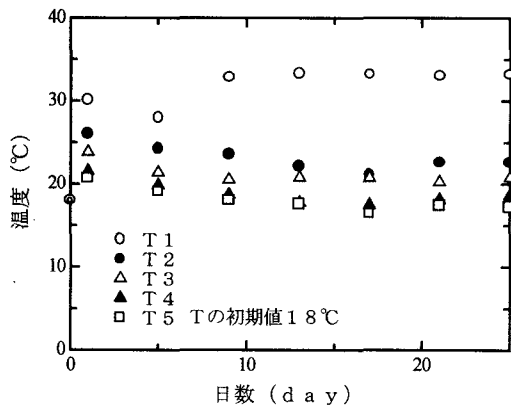
図-2 にカラム内の温度分布を示した。森澤、井上¹⁾ が指摘するように比較的早い時点（10 日経過頃）に定常状態になっている。温度の値もヒーターに近い順番に高くなっており、温度勾配は T1 ~ T2 で一番大きくなっている。

(b) 水分分布

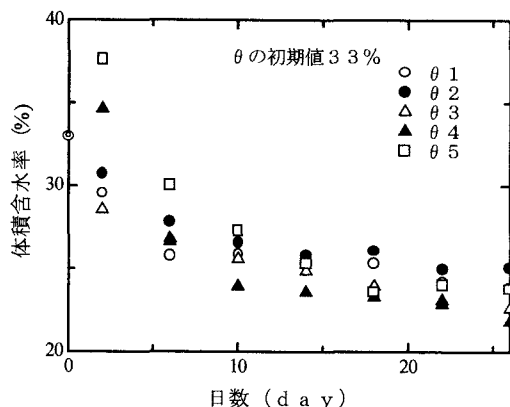
図-3 に体積含水率の経時変化を示した。実験開始直後（2 日後）を除き、いずれの場所も体積含水率は初期の値よりも減少している。場所的变化に一定の傾向は認められない。26 日経過しても定常状態に到達していない。実験は継続中で、定常状態の確認を行う予定である。

(c) 濃度分布

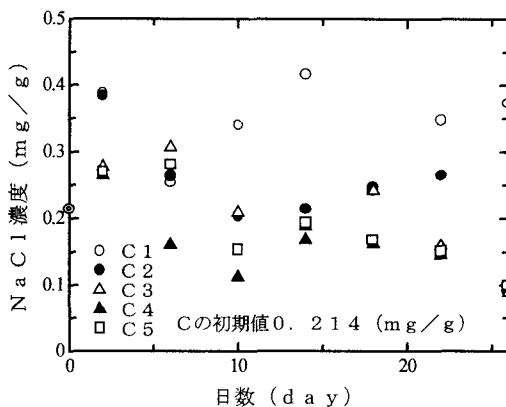
図-4 に、乾燥土の単位質量当りの NaCl 質量として濃度を表現し、その経時変化を示した。26 日を経過した頃から C1 の濃度が上昇し、C2 ~ C5 の濃度が減少することがわかる。NaCl を輸送するのは液状水であり、液状水が相対的に温度の低い C5 ~ C2 から C1 に向かって移動したことがわかる。注目すべき点は、C2 ~ C5 いずれの地点も同じ濃度になっていることである。また、26 日経過しても濃度変化は定常状態に達していない。



図—2 温度の経時変化



図—3 水分の経時変化



図—4 NaCl 濃度の経時変化

4. 今後の課題

土中のサクションと水蒸気密度の間には密接な関係があり、サクションが大きくなるほど水蒸気密度は低くなることはよく知られている。しかしながら、この関係はあくまでも等温状態で成立し、図—2のような温度分布のもとでは、必ずしも簡単ではない。Philip and deVries モデルでは水蒸気移動の駆動力は水分勾配（水蒸気密度の勾配）以外に温度勾配の要因も考えている。図—3の体積含水率の複雑な変化には水分以外に温度勾配の影響が寄与しているのかもしれない。今後は、水分勾配、温度勾配にもとづく液状水と水蒸気の移動を考えつつ、図—3と図—4の結果を考察する必要がある。

森澤・井上¹⁾の実験結果とは異なり、水分と濃度分布、いずれも定常状態にはまだ到達していない。実験を継続するとともに、含水比、温度を変化させた実験を行って、水分と溶質移動に及ぼす温度の影響を詳細に解明したい。

参考文献

- 1) 森澤, 井上: 有害物質の鉛直上方移動機構と地表面蓄積の評価, 第3回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, p p. 151—156, 1994.
- 2) Bureau of Environmental Protection: Measures of Treating Soil Contamination Caused by Hexavalent Chromium in Tokyo, Tokyo Metropolitan Government, 1980.
- 3) 宮崎: 温度勾配下の砂における水蒸気の凝縮と移動, 農業土木学会論文集, 第61号, p p. 1—8, 1976.
- 4) Philip, J.R. and de Vries, D.A.: Moisture Movement in Porous Materials Under Temperature Gradient, Trans. Am. Geoph. Union, Vol.38, pp.222-232, 1957