

VII-191 砂層に間欠的に流入する溶質の移動と分解について

東北工業大学 正会員 中山 正与
// // 江成敬次郎

1. はじめに

廃棄物埋立地の覆土層や地下に浸透する浸出水の挙動を知るために、砂カラムを用いた実験を行い検討している。そこでのカラム流入水の流入パターンとしては、降雨による浸透を想定した実験であるために、間欠的な流入としている。また、砂層内での水質変化のメカニズムを考察するためには、砂層内での溶質移動現象を把握することが重要であることがわかった。そのために、間欠流入による砂層内での溶質移動現象を、保存性物質である塩化物イオンを用いたカラム実験を行い考察した。これらの検討結果を基に、砂層内におけるCODの分解を一次元の移流分散方程式を用いて計算し、実測値との比較を行った。

2. 実験方法

間欠流入による溶質移動の特性を知り、分散係数を求めるために、カラム実験を行った。実験に用いたカラムの構造を図-1に示す。実験には、内径5cmの亚克力製のカラムを使用し、これに50cmの深さに砂を充填した。カラムに充填後の間隙率は35.5%であった。

濃度1000mg/lの塩化物イオン溶液をトレーサーとし、流れを飽和流として1週間に一度、2分程度の時間で60mlの間欠流入を行った場合、砂層内において、深さ方向にどのような濃度変化をするのかを調べた。そのために砂層10cm間隔で5箇所（深さ0、10、20、30、40cm）に、電気伝導度センサーを設置し、測定した伝導度を、実験により得た回帰式を用いて塩化物イオン濃度に換算した。また、カラム流出水については、滴定により塩化物イオン濃度を測定した。

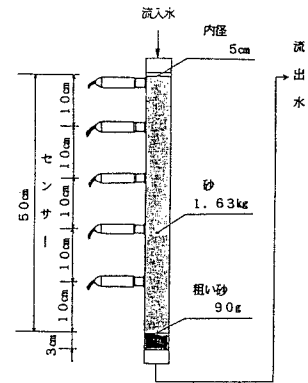


図-1 実験装置

3. 計算モデル

計算には、(1)式に示す、一次元の移流分散方程式を使用した。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - v \frac{\partial C}{\partial z} + F(z, t) \quad \dots\dots (1)$$

t : 時間 z : 砂層の深さ D : 分散係数 v : 浸透流速

C(z, t) : 濃度 F(z, t) : 発生、消滅項

計算には、上式を差分化しコンパートメント・モデルを使用した。

4. 結果と考察

(1)間欠流入による濃度変化 カラム実験によって得られた44日間の塩化物イオン濃度の変化を図-2に示す。一週間ごとの間欠流入時に急激に塩化物イオン濃度が上昇しており、流入がない場合には、全体的に上層では流入後減少し、逆に下層では増加していることがわかる。これらの結果から、深さによって濃度変化の様子が異なっていることがわかる。また、この流入条件の様に、間欠流入での溶質の濃度変化をシミュレートするには、流入時で流速がある場合と、流入が止まってから拡散のみで変化する

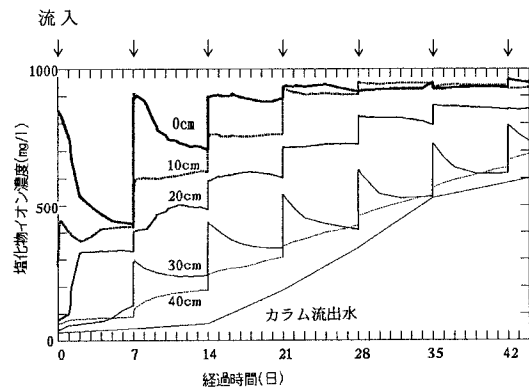


図-2 塩化物イオン濃度の変動

場合とに分けて考えるのが適当であると思われる。

(2)流速がない場合の検討 流速がない場合の拡散係数は、実測値に合うようカーブフィッティングにより、 $D=4.73 \times 10^{-3}$ (cm^2/min)と決定した（図-3）。計算では、計算距離間隔 $\Delta z=0.02\text{m}$ 、計算時間間隔 $\Delta t=0.2\text{h}$ とした。表層（0cm）では、ほぼ同様な濃度変化を示しているが、10cmと20cmの二日目と三日目の急激な濃度変化を、計算では示すことができなかった。しかし全体的には、実測値を近似することができた。

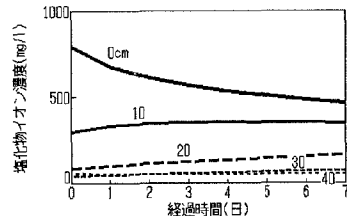


図-3 流速がない場合の計算値（1週目）

(3)流速がある場合の検討 14日目の流入時で流速がある場合の濃度変化を実測値と計算値により図-4に示す。ここでの浸透流速は、流入水60mlが2分間でカラム内の砂層に浸透するものとして求めた $v=4.30$ (cm/min)を用いた。また、コンパートメントの厚さを変化させて検討した結果から、流速のある場合には計算距離間隔 $\Delta z=0.05\text{m}$ 、計算時間間隔 $\Delta t=1\text{sec}$ とした。流速がある場合の分散係数は、カーブフィッティングにより求めた値 $D=3.94$ (cm^2/min)を用いた。各層ともに、多少のひらきはあるが、全体的に実験値を近似することができた。

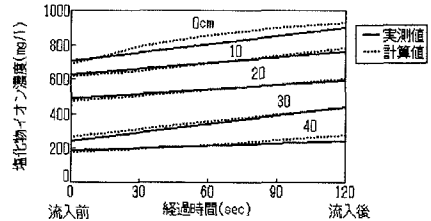


図-4 流速のある場合の比較（14日目）

(4)CODの検討 CODの挙動について高濃度廃液の砂層への浸透実験結果¹⁾をもとに検討した。COD分解項としてMonod型の式を使用し、一次元移流分散方程式中の発生・消滅項（F）に代入した。

$$F = -k \cdot C \cdot X / (k_s + C) \quad \dots\dots (2)$$

k , k_s : 定数 C : COD濃度 X : 生物量
生物量の指標としてはATP量を用いた。砂層の深さ毎のメタン生成速度と、ATP量の測定結果から、図-5のように k の値($=3060/\text{h}$)を決定した。なお、メタン生成速度とCOD分解速度は等しいものとして検討した。分散係数 D の値は、塩化物イオンについて求めた値を使用し、 K_s の値($=2000\text{mg}/\text{l}$)はカーブフィッティングにより決定した。これらの値を用いて数値計算した結果を図-6に示す。砂層に流入したCODは、砂層上部で大きく分解され、次の注入の直前には、測定値とほぼ同じ濃度まで減少することが示された。

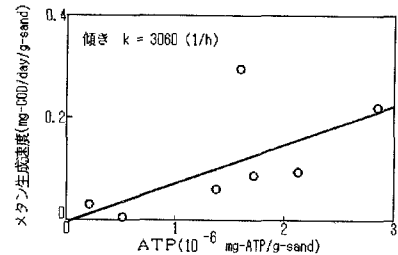


図-5 ATP量とメタン生成速度の関係

5. まとめ

砂層に間欠流入する溶質の移動は、流入時で流速がある場合と、次の流入までの流速がない場合に分けて計算すれば、実測値を近似させることができることがわかった。また、メタン生成速度とATPの実測値を基に、Monod型の反応項を含む一次元の移流分散方程式によって砂層内のCODの変動をある程度予測することができることがわかった。

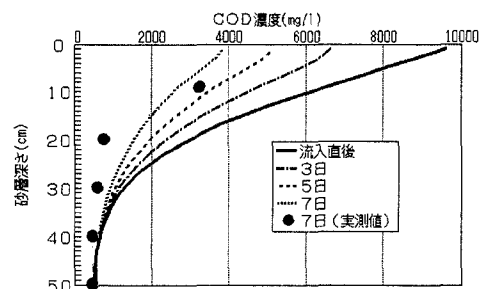


図-6 COD濃度の砂層内変化

<参考文献>

- 1) 中山・江成：砂層に浸透する高濃度有機性廃液の変化について，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集（2-B），p.1280-1281(1995)