

II-343

埋立廃棄物層における保存性物質の挙動に関する研究

九州大学工学部 学生員○李 南勲 正 員 楠田哲也
福岡大学工学部 正 員 島岡隆行 正 員 花嶋正孝

1. はじめに

近年、廃棄物の排出量は年々増加しており、それに伴い新しく建設される埋立地や浸出水処理施設などの設計規模が大きくなる傾向にある。そのため浸出水の集排水設備や処理施設等の最適な設計や処理施設の運転を行なう際に、埋立地から発生する浸出水の水量・水質予測の精度が必要されると考えられる。

本研究では直径80cm ϕ 、廃棄物層厚が2.0m, 4.0m, 6.0m, 8.0m(以下2m槽, 4m槽, 6m槽, 8m槽と略称)の4つの準好気性埋立構造を有する埋立模型槽を用いて行った実験結果(充填条件及び実験条件は前報¹⁾参考)を用い、廃棄物層内での保存性物質の挙動について考察した。また、それらの挙動をモデル化し数値計算によってモデルの妥当性を検証したものである。

2. 廃棄物層内での保存性物質の挙動特性

図-1に各槽における浸出水中のCl⁻濃度の経時変化を示す。実験初期には各槽とも廃棄物層からCl⁻の溶出が盛んになり約20000mg/l前後の高濃度が表われた。また、浸出水のCl⁻濃度の初期流出ピーク値は廃棄物層厚が大きいほど若干高くなる傾向にあったが、廃棄物層厚による浸出水濃度の差は明確に見られなかった。しかし、時間の経過に伴い濃度減少が生じ、廃棄物層厚が大きいほど高い濃度を示していることが確認された。このことは、廃棄物中のCl⁻が多く残存しているときには、浸透水のCl⁻濃度が平衡濃度までに達するため廃棄物の層厚に係わらず同じ値を示したと考えられる。しかし、廃棄物中のCl⁻量が少なくなると、浸透水の層内滞留時間などの影響を受け、浸出水のCl⁻濃度は廃棄物層厚に比例するようになると判断される。次に、4m槽と8m槽の廃棄物層内間隙中の浸透水におけるCl⁻濃度の鉛直方向分布の経時変化を図-2に示す。Cl⁻は両槽とも実験初期には、表層部付近で廃棄物と浸透水間で平衡濃度に達し、浸透水と共に流下し系外へ流出する傾向を示している。その結果、浸出水のCl⁻濃度は層内の浸透水Cl⁻のピーク濃度とほぼ一致している様子が伺える。また、時間経過とともに廃棄物中に溶出可能なCl⁻残存量が少なくなるために平衡濃度に達するまでの距離(深さ)が徐々に長くなる傾向が見られた。

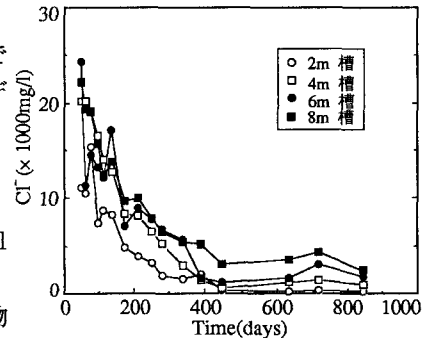


図-1 各槽における浸出水 Cl⁻濃度の経時変化

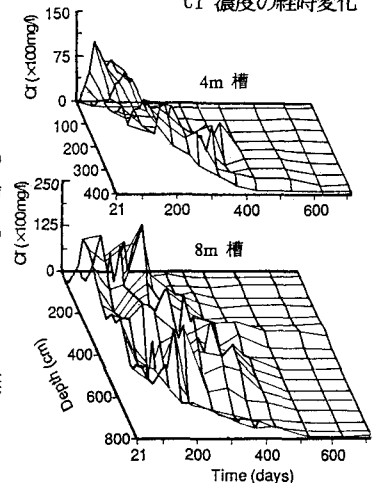


図-2 鉛直方向におけるCl⁻濃度の経時変化

3. 保存性物質の物質収支のモデル化

埋立廃棄物層の空間構造は図-3に示すように固相、液相と気相に大別できる。さらに、固相(ϵ_s)を溶解性物質からなる「溶解域(ϵ_{s1})」と非溶解性物質からなる「非溶解域(ϵ_{s2})」に、液相(ϵ_L)を水分が移動している「流動域(ϵ_{L1})」と淀んでいる「非流動域(ϵ_{L2})」に分けて考えることにした。

次に、廃棄物層での水分移動モデル化は、Richardsの毛管ポテンシャル理論に従うと仮定し行った。また、廃棄物層での溶質移動モデルは「流動域」のみでの移流分散と液相の「流動域」と「非流動域」の間で溶質の交換で表現し、良い結果が得られた分散型修正2層モデル²⁾を用いることにした。埋立廃棄物層内

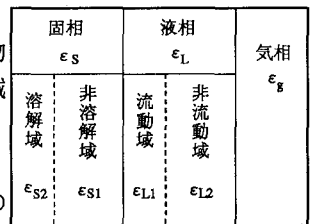


図-3 廃棄物層の空間構造模式図

表-1 廃棄物層におけるCl⁻の物質収支式

でのCl⁻の挙動は、主に①浸透水（流動域）の間隙内移動に伴う輸送、②流動域と非流動域間での交換、③流動域での移流分散、④固相の溶解域からの液相への溶出の4つの要因で支配されると考えられる。このように、廃棄物層でのCl⁻の物質収支式を鉛直方向1次元で表わすと、表-1に示すように書ける。Cl⁻の物質収支計算において、初期条件および境界条件は次のように設定した。

（初期条件） at $t=0$, C_{Cl}^{L1} and $C_{Cl}^{L2} = C_{EqCl}^{L1}$ for $H \geq Z \geq 0$

（境界条件） at $Z=0$, C_{Cl}^{L1} and $C_{Cl}^{L2} = 0.0$

at $Z=H$, $C_{Cl}^{L1}/\partial Z = 0.0$

4. 計算結果及び考察

今回の数値計算において、一般的に廃棄物層の固相の体積分率の時間的変化は極めて緩慢であると考えられるので、ある一定期間ごとに固相の体積分率が減るように想定した。また、計算は時間ステップ Δt は40sec、空間ステップ ΔZ は10cmとし単純差分で行った。4m槽における層内鉛直方向でのCl⁻濃度分布の計算結果を図-4に示す。計算値は実測値と良く一致していることより、埋立廃棄物層内のCl⁻の挙動は本モデルにより説明できると考えられる。なお、図-5には計算を行った際の固相の溶解域と液相の流動域でのCl⁻濃度分布の経時変化を示されている。固相の溶解域では、初期には液相へ溶出され上層部から濃度減少が始まり、時間経過と共に下層部まで濃度減少が行っている様子が伺える。一方、液相の流動域でも初期には高い濃度を示したが、固相の溶解域でのCl⁻濃度の低下に従い濃度減少が生じていることが見られる。図-6に廃棄物の層厚の違いによる浸出水のCl⁻濃度の計算結果を示す。計算値を見ると、実験初期には初期条件の影響を受け4槽ともほぼ同じ値が見られたが、時間経過と共に廃棄物層厚が小さい順で指数関数的に濃度減少が行われ、浸出水のCl⁻濃度は層厚に比例していく結果が得られた。また、計算値を実測値と比較して見ると、全体的に実測値をよく再現していると考えられる。しかし、廃棄物層厚が大きくなると計算値が実測値より若干高くなる傾向にあった。この点については、今後検討していくつもりである。

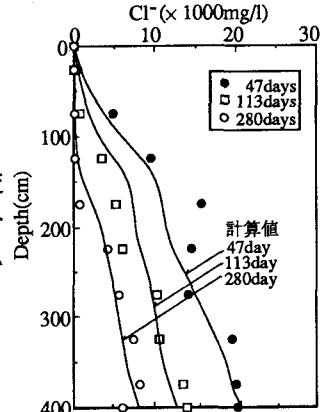
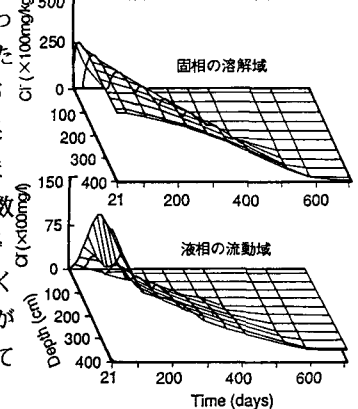
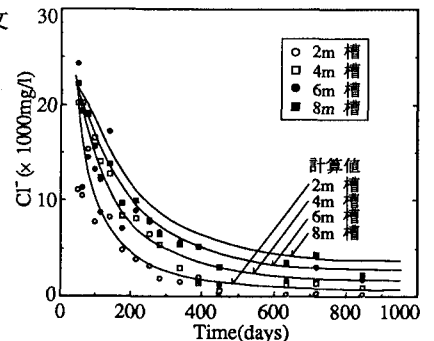
【参考文献】1)李ら：土木学会第45回年次学術講演会講演概要集 第II部，

pp.978～979,1990 2)李ら：第2回廃棄物学会研究発表会講演論文

集，pp.257～260,1991

【記号説明】 C_{Cl}^{S1} :固相の溶解域Cl⁻濃度 [$mg \cdot kg^{-1}$]， C_{Cl}^{L1} :液相の流動域Cl⁻濃度 [$mg \cdot l^{-1}$]， C_{Cl}^{L2} :液相の非流動域Cl⁻濃度 [$mg \cdot l^{-1}$]， C_{EqCl}^{L1} :液相での平衡Cl⁻濃度 [$mg \cdot l^{-1}$]， D_L :分散係数 [$cm^2 \cdot sec^{-1}$]， H :槽の長さ [cm]， m, n, n' :指数 [-]， r :交換係数 [sec^{-1}]， t :時間 [sec]， U :水分FLUX [$cm \cdot sec^{-1}$]， Z :距離(深さ方向) [cm]， α_1 :流動域での溶出速度係数 [sec^{-1}]， α_2 :非流動域での溶出速度係数 [sec^{-1}]， ε_{L1} :液相の体積分率 [-]， ε_{L2} :液相の流動域の体積分率 [-]， ε_{L2} :液相の非流動域の体積分率 [-]， ε_{S1} :固相の体積分率 [-]， ε_{S1} :固相の溶解域の体積分率 [-]， ε_{S2} :固相の非溶解域の体積分率 [-]， ε_g :気相の体積分率 [-]， ρ_{Cl} :Cl⁻の密度 [$g \cdot cm^{-3}$]

$$\begin{aligned} \text{○液相の流動域} \quad \frac{\partial(\varepsilon_{L1} C_{Cl}^{L1})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial Z}(UC_{Cl}^{L1}) &= \frac{\partial}{\partial Z}(D_L \frac{\partial C_{Cl}^{L1}}{\partial Z}) + r(C_{Cl}^{L2} - C_{Cl}^{L1}) \\ &\quad + \alpha_1(\beta \varepsilon_{S1})^m (\varepsilon_{L1})^n (C_{EqCl}^{L1} - C_{Cl}^{L1}) \\ \text{○液相の非流動域} \quad \frac{\partial(\varepsilon_{L2} C_{Cl}^{L2})}{\partial t} &= r(C_{Cl}^{L1} - C_{Cl}^{L2}) + \alpha_2(\beta \varepsilon_{S1})^m (\varepsilon_{L2})^{n'} (C_{EqCl}^{L1} - C_{Cl}^{L2}) \\ \text{○固相の溶解域} \quad \frac{\partial(\varepsilon_{S1} C_{Cl}^{S1})}{\partial t} &= -\alpha_1(\beta \varepsilon_{S1})^m (\varepsilon_{L1})^n (C_{EqCl}^{L1} - C_{Cl}^{L1}) - \alpha_2(\beta \varepsilon_{S1})^m (\varepsilon_{L1})^{n'} (C_{EqCl}^{L1} - C_{Cl}^{L2}) \end{aligned}$$


図-4 鉛直方向におけるCl⁻濃度の実測値及び計算値

図-5 Cl⁻濃度分布の計算結果

図-6 浸出水Cl⁻濃度の計算結果