

II-552

廃棄物層における汚濁成分の溶出特性について

福岡大学工学部 学生員 ○柴垣 満 正 員 島岡 隆行
正 員 松藤 康司 正 員 花嶋 正孝
九州大学工学部 学生員 李 南 勲 正 員 楠田 哲也

1. はじめに 近年埋立廃棄物質は、従来の可燃物主体から焼却残渣主体の無機質な質に変化してきている。このような埋立地においては、降雨に伴い埋立廃棄物から多量の無機塩類が溶出し、廃棄物層に占める三相の体積分率(固相、液相、気相の分率)の変化が無視できず、保水性、透水性、通気性などに影響を及ぼすと考えられる。従って、廃棄物層内での水分、ガス、熱などの移動解析や汚濁物質の浄化メカニズムを解明するためには、廃棄物からの汚濁物質の溶出機構や、それに伴う三相構造の変化について定量的に把握する必要がある。本研究では、廃棄物層における汚濁物質の移動機構を解明するための基礎的研究として、廃棄物層における汚濁物質の溶出特性について検討を行った。

2. モデル化 廃棄物層の空間構造は廃棄物(固相)と廃棄物間隙(液相と気相)に大別され、この間隙には水分が飽和状態で保有されている。ここで、廃棄物を溶解性物質からなる「溶解域」と非溶解性物質からなる「非溶解域」に、液相を水分が移動している「流動域」と定んでいる「非流動域」に分けて考える。また、溶解性物質の溶出速度は、溶媒中の溶質濃度と飽和溶解濃度との差および溶質と液相(流動域と非流動域)の接触面積に依存すると考えると、表-1に示すようになる。溶質移動は二層モデル¹⁾を

表-1 モデル式

【溶解性物質の溶出速度式】 $\varepsilon_{s1} + \varepsilon_{s2} + \varepsilon_{L1} + \varepsilon_{L2} + \varepsilon_a = 1$ $\frac{\partial (\varepsilon_{s1} C_{s1})}{\partial t} = -\alpha_1 \varepsilon_{s1} \varepsilon_{L1}^n (C_{s1}^L - C_{s1}^{L1})$ $- \alpha_2 \varepsilon_{s1} \varepsilon_{L2}^{n'} (C_{s1}^L - C_{s1}^{L2})$
【溶質移動モデル(分散型修正二層モデル)】 〔流動域〕 $\frac{\partial C^{L1}}{\partial t} + \frac{U}{\varepsilon_{L1}} \frac{\partial C^{L1}}{\partial X} = \frac{r}{\varepsilon_{L1}} (C^{L2} - C^{L1}) + \frac{D_L}{\varepsilon_{L1}} \frac{\partial^2 C^{L1}}{\partial X^2}$ 〔非流動域〕 $\frac{\partial C^{L2}}{\partial t} = \frac{r}{\varepsilon_{L2}} (C^{L1} - C^{L2})$

基本に流動域での溶質の分散を考慮し、表-1中の分散型修正二層モデルに従うとする。

3. 実験方法およびパラメータの推定方法 実験には焼却灰、破碎ごみ、都市ごみ1/3ホストを65:15:20の質量割合で混合した調整ごみを用い、次に述べる4つ実験により各パラメータ値を求めた。①流動域の液体分率(ε_{L1})および非流動域の液体分率(ε_{L2}):直径10cm、高さ15cmのカラムに75.4gの調整ごみを密度0.74g/cm³で充填し、廃棄物へ吸着し難いCl⁻をトレーサ物質として、 $\times 10^3$ トレーサ実験を行った。5000mg Cl⁻/gの塩化ナトリウム水を供給流速0.033cm/min, 0.158cm/min, 0.331cm/min, 0.469cm/minで4回実験を行い、各々の浸出水のCl⁻濃度より得られた破過曲線に分散型修正二層モデルをcurve fittingし、流動域と非流動域の液体分率を求めた。②溶解域の体積分率(ε_{s1}):所定量の調整ごみを充填したカラムに水道水を底部から上部にかけて通水し、廃棄物中の溶解性物質を全量溶出させ、通水前後の調整ごみの質量と比重より溶解域の体積分率を求めた。③流動域への溶出速度係数(α_1):脱気イオン交換水1.5%に調整ごみ150gを加え、非流動域が存在しない完全飽和状態で振とう実験(20℃, 200rpm)を行ない、一定の時間間隔で試料を採水し、各溶解性物質の濃度を測定した。これらの濃度から廃棄物中の溶解性物質の時間的質量変化を算出して α_1 を求めた。④非流動域の溶出速度係数(α_2):トレーサ実験と同一の条件で実験を行なった、流動域の水質と同じであると考えられる浸出水と、流動域と非流動域中の液体が混合し均質になっていると考えられるカラム

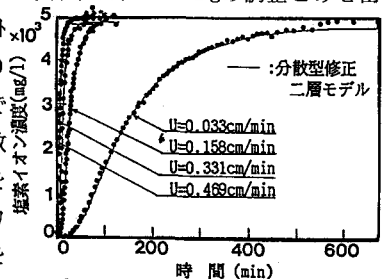


図-1 トレーサ実験の破過曲線

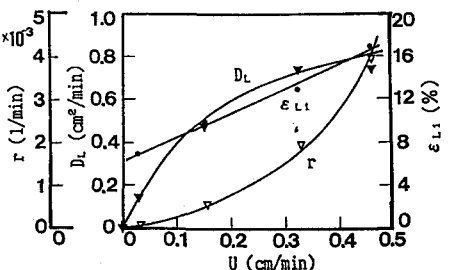


図-2 U と ε_{L1} , r , D_L の関係

最下部の浸透水を所定の時間間隔で採水し、水質分析に供した。非流動域における溶出速度係数(α_2)は流動域と非流動域の水質と③で求めた α_1 を用い、溶解性物質の非流動域への溶出量から決定した。

4. 結果および考察 4-1 流動域と非流動域の液体分率の推定 図-1にトレーサ実験の結果を示す。

浸出水への Cl^- の流出は、流速が大きいほど早い時間に検出された。しかし、各実験とも浸出水の濃度が供給水濃度に達するまで長時間を要し、廃棄物層においてもtailing現象が確認された。図-2には流速と流動域の液体分率(ε_L)、交換係数(r)、分散係数(D_L)との関係を示す。分散型修正二層モデルの計算値を図中の実線で示しており、溶質の分散を考慮しているため実験初期を含め実験値と良く一致している。流動域の液体分率は流速に比例し、流速が大きいほど大きくなる傾向が見られた。また、交換係数や分散係数も流速の関数で示されることが分かった。

4-2 汚濁成分の溶出特性 表-2に各成分の可能溶出量を示す。廃棄物1kg当たり約160gの溶解性物質を含有しており、 Cl^- が最も多く全体の約5割を占めている。各成分の密度より算出した廃棄物中の溶解域の体積分率は0.10となり、固相率の約1/3に相当する。このことより溶解性物質による三相構造の変化は比較的大きく、埋立地での水分やガス移動機構を解明する上で無視できないと言える。図-3には、振とう実験による各物質の溶出傾向を示す。溶解性物質の濃度は、振とう開始後1時間以内に急激に増加した。その後時間当りの増加割合は徐々に減少し、4時間経過後はほぼ平衡状態になったと見なせる。またTOC、 K^+ 、 Na^+ の溶出濃度に比べ、 Cl^- が大きくなっているのが分かる。図-4にはカラム実験による累加溶出量の変化を示す。カラム実験の場合も振とう実験と同様な溶出傾向が伺えるが、 Ca^{2+} は120以上の供給水を継続的に散水させた後も累加溶出量は増加傾向を示し、可能溶出量の全量が溶出しきるまでに長時間かかると予想された。次に、流速と累加溶出量の間を見てみると、初期においては流速が小さいほど溶解性物質の累加溶出量は多くなるが、時間の経過と共に流速による差は見られなかった。カラム実験と振とう実験結果から、溶解域には溶解し易い「易溶解成分」と溶解し難い「難溶解成分」が存在し、両実験から得られた各成分の可能溶解量に占める易溶解成分の質量割合には大差がないことが分かった。表-3には以上の実験結果より推定された各物質の溶出速度係数を示す。流動域への各成分の溶出速度係数は易溶解成分が $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ l/sec}$ の範囲にあり、T-N以外はほぼ同じ値が得られた。難溶解性成分の場合にも $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ l/sec}$ で、成分による差はあまり見られなかった。一方、非流動域への各成分の溶出速度係数は、流動域への速度係数より易溶解性成分、難溶解性成分ともに $1 \sim 2$ 桁小さく、流速が大きくなると溶出速度係数も大きくなる結果が得られた。

【参考文献】1)島岡ほか:衛生工学研究論文集,第24巻,pp.167~175,1988 【記号説明】 $C_{s,i}^L$ 液相のi成分の飽和濃度(mg/l), $C_i^{L,j}$ 液相のj領域のi成分濃度(mg/l), $C_i^{S,i}$ 固相の溶解域のi成分濃度(mg/cm³), j領域(1:流動域or溶解域 2:非流動域or非溶解域), m,n,n' 乗数, $\varepsilon_{S,j}$ 固相のj領域の体積分率(cm³/cm³), ε_L 液相のj領域の体積分率(cm³/cm³), U 水分FLUX(cm/sec), X 距離(cm)

表-2 廃棄物の可能溶出量

成分	含有量 (g/kg)	可能 溶出量 (g/kg)	溶出率 (%)	総可能溶 出量割合(%)
Cl^-	84.3	75.5	89.6	47.1
TOC	111.9	8.1	7.2	5.0
Na^+	37.8	36.0	95.2	22.5
K^+	27.7	25.9	93.8	16.2
Ca^{2+}	15.3	13.3	86.9	8.3
T-N	5.7	1.5	26.0	0.9
計	282.7	160.2	—	100.0
溶解性物質の体積換算値				10%

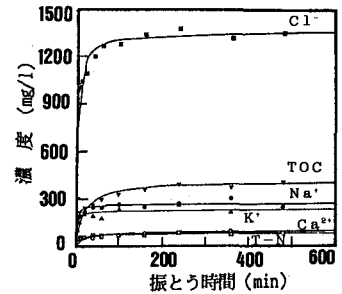


図-3 濃度の経時変化

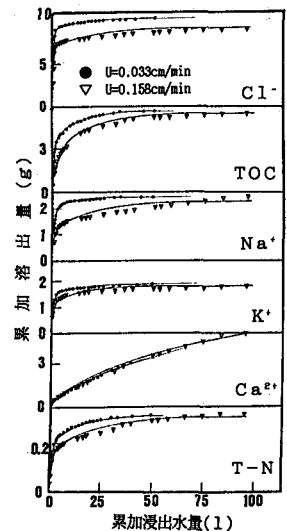


図-4 累加溶出量の変化

表-3 各物質の溶出速度係数

	流動域への 溶出速度係数 (1/sec)	非流動域への溶出速度係数 (1/sec)			
	易溶解性	難溶解性	易溶解性	難溶解性	易溶解性
Cl^-	1.41×10^{-2}	4.17×10^{-3}	4.01×10^{-3}	1.86×10^{-3}	1.38×10^{-3}
TOC	1.87×10^{-2}	3.17×10^{-3}	2.53×10^{-3}	4.81×10^{-3}	7.86×10^{-3}
T-N	3.80×10^{-3}	2.30×10^{-4}	2.57×10^{-3}	6.12×10^{-3}	1.19×10^{-3}
K^+	1.84×10^{-2}	3.68×10^{-3}	5.96×10^{-3}	6.17×10^{-3}	4.19×10^{-3}
Ca^{2+}	1.94×10^{-2}	1.05×10^{-3}	6.81×10^{-3}	1.52×10^{-3}	3.98×10^{-3}
Na^+	3.00×10^{-2}	3.99×10^{-3}	1.43×10^{-3}	1.58×10^{-3}	1.17×10^{-3}