

埋立廃棄物層内温度が廃棄物の分解に及ぼす影響

九州大学工学部 学生員○朴 祥徹 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

埋立廃棄物は物理化学的および生物学的作用によって質的変換を受け、長期にわたって埋立地外に流出しつつ、安定化していく。近年、埋立廃棄物層における汚濁物質の挙動に関するモデルが提案されており、生物作用を中心とした廃棄物層内で生じる諸現象をモデル化し、水質予測を試みている^{1, 2)}。そこでは生物反応をMonod式に基づいて表現し、細菌増殖速度をpHや温度の関数式で表わしている。さらに、pHはアルカリ度の関数で考慮しているが、温度については実測値をステップ状に与えているのみである。

そこで筆者らは、廃棄物層内における物質変換現象をより正確に予測するため、生物反応に最も大きな影響を与える因子である温度に着目し、廃棄物層内における熱収支式を導入することによって既存モデルの改良を行った。今回は廃棄物層における熱収支の考え方および改良モデルの検定について報告する。

2. 埋立廃棄物における物質収支

2.1 廃棄物層内における質変換の概念

図-1に廃棄物層内における物質収支を含めた質変換過程の概略を示す。埋立廃棄物中に含まれる汚濁物質は浸透水中に溶解・溶出し、廃棄物層内を流下する。その過程で有機汚濁成分は廃棄物層内の環境に応じて好気性分解もしくは嫌気性分解を受けガス化したり、浸出水とともに流出することになる。有機物の微生物代謝作用は発熱反応でその際に生じる熱によって細菌の増殖速度はさらに影響を受けることになる。また、アルカリ度の収支によりpHが変動し、増殖速度に影響を及ぼすことになる。物質収支をとる対象物質は、溶液の炭素成分としてTOC、窒素成分としてT-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、ガス成分としては廃棄物層内へ侵入する O_2 と生物反応の代謝産物である CO_2 、 CH_4 、 N_2 である。

2.2 熱収支式の導入

多孔体における熱収支式は主に土壌分野やコンポスト分野を中心に研究がなされており、埋立廃棄物分野のものは少ない。したがって、本研究では熱収支式に関する既存のものと廃棄物に関するもの³⁾を参考にし、廃棄物層内における熱収支式を導入した。物質変換モデルにおける空間概念は、廃棄物層の気相・液相・固相をさらに各相について2層に分けて考慮しているが、温度については各相を単一相として取り扱い、層内温度は気相・液相・固相間で平衡状態にあるものと仮定した。

熱収支式の構築の際、熱蓄積項、熱伝導項、水分移動に伴う顕熱輸送項、発熱項、ガスと水蒸気移動による顕熱項、水の相変化による潜熱項を考えた。熱蓄積項における廃棄物層の熱容量は $C_s \rho_s \epsilon_s + C_l \rho_l \epsilon_l + C_g \rho_g \epsilon_g$ で表せるが、気相の熱容量($C_g \rho_g$)は固相、液相に比べ3オーダー程度小さい($0.6 \text{ kJ/m}^3\text{°C}$ 程度)ので無視した。熱伝導項における廃棄物層の有効熱伝導率は直列・並列モデル³⁾を適用し、深さ方向の変数として取り扱った。水分移動に伴う顕熱輸送項は、水の熱容量($4174.1 \text{ kJ/m}^3\text{°C}$)と不飽和状態にある廃棄物層の水分計算結果からのUとの積として計算される。発熱項の発熱は基質の分解によって消費・生成されるガス量(R_g)と生物反応によるエンタルピー($-\Delta H_b$)の積で求める。つまり、発熱反応は有機性炭素の好気性分解および硝化作用による分解熱($450\sim 500 \text{ kJ/mol-O}_2$)と有機性炭素の嫌気性分解による分解熱($44\sim 130 \text{ kJ/mol-CH}_4$)を考慮した。一方、ガスおよび水蒸気移動による顕熱、水の相変化による潜熱については、ここでは考慮していない。

以上のことから廃棄物層内における熱収支式を次のように表わす。

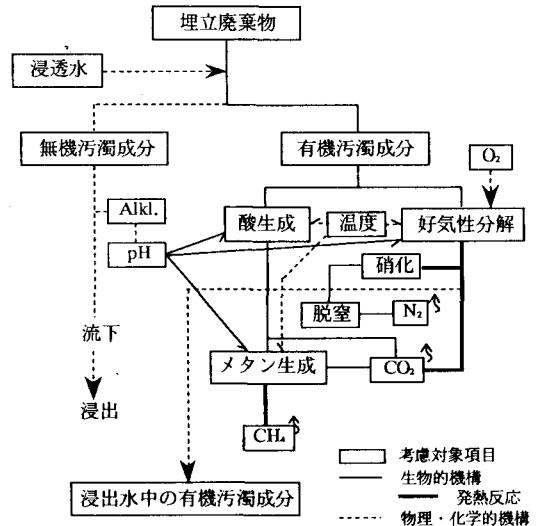


図-1 廃棄物層内における質変換の概念

$$\frac{\partial(C_{s1}\rho_{s1}(1-\epsilon_g)T)}{\partial t} = -\frac{\partial^2(\lambda_e T)}{\partial z^2} - \frac{\partial(C_l\rho_l U T)}{\partial z} + (-\Delta H_b)R_b$$

なお、パラメータ値は関連文献および実測値を基に決定し、未確定なものについては変数として取り扱った。

3. モデルの検定及び考察

熱収支を考慮した物質変換モデルの検定は、埋立層厚が4mの準好気性埋立模型槽を対象にした数値計算により行った。境界条件の内、温度は実験日における日平均気温のデータから近似式を定めて用いた。他の計算条件については参考文献2)とほぼ同じである。

図-2に、廃棄物充填後の31日目における水質濃度、ガス組成、温度の実測値を計算結果と共に示す。計算値は実測値の傾向をほぼ再現していることが分ける。

しかし、特にTOCおよび温

度に対してはうまく再現されておらず、検討を要する。計算結果を見てみると、TOCの減少が大きい中層部から下層部にかけて温度が上昇している。これは廃棄物層の下部から侵入した酸素による有機汚濁成分の好気性分解によるところが大きいと考えられる。CO₂濃度は再現性が悪く、埋立初期においては充填廃棄物の液相に飽和濃度で存在している有機汚濁成分が微粒子の形態で流出すること、準好気性埋立は下部からの酸素侵入のため廃棄物の分解は下層部から盛んになること等をモデルでは表現しにくいと考えられる。T-Nについては中層部においても硝化と脱窒が認められるが本モデルでは局所的部位での脱窒現象は表現し難い。つぎに温度について見てみる。実測温度は埋立模型槽が屋外に設置していることから表層部においてより太陽放射の影響を受けている。計算温度は実測値よりやや高い値を示しているがその傾向は十分に再現できた。しかし、層内温度に及ぼす水の相変化に伴う潜熱および模型槽からの放熱は比較的大きいものと考えられ、今後検討する必要がある。

4. まとめ

埋立廃棄物層内における質変換および物質収支をより精度よく表現し汚濁成分の挙動を予測するため、既存の物質変換モデルに熱収支式を導入した。モデルの検定結果、実測値を比較的よく再現でき、層内温度は生物反応を用いて表現できることが分かった。しかし、まだ水分の蒸発による潜熱や模型槽からの放熱などについて検討の余地があり、今後とも埋立廃棄物層内における汚濁成分の挙動を予測可能にするため、モデルの改良を行ってきたい。

【参考文献】 1) 李南勲：埋立廃棄物層における汚濁物質の挙動予測に関する基礎的研究，九州大学学位論文(1993)
2) 坂田幸久，李南勲，楠田哲也，島岡隆行，花嶋正孝：埋立廃棄物層内における物質変換モデルの検証，土木学会第48回年次学術講演会，pp.1156-1157(1993) 3) 吉田英樹，田中信寿，神山桂一，穂積準：廃棄物埋立層内の温度分布に関する理論的研究，衛生工学研究論文集，第25巻，pp.29-38(1989)

〔記号一覧〕 C_i：i成分の比熱(KJ/kg・°C)，ΔH_b：生物分解熱(KJ/mol)，R_b：生物分解の反応速度(mol/m³・s)，T：埋立層内温度(°C)，t：時間(s)，U：浸透流速(m/s)，w：i成分の重量比(-)，v_i：i成分体積比(-)，x_i：i成分(相)のモル分率(-)，z：埋立層の深さ(m)，ε：体積分率(-)，ρ：密度(kg/m³)，λ_i：i成分の熱伝導率(KJ/m³・s・°C)，s：固相，l：液相，g：気相

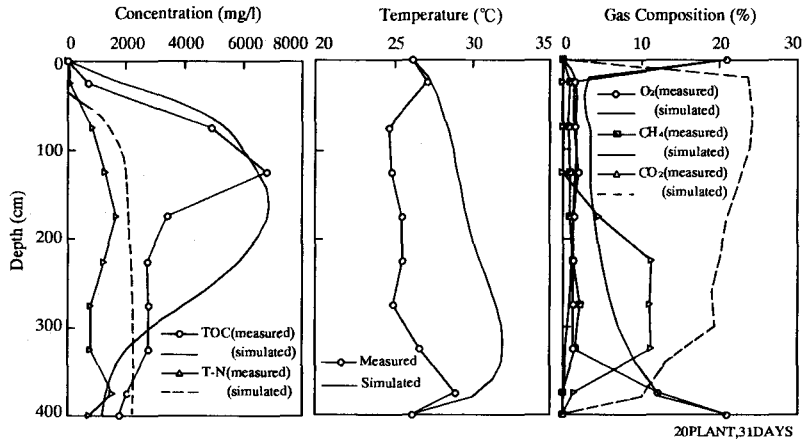


図-2 数値計算による計算結果