

II-534

降雨・蒸発に伴う廃棄物埋立層中水分移動の予測

京都大学工学部 正員 金谷 健
京都大学工学部 正員 寺島 泰
京都大学工学部 学生員 有元健太郎

1. はじめに 廃棄物埋立地浸出水量は、降雨・蒸発といった気象条件の影響を大きく受けるが、埋立地表層からの蒸発量(実蒸発量)についてはあまり研究されていない。そこで本研究では、3通りの実蒸発量予測方法を用いてそれぞれ浸出水量を予測計算し、焼却灰を対象とした実気象条件下での屋外カラム実験(表1参照;1991年6月20日より1年間、京都大学屋上で実施)による実測値¹⁾と比較することにより、実測値により適合した浸出水量予測モデルを確立することを試みた。

表1 実験条件	
焼却灰充填高	1.00 (m)
焼却灰乾重量	22.2 (kg)
間隙率	0.56 (-)
カラム断面積	227 (cm ²)

2. 浸出水量予測方法 浸出水量は、鉛直1次元不飽和浸透での離散型モデル²⁾を用いて、埋立層を鉛直にN層に分割し、それぞれの層について式(1)~(7)に示した水収支式等を用いて予測した。 $F_{N,j}$ が時刻jにおける浸出水量である。なお不飽和透水係数とマトリックスポテンシャルは、覆土層が存在する場合等への拡張を考慮して、土性データ等による計算方法³⁾を焼却灰に用いることを試みた(式(5)(6))。

表2 浸出水量予測式

$\theta_{i,j+1} = \theta_{i,j} + (R_j - E_j - W_j - F_{i,j}) \Delta t / \Delta h$ (i=1) (1)	
$\theta_{i,j+1} = \theta_{i,j} + (F_{i-1,j} - F_{i,j}) \Delta t / \Delta h$ (i≥2) (2)	
$F_{i,j} = -K_{i+1/2,j} \times (\psi_{i+1,j} - \psi_{i,j}) / \Delta h + K_{i+1/2,j}$ (3)	
$K_{i+1/2,j} = (K_{i,j} + K_{i+1,j}) / 2$ (4)	
$K_{i,j} = 86.4 \times (\theta_{i,j} / 0.478)^{9.34}$ (5)	
$\psi_{i,j} = (-10.1) \times (\theta_{i,j} / 0.478)^{-3.17}$ (6)	
$E_j = r_{Ej} \times E_{w,j}$ (7)	

i:層番号、j:時刻(day)、 θ :体積含水率(-)、F:水フラックス(cm/day)
R, E, W:降雨量, 実蒸発量, 表面流出量 (cm/day)、 Δt :時間刻み(day)、 Δh :各層の厚さ (cm)、K:不飽和透水係数 (cm/day)、 $K_{i+1/2,j}$:第i層と第(i+1)層の不飽和透水係数の平均 (cm/day)、 ψ :マトリックスポテンシャル (cm)
 r_E :比蒸発量(-)、 E_w :水面蒸発量 (cm/day)

実蒸発量は、水面蒸発量に比蒸発量(=実蒸発量/水面蒸発量)を乗じて求めた(式(7))。水面蒸発量は、Penman法⁴⁾に基づいて気温・日射量・湿度等の気象データから計算される水面可能蒸発量に、埋立場所によって決まる補正係数(本研究では1.36)を乗じて求めた。比蒸発量は以下に示す3通りの方法で決定した。

CASE1:比蒸発量は1.0で一定

CASE2:比蒸発量は0.7で一定

CASE3:比蒸発量は表層含水比の関数

CASE1, CASE2は浸出水量予測において簡便性の点で従来用いられてきたと思われる方法⁵⁾⁶⁾、CASE3は本研究で新たに提案する方法である。

CASE3における比蒸発量を決定するために表層含水比と比蒸発量との関係を調べた⁷⁾。その一例が図1である。これにより比蒸発量は式(8)(9)を用いて計算できる。なお、図中の点Aは気温によって変化するので、限界含水比と最大比蒸発量を実験により気温の関数として表した(式(11)(12))。

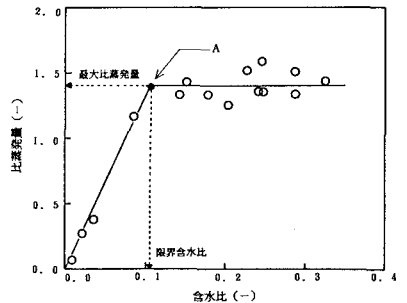


図1 比蒸発量と含水比の関係

表3 CASE3での r_E の計算方法(添字jは省略)

$r_E = (s/s_0) \times r_{E0}$ (0 < s ≤ s ₀) (8)	
$r_E = r_{E0}$ (s > s ₀) (9)	
$s = \theta_1 \times (\rho_w / \rho_b)$ (10)	
$r_{E0} = 4.6 \times 10^{-5} \times T^3 - 1.6 \times 10^{-3} \times T^2 + 1.9 \times 10^{-2} \times T + 0.80$ (11)	
$s_0 = -1.8 \times 10^{-4} \times T^2 + 6.5 \times 10^{-3} \times T + 0.094$ (12)	

s:含水比(-)、s₀:限界含水比(-)、r_{E0}:最大比蒸発量(-)、T:気温(℃)、 ρ_w :水の密度(g/cm³)
 ρ_b :乾燥密度(g/cm³)

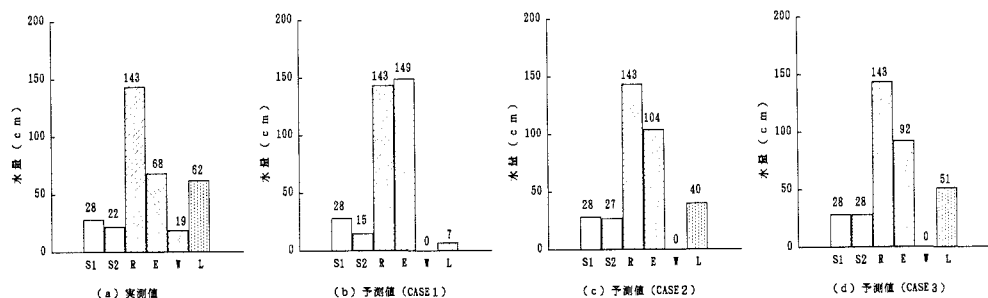


図2 1年間の水量収支の実測値および予測値 (単位はすべてcm)
(S1: 層内水分量(初期)、S2: 層内水分量(1年後)、R: 降雨量)
(E: 実蒸発量、W: 表面流出量、L: 浸出水量)

3. 浸出水量の予測計算とその検証 カラム実験および予測計算による1年間の水量収支を図2に示す。図2より浸出水量予測値は、CASE1(7cm)およびCASE2(40cm)に比べるとCASE3(51cm)は、実測値(62cm)により適合していることがわかる。この傾向は実蒸発量についても同様である。

また、各CASEにおける実蒸発量と浸出水量の経時変化をそれぞれ図3・図4に示す。これらについても、CASE3による予測値はCASE1, CASE2に比べるとより実測値に適合する傾向が認められる。なおCASE1, CASE2では実測値との違いが、実蒸発量については夏(50~100H)に、浸出水量については秋(100~150H)に生じ、時期的遅れが認められる。これは夏に埋立地の表層含水率が低下するにもかかわらず、CASE1, CASE2ではそれとは無関係に蒸発するとしているために層内の水分量がかなり減少し、秋における台風等の比較的多量の降雨にもかかわらず水分が浸出しなことを意味すると考えられる。

4. まとめ 廃棄物埋立地における浸出水量の予測において、実蒸発量を従来の簡便な方法で計算するよりも「実蒸発量は表層含水比の影響を受ける」とした本研究で提案する予測式で計算するほうが、予測値はより実測値に適合する。

参考文献

- 1) 金谷健, 他(1992): 第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp487-490
- 2) 寺島泰, 他(1989): 衛生工学研究論文集, 第25巻, pp1-13
- 3) G.S. キンバム(1987): パソコンで学ぶ土の物理学, 鹿島出版会
- 4) 樫根勇(1980): 水文学, 大明堂
- 5) 厚生省(1989): 廃棄物最終処分場指針解説
- 6) 田中信寿, 他(1991): 第2回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp237-240
- 7) 金谷健, 他(1992): 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集, pp750-751

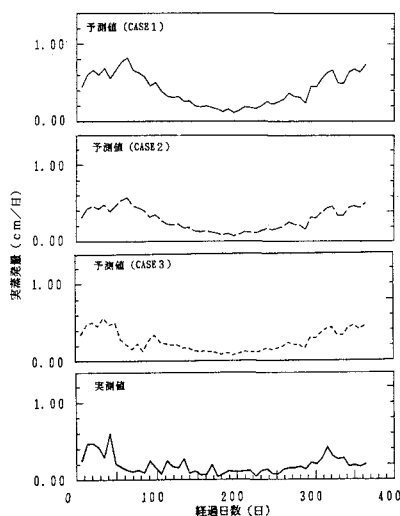


図3 実蒸発量の予測値および実測値(週平均)

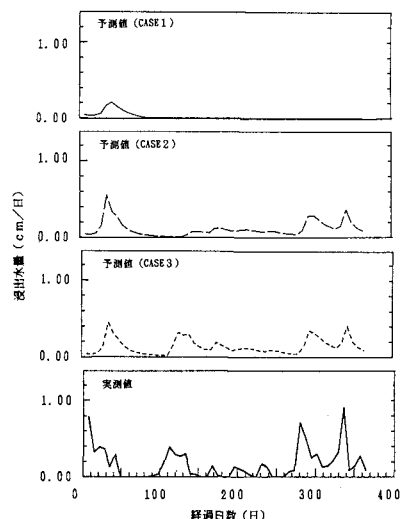


図4 浸出水量の予測値および実測値(週平均)