

# A1 地表面人工構造物の水分・熱移動メカニズム評価

Evaluation water and heat flux in artificial construction of ground surface

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H10024 古賀佑太郎 (Yutaro KOGA)

**Abstract:** New artificial construction, water retaining pavement, is expected to mitigate urban heat island in recent years, because the evaporation of water controls the rise of surface temperature on pavement. The effect of water retaining pavement was confirmed by solving surface energy budget equation of the multilayer model. Some parameters; evaporation efficiency, matrix potential, and hydraulic conductivity, were obtained by the experiments. The simulated surface temperature reasonably represented the measured surface temperature. Moreover, the simulations were carried out in rain day using the same model. It was found that some improvements of this model were required in order to represent the hysteresis process of water

**Keywords:** urban heat island, water retaining pavement, multilayer model.

## 1. はじめに

近年、都市部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象が発生しており、人体の健康への悪影響も報告されている。そこで保水性舗装をはじめ、新しい人工構造物が都市ヒートアイランド現象の緩和対策の一つとして用いられるようになってきている。保水性舗装は、晴天時に保水されていた水分が蒸発し、気化潜熱を奪うことで路面温度の上昇を抑制するという機能を有する舗装である。従来の研究では、舗装体全体の体積含水率と蒸発効率の関係を使用したが、舗装体内の水分分布により蒸発効率に変化することが実験で立証された。そこで、本研究は、保水性舗装等の人工構造物の蒸発効率を求め、各層ごとに割り当てることのできる多層モデル<sup>1)</sup>を用いて熱収支式を解き、保水性舗装体内の水分・熱移動メカニズムを明らかにした。

## 2. 地表面熱収支モデル

多層モデルの熱収支式を以下に示す。

$$Rn = L \uparrow + H + G + LE$$

$$L \uparrow = \sigma \cdot T_s^4 \quad H = \rho \cdot C_p \cdot c_h \cdot u \cdot (T_s - T_a) \quad E = \rho \cdot c_q \cdot u \cdot (q_{sat_g} - q_a) \cdot \beta$$

$Rn$  : 正味放射量  $Rn = S \downarrow - S \uparrow + L \downarrow$  (実測値)  $H$  : 顕熱輸送量  $G$  : 地中伝導熱流束

$LE$  : 潜熱輸送量  $S$  : 短波放射  $L$  : 長波放射  $T_s$  : 表面温度  $T_a$  : 外気温度

$c_h, c_q$  : バルク係数  $u$  : 風速  $C_p$  : 熱容量  $\rho$  : 大気密度  $\beta$  : 蒸発効率

$q_{sat_g}$  : 表面飽和比湿  $q_a$  : 大気比湿  $\sigma$  : ステファン・ボルツマン定数

## 3. 蒸発効率

蒸発効率の測定を行った。保水性舗装を評価対象とし、ロジスティック曲線を使用して蒸発効率と含水率の関係を近似した。結果を Fig.1 に示す。

飽和含水率は 0.065 であり、体積含水率が  $0.03(\text{m}^3/\text{m}^3)$  を超えるあたりで蒸発効率が急激に低下していることが分かる。この近似曲線の式を以下に示す。

$$\beta = \frac{1}{1 + 2500 \exp(-246\theta)}$$

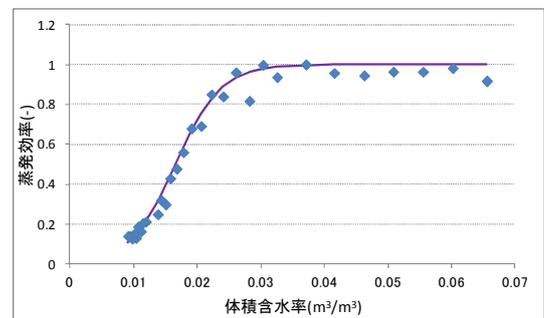


Fig.1 蒸発効率の近似曲線

#### 4. 計算結果

実験から得られた蒸発効率、ポテンシャルマトリックス、飽和透水係数を入力パラメータとして、多層モデルを用いた地表面温度の計算結果と実測値を Fig.2 に示す。計算期間は2010年9月25日11時40分から24時間であり、最初保水性舗装は飽和含水状態にして測定、計算をした。実測値と計算値は良い一致を示している。

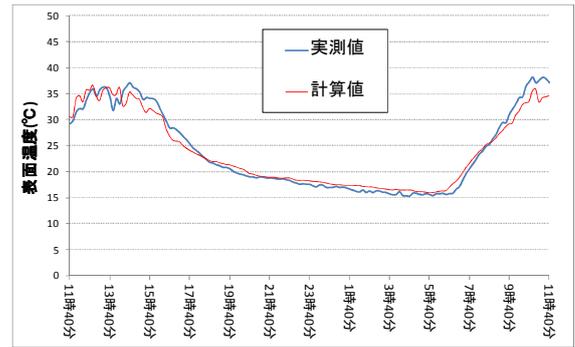


Fig.2 地表面温度の比較

#### 5. 降雨を想定した実験と計算

降雨を想定した実験との比較を行った。実験は、保水性舗装に降雨強度1mm/hと2mm/hの降雨を1時間降らせた。計算も実験と同様に保水性舗装に1mm/hと2mm/hの1時間の降雨を設定し、保水性舗装内に降雨による鉛直水分分布を作成した。この鉛直水分分布を初期値として、4節と同じ気象条件で計算し、蒸発効率と含水率を求め、蒸発効率の曲線を導出した。(Fig.3-4)

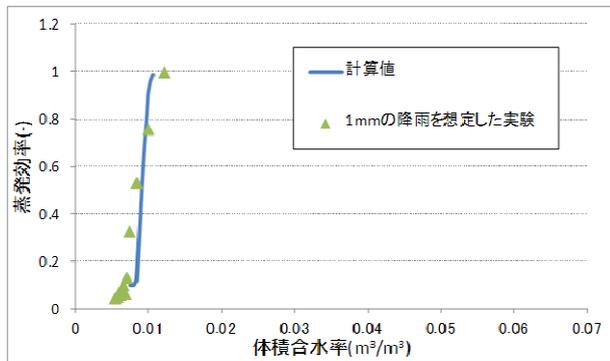


Fig.3 1mm の降雨の場合の実験値と計算値

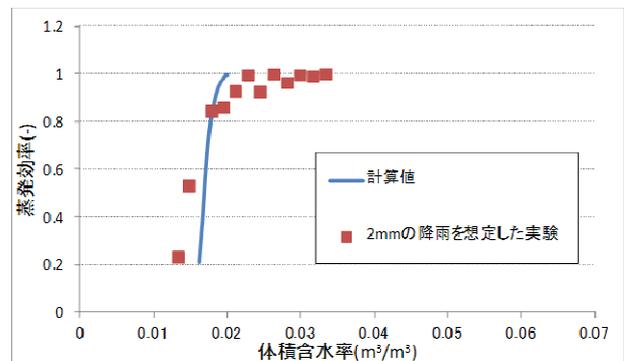


Fig.4 2mm の降雨の場合の実験値と計算値

Fig.3 に示す1mmの降雨の計算は実験値とよく一致しているが、Fig.4 に示す2mmの降雨の場合は実験値と一致はしなかった。Fig.4 で初期の含水率が小さいのは、計算では降雨時に表層が飽和含水率になると、それ以上の降雨は保水性舗装に浸透されないとしたことが原因として考えられる。しかし、実際の実験では2mmの降雨では、水が流れ落ちることはなかった。

そこで、第1層が飽和含水率になり、さらに降雨がある場合は、第2層に強制的に浸透するとして鉛直水分分布を作成した。その計算結果を Fig.5 に示す。Fig.5 で初期の含水率は実験値と近くなったが、含水率の減少により、蒸発効率は急激に小さくなった。水分の蒸発と浸透にはヒストリシスが存在し、そのモデリングが今後の課題である

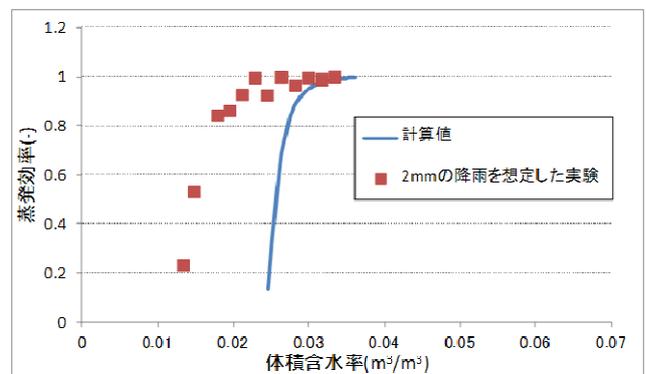


Fig.5 2mm の降雨の条件を変えた計算値

#### 参考文献

- 1) Kondo, J., N. Saigusa : Modeling the Evaporation from Bare Soil with a Formula for Vaporization in the Soil Pores, J. of the Meteorological Society of Japan, Vol. 72, No. 3, pp. 413-421, June 1994..