

II-389

一次元熱収支モデルによる都市地表面の熱収支解析

芝浦工業大学 正員 守田 優
 鹿島建設 正員 諸橋敏夫

1. はじめに

近年の都市の膨張は、その地域の自然環境を変貌させ、特にコンクリート構造物やアスファルト舗装などの地表面の変化は、都市の気象にも影響を及ぼし、いわゆるヒートアイランドに代表される都市気候が都市の環境計画において重要な課題になってきている。

本研究では、こうした都市気候をミクロな立場にたってとらえ、都市気候をつくり出す諸要因について分析し、その中でも特に都市の被覆状態が都市の熱環境に対してどれだけの影響を与えているかを、地表面熱収支に重点をおいて定量的に検討した。ここで地表面熱収支とは、地球に入射する太陽エネルギーが顕熱、潜熱、地中への伝導などへ再分配されることによって成立する地表面付近の熱の収支を意味する。

2. 解析方法

内容としては、一次元熱収支モデルを適用することにより、単位土地利用別、同一気象条件のもとでの地表面熱収支を数値計算し、地表の被覆状態の違いによる地表面温度や各熱収支項目の変化を明らかにする。

① 解析対象として、100km²の地区を、地表の凹凸を無視して平面と考え、一辺500mのメッシュで区切る。このメッシュを表-1のように500mLUN(LAND USE NUMBER)の土地利用に区分し、さらにそれを10m×10mの土地利用に分類する。熱収支計算は、まずこの10mLUNで行い、これを積み上げて500mLUN、100km²の熱収支を算出した。またこの計算では、顕熱流として地表面上数mを対象にし、移流の影響は無視した。

② 本解析で適用する地表面熱収支方程式は次のとおりである。

$$R = H + LE + A \quad (1)$$

ここに、 R ：純放射量で、太陽から地球へ入る正味のエネルギー、 H ：顕熱流で、空気中の対流熱伝達によるエネルギーの流れ、 LE ：蒸発潜熱で、おもに水分の蒸発に使われるエネルギー、 A ：地中への伝導熱流を示す。単位は全て $Kcal/m^2 \cdot h$ である。また、上式の各項は、いずれも熱輻射や熱伝導の理論をもとに地表面温度の関数として表現した。

$$R = R_s - R_L \quad (2)$$

$$R_s = (1 - \rho) \cdot I_t \quad (\text{吸収短波長放射})$$

$$R_L = R_L(\sigma T^4) \quad (\text{有効長波長放射})$$

ここで、 ρ はアルベド、 I_t は水平面全天日射量、 R_L は Stefan Boltzmann の法則をもとに計算した。

$$H = \alpha_c(\theta_s - \theta_a) \quad \alpha_c: \text{対流熱伝達率} \quad (3)$$

$$LE = f \cdot L \cdot k_g(q_s - q_a) \quad (4)$$

f ：蒸発比、 L ：蒸発潜熱、 k_g ：物質移動係数
 T_s, θ_s ：地表温度、 θ_a ：気温、 q_a ：比湿、 q_s ：

表-1 単位土地利用の分類

分類	10mLUNの名称	500mLUNの名称
自然地表	① 水面	10mLUNと同様
	② 裸地	
	③ 水田	
	④ 草地	
	⑤ 灌木	
人工地	⑥ 森林	⑤ 田園居住地 ⑦ 散在居住地 ⑧ 総指市街地 ⑨ 高層市街地
	⑥ アスファルト舗装	
	⑦ 瓦屋根	
	⑧ 1/2瓦屋根	
	⑨ RC屋根	

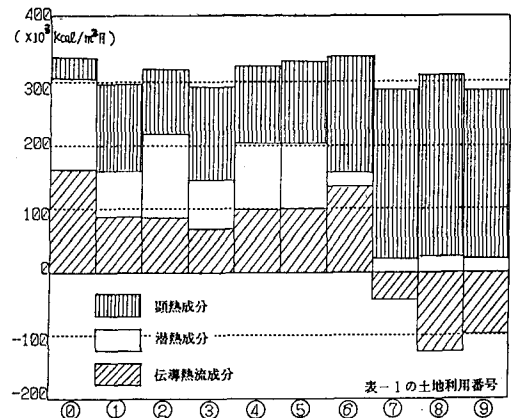


図-1 単位土地利用別の熱収支成分

での飽和比湿。

Aは熱伝導理論を簡略化して計算した。

③ ②に基づいて、1987年の1月から12月までの毎日3時間ごとの気象データ(気温、水蒸気圧、水平全日射量、風速、雲量)を入力し、また、熱収支式の上述のパラメータを既存の資料をもとに仮定し、各時間毎の、土地利用別10LUNでの熱収支成分及び各地表面温度を数値解析した。この計算結果を用いて具体的に東京都の2地区を対象に熱収支を計算した。

④ 東京を対象としたケーススタディーにおいては、開発の著しい地区(都心地区)と比較的開発されていない地区(青梅地区)を選定してモデルを適用し、さらにいくつかの土地利用比率を設定し、自然地表と人工地表との割合を変化させてシミュレートした。

3. 解析結果

① まず10mLUNの単位土地利用においては、年平均地表面温度でみた場合、裸地や植生などの自然地表面に比べ、アスファルトやコンクリートなどの人工地表面のほうが2℃程度高い結果が得られた。また、各熱収支成分の比較においては、潜熱量が人工地表面より自然地表面で大きな値が得られ、顕熱量は、逆に人工地表面のほうで多く消費される結果となった(図-1)。

このことから、市街化が進むと熱収支成分では純放射量と潜熱量が自然地表に比べて割合が小さくなり、顕熱量は、逆に大きくなる傾向が明らか

になった。伝導熱量は、特に冬期に暖房の影響を受け、地中とは逆方向の熱流が生じた(図-1の⑦~⑨)

③ 東京を対象としたケーススタディーとして中央、港、千代田区を含む都心地区100km²と青梅地区の100km²について解析した。その結果、8月の平均地表面温度で都心の多くのメッシュで31℃以上を示し郊外の青梅地区では29℃となった。また、熱収支成分の年変化も上述の①と②と同様の傾向が見られた。(図-2、図-3)

4. おわりに

本研究では、土地利用による熱収支特性の違いを地表面熱収支方程式の数値解析によって明らかにした。しかし、ここで仮定した物理的なパラメータにはまだ検討すべき点も多く、今後、現地観測を重ねながら信頼性を高めていきたいと思う。また、一方で都市における人工熱の評価も熱環境の重要な要素であり、現在実証的なデータの整理を進めている。いずれにしろ、このような人工熱も含め、地表面の熱収支特性を考慮した都市の環境計画が今後望まれるものと考えらる。

参考文献

- * 都市気候学：大後美保、長尾 隆、朝倉書店(1970)
- * 地域環境アセスメントにおける地表面熱収支理論の応用研究：尾島俊雄、森山正和、日本建築学会論文報告集、第265号。

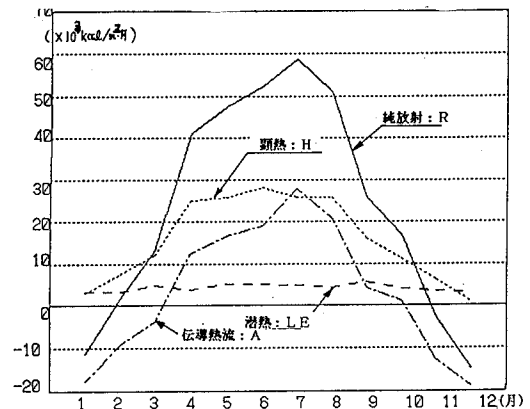


図-2 東京都心地区の各熱収支成分の年変化推定値

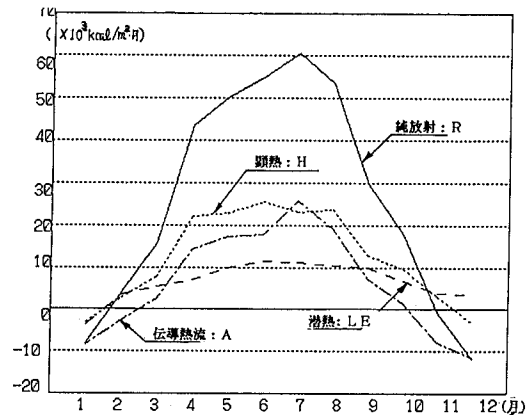


図-3 青梅地区の各熱収支成分の年変化推定値