防衛大学校建設環境工学科 学生会員 〇渕原 修起 防衛大学校建設環境工学科 正会員 多田 毅

#### 1. はじめに

ヒートアイランド現象に代表される都市環境における諸問題の メカニズムを解明するにあたり、都市の接地境界層における熱収 支の実態把握とモデル化は重要な課題の一つである。特に都市構 造の複雑さ、人工排熱、アスファルトやコンクリートが周辺の熱収 支に与える影響などを考慮する必要があるため、水・熱収支を定量 的に把握することは容易ではない。

本研究では、高層構造物や道路網、草地などが入り組んだ都市構 造のモデルとして、周囲を囲まれた閉鎖空間である中庭を持つ構 造物を取り上げ、そこでの観測を通じて、都市キャノピーと外部大 気との間の熱収支、特に熱交換係数と蒸発効率の振る舞いについ て、諸条件との関係の考察を試みた.

# 2. 中庭空間の熱収支の概念

都市キャノピーの熱収支に対応するものとして、中庭空間と外部大気との熱収支を考える. 図-1のように、中庭上端部境界面での熱収支は、中庭空間に出入りする正味の放射エネルギー(純放射量) *R*<sub>n</sub> と、中庭空間から構造物壁面や地面への地中(壁面)伝導熱*G*<sub>g</sub>(*G*<sub>w</sub>)、空間内の気温を上昇させるエネルギー*dQ*、顕熱フラックス*H*,潜熱フラックス*IE*など空間から出ていくエネルギーの収支で考えることができ、以下の式が成立するものとする.

 $R_n = S^{\downarrow} + L^{\downarrow} - S^{\uparrow} - L^{\uparrow} = H + lE + G + dQ$   $H = \rho C_p C_H (T_s - T) U$  $lE = \rho l \beta C_H (q_{SAT} - q) U$ 

### 3. 観測内容

本観測は、神奈川県横須賀市にある防衛大学校理工学5号館にて 実施した.本構造物は、約4800 mの敷地に約1800 mの芝に覆われ た中庭を持つ周囲を囲まれた一種の閉鎖空間を構成し、高さは12.8 mである.対象期間は、人工排熱の少ない冬休み期間中である2003 年12月20日から2004年1月15日とした.

熱収支を算定するために必要な気象要素と、観測に使用した機材 を表-1に示す.顕熱フラックスHは、中庭全体の空間代表性を得 るために中庭風下側の屋上で、超音波風速計を用いて計測した.ま た今回は、試験的にシンチロメーターも併用したが、超音波風速計 の観測値と比較(図-2)したところ、南中時刻前後(11:00~13:00) において、一定条件下で同様の結果を得たので、同時間帯でのHの 信頼性が高いと判断した.

 $H IE R_n$   $G_w$   $G_w$   $G_w$   $G_w$   $G_g$ 

図-1 中庭空間の熱収支概念図

表-1 観測項目と使用機材

観測項目	観測機材	
顕熱フラックス H	超音波風速計	
下向き短波放射 $S^{\downarrow}$	長短波放射計	
下向き長波放射 <i>L</i> ↓		
上向き長波放射 L <sup>↑</sup>		
上向き短波放射 S <sup>↑</sup>		
気温T,湿度rh	気温・湿度計	
風向wd, 風速U	風向·風速計	
気圧 P	気圧計	
地中伝導熱 $G_g$	熱流計	
壁面伝導熱 $G_w$		
地表面・壁面温度	赤外線熱画像撮影装置	



顕熱評価の比較

キーワード 蒸発効率,熱収支,閉鎖空間

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科水工学研究室 TEL 046-841-3810(内 3524)

放射量の各成分は、中庭北端において計測したが、上向き短(長) 波放射は壁面の影響を強く受けており、中庭空間全体を代表してい ない可能性がある.そこで、長波放射量に関しては、赤外線熱画像 から得た地表面と壁面の赤外線射出量より日照面積を考慮して換算 した値と実測値を比較し、ほぼ合致したことから実測値を使用した. また、長波放射量から算定した表面温度を中庭空間の表面温度の代 表値とした.上向き短波放射量は、裸地と壁面のアルベドから同様 の換算を行い、その時刻における空間を代表するアルベドを推定す ることにより算定した.外部大気の風速、風向、気温、湿度、気圧 は、屋上で計測した.地中伝導熱及び壁面伝導熱は、熱流計を地表 面と壁面に設置して、日照面積を考慮に入れて換算して表面伝導熱 Gとした.潜熱フラックスIEについては、以上の観測で得た数値か ら、熱収支の残差として算出した.



図-3 1月13日の熱収支

唐わ

表-2 1月13日の気象条件

天気

# 4. 結果及び考察

ここでは、1月13日の観測値を例として取り上げる.この日は、 前日の夜中から当日の朝(10:00)まで 20mm程度の降雨が継続し, 10:30 には晴天になっていた. 中庭上端部での1月13日の熱収支の 日変化を図-3に示す. 観測期間中に雲による日射の遮断の影響が 無く、かつ中庭底面まで日射の到達する 11:00~13:00 の範囲に時 間を限定し、データを 20 分平均して使用した. 特にここでは地表 面が十分に湿潤していた 11:00~11:20 の気象条件(表-2)における 蒸発効率を算出する. 前章では空間内消費エネルギー dQ について 言及していないが、中庭の気温の時間推移から dO を算出すると0 ~6 (W/m)となり、熱収支に大きな影響を及ぼすことはないこと から、dQ = 5 (W/m<sup>2</sup>) とした.以上より、潜熱フラックスは平均 144.9(W/m)という結果を得た. さらにバルク顕熱輸送係数 $C_H$ と 蒸発効率 $\beta$ を算出すると、 $C_H = 0.006$ 、 $\beta = 0.80$ が得られた.バ ルク輸送係数C<sub>H</sub>は、一般に裸地では 0.0015、森林・水田では 0.005 程度であることが知られており、本観測では森林より大きな値とな った.これは、空気力学的に複雑な形状を持つことが原因と考えら

	FH 4 C
風向	西北西
風速(m/s)	2.1
外部大気温度(℃)	10.1
空間代表表面温度(℃)	17.5
相対湿度(%)	57.0
気圧(hPa)	998
$S^{\downarrow}$ (W/m <sup>2</sup> )	509
$S^{\uparrow}$ (W/m <sup>2</sup> )	65.1
$L^{\downarrow}$ (W/m <sup>2</sup> )	327
$L^{\uparrow}$ (W/m <sup>2</sup> )	416
$R_n (W/m^2)$	354.9
$G (W/m^2)$	93.2
dQ (W/m <sup>2</sup> )	5
H (W/m <sup>2</sup> )	111.8
$lE (W/m^2)$	144. 9

れる. 蒸発効率βは一般に今回のような完全な湿潤状態では 1.0 前後となることが知られており,それよりも小さ な値となった.これは,中庭のような閉鎖された空間においては,乾燥した壁面や,人工排熱などの影響から,空 間内に入った熱エネルギーのうち蒸発に使われるエネルギーが小さくなり,βが減少することが原因と考えられ る.

## 5. おわりに

今回は、観測期間が短かったこと、天候に恵まれなかったことなどから十分なデータが得られなかった.今後も 観測を継続して十分なデータを蓄積し、さらに解析を進める予定である.

## 参考文献

・水環境の気象学:近藤純正,朝倉書店

- ・神田 学,森脇 亮,鈴木 譲、マティアス ロート、ティム オーク:住宅街の接地境界層における乱流フラックスの実測―シンチロメーターの利用―、天気、47、453-462、2000.
- ・神田 学, 鈴木 譲, 森脇 亮: 通過交通の影響を含めたストリートキャニオンにおける熱収支の実測, 土木学会論 文集, No. 587/Ⅶ-6, 109-116, 1998.