

スケールモデルによる都市表面の熱輸送速度に関する実験

1033341 中川 敬太 1033205 河合 諭

指導教員 成田 健一

1. はじめに 都市部の気温が周辺部より高くなることをヒートアイランド現象という。この解明には都市表面の熱交換過程を把握することが必要だが、都市における熱輸送のメカニズムは十分には解明されていない。

本学キャンパスに作成したスケールモデル街区を用いて都市表面の熱輸送把握のための実験が行われてきたが、いずれも配置しているコンクリート柵の高さは均一であった。しかし、実際の都市には様々な高さの建物が混在している。本実験では立方体均等配列と高さ分布がある配列の輸送速度の比較を行う。また、立方体均等配列における輸送速度の面内分布の把握も行った。

2. 実験概要 実験は本学キャンパスに設置された $S=1/50$ スケールモデル街区で行った。この街区には一辺が 150mm の立方体コンクリート柵を 150mm 間隔で 1600 個配置したサイト A と、平面寸法は同じで高さが 1.5 倍のものと 0.5 倍のものが交互に 800 個ずつ配置したサイト B があり、卓越風向に対して左右に設置されている(図 1)。なお、サイト A・B のグロス建蔽率は 25%、建物の平均高さは 150mm となっている。実験には濾紙面水分蒸発法を用いた。これは濾紙面の水分蒸発量から物質輸送速度を算出する。物質輸送と熱輸送には類似性があるため、これを熱輸送速度とみなすというものである。実験に用いる試料は 150mm 角、厚さ 2mm のアクリル板に 1mm 厚の濾

紙を貼ったものである。濾紙はアクリル板と同じ 150mm 角と、その 1/9 の面積となる 50mm 角の 2 種類を用いた(図 2)。測定面は面内分布で屋上面、壁面、建物間面、交差点面とし、高さ分布では 3 種類の屋上面、建物面、交差点面とした。濾紙を湿らせて重量を測定し、測定位置に試料を設置、15 分後に再び重量を測定し水分蒸発量を求めた。濾紙表面直下に直径 1mm の温度センサを挿入し、その間の濾紙表面温度を 6 秒間隔、気温、湿度を 1 秒間隔、風速、風向を 1/50 秒間隔、短波放射量、気温分布を 1 分間隔で収録した。

3. 輸送速度の算出とバルク係数 濾紙面の水分蒸発量と濾紙表面温度、気温、湿度から次式を用いて物質輸送速度を算出した。輸送速度を風速で除した無次元数はバルク係数と呼ばれる。

$$E = C_E U (\rho_s - \rho_a) = WT (\rho_s - \rho_a) \quad [\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

C_E : バルク係数 [無次元] ρ_s : 表面絶対湿度 [gm^{-3}]
 U : 風速 [ms^{-1}] ρ_a : 絶対湿度 [gm^{-3}]
 WT : 物質輸送速度 [ms^{-1}]

4. 自然風の性状解析 蒸発量測定中に吹いた風の平均風速と風向の標準偏差を検討した。平均風速が大きくなると風向の標準偏差は小さくなる。これは春季、冬季に関わらずみられるため、平均風速と風向の標準偏差の関係においては季節による違いはないといえる。

5. 立方体均等配列における輸送速度の面内分布 前年度までの実験により、立方体均等配列における面全体の輸送速度と面内での輸送速度分布の一部は把握できた。しかし風向による変化の検討において不足している風向があるため、輸送速度の面内分布の追加測定を行った。測定には分割試料(図 2)使用し、風向による

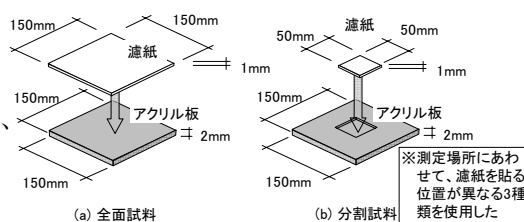


図 2. 各測定に用いる試料

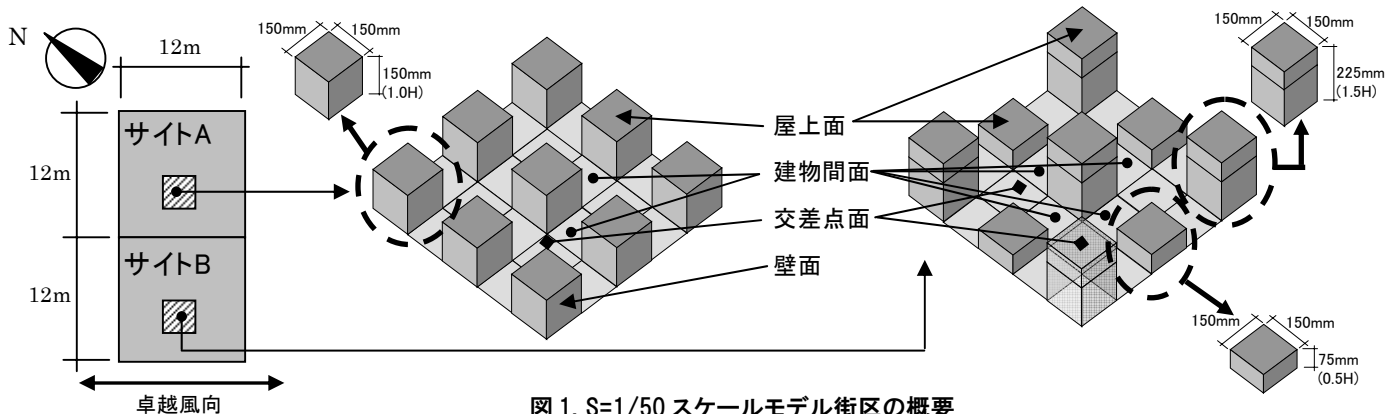


図 1. $S=1/50$ スケールモデル街区の概要

1033205 河合 諭 1033341 中川 敬太

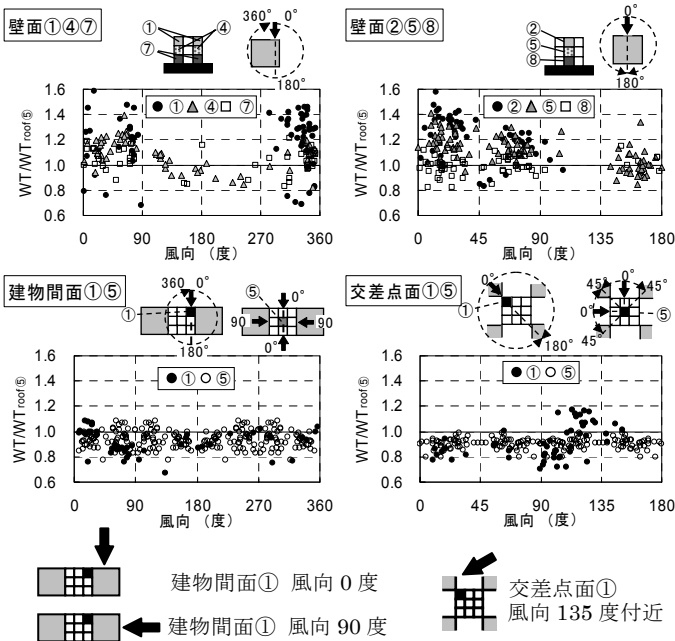


図 3. 輸送速度の面内分布(風速 1.0ms⁻¹以上のみ)

影響が少なく安定した値が得られる屋上面中央(⑤)の輸送速度 $WT_{roof⑤}$ を基準とし、同時に測定した各測定面の輸送速度 WT との比を算出した。風向と輸送速度比 $WT/WT_{roof⑤}$ の関係を記したものを図 3 に示す。壁面については、測定面に正面から風の当たる風向のとき、基準面より大きな値がでた。また壁面上部(①②)ほど風向による輸送速度の変化が大きく、下部(⑦⑧)では小さくなった。建物間の床面(建物間面)では中央の(⑤)では値の風向による変化が少ないのに対し、角面(①)の風向 0 度では値が大きくなり、90 度付近では値が小さくなった。交差点面においても中央の(⑤)では値が小さく変化が少ないが建物の角付近(①)で角から風が建物間に吹き込む風向 135 度では輸送速度が大きくなった。

6. 高さ分布を有する配列での輸送速度の変化 立方体均等配列で均一高さのサイト A と高さ分布がある不均一高さのサイト B の輸送速度 WT を比較し、高さ分布の影響を検討した。測定には全面試料(図 2)を用いた。

サイト A とサイト B の風速と鉛直気温分布を比較した(図 4)。風速比較ではサイト A・B ともに地上 30cm の位

置で測定したにもかかわらず、サイト B のほうがサイト A より約 20% 低くなった。鉛直気温分布ではサイト B のほうがサイト A よりも高い位置まで地表面からの熱的影響がみられたが、地表面付近ではサイト A のほうが温度が高くなった。サイト A は建物高さ以下の空気と上空の空気が混ざりにくく、温度境界層内の温度差が大きくなった。

基準面として毎回同時に測定した立方体均等配列の高さ 1.0H 屋上面と高さ分布がある配列の各面の輸送速度比 $WT/WT_{roof1.0H}$ を算出し、立方

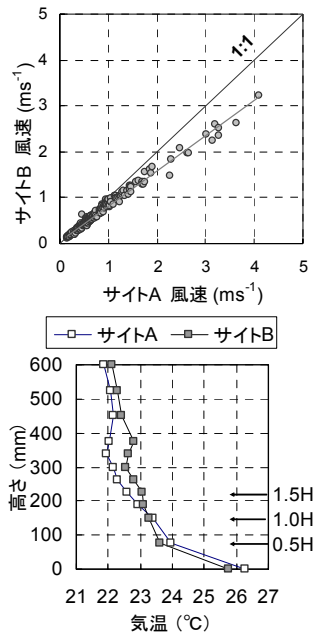


図 4. 風速と鉛直気温分布の比較

体均等配列の各面の輸送速度比(前年度のデータを使用)と比較した(図 5)。1.5H 屋上面では値に幅があり安定していなかった。0.5H 屋上面では全体的に基準面より低い値だった。これらの 2 種類の屋上面では基準屋上面同様、風向による値の変化はみられなかった。建物間面、交差点面の床面では配列の違いによる値の変化はみられず、屋上面ほどではないが風向による値の変化は少なかった。よって、配列に高さ分布があっても地表面付近の輸送速度に大きな違いはないといえる。

7. まとめ 輸送速度の面内分布において、壁面では高い位置ほど風向による輸送速度の変化、値が大きく、低い位置では変化が少なく値が小さい。建物間面では角面で輸送速度が風向により変化した。交差点面では建物の角付近で輸送速度が大きくなる風向があった。

高さ分布がある場合の輸送速度の変化では、屋上面において輸送速度の大小に違いがみられたが、床面では均一高さ、不均一高さともに風向による変化は少なく、輸送速度も同程度となった。

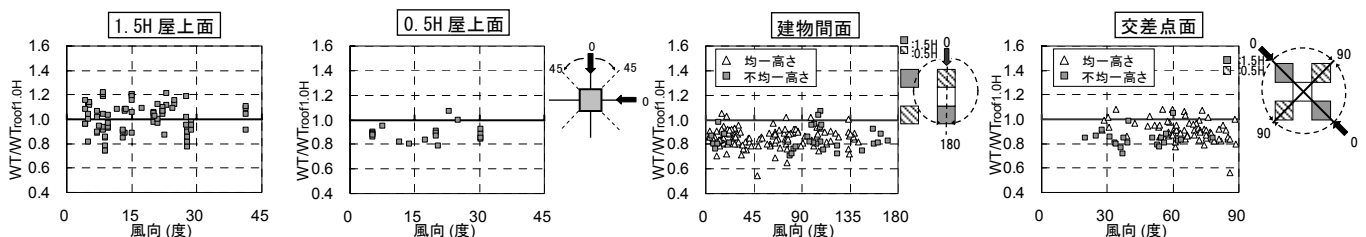


図 5. 高さ分布を有する配列での各面の輸送速度比(風速 1.0ms⁻¹以上のみ)