

都市キャノピーにおける組織乱流と拡散

正会員 ○ 老川 進*
孟 岩*
上原 清**

1. はじめに 大きな乱れをもつ都市キャノピー内での建物近傍の拡散場を明らかにすること、およびキャノピー内外の組織的な運動が建物屋根面の拡散場へ及ぼす影響を検討することを目的とし、均一な建物が連なる都市郊外にて野外拡散実験を行った。

2. 観測方法 観測場所は、札幌市中心より北西10kmに位置する住宅地(平均建物高さ7m)にて行った。住宅地より30m離れた地点に高さ5.4mの立方体のモデル建物を設置した(図1)。建物屋根面中央に設けたトレーサガス放出口(30cmφ)からは、六フッ化硫黄(SF₆;ECD ガスクロにて平均濃度を測定)およびエチレン(C₂H₄;高速炭化水素計 Cambustion 社 HFR-400にて瞬間濃度を測定)の2種類のトレーサガスを放出した。図2に放出装置および測定点を示す。

3. 屋根面平均濃度の計測結果 図3に屋根面のROOF1(上流点)およびROOF2(下流点)の無次元化濃度(CUH²/Q)と上流の乱流強度との対応を示した。野外観測データは風向が0~10°のデータをプロットし、風洞実験結果¹⁾は実線で示した(風向が0°)。上流の乱れ強度が小さい時は、逆流が生じ排出源の上流側に濃度が運ばれROOF1が高濃度となり、下流のROOF2が低濃度となる。さらに乱れ強度が増加し20~30%の乱流強度では、屋根面の流れは順流となり中央の排出源から放出されたガスは、直接下流側に流されROOF2で高濃度、上流のROOF1で低濃度となる。さらに乱れ強度が大きくなるとROOF2の値は乱流強度が増加しても、風洞実験から外挿される様な高濃度を生じず、逆に濃度が減少する。これは、自然風の大きな乱れが屋根面上の初期拡散を増大させ、排出源の下流側の濃度を低くすることによる。

4. 上流の組織的な運動と屋根面上の拡散現象との関係

既報^{3,4,5)}では、都市キャノピーにおいてまったくランダムな動きとは異なるある秩序だった組織運動が存在すること(流れ方向スケール:数百m, 垂直方向:キャノピー高さの3~4倍)およびキャノピー近傍に形成されている高レイノルズ応力の層は sweep および ejection 運動によって作られていることを明らかにした。ここではその組織運動と建物屋根面上の瞬間濃度との関係を調べ、トレーサガスの屋根面上の初期拡散過程を明らかにする。瞬間的な屋根面の煙のダイ

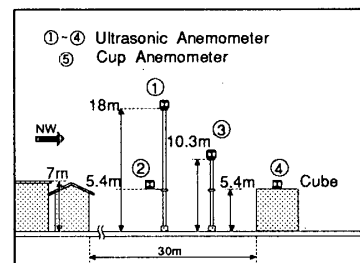


図1 観測機器の設置状況

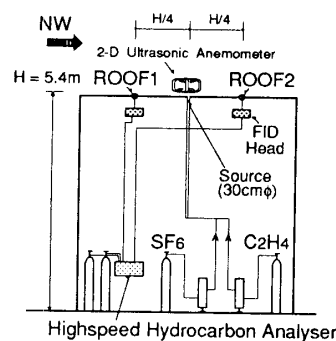


図2 トレーサガス放出装置

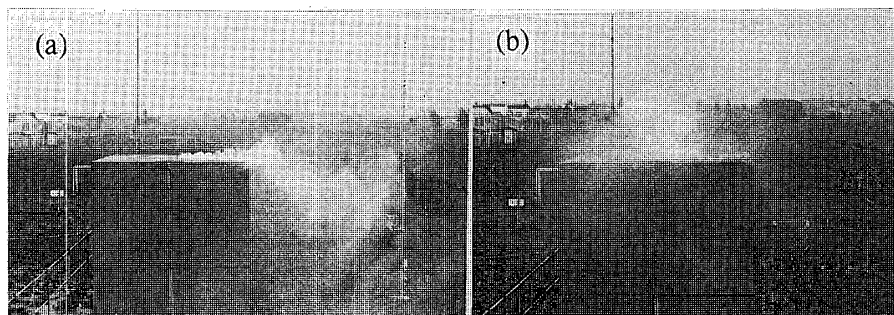


写真1 屋根面中央から放出した煙りの可視化(写真の左側が流れの上流)
(a)煙りは下流に輸送されている(b)煙りは上流に輸送されている

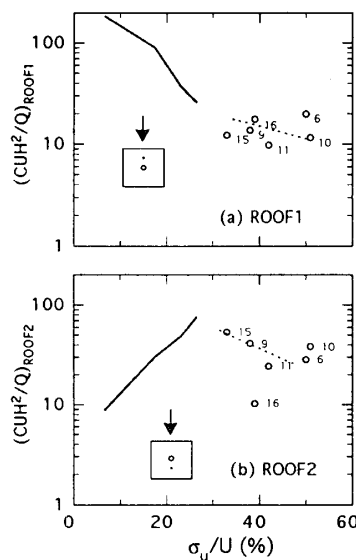


図3 屋根面濃度と乱流強度の関係

ナミックな動きをみるために、トレーサガス放出口より煙を排出し可視化した。写真1aには、屋根中央より排出された煙が、屋根面表面に抑えられながら風下に直接流されている様子が示されている。この煙は建物の後流に巻き込まれ、ダウンドラフト現象がはっきり生じている。一方、写真1bでは、屋根中央より排出された煙は屋根面上流側にも流れ、屋根面が煙に覆われている様子がみられる。この場合はダウンドラフト現象がはっきり生じていない。これらの可視化で示された動きを、建物前方および建物屋根面に設置した超音波風速計により詳細を調べた。

図4には屋根面の風速と上流(立方体前面より風上に5.4 m; $z=10.3\text{m}$)の風速変動の u',w' 成分および瞬間レイノルズ応力 $-u'w'$ の時系列プロットを示す。屋根面における負の風速値は、屋根面上で逆流が生じていることを表す。ここで注目すべきことは、上流流れにともなう速度変動 u' が負でかつ w' が正になっている時(ejection motion)に屋根面の風速が負の値を示すことである。図5には、屋根面に逆流($U_{\text{ROOF}} < 0$)が生じた時の風速と上流点の風速変動 u',w' との相関を示す。負の風速変動 u' と正の風速変動 w' の値が大きくなるとともに、屋根面の逆流が大きくなる。即ち、上流のejection運動($u' < 0, w' > 0$)にともなう上昇流は、屋根面上の流れの剥離の引き金となっている。

図6は屋根面の逆流(負の風速)とROOF1点(上流点)における C_2H_4 の瞬間濃度の関係を示す。屋根面風速の逆流時に、ROOF1にガスが検出される。図6aに示した屋根面の平均風速($U_{\text{ROOF}} = 1.8\text{m/s}$)の値は正であるにもかかわらず、排出源の上流側に濃度が検出されるのは、上流の組織的な運動(ejection motion)によって、屋根面上に間欠的に負の風速が形成されたことによる(図7)。このことは上流の組織的な運動が、屋根面の拡散場に大きな影響を与えていることを表わす。

5. まとめ 都市キャノピー内における建物屋根面の濃度分布は、乱れの小さな風洞実験で得られたものとは異なっている。また、屋根面の逆流と上流の組織的運動の間には強い相関がみられ、屋根面風速の逆流時に排出源の上流点に濃度が検出される。これらは、上流の組織的運動が屋根面上の拡散場に大きな影響を与えていることを示唆する。

謝辞 北海道工業大学建築工学科 苫米地助教授には、観測場所および数々のご協力を頂き深くお礼を申し上げます。また、本観測は、(株)計量計画研究所 大原利真博士と協同で行った。

文献

- 1)Ogawa,Y., Oikawa,S. and Uehara,K : Atmos. Environ.,1145-1159(1983)
- 2)Ogawa,Y.,Oikawa,S.and Uehara,K.:Atmos. Environ.,1161-1171(1983)
- 3) 老川進:大気汚染学会誌,348-358(1993)
- 4)孟岩、老川進、若松伸司:第25回乱流シンポジウム講演論文集,47-50(1993)
- 5)Oikawa,S and Meng,Y: Boundary-Layer Meteoro. (1995) (In the press.)

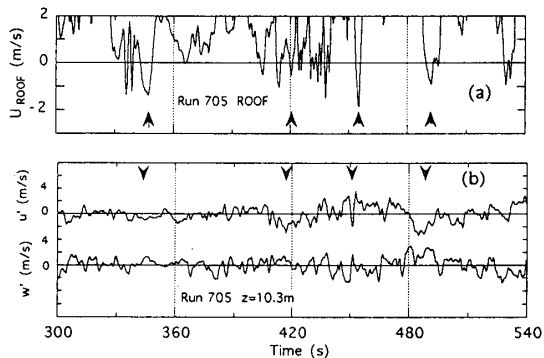


図4 U_{ROOF} と上流の速度変動の時系列データ (a)屋根面上の風速 (b)上流の速度変動($z=10.3\text{m}$)

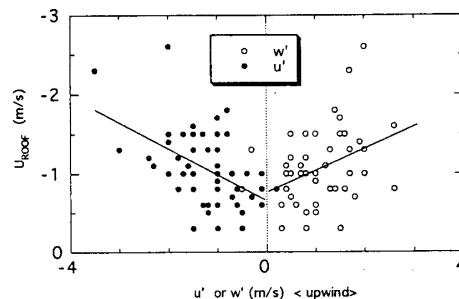


図5 U_{ROOF} と上流の速度変動との対応

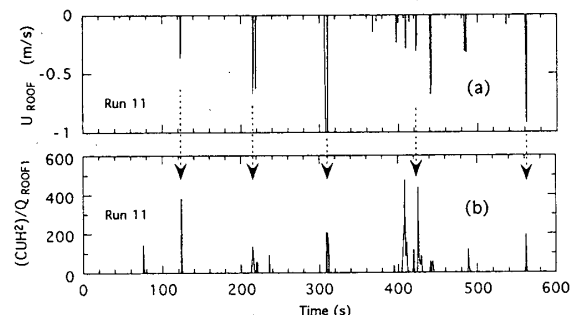


図6 U_{ROOF} とROOF1濃度の時系列データ (a)屋根面上の風速 (b)ROOF1(上流点)の濃度

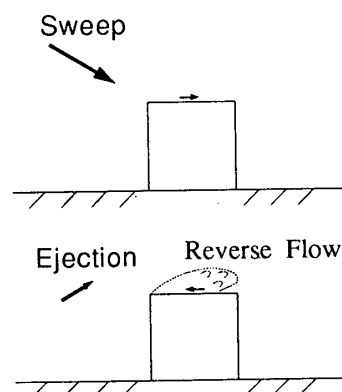


図7 上流の組織運動と屋根面流れの概念図

* 清水建設(株)技術研究所
** 国立環境研究所

Institute of Technology SHIMIZU CORPORATION
National Institute for Environmental Studies