

清水建設(株)技術研究所 流体グループ 正会員 ○孟 岩
建設省土木研究所河川部 都市河川研究室 正会員 栗城 稔
建設省土木研究所河川部 都市河川研究室 正会員 木内 豪

1. はじめに 近年、都市河川の冷却効果の有効利用は、都市の温熱環境の改善策として大きな注目を集めている。これまでに、都市河川周辺の熱環境に着目した観測が幾つか実施されたが、河川の微気象構造についてはまだ不明な点が残されている。本風洞実験では、まず、河川幅、河川水位、堤防の法勾配、周辺建物密度及び堤防の形などの幾何学要素が都市河川の微気象効果の影響範囲に与える影響を調べ、更に、河川周辺の温湿度場及び風速場を詳細に測定することにより河川の微気象構造を明らかにする。

2. 風洞実験の概要 **2.1 風洞施設の概要** 実験は清水建設(株)技術研究所にある大型回流式風洞を使用した。測定部の断面は、長さ15m×幅2.6m×高さ2.4mで、模型を設置するターンテーブルは直径2mである。本実験で使用した模型は、縮尺1/250である。写真-1は風洞実験の風景を示しており、長さ約2mの水路が気流に直角に設置され、その両側に河川堤防と建物模型が配列された。上流の気流は都市域の大気乱流境界層(風速分布のべき指数 $\alpha=1/4$)を模擬して作成された。なお、本実験では、風洞風速を3m/sとし、また河川水温を風洞気温より常に20°C高くなるように設定した。**2.2 測定器の概要** 温湿度の測定は、Vaisala(株)の温湿度計を用い、風速測定は、X型熱線風速計(DANTEC)を用いて行った。測定時間は各点とも120秒とした。**2.3 実験条件** 各ケースの実験条件を表-1にまとめた。実験は河川に平行に風が吹く場合も含めて全部で20ケースを行ったが、紙面の関係でここでは風が河川に直角に吹くケースのみを示す。測定点(高さ1cm)は、表-1のとおりである。また、本研究では、河川周辺の微気象構造を明らかにするため、地盤面から1~30cmまでの高さ範囲内で温湿度及び風速の詳細測定も行った。**2.4 データ整理方法** 実験結果の整理は成田¹⁾に習い、無次元水蒸気圧差 $V_p = (e - e_0)/(e_w - e_0)$ を評価尺度として用いた。ここで、 e は測定点の蒸気圧、 e_0 は参考点の蒸気圧、 e_w は水温に対する飽和蒸気圧である。

3. 実験結果 図-1には河川幅の変化による影響を示す。河川効果の影響範囲とその影響度は、河川幅が広いほど大きくなっている。河川幅が2倍広くなると、 V_p の値も約2倍となった。図-2に水位変化による影響を示す。河川効果の影響範囲とその影響度は、水位が高いほど大きくなっている。水位が低くなると、堤防前面での上昇速度が大きくなる。従って、水面上に発生した水蒸気がこの上昇流により空中に運ばれ、市街地方向へ運ばれる水蒸気量は少なくなる。図-3には堤防の法勾配の変化による影響を示す。河川効果の影響度は、法勾配が緩やかであるほど大きくなっている。前述したように、水際での上昇速度が大きくなると、水面上に発生した水蒸気が空中に運ばれやすく、市街地方向へ運ばれる水蒸気量が少なくなると説明される。図-4には周辺建物密度による影響を示す。河川効果の影響範囲とその影響度は建物密度の大小にほとんど

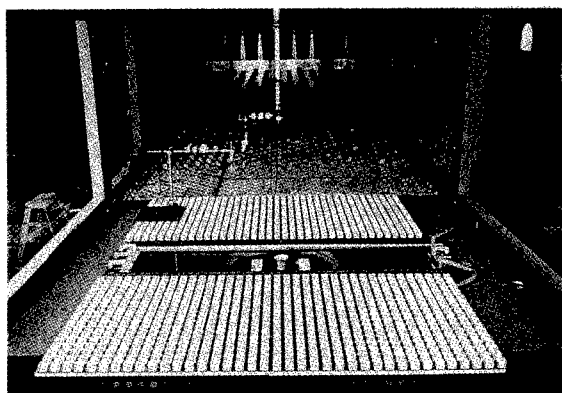


写真-1 風洞実験の風景

CASE	河川幅	水位	法勾配	堤防の傾斜	堤防	模型
4	100	中	1:2	36%	低堤防	
5	50	中	1:2	36%	高堤防	
8	100	中	1:2	36%	高堤防	
10	100	中	1:3	36%	高堤防	
12	100	低	鉛直	36%	高堤防	
14	100	中	鉛直	36%	高堤防	
16	100	高	鉛直	36%	高堤防	
18	100	中	1:2	14%	高堤防	
20	100	中	1:2	25%	高堤防	

表-1 実験条件と測定点の配置

ど依存しない。図-5には堤防形の変化による影響を示す。河川効果の影響範囲とその影響度については、従来型堤防の方がやや大きくなっている。以上に述べた傾向は風が河川に平行に吹く場合も見られた。次に、河川周辺の微気象構造を明らかにするため行ったCase4とCase8の詳細測定結果を示す。図-6には従来型堤防の場合の河川周辺の

風速分布を示す。市街地から流入してきた流れは、河川域に入ると一度下降し、風下側の堤防の前面でまた上昇し始める。この上昇流は堤防を超えると再び下降し、市街地に進入していく。一方、高規格堤防の場合（図-8）は、風下側の堤防の前面に生じた上昇流が市街地に入っても上昇し続けている。図-7には従来型堤防の場合の V_p の空間分布を示す。水蒸気の内部境界層が河川上に形成され、都市域に拡散していく様子をはっきりと捉えている。ここで特徴となるのは堤防の背後と市街地前面の間に湿度の高い流域が形成している点である。一方、高規格堤防の場合（図-9）には、このような湿度の高い流域を形成していない。これは、市街地前面に存在する上昇気流が河川上湿度の高い空気への進入を妨げていると説明される。

4. まとめ 都市河川の微気象効果の影響範囲及びその空間構造が風洞実験により明らかにされた。河川効果の影響範囲とその影響度は、河川幅、河川水位、堤防の法勾配及び堤防の形に依存するが、周辺建物密度の大小にほとんど依存しないことが分かった。また、温湿度及び風速場の詳細測定により、河川上空での流れ場が河川周辺の温湿度場の形成に大きな影響を与えることが明らかにされた。

参考文献 1)成田：日本建築学会計画系論文報告集、1992、pp.27-35。



図-6 XZ断面内の風速ベクトル(Case4)

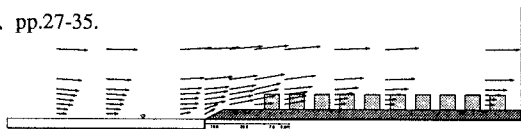


図-8 XZ断面内の風速ベクトル(Case8)

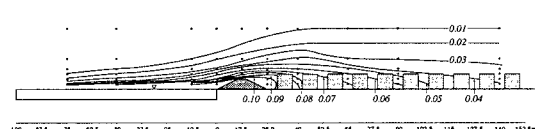


図-7 無次元水蒸気圧差 V_p の空間分布(Case4)

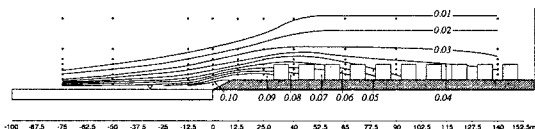


図-9 無次元水蒸気圧差 V_p の空間分布(Case8)

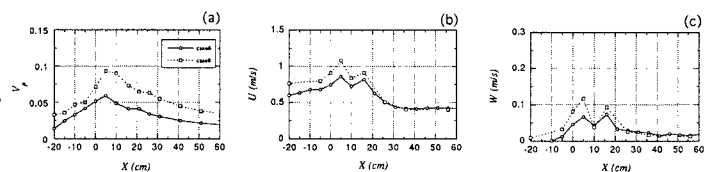


図-1 河川幅の変化による影響

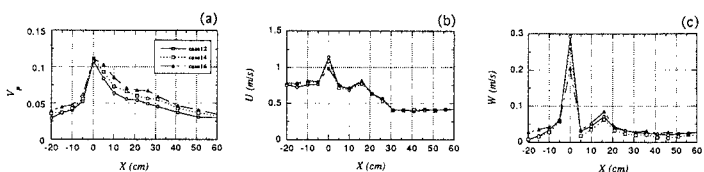


図-2 河川水位の変化による影響

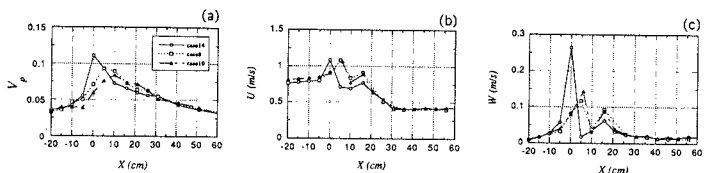


図-3 堤防の法勾配の変化による影響

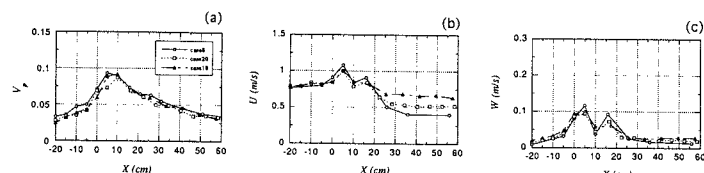


図-4 周辺建物密度の変化による影響

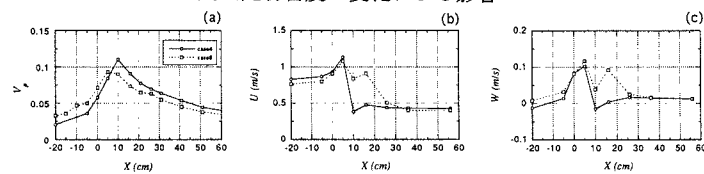


図-5 堤防形の変化による影響

(a)無次元水蒸気圧差 V_p 、(b)風速成分 U 、
(c)風速成分 W