

II-94

河川の冷却効果に関する実験的研究

清水建設 正員 安藤 陽 群馬大学 学生員 早坂文香、青木律子
 群馬大学 正員 小葉竹重機 群馬大学 正員 清水義彦

1. まえがき

河川の気候緩和効果はよく知られている。将来的には都市計画の中で積極的にこうした環境機能を利用することも考えられる。そのためには気候緩和効果の定量的な評価が必要であり、こうした観点から我々は実河川周辺の大気環境の観測を行ってきた。¹⁾ このような実河川における観測は必要不可欠であるが、さらに基礎的な資料を得るには、条件を自由に設定できる実験も行う必要がある。すでに、武若・池田ら²⁾は作業流体として水を使い、水路片側半分に加熱部を設けることによって対流を発生させ、熱輸送に関する検討を行っている。本報告は同じような立場で、河道部を冷却した実験を行った結果のうち、とくに低温部が存在することによって起きる風の場の特性変化について報告するものである。

2. 実験装置および実験方法

風洞は金沢大学工学部土木建設工学科防災工学講座のゲッチンゲン型風洞を、好意により使用させて頂いた。断面形は90cm×90cmの矩形で、測定部の長さは4m、風速の範囲は2m/sec～20m/secである。この中に図-1に示すように幅12.5cm、高さ6cmの鋼鉄製角パイプを置き、その中にドライアイスを入れて冷却源とし、これを河道部とみなした。この角パイプの両側に断熱材として幅30cm、高さ10cmの発泡スチロールを置き、その上面に芝の高さ2.1cmの人工芝を敷いて堤内地と見なした。このとき、角パイプの下に厚さ4cmの発泡スチロールを置いて人工芝を敷く前の堤内地の高さと河道部の高さを一致させた。すなわち人工芝の部分だけ堤内地が高くなっている。風速は2次元の熱線風速計IH100を用いて計測した。測定は半断面とし、横断方向には角パイプ中央を0として右岸側約16cmまで11断面、鉛直方向には角パイプ上面を0として約20cmまでの間を11断面、計121測点で計測した。風速は9m/secと4m/secの2ケース、その各々についてドライアイスで冷却したものとししないものを行い、計4ケースの実験を行った。表-1は各々の実験ケース名をまとめたものである。なお、座標系は流下方向にx、鉛直方向にy、横断方向にzをとる。

3. 冷却による風の場の特性変化

以下の説明の前提となる温度場について風速9m/secの場合の温度分布を示したものが図-2である。角パイプの上面は霜が白く付いており0℃と考えてよい。風速が速くなるほど分布形状は成層形状から横断方向に勾配のある分布に近づいていく。

3-1 鉛直方向の運動量拡散係数 ε_y の変化

図-3は鉛直方向レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直分布を $z=4\text{cm}$ (河道内でセンターから4cm、粗面まであと2.25cm)の位置で示したものである。白抜きが冷却しない場合(N-9)、黒丸が冷却した場合(C-9)である。全体として逆くの字形になるのは、横断方向レイノルズ応力 $-\overline{uw}$ に横断方向勾配が存在することから説明できる。³⁾

さて、図-3から底面近傍ではN-9とC-9の $-\overline{uv}$ は変化せず、底面から離れるとC-9の方が値が小さくなるのがわかる。そこで、鉛直方向の運動量拡散係数 ε_y の変化について検討してみる。

いま、主流速Uの鉛直分布に対数則をあてはめ、これから摩擦速度 U_* を求めて、 $\partial U / \partial y = U_* / \kappa y$ 、 $-\overline{uv} = \varepsilon_y \partial U / \partial y$ の両式から ε_y を求めた。対数則あてはめの例が図-4である。全体が1本の直線にはならないので、図示のように下部と上部の2本の線を当てはめた。このようにして求めた冷却した場合としない場合の摩擦速度を、下部($y=0\text{cm} \sim 2\text{cm}$)と上部($y=6\text{cm} \sim$)について平均して比較したものが図-5(a)、(b)である。下部の(a)図では摩擦速度はN-9とC-9で変化はなく、上部ではC-9の方が顕著に大きくなっていることが分かる。このことから、下部では境界の粗度とくに粗滑境界が存在することによる抵抗則が支配的で、温熱環境の影響は現れ難く、境界から離れる上部になって始めて温熱環境の影響が現れるものと考えられる。図-6

は前記の手順で計算した、 $z=4\text{cm}$ の位置での ε_y の鉛直分布を示したものである。下部では冷却の効果は顕著でなく、上部では冷却によって ε_y が小さくなるのがうかがえる。

3-2 横断方向の運動量拡散係数 ε_z の変化

図-7は $z=4\text{cm}$ での横断方向レイノルズ応力 $-\overline{uw}$ の鉛直分布を示したもので、白抜きがN-9、黒丸がC-9である。冷却によって $-\overline{uw}$ の絶対値が顕著に小さくなるのが分かる。すなわち冷却によって横断方向の輸送は抑制されることが分かる。図-8と図-9は $y=3\text{cm}$ の高さでの $-\overline{uw}$ と主流速 U の横断分布を示したもので、この両図から $-\overline{uw}=\varepsilon_z \partial U / \partial z$ を用いて直接 ε_z を算出したものが図-10である。直接求めたこととばらつきを示しておくためにマイナスの符号もそのまま示しておいた。横断方向の ε_z は冷却によっても変化しないことがわかる。したがって、レイノルズ応力 $-\overline{uw}$ の減少は $\partial U / \partial z$ の減少によるものであることが分かる。

参考文献 1) 小葉竹等：水工学論文集、第37巻、1993年、2) 武若・池田・山本：水工学論文集、第35巻、1991年、3) 小葉竹等：水工学論文集、第38巻、1994年

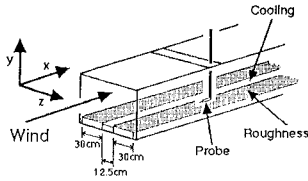


図-1 実験装置

表-1 実験条件表

	0 m/sec	4 m/sec	9 m/sec
Cooling	C-0	C-4	C-9
Non-Cooling	N-0	N-4	N-9

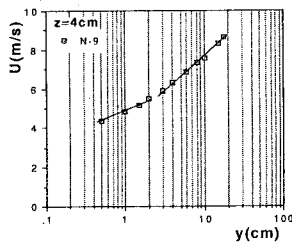


図-4 対数則のあてはめ

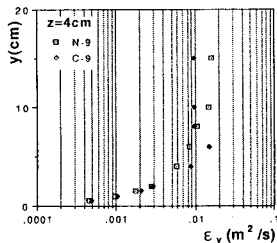


図-6 ε_y の鉛直分布 ($z=4\text{cm}$)

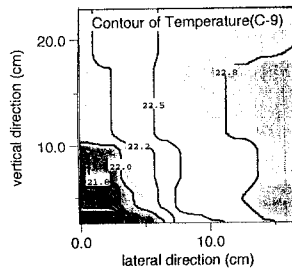


図-2 C-9 の温度分布

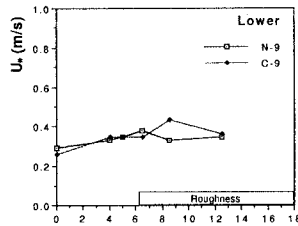


図-5(a) U_w の横断分布 (下部)

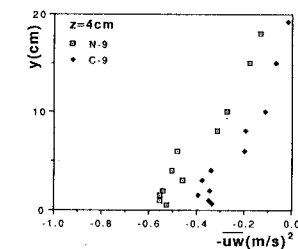


図-7 $-\overline{uw}$ の鉛直分布 ($z=4\text{cm}$)

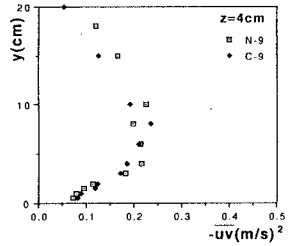


図-3 $-\overline{uw}$ の横断分布 ($z=4\text{cm}$)

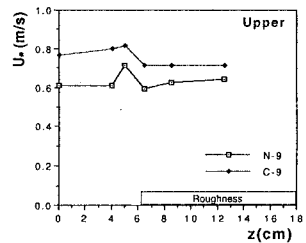


図-5(b) U_w の横断分布 (上部)

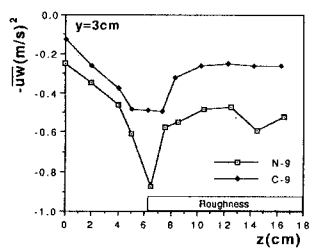


図-8 $-\overline{uw}$ の横断分布 ($y=3\text{cm}$)

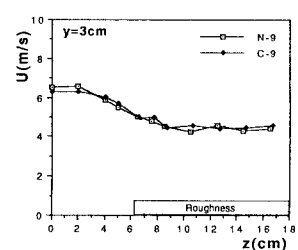


図-9 U の横断分布 ($y=3\text{cm}$)

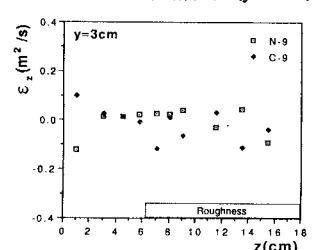


図-10 ε_z の横断分布 ($y=3\text{cm}$)