

河川周辺の大気環境に関する観測研究

Observational Research of Atmospheric Environment Around River

小葉竹重機* 清水義彦** 青木律子*** 早坂文香***

By Shigeki KOBATAKE, Yoshihiko SHIMIZU, Ritsuko AOKI and Fumika HAYASAKA

The cooling effect of river to surrounding air in summer is a well known phenomenon in qualitative respect, but not in a quantitative respect.

To evaluate quantitatively, the physical model describing the transport processes of momentum and heat is necessary. For construction of the model, wind velocity, temperature and humidity were observed around River Watarase and River Kiryu.

The temperature of river side was 2~3 °C lower compared to urban area. The turbulence thermal diffusion coefficient of vertical direction was order of 10^{-1} (m²/s), and Monin-Obukhov length was estimated as -10^{-1} m.

Keywords : River front, Cooling effect, Heat transfer, field observation

1. まえがき

近年、ウォーターフロントの開発が盛んで、市民を水辺に呼び戻すための事業が多く行われるようになった。このように直接市民にレクリエーションあるいは憩いの場を与える以外に、河川には元々周辺の大気環境を緩和する効果があることは、多くの人々が経験しているはずである。このような水辺による気候緩和効果を積極的に取り入れた河川計画あるいは都市計画が将来考えられないでもない。このためには河川が周辺の大気環境に与える影響を定量的に評価できるような、シミュレーションモデルを作ることが必要である。こうした問題はすでに武若・池田¹⁾や神田・日野²⁾らによって取り扱われ始めている。

本研究はこれらの成果を利用しながら、大きさの異なる水辺の周辺の大気環境を観測し、モデルの構築に必要な資料を収集しながら、実用的なシミュレーションモデルを開発しようとするものである。今回ある程度の観測結果が得られ、これらの観測結果からさらに今後観測を行うべき項目等が明かになったので報告する。

2. 観測場所ならびに観測方法

群馬大学工学部のある桐生市には川幅300m程度の渡良瀬川とその支川桐生川(川幅60~80m)があり、さらに桐生川上流には桐生川ダムがあり、異なったスケールの水辺にアクセスするのが容易である。本研究でもこの地の利を活かして観測場所を設定した。図-1は観測位置の概略図で、川を横切る棒線が観測に用い

*	正会員	工博	群馬大学助教授	工学部建設工学科	(〒376 桐生市天神町1-5-1)
**	正会員	工修	群馬大学助手	工学部建設工学科	同上
***			群馬大学学生	工学部建設工学科	同上

た橋の位置、黒丸が河原で観測を行った位置を示している。この地図からも分かるように、渡良瀬川、桐生川のいずれも、観測場所付近の両側は300m～500mの山なしいは丘に挟まれており、風の主流方向は川沿となる。橋（図中の記号はB.）を利用した川

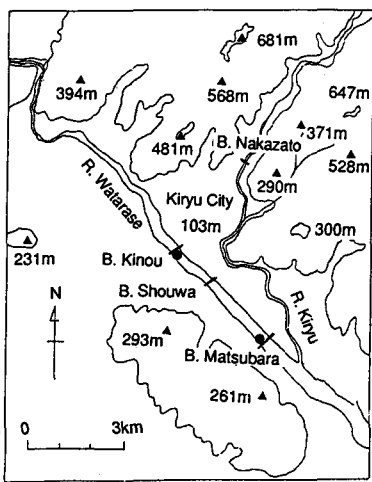


図-1 観測位置図

の横断方向の観測は桐生川中里橋で9地点、渡良瀬川昭和橋で11地点、松原橋で6地点である。また、錦桜橋と松原橋付近の河原で行った観測は、とくに測線は設け



図-2 桐生川中里橋観測位置図
表-1 観測諸元一覧表

観測日	観測地	観測高度	観測点	同時計測
H3 9月 5日	中里橋	1m, 3m	9点	なし
9月 6日	昭和橋	1m, 3m	11点	なし
H4 1月 21日	中里橋	1m, 3m	9点	なし
6月 10日	中里橋	1m, 3m, 5m	5点	なし
7月 28日	中里橋	1m, 3m, 5m	9点	3 高度同時計測
7月 29日	中里橋	1m, 3m, 5m	3点	3 高度同時計測
	ダム湖	1m, 3m, 5m	2点	3 高度同時計測
	松原橋	1m, 3m, 5m	6点	3 高度同時計測
8月 6日	河原A	1m, 3m, 5m	8点	3 高度同時計測
	河原B	1m, 3m, 5m	6点	3 高度同時計測
10月 8日	中里橋	1m, 3m	10点	2 高度同時計測

観測の項目は1次元の風速、気温、相対湿度でこの3要素のセンサーをもつ簡易型の熱線風速計（無指向性）を用いて計測した。サンプリング周波数5Hzで5分間データレコードに記録し、帰学後データ処理を行った。表-1に示すように、今年7月以後は1地点の高度1m、3m、5mの3高度で同時計測を行った。ただし、3mと5mの位置のものは同一機種、1mの位置のものは3m、5mのものと同じセンサーであるが出力の形式が異なる機種のもので、3mと5mの間では若干の、1mのものとの間では温度で1.2℃程度の器差がある。この器差は室内等の同一環境と考えられるもとの計測結果を用いて決定した。7月までは1mの位置に用いた機種によって2高度、あるいは3高度を順次計測していた。

3. 観測結果

図-3は桐生川中里橋における横断方向の気温変化の計測結果である。(a)は平成3年9月5日、(b)は平成4年6月10日、(c)は7月28日のもので、(c)からが3高度同時計測である。いずれの図も図中に縦の線が2本入っているところが堤防の位置に相当する。なお、(b)図においては距離の原点が異なっているため、100mと180mの位置が堤防に相当する。(c)図の高度1mの位置の値は前項2で述べた観測値から1.2℃を引いた値であるが、この場合には少し補正が大きすぎるようである。一般に高度1mの位置での気温は舗装面からの輻射熱で高温となるが、風が強い場合には(a)図のH1(H1は1mの位置を示す)のよ

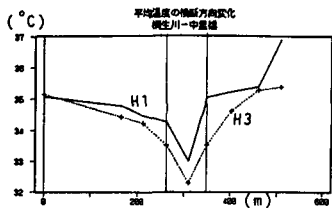


図-3(a) 平成3年9月5日気温

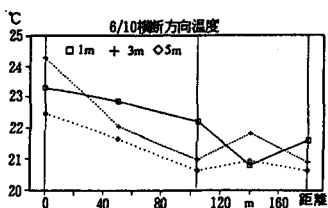


図-3(b) 平成4年6月10日気温

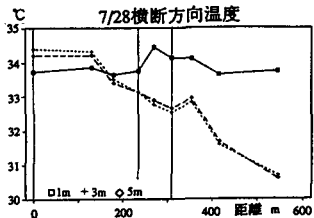


図-3(c) 平成4年7月28日気温

うに河道区間では気温は低下するが、風が弱いと(c)図のように1mの位置の気温はあまり変化しないでは

ば一定となる。(c)図の1mおよび3m、5mの図の右半分(この図は下流から見た図になっているので左岸側、

東側に相当する)を除けば、河川区間では市街地に比較して2~3℃低くなっているようである。この気温差は従来より報告されている値と同じである。なお、(c)図については別途考察する。図-4は渡良瀬川昭和橋と松原橋の場合で、同様に縦線(°C)示される河川区間では2~3℃低い。

(b)図の7月29日の図中にはNと示した中里橋の測点1、3、4とDと示した桐生川ダムでの2地点の値も示しているが、Nの右端の値(測点4で川岸に相当)とDの値との差は高度による気温減率によって説明できる気温差である。以上のことから水辺の規模の差は気温差にはあまり影響しないようである。図-5は図-3の各図に対応する風速を、図-6は観測相対湿度から求めた水蒸気量を示したもので

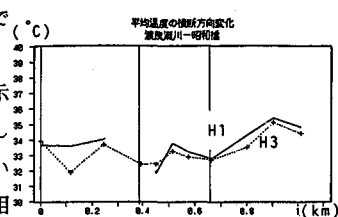


図-4(a) 昭和橋気温

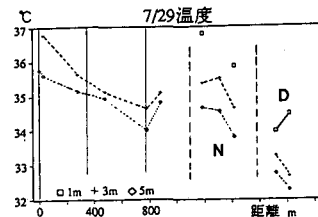


図-4(b) 松原橋気温

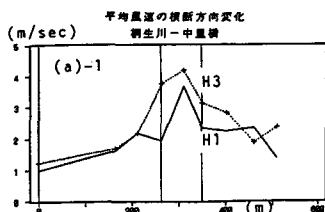


図-5(a) 平成3年9月5日風速

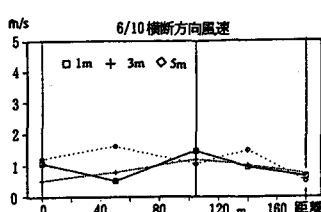


図-5(b) 平成4年6月10日風速

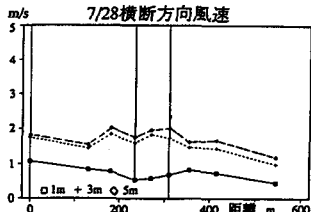


図-5(c) 平成4年7月28日風速

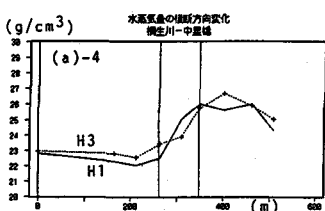


図-6(a) 平成3年9月5日水蒸気量

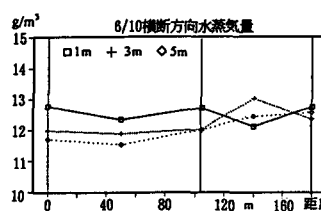


図-6(b) 平成4年6月10日水蒸気量

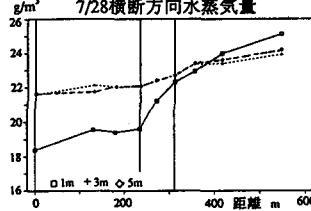


図-6(c) 平成4年7月28日水蒸気量

ある。図-5(a)と(c)とを比較すると、市街地では弱い風であっても川沿いには強い風が吹いている場合と市街地と変わらない風が吹いている場合があることが分かる。卓越風向はいずれの場合も川下から川上に向かう風であるので、風向による相違ではなく、さらに資料の蓄積をまって検討すべきである。図-6からは右岸側(図では左)では河川区間に近づくにつれての水蒸気量の増加が認められるが、左岸側ではむしろ河川区間外の方が水蒸気量は多い。この理由は現在のところ推定であるが、図-3の気温の分布と合わせ考えて、斜面からの下降流によるものと考えられる。その原因は山林の気温が相対的に低いことによる密度流的なものか、山越え気流のいずれかであろう。図-3および図-5の(a)図との比較から、川沿いの風の弱い時はど左岸側の低温化と多水蒸気化は顕著のようである。いずれにしても、ある地域の大気環境をシミュレートする際には、一つ一つの素過程を丁寧にモデル化して組み立てていく必要があるようである。このためにも、このような斜面の麓ではさらに詳細な風および気象要素の観測が必要である。

4. 輸送について

河川による周辺への冷却効果は、水面によって冷却された河道内の大気が、川筋を主流速方向とする風の乱れによって周辺に運ばれることによって生じると考えられる。すなわち堤外地の河道内で水面から鉛直方向に気温を計測すれば気温は水面に向かって低下しているはずである。これを確かめるために、10月8日に中里橋付近の河道内で、水面から上方に向かって5mまで計測した結果を示したものが図-7である。この測定は同じ機種の測定器を一方は水面上10cmの位置に固定し、もう一方は順次高さを変えて同時に計測したものである。図中線で結んであるのが高さを変えた方の値で、横軸は高さ、縦軸は風速、水蒸気量、気温で

ある。線で結んでいない点で表示しているのは10cmの位置で固定して計測した値で、各高度での測定時と同一時刻の値をプロットしたものである。一番上の横軸にほぼ平行な線が気温、まん中の変化の激しいのが風速、下のほぼ平行な線が水蒸気量である。この図からは当初予期した気温の勾配は見られず、むしろ下方の方が気温が高いという結果となっている。水温が16.8℃で、市街地の気温が18℃前後という気象条件であったために、顕著な温度勾配が生じなかったであろう。当日は晴天であったが、この季節ではもう大きな気温-水温差は生じないようである。夏期のよ

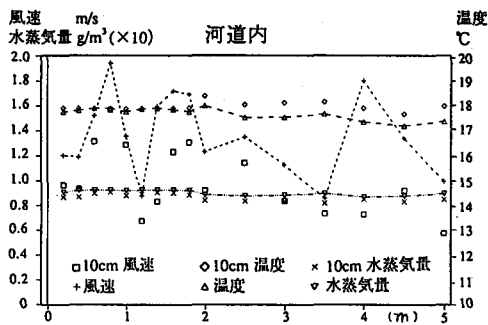


図-7 水面から上方への変化

うに気温-水温差の大きいとき、あるいは冬期で水温の方が高い場合にも計測する必要がある。

図-8は8月6日に渡良瀬川の河川敷で行った計測結果で、Aと記した方はグラウンドと背の低い雑草地で、Bと記した方は背の高い草地での計測結果であり、異なった位置での結果を単に並べて描いたものである。Aが午前中、Bが午後の観測であるので、風速や気温を直接比較することはできない。図-9の上の図はこの風速分布に対数則を当てはめてみたものである。同様に図-9の下図は図-5の(c)の場合について描いたものである。図-9より大略対数則が成立していることが分かる。上に凸の場合は一般に不安定時のものであるとされるが、ここでは気温分布からみて不安定な場合でも直線になっているものが多い。下の図において勾配が大きく、顕著に上に凸な測点は中里橋の橋の上で、地形的な条件から言って他と同じ条件とは考えられない場合である。この点を除けば図-9において U_{*} はほぼ同じ値となり、0.22 cm/sec程度である。

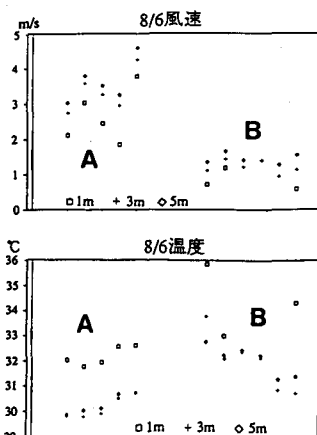


図-8 河川敷での計測結果

ここで、鉛直方向の熱フラックスを $Q = -K_H \frac{\partial T}{\partial z}$ (1)

で与え、乱流拡散係数 K_H を Estoque, Gutman の式で求める。³⁾

$$K_H = l_0^2 \left[\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2} (1 - 3R_g) \quad (2) \quad R_g = \frac{g}{T} \frac{\partial T}{\partial z} \left[\frac{\partial (U^2 + V^2)^{1/2}}{\partial z} \right]^2 \quad (3)$$

$$l_0 = \kappa(z+z_0) \left[1 + \frac{f\kappa(z+z_0)}{0.00027U} \right] \quad (4)$$

ここに、 R_g はグラジエント・リチャードソン数、 l_0 は混合距離に相当する量で、Blackadar の式である。以上によって v は 0 として K_H を求めると、0.4 m²/sec 前後の値となる。また、これから式(1)によって Q_0 を求め、モニン・オブコムの長さを求めると、-0.3 m 前後の値となり、形としては非常に不安定な状態に対応することになる。こうしたモデル上のパラメータを決定していく上でも今後は u 、 v 二次元の風速計測を是非行う必要があることが分かった。

5. あとがき

以上、本研究はまだ緒についたばかりであるが、観測の改良すべき点などが明確になった。なお、本研究は河川環境管理財団および文部省科学研究費の補助を受けて行われている。記して謝意を表する。参考文献 1)武若・池田・山本：水工学論文集、第35巻、1991年、2)神田・日野：水工学論文集、第36巻、1992年、3)松梨順三郎：環境流体輸送、日刊工業新聞社、1991年2月

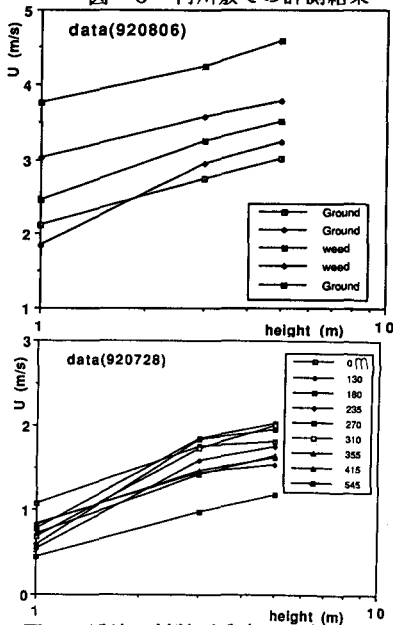


図-9 風速の対数則分布へのあてはめ