

都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究 (続報)

水平および鉛直的影響範囲の検討

STUDY ON THE EFFECT OF RIVER ON THERMAL ENVIRONMENT IN
URBAN AREA (Part 2)

村川三郎*, 関根 毅**, 成田健一***, 西名大作****, 千田勝也*****

Saburo MURAKAWA, Takeshi SEKINE, Ken-ichi NARITA, Daisaku NISHINA
and Katsuya SENDA

Continued from the previous paper, we carried out the field observations about the micro-climate in and around the Ota River flowing through Hiroshima City. This time, both horizontal and vertical extents of thermal river-effect in warmer seasons were confirmed by the detailed moving observation along the crossed streets and by the balloon observation above the river and in downtown area simultaneously.

The routes of measurement were selected from the viewpoints of a river width, a road width and a building density. Speaking about the river-effect as a cooling source, in case of see-breeze blowing approximately parallel to the river, cooler temperatures are wider spread as a density of buildings is lower and both streets and rivers are wider. And it is also affected by wind speed and direction. Namely, the effect of the river is large when the wind is strong and it includes the component of wind direction from the river to the city area. The bank along the river side obstructs the diffusion of cooler air-mass above the river. According to the comparison of temperature distributions, the bank 4.3 m high has the equivalent effect of 70 m distance from the river side.

Regarding the vertical extent, the midday difference of air temperature between the river and the built-up area is discernible more than 80 m in summer. In particular, these differences are conspicuous up to 20 m, which corresponds to the average height of buildings in the area. In addition, the upper limit of this prominent temperature difference varies with wind velocity. That is, the depth of thermal boundary layer in the city area is reduced in case of windy conditions.

From these results, we suggest that a well-ventilated city design should be considered to improve the unbearable hot summer environment in Japan.

Keywords : river environment, micro climate, field observation, water body, urban canopy

1. 序

すでに筆者らは、河川断面内およびその周辺部における季節ごとの集中観測を実施し、河川上での温度低下の大きさならびにそれらと海陸風等の気象要素との関連について明らかにした¹⁾。しかしながら、このように河川上で顕著に認められる温熱効果が周辺市街地にどのように及んでいるかについては、前報でも若干の検討を行ってはいるものの必ずしも十分ではなかった。そこで、今回あらたに河川の微気象的影響範囲の把握に的を絞り、河川周辺部における詳細な移動観測を実施し、市街地構

造や気象条件との関連について検討した。また、以上の地上における平面的な測定に加え、係留気球を用いた立体観測を行い鉛直的な影響範囲の検討をも試みた。

2. 観測概要

2-1 平面的移動観測

前報においては自動車を用いた移動観測を実施したが、先行車の排熱の影響等もあり限られた検討しかできなかった。そこで今回は、複数の自転車により歩道上における移動観測を行った。

本論文は、参考文献3)~7)をもとに、加筆、再編したものである。

* 広島大学 助教授・工博
** 広島大学 教授・工博
*** 広島大学 助手・工博
**** 呉工業高等専門学校 講師・工修
***** 玉野総合コンサルタント・工修

Associate Professor of Hiroshima Univ., Dr. Eng.
Professor of Hiroshima Univ., Dr. Eng.
Research Associate of Hiroshima Univ., Dr. Eng.
Lecturer of Kure National College of Technology, M. Eng.
Tamano Consultants Co., Ltd., M. Eng.

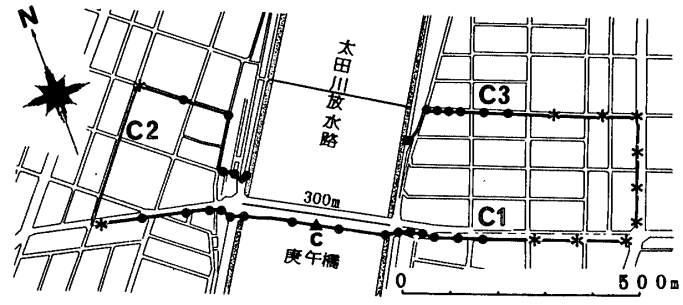
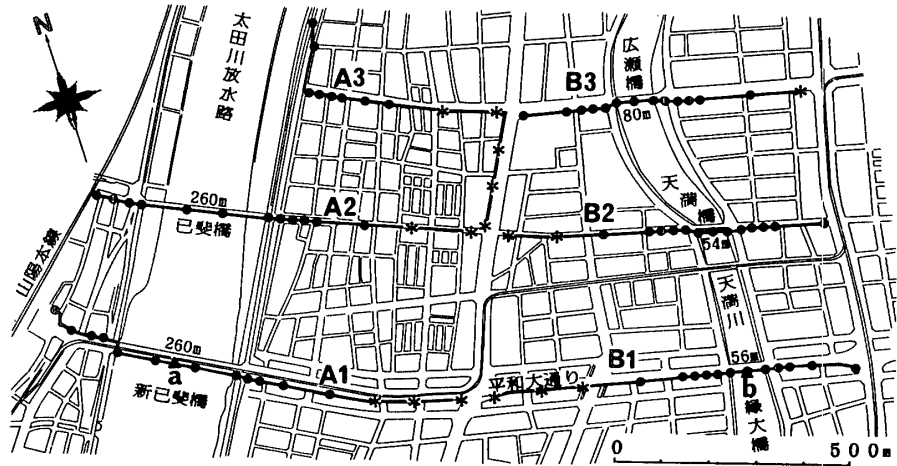
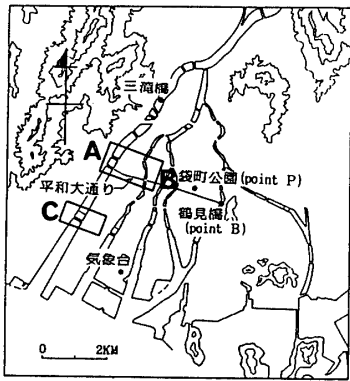


図-1 観測地点の位置と移動観測ルート

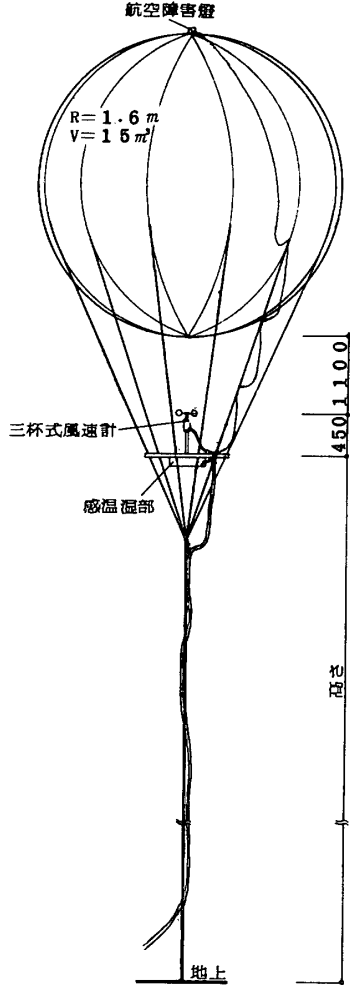


図-2 係留気球および測定装置

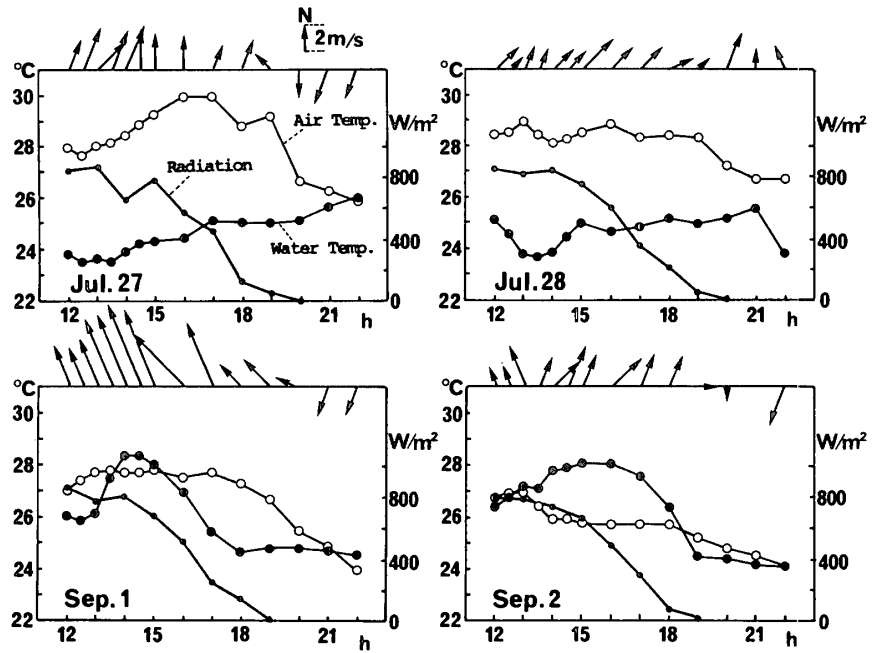


図-3 移動観測時の気象概要

測定ルートを図-1に示す。各ルートの選定は、1) 河川幅、2) 街路幅、3) 建物密集度、を考慮して行った。A・Cの両エリアは太田川放水路（水面幅260~300m）を、一方エリアBは河川幅がその1/4~1/5の天満川を対象としている。各ルートは、A1・B1が両側の緑地と側道を含め幅約100mの平和大通り、A2・B2が交通量は多いが車道のみで道幅は約10mの県道、そしてA3・B3が交通量が少なく歩道も含め幅約20mの街路である。また市街地中心部のエリアA・Bに対し、エリアCは空港滑走路の延長上にあるため、かなりの農地が残さ

れており、建物密度は低い^(註1)。測定ポイントは原則として水際近傍では25m、市街地内部では50~100m間隔とし、各ルートに13~15点を設けた。使用した測器は、前報と同様のアルミ製通風二重シェルターに固定したサーミスタ温度計で、今回は日射遮蔽板を30×40cmと大きくし、また感度をさらに良くするため、センサ部分を被っていた保護ステンレスパイプを取り外し裸ビードとして測定した^(註2)。気温（約1.5m高）の読み取りは各ポイントで約1秒ごと

に5回行い、その間に 0.5°C 以上の変動があった場合はさらに5回の読み取りを行った。また各ポイントでは、測定時の日射や風向、さらに路面の濡れや交通量、渋滞の有無等も記録した。なお1回の測定には、各ルートとも10~13分程度を要している。

観測は正午から開始し、15時までは30分ごと、それ以降22時までは1時間ごととし、A&B(1987年7月27日, 9月1日)またはA&C(同年7月28日, 9月2日)の組み合わせで6ルートずつ同時に実施した。

なお、各エリアごとに定点(▲a~c)を橋上に設け、橋面から約3m下で、河川上気温($T(B)$)と風速を測定した。

2-2 係留気球による立体観測

“河川上”と“市街地内”に測定ポイントを設け、2地点で同時観測を行った。“河川上”の観測地点は、前報の集中観測を実施した鶴見橋(以下T橋と略す)、“市街地内”の観測点はT橋から西北西に約900m離れた繁華街に位置する袋町公園(以下F公園と略す)である(図-1参照)。F公園は広さ約60m四方、地表面の大半は裸地で縁辺部に樹高7m程度の樹木が存在する。周囲の建物高さは、北側が2~3階、その他の方位は4~6階である。

気球には、自作のアルミ製二重通風シェルタに装着した温湿度計(サーミスタおよび容量型湿度計)と三杯式風速計を図-2のごとく固定し、5, 10, 20, 30, 50, 80mの6高度(T橋については橋上からの高さ)で測定を行った。各高度での測定は3分間とし、風速はその間の風程から、また温湿度については15秒ごと13回の読みを平均した。5m以下については地上から立てたポールの0.3, 0.8, 3.0mの3高度に上記移動観測と同じサーミスタ温度計を設置し、気球と同様の間隔で読み取りを行った。また、風速については1.5m高さで気球と同じ三杯風速計による測定を同時に行い、各高度との風速比を求めた。

観測日は以下のとおりである。

- 1986年8月11日5時~13日9時(52時間;高さ50mまで)
- 1988年6月14日5時~16日5時(49時間)
- 1988年8月2日5時~4日5時(49時間)

測定間隔は、日中5~19時は1時間ごと、夜間は2ないし3時間ごととした。

3. 河川効果の平面的影響範囲

3-1 観測日の気象概要

自転車による移動観測を実施した各時間帯における、各気象要素の時間変化を図-3に示す。気温・水温は定点aにおける測定値、他は広島地方気象台における測定値である。なお、水温は浮きに取り付けたサーミスタ温

度計により、水面下約2cmの値を測定したものである。各日ともほぼ快晴に恵まれ、日中は安定した海風が吹いている。しかしながら、9月1日の海風はSSE~SEの風向で風速も5m/s以上と強く、他の3日(SSW~SW, 3m/s前後)とはやや異なっている。気温と水温の関係に注目すると、7月は観測時間帯を通じてほぼ水温の方が低く、日中その差は $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ に達している。それに対し、9月は逆に水温が気温を上回っている時間帯が日中でも多くなっている。

なお、7月27日は19~20時に一時的な降雨があった。

3-2 測定結果

(1) 河川と直交する街路沿いの気温分布

まず、各ルートで河川から250m以上離れている地点(図-1の*印)の気温を平均し、その値($T(\bar{u})$)を河川効果の評価の基準温度(市街地平均気温)とした²³⁾。ただし、A&Bの組み合わせでは両ルートを一括して平均したのに対し、A&Cの組み合わせでは各々別個に $T(\bar{u})$ を求めた。図-4に、 $T(\bar{u})$ と $T(B)$ の時間変化の一例を示す。

図-5は、各ルートの気温分布を、日中(12~15時:計7回)、夕方(16~19時:計4回)、夜間(20~22時:計3回)の各々について平均した結果を示している。

まず7月27日のルートA1~A3の変化に注目すると、放水路東側で顕著な気温低下が認められる。その範囲は、 $T(\bar{u})$ を基準とすればおおむね100~200mで、 $A1 > A2 > A3$ の順に範囲が広がっている。 $A1 > A2$ からは街路幅が広いほど影響範囲が広がるといえるが、 $A2$ と $A3$ の関係は逆転している。これはルートA3が橋のない街路で、比高4.3mの堤防に閉ざされているのが一因と思われる。一方、エリアBの各ルートでは河川上での気温低下が全体として不十分である。すなわち、この程度の河川幅では橋中央部においても周辺市街地の影響を受けているといえる。 $B2 \cdot B3$ では、同様に河川東側で気温低下が認められるが、その範囲は50m程度に限られている。平和大通り沿のルートA1・B1は全体的に気温が低く $T(\bar{u})$ に達していない。これは、緑地の

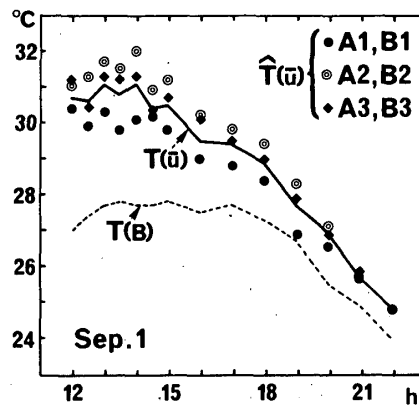


図-4 市街地平均気温の時間変化の一例

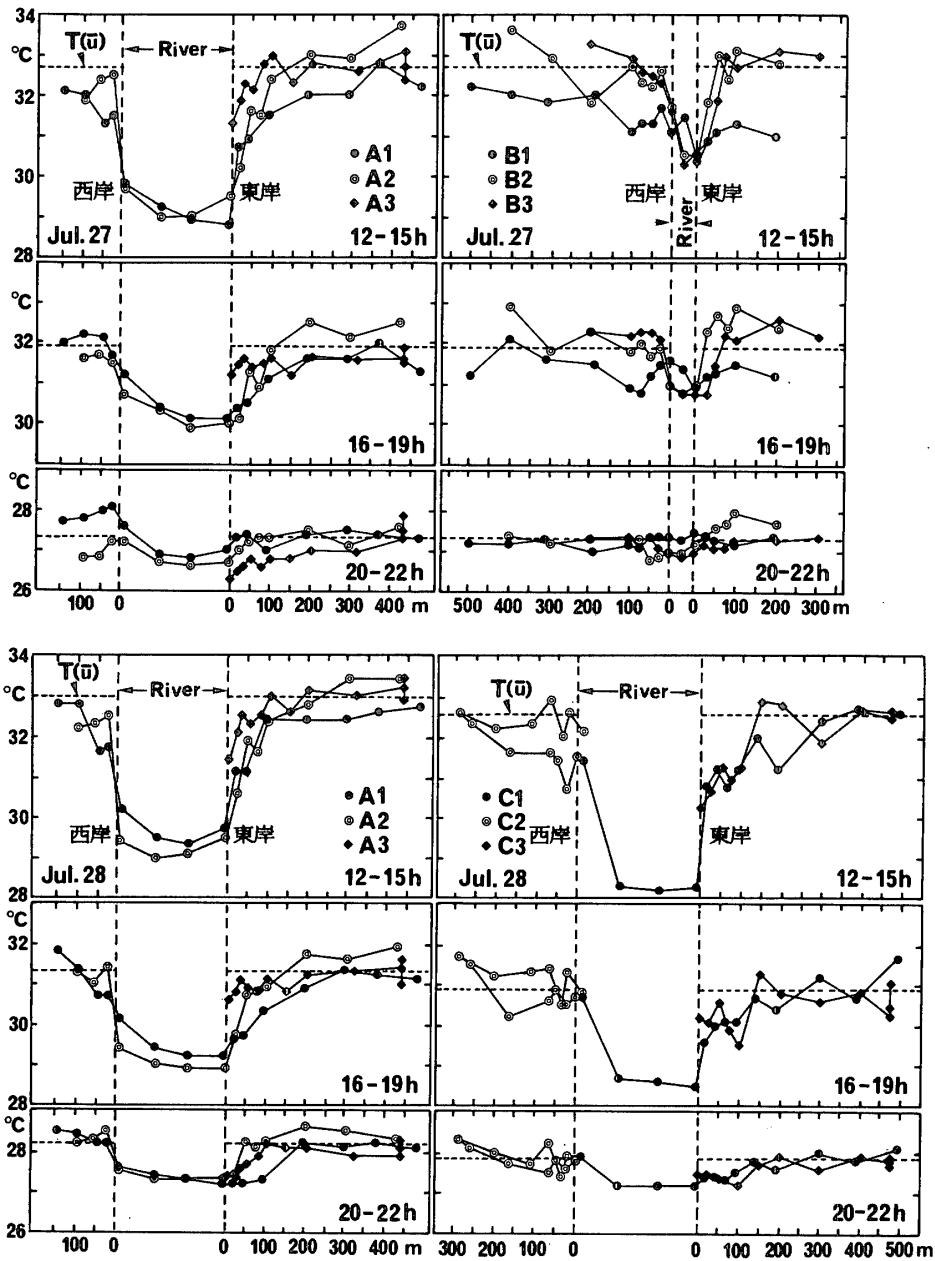


図-5 各ルートにおける気温分布 (7月)

効果の現れと考えられる。

7月28日のC1・C3に注目すると、河川東側の気温低下が同日のA1～A3に比べかなり広く、300～400mまで影響が認められる。すなわち、建物密度が小さい地域では高密度の市街地よりも河川効果の及ぶ範囲が広がる。

夜間の気温分布を両日のエリアAについて比較すると、28日に比べ27日は全体に均一化している。これは27日の19～20時に降雨があったためで、わずかではあるがその影響が現れている。降雨がなかった28日には、夜間でも河道内と市街地で1°C程度の気温差が認められる。

A1・A2の河道内気温分布は、28日がほぼ対称形であるのに対し、27日は西高東低、9月1日(図-6)は逆

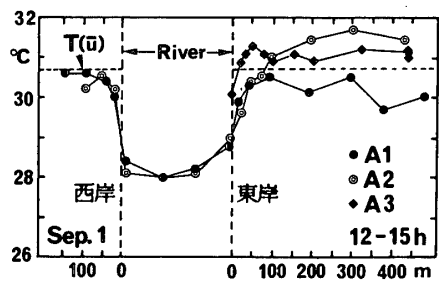


図-6 気温分布 (9月)

に東高西低の傾向がみられる。このような非対称な分布は市街地の暖気が流入するために生ずると考えられる。また、これに対応して、河川東側の気温低下範囲の広がりも、東岸が河川の風下となる27日に広く、風上となる9月1日には狭くなっている。

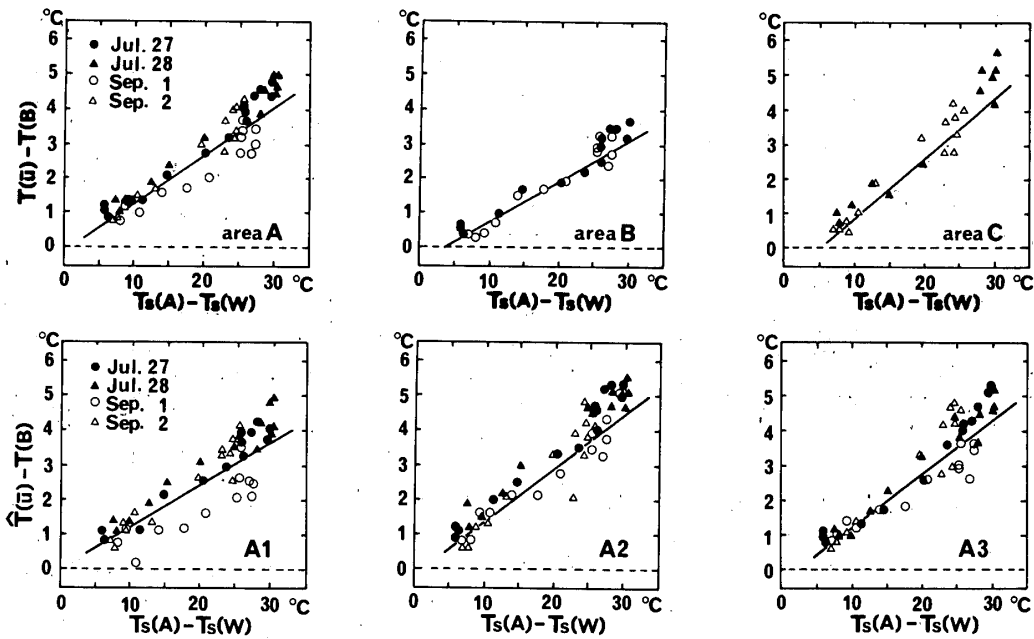


図-7 河川上の気温低下量と表面温度差の関係

(2) 河川上の気温低下量と表面温度との関係

すでに図-5で述べたごとく、同一エリア内の市街地 (*印) 地点間でも気温に分布がある。そこで、ルートごとに平均した市街地平均気温 ($\hat{T}(\bar{u})$) を新たに定義し、ルートごとの解析を行う場合にはこれを用いた。なお、ここでも $T(\bar{u})$ と同様に、A & B の組み合わせでは両ルートを一括して平均し、A & C の組み合わせでは各々別個に $\hat{T}(\bar{u})$ を求めている。図-4には、これらルート別の市街地平均気温を併せてプロットしたが、緑地帯を有する平和大通り沿いのルートA1, B1に対する $\hat{T}(\bar{u})$ は、他の2つのルートに比べ日中1~2°C低温となっている。

図-7は、 $T(\bar{u})$ および $\hat{T}(\bar{u})$ を基準とした河川上での気温低下量と表面温度との関係を示したものである。 $T_s(A)$ および $T_s(W)$ は、各々放射温度計で測定したアスファルト舗装面の表面温度 (ルート周辺6地点における測定値の平均) および各橋上定点における河川水面温度を表している。上段はエリアごとの比較、下段はエリアAについてルートごとの比較を行ったものである。いずれの場合もおおむね比例関係が認められ、気温差は基本的に表面温度差に左右されていると言えるが、その傾きには各々差異が認められる。すなわち、エリアごとの比較では $A > B$ より河川幅が広いほど、また $C > A$ より建物密集度が低いほど、河川上の気温低下量は大きいといえる。エリアAとCでは夏季日中、気温差は5°C以上に達している。一方ルートごとの比較では、 $A2 > A3 > A1$ と街路幅が狭いほど気温低下量は大きくなっている。しかしながら、この場合は $T(B)$ が等しいことから図-4に示した $\hat{T}(\bar{u})$ の差異を反映した相対的な温度差、すなわち市街地内の昇温量の差異を意味している。

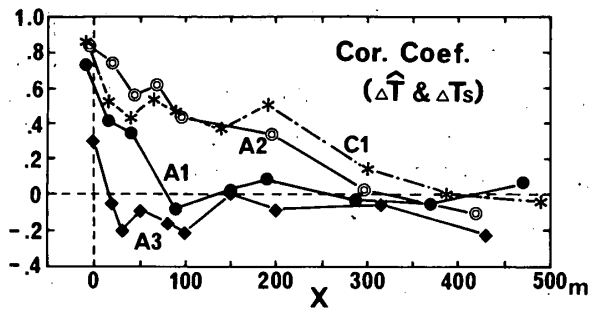


図-8 気温差と表面温度差との相関

以上のような $\hat{T}(\bar{u})$ からの気温差と表面温度差との相関は、河川効果が及んでいる地点では高く、河川効果が及ばない地点では低くなるはずである。すなわち、 $T(B)$ の代わりに街路沿の各測定点の気温 $T(X)$ (岸から X m 離れた地点の気温) を用いて同様に表面温度差との相関を求めれば、河川の影響範囲を表す一つの指標となると考えられる。図-8は、気温差 $\Delta \hat{T} (= \hat{T}(\bar{u}) - T(X))$ と表面温度差 $\Delta T_s (= T_s(A) - T_s(W))$ との相関係数を測定点ごとに計算し、岸からの距離 (X) に対してプロットしたものである。相関係数の減少の仕方注目すると、堤防に閉ざされたルートA3が最も急で、建物密集度の低いC1が最も緩やかとなっている。これは図-5における影響範囲の考察と一致しており、一つの目安として相関係数が0.3以下となる距離をとれば、A3で数m、C1で約250mとなる。しかしながら、A1とA2の関係では、街路幅が広く $\hat{T}(\bar{u})$ に達するまでの距離が長いA1の方が早く減少している。これは、 $\hat{T}(\bar{u})$ の差に起因しており、A1では $\hat{T}(\bar{u})$ が低いいためより河川近くで安定するのに対し、A2では $\hat{T}(\bar{u})$ が高く $\Delta \hat{T}$ が大きいため相関係数が減少しない。

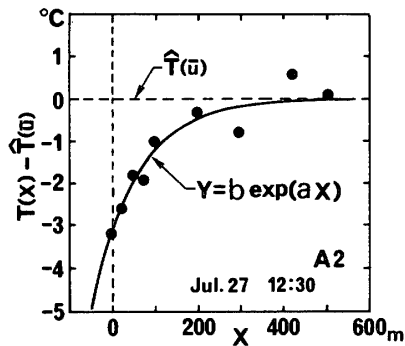


図-9 気温差分布回帰曲線の一例

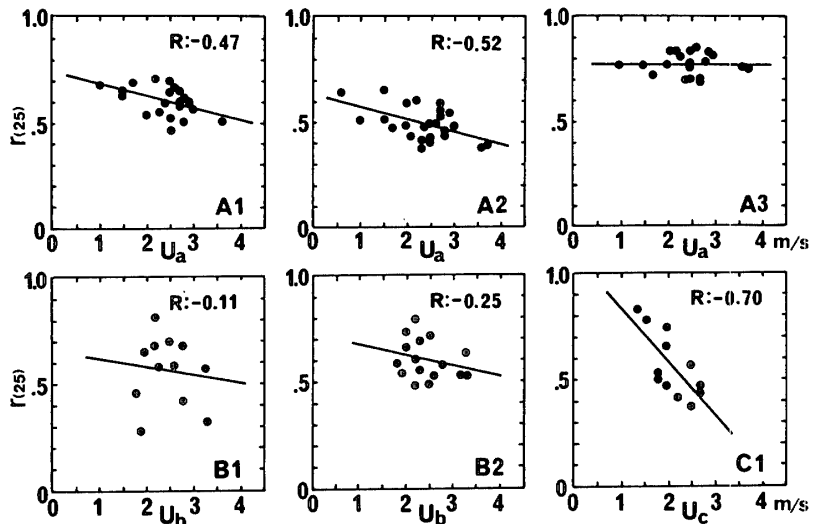


図-10 気温低下量と風速の関係（河岸から25mの場合）

(3) 回帰式による影響範囲の検討および気象条件との関連

これまででは、気温分布の元データから河川効果の影響範囲を検討したが、ここではより定量的な考察を行うため、回帰式による検討を試みる。

毎回の測定で得られる気温分布は測定点ごとの変動が大きい。そこで、図-9に示すごとく各地点の測定値 $T(X)$ と $\hat{T}(\bar{u})$ との差を河岸からの距離 (X) についてプロットし、これに次式をあてはめ、その時刻の気温差分布回帰曲線とした。

$$Y = b \times \text{EXP}(a \times X)$$

次に、この回帰式を用いて河川効果を表す指標として、 X における温度比 $r(X)$ を以下のように定義する。

$$r(X) = (\theta(X) - T(B)) / (\hat{T}(\bar{u}) - T(B))$$

ここで、 $\theta(X)$ は X における回帰温度で、 r は河川上で0、市街地平均気温で1となる。

図-10は、この温度比を用いて影響範囲と風速との関係を検討したもので、一例として $X=25\text{m}$ の場合について示している。 U_a, U_b, U_c は、各々定点 a, b, c における風速を表している。なお、ここで用いたデータは、12~16時の海風時で、風向が河川と平行ないしは河川から市街地に向かう場合（後述する“川風”の場合）である。建物密度が低いC1では、風速が強くなるほど r が小さくなっており、河川効果がより強く、またより市街地の奥まで及んでいることがわかる。同様の傾向はA1およびA2についてもみられ、これらのルートでは河川効果の影響範囲が風速によって変化している。それに対し堤防に閉ざされたA3では風速とは無関係に r は一定となっており、また河幅が狭いB1・B2ではばらつきが大きく相関は小さくなっている。

図-11は、明確な相関関係が得られたルートC1について、 $r(X)$ と U_c の相関係数を図-8と同様に河岸からの距離についてプロットしたものである。同じく相関係

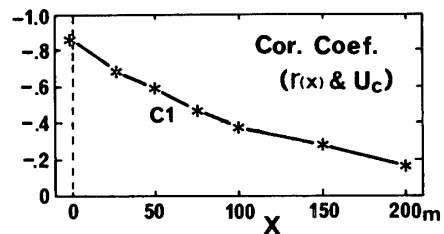
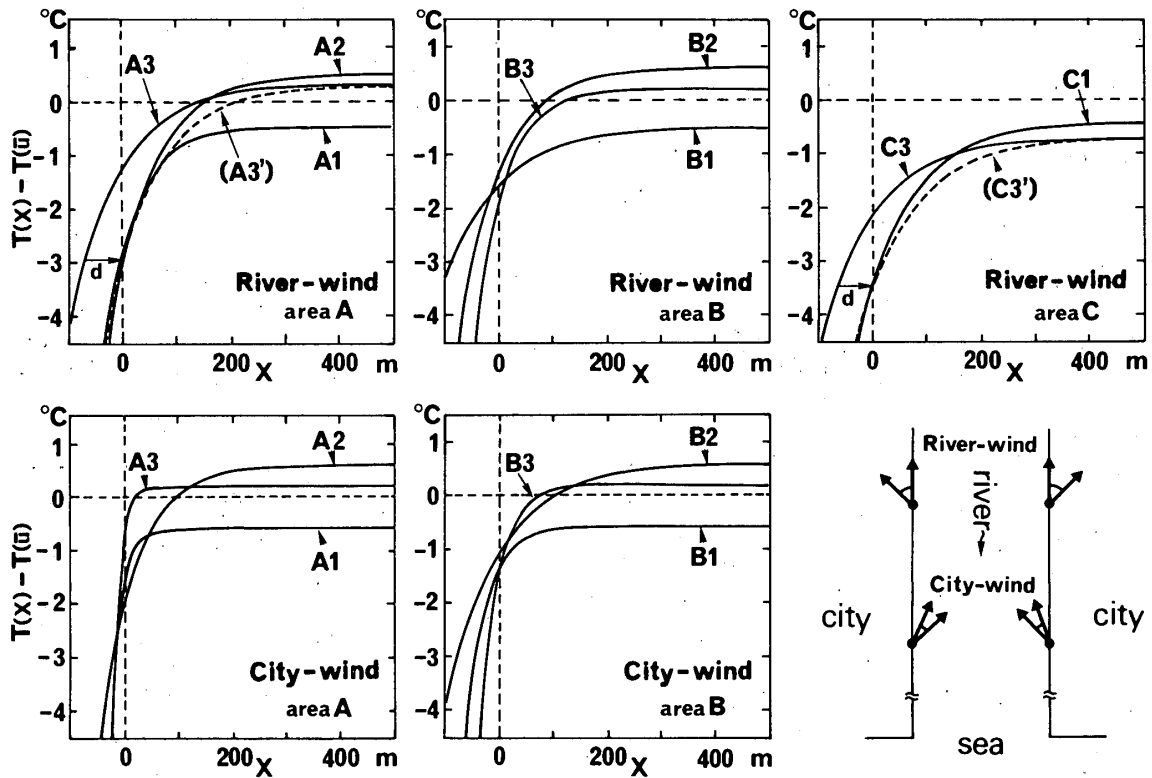


図-11 気温低下量と風速の相関

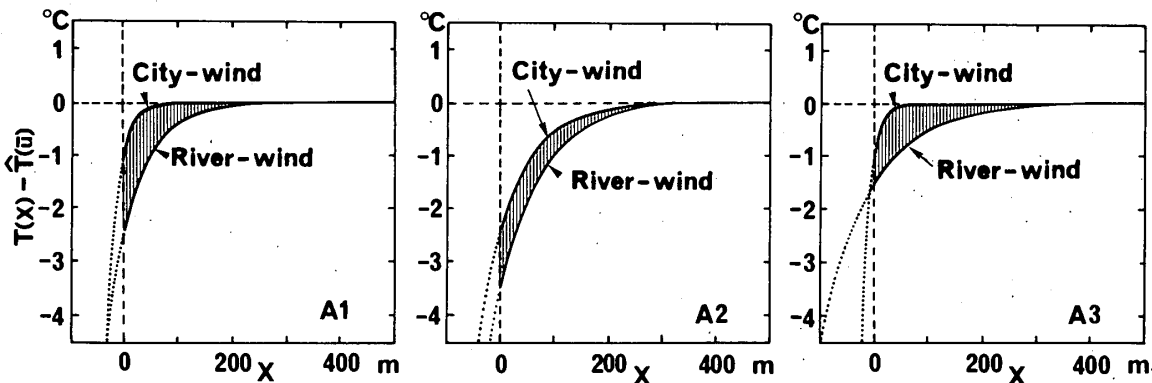
数が0.3以下になる距離を目安とすれば、風速の影響を受けている範囲は河岸から約150mと判断される。

次に、風向による影響範囲の変化について考察する。図-12は、日中の気温低下量が大きく、かつ安定した海風が吹いている時間帯について、風向別に分類した平均値に対して、 $T(X) - T(\bar{u})$ の回帰曲線を図-9と同様に求めたものである。ここで用いたデータは、 $\Delta T_s \geq 20^\circ\text{C}$ で定点風速が2m/s以上の場合である。風向については、河道方向を基準として、市街地から河川に吹く成分を含む場合を“街風 (City-wind)”，河川から市街地に吹く成分を含む場合（河道に平行な場合も含む）を“川風 (River-wind)”と定義し、この2つに分類した。上段が“川風”の場合、下段が“街風”の場合である（エリアCについては“街風”のサンプルがなかった）。なお、ここで示した14ケースの回帰曲線については、その適合性を分散分析によって検討した結果、いずれも水準1%で有意であることを確認している。風向による変化は全体としてエリアAで顕著であり、河川幅が狭いエリアBではやや不明確である。

河岸 ($X=0$) の気温差に注目すると、堤防に閉ざされたルートA3およびC3を除き、各エリアともほぼ一定値を示しており、各回帰式の妥当性を裏付けている。ここで、A3およびC3における堤防の遮蔽効果を水平距離に置き換えることを考える。図-12において、河



図—12 風向別に求めた各ルートの気温差回帰曲線



図—13 風向による影響範囲の変化

岸 ($X=0$) での温度差が他のルートと一致するよう、両ルートの回帰曲線を X 軸方向に平行移動させる (図中の $A3'$ と $C3'$)。この時の移動量 d を求めると、その値は両ルートともに約 70 m となる。すなわち、ルート $A3 \cdot C3$ の気温分布は、河岸から河道方向に 70 m 移動した地点を仮想河岸とした場合に相当し、河川効果という観点からいえば、堤防により河川が 70 m 遠ざかったことを意味する。測定高さ (1.5 m) を考慮すれば、この距離は堤防高さ (4.3 m) の約 25 倍に相当する。

図—13 は、エリア A の各ルートについて“街風”の場合と“川風”の場合の比較をまとめたものである。“川風”時の影響範囲は、いずれのルートにおいても河岸から 200 ないし 300 m と判断される。一方、“街風”時の影響範囲はルートにより異なっており、 $A1 \cdot A3$ では河岸から 100 m 以下に狭まっているのに対し、 $A2$ では風

向による変化は少ない。ここで示した気温分布は、河川からの冷風の侵入と市街地内部の昇温が複合したものと考えられるが、風向の変化に大きく左右されるのは主として前者の効果と思われる。ルート $A2$ は最も街路幅が狭く、またルート別の市街地気温 $\hat{T}(\bar{u})$ は最も高い。以上の点から、 $A2$ の気温分布は主に市街地内部の昇温を反映したものであり、それゆえ風向による分布形の差異が少ないものと推測される。それとは逆に、街路幅が広く $\hat{T}(\bar{u})$ が低いルート $A1$ の分布は、より純粋に河川効果を反映しているものといえる。 $A3$ については、“街風”時に市街地中心部からの暖気が堤防の市街地側 (堤内地側) に滞留するため、河岸付近まで市街地中心部と同程度に高温となる。したがって、ルート $A1$ とは温度分布の生ずるメカニズムは異なるが、同様に風向の影響が強く現れる結果となる。

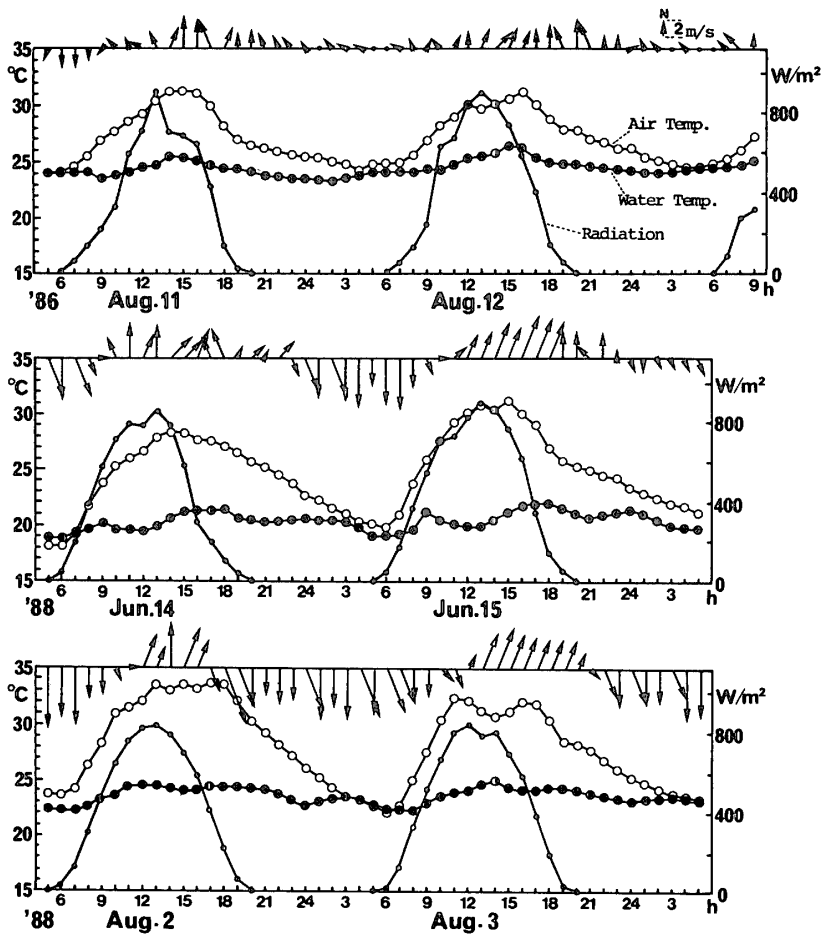


図-14 係留気球観測時の気象概要

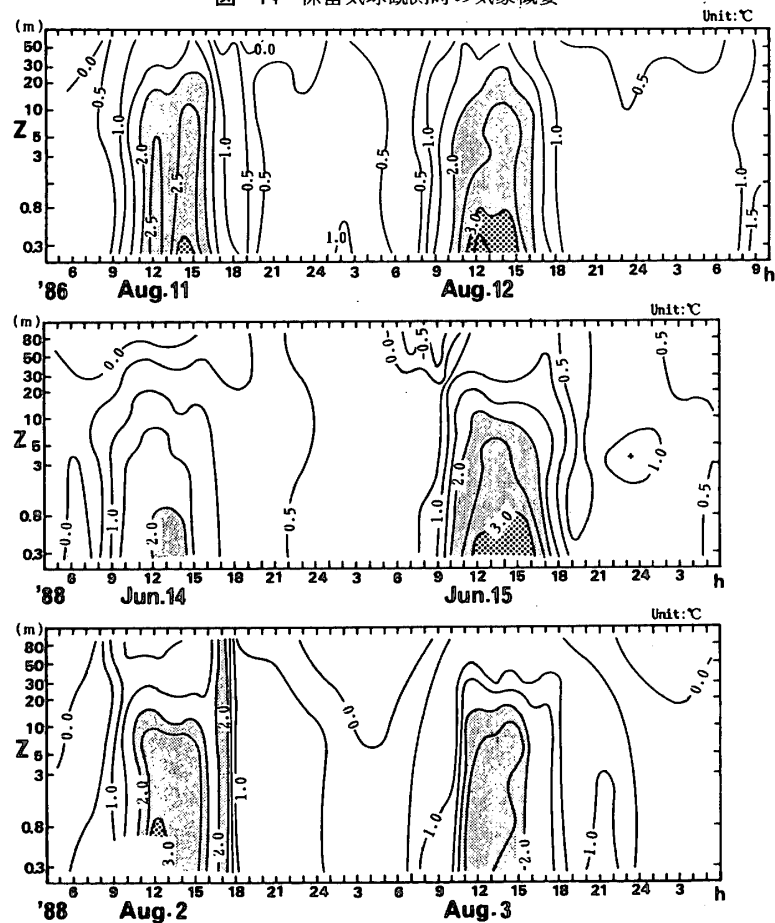


図-15 気温差の高さ-時間断面分布

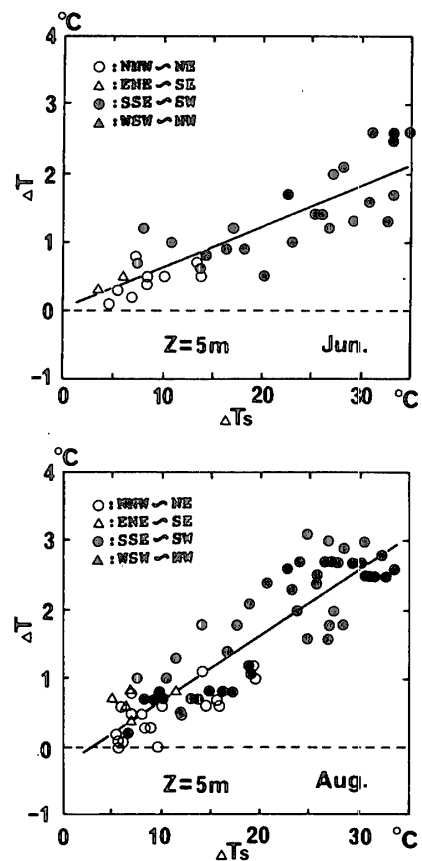


図-16: 気温差と表面温度差との関係

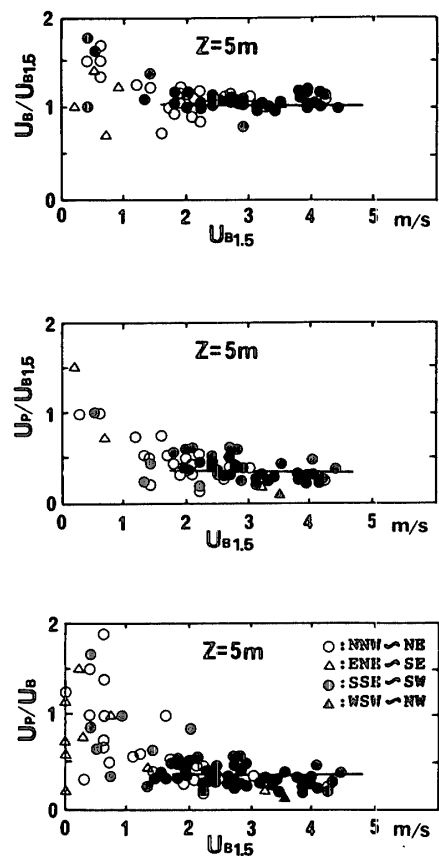
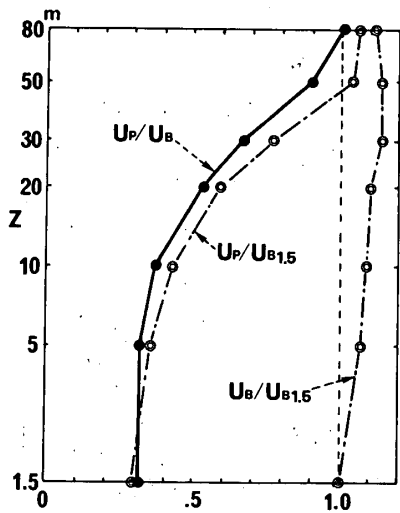
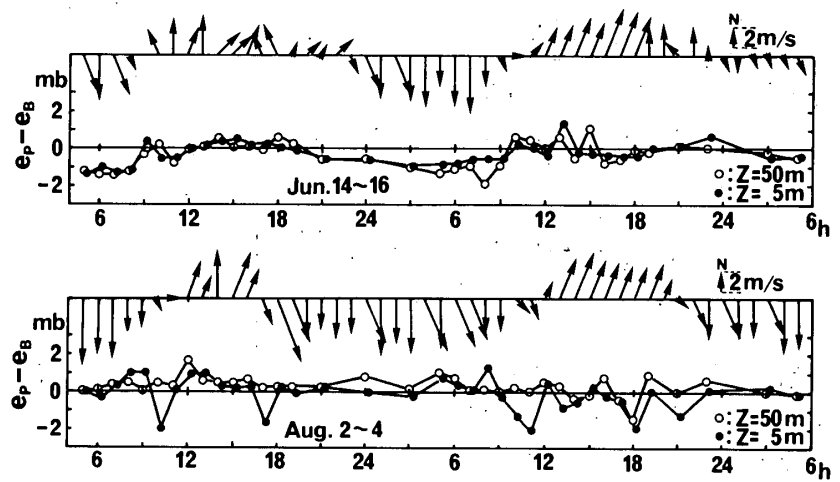


図-17 各地点の無次元風速および両地点間の風速比



図一18 無次元風速および風速比の鉛直分布



図一19 蒸気圧差の時間変化

4. 河川効果の鉛直的影響範囲

4-1 観測日の気象概要

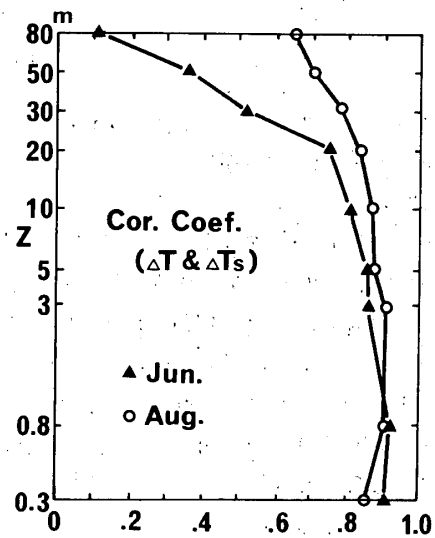
図一14は、係留気球による3回の観測期間における各気象要素の時間変化を示したものである。水温はT橋における実測値(測定法は図一3と同様)、他は広島地方気象台における測定値である。1986年の観測では早朝に多少雲が広がったが、その他の期間はいづれもほぼ快晴に恵まれた。水温と気温の関係はほぼ終日水温の方が低く、日中の温度差は5~10°Cで早朝にはほぼ等温となっている。一方、風速の変化については各々やや異なっており、1986年8月は観測期間の大半が南よりの海風で陸風は時間帯も短く風速も非常に弱い。1988年の2回はいずれも明確な海陸風の発達が見られたが、8月は総観場の影響で北よりの陸風が強く海風の時間帯はやや短くなっている。

4-2 測定結果

(1) 気温差の鉛直分布

図一15は、F公園(point P)とT橋(point B)の気温差 $\Delta T (=T_P - T_B)$ の等値線図で、縦軸は高さの対数、横軸は時間を表している。なお、添字P, Bは各々point P, point Bの測定値を表しており、気温以外の各要素についても以下同様に表す。 ΔT が特に大となるのは、日中10時~16時の高さ20m以下といえ、地上付近では最高3.5°C以上に達している。またこの時間帯、8月の観測では高さ80mでも ΔT は0.5~1.5°Cあり、河川と市街との気温差は高さ80m以上まで及んでいる。6月の観測では上空の ΔT は8月に比べ小さく、気温差が認められる層がやや薄くなっている。1988年8月2日の17時に ΔT が特に上空まで大きくなっているのは、測定時間が海風から陸風へ変わる頃の時間帯とちょうど一致したため、このように静穏時には気温差が特に上空まで大きくなる。

図一16は、放射温度計で測定したアスファルト舗装



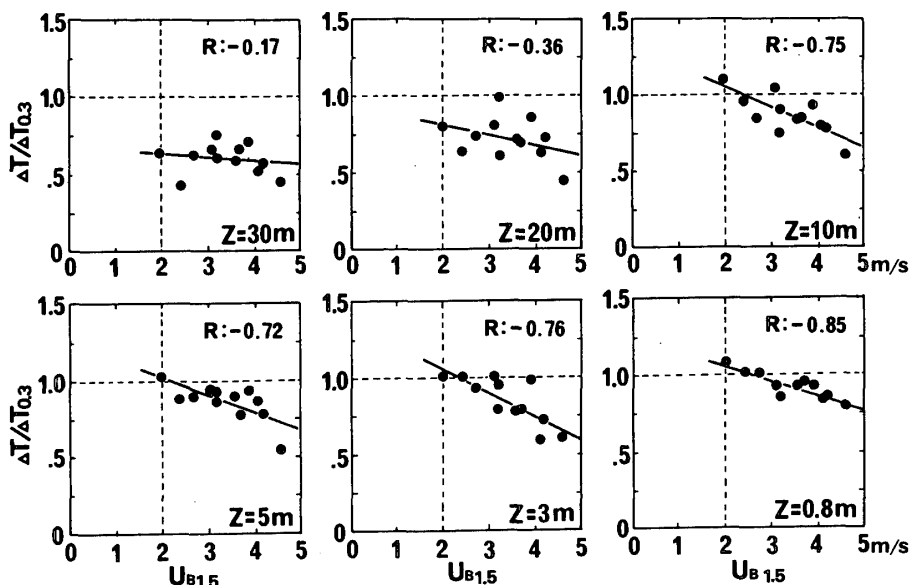
図一20 気温差と表面温度差の相関

面の表面温度($T_s(A)$)と水面温度($T_s(W)$)との差(ΔT_s)を横軸にとり、一例として高さ5mにおける気温差(ΔT)との関係を風向別に示したものである。上が6月、下が8月の結果であるが、いずれも図一7と同様おおむね比例関係が認められ、 ΔT は基本的に表面温度差に左右されているといえる。

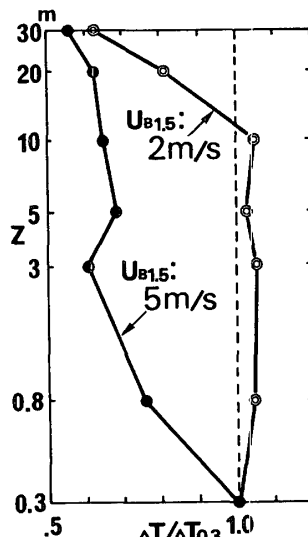
(2) 風速の鉛直分布

図一17は、高さ5mを例に、T橋の1.5mの風速($U_{B1.5}$)に対する比で表した両地点の風速、および両地点間の風速比を、 $U_{B1.5}$ に対して風向別にプロットしたものである。いずれの値も、 $U_{B1.5} \geq 2 \text{ m/s}$ の強風時にはほぼ一定値を示しており、風向による差異はみられない。

図一18は、このような2m/s以上の安定値を各高さについて求め、両地点の風速、および両地点間の風速比の鉛直分布を描いたものである。F公園(point P)の風速プロファイルは高さ20m以上で急激に増大するのに対し、T橋(point B)の風速はほぼ一定で高さとともにわずかに増加するのみである。その結果として、風



図一21 各高度における温度差と風速の関係



図一22 風速による温度差の変化

速比のプロファイルは同じく高さ 20 m 以上で急増し、高さ 10 m 以下ではほぼ一定値 (約 0.3) を示す。

(3) 湿度分布

図一19 は、両地点間の蒸気圧差を高さ 5 m と 50 m について示したものであるが、全体として差は小さく変化も乏しい。湿度計の精度 (相対湿度 $\pm 3\%$) を考慮すると、気温 30°C における蒸気圧の測定精度は $\pm 1.27 \text{ mb}$ であり、差については $\pm 1.8 \text{ mb}$ 程度と考えられる。これにさらに温度計の誤差が加わるため、今回得られた変化は必ずしも有意とは言い難い。あえて考察を加えれば、6月の結果では陸風時に河川上の方がやや高湿 ($e_p < e_B$) となる傾向がある。また、8月の結果では海陸風の交代時、すなわち静隠時に表面近くで特に $e_p < e_B$ となる傾向が認められる。

(4) 影響範囲の検討および気象条件との関連

すでに図一16 において気温差 ΔT と表面温度差 ΔT_s との関係を示したが、両者の相関の強さは気温形成に対する地表面の影響度を表していると考えられる。そこで、両者の相関係数を各高度について求め、その鉛直分布を描いたものが図一20 である。6月と8月について各々示したが、いずれも高さ約 20 m までは相関が高く、それ以上の高度で相関の低下がみられる。ただし、上空における減少は6月の方が顕著であり、8月の方が地表の影響がより上空にまで及んでいる。高さ 20 m 以下の空間は地表面の影響を強く受けており、またこの高さはF公園周辺の平均建物高さとはほぼ一致していることから、いわゆる“都市キャノピー層”に相当していると考えられる。

次に、風速による影響範囲の変化について考察する。図一21 は、最も地表面に近い 0.3 m の気温差を基準とした各高度の気温差の比 ($\Delta T/\Delta T_{0.3}$) と風速 ($U_{B1.5}$) を全

高度の測定期間について平均した値) との関係を示したものである。なお、ここでは 1986 年 8 月の $\Delta T_s \geq 20^\circ\text{C}$ 、風速 2 m/s 以上のデータを用いている。高さ 10 m までの各高度については明確な負の相関が認められ、強風時に温度差が減少している。一方、それ以上の高さでは風速依存性が低下している。これら各高度の回帰式から、 $U_{B1.5} : 2 \text{ m/s}$ 時と 5 m/s 時の $\Delta T/\Delta T_{0.3}$ の値を求め、それらの鉛直分布を描いたものが図一22 である。すなわち、この図は各々の風速における平均的な温度差プロファイルを意味している。両者を比較すると、風速 2 m/s 時には高さ 10 m まで ΔT がほぼ一定でそれ以上で急激に減少しているのに対し、風速 5 m/s 時には地表近くで ΔT が減少している。つまり、静隠時には地表の影響が都市キャノピー層全域に及び温度差の大きい領域が厚くなるのに対し、強風時には上空の空気が市街地の地表近くまで侵入するため影響高さが減少している。

5. 結語

前報に引続き、都市内河川の熱的効果の把握を目的に、河川およびその周辺市街地における微気象観測を実施した。今回は水平および鉛直の影響範囲の検討に的を絞って行ったが、得られた主な成果は以下のとおりである。
 (1) 日中、海風がほぼ河道に沿って侵入している場合、河川効果が周辺市街地に及ぶ範囲は、河川幅、河川と直交する街路幅、および河川周辺の建物密集度に影響される。すなわち、河川幅が広いほど、街路幅が広いほど、そして建物密度が低いほど河川の影響範囲は広がる。
 (2) また影響範囲は風向・風速によっても左右される。すなわち、静隠時に比べ強風時には広くなり、また風向が河川から市街地に向かう成分を含む場合に広がる。
 (3) 河川沿いの堤防は、周辺市街地への川風の侵入を

妨げている。すなわち、河川効果という観点からいえば、堤防は河川を遠ざける働きをもつ。

(4) 河川上と市街地との気温差は、夏季日中には80 m以上の高さまで認められるが、特に顕著なのは周囲の平均建物高さ以下の層(いわゆる“都市キャノピー層”)である。

(5) また鉛直的影響範囲も風速によって変化しており、大きな温度差を有する層は静穏時に比べ強風時には薄くなる。

以上、本報では都市内河川の微気象的影響範囲に及ぼす諸要因について明らかにした。これらの成果は、今後都市域の温熱環境の改善を考える上で、その基礎的資料として有用であると思われる。特に本報の結論として、“風通しの良い”街づくりを考えることが鍵であることを強調しておきたい。

謝 辞

本観測の実施に際し、本学助手越川康夫、広島工業大学講師清田誠良の両氏をはじめ、両大学の学生諸氏に多大な協力をいただいた。また本研究の一部は昭和59年度「(財)鹿島学術振興財団」の研究助成金によった。ここに記して謝意を表する。

注

- 1) ここでいう「建物密集度」あるいは「建物密度」とは、そのエリアの建物占有率という意味を考えている。それを表す一つの指標として公園・緑地(農地も含めた)等の透水性空地の面積率の値を示すと、エリアAの7.09%に対し、エリアCでは44.96%となっている。
- 2) 日射遮蔽について近藤²⁾の理論的考察を参考に、二重筒

+遮蔽板(各部分間は断熱材を使用)、通風速度は約6 m/sに設計しており、日射による昇温は0.01°C以下となる。なお、以上のようなシェルターの効果については、観測に先立ち屋外実験で確認している。また、各温度センサー間の器差については、観測の前後に水槽を用いて検定付の温度計との比較を行い補正値を求めている。

- 3) 「250 m」という距離は、あくまでも今回の測定エリアの地理的条件(河川間の距離等)から便宜的に決定されたものである。

参考文献

- 1) 村川三郎ほか3名：都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第393号，pp.25-34，1988
- 2) 近藤純正：大気境界層の科学，東京堂出版，p.219，1982
- 3) 村川三郎ほか4名：同題—その3. 係留気球による立体観測，日本建築学会中国・九州支部研究報告，第7号，pp.281-284，1987
- 4) 村川三郎ほか4名：同題—その7. 自転車移動観測による影響範囲の把握，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1133-1134，1988
- 5) 村川三郎ほか4名：同題—その8. 平面的影響範囲の把握，日本建築学会中国支部研究報告，第15巻，pp.317-320，1989
- 6) 村川三郎ほか4名：同題—その9. 鉛直的影響範囲の把握，日本建築学会中国支部研究報告，第15巻，pp.321-324，1989
- 7) 関根 毅ほか4名：居住性からみた都市内河川環境評価に関する研究—その6. 係留気球による河川周辺部の微気象観測，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.537-538，1987

(1990年1月10日原稿受理，1990年6月15日採用決定)