

# 都市内河川周辺の気温分布

田坂郁夫\*

## Distribution of Air Temperature over and around the River Flowing in Urban Area

Ikuo TASAKA

The purpose of this study is to clarify the influence of river to the urban climate. The observations of air temperature were conducted at the Mizukoshi Bridge across the Asuwa River flowing the Fukui City. The river water acted as the heat sink to air in the daytime in summer and autumn, and as the heat source at night in autumn. The boundary of air temperature between the lower part and the upper part over the river was recognized clearly in the daytime. On the other hand, the difference of air temperature over the river was slight at night. The influence of the river water to the adjacent urban area appeared only while the river acted as the heat sink.

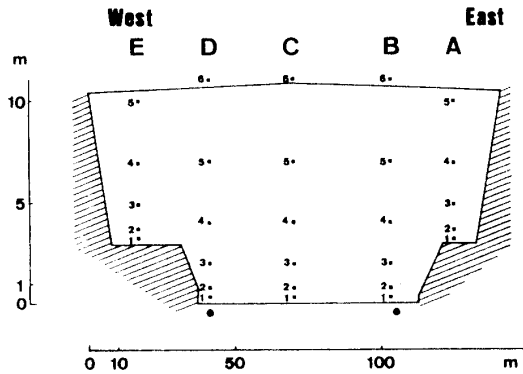
### 1. はじめに

近年、都市の発展に伴い都市気温の顕在化が指摘され、その緩和方法が議論されている。都市気候の緩和には都市の形態を変えろという直接的な方法に加え、植物の蒸発散作用、あるいは池・河川などの水体による冷却・温熱効果を利用することが考えられる。このうち、河川が都市気候に及ぼす影響については、広島市内を流れる太田川を事例としていくつかの調査研究が行われている<sup>1)2)</sup>。また、筆者は福井市において都市気温観測を行った際に、市街地を流れる足羽川近傍では周辺の都市域と比べ低温が観測されることを指摘し、河川の冷却効果の現れではないかとの推論を述べた<sup>3)</sup>。

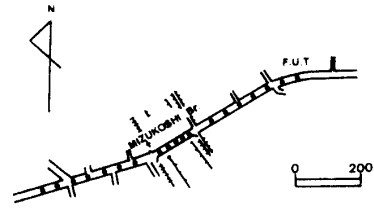
そこで、今回は足羽川に架かる橋の一つである水越橋において、河道内および周辺において気温観測を行い、河川が周辺の都市気候に及ぼす影響を調査することにした。水越橋は福井市の中心市街地から約4km西方にあり、周辺は住宅地となっている。橋の長さは約140mで、河道の東側には約15m、西側には約25mの河川敷がある。

---

\*建設工学科 土木工学専攻



図－1 河道内における気温観測点



図－2 移動観測点

## 2. 観測方法

観測は1993年7月31日12時から8月2日12時の48時間と、10月21日13時から22日13時の24時間の2回、1時間ごとに行った。観測を行った項目・方法は以下の通りである。

図－1は河道内における気温観測点を示したものである。今回の観測では橋上を徒歩で移動しながら、A～Eの5地点において熱電対素子を吊り下げ、気温の測定を行った。観測高度は水面上0.3、0.8、2.0、4.0、8.0、12.0mである。ただし、両端は下が河川敷のため、0.3、0.8、2.0、4.0、8.0mの5点で測定した。各地点では計器の数値がある程度安定したときに読み取りを行った。1回の観測所要時間は約15分である。使用した計器は熱電対入力温度データコレクタ（安立計器、AM-7002K）である。

河川の水温は、足羽川の東西各1地点（図－1中、黒丸印）において、川辺から約1mの所に、日除けを兼ねた発泡スチロールの板を浮かべ、これに自記温度計のセンサーを水深約30cmの位置になるよう取り付け測定した。なお、観測時における水深は約70cmであった。

河川周辺の気温観測は、前方に温度センサーを取り付けた自転車による移動観測により行った。観測点は図－2に示すように、橋上5地点（図－1のA～E）と、足羽川に直行するさくら通り上に東西各7地点、計19地点設けた。道路上における観測点の間隔は50mとしたので、観測範囲は堤防から東西各々350mとなる。測定高度は地上約1mで、1回の観測所要時間は約10分である。なお、昼間は直射日光による影響を避けるため、センサーに日除けを取り付けた。使用した測器はサーミスタ式デジタル温度計（佐藤計量器、SK-1250MC）である。

## 3. 観測日の気象概況

図－3は夏季の観測を行った7月31日から8月2日各9時の天気図を示したものである。これを見ると、前線を伴った低気圧が7月31日に日本付近を通過し、福井地方はその後面の弱い高気圧に緩やかにおおわれていたことがわかる。観測は都市気温が出現しやすいと言われている静穏快晴の日を実施しようと考えていた。しかし、著しい冷夏であった1993年にはそのような天候がなかなか現れず、観測当日の天気図も盛夏のものとは言いがたいものとなっている。この間の気

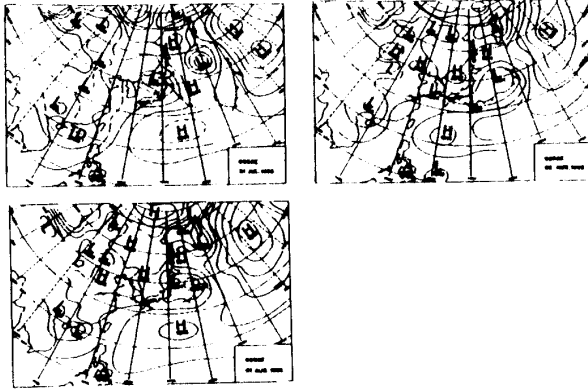


図 - 3 7月31日～8月2日の天気図

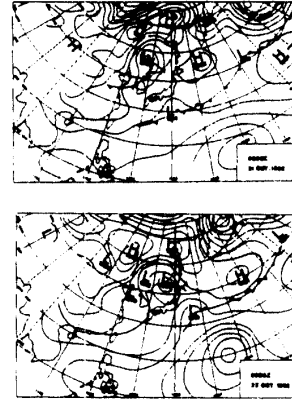


図 - 4 10月21日～22日の天気図

象概況を福井地方気象台の地上観測日原簿でみると、夏季1日目の天気は曇り時々晴れで、平均気温は25.9℃、2日目は曇りで、気温も23.5℃と若干低温であった。風向は1日目、前半は一定していないが、期間後半は河川にほぼ並行する北西～北の風が吹走しており、風速は2～3 m/sであった。

一方、秋季の観測日は移動性高気圧が通過し、その背後の低気圧と寒冷前線が日本列島を通過するまでの期間に当たっており（図 - 4）、観測期間を通じて天気はほぼ晴れであった。しかし、この寒冷前線により、22日午前10～11時の間一時的な降雨があったため、この時間帯は観測を行っていない。

#### 4. 河道内の気温分布

図 - 5 は移動観測による橋上5地点の平均気温、ならびに東西兩岸の平均水温の日変化を示したもので、上部の折れ線グラフが夏季、左下のグラフが秋季の日変化を示している。なお、図中断線している部分は前述の天候不良による欠測、ならびに測器の不調により資料が得られなかったものである。

これをみると、水温の日較差は夏季・秋季とも5℃以内に収まっている。これに対し、気温の日較差は夏季は約7℃、秋季には13℃以上になっている。この結果、水温は気温よりも高くあるいは低くなっており、河川が熱源・冷源として働いていることがわかる。

気温と水温の関係を詳しくみると、日中は夏季・秋季とも水温は気温よりも低温で、河川が大気に対し冷源として作用していることがわかる。これに対し、夜間は季節によって水温と気温差の関係に若干の違いが見られる。すなわち、秋季の夜間には水温は気温よりも明らかに高温

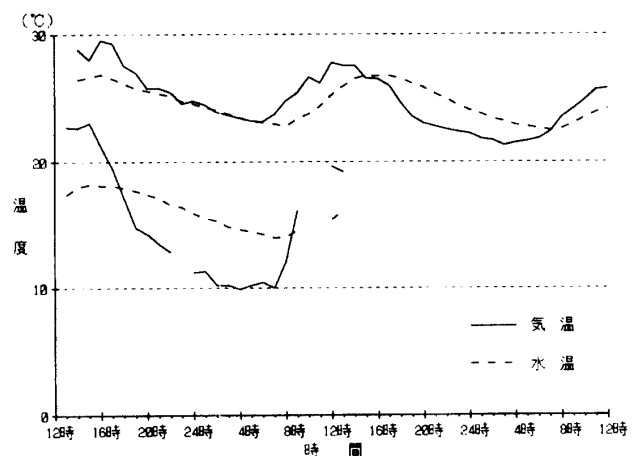


図 - 5 気温と水温の日変化

を呈している。このような関係は1992年10月に行った観測においても確認されていて、秋季の夜間に河川水は大気に対し熱源として作用しているといえる。

これに対し、夏季の夜間における観測結果では1日目と2日目で、水温と気温の関係が異なっている。すなわち、夏季1日目は水温と気温がほぼ等しいのに対し、2日目は秋季と同じく水温が気温よりも高くなっている。両日の日中の天気は1日目曇り時々晴、2日目曇りであったことも考慮すると、夏季の日中十分に気温が上昇した場合には、夜間においても気温は水温と等しいかあるいは高温になることが予想される。しかしながら、今回の観測においては、夏季においても河川は周辺大気に対し、日中は冷源として、夜間は熱源として作用している。なお、気温と水温の差から、熱源・冷源としての強さをみると、両者の温度差は日中・夜間とも秋季に大きく、その影響の強いことがわかる。

図-6は日中における河道内の気温分布を例示したものである。日中の観測例を検討すると、気温分布は河道内下層に低温が現れ、上部が高温になる点で共通している。しかし、低温域の現れ方には図-6に示すような2つのパターンがみられる。すなわち、橋直下での温度変化が著しく、それより下部が一様に低温になるパターンと、西側の河川敷に低温域が、東側の橋直下に高温域が現れ、河道内では斜め方向に温度変化するパターンである。2つの気温分布パターンの出現回数は前者の方が多く、特に日中は前者のパターンが多く現れる。これに対し、後者は夕刻に出現することが多い。

河道内全28点の観測点において、各時刻の最高気温・最低気温からそれぞれ第3位までに入る所を高温域・低温域とし、それらに含まれる回数の多い観測点の分布から、河道内における気温分布の特徴をみると、夏には高温域は河道内の上部に集中して現れるのに対し、秋は河道内の東側に出現する傾向がある。一方、低温域は夏秋を通じて水面付近と西側の河川敷に出現しやすい。この結果、先にも述べたように、夏季には河道内では上下方向に気温差が大きく、秋季には東西方向に大きな気温差が現れる。

河道内の気温分布を橋上の測点Cにおける気温鉛直断面でみると、図-6から推測されるように、日中には下層から中層の温度変化が小さいのに対し、上層の8~12mの間に著しい変化がみ

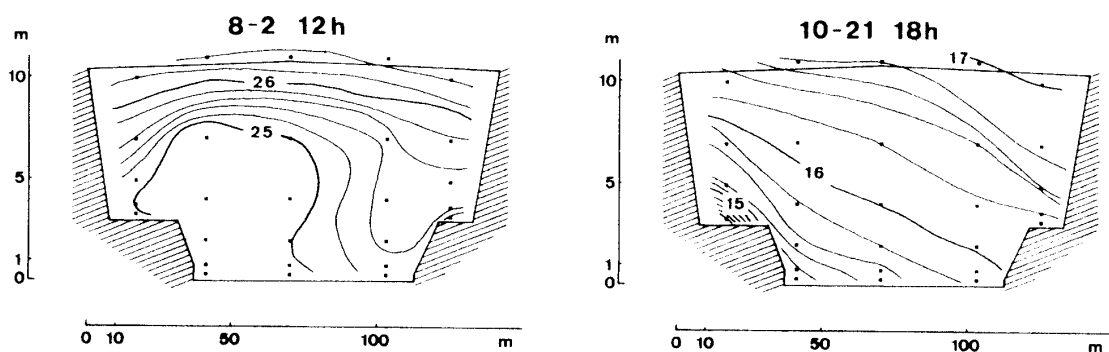


図-6 日中の気温分布例

られる。8～12mの間における気温差は大きい場合1m当たり0.4～0.6℃に及び、河道内の境界層がこの付近にあることがわかる。

以上のことから、橋直下で著しい温度変化を示すパターンは次のような原因により生じていると考えられる。すなわち、日中河川水は対気に対し冷源として作用するものの、その影響は水面上数mの狭い範囲に限られる。その結果、大気は河川水により冷却されるものの、その広がる範囲は河道内下部から中層に限られる。一方、河川堤防より上部層には周辺の市街地にお

いて熱せられた空気が流れ込むが、河道内は安定な気層となっているため、その影響は上部に限られ、橋直下において著しい温度変化が生じる。他方、河道内において斜め方向に気温差の現れるパターンは夕刻に多く現れていることから次のような原因が考えられる。すなわち、南北に走る河道内においては、夕刻日陰となる西側水面および河川敷がいち早く低温になるのに対し、東側は長く日射を受けるため日没近くまで高温が維持され、この両者の間に気温差が生じるのである。

次に、夜間の気温分布をみてみよう。図-7は夜間の気温分布の1例を示したものである。夜間は上述の日中とは異なり、河道内の温度差は一般に小さく、一様な温度分布を呈している。河道内における温度差は1℃以内であることが多く、今回の一連の観測における最小値は0.4℃であった。このように夜間に河道内の気温差が小さくなる原因としては、河川が熱源として働き、夜間の放射冷却による下層の気温低下を抑えているためではないかと考えられる。

## 5. 河川周辺の気温分布

本節では河川が周辺の都市域に及ぼす影響をみるため、河川をはさむ移動観測の結果について述べる。表-1は河川両側の陸上14地点と橋上5地点の平均気温ならびに両者の気温差を示したものである。これをみると、河川が冷源として働いている夏季・秋季の日中には2、3の例外を除き、橋上（河川部）の気温は陸上部分よりも低温となっている。前述したように、日中河道内の境界層は薄く、河川の影響は下層から中層に限られると述べたが、それは河道内の気温分布を微視的にみた場合であって、周辺の都市域を含めると、橋上は陸上部よりも低温となっており、河川は冷却効果を及ぼしているといえる。

橋上と陸上の気温差が0.4℃以上あった時刻を、河川の冷却効果が周辺の都市域にも明瞭に及んでいた場合とすると、夏季7月31日の12時、14～15時と、8月1日8時、12時、14～17時、ならびに秋季の10月21日13～14時がこれに該当する。これ以外の時刻においても、日中の気温差は夜間に比べ若干大きな値を示している。このことから、夏季・秋季の日中河川が冷源として働い

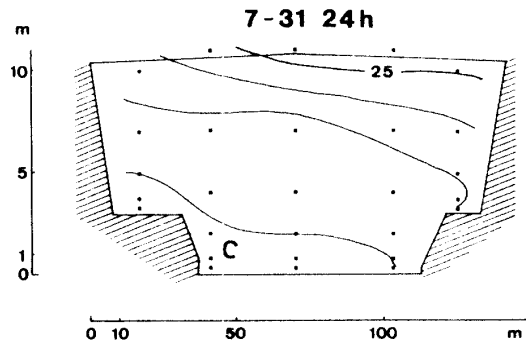


図-7 夜間の気温分布例

表 - 1 橋上・陸上部の平均気温及びその差

| 日  | 7/31 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7/31 8/ 1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8/ 1 |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 時刻 | 12時  | 13時 | 14時  | 15時  | 16時  | 17時  | 18時  | 19時  | 20時  | 21時  | 22時  | 23時       | 24時  | 1時   | 2時   | 3時   | 4時   | 5時   | 6時   | 7時   | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 陸上 | 29.7 |     | 29.3 | 28.5 | 29.8 | 29.5 | 27.8 | 27.3 | 26.1 | 25.9 | 25.6 | 24.9      | 24.8 | 24.5 | 23.9 | 23.8 | 23.6 | 23.3 | 23.4 | 23.9 | 25.2 | 25.6 | 26.5 | 26.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 橋上 | 28.8 |     | 28.9 | 28.0 | 29.6 | 29.3 | 27.6 | 27.1 | 25.8 | 25.8 | 25.5 | 24.6      | 24.8 | 24.5 | 23.9 | 23.7 | 23.5 | 23.2 | 23.2 | 23.7 | 24.8 | 25.5 | 26.7 | 26.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 差  | 0.9  |     | 0.4  | 0.5  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.1  | 0.1  | 0.3       | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.4  | 0.1  | -0.2 | 0.1  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| 日  | 8/ 1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8/ 1 8/ 2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 8/ 2 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 時刻 | 12時  | 13時  | 14時  | 15時  | 16時  | 17時  | 18時  | 19時  | 20時  | 21時  | 22時  | 23時       | 24時  | 1時   | 2時   | 3時   | 4時   | 5時   | 6時   | 7時   | 8時   | 9時   | 10時  | 11時  | 12時  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 陸上 | 28.2 | 27.6 | 28.0 | 27.2 | 27.0 | 26.4 | 24.9 | 23.9 | 23.3 | 23.1 | 22.8 | 22.5      | 22.3 | 22.0 | 21.9 | 21.3 | 21.6 | 21.7 | 21.9 | 22.4 | 23.6 | 24.4 | 24.9 | 25.8 | 25.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 橋上 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 26.6 | 26.6 | 26.0 | 24.7 | 23.6 | 23.0 | 22.8 | 22.6 | 22.4      | 22.2 | 21.8 | 21.7 | 21.3 | 21.5 | 21.6 | 21.8 | 22.4 | 23.5 | 24.2 | 24.9 | 25.7 | 25.8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 差  | 0.3  | 0.0  | 0.4  | 0.5  | 0.4  | 0.4  | 0.2  | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1       | 0.0  | 0.2  | 0.2  | 0.0  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.0  | 0.1  | -0.1 |  |  |  |  |  |  |  |  |

| 日  | 10/21 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     | 10/21 10/22 |      |      |      |     |      |      |      |      |      |     | 10/22 |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 時刻 | 13時   | 14時  | 15時  | 16時  | 17時  | 18時  | 19時  | 20時  | 21時  | 22時  | 23時 | 24時         | 1時   | 2時   | 3時   | 4時  | 5時   | 6時   | 7時   | 8時   | 9時   | 10時 | 11時   | 12時  | 13時  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 陸上 | 23.3  | 23.4 | 22.4 | 21.2 | 19.3 | 17.0 | 14.7 | 14.3 | 13.6 | 12.7 | 欠   | 11.1        | 11.4 | 10.3 | 10.3 | 9.9 | 10.3 | 10.6 | 10.1 | 12.1 | 16.2 | 欠   | 欠     | 19.5 | 19.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 橋上 | 22.7  | 22.7 | 23.0 | 21.2 | 19.4 | 17.1 | 14.7 | 14.2 | 13.4 | 12.8 | 測   | 11.2        | 11.3 | 10.2 | 10.2 | 9.9 | 10.2 | 10.4 | 10.0 | 12.0 | 16.1 | 測   | 測     | 19.6 | 19.2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 差  | 0.6   | 0.7  | -0.6 | 0.0  | -0.1 | -0.1 | 0.0  | 0.0  | 0.2  | -0.1 |     | -0.1        | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.0 | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |     |       | -0.1 | 0.1  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ているときには、その冷却効果が周辺にまで及んでいるといえる。図 - 8 は前述の10例について、橋中央部との気温差によって、河川周辺の気温分布を示したものである。各時刻における最低気温は必ずしも河川部分に現れるわけではない。しかしながら、一般的に橋付近は両側の陸上部より低温となっている。そして、橋付近を中心とする低温は河川東側では約 150m、西側では 200m まで連続して認められ、この範囲に河川の冷却効果が及んでいることがわかる。

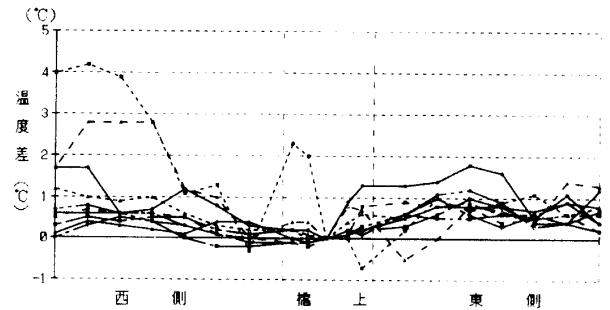


図 - 8 河川の冷却効果が現れているときの気温分布

次に、河川が都市域に対し温熱効果を及ぼしている場合をみてみよう。この場合、表 - 1 における橋上と陸上の気温差はマイナスを示すことになるが、そのような事例は全72回の観測中8回しかない。マイナスを示す場合においても、その絶対値は小さく、またその出現に季節的あるいは時間的な特徴はみられない。水温と気温との関係において、前者が高いときは河川水が大気に対し熱源として作用しているときであり、夏季・秋季の夜間がその時期に当たっている。しかし、表 - 1 をみると、夜間においても橋上の気温は周辺の陸上部よりも低温であることが多い。したがって、河川が熱源として作用する場合、その影響は極めて弱く、周辺の都市気温を高めるような働きはないものといえる。

河川が周辺の気候に及ぼす影響を調査した研究には、菊地<sup>4)</sup>や村川ほか<sup>2)</sup>などがある。それらはいずれも、河川が冷源として作用する場合には周辺の気温を冷却する効果があることを指摘しており、今回も同じ結果が得られた。しかしながら、熱源として作用する場合については、菊地は温熱効果が認められるとし、村川ほかは認められないと指摘している。これは菊地が農村部を流れる河川で観測を行ったのに対し、村川ほかは都市域で調査したためと考えられる。そして、村川ほかは都市域で河川の熱源としての影響がみられない原因を、周辺の都市域がより高温であるためとしている。本研究における結果も村川ほかと一致しているが、その原因には彼らが指摘

していることに加え、対象とした水越橋付近における足羽川の水深が約50cmに過ぎず、その熱的影響が極めて小さいことも重要であると考えられる。

## 6. まとめ

福井市内を流れる足羽川の水越橋周辺において気温観測を行い、河川が周辺の都市気温に与える影響を調査した。その結果をまとめると、

- 1) 気温と水温との関係から、夏・秋の日中、河川は周辺大気に対し冷源として作用し、秋季夜間は熱源として作用している。夏季夜間は日中の天候によりその働きが異なり、今回の観測では熱源・冷源いずれの働きが強いかを断定することはできなかった。
- 2) 河川が冷源として働く場合、河道内では下層ほど低温になり、周辺都市域の暖かい空気との間には明瞭な境界が形成される。一方、河川が熱源として働く場合、河道内は一様な気温分布を示す。
- 3) 周辺の都市域に対する影響は、河川が冷源として作用する場合には認められるが、熱源として作用する場合には認められない。

河川は都市気候を緩和するといわれている。しかし、それは河川が冷源として作用する場合であって、熱源とする場合にはその影響は小さいといえる。特に、足羽川のように水量の少ない河川においては、河川の温熱効果は極めて小さいであろう。現在、足羽川では上流部にダム建設が予定されているが、その場合には水量の更なる減少が予想され、足羽川の都市気候緩和作用はますます小さくなるのではないだろうか。

## 参 考 文 献

- 1) 福岡義隆・松浦謙士・成田健一：都市気候に及ぼす河川水の影響－広島市太田川の場合－。水温の研究，24-1，2～9，1980。
- 2) 村川三郎・関根 毅・成田健一・西名大作：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報告集，第393号，25～34，1988。
- 3) 田坂郁夫：福井市の都市気温観測。自然と社会，59号，1～6，1993。
- 4) 菊地 立：河川周辺の気温分布－名取川及び阿武隈川下流部の調査－。東北地理，26-1，22～29，1974。

(平成6年12月16日受理)