

堀川中流域における水面蒸発に伴う潜熱フラックスの推定

名城大学大学院 学生会員 手嶋健浩
 名城大学理工学部 正会員 原田守博
 名城大学理工学部 高木智之
 名城大学理工学部 奥山健介

1. はじめに

近年、名古屋市では夏季における気温が 30 を超える時間が約 2 倍に増加しており、郊外に比べて都心部の気温が高くなるヒートアイランド現象が問題となっている。この原因の 1 つとして、河川や池沼の埋め立てが挙げられている。これは、都市内の水面域が減少することによって蒸発に伴う潜熱が減少し、大気のコールド効果が弱まるために、結果として気温が上昇する、との考えに基づいている。しかし、水面域からの蒸発量とそれによる気温低下効果についての観測例は少なく、上記の考えを裏付けるデータは十分とはいえない。そこで本研究は、市内を流れる堀川を対象として水面蒸発量を実測するとともに、都市河川がもつ暑熱環境の緩和効果について考察したものである。

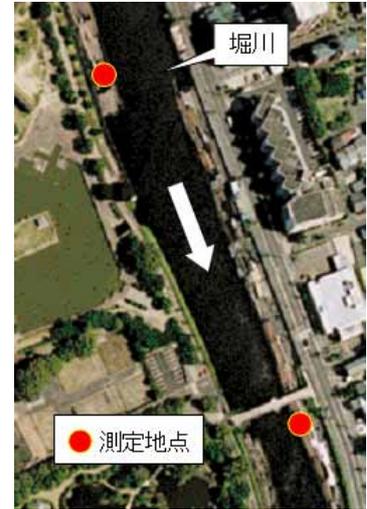


図-1 測定地点
(河口より 4.5 km 付近)

2. 堀川における水面蒸発量の測定方法

測定地点は図-1 に示すように、堀川中流域の御陵橋付近である。現地で行った測定の詳細を図-2 に示す。堀川は感潮河川であるため、潮汐により最大約 2m の水位変動が生じる。図-2 のように護岸から水面上に測定容器を浮かべ、一定時間毎に吊り上げて水量変化を電子天秤にて計測した。測定容器内の水温は河川水温と同じでなければならないので、予備実験を繰り返し、両者の値がほぼ一致するように容器を改良した。測定する蒸発量の精度をあげるため、測定容器 3 台で計測を行った。なお、水温測定には温度計測口ガー TR-71U ((株)T & D 製)を使用した。

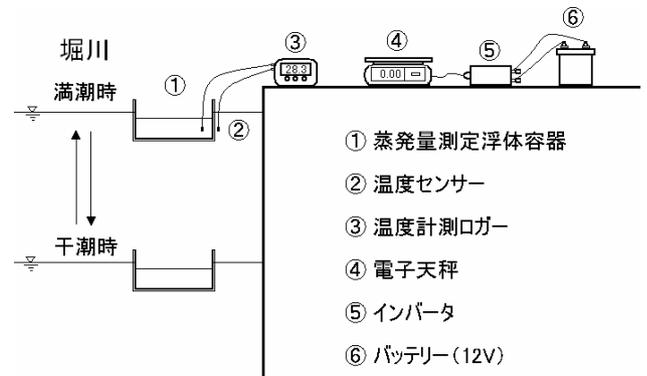


図-2 河岸における水面蒸発量の測定方法

3. 水面蒸発量の測定結果

測定地点の位置する堀川中流域では、河川は十分な川幅をもつが、朝夕には水面上に護岸による日影ができる。そこで、午前中は右岸、午後は左岸にて水面蒸発量の計測を行った。実測日は 2007 年 8 月 11, 21 日であり、正午を除き 1 日中晴天であった。測定結果の例を図-3, 4 に示す。図-3 は堀川の水温と測定容器内の水温の変化を比較したものである。15 時以降に少し差異がみられるが、他の時間帯では概ね一致していることがわかる。また、気温が上昇するにつれて、水温も緩やかであるが上昇していることがわかる。図-4 は 3 台の測定容器の水面蒸発量の変化を示したものである。3 台の測定値には若干のばらつきが生じているが、蒸発量の値は、河川水温の変動に合わせて、増加減少していることがわかる。

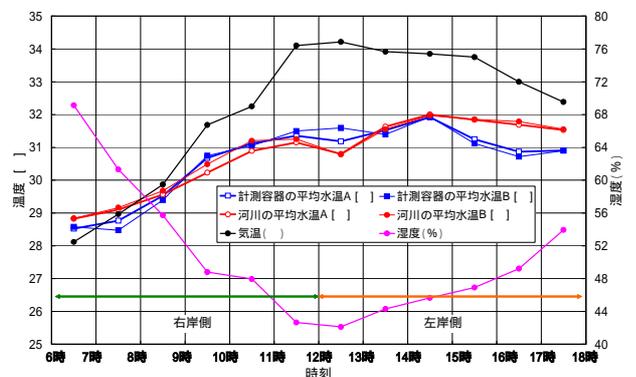


図-3 河川水温と容器内水温の比較
(測定日：2007 年 8 月 21 日)

4. 測定地点近傍における潜熱フラックスの推定

測定容器によって求めた蒸発量のデータをもとに、堀川中流域における蒸発による潜熱フラックスの算定を試みる。単位面積当たりの潜熱フラックス IE は次式で表わされる。

$$IE = l \cdot E \cdot \rho \quad (1)$$

ここに、 E ：蒸発量 [m/s]、 l ：水の気化熱 [J/kg]、 ρ ：水の密度 [kg/m³]である。上式から求めた IE の時間的変化を図-5に示す。潜熱フラックスは蒸発量の変化に支配されており、最大で 307[W/m²]、日中平均で 165[W/m²]である。

これらを用い堀川水面からの潜熱フラックスを評価する。評価の対象区域を川幅 50m × 流下方向 100mと設定すると、その面積に上述の IE を乗じることにより、測定地点近傍の堀川からの潜熱フラックスは、最大で 1.5×10^6 [W]、日中平均で 0.83×10^6 [W]と求まる。この数値は、一般的な家庭用エアコン（冷房 2.8kW）各々 400 台、200 台以上の排熱量を吸収する値に相当する。それでは、堀川全体の蒸発現象はどの程度の気温低下効果を生んでいるのだろうか？

5. 堀川全体における潜熱フラックスの試算

堀川全体がもつ暑熱環境の緩和効果の評価にあたり、河川水温がどのように分布しているかを把握しておく必要がある。そこで、遊覧船を利用して船上から水温の測定を行った。図-6に測定結果を示す。堀川の表層水温は 29 ~ 30 と安定しており、場所的な依存性は認められず、流下方向にほぼ様な水温分布であるといえる。

堀川全体の水面面積は 1.1×10^6 [m²] であるので、前述の数値をこれに乗じることにより、堀川全体の潜熱フラックスは日中平均で 1.6×10^{13} [J/day]となる。一方、堀川流域における人工排熱量は、名古屋市域の公表値から按分すると 5.1×10^{13} [J/day]となる。これらの熱量が堀川流域の気温をどれほど変化させているか、次式¹⁾を用いて試算してみる。

$$\Delta T = H / (c_p \cdot V_p + c_G \cdot V_G) \quad (2)$$

ここに、 ΔT ：日平均の温度変化量[K]、 H ：堀川流域における 1 日の人工排熱量および潜熱量 [J/day]、 c_p ：静止空気の容積比熱 [J/m³K]、 V_p ：流域上空の空気容積 [m³]、 c_G ：土壌の容積比熱 [J/m³K]、 V_G ：流域の土壌容積 [m³]である。人工排熱および潜熱の影響を受ける範囲²⁾を上空 1000 mから地下 0.5 mまでと仮定すると、上記の人工排熱による温度上昇量は約 1.0 と見積られる。一方、上記の潜熱による温度低下量は約 0.3 となる。このことから、堀川の存在は流域の暑熱環境の緩和に一定の役割を果していることがわかる。

6. おわりに

本研究では、堀川の水面蒸発量を実測し、潜熱フラックスを求めることにより、河川のもつ気温冷却効果の評価を試みた。その結果、都市河川の存在がヒートアイランド現象を緩和する一定の効果を持つことが示唆されたが、測定値や計算値の精度を高めるためにはさらに観測を行なう必要がある。

- 参考文献 1) アジア航測(株)：名古屋市・ヒートアイランドに関する基礎的調査業務報告書，p.105，1995。
2) 大和田道雄：伊勢湾岸の大気環境，名古屋大学出版会，p.117-121，1994。

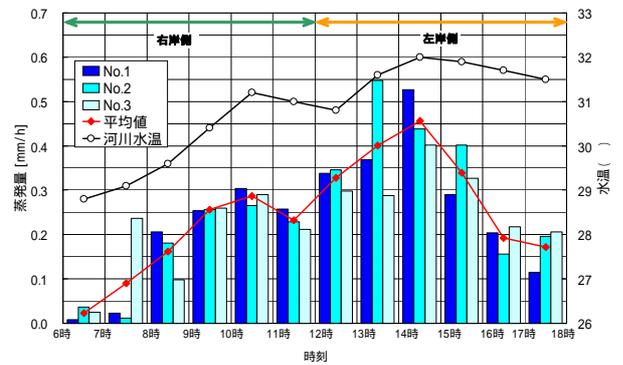


図-4 3台の測定容器による蒸発量の変化 (測定日：2007年8月21日)

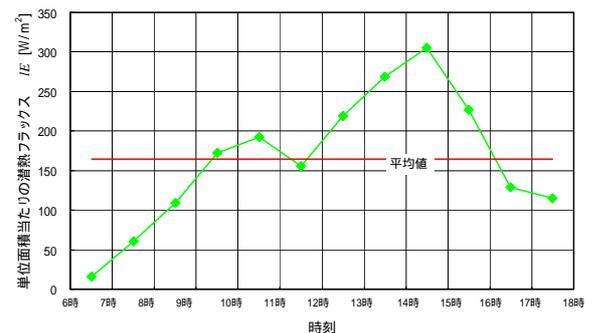


図-5 潜熱フラックスの算定結果

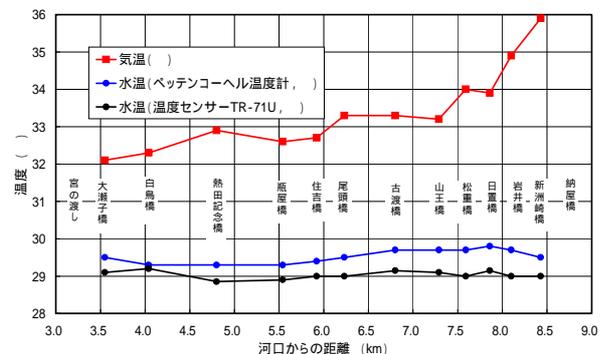


図-6 堀川中下流域における表層水温分布 (測定日：2007年8月12日)