

都市河川の公共財としての価値評価に関する考察  
ー堀川のヒートアイランド低減効果についてー

名古屋工業大学      学生会員    ○吉田    尚

名古屋工業大学      フェロー        和久昭正

1. はじめに

名古屋市を流れる堀川の再生へ向けた機運の高まりから、市民参加型会議が発足し、様々な意見が提案された。それをもとに、堀川の資産価値向上を目的として検討課題を整理した結果、環境価値の評価が難しいという課題が残った。

本研究は、堀川の環境価値の中でヒートアイランド低減効果に着目し、それを貨幣価値で評価することを検討したものである。

2. 堀川によるヒートアイランド低減効果の定量化

ヒートアイランド現象の主な要因の一つが、人工的な構造で覆った地表面である。そこで、堀川によるヒートアイランド低減効果を定量化するシナリオとして、堀川を暗渠化した場合を想定し、大気への熱負荷の変化を評価した。入力データは、名古屋気象台における2003~2005年の気象観測値の日平均値を用いた。

各熱輸送量の計算式を以下に示す。

$$Rn = H + IE + G \tag{2.1}$$

$$= (1 - ref)S^{\downarrow} - \varepsilon (\sigma T_s^4 - L^{\downarrow}) \tag{2.2}$$

$$H = c_p \rho C_H U (T_s - T) \tag{2.3}$$

$$IE = l \rho \beta C_H U (q_s - q) \tag{2.4}$$

$$G = \sum T_{si} \sqrt{i \omega c_G \rho_G \lambda_G} \cos \left( i \omega t - \phi_i + \frac{\pi}{4} \right) \tag{2.5}$$

ここに、 $Rn$ :正味放射量[W/m<sup>2</sup>],  $H$ :顕熱輸送量[W/m<sup>2</sup>],  $IE$ :潜熱輸送量[W/m<sup>2</sup>],  $G$ :貯熱量[W/m<sup>2</sup>],  $S^{\downarrow}$ :全天日射量[W/m<sup>2</sup>],  $L^{\downarrow}$ :下向き大気放射量[W/m<sup>2</sup>],  $ref$ :反射率,  $\sigma$ :ステファン・ボルツマン定数[=5.670×10<sup>-8</sup>W/m<sup>2</sup>/K<sup>4</sup>],  $\varepsilon$ :地表面の射出率,  $T$ :気温[°C],  $T_s$ :地表面温度[°C],  $c_p(c_G)$ :空気(地表面)の比熱[J/kg/K],  $\rho(\rho_G)$ :空気(地表面)の密度[kg/m<sup>3</sup>],  $C_H$ :ハルツマン係数,  $U$ :風速[m/s],  $l$ :気化熱[J/kg],  $\beta$ :蒸発効率,  $q_s$ : $T_s$ のときの空気の飽和比湿,  $q$ :比湿,  $\lambda_G$ :地表面の熱伝導率[W/m/K],  $i$ :波数,  $\omega$ :角速度[sec<sup>-1</sup>],  $T_{si}$ : $T_s$ の周期成分の振幅[°C],  $\phi_i$ : $T_s$ の周期成分の位相差[rad]

式(2.2)~(2.5)を式(2.1)に代入し、地表面温度  $T_s$  に関する非線形の方程式として解いた。

堀川は、水源の無い感潮河川という特徴があるため、水面の計算では以下を仮定した。

- ①流量が少なく、上げ潮時の逆流の流速が大きいため、日平均では移流による熱の輸送は無いものとする。
- ②流れの乱流による熱輸送は、熱伝導率を変化させることで、分子運動の活発化として再現する。

堀川の水面と暗渠化した地表面の熱収支特性値として、表－１に示す値を用いた。

表－１ 水面と暗渠化した地表面の熱収支特性値

|                                                      | 水面                   | 暗渠化                 |
|------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 反射率 $ref$                                            | 0.06~0.11            | 0.17~0.27           |
| 射出率 $\varepsilon$                                    | 0.96                 | 0.94                |
| 蒸発効率 $\beta$                                         | 1                    | 0.05                |
| 熱伝導率 $\lambda_G$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | 0.6~240              | 1.7                 |
| 熱容量 $c_G \rho_G$ [Jm <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup> ] | 4.18×10 <sup>6</sup> | 2.1×10 <sup>6</sup> |

計算結果の妥当性を評価するため、気温と水温の回帰直線を用いた。比較対象は、愛知県が港新橋で毎月行う水質調査の水温を用いた。統計期間は1999~2005年である。その結果、表－２に示すように、熱伝導率が200倍のときに観測値に近い回帰係数となった。

表－２ 計算結果と観測値の気温 - 水温の回帰係数

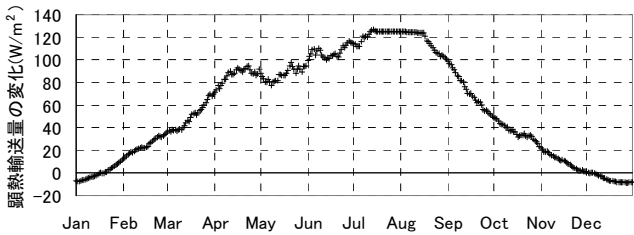
|                   | 回帰係数   | 切片    | 決定係数   | 回帰係数の99%信頼区間 |        |
|-------------------|--------|-------|--------|--------------|--------|
|                   |        |       |        | 下限           | 上限     |
| $\lambda_G$ 1 倍   | 1.038  | 2.542 | 0.9483 | 1.005        | 1.071  |
| $\lambda_G$ 100 倍 | 0.8414 | 6.189 | 0.8983 | 0.8030       | 0.8798 |
| $\lambda_G$ 200 倍 | 0.7667 | 7.484 | 0.8464 | 0.7224       | 0.8110 |
| $\lambda_G$ 400 倍 | 0.6774 | 8.980 | 0.7572 | 0.6253       | 0.7295 |
| 港新橋               | 0.7534 | 7.971 | 0.9427 | 0.7080       | 0.7988 |

従って、熱伝導率が200倍の時の計算結果を堀川の

キーワード 堀川, 都市河川, 環境評価, ヒートアイランド, 熱環境

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL/FAX 052(735)7983

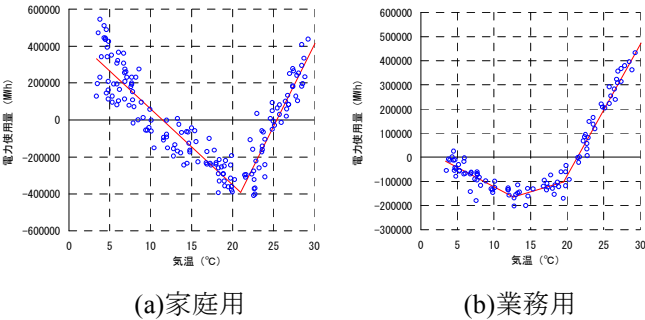
水面として考え、暗渠化した地表面の計算結果と比較して、熱負荷の変化を計算すると、図－1のようになった。熱負荷は夏に最も増え、年平均で 59W/m<sup>2</sup> 増加した。



図－1 暗渠化したときの顕熱輸送量の変化

3. 気温と電力消費の関係

気温の変化は空調の利用に影響を及ぼすため、気温と民生の電力消費の間には相関関係がある。月別の電力統計値がトレンド(3 次曲線近似)と気温による変動に分けられると仮定すると、気温とトレンドを除去した電力消費の関係は図－2のような折れ線の回帰直線で表せる。表－3にその回帰係数を示す。



図－2 気温と民生の電力消費の関係

表－3 気温と民生の電力消費の関係

|             |      | 折れ曲がり点<br>[°C] | 回帰係数<br>[MWh/°C] | 決定<br>係数 |
|-------------|------|----------------|------------------|----------|
| 家<br>庭      | 冷房期間 | 21.0           | 88,667           | 0.897    |
|             | 暖房期間 | 21.0           | -41,802          | 0.837    |
| 業<br>務<br>用 | 冷房期間 | 19.5           | 54,319           | 0.951    |
|             | 暖房期間 | 12.7           | -16,030          | 0.644    |
|             | 中立期間 | 12.7, 19.5     | 9,335            | 0.446    |

4. 貨幣価値による評価

評価モデルとして、堀川によるヒートアイランド低減効果が、中部電力名古屋支店の管轄内で、高度 1000m まで一様に及ぶと仮定する。このとき、顕熱輸送量とその空間の大気に与える温度変化は、次式で表せる。

$$\Delta T = H \cdot A_H \cdot t / (c_p \cdot \rho \cdot h \cdot A_N) \tag{4.1}$$

ここに、

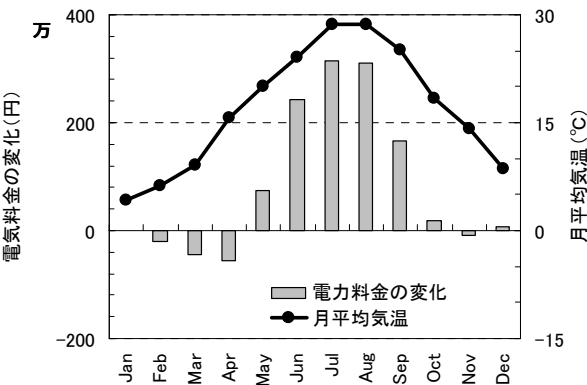
$\Delta T$  : 気温の変化量[°C],  $A_H$ :堀川の面積[880,000m<sup>2</sup>] ,  
 $A_N$ :中部電力名古屋支店の管轄面積[1,682,000,000m<sup>2</sup>] ,  
 $t$ :1 日の秒数[86,400sec],  $h$ :混合層高さ[1,000m]

また、表－3の気温と電力消費の関係をもとに、電気料金の気温に対する変化をまとめると、表－4のようである。

式(4.1)の  $H$  に図－2で示した顕熱輸送量の変化量を入力することで気温の変化量を求め、これと表－4に示す値の積をとることで、堀川を暗渠化したときの電気料金の変化が図－3のように求められる。その結果、年間 993 万円の電気料金が増えることがわかった。

表－4 電気料金の気温に対する感応度

|    | 電気料金の気温に対する感応度 [円/°C/日] |                   |                 |            |
|----|-------------------------|-------------------|-----------------|------------|
|    | $T < 12.7$              | $12.7 < T < 19.5$ | $19.5 < T < 21$ | $21 < T$   |
| 家庭 | -7,061,024              | -7,061,024        | -7,061,024      | 14,977,270 |
| 業務 | -1,612,340              | 938,965           | 5,463,537       | 5,463,537  |
| 合計 | -8,673,364              | -6,122,059        | -1,597,487      | 20,440,807 |



図－3 暗渠化した場合の毎月の電気料金の変化

5. 結論

本研究で明らかになった知見を以下に記す。

- 1) 堀川を暗渠化した場合、1 年のほとんどの期間で熱負荷が高くなり、夏季に最大となる。
- 2) 水面を失った場合、年間で約 1000 万円の損失となる。

将来的には他の様々な環境価値を評価し、総合的な原単位を定めて堀川の価値を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 近藤純正：水環境の気象学，朝倉書店，1994
- 2) 鳴海大典，下田吉之，水野稔：気温変化が地域の電力消費に及ぼす影響，エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集，No.21，2005