

1. はじめに

堀川再生への機運の高まりから、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、堀川的环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を以下に示す。

- ①自動車や工場の燃料消費などによる人工排熱
- ②緑地・水面の減少に伴う蒸発による熱輸送量の減少
- ③コンクリート・アスファルトなどの貯熱作用
- ④都市の高層化による風速の低下、等

これらの要因の中で、②と③は地表面を人工的な構造で覆った結果である。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、コンクリートでの暗渠化を想定し、大気への熱負荷の変化を定量化した。具体的には、名古屋气象台における2003~2005年の気象観測値の日平均値を用いて、水面とコンクリート地表面の熱収支量を計算し、その年変化を求めた。熱収支量とは、図-1に示すように、太陽から地表に届いたエネルギーが、どのような過程で輸送されるのかを示すものである。

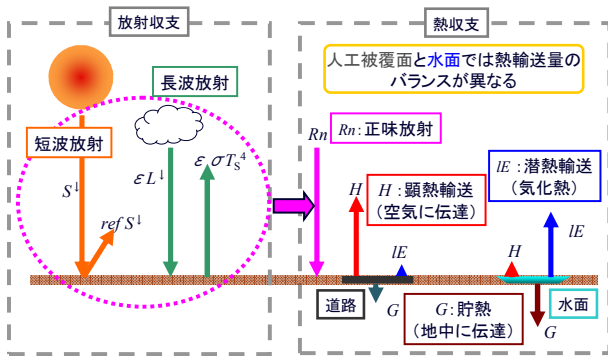


図-1 地表面の放射収支と熱収支

各熱輸送量の計算式を以下に示す。

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

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

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

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

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

ここに、

R_n :正味放射量[W/m²], H :顕熱輸送量[W/m²], IE :潜熱輸送量[W/m²], G :貯熱量[W/m²], S^{\downarrow} :全天日射量[W/m²], L^{\downarrow} :下向き大気放射量[W/m²], ref :反射率, σ : Stefan-Boltzmann定数[=5.670×10⁻⁸W/m²/K⁴], ε :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/m³], C_H :バッル係数, U :風速[m/s], l :気化熱[J/kg], β :蒸発効率, q_s : T_s のときの空気の飽和比湿, q :比湿, λ_G :地表面の熱伝導率[W/m/K], i :波数, ω :角速度[sec⁻¹], T_{si} : T_s の周期成分の振幅[°C], ϕ_i : T_s の周期成分の位相差[rad]

式(2.2)~(2.5)の中で、気象観測値から求められない未知数は、地表面温度 T_s と、その周期関数近似の係数である T_{si} 及び位相差 ϕ_i のみである。したがって、式(2.1)に式(2.2)~(2.5)を代入することで、 T_s に関する非線形の方程式となるため、これを数値計算で解くことで各熱輸送量を計算する。

また、水源の無い感潮河川という堀川の特徴を再現するため、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。

尚、熱伝導率は静止した水の400倍まで変化させた。水面とコンクリート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 水面とコンクリートの熱収支特性値

	水面	コンクリート
反射率 ref	0.06~0.11	0.17~0.27
射出率 ε	0.96	0.94
蒸発効率 β	1	0.05
熱伝導率 λ_G	0.6~240	1.7
熱容量 $c_G \rho_G$	4.18×10 ⁶	2.1×10 ⁶

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っている水質調査の際に計測されている水温を用いた。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。

したがって、熱伝導率が200倍の時の計算結果を堀川の水面として考え、コンクリート地表面の計算結果

と比較して、熱負荷の変化を計算すると、図-2のようになった。熱負荷は夏に最も増え、年平均で59W/m²増加した。

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
λ_G 1倍	1.038	2.542	0.9483	1.005	1.071
λ_G 100倍	0.8414	6.189	0.8983	0.8030	0.8798
λ_G 200倍	0.7667	7.484	0.8464	0.7224	0.8110
λ_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

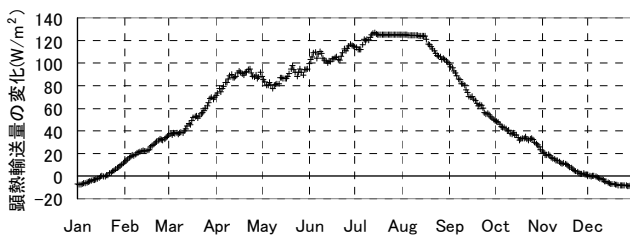
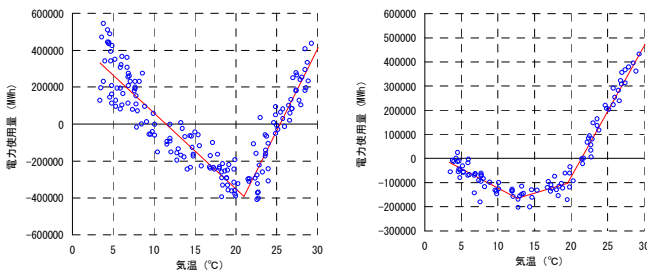


図-2 暗渠化したときの顕熱輸送量の変化

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-3のような折れ線の回帰直線で表せる。折れ線となるのは、冷房と暖房の需要が切り替わるためである。表-3にその回帰係数を示す。



(a)家庭用

(b)業務用

図-3 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 [°C]	回帰係数 [MWh/°C]	決定係数
家庭	冷房期間	21.0	88,667	0.897
	暖房期間	21.0	-41,802	0.837
業務用	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、顕熱輸送量がその空間の大気に与える温度変化は、次式で表せる。

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

ここに、

ΔT : 気温の変化量[°C], A_H : 堀川の面積[880,000m²], A_N : 中部電力名古屋支店の管轄面積[1,682,000,000m²], 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-4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

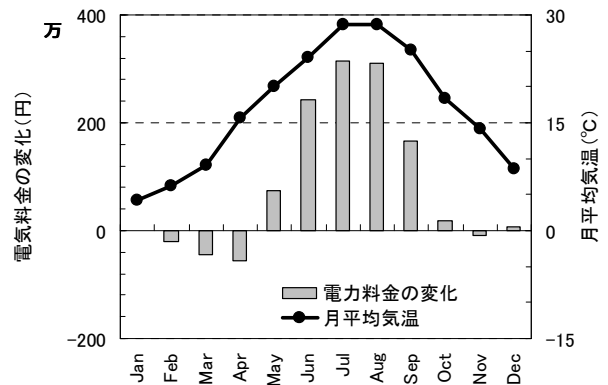


図-4 堀川を暗渠化したときの電気料金の変化

5. まとめと今後の課題

1) 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堀川を失った場合、年間で約1000万円の損失となる。

2) 今後の課題を以下に記す。

①モデルの整合性の確認と改善

②水温の観測による信頼性の向上

③他のエネルギー消費に及ぼす影響の考慮

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。