

II-546

緑被率の増加による都市化の軽減が気候緩和に及ぼす影響 —濃尾平野を対象としたモデルによる解析—

豊橋技術科学大学 学生員 米津 千晴

豊橋技術科学大学 正員 北田 敏廣

(はじめに) 濃尾平野を対象とした昨年までの研究により、10年間(1975-1985)に生じた都市化の進展が、暖候期の気圧傾度が緩やかな高気圧支配の下、日最高気温の増加と最高気温域の名古屋都心部から内陸部への移動をもたらしたと、海風による熱輸送がそれに寄与すること等を明らかにした。さらに、本研究は、よりよい地域の熱環境創造のための土地利用計画のあり方を調べる一環として、都市域の緑被率の増加が、地域規模の気温分布にどう影響するかの感度解析を行ったものである。

(熱輸送モデル) モデルは、昨年と同様に、流れ場の日変化を観測風の客観解析で与え、熱輸送方程式のみを数値的に解くものである。地表改変に基づく熱源分布の変化が、流れ場そのものを変えていることは当然想像できるが、地域規模の海陸風の日変化傾向等は、海陸の分布、山岳の分布等の地形的なものでほぼ決まるように見受けられる(1975-1985年のデータ解析より)ので、本報のような扱いも第一近似としては許されると考えられる。土地利用形態が、大気に対して与える熱的效果は、地表面での熱流束のバランス式により与えた。これも昨年と同様であるが、以下にその式を示す。

$$K^*(1-\alpha)+(1.2\sigma T_{10}^4-171)+Q_A-\varepsilon\sigma T_s^4+\rho c c_g K_g \frac{\Delta T_g}{\Delta Z_g}+(1+\frac{1}{\beta})\rho c_p K_T \frac{\Delta T_a}{\Delta Z_a}=0 \quad (1)$$

ここに、 K^* は地表に入射する短波放射束、 α は短波に対する地表面の反射率(albedo)、 σ はStephan-Boltzman定数($=5.7 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)、 T_{10} 、 T_s は、それぞれ、高度10mおよび地表(粗度長さ z_0 の高さ)での気温(K)、 ε は地表の長波放射率、 Q_A は人工排熱強度、 β はBowen比、 $C_g \rho_g$ は単位体積当たりの土の熱容量($=1.68 \times 10^6 \text{ Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$ と仮定)、 K_g は土の熱拡散係数($=4 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ と仮定)、 C_p は空気の定圧比熱、 K_T は大気の渦熱拡散係数、 ρ は空気の密度、 $\Delta T_g = T_g - T_s$ 、 T_g は土中の温度(深さ1mで、288Kと仮定)、 $\Delta T_a = T_{10} - T_s$ (K)、 $\Delta Z_g = 1$ (m)、 $\Delta Z_a = 10 - z_0$ (m)を表す。なお、式(1)の第2項は大気からの長波放射を表す経験式(Swinbank, 1963)、第4項は地表面からの長波放射流束、第5項は土中への熱拡散流束、第6項は大気中への顕熱と潜熱の渦拡散流束を示す。ボーエン比 β は、潜熱流束に対する顕熱流束の比である。さらに、式(1)における K_T は、接地層に対するBusinger-Dyer-Pandolfoの普遍関数を用いて推定した。すなわち： $K_T = \kappa U_* Z / \phi_n$; $\phi_n = \phi_m = 1 + 5(Z/L)$, $Z/L = Ri/(1 - 5 Ri)$: 安定成層、 $\phi_n = \phi_m^2 = [1 - 16(Z/L)]^{-1/2}$, $Z/L = Ri$: 不安定成層、Gradient Richardson数 $Ri = g(\Delta T/\Delta Z)/[T(\Delta U/\Delta Z)^2]$ 、 $U_* = \kappa Z(\Delta U/\Delta Z)/\phi_m$ 、である。

(都市の緑被率が地域気温に与える影響) 土地利用が変われば地表の熱的な応答の仕方が変わって、局所的にはもちろん地域的にも気温が影響を受ける。都市の緑被率を上げるとは、地域の最高気温の軽減に寄与をするはずであり、いくつかのシナリオを考えこのことを定量的に明らかにすることを試みた。地表面の熱的性質は、表1のように、式(1)中の α 、 β 、 ε 、 z_0 で表されるものとした。各シナリオでは、1985年の土地利用(図1)を基本にして、これから各々の都市域メッシュの緑被率(森林あるいは草地)を変化させ、表1の基本パラメーター値に対して面積率による重み付き平均をすることにより当該メッシュの値とした(ただし、粗度長は、いずれの場合ももとの都市域値を用いている)。なお、用いた流れ場は、1985年5月12日のものである。以下に、各シナリオを示す。

Case 1: 都市→都市(基本ケース: 図1); Case 2: 都市 → 都市x 0.5 + 草地x 0.5

Case 3: 都市→都市x 0.5 + 森林x 0.5; Case 4: 都市→都市x (2/3) + 森林x (1/3)

それぞれのケースについて、もっとも重要なパラメーターであるボーエン比 β は、次のようになる: Case 1

: $\beta = 3.0$; Case 2: $\beta = 2.25$; Case 3: $\beta = 1.75$; Case 4: $\beta = 2.17$

(結果と考察) 図2a, b, cに、Case 2~4について、都市の緑化によって、基本ケース(Case 1)から日最高気温がどの程度下がったかを示す。横軸には、各観測点の海からの距離(格子点数; 1格子長がほぼ1 kmであるから、概略、kmによる距離を示すと考えて良い)をとっている。図より、(1)Case 3の気温減少がもっとも大きいこと、(2)減少は最高で約 2°C であること、(3)内陸の観測点ほど減少の度合いが大きいことなどが分かる。3番目の論点は、再び、海風による熱輸送が気温のバックグラウンドとして重要であることを示している。すなわち、沿岸都市部の緑化を進めることが、内陸の気候緩和にもつながることを示唆する。図中、距離25 および 32 の場所に気温の下がり方が極めて鈍い点があるが、これは、それぞれ、稲沢(図1の⑨)および一宮(同じく⑧)に対応する。図1より読み取れるように、両地点とも、都市化域よりはむしろ、水田や木曽川の川筋に沿って吹き込んできた海風に影響される傾向があり、このことが都市域の緑化によってあまり気温が変わらない原因となっていると考えられる。

図3に、都市域のポーエン比に対する日最高気温の変化を示す。図の横軸の右端より、それぞれ、ケース1、2、3、4に対応する。各地点とも気温の減少は見られるが、下がり方は一様ではなく、海風が都市化域を通過して到達する最も内陸の地点(小牧、江南、犬山)で下がり方が最大、海に近い半田や、先述のように、到達する海風が都市域をあまり通過しない稲沢、刈谷などで気温の下がり方が小さい傾向がある。

(おわりに) 都市の緑被率、を上げることによって、地域規模の気温分布にどのような変化があるかを調べた。その結果、(1)緑被率を上げるとは日最高気温を下げることに効果がある。その効果は領域内のどこでも同じと言う訳ではなく、観測点に到達する流れの道筋の風上側で行われるとより効果的である(図3)。(2)その意味で内陸郊外の高温化を緩和しようとするれば、沿岸部の都市域での、このような配慮が必要である。(3)気候緩和のためのこのような対策は、局所的では効果がなく、あまり意味がない。広範な地域規模で行われて初めて意味あるものとなる。

本報告は、暖候期について一例を示したものであるが、今後さらに研究例を増やしてゆくことが必要であろう。気候緩和のための土地利用法としては、オープンな水路、人工池などの環境水面の導入も考えられよう。また、本研究は主として都市化による熱輸送に対する影響だけに焦点を絞るになったが、流れ場に対する影響を含めて、ダイナミックな乱流モデルを伴ったメソスケール気象モデルによる解析も、より精度の高い推定のためには必要となる。

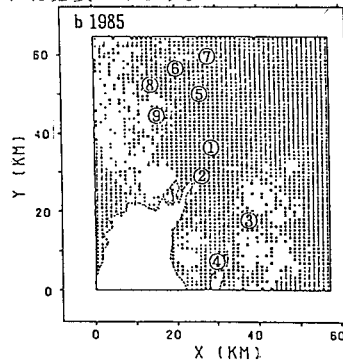


Fig. 1 Distribution of land-use-type in Nobhi plain, Central Japan in 1985. The land-use-types are expressed as: (*) : urban area, (I) : forest, (-) : grass land, () : water surface (including rice paddy field). The numbers ① through ⑨ denote some of the observation points where wind and temperature data are collected: ① Showa-ku ② Minami-ku ③ Kariya ④ Handa ⑤ Komaki ⑥ Konan ⑦ Inuyama ⑧ Ichinomiya ⑨ Inazawa

	α	β	ϵ	$z_0(\text{m})$
Water surface	0.20	0.2	0.97	0.001
Forest	0.20	0.5	0.97	1.00
Grass land	0.20	1.5	0.97	0.10
Urban area	0.15	3.0	0.90	1.00

Table 1 Surface parameter; α : albedo, β : Bowen's ratio, ϵ : emissivity, z_0 : roughness length

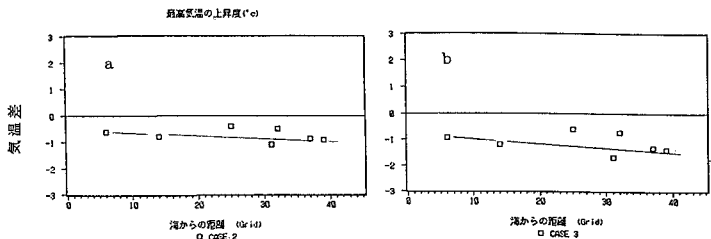


図2 最高気温の上昇度

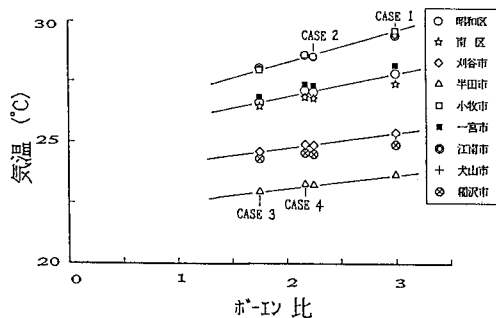


図3 ポーエン比に対する日最高気温の変化