

CFD による建物表面緑化の屋外環境緩和効果の検討

Study on effect of the building surface planting on outdoor thermal environment by CFD simulation

陳 宏,	東京大,	〒153-8505	東京都目黒区駒場 4-6-1,	E-mail: chen hong@iis.u-tokyo.ac.jp
大岡龍三,	東大生研,	〒153-8505	東京都目黒区駒場 4-6-1,	E-mail: ooka@iis.u-tokyo.ac.jp
原山和也,	東京大,	〒153-8505	東京都目黒区駒場 4-6-1,	E-mail: harayama@iis.u-tokyo.ac.jp
村上周三,	慶應大,	〒223-8522	横浜市港北区日吉 3-14-1,	E-mail: murakami@sd.keio.ac.jp
吉田伸治,	福井大,	〒910-8507	福井市文京 3-9-1,	E-mail: y-shinji@anc.anc-d.fukui-u.ac.jp
Hong CHEN,	University of Tokyo,		4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo.	
Ryozo OOKA,	I.I.S., University of Tokyo,		4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo.	
Kazuya HARAYAMA,	University of Tokyo,		4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo.	
Shuzo MURAKAMI,	Keio University,		3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-city.	
Shinji YOSHIDA,	Fukui University,		3-9-1 Bunkyo, Fukui-city.	

Effects of the building surface planting on outdoor thermal environment are analyzed by CFD simulation. In this paper, three cases of different building surface are analyzed. In case1, all surfaces of building are covered with concrete, and in case2, these are planted. While, only the roof is planted in case3. By comparing the computation results, relief effect of the building surface planting on outdoor thermal environment is considered.

1. はじめに

近年、大都市ではヒートアイランド現象の進行と共に、屋外温熱環境が急速に悪化している。この屋外温熱環境を緩和するための種々な対策のひとつに屋上緑化や壁面緑化等の建物緑化による土地被覆部分からの潜熱蒸発の促進が注目されている。最近では、各種自治体も、ヒートアイランド防止を名目に屋上緑化を推進し、都市域の緑被面積の拡大を図っている例もある。しかし、都市温熱環境をミクログで捉えた場合、屋上緑化や壁面緑化がどの程度街路歩行者に対して寄与するのか把握した例は殆どない。

本研究は CFD を基本とした連成数値解析による評価手法^{文1)2)}を用いて、建物外壁の緑化が屋外空間の温熱快適性に及ぼす影響を検討する。

2. 解析概要

2.1 街区モデル (Fig.1)

Fig.1 に示す均等街区モデルを対象とする。この街区形状は低層密集型街区として東京都墨田区の街区データを基に作成した^{文3)}。1つの建物は1辺9mの立方体である。

2.2 計算ケース (Table 1, 2)

本研究における計算ケースを table 1 に示す。case1 は建物外表面が全てコンクリート面であるケース (基本ケース)、case2 は建物外表面を全て表面緑化したケース、case3 は屋上面のみ緑化したケースの計3ケースである。建物外表面に用いた各被覆面のアルベド、長波放射率、蒸発効率の値を table 2 に示す。

2.3 気象条件

東京の7月23日午後3時を対象とする。太陽高度は45.1°、風向は南、風速は高さ74.6mにおいて3.0m/s、外気温、相対湿度はそれぞれ31.6%、58%と想定した。また、水平方向は周期境界条件を使用しており、建物外壁、地表面から流入する熱、水蒸気は全て上空境界より流出する。

2.4 乱流モデル

通常の標準型 k-ε モデルに対して乱流熱フラックスの評価は Launder の提案する WET モデルの導入^{文4)}、建

物風上側の乱流エネルギーの過大生産を抑制する改良 Launder-Kato モデル^{文5)}の組み込みの2つの修正を施した改良モデルを使用した。

2.5 計算手法

まず、モンテカルロ法に基づく放射計算を実行する。次に放射計算より得られた壁体表面や地表面の温度分布などを境界条件として CFD 計算を行う。これらより街区内の風向、風速、気温、放射、相対湿度の空間分布を求め、代表的な温熱環境評価指標である新標準有効温度 SET^{*}^{文6)}を算出する^{文1)2)}。ここで、建物壁体の熱伝導率は、建物壁体の熱コンダクタンス 5.8W/m²K (これはコンクリー

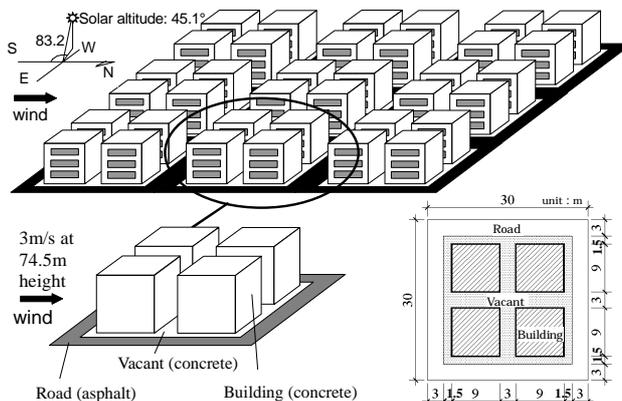


Fig.1 Building model (case1)

Table1. Computational case

case1	case2	case3
建物外表面が全てコンクリート面	建物外表面を全て表面緑化	屋上のみ表面緑化

Table2. Surface parameter

	アルベド	長波放射吸収率	蒸発効率
コンクリート	0.20	0.90	0.00
表面緑化	0.20	0.90	0.30
アスファルト	0.10	0.95	0.00

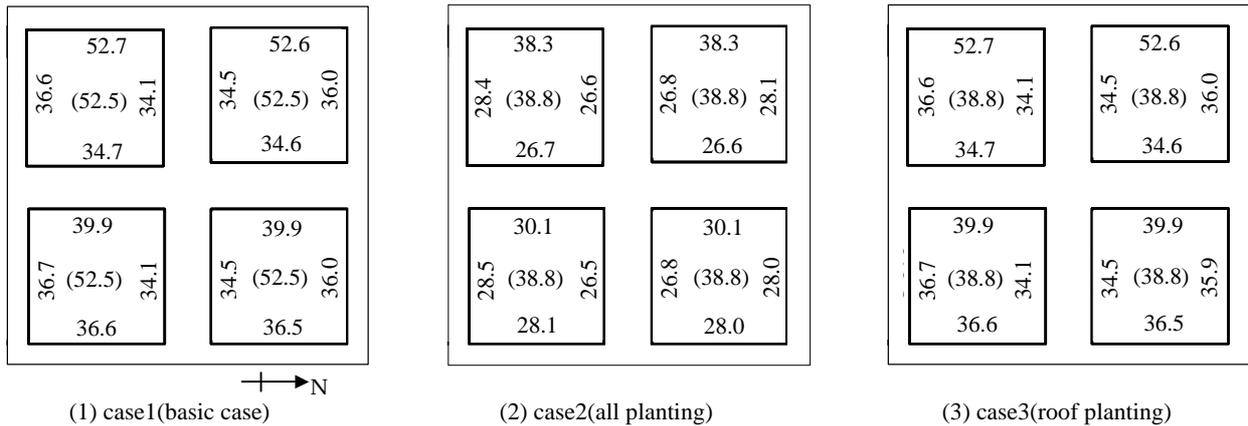


Fig 2 Building outside surface temperature
(括弧内の値は屋上面の平均温度) []

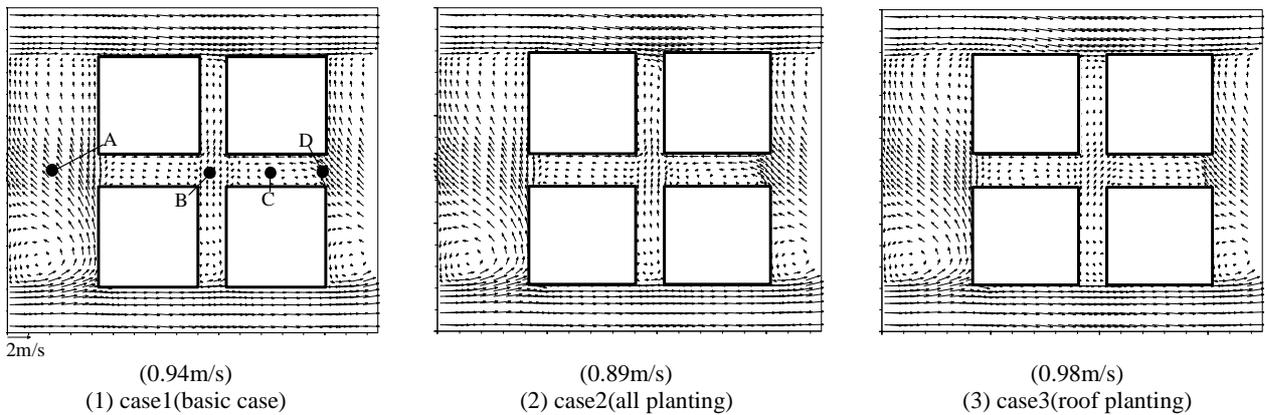


Fig 3 Horizontal distribution of wind velocity vectors (at 1.5m height)
(括弧内の値はスカラー風速の面内平均値)

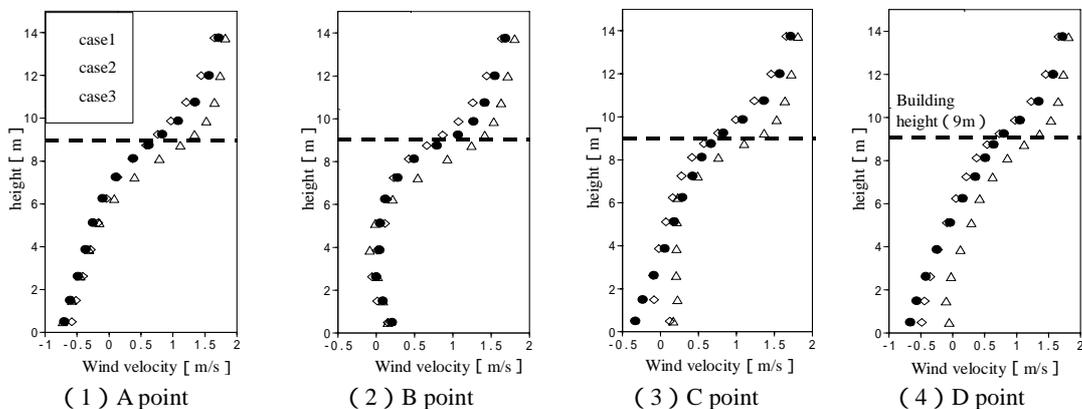


Fig 4 Vertical distribution of wind velocity mainstream direction ingredient

ト厚 280mm の壁に相当) 室温 26、室内側壁面の対流熱伝達率 $4.6\text{W/m}^2\text{K}$ と仮定した。また、地中の熱伝導率は、地中の熱伝導率 1.16W/mK 、地中 0.5m の温度を 26 と仮定し計算した。又、建物外壁、並びに地表付近における対流熱伝達率は $11.6\text{W/m}^2\text{K}$ 一定とした。

3. 解析結果

3.1 建物外壁面温度 (Fig. 2)

建物外表面温度の各面毎の平均値を Fig. 2 に示す。建物外表面全て表面緑化を想定した case2 は、case1 (基本ケース) に比べ、屋上表面で 14 程度、側壁面で 8~15 程度の表面温度の低下が生じる。屋上表面のみ緑化を想定した case3 は、case1 に比べ、屋上表面において 14 程度低下す

る、また側壁面において違いは殆ど見られない。

3.2 風速分布 (Fig. 3,4)

Fig. 3 に高さ 1.5m における風速ベクトルの水平分布を示す。各ケースとも流れ場全体の傾向として大きな違いは見られない。スカラー風速の面内平均値においても、case2 (全面緑化) は case1 より 0.05m/s 風速が低下し、case3 (屋上緑化) は逆に case1 より 0.04m/s 風速が増加する。また、Fig. 4 に代表点 4 点(A~D、Fig. 3 (1)参照)における風速の主流方向成分の鉛直分布を示す。case2()は case1 ()に対して、建物屋上より上方において風速の増加が見られる。case3()は case1 と概ね同様な値となるものの、建物群の隙間の C 点、D 点の地表近くにおいて、風

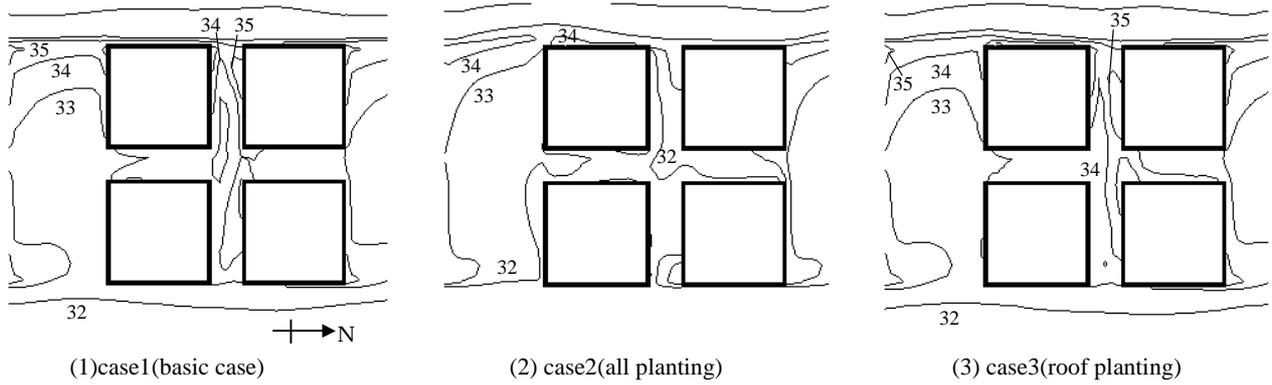


Fig 5 Horizontal distribution of air temperature (at 1.5m height)

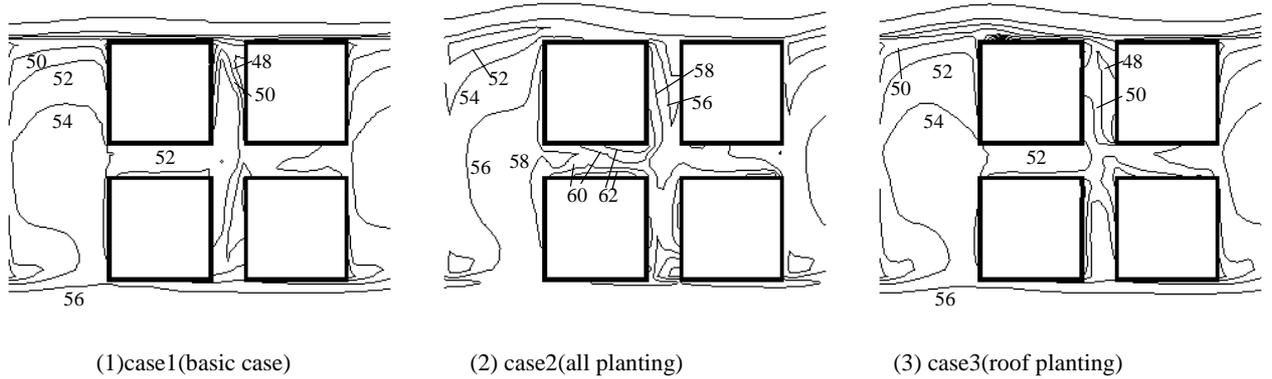


Fig 6 Horizontal distribution of relative humidity (at 1.5m height)

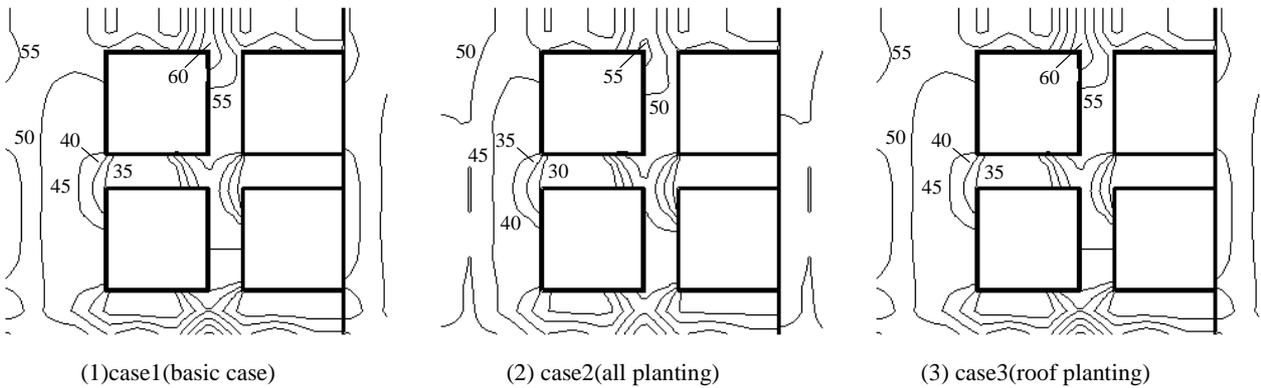


Fig 7 Horizontal distribution of MRT (at 1.5m height)

速の絶対値が増加しており、キャニオン空間内の循環流が増加していることがわかる。これは屋上緑化により屋上付近の気温が低下し、地表付近と屋上付近の気温差が大きくなったことにより、地表と屋上との循環流が促進されたためと考えられる。

3.3 気温分布 (Fig. 5)

Fig. 5 に図 3 と同じ表示断面における気温の水平分布を示す。case2 は case1 に比べ、領域全般にわたり 1~4 気温が低下しており、緑化による建物壁面温度の低下の影響が大きいことがわかる。一方、case3 では、case1 に対して、多くの領域では差が見られないが、建物群の隙間において、1~2 の気温上昇が見られる。これは、case3 において建物群の隙間に入り込む風が増加したため(Fig. 4)、街路の日照部で暖められた空気が隙間に流入しやすくなったためと考えられる。

3.4 相対湿度分布(Fig. 6)

Fig. 6 に高さ 1.5m における相対湿度の水平分布を示す。case2 は case1 に比べ、領域全般にわたり、2~10%相対湿度が高い。case3 は、case1 と大きな差が見られないが、建物群の隙間において、気温の上昇に伴う相対湿度の低下が見られる。

3.5 MRT 分布(Fig. 7)

Fig. 7 に高さ 1.5m における MRT の水平分布を示す。case2 では、壁面緑化に伴う表面温度の低下により、case1 に比べ全般的に 5~10、局所的には最大 15 程度 MRT が低下する。また、case3 は屋上以外の建物表面や地表面の温度分布に差がないため、case1 と case3 では歩行者レベルの MRT は殆ど変わらない。

3.6 SET* 分布(Fig. 8,9)

Fig. 8 に高さ 1.5m における SET*の水平分布、Fig. 9 に緑化による SET*の変化を示す。ここで、Fig. 9(1)は建物壁

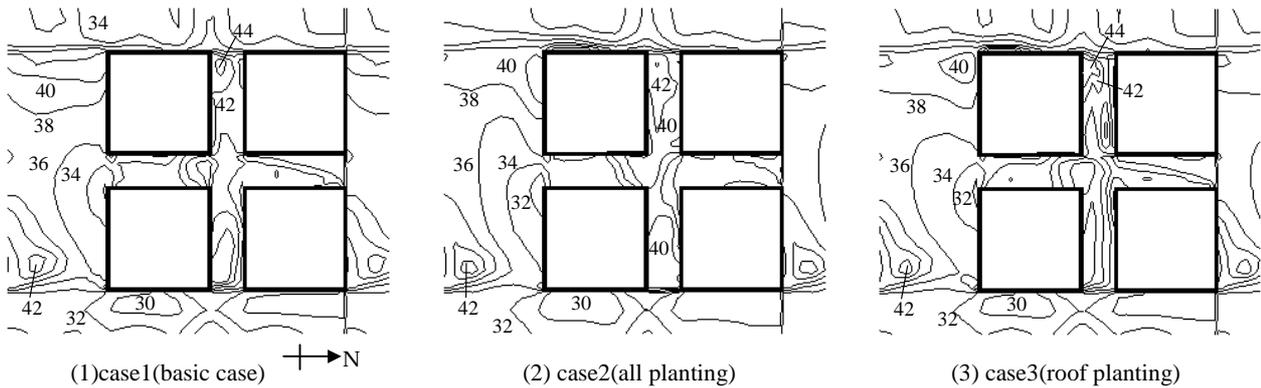
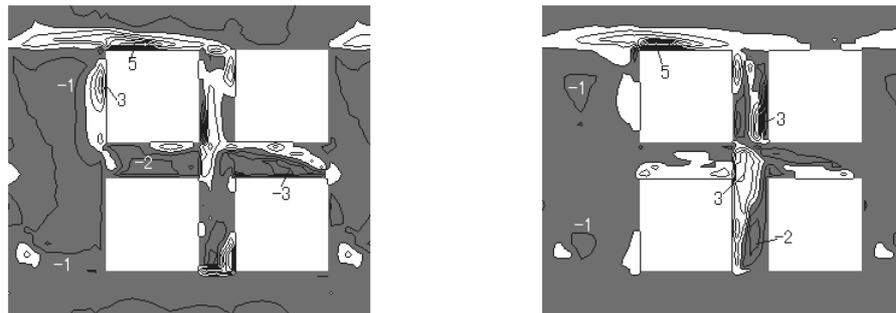


Fig 8 Horizontal distribution of SET* (at 1.5m height)



(1) Increase and decrease of SET* by all planting (case2-case1)

(2) Increase and decrease of by roof planting (case3-case1)

Fig 9 Increase and decrease of SET*

(図中の灰色の領域は SET* が低下し、夏の温熱環境が改善された領域を表す)

面全て緑化した場合の効果 (case2-case1) を、Fig. 9(2)は屋上緑化による効果 (case3-case1) を表している。また、図中の灰色の領域は緑化に伴い SET*が低下し、夏季の温熱環境が改善された領域である。case2、case3、共に、建物群内及びその近傍で局所的には SET*が上昇し、夏季の屋外環境が悪化するものの、殆どの領域では SET*が低下しており、夏季の屋外環境が改善されていることがわかる。ただし、case2 と case3 の両ケースにおいて、SET*が低下した原因については、case2 では気温と建物表面温度が低下し、case3 では風速が増加したという 2 つの異なったメカニズムによるものと推察される。

4. まとめ

- (1) 建物外壁の緑化の違いに伴う 3 つのケースについて屋外温熱環境の緩和効果を検討した。
- (2) 建物外表面が全てコンクリート面の case1 に対して、外表面を全て緑化した case2 は風速低下、気温低下、相対湿度の上昇が見られた。また、屋上緑化の case3 は case1 に対して風速増加、気温上昇、相対湿度の低下が示された。
- (3) SET*を算出すると、case1 に対して case2、case3 はそれぞれ 1~2 、0.5~1 低下する結果となった。

参考文献

- (1) 吉田、村上、持田、大岡、富永、金、対流・放射・湿気輸送を連成した屋外環境解析に基づく緑化の効果の分析、日本建築学会計画系論文集 第 529 号、77-84、2000.3
- (2) 吉田、大岡、持田他、樹木モデルを組み込んだ対流・放射・湿気輸送連成解析による樹木の屋外温熱環境緩和効果の検討、日本建築学会計画系論文集 第 536 号、87-94、2000.10.
- (3) 東京の土地利用、平成 8 年東京都区部、東京都、1993.
- (4) B.E.Launder, On the computational of convective heat transfer in complex turbulent flows, Trans. ASME, Journal of Heat Transfer, Vol.110, 1112-1128, 1998.
- (5) B.E.Launder, M.Kato, Modelling flow-induced oscillations in turbulent flow around a square cylinder, ASME Fluid Eng.Conference, 157, Unsteady Flows, 189-200,1993.6.
- (6) A.P.Gagge, J.A.J. Stolwijk, Y. Nishi, A Standard Predictive index of human respons to the thermal environment, AHSRAE Transactions, 92(1), 709-731, 1986