

WBGT を指標とした人工被覆改善によるストリートキャニオン内熱環境緩和効果の検証

法政大学 デザイン工学部 学生員 ○久野龍介
 法政大学大学院 デザイン工学研究科 学生員 木下孝介
 法政大学 デザイン工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

近年、都市部におけるヒートアイランド現象が大きな問題となっており、特に、ストリートキャニオンと呼ばれるビルに囲まれた街路空間で熱環境の悪化が顕著となっている。このヒートアイランド現象に対しては、様々な対策が講じられているが、その中でも、都市を覆う人工被覆を熱環境緩和効果を持つ被覆に置き換えるという人工被覆改善は、直接的に都市の熱環境を改善できる有効な手段であると考えられる。

しかし、人工被覆改善による熱環境緩和効果が各種条件下でどのように変化するかは明確に定量化されておらず、現状では実用に供することは困難である。そこで、本研究は、ストリートキャニオン内の熱環境を定量化し、人工被覆改善による熱環境緩和効果を条件別に検証した。

2. 定量化手法

定量化は、2次元のストリートキャニオンを仮定して、放射解析、熱収支解析、数値流体解析(CFD)、WBGT 算定の順に行った。まず、放射解析では、全天日射量 $S^{\downarrow}$ をキャニオン内の多重反射を考慮できる Kusaka *et al.*¹⁾ に基づくモデルにより算出し、大気放射量 $L^{\downarrow}$ を近藤の推定式²⁾から求めた。また、熱収支解析(式(1))および流体解析は、相互にフィードバックされており、流体解析による熱収支関係の変化が考慮されている。

$$(1-\alpha)S^{\downarrow} + L^{\downarrow} = H + IE + G + \sigma T_s^4 \quad (1)$$

ここに、 α ：アルベド、 H ：顕熱フラックス、 IE ：潜熱フラックス、 G ：伝導熱フラックス、 σ ：ステファン・ボルツマン定数、 T_s ：表面温度である。また、表-1 に各フラックスの算定方法を、表-2 に流体解析の諸元を示した。

最後に、WBGT の算定を行う。WBGT(湿球黒球温度；Wet Bulb Globe Temperature)は、気温だけでなく放射や湿度の影響も考慮可能で、環境省などで熱中症予防に

表-1 各フラックスの算定方法

顕熱フラックス H	壁面：Jürges の式 屋根面・地表面 ：Monin-Obukhov 相似則
潜熱フラックス IE	蒸発効率 β による
伝導熱フラックス G	1 次元熱伝導方程式

表-2 流体解析諸元

コード	CFD2000 ver.5.2
支配方程式	Reynolds 方程式 移流拡散方程式
乱流モデル	標準 $k-\epsilon$ モデル

使用されている指標である。また、屋外で簡易に WBGT を測定できる計測器も市販されている。ゆえに、夏季のヒートアイランドを対象とする本研究に最適な指標となると判断し、最終的な評価基準とした。

屋外における WBGT は、式(2)により算出される。

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \quad (2)$$

ここで、 T_w ：湿球温度、 T_g ：黒球温度、 T_a ：乾球温度である。 T_w は、Sprung の公式により求め、 T_g は、環境省の調査に基づく回帰式から算出した。

3. 人工被覆改善による熱環境緩和効果の検証

検証は、(1)道路幅、(2)改善被覆の種類、(3)対策区域の3つの観点からその差異を比較するため、表-3 のように分類して行った。対策区域は、図-1 に示す風上側屋根、風上側歩道、および車道の3種類とした。風下側屋根を対象としなかった理由は、熱環境に変化が生じるのが、対象のキャニオンではなくより風下側のキャニオンになってしまうからであり、風下側歩道についてもほぼ日影となるため対策区域としなかった。

また、対象日時は、最高気温 37.1℃を記録した酷暑日である2010年8月17日13時とし、東京地方気象台の気象データを使用した。なお、最終的な評価は、歩行者への影響を判断するため、風上側・風下側歩道に

Key Words： ヒートアイランド、ストリートキャニオン、WBGT、CFD、熱収支

連絡先：〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部 TEL:03-5228-3721 E-mail:oka@hosei.ac.jp

表-3 検証ケース

道路幅	改善被覆の種類	対策区域
1) 2車線道路	1) 保水性舗装	1) 風上側屋根
2) 4車線道路	2) 高反射性舗装	2) 風上側歩道
	3) 高熱伝導性舗装	3) 車道
	4) 芝地	

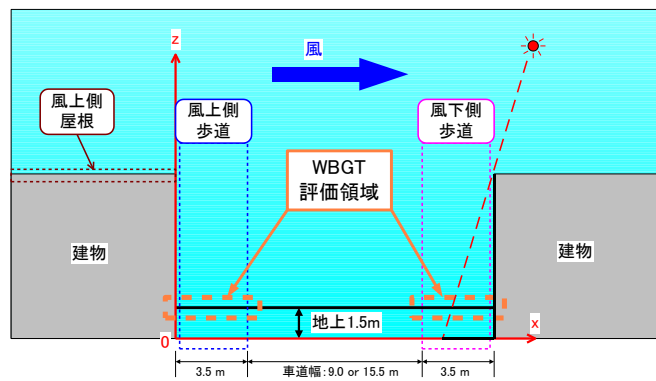


図-1 対策区域と評価領域

における地上1.5m高さのWBGTを使用した(図-1)。

2車線道路における解析結果を図-2に、4車線道路における解析結果を図-3に示す。以下、前述の3つの観点に基づいて、解析結果を検討する。

(1) 道路幅による差異

2車線道路ではWBGTが最大0.56℃、4車線道路では最大1.16℃低下しており、全体として見ても、4車線道路の方が2車線道路に比べ、人工被覆改善時におけるWBGTの減少幅が大きくなっている。よって、建物高さが同一の場合は、より道路幅の広いキャニオンへの対策が効果的であると考えられる。

(2) 改善被覆の種類による差異

改善被覆の種類別では、高反射性舗装による対策が最も良好な結果を得ている。しかし、4車線道路では、車道を高反射性舗装にしたケースと歩道を保水性舗装としたケースがほぼ同程度の値となっている。一方、芝地および高熱伝導性舗装は、2車線道路でほとんどWBGTが変化せず、4車線道路では若干の改善がみられるものの、その効果は小さい。したがって、4車線道路では、歩道の保水性舗装化が、最も施工面積を少なくでき、効果の得られる対策となる。

(3) 対策区域による差異

良好な結果を得た高反射性舗装および保水性舗装について、対策区域の相違による変化をみると、高反射性舗装では面積の大きい車道への対策が効果的である

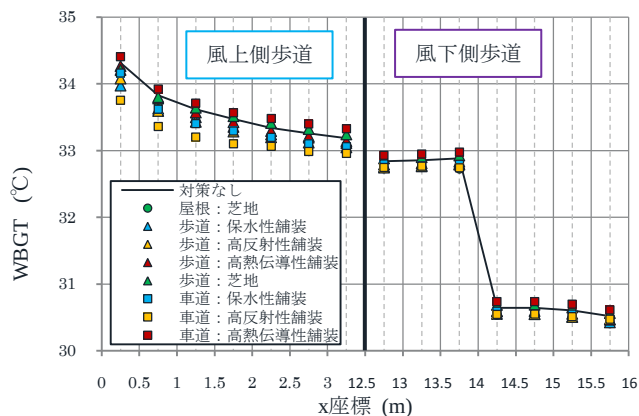


図-2 2車線道路におけるWBGTの水平分布

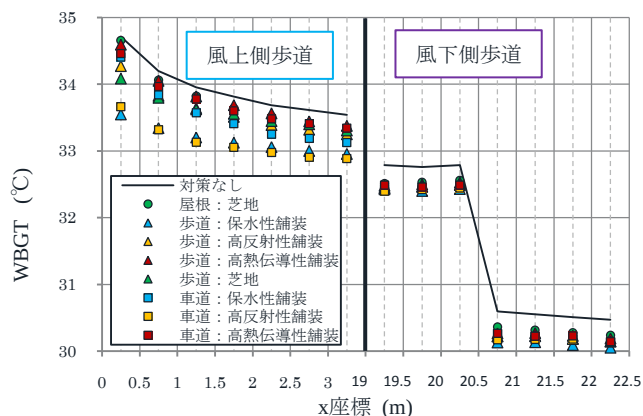


図-3 4車線道路におけるWBGTの水平分布

のに対し、保水性舗装には、そのような差異は見られなかった。特に、4車線道路では、歩道への対策が車道への対策を上回るという結果となっている。これは、風上側歩道では、キャニオン内に生じるcavity渦によって周囲に比べて高温、かつ、風速が大きくなり、蒸発が促進されることに起因すると考えられる。

4. まとめ

本稿が対象とした条件下では、施工面積および効果の観点から見た場合、道路幅の広い街路を対象とし、かつ、風上側歩道を保水性舗装とする対策が最も有効であることが示された。

参考文献

- 1) Kusaka, H., Kondo, H., Kikegawa, Y., Kimura, F.: A simple single-layer urban canopy model for atmospheric models: comparison with multi-layer and slab models, Boundary-Layer Meteorology, Vol.101, No.3, pp.329-358, 2001.
- 2) 近藤純正：地表面に近い大気の科学 理解と応用，東京大学出版会，pp.73-76，2000.