

B-35

WBGT を指標とした集合住宅地における夏季暑熱環境の解析

和歌山大学大学院システム工学研究科	○峰村 太輔
和歌山大学システム工学部	山田 宏之
都市基盤整備公団技術監理部	小木曾 裕
和歌山大学システム工学部	中尾 史郎
同上	中島 敦司
同上	養父 志乃夫

1. はじめに

近年、ヒートアイランド現象をはじめとする都市化の影響により、都市は暑熱環境下となっている。これにより、都市で日常生活を行う人間は、外的な熱ストレスと代謝性熱生産の増加による内的な温熱負荷を同時に受けることになり、その結果、暑熱障害の発生が著しく増大する。この暑熱障害発生の予防策としては、緑陰などにより日射を遮蔽することが有効であり¹⁾、このことは経験的にも知られている。しかし、都市空間においては、景観性や機能性に考慮したランドスケープデザインが優先され、緑陰などの日射遮蔽装置の有効な配置は行われていない。

そこで本研究は、都市型生活空間である集合住宅地において、空間構成素材の異なる様々な場所の温熱環境を測定することにより、夏季暑熱環境下における人体への危険性を把握し、今後のランドスケープデザインを行う際の基礎的資料を得ることを目的に研究を行った。

本研究では、気温、黒球温度と共に、熱ストレスの評価に関する指標として WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) を用いた。WBGT は、輻射環境を考慮した暑熱環境の指標として国際規格 ISO7243 に規定され^{2) 3)}、夏季における屋外の暑熱環境評価の指標として有効であることも報じられている^{1) 4)}。

2. 研究方法

2. 1. 測定対象および測定期間

測定は、兵庫県神戸市の臨海部に位置する集合住宅地「HAT 神戸・灘の浜地区、脇の浜地区」内で行った。本対象地は、大規模工場の遊休化などに伴う土地利用転換を図る総合的な整備と、1995 年の阪神淡路大震災により被害を受けた住宅や産業等の各種都市機能の復興を目的に建設された集合住宅地であり、本研究の目的である都市型生活空間の温熱環境について検討するには適した条件を有していると考えられる。

測定期間は 2002 年 7 月 29 日から 8 月 1 日までと、9 月 3、4 日の計 6 日間とし、測定時刻については、熱中症患者数が最も多く出現する時刻である 11 時から 16 時までの間の晴天で日照のある時間帯に実施した。

2. 2. 測定方法

温熱環境の測定項目は、気温、WBGT 値、黒球温度、地表面温度の 4 項目である。まず、気温分布として、7 月 29 日の 11 時から 16 時まで 1 時間おきに計 6 回の気温測定を行った。測定は HAT 神戸・灘の浜地区内に測定点 42 ヶ所を設定し (図-1)、アスマン式通風乾湿計 (樹佐藤計量器製作所製、SK-RHG) を 7 台用いて 7 名の測定員で順番に測定して行く方法で行った。測定位置は、WBGT 測定との測定高差を小さくするため、国際規定の下限值である地上高 1.25m とした。

WBGT 値および黒球温度については、異なる空間構成素材からなる場所として灘の浜地区内 9 ヶ所 (図-1)、脇の浜地区内 8 ヶ所 (図-2) の計 17 ヶ所を設定し、日向地と建物や樹木によって日射が遮蔽された日陰地とを対象に計 50 回行った。測定は京都電子工業 (株) 製の WBGT 計測器 (WBGT-101) を 3 台用いて行った。この計測器は直径 5cm の小型グローブ球を用いて温度を測定し、それを通常の 15cm 球を用いた場合の推定値

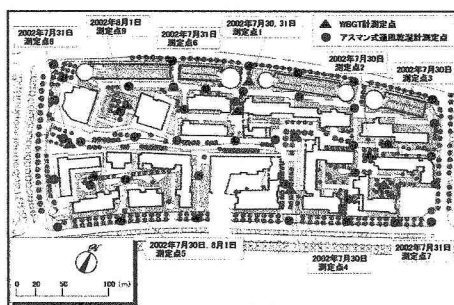


図-1 測定点位置図(HAT神戸・灘の浜地区)

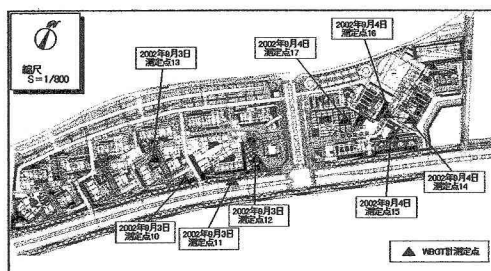


図-2 測定点位置図(HAT神戸・脇の浜地区)

に変換してグローブ温度を求める構造であるため、通常の WBGT 計測よりも迅速に測定を行うことができる。測定位置は WBGT の標準的な計測法 (ISO7243) に従い、人体の腹部の高さに相当する地上 1.2m の位置とした。また、アスマン式通風乾湿計による気温測定と、放射温度計による地表面温度測定を同時に実施した。一回の測定にかかる時間は 5-6 分間程度であり、毎正時ごとに日向地と建物や樹木によって日射が遮蔽された日陰地の温熱環境を各計測器で同時に測定し、各々の測定場所を順に測定していく方法で行った。

2. 3. 解析方法

WBGT 値による暑熱環境の評価については、既往研究¹⁾⁵⁾において報告されている値⁶⁾(表-1)を用いた。これらの評価基準をもとに、測定で得られた結果から、日向地と緑陰地や建物陰地とにおける暑熱強度の同時比較を行うことにより、人体への危険性の差異について考察した。

3. 結果および考察

3. 1. 気温分布の測定結果

HAT 神戸・灘の浜地区内における 6 回の測定結果のうち、最も高い気温を記録した 7 月 29 日 15 時の測定結果を図-3 に示す。

測定範囲内で記録された最高気温は 35.1℃であった。気温分布は空間構成素材に関わりなく、皮膚温 (33.0~34.0℃) より高温となる 34.0℃を超える場所が多数出現し、人体への影響が危惧された。15 時以外の測定結果についてみると、気温分布は空間構成素材に関わりなく、測定時刻により様々に変化した。集合住宅地という小さなスケールの敷地内では、大小さまざまな樹木や建物が配置されていることにより、日陰地の面積や時間変化、風向・風速など多くの条件が気温変化に影響し、空間構成素材による明確な差異がみられなかった。

3. 2. WBGT 値の測定結果

日向地において、5 日間の測定期間中で WBGT 値が最高値を記録した測定点 10 の 9 月 3 日 11 時の測定結果を図-4 に示す。WBGT 値の最高値は、地表面が裸地の場所において記録した 33.2℃であった。この場所では、日向地に身を置くだけで熱中症等の暑熱障害を引き起こす危険性が極めて高くなる空間となっていた。同場所におけるケヤキ単木の緑陰地の WBGT 値は 30.3℃であり、WBGT 値差は 2.9℃となった。緑陰内は快適な環境とまではならなかったが、WBGT 値は極危険レベルを回避するまでに低温となり、単木緑陰が日射遮蔽装値としての効果を示した結果となった。

表-1 WBGT の値と熱負荷の評価

WBGT 値	危険度	熱負荷の評価
26. 5℃	注意	未馴化のときは慎重に運動
28. 0℃	警戒	長距離走中止。ラグビー練習延期。危険率が特に高いレベル
29. 5℃	危険	激しい運動は中止
31. 2℃	極危険	運動は中止

出典：中井他 (1990)

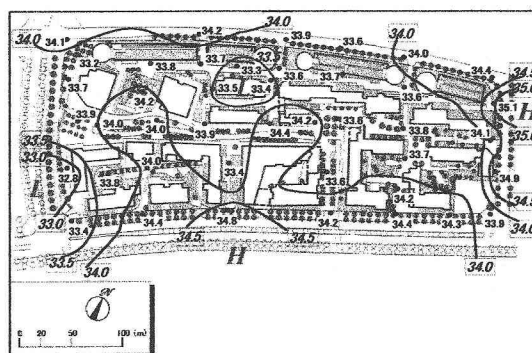


図-3 2002年7月29日15時の気温分布(℃)

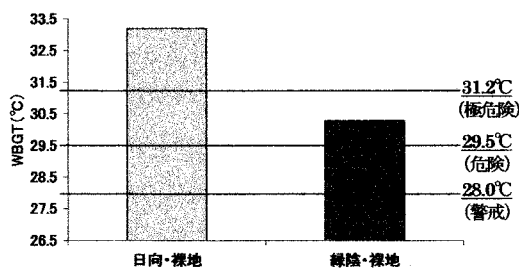


図-4 日向と緑陰におけるWBGT値の比較
(2002.9.3.11時)

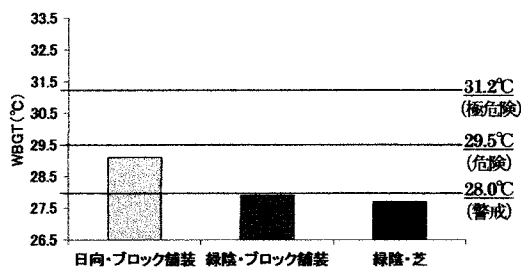


図-5 日向と緑陰におけるWBGT値の比較
(2002.9.3.14時)

また、日陰地において、WBGT 値が最低の値を記録した測定点 12 の 9 月 3 日 14 時の測定結果を図-5 に示す。日陰地の空間構成は、地表面が芝で、密な樹冠を有するケヤキの樹林地であった。この緑地内で記録された WBGT 値は 27.7°C であり、警戒レベルを下回り、熱的な危険性を回避していた。同じ緑地内のブロック舗装で覆われた場所で記録された WBGT 値は 27.9°C であり、芝同様に低温化がみられた。ブロック舗装で覆われた日向地においても、WBGT 値は 29.1°C であり、危険レベルを下回る結果となった。これらの結果は、空間構成素材に加え、この場所が通風の極めて良い空間であったためと考えられ、気流の影響が WBGT 値に大きく現れた。

全 50 回の測定結果について検討すると、日向地においては、全ての測定場所の WBGT 値が警戒レベルである 28.0°C を超える結果となった。そのうち、29.5°C 以上の危険レベルであったのは全 50 回中 25 回、極危険レベルとされる 31.2°C を超えたのは全 50 回中 20 回と、ほとんどの測定場所で熱的危険性の高い空間であった。一方、建物や樹木による日陰地においては 31.2°C を超える場所は一つ所も現れず、快適な環境とはいえないまでも、建物や樹木により日射を遮ることにより危険なレベルは回避していた。さらに日陰地についてみると、建物陰で覆われた空間では、WBGT 値は日向地より 0.3~3.3°C 低減され、緑陰で覆われた空間では、日向地より WBGT 値が 0.2~4.5°C 低減された。この結果、建物陰、緑陰ともに WBGT 値は日向地より大きく低減され、暑熱環境緩和効果としては、直達日射を遮ることが重要であるといえる。

4. まとめ

本研究の結果から、温熱環境を総合的に評価したところ、密な樹冠を有する樹林地内で、且つ地表面が芝である空間において、熱的な危険性が最も小さいと判断された。WBGT 値は気温、湿度、輻射、気流などの気象要素を総合的に評価した指標であり、その特性としては、気温などの微小な変化よりも、日射の有無に大きく影響されるものである^{1) 9)}。本研究結果においても、集合住宅地という小さなスケールの空間内における日向地と日陰地との WBGT 値に明確な差異が認められた。日向地における暑熱環境は厳しく、空間構成素材の種類に関係なく極危険レベル 31.2°C 以上となる空間が多数出現したが、建物陰や緑陰などの日陰内では、WBGT 値は危険な値となることはなかった。これらのことから、日常生活空間において熱的な危険性を回避するためには、夏の直達日射を遮ることが最重要であり、建物日陰や日射遮蔽装置としての緑陰配置の問題は、ランドスケープデザインを行っていく上で、今後考慮すべき重要課題であると考えられる。

【引用文献】

- 1) 山田宏之 (1996) : 各種温熱環境指数を用いた夏季緑陰の温熱環境評価 : ランドスケープ研究, 59(5), p.65-68
- 2) 日本産業衛生学会 (1983) : 許容濃度等の勧告 : 産業医学, 25, p.288-305
- 3) 日本体育協会 (1999) : スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック : p.15
- 4) 寄本 明他 (1992) : WBGT を指標とした暑熱下運動時の生体応答と熱ストレスの評価 : 体力科学, 41, p.477-484
- 5) 山田宏之他 (2000) : 異なる地表面状態の屋外空間における夏季暑熱環境の評価 : ランドスケープ研究, 63(5), p.543-546
- 6) 中井誠一他 (1990) : 夏季運動時温熱環境の実態と温熱環境の比較 : 体力科学, 39, p.120-125