

緑のカーテンによる温熱環境緩和効果のメカニズム

1053153 金木 慎一 1053159 木下 靖裕
指導教員 成田 健一

1. 研究目的 近年、壁面緑化技術の1つである「緑のカーテン」が蒸散効果により空気を冷却するという触れ込みで推進されつつある。しかし蒸散効果を始め、緑のカーテンの温熱環境緩和効果のメカニズムについての明確なデータはほとんどない。そこで本測定では、緑のカーテンを対象に葉温と周囲の気温の関係、それに影響する風速や日射などを測定することで、温熱環境緩和効果のメカニズムを明確にし、これからの緑のカーテンのあり方を考えることを目的とする。

2. 測定概要 本学建築棟南側壁面に育成させた幅 3.6m、高さ 15 m の緑のカーテンを対象に測定した。測定期間は、9 月 1 日～6 日と 12 日～17 日の計 12 日間である。

建築棟 2 階の高さに図 2 のように測器を設置し、表 1 の項目について測定を行った。測定期間は夏期休業で窓を閉め切っていたが、測定中は測器設置の都合上、被カーテン部の開口部は開放して測定を行った。超音波風速温度計については、1 日と 2 日はキャリブレーションのため 30 分ごとに図 2 の表と裏の位置を入れ換えて測定し、その他の日は固定で測定している。熱電対を設置するための枠(1800 mm×600 mm)はカーテンに吊り下げる形で設置した。葉近傍気温を測定するため、図 3 のように熱電対を葉の両面に取り付け測定を行った。表面温度については 12 日～14 日と 17 日に熱画像の撮影を行い、図 4 の箇所について表面温度の解析を行った。また、カーテン裏の長波放射量より表 2 の式を用いて逆算した温度(Ts)を葉の裏面温度として使用した。なお、百葉箱気温として本学内にある百葉箱内で測定した気温を参考に用いた。

3. 測定結果と考察

3-1. 日射と温度変化について 日射と温度変化について図 5 に示す。気温、表面温度は日射量の変化に伴い変動する傾向が見られる。日射量が大きい日中には壁面と葉面で 4℃～6℃の差がある。葉面温度と Ts は、ほぼ温度差がなく日射量が増加すると高温になる。また、日中は葉の表面、裏面共に A 列気温より高温になる。各列の気温変化においては A、B 列より C 列が低くなる傾向にある(図 6)。

B 列が A 列よりも高温となる時は、葉の両面とも気温より高く、B 列付近の空気がカーテンから加熱されていると考えられる。このことから、緑のカーテンの設置により緑のカーテン付近に熱がこもり、百葉箱気温に比べ緑のカーテン周辺の気温が高くなっていると考えられる。なお、緑のカーテンによる日射遮蔽率は日射が安定している時で 75%～80%であり、日陰による外壁への蓄熱軽減効果が期待できる。



図 1 緑のカーテン概要

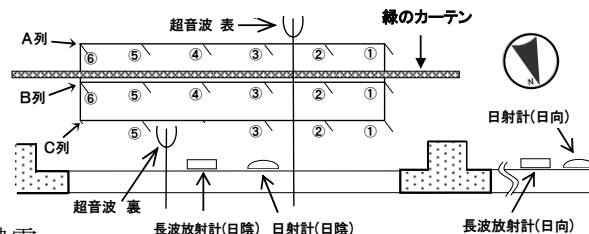


図 2 測器設置状況(平面図)

表 1 測定項目、測定機器、測定間隔

測定項目	測定機器	測定間隔
日射量	全天日射計	10秒
長波放射量	精密赤外放射計	10秒
3成分風速(表)	超音波風速温度計	0.1秒
3成分風速(裏)	超音波風速温度計	0.1秒
超音波気温(表)	超音波風速温度計	0.1秒
超音波気温(裏)	超音波風速温度計	0.1秒
A列気温(日向)	E型熱電対(線径0.05mm)	10秒
B列気温(葉群層)	E型熱電対(線径0.05mm)	10秒
C列気温(日陰)	E型熱電対(線径0.05mm)	10秒
葉近傍気温(表)	E型熱電対(線径0.05mm)	10秒
葉近傍気温(裏)	E型熱電対(線径0.05mm)	10秒
百葉箱気温	サーミスタ温度計	10分
表面温度	赤外線カメラ	30分

図 3 葉近傍気温測定状況

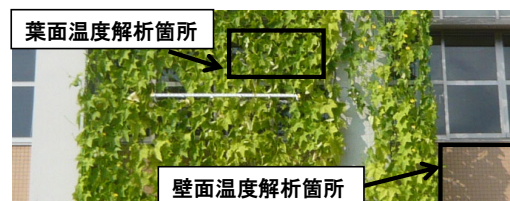


図 4 表面温度解析箇所

表 2 Ts 算出式

$$L = \epsilon \sigma T_s^4$$

L : 長波放射量(W/m²) ϵ : 放射率=1と仮定
 σ : シュテファン・ボルツマン定数=5.67×10⁻⁸(W/m²・K⁴)

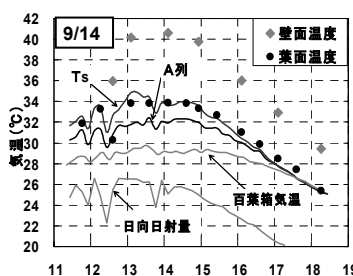


図 5 日射に伴う温度変化

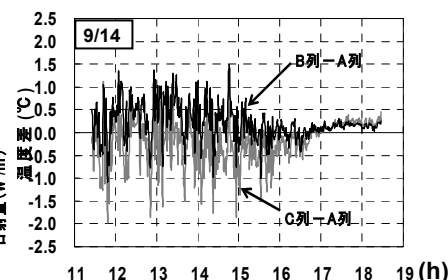


図 6 各列の温度差

1053159 木下 靖裕 1053153 金木 慎一

3-2. 測器別の温度差の比較 超音波風速温度計は原理的に日射の影響を受けない。また、熱電対には日射の影響を受けない線形 0.05 mm の極細細線を使用している。測器別の温度差について図 7 に示す。熱電対、超音波風速温度計共にほぼ同じ様に推移しているが、日射量が増加したときに熱電対の温度差が超音波の温度差よりも大きくなる傾向がある。そのため A 列の熱電対はわずかに日射の影響を受けて気温を高めに計測している可能性がある。しかし、この誤差は非常に小さく、両者とも精度良く気温差を計測しているといえる。

3-3. 葉近傍気温と周辺気温の比較 表面の葉近傍 1cm の気温は日射量に比例して高くなる(図 8)。これに対し裏面の葉近傍気温は日射量が増えても周辺気温とほぼ同等である。そのことから葉温は周辺気温と同程度には保たれるが蒸散効果によって気温が下がる効果は見込めないと考えられる。

3-4. 日射安定時の風速と温度差 風速と温度差の関係を把握するため、日射安定時の 30 分間について図 9 に示す。今回の測定では基本的に南北成分は非常に弱く、風は建物に沿って吹いている。日射安定時に生じる温度差については東風が強くなると、緑のカーテンの裏面が低くなる傾向がある。そのため、風が吹かないと緑のカーテン付近に熱がこもってしまい、カーテンの裏側の気温が高くなってしまう。東風と上昇気流は緑のカーテン表と裏で同じ推移が見られる。また東風と緑のカーテンの裏側の南風にも、わずかながら対応関係が見られるため、室内に流入する風は東風の影響を受けていると考えられる。室内に流入する風は非常に小さい値であるがこれは測定中被カーテン部分の開口部以外は締め切って測定を行ったため空気の流入が起こらなかったと考えられる。風速は内側が弱い傾向があり、通風阻害の要因となる可能性がある。

3-5. 夜間放射環境について 夜間は日中に比べ壁面の受ける日陰と日射の長波放射量の差が大きくなる(図 10)。また、これに伴い A 列に対し B、C 列の気温は高くなる傾向にある。これは夜間、緑のカーテンの裏側の表面温度が周囲の気温よりも高く維持されているためである。このことから、夜間は緑のカーテンの設置により壁面の放射冷却が阻害されていると考えられる。

4. まとめ 今回の測定から緑のカーテンには①葉温が周囲の気温より高温となる②緑のカーテンの内側で風が無いと熱がこもる③夜間の放射冷却を阻害する、などのマイナス面があることが明らかとなった。蒸散効果による気温の低下は望めないが緑のカーテン自体はブラインド等のように高温化しないため、日射を遮蔽するには適しているといえる。また、涼しさの実態は気温低下ではなく、日射の遮蔽や建築物への蓄熱低減により放射環境が改善されるためである。今後は、通風や日射遮蔽効果を考慮して施工方法・設置場所を検討するとともに、緑と触れ合う場所作りという観点で推進していくことが望ましいと考えられる。

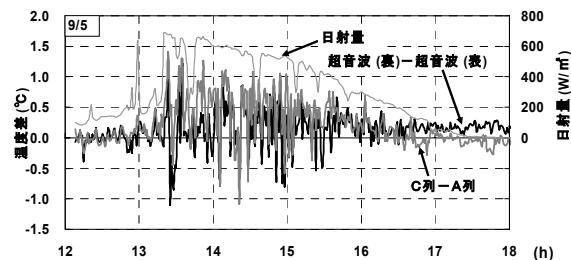


図 7 超音波の温度差と熱電対の温度差の比較

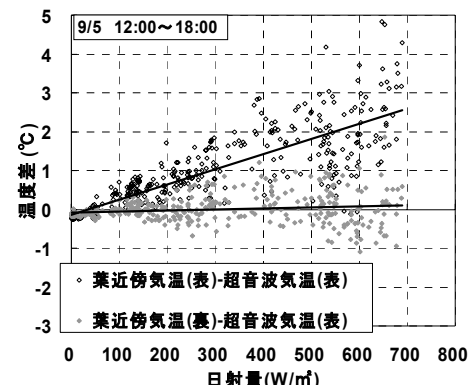


図 8 日射量と(葉近傍気温-超音波気温)の相関関係

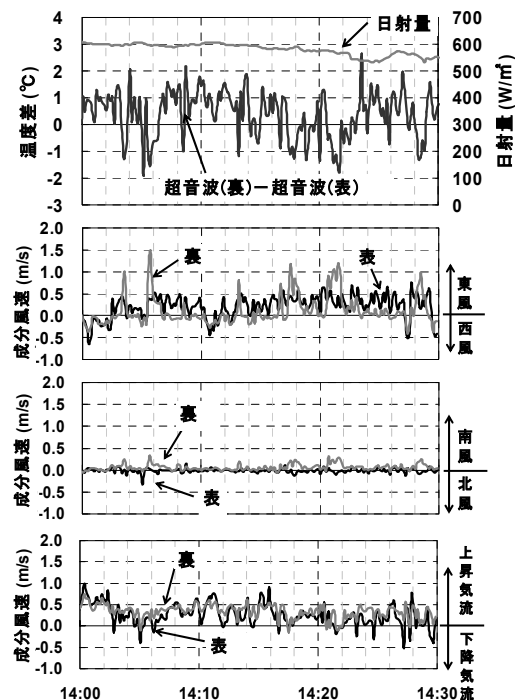


図 9 日射安定時の各成分の風速と温度差

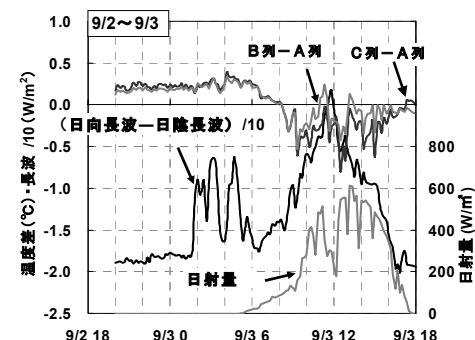


図 10 放射と温度差の比較