

# ヒートアイランド対策としてのグリーンカーテンの効果検証

環境情報部環境活動推進課 池貝隆宏

夏休み期間中の学校において、壁面緑化による暑熱環境改善効果を検証しました。その結果、効果が最も大きかったケースでは平均で、壁面温度は 2.4℃、窓際の室温は 1.7℃、最も暑いと感じられるときの室内の体感温度は 3.9℃低下しました。また、壁面温度低下によるヒートアイランド緩和効果を壁面からの放熱の削減量から推定すると 57%の抑制効果があり、室温低下をエアコンに置き換えた場合の二酸化炭素削減効果は 262g/日と推定されました。

## 1 はじめに

ヒートアイランドは、都市化の進展とともに我が国では 1970 年代から顕在化し始めた都市特有の環境問題です。近年の熱帯夜の増加に象徴されるように、ヒートアイランドは加速化する様相を呈していることから、これを緩和する対策が様々な機関で検討されています。

ヒートアイランドの緩和には、都市の表面被覆の改善が有効であるため、緑地面積を増やすことが重要です。その方策の一つが、「グリーンカーテン」とも呼ばれる壁面緑化です。平成 20 年夏に、伊勢原市環境保全課が市内の学校で実施した壁面緑化事業を対象に、その効果検証を行いました。その代表的事例について、検証結果を報告します。

## 2 調査の目的

壁面緑化はだれでも手軽に取り組めることから、これを普及していくための情報を整備することを目的として調査を行いました。壁面緑化の主要な効果は室内への日射の侵入抑制であることから、窓際における室内環境改善効果を検証し、併せてヒートアイランドと地球温暖化対策としての効果を推定しました。

## 3 調査の概要

温度測器としてサーミスタセンサを装備した温度ロガーを使用し、緑化室及び非緑化室の室温、黒球温度及び湿球温度を 15 分間隔で測定しました。室温用測器は日射遮蔽筒（自然通風式）に装着し、これらをガラス面から約 20cm 離れた窓際に設置しました。また、屋外では、室温と同じ構成の測器で外気温を測定するとともに、外壁にセンサをアルミテープで貼り付け、壁面温度を測定しました。このほか、赤外線サーモグラフィを用いて、外壁の熱画像撮影を行いました。

## 4 結果及び考察

サーミスタセンサを用いた測定は 3 校で実施しましたが、最も効果が大きかったのは山王中学校、やや効果が小さかったのは中沢中学校でした。

#### 4.1 壁面温度の低減効果

山王中学校のアサガオ(緑被率 89%)と中沢中学校のアサガオ(同 43%)の緑化状況を図1と図2に、サーモグラフィで測定した山王中学校の壁面と葉の表面温度の推移を図3に示しました。この日は、緑化壁面の温度は非緑化壁面より平均 1.9℃、最大 2.5℃低く推移しました。アサガオは、日射が強くなる昼過ぎには葉がしおれて表面温度が上昇しましたが、15:00 過ぎに水やりをした後は、蒸散作用が回復し、表面温度が低下しました。

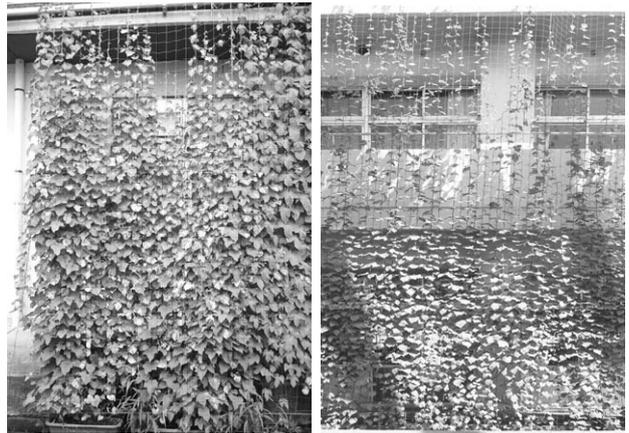


図1 山王中学校の状況 図2 中沢中学校の状況

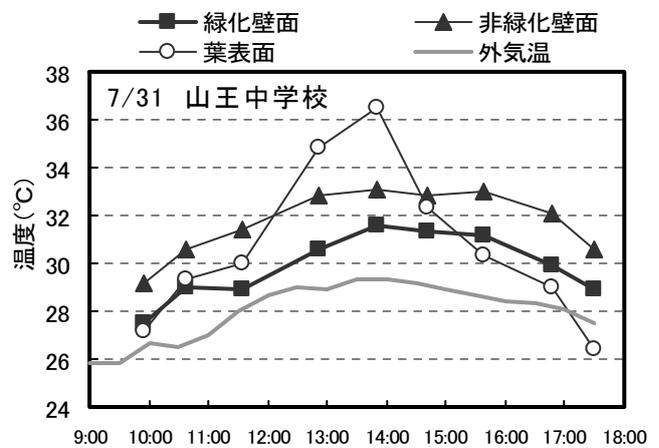


図3 日中の表面温度と外気温の推移

#### 4.2 室温の低減効果

室温を測定した部屋は、山王中学校、中沢中学校とも冷房設備のない1階の教室であり、壁面緑化の効果のみを把握するため、窓(ブラインドなし)及び出入口を閉め、人の出入りがほとんどない状態で測定を行いました。山王中学校において、測定期間中の同時刻の温度の平均値を求め、日変化曲線として表示したものを図4に示しました。

緑化壁はやや西向きであるため、日差しが室内に差し込む午後から夕方にかけて室温差が広がる傾向が見られました。室温が最大となるのは15:00頃で、夜間になると室温差は小さくなりました。中沢中学校でも、ほぼ同様な室温推移が観測されました。

両校の室温の連続測定結果を表2に示しました。壁面温度の場合と同様、夜間の温度差に統計的な有意差は認め

表1 壁面温度の連続測定結果

	山王中	中沢中
日最高温度平均値の差	5.1℃	1.8℃
日最低温度平均値の差	0.6℃	0.1℃
昼間の平均温度差	2.4℃	1.0℃

注) 測定期間は、中沢中 8/8~20、山王中 8/21~31。  
昼間は、6:00~18:00をいう(以下同じ)。

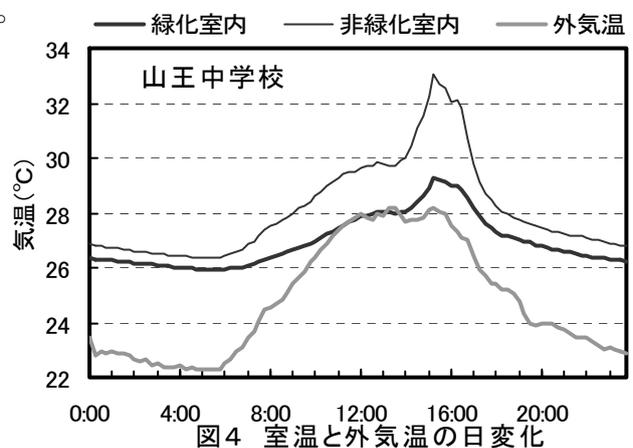


図4 室温と外気温の日変化

られませんでした。

### 4.3 体感指標の低減効果

体感指標として、WBGT 指数（湿球黒球温度指数）及び不快指数を算出し、室内環境の改善効果を評価しました。WBGT 指数は、乾球、湿球及び黒球の温度から (i) 式により算出する体感指標であり、熱ストレスの評価指標として用いられています。日本生気象学会では、WBGT 指数に関する熱中症予防指針値を表 3 のように定めています。一方、不快指数は (ii) 式により求められ、一般的に表 4 に示すような体感との関係があるといわれています。

$$WBGT=0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度} \dots\dots\dots (i)$$

$$\text{不快指数} = 0.81 \times \text{乾球温度} + 0.01 \times \text{相対湿度} \\ \times (0.99 \times \text{乾球湿度} - 14.3) + 46.3 \dots\dots\dots (ii)$$

山王中学校の WBGT 指数及び不快指数の平均値の日変化を図 5 に示しました。日常生活における熱中症予防指針値の「**嚴重警戒**」に相当する WBGT 指数 28 を超える状態は、非緑化区の室内では 14:15 から約 2 時間継続しましたが、緑化区の室内では発生しませんでした。不快指数で見ると、「暑くて汗が出る」に相当する不快指数 80 を超える状態は、非緑化区の室内では 10:15 から 7 時間継続しましたが、緑化区の室内では 15:00 からの 1 時間半にとどまりました。

WBGT 指数の最大値は、緑化区の室内が 27.1℃、非緑化区の室内が 31.0℃であり、壁面緑化により最も暑いときで 3.9℃涼しく感じられる、という結果が得られました。

### 4.4 ヒートアイランド及び地球温暖化対策としての効果

ヒートアイランドの原因の一つは、熱容量の大きな建築物などからの夜間の放熱です。壁面温度が外気温より高いときに、(iii) 式に示す熱（顕熱フラックス）が空気を暖めます。空気の対流熱伝達率は風速に依存しますが、一定期間

表2 室温の連続測定結果

	山王中	中沢中
日最高温度平均値の差	4.1℃	0.9℃
日最低温度平均値の差	0.5℃	0.1℃
昼間の平均温度差	1.7℃	0.6℃

表3 日常生活における熱中症予防指針値

WBGT 指数	判定	熱中症に注意すべき生活活動強度
31 以上	危険	すべて
28 以上 31 未満	嚴重警戒	
25 以上 28 未満	警戒	中等度以上
25 未満	注意	強い
生活活動強度の目安(例)		
軽い ; 食事、洗濯、机上事務		
中等度 ; 拭き掃除、床磨き、布団の上げ下ろし		
強い ; 縄跳び、マラソン、水泳		

表4 不快指数と体感

不快指数	一般的な体感
65～70	快適
70～75	暑くない
75～80	やや暑い
80～85	暑くて汗が出る
85 以上	暑くてたまらない

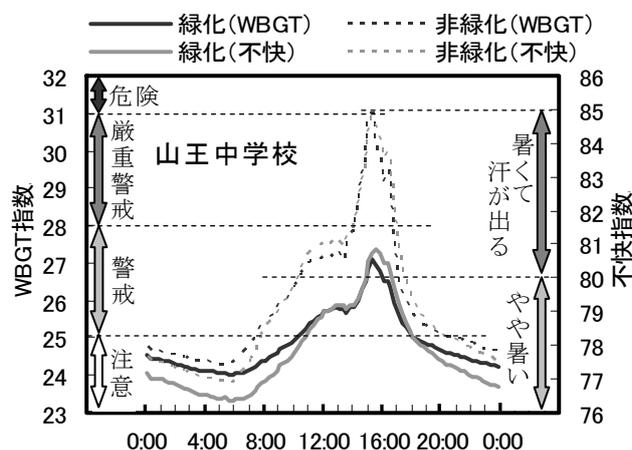


図5 体感指標の日変化

の平均値を仮定すれば、壁面から空気に移動する熱量は、壁面と外気の温度差に比例することになります。図6に山王中学校における壁面と外気の温度差の日変化を示しました。図の網掛けで示した部分が放熱の削減分に相当します。非緑化壁面の放熱量に対するこの削減分の比率を壁面温度低下によるヒートアイランド緩和効果として算出しました。

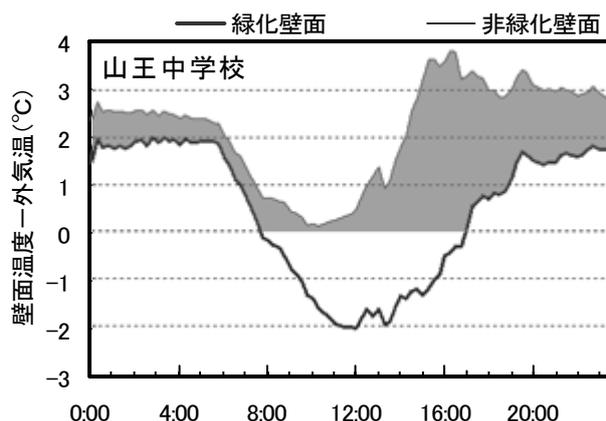


図6 壁面と外気の温度差の日変化

顕熱フラックス=空気の対流熱伝達率

×(壁面温度-外気温)……(iii)

ヒートアイランドのもう一つの原因は、人工排熱の増加です。壁面緑化を行えば、エアコンを使用せずに室温を下げられるので、この分の人工排熱が削減できます。山王中学校では、3に示した測定のほか、室内の温度勾配を測定しました。これを用いて部屋の中心点の室温を推定し、壁面緑化により除去された室内の熱負荷を算出しました。

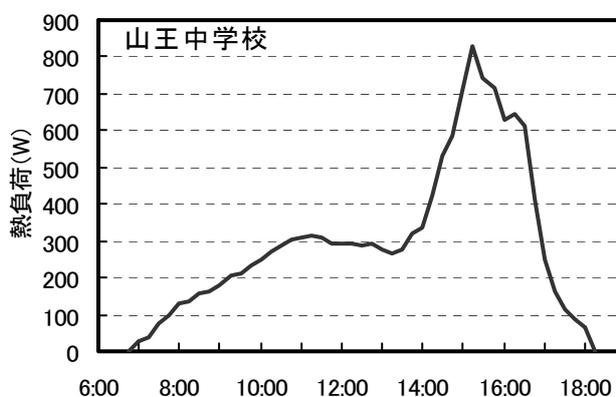


図7 壁面緑化により除去された熱負荷

図7に山王中学校における除去された熱負荷の推移を示しました。

この熱負荷をエアコンで除去した場合に二酸化炭素が発生します。これを壁面緑化による二酸化炭素の削減量とみなし、COP（エネルギー消費効率；消費電力に対する冷房能力の比率）が5のエアコンを利用したと仮定してその量を算出しました。

表5 壁面緑化のヒートアイランド・地球温暖化対策としての効果

		山王中	中沢中
ヒートアイランド緩和効果	放熱削減率	57%	20%
	人工排熱削減量	12.7 MJ/日	0.4 MJ/日
地球温暖化防止効果	CO <sub>2</sub> 削減量(一日)	262 g/日	8 g/日
	CO <sub>2</sub> 削減量(夏期)	15 kg	0.5 kg

注) 放熱削減率は、非緑化壁面に対する比率。

夏期のCO<sub>2</sub>削減量は、海老名AMeDASによる最高気温平年値が28°C以上の日をエアコン稼働日として計算(58日)。

緑化室の容積は、山王中が284m<sup>3</sup>、中沢中が189m<sup>3</sup>。

山王中学校における上記の推定値を壁面緑化のヒートアイランドと地球温暖化対策としての効果として、表5にまとめました。

## 5 おわりに

本調査により、壁面緑化の室内環境の改善効果及びヒートアイランドや地球温暖化対策としての効果を把握することができました。この結果を踏まえ、学校や住宅に壁面緑化を普及していくこととしています。