

R-03-2013

YIES Research Report

山梨県環境科学研究所研究報告書

第 31 号

特定研究

「壁面緑化による温度上昇抑制効果と
夏季の健康に関する研究」

平成 24 年度

山梨県環境科学研究所

は じ め に

山梨県は西は南アルプス、北に八ヶ岳や秩父山地、南には富士山が連なっている。これらの高く険しい山々に囲まれ、海には面してはおらず内陸に位置しているため冬は寒く、夏は暑い季節差の大きい内陸性気候である。また、一日の中での寒暖差も大きく県内の移動による標高差によっても目まぐるしく気温、気候は変化し人々は厳しい気象環境にさらされていると言えるだろう。

特に夏季の甲府盆地地域の酷暑環境は厳しく、全国でも毎年最高気温記録の上位にランクされるが、盆地気候の特徴で夜間や朝方の気温は低く、熱帯夜はあまり観測されない。しかし、最近では徐々に熱帯夜が増加しており 10 日以上熱帯夜日数を記録する年もみられてきた。これを受けて平成 22 年度から行なっているプロジェクト研究「甲府盆地地域の夏季暑熱環境の実態とヒートアイランド現象の緩和要因についての研究」において甲府盆地地域でのヒートアイランド現象の可能性も確認されている。

これら地球温暖化やヒートアイランド現象、その影響によると思われる夏の酷暑形成の助長とが相まって「熱中症」に罹患する人数が増加し健康問題となっている。猛暑となった平成 22 年では本県において 340 人が救急搬送され、例年 100 人前後の搬送者数の 3 倍以上となった。熱中症は以前は炭坑や製鉄所などの労働現場で問題となることが多かったが、労働基準の見直しにより現在ではほとんどなくなり、代わってスポーツ活動時の発生が問題となってきている。さらに猛暑であった平成 22 年の熱中症による全死亡者数の約 8 割が 65 歳以上の高齢者であり、その発生の多くが家の中で起こっていることから、現在では熱中症は普段の生活の中に潜む身近な危険であると言える。

また、平成 23 年 3 月 11 日に発生し未曾有の被害をもたらした東日本大震災をうけて電力が切迫する夏季に厳しい節電の必要性に迫られており、夏季のエアコンなどの空調装置使用の制限や設定温度の見直しが行われていることも熱中症の発生や夏の生活環境の悪化につながっている。

このような背景から育生した植物によって形成されるカーテン「緑のカーテン」による夏の生活環境の改善効果やエアコンの使用減、使用電力削減効果に注目が集まっている。本県で数年前から環境活動の一環としてスタートした「緑のカーテンづくり運動」は県内の行政、NPO 団体をはじめとした方々の努力によって急速に定着しつつあり、本研究が今後も緑のカーテンの普及促進、それに伴う人々の生活環境の改善、健康維持に少しでも貢献できれば幸いである。

山梨県環境科学研究所
所 長 荒 牧 重 雄

目

次

はじめに

概要編

I 特定研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間	1
I-2 研究体制	1
I-3 研究目的	1
I-4 研究成果の概要	1
1 緑のカーテンの有無が温熱環境に与える影響	1
2 サーモビューア測定による表面温度の分布	2
3 緑のカーテンとスダレ設置時の温熱環境測定	2
4 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果	2
5 緑のカーテン設置による温熱環境改善効果と設置方法に関するまとめ	3
I-5 研究資料	4
I-6 謝辞	4

本編

II 研究成果報告

II-1 はじめに：研究目的	5
II-2 緑のカーテンの有無が温熱環境に与える影響	6
II-2-1 温熱環境調査1	6
II-2-1 温熱閑居調査2	11
II-3 サーモビューア測定による表面温度の分布	15
II-4 緑のカーテンとスダレ設置時の温熱環境測定	18
II-5 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果	23
II-5-1 平成21年度アンケート調査結果	23
II-5-2 平成22年度アンケート調査結果	25
II-5-3 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果まとめ	26
II-6 緑のカーテン設置による温熱環境改善効果と設置方法に関するまとめ	29

概要編

本 編

I 特定研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間

研究テーマ名：

壁面緑化による温度上昇抑制効果と夏季の健康に関する研究

研究期間：

平成 21 年度～平成 22 年度（2 カ年）

I-2 研究体制：

研究代表者：

宇野 忠（生気象学研究室）

依頼元：

森林環境部 環境創造課

研究協力：

甲府市地球温暖化対策地域協議会

山梨環境カウンセラー協会

甲府市環境部

南アルプス市みどり自然課

NPO 法人「協働で素敵にまちづくり南アルプス共和国」

I-3 研究目的

地球温暖化、ヒートアイランド現象などの気温上昇が世界規模で問題となっている。その対策のために様々な取り組みがなされており、国などの大規模なレベルでの対策が進む中で、民間や市民への環境活動のさらなる啓蒙・啓発の必要性が求められている。

そのためには身近な生活において実施できる温暖化対策を目に見える形で定量化し、その効果を実施者が実感できることが重要である。また、夏季日中に高温環境が形成される甲府盆地地域において温熱環境を改善する手段として、温暖化を促進しない室内温度を調節する方法を推進する必要がある。

壁面や窓際でゴーヤなどのツル性植物を育て、建物の温度上昇を抑える「緑のカーテン」の取り組みが、

県内に広がりつつあることから、その温度上昇抑制効果等を精査し、省エネ効果、夏季の生活環境、健康への影響を明らかにする。それにより有効な設置手法の提案や普及促進を図ることを目的とする。

I-4 研究成果の概要

1 緑のカーテンの有無が温熱環境に与える影響

夏季甲府市立貢川小学校において緑のカーテンを設置している建物における温熱環境の測定を行った。測定項目は温度、相対湿度、Globe 温度、風速である。温度、相対湿度は 7 箇所、Globe 温度と風速は緑のカーテンの設置している部屋と同建物の設置していない部屋の 2 箇所において測定し、比較検討した。

窓を締め切った状態での室温の推移では緑のカーテンを設置している部屋において室温は最大 1.2℃、平均 0.6±0.23℃低くなっており、緑のカーテンの温度上昇抑制効果が確認できた。また、昼間だけでなく夜間の室温が低く推移することは、建物への蓄熱が抑えられていることによると考えられる。熱輻射を示す Globe 温度では、緑のカーテンがある部屋において低く推移しており、緑のカーテンが熱輻射の抑制に効果的であることが明らかとなった。

緑のカーテンの設置による屋内環境の快適感に対する影響では温度、相対湿度、Globe 温度、風速から快適性の指標である新有効温度 SET*を算出し、緑のカーテンの有無による違いを検討した。緑のカーテンを設置した室内において快適性が高いことが示された。しかし、南アルプス市役所西別館における同様な測定では、緑のカーテンを設置した部屋での快適性が設置していない部屋より低い結果が得られた。緑のカーテンの葉が生い茂り、非常に厚いものとなったため 1m/s 以下の風が導入されにくく、温度の上昇は抑えられるが快適性は低くなったと考えられる。これらの結果から、空調を使用する前提の施設での緑のカーテンは、葉が密な状態で遮光効果が十分発揮できる生育状況が望ましく、学校の教室や冷房病回避などの健康的な

夏の生活環境を求める場合では、緑のカーテンの葉を間引くなどの対応により、風をうまく導入することが大切であると考えられる。また、緑のカーテンを通過する風の温度は低く抑えられる傾向があり、植物の蒸散効果による空気の温度上昇抑制というブラインドやスタレにはない効果が期待できる。

2 サーマビューア測定による表面温度の分布

緑のカーテンを設置している施設 14 箇所において平成 21 年 8 月 18 日～24 日にサーモビューアカメラによる撮影をおこない表面温度分布の違いを検討した。緑のカーテンは主に遮光により建物への直射日光を遮り、カーテンが設置されていない同じ材質の壁面よりも $3.0\sim 11.0^{\circ}\text{C}$ 壁面温度が低く推移していた。この傾向はアスファルトなどの地面に対しより強くであった。壁面の表面温度が低く維持できることは建物への蓄熱（潜熱）を抑制することにつながると推測される。これにより温熱環境調査で見られた夜間の室温が低く推移していることにつながっていると思われる。

3 緑のカーテンとスタレ設置時の温熱環境測定

緑のカーテンに隣接するベランダにスタレを設置し、サーモビューアカメラによる赤外線画像の撮影により表面温度の分布の違いを比較した。その結果、緑のカーテンの表面温度は約 36.3°C （低い場所では 33°C 前後）に対し、スタレの表面温度は約 38.8°C と $2.5\sim 5.8^{\circ}\text{C}$ の違いが見られた。このことから緑のカーテン、スタレともに太陽光を遮り温熱環境を改善する効果が認められるが、緑のカーテン自体の温度は葉の蒸散作用で上昇しにくく、高い温度となってしまうスタレと比較して緑のカーテン自体からの熱輻射が低く抑えられ温熱環境の改善に効果が高いことが示された。また、通過する風の温度を考えると緑のカーテンを通過する風の温度が抑えられることが考えられ、風を導入する環境下でも緑のカーテンの高い有用性が示された。

甲府市立舞鶴小学校、南アルプス市役所西別館の緑のカーテンを設置している建物においてスタレを併設し、屋外と屋内での温熱環境の測定を行った。測定

項目は温度、相対湿度、Globe 温度、風速である。測定装置は地上 120cm の高さに設置し、5 分間隔でデータを取得した。何も無い状態と比較しスタレ設置にて $0.42\pm 0.22^{\circ}\text{C}$ 、緑のカーテン設置で $1.24\pm 0.28^{\circ}\text{C}$ 低く気温が推移し、緑のカーテンとスタレ共に温度上昇抑制効果が見られるが、スタレと比較して緑のカーテンの効果が高いことが確認できた。人体への熱の蓄積に重要なファクターである熱輻射を示す Globe 温度は、何も無い状態に比べスタレでは $6.22\pm 2.77^{\circ}\text{C}$ 、緑のカーテンでは $8.53\pm 2.73^{\circ}\text{C}$ 低い値で推移した。共に太陽光を遮ることにより熱輻射の抑制に高い効果が見られるが緑のカーテンの方がより高い効果を示した。

屋内の温度、熱輻射ではスタレに比べ、緑のカーテン設置屋内で気温において $0.71\pm 0.14^{\circ}\text{C}$ 、熱輻射において $0.76\pm 0.09^{\circ}\text{C}$ 低い値を示し、屋内においてもスタレに比べ緑のカーテンの温熱環境改善効果が高いことが示された。

4 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果

平成 21 年、22 年夏季緑のカーテンが実施者の健康、健康意識に与える影響を調査するため「緑のカーテンと健康についてのアンケート」にてアンケート調査をおこなった。

平成 22 年のアンケート結果をみると、緑のカーテンを設置した方角は南向きが 61.9% で最も多く、次いで西向き 21.4% である。また、設置した部屋は居間が 58.1% と最も多かったが、寝室が 20.9% と平成 21 年の 6.5% から増加しており、熱帯夜対策を念頭に設置された傾向がみられる。緑のカーテンの被覆率は 78% の方が 7 割以上を超えており、緑のカーテンの効果が十分に発揮され则认为られている被覆率 6 割を多くの方が達成している状況であった。夏の暑さ涼しさについて 85% の方が涼しさを感じており、過ごしやすさと快適感については 35% が特に変化を感じていないが、50% が過ごしやすくなった、57.5% が快適さを感じている。この結果は緑のカーテンの温熱環境への影響調査において見られた気温上昇抑制、建物への蓄熱や熱輻射の抑制、風の有効利用による効果と考え

られる。

70%の方は夏の健康維持に対し少なからず意識するようになったと回答しており、緑のカーテンの設置を通じて夏を健康的に過ごすための意識の向上に有効性があると考えられる。さらに72.5%が冷房病予防の効果を少しでも感じており効果があることが予想されるが、緑のカーテンにどのような冷房病予防の効果があるのか、今後の科学的な調査が必要である。また、ストレスの感じ方において27.5%の方がストレスが和らいだと答えており、以上から、緑のカーテンが夏季の生活環境を過ごしやすいものとするために効果的であることが明らかとなった

緑のカーテンの普及は、環境に対する意識の改革だけでなく、夏の熱中症予防や熱帯夜による睡眠の質の改善をはじめとした、夏に健康で快適な生活に結びつく知識を得るための健康に対する意識の変化が期待できる。

5 緑のカーテン設置による温熱環境改善効果と設置方法に関するまとめ

今回の調査結果から緑のカーテン、スダレともに太陽光を遮り日影を形成することにより建物、屋内へ蓄積される熱輻射の減少を見込めることが確認できた。さらに、スダレに比較し緑のカーテンは熱輻射の蓄積、屋外気温の上昇、屋内気温の上昇を抑制する効果が高いことが明らかとなった。また、緑のカーテン自体の温度上昇が抑えられるため通過する風も温度上昇が抑えられる。一方、直射日光を受け高温となったスダレを通過する風の温度は上昇する可能性が考えられ、同程度の風を屋内に導入した場合、スダレと比較して緑のカーテン設置は温熱的快適感の改善につながる事が予想される。

しかし、緑のカーテンの生育には労力と時間、コストがかかるため手軽に導入できるスダレのメリットを活かす設置が重要となってくる。緑のカーテンの生育初期や育成不足の状態では葉の密集度が十分でなく、温熱環境を改善する効果が少ない。この状況下で緑のカーテン上部へ裏側からスダレを併設させ、スダレの遮光効果と緑のカーテンの冷却効果がそれぞれ

補完する使用により、高い温熱環境改善効果が期待される。また、建物の広範囲を覆うことができ、建物自体への蓄熱抑制やそれに伴う夜間の部屋の温度の上昇抑制が期待できる緑のカーテンに対し、狭い範囲を簡易に遮光して熱輻射を抑制することができるスダレのそれぞれの特徴を生かした使い方をすることにより夏季の温熱環境の改善、省エネに効果的につなげることができる使用方法を今回の研究成果から提案したいと考える。

研究成果のまとめとして、

- ①緑のカーテンにより屋外の温度上昇（緑のカーテン裏）、建物への蓄熱が抑えられていた。
- ②建物への蓄熱が抑えられることが、夜間の室温上昇の抑制に効果的であると考えられる。
⇒寝室に施工することにより、熱帯夜などによる不眠などの睡眠に関する健康問題の解決や夜間の空調使用の削減（都市温暖化緩和）につながる。
- ③窓を締め切った室内の温度は緑のカーテンがある部屋において昼夜とも低く推移した。
⇒エアコンを使用する建物や部屋には厚い緑のカーテンが省エネに効果が高いと考えられる。
- ④窓を開放する場合は、風をうまく導入することにより室内の快適感は向上した。
⇒エアコンを使用せず健康的な夏を過ごすための緑のカーテンの設置は、葉の間引きなどをおこない風をうまく利用することが重要と考えられる。
- ⑤スダレに比べて緑のカーテンは屋外気温上昇、屋内温度上昇、熱輻射増加を効果的に抑制する。
- ⑥スダレは太陽光の遮光による暑さの緩和効果を手軽に安価に得ることができる。
- ⑦緑のカーテンとスダレを上手に併用することにより効果的に温熱環境の改善が行える可能性がある。

緑のカーテンの設置は温熱環境の改善を通じて空調などに使用する電力の削減である省エネ効果に加えて、夏の生活環境や健康改善に有効な手段であることが示された。

I-5 研究資料

1 口頭発表（学会、シンポジウム）

宇野忠，赤塚慎（2011）緑のカーテンの温熱環境改善効果と健康影響，第50回日本生気象学会大会（京都），日本生気象学会雑誌 第48巻 第3号 S93

2 出張講義、セミナー

平成21年10月25日 緑のカーテン報告会（南アルプス市若草生涯学習センター）

「緑のカーテンの効果調査報告」

平成22年3月21日 第3回全国緑のカーテンフォーラム（県立文学館）

「山梨県内の緑のカーテンの調査と健康面への効果についての検討」

平成22年5月16日 緑のカーテンセミナー（南アルプス市保健福祉センター）

「汗がからだを冷やす効果を体験して緑のカーテンが涼しい理由を考えてみよう」

平成22年5月29日 環境科学講座（環境科学研究所）

「夏の健康問題と緑のカーテンによる生活環境改善の取り組み」

平成22年8月22日 緑のカーテン観察会（南アルプス市市役所西別館）

「夏の暑さの原因と緑のカーテンの効果」

平成22年9月4日 平成22年度緑サポータ養成研修（山梨県緑化センター）

「ヒートアイランド現象と緑のカーテンの効果について」
平成22年10月24日 緑のカーテン報告会（南アルプス市若草生涯学習センター）

「サーモグラフィーを使ったみどりのカーテンの観察報告」

平成22年11月28日 山梨県環境科学研究所 研究発表会&講演会（県立文学館）

「暑さを乗り切る緑のカーテン活用法」

平成23年5月15日 緑のカーテンセミナー（南アルプス市保健福祉センター）

「緑のカーテンはなぜ涼しいの？その冷却効果を考えてみる」

平成23年6月11日 環境科学講座（環境科学研究所）

「夏の暑さ緩和に緑のカーテン活用法」

平成23年9月4日 緑のカーテン観察会（南アルプス市役所）

「夏の暑さの原因と緑のカーテンの効果」

平成23年11月8日 やまなしエコライフ県民運動セミナー（びゅあ総合）

「温熱環境の測定結果から緑のカーテンの活用方法を考える」

3 その他の研究成果発表

・「山梨の夏を冷やせ 緑のカーテンガイドブック」への測定結果掲載

・山梨県地球温暖化防止活動推進センターWeb ページへの測定結果掲載

・日本経済新聞健康欄、山梨日日新聞への掲載

・山梨放送ニュース番組での研究成果発表

Ⅱ 研究成果報告

Ⅱ－１ はじめに：研究の目的

地球温暖化、都市温暖化（ヒートアイランド現象）などの気温上昇が世界規模で問題となっている。その対策のために様々な取り組みがなされており、国などの大規模なレベルでの対策が進む中で、民間や市民への環境活動のさらなる啓蒙・啓発の必要性が求められている。

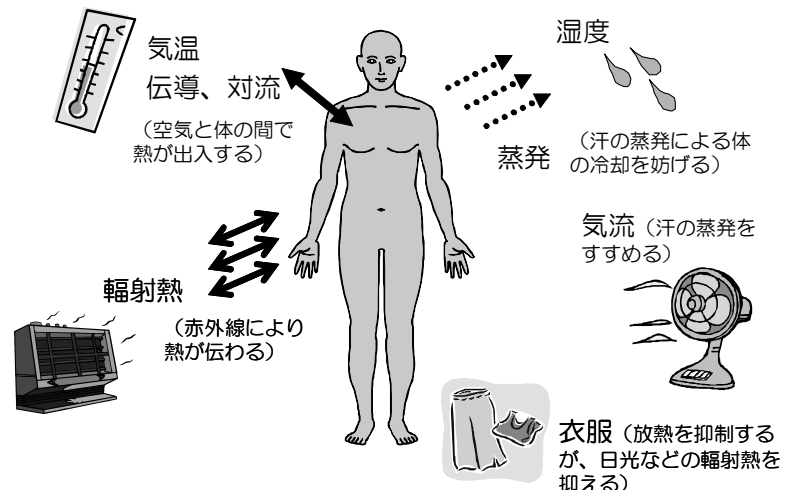
そのためには身近な生活において実施できる温暖化対策を目に見える形で定量化し、その効果を実施者が実感できることが重要である。また、夏季日中に高温環境が形成される甲府盆地地域において温熱環境を改善する手段として、温暖化を促進せず室内温度を調節する方法を推進する必要がある。

これらの背景を受け壁面緑化の一種として壁面や窓際などの建物の外側にネットを設置しゴーヤやヘチマ、アサガオなどのツル性の植物を育て、建物の表面に這わせる「緑のカーテン」を施設に設置する取り組みが行政、NPO 団体が積極的に働き県内に広がりつつある。この緑のカーテンは夏の強い日差しを遮り、植物の蒸散効果によって夏季の暑さを和らげる効果があると言われている。これまでの研究報告では赤外線カメラであるサーモビューア撮影による熱画像での緑化表面温度の低減効果やサーミスタ式温度計による連続測定での緑のカーテン設置部屋内と屋外での温度比較、天候による影響などが報告されている。また、緑化被覆率

による屋内照度への影響によって昼間での照明点灯の必要性や植物の蒸散作用によりもたらされる湿度の上昇、虫の誘引といった問題も報告されている。

今回の研究では緑のカーテンがもたらす温熱環境への影響を温度だけではなく相対湿度、熱輻射や風を測定することにより温熱環境要因とそれに起因する快適感、過ごしやすさについても考察を行う。私たちが「暑さ」を感じるのは気温（温度）の上昇だけではなく体の冷却を行うための発汗、蒸発に影響する相対湿度、風（気流）によっても左右される。その他に太陽や温められた壁面、アスファルトから赤外線によって放出される熱輻射によっても体は熱をうけ暑さを感じる。これらの測定項目への緑のカーテンの及ぼす影響を精査し、緑のカーテンがもたらす節電効果、夏季の生活環境改善や健康面への効果を明らかにする。また、簡便に設置でき緑のカーテンと同様な遮光効果が期待できるスタレとの比較を行い、緑のカーテンとスタレの有効な設置などの使用方法の提案、普及促進につながる知見の提出を行う。

以上の測定、解析結果から緑のカーテンが実施者の期待する成果をあげているかを定量化し、実際に目で見えて確認できる形で実施者へフィードバックを行うことにより環境活動の一環としての緑のカーテンの意義を明確なものとすると同時に緑のカーテンの普及促進に役立つことができる情報と効果的な使用方法の提案をすることを目的とする。



Ⅱ－２ 緑のカーテンの有無が温熱環境に与える影響

Ⅱ－２－１ 温熱環境調査 1

甲府市立貢川小学校において平成 21 年 8 月 18 日～20 日の間、緑のカーテンを設置している建物にて温熱環境の測定を行った。測定項目は温度、相対湿度、Globe 温度、風速である。温度、相対湿度は強制通風式の測定装置により直射日光を避け、常時通風状態で測定した。Globe 温度は黒球温度計（直径 15cm）により測定した。測定装置は地上 120cm の高さに設置し、5 分間隔でデータを蓄積した。測定箇所を図 2-1 に示す。温度、相対湿度は 7 箇所、Globe 温度と風速は緑のカーテンの設置している部屋と同建物の設置していない部屋の 2 箇所において測定し、比較検討した。

屋外の温度の推移を図 2-2 に示す。緑のカーテン前面、裏、緑のカーテンのない部屋の前面において温度の違いは見られなかった。測定時期が 8 月下旬となったため、緑のカーテンの葉が覆う面積が減少したため、屋外での温度上昇抑制効果が薄れてしまったと考えられる。

次に屋内の温度変化を示す。図 2-3 は窓を締めた状態での室温の推移を示す。緑のカーテンを設置している部屋において室温は最大 1.2℃、平均 $0.60 \pm 0.23^\circ\text{C}$ 低くなっており、緑のカーテンの温度上昇抑制効果が確認できた。また、温度差は小さくなる傾向にあるが、昼間だけでなく夜間の室温においても低く推移している（夜間平均 $-0.41 \pm 0.06^\circ\text{C}$ ）。

同様に窓を閉めた状態での室内における不快指数の変化を図 2-4 に示す。不快指数の算出には「不快指数 $= 0.81 \times \text{温度} + 0.01 \times \text{相対湿度}$ ($0.99 \times \text{温度} - 14.3$) $+ 46.3$ 」にて計算を行った。不快指数は気温が高い時に感じる蒸し暑さに伴う不快感を表す指数であり、温度と相対湿度から求める。値が 75～80 で暑さを感じはじめ、80 を超えると暑さで不快を感じ、85 を超えると我慢できなくなる状態に陥る。緑のカーテンが無い状態では日中不快指数は 82 を超えるのに対し、緑のカーテンが設置されている部屋では 80 前後に留まり、温度だけでなく蒸し暑さに伴う不快感も緑のカーテンによ

り抑えられていることが示された。

窓を閉めた状態における緑のカーテンの設置による室温上昇の抑制効果を図 2-5 に示す。窓を開放し外気を室内に導入することにより、その温度差は減少することがわかる。窓の開閉状態によって私達が感じる「暑さ」をもたらす原因が温度だけでなく湿度や熱輻射、風などにもよることを踏まえて快適に過ごす温熱環境について考えなければならない。

黒球温度計による Globe 温度の推移を図 2-6 に示す。Globe 温度は熱輻射を示しており、人体への熱の蓄積に重要なファクターである。熱中症は温度と熱輻射が増加することにより体温が上昇し罹患することから、最近では温度と Globe 温度、湿度を加味した熱中症指数として WBGT 値が用いられている。Globe 温度は緑のカーテンがある部屋において低く推移しており、緑のカーテンが熱輻射の抑制に効果的であることが明らかとなった。

緑のカーテンの設置による屋内環境の快適感に対する影響を図 2-7 に示す。屋内環境での過ごしやすさは温度だけで決まるのではなく、湿度や熱輻射など様々な要因に左右される。今回は温度、相対湿度、熱輻射、風速から快適性の指標である標準新有効温度 SET*を算出し、緑のカーテンの有無による違いを検討した。SET*の算出には「新版・快適な温熱環境のメカニズム」に付属の「ASHRAE SET* 演算ソフト」を使用し作業量 1met、着衣量 0.6clo にて求めた。測定条件は窓を開放し、学校の教室などの空調装置が使用しにくい状況を想定している。SET*は暑い環境では値が低いほうが快適であることを示し、図 2-7 に示した結果から緑のカーテンを設置した室内においては設置していない部屋に比べ低い値となり、快適感が高いことがわかる。前述したように測定時期が 8 月下旬であったため植物の被覆率がおおよそ 60%ほどにとどまっており、十分な葉間により風の導入が緑のカーテンの設置状態でももたらされ室内風速に違いは見られていない。風温においては緑のカーテンを通過した風の方が設置していない部屋に比べ低く推移していた（図 2-8）。今回の測定条件下で快適性の向上をもたらしたのは、温度と熱輻射が低く抑えられていたことによると考えられる。

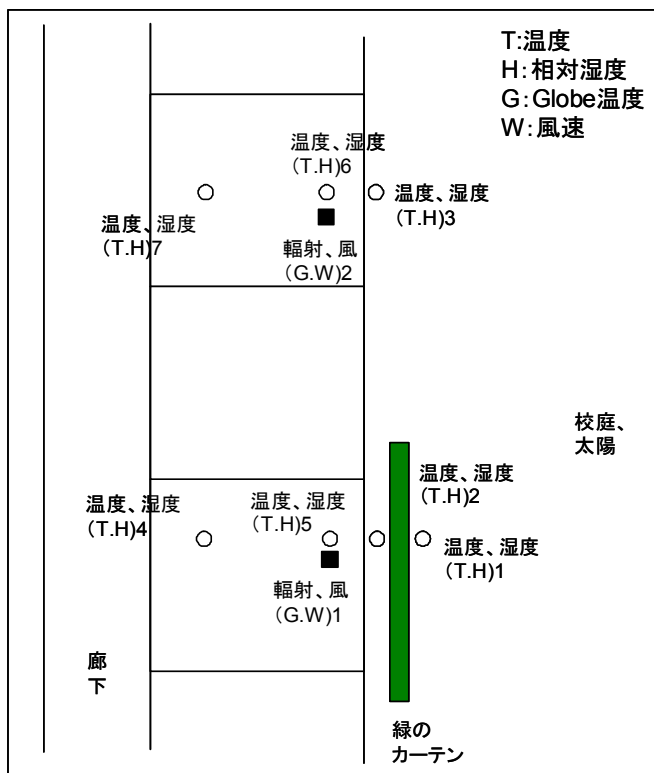


図 2-1 甲府市立真川小学校での温熱環境測定状況と測定装置

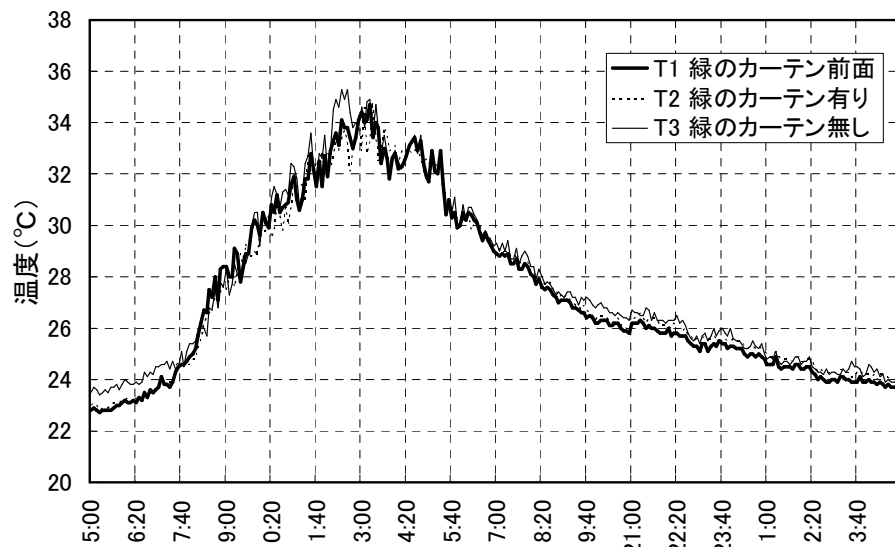


図 2-2 緑のカーテン有り無しによる屋外温度の変化

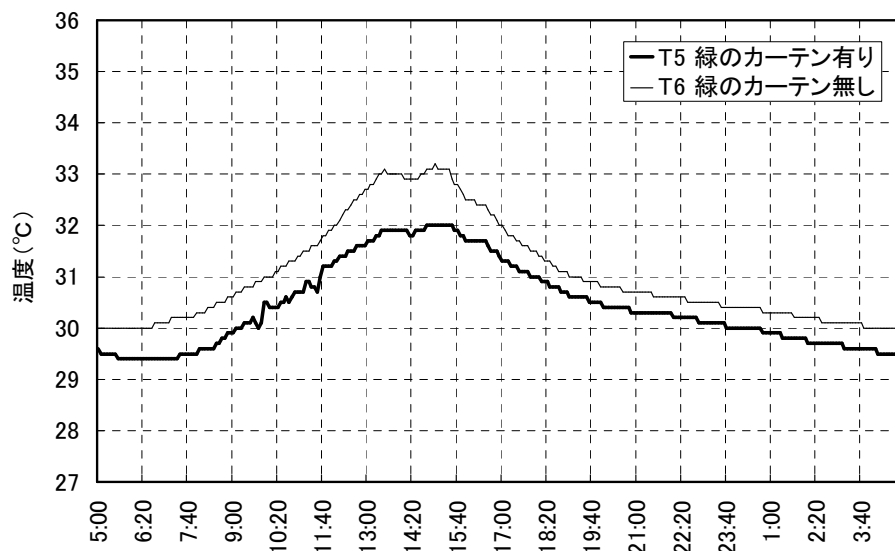


図 2-3 窓を閉めた状態での屋内温度の変化

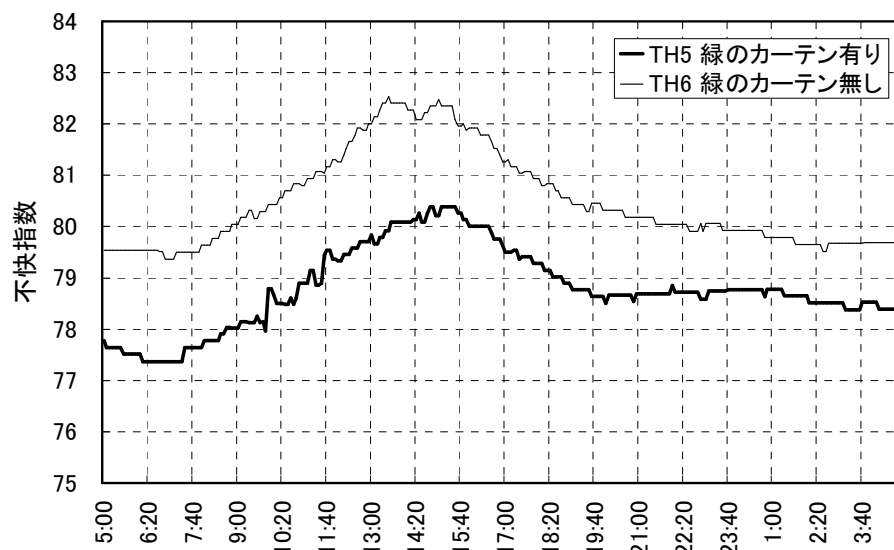


図 2-4 窓を閉めた状態での屋内不快指数の変化

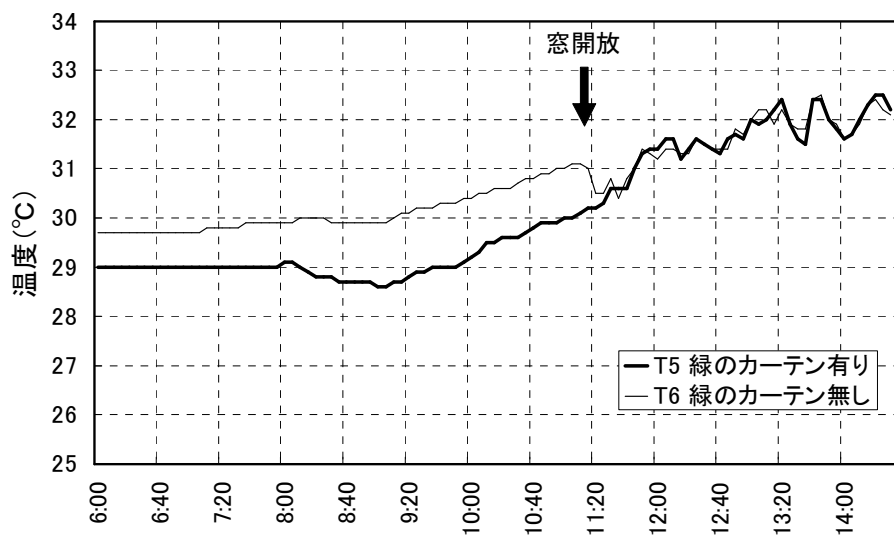


図 2-5 窓開放による緑のカーテン有り無しの屋内温度の変化

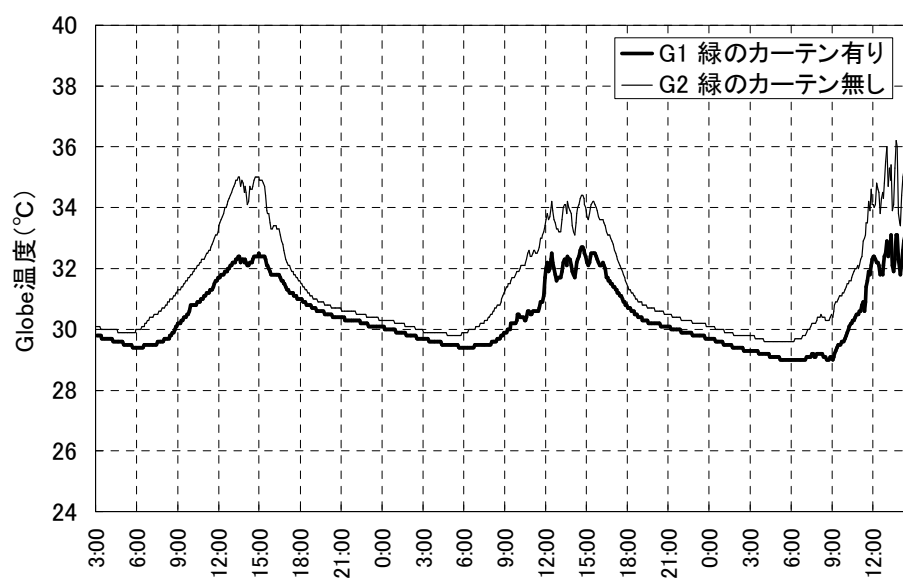


図 2-6 緑のカーテン有り無しによる屋内 Globe 温度の変化

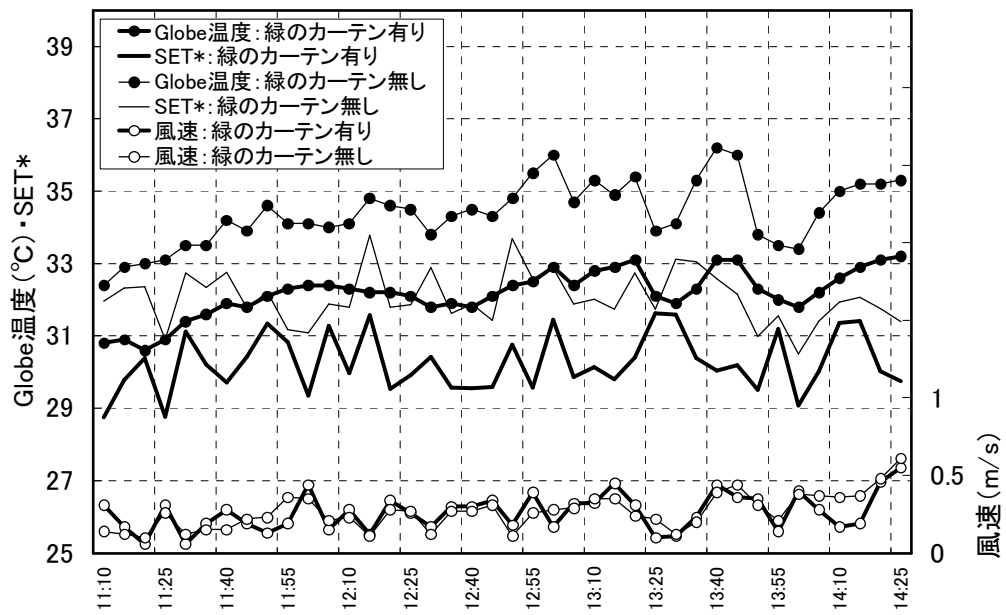


図2-7 緑のカーテン有り無しによる窓開放時の屋内Globe温度、SET*、風速の変化

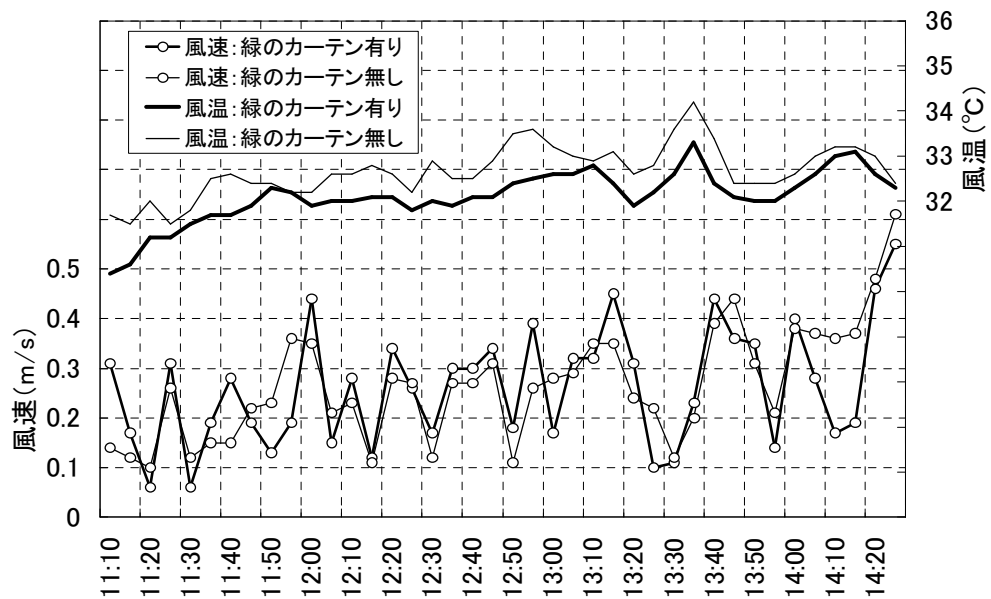


図2-8 緑のカーテン有り無しによる屋内風速、風温の変化

Ⅱ－２－１ 温熱環境調査 2

南アルプス市役所西別館において平成 21 年 8 月 22 日～24 日の間、緑のカーテンを設置している建物で温熱環境の測定を行った。測定項目は温度、相対湿度、Globe 温度、風速である。温度、相対湿度は強制通風式の測定装置により直射日光を避け、常時通風状態で測定した。Globe 温度は黒球温度計（直径 15cm）により測定した。測定装置は地上 120cm の高さに設置し、5 分間隔でデータを蓄積した。測定箇所を図 2-9 に示す。温度、相対湿度は 5 箇所（①～⑤）、Globe 温度と風速を緑のカーテンの設置した部屋と同建物の設置していない部屋の 2 箇所（③、⑤）で測定し比較検討した。

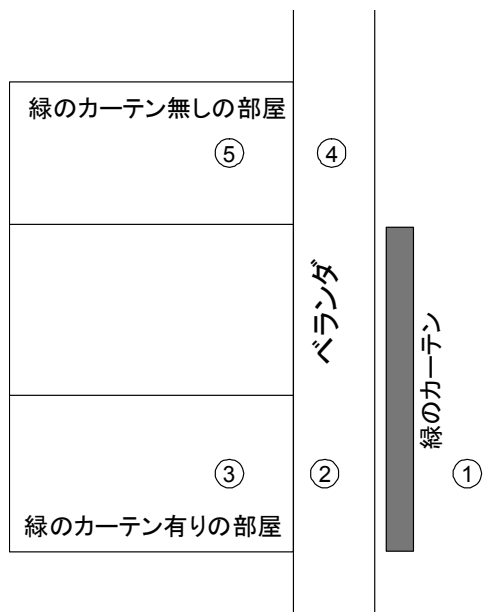
屋外の温度の推移を図 2-10 に示す。緑のカーテン前面、緑のカーテンがないベランダに比べ緑のカーテンがあるベランダでは日中平均 $0.77 \pm 0.83^{\circ}\text{C}$ 、最大 2.6°C の温度の違いが見られ、屋外での緑のカーテンによる日中の温度上昇抑制効果が確認できた。このときの建物の表面温度分布を図 2-11 に示す。緑のカーテン裏の建物の壁面（日影）と緑のカーテンがない同質の壁面では最大 8°C の温度の差が見られ、ひさしによる日影においても $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ の違いが見られた。緑のカーテンにより建物の表面温度が低く維持出来ていることから建物への蓄熱（潜熱）が抑えられていることが予想される。

次に屋内の温度変化を図 2-12 に示す。窓を締め切った状態での測定である 12:30 までにおいて、カーテンが設置している部屋で室温は最大 1.0°C 、日中平均 $0.47 \pm 0.34^{\circ}\text{C}$ 低くなっており、エアコンを使用した場合、この温度差分の電力消費を抑えることができると考えられる。また、窓を開放すると外気の部屋への導入が多くなるため両部屋の気温差は減少する。しかし、窓を再度閉めると夜間、緑のカーテンがある部屋の室温が低く推移している。前述した建物への蓄熱が抑えられていることにより夜間においても室温の上昇を抑える効果が確認できた。また、図 2-13 に示すように窓の開放によって屋内不快指数の両条件での差はなくなるが、再度窓を閉めても夜間の不快指数の改善効果が

見られた。この結果は、最近問題となっている熱帯夜による健康問題、夜間のエアコン使用増加による電力消費量増加、都市温暖化進行の問題の解決に緑のカーテンの寝室、または寝室に影響がある壁面への設置が効果的であることを示している。

黒球温度計による Globe 温度の推移を図 2-14 に示す。Globe 温度は熱輻射を示しており、人体への熱の蓄積に重要なファクターである。Globe 温度は緑のカーテンがある部屋において低く推移しており、緑のカーテンが熱輻射の抑制に効果的であることが明らかとなった。

緑のカーテンの設置による屋内環境の快適感に対する影響を図 2-15 に示す。屋内環境での過ごしやすさは温度だけで決まるのではなく湿度や熱輻射など様々な要因に左右されるため温度、相対湿度、熱輻射、風速から快適感の指標である標準新有効温度 SET*を算出し、緑のカーテンの有無による違いを検討した。測定条件は窓を開放し、学校の教室などの空調装置が設置されていない状況を想定している。SET*は暑い環境では値が低いほうが快適であることを示すが、今回の測定では緑のカーテンを設置していない部屋より設置している部屋での快適感が低い結果となった。この時の室温は図 2-12 で示している窓を開放している期間にあたるため、緑のカーテンを設置している部屋のほうが低く推移している。一方、図 2-15 下部の風速のグラフから緑のカーテンを設置している部屋では設置していない部屋に比べ、風がうまく部屋の中に導入できていないことがわかる。これは、緑のカーテンの葉が生い茂り、非常に厚いものとなったため 1m/s 以下の微風が導入されにくく、温度の上昇は抑えられるが快適感は低くなったと考えられる。これらの結果から、空調を使用する前提の施設での緑のカーテンは、葉が密な状態で遮光効果が十分発揮できる生育状況が望ましく、学校の教室や冷房病回避などの空調装置の使用を抑えた健康的な夏の生活環境を求める場合では、緑のカーテンの葉を間引くなどの対応により、風をうまく導入することが大切であると考えられる。



屋内強制通風式温度湿度計、
Globe 温度計、微風速計



屋外強制通風式温度湿度計

図 2-9 南アルプス市役所西別館での温熱環境測定状況と測定装置

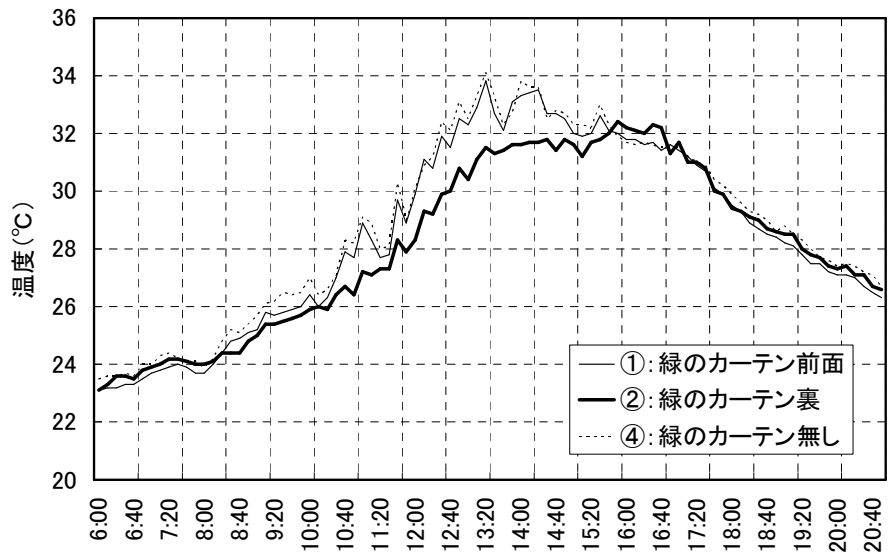


図 2-10 緑のカーテン有り無しによる屋外の温度の変化

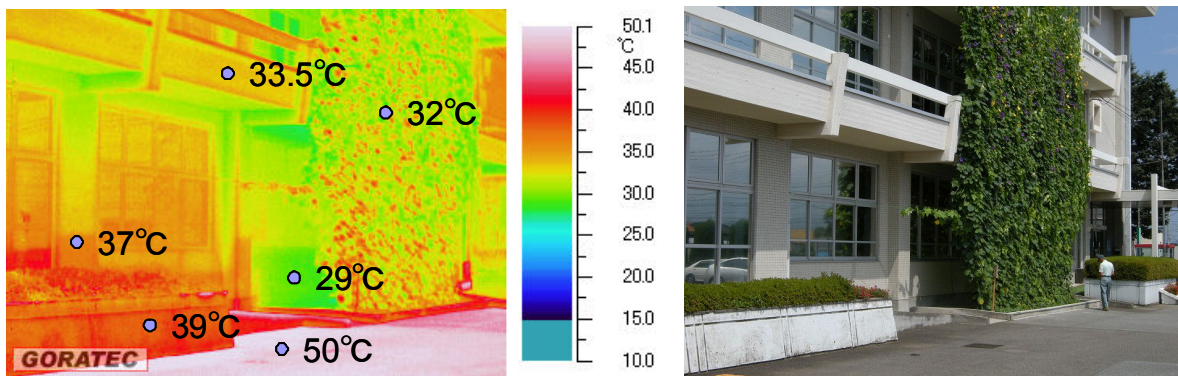


図 2-11 サーモビューア撮影による表面温度分布

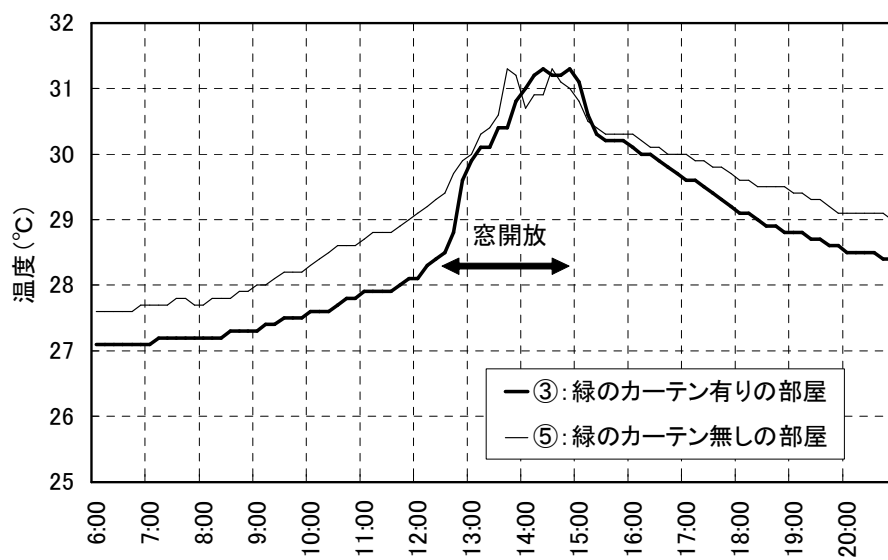


図 2-12 窓を閉めた状態の室温に対する窓開放の影響

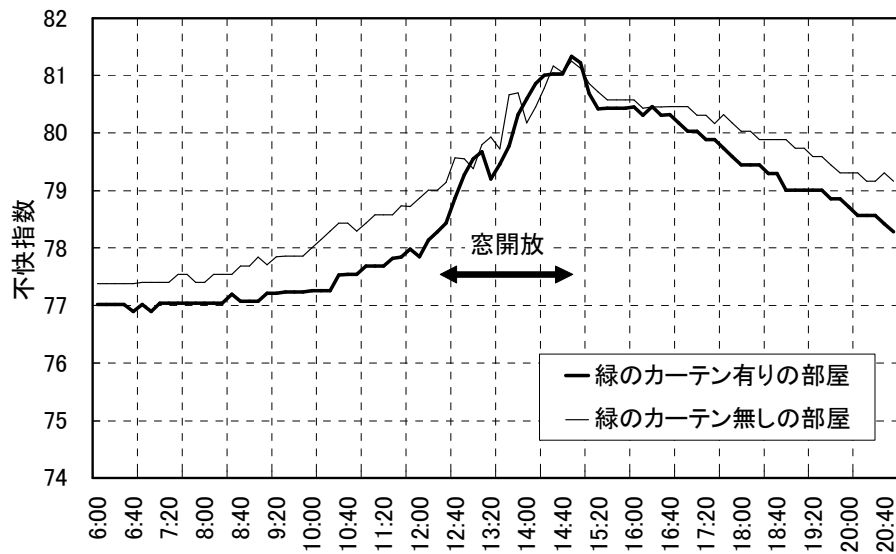


図 2-13 窓を閉めた状態の不快指数に対する窓開放の影響

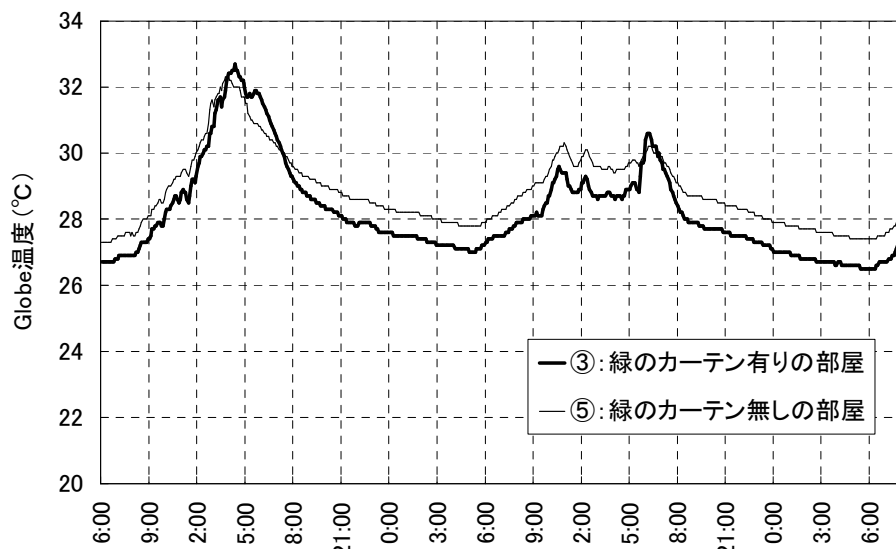


図 2-14 緑のカーテン有り無しによる屋内 Globe 温度の変化

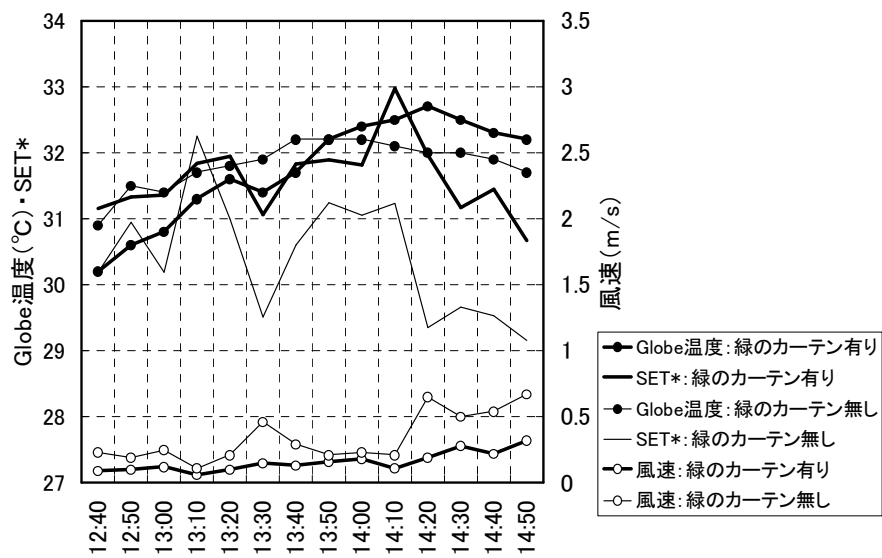
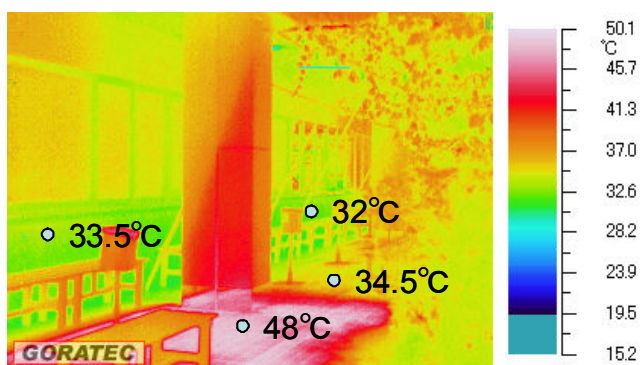


図 2-15 緑のカーテン有り無しによる屋内 Globe 温度、SET*、風速の変化

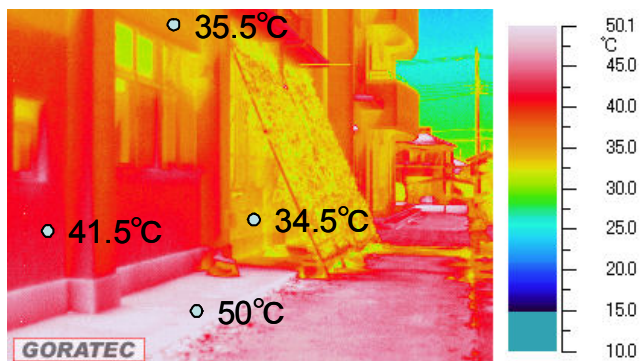
Ⅱ－３ サーマビューア測定による表面温度の分布

緑のカーテンを設置している施設 14 箇所において、平成 21 年 8 月 18 日～24 日にサーモビューアカメラによる撮影をおこない、表面温度分布の違いを検討した。緑のカーテンは主に遮光により建物への直射日光を遮り、カーテンが設置されていない同じ壁面よりも 3.0 ～11.0℃壁面温度が低く推移していた。この傾向はアスファルトなどの地面に対しより強くでていた。壁面

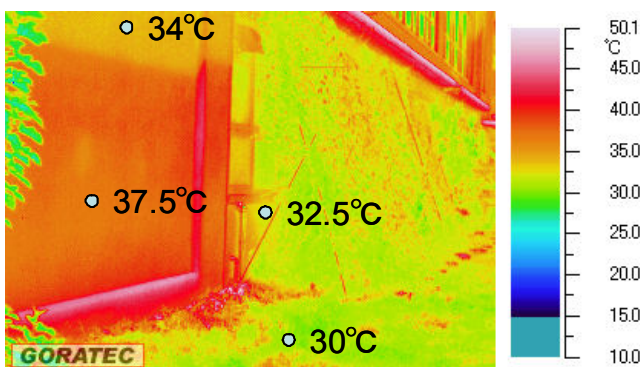
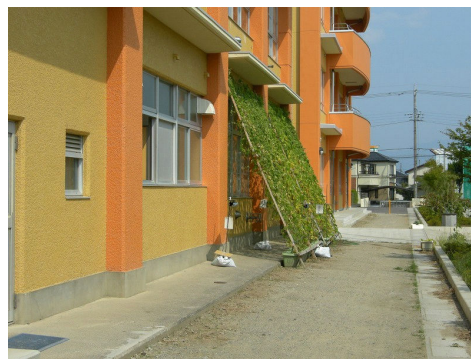
の表面温度を低く維持できることは、建物への蓄熱（潜熱）を抑制することにつながると推測される。これにより温熱環境調査で見られた夜間の室温を低く保つことにつながっていると思われる。以下に、平成 21 年度サーモビューアで測定した施設の表面温度分布を示す。



横河マニュファクチャリング 平成 21 年 8 月 18 日 13:45

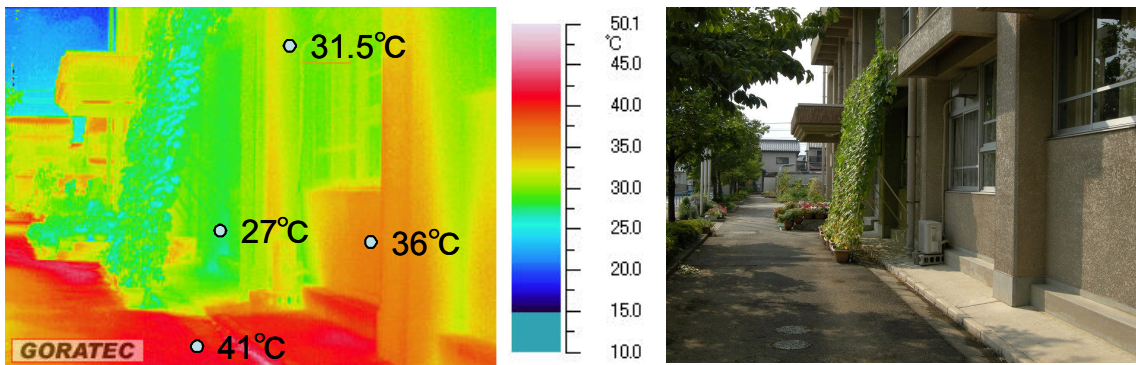


貢川小学校 平成 21 年 8 月 18 日 14:20

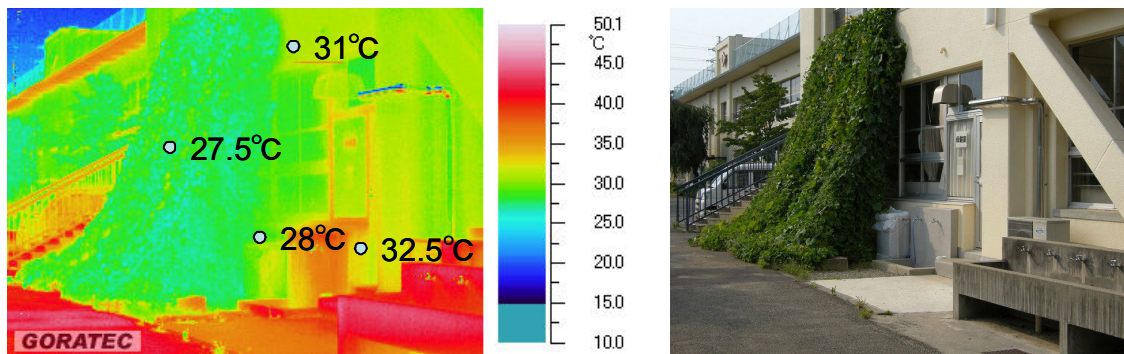


富士川小学校 平成 21 年 8 月 18 日 14:50

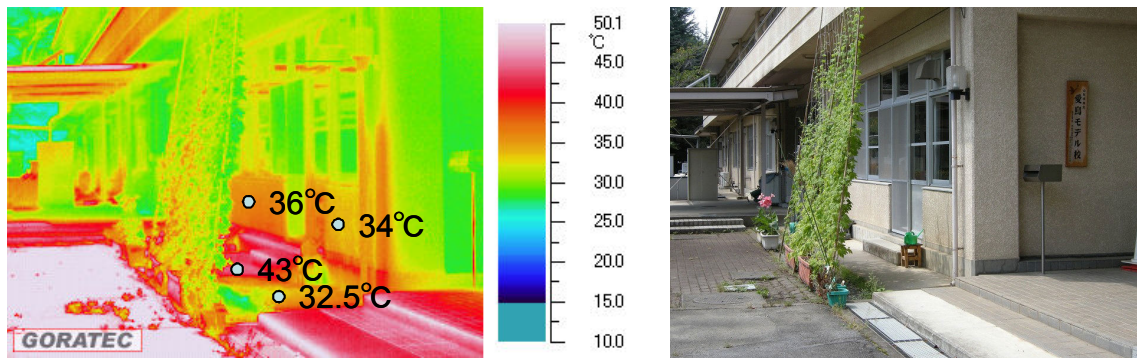




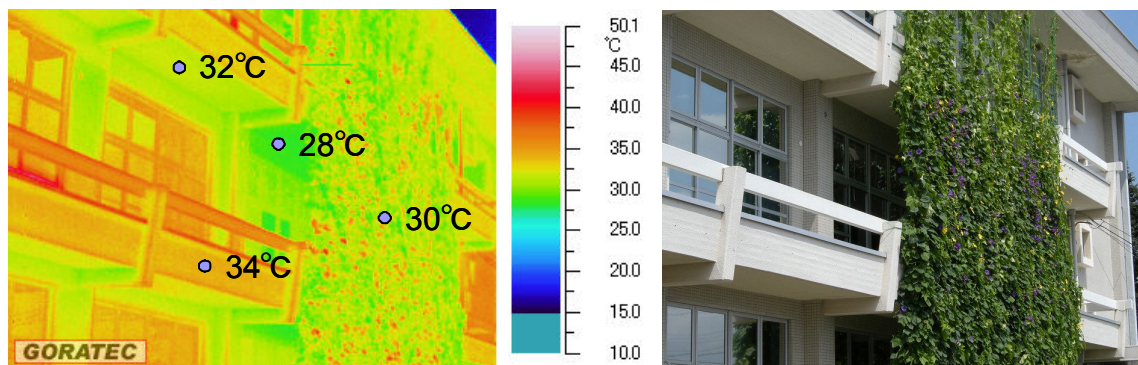
琢美小学校 平成21年8月18日 15:20



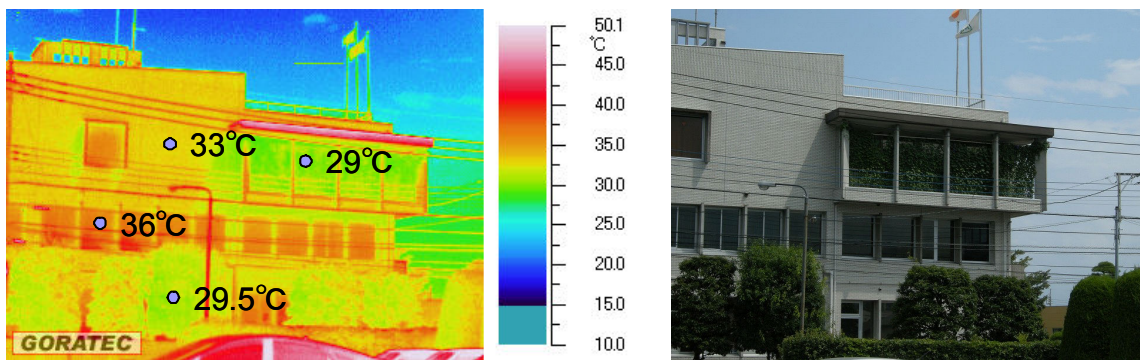
石田小学校 平成21年8月18日 15:40



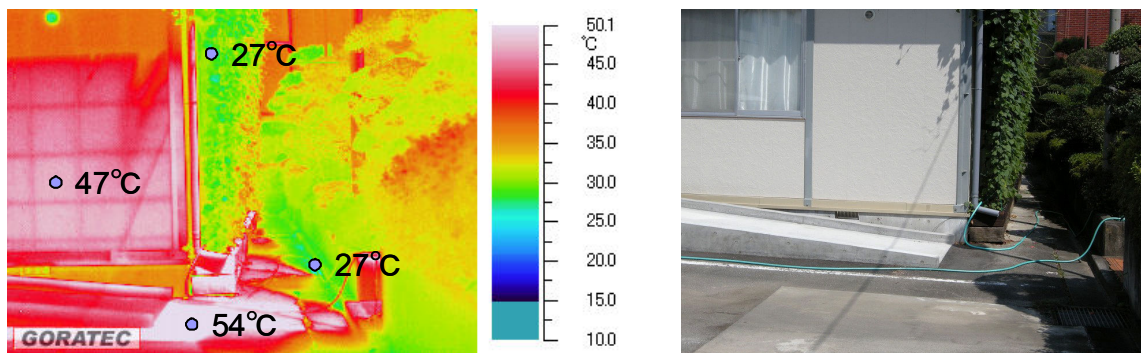
千代田小学校 平成21年8月20日 13:00



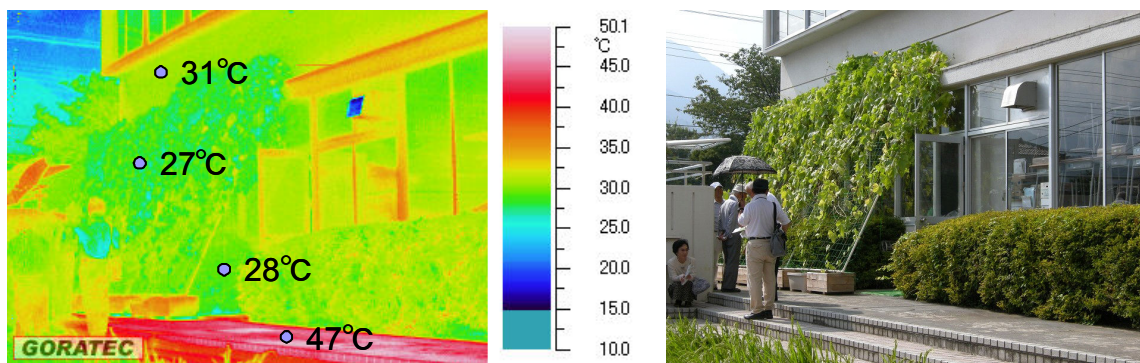
南アルプス市役所 西別館 南側花壇 平成21年8月22日 12:30



南アルプス市役所 本庁舎3階 監査委員事務局 平成21年8月22日 12:30



南アルプス市役所 本庁舎分室 地球温暖化対策室 平成21年8月22日 12:30



小笠原小学校 平成21年8月22日 14:40

Ⅱ－４ 緑のカーテンとスタレ設置時での温熱環境測定

平成 22 年 8 月 22 日南アルプス市役所西別館において緑のカーテンに隣接するベランダにスタレ（200cm×180cm、2 枚）を設置し、サーモビューアカメラによる赤外線画像の撮影により表面温度の分布の違いを比較した（図 4-1）。その結果、緑のカーテンの表面温度は約 36.3℃（低い場所では 33℃前後）に対し、スタレの表面温度は約 38.8℃と 2.5℃の違いが見られた。緑のカーテン、スタレともに太陽光を遮り温熱環境を改善する効果が認められるが、緑のカーテン自体の温度は葉の蒸散作用で上昇しにくく、高い温度となってしまうスタレと比較して緑のカーテン自身からの熱輻射が低く抑えられ温熱環境の改善に効果が高いことが考えられる。

甲府市立舞鶴小学校（平成 22 年 8 月 5 日）、南アルプス市役所西別館（平成 22 年 8 月 22 日～23 日）の緑のカーテンを設置している建物において緑のカーテンにスタレ（200cm×180cm、1 枚または 2 枚）を併設し、屋外と屋内での温熱環境の連続測定を行った。測定項目は温度、相対湿度、Globe 温度、風速である。温度、相対湿度は強制通風式の測定装置により直射日光を避け、常時通風状態で測定した。Globe 温度は黒球温度計（直径 15cm）により測定した。測定装置は地上 120cm の高さに設置し、5 分間隔でデータを蓄積した（図 4-2）。

甲府市立舞鶴小学校での屋外の温度の推移を図 4-3 に示す。測定器は緑のカーテン、スタレの日影部、何も無い状態では日向に設置した。何も無い状態と比較しスタレ設置で $0.42 \pm 0.22^\circ\text{C}$ 、緑のカーテン設置で $1.24 \pm 0.28^\circ\text{C}$ 低く気温が推移し、緑のカーテンとスタレ共に温度上昇抑制効果が見られるが、スタレと比較して緑のカーテンの効果がより高いことが確認できた。

黒球温度計による Globe 温度の推移を図 4-4 に示す。Globe 温度は熱輻射を示しており、人体への熱の蓄積に重要なファクターである。熱中症は温度と熱輻射が増加することにより体温が上昇し、罹患することから最近では温度と Globe 温度を加味した熱中症指数として WBGT 値が用いられている。何も無い状態に比べスタ

レでは $6.22 \pm 2.77^\circ\text{C}$ 、緑のカーテンでは $8.53 \pm 2.73^\circ\text{C}$ 低い値で推移し、共に太陽光を遮ることにより熱輻射の抑制に高い効果が見られるものの緑のカーテンがより高い効果を示した。屋外における快適感の比較を行った（図 4-5）。

屋外環境での過ごしやすさは温度だけで決まるのではなく湿度や熱輻射など様々な要因に左右される。温度、相対湿度、熱輻射、風速から快適感の指標である標準新有効温度 SET*を算出し快適感への影響を検討した。SET*の算出には「新版・快適な温熱環境のメカニズム」に付属の「ASHRAE SET* 演算ソフト」を使用し作業量 1met、着衣量 0.6clo にて求めた。SET*は暑い環境では値が低いほうが快適であることを示す。屋外における今回の測定では何も無い状態、スタレ、緑のカーテンの順に SET*が低く、緑のカーテンが最も快適感が高い結果となった。スタレ、緑のカーテンは温度と熱輻射を示す Globe 温度を低く抑えることができ、快適感を下げる要因となる緑のカーテン設置時の相対湿度の上昇の影響を上回ったと考えられる。

南アルプス市役所西別館での屋内外の温度、Globe 温度の推移を図 4-6 に示す。緑のカーテン、スタレの設置場所により午後の日が傾く時間には横からの太陽光の屋内への侵入が見られたため日の出からの午前中（5 時 10 分～12 時 00 分）において比較を行った。スタレに比べ、緑のカーテン設置屋内で気温において $0.71 \pm 0.14^\circ\text{C}$ 、熱輻射において $0.76 \pm 0.09^\circ\text{C}$ 低い値を示し、屋内においてもスタレに比べ緑のカーテンの温熱環境改善効果が高いことが示された。

屋内環境の快適感に対する緑のカーテンとスタレ設置の影響を SET*の算出により比較した（図 4-7）。測定条件は窓を開放し、学校の教室などの空調装置が使用しにくい状況を想定している。室内の熱輻射を示す Globe 温度は前述の斜陽が挿し込む午後 2 時までスタレに比べ緑のカーテンがより抑えられているが、風速はスタレを設置した部屋内において強く、SET*の値を比較すると緑のカーテンに比べ、スタレを設置した部屋の方が快適感が高い結果となった。これは、南アルプス市役所西別館の緑のカーテンが良好に生育しており、かなり厚いカーテンを形成し、風通しが悪くなっ

ていることに起因していると考えられる。この建物においては空調を使用することが多いため、窓を閉めきった状態で緑のカーテンを使用することが前提にあるので風の導入は重視しておらず、遮光効果を最大限に生かす設置であったためと思われる。本来なら学校などに設置されている窓を開放し風の導入を前提とした緑のカーテンで測定を行わなければならなかった。しかし、今回の結果から葉の間引きなどにより風を上手く導入できなければ、緑のカーテンの設置が快適感においてスダレより不快な状態に陥る可能性が示唆された。

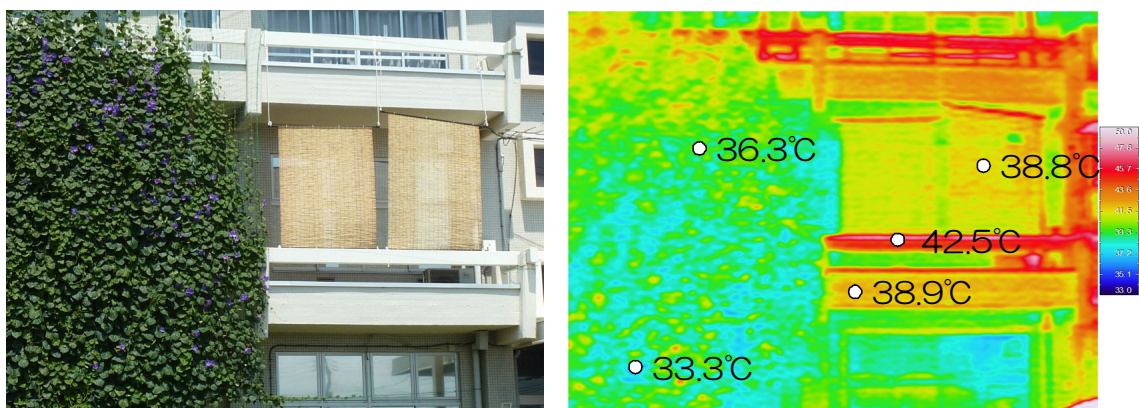


図 4-1 緑のカーテンとスタレのサーモビューア撮影画像（南アルプス市西別館）



図 4-2 緑のカーテンとスタレの温熱環境測定風景

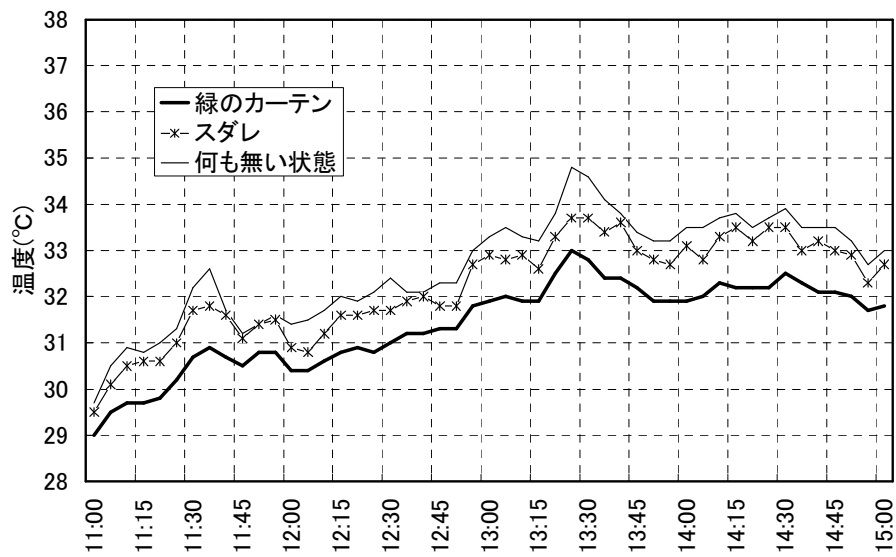


図 4-3 緑のカーテンとスタレでの屋外気温の変化(甲府市立舞鶴小学)

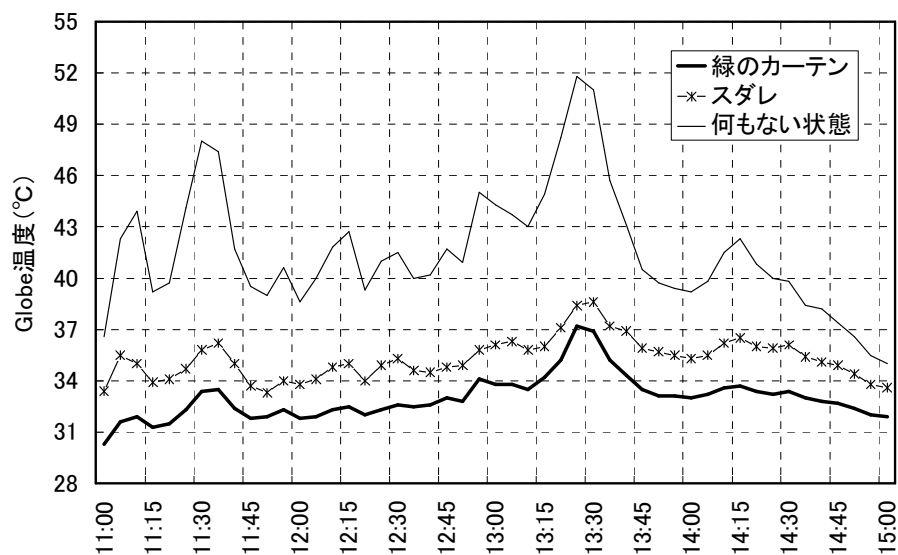


図 4-4 緑のカーテンとスダレによる屋外 Globe 温度の変化

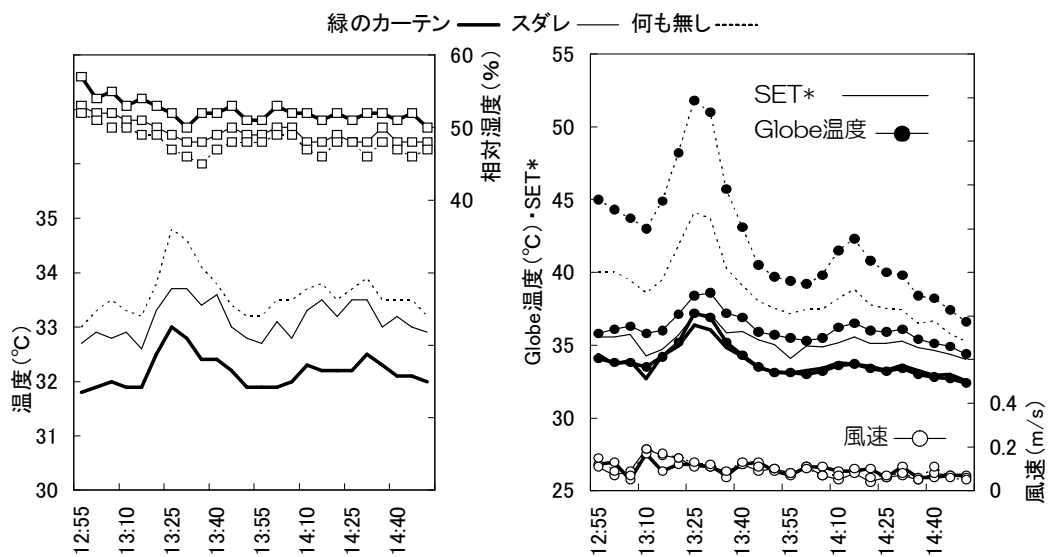


図 4-5 緑のカーテンとスダレによる屋外の温度、湿度、風速、Globe 温度 SET*の変化

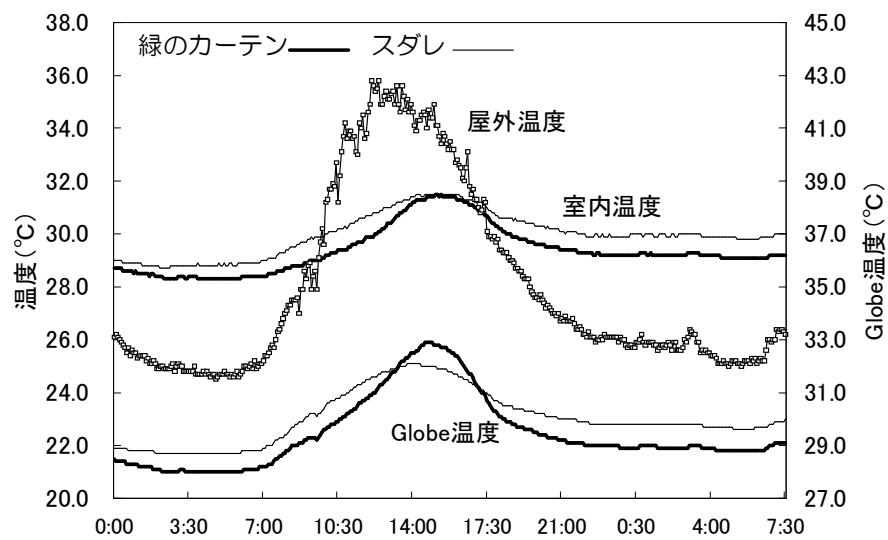


図 4-6 緑のカーテンとスダレによる屋内温度、熱輻射の違い
(南アルプス市役所西別館)

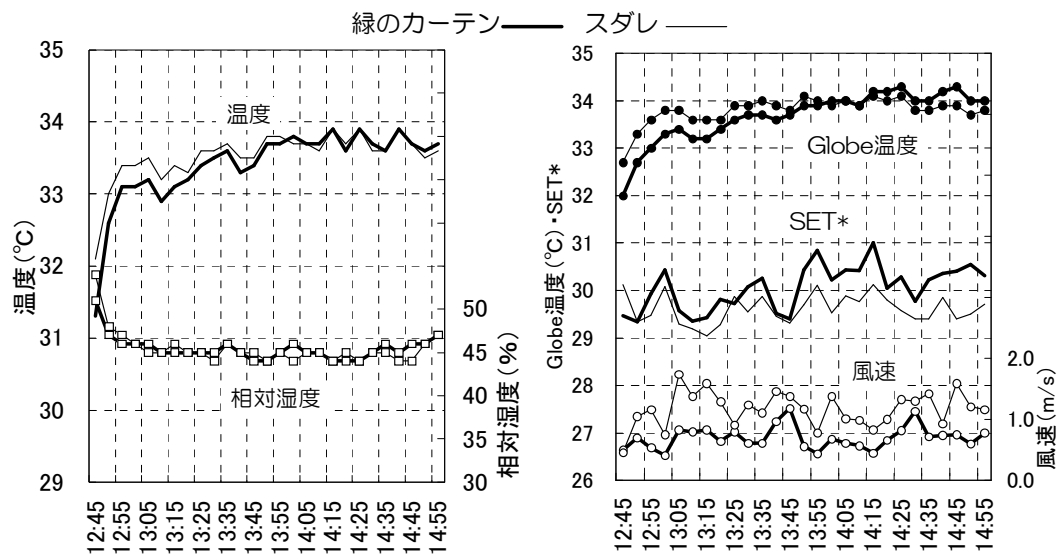


図 4-7 緑のカーテンとスダレによる屋内の温度、湿度、風速、Globe
温度 SET* の変化

Ⅱ－５ 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果

Ⅱ－５－１ 平成 21 年度アンケート調査結果

平成 21 年夏季、緑のカーテン設置者 37 名について緑のカーテンが人々の健康、健康意識に与える影響を調査するため「緑のカーテンと健康についてのアンケート」（別紙）にてアンケート調査をおこなった。アンケート回収率は 40 名中 37 名回答で 92.5%であった。男性 9 名、女性 27 名、無回答 1 名で 50 歳以上の方が 70%を占めている。緑のカーテンを設置した方角は南向きが 60%で最も多く、次いで西向き 17.8%である。また、設置した部屋は居間が 52.2%、その他 32.6%、キッチン 8.7%、寝室 6.5%であった。緑のカーテンの被覆率は 70%以上の方が 7 割以上を超えており、緑のカーテンの効果が十分に発揮され则认为られている被覆率 6 割を大部分の実施者が達成している状況であった。図 5-1 に示すように夏の過ごしやすさについて 73%の方が過ごしやすくなったと感じており、82%が

快適であったと回答している。また、ストレスの感じ方において 46%がストレスが和らいだと答えており、実施者は緑のカーテンが夏季の生活環境の改善に効果的であると感じていることが明らかとなった。しかし、夏の疲労感については 70%の方が特に変化を感じず、睡眠の時間、質の向上にも寝室への実施が少なかったことが起因してか、効果はあまり見られていない。また、図 5-2 に示すように 79%が冷房病予防の効果を少しでも感じており効果があつたことが予想される。最後に図 5-3 に示すように 78.4%の方が夏の健康維持に対し少なからず意識するようになったと回答しており、緑のカーテンを通じて夏を健康的に過ごすための意識の向上に高い効果があると考えられる（表 1）。

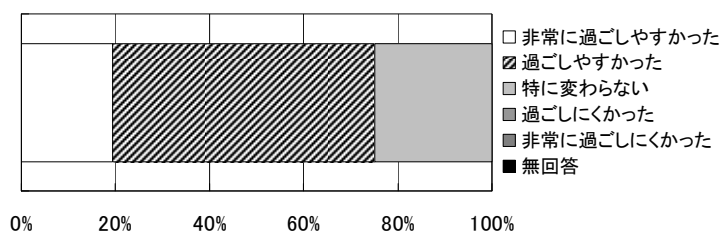


図 5-1 過ごしやすさについて

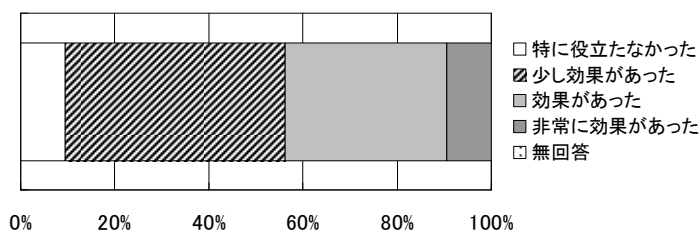


図 5-2 冷房病予防に効果を感じるか

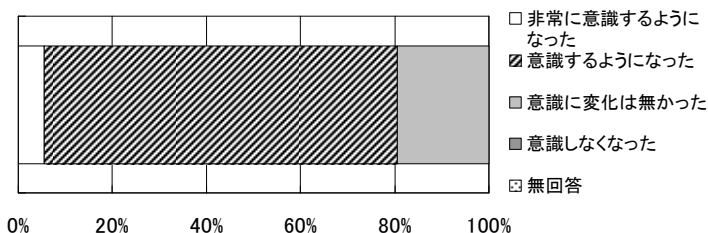


図 5-3 夏の健康維持に対する意識について

Q1 性別

男性	24.3%
女性	73.0%
無回答	2.7%

Q2 年代

10歳代	0.0%
20歳代	0.0%
30歳代	18.9%
40歳代	8.1%
50歳代	27.0%
60歳代	29.7%
70歳代以上	13.5%
無回答	2.7%

Q3 方角(複数回答可)

北	2.2%
北東	0.0%
東	11.1%
南東	6.7%
南	60.0%
南西	0.0%
西	17.8%
北西	2.2%

Q4 部屋の種類(複数回答可)

居間	52.2%
寝室	6.5%
キッチン	8.7%
その他	32.6%
無回答	0.0%

Q5 被覆範囲

全体	48.6%
7割	21.6%
半分	16.2%
2割	8.1%
少し	0.0%
無回答	5.4%

Q6 緑のカーテン設置による暑さ・涼しさ

暑くなった	2.7%
少し暑くなった	2.7%
特に変わらない	16.2%
少し涼しくなった	45.9%
涼しくなった	32.4%
無回答	0.0%

Q7 夏の過ごしやすさ

非常に過ごしやすかった	18.9%
過ごしやすかった	54.1%
特に変わらない	24.3%
過ごしにくかった	0.0%
非常に過ごしにくかった	0.0%
無回答	2.7%

Q8 快適感

非常に快適であった	13.5%
快適であった	67.6%
特に変わらない	16.2%
不快であった	0.0%
非常に不快であった	0.0%
無回答	2.7%

Q9 夏の間の疲れやすさ・疲労感

非常に疲れた	0.0%
疲れた	0.0%
特に変わらない	70.3%
疲れにくかった	27.0%
非常に疲れにくかった	0.0%
無回答	2.7%

Q10 夏の睡眠時間

非常に増えた	0.0%
増えた	18.9%
特に変わらない	75.7%
減った	0.0%
非常に減った	0.0%
無回答	5.4%

Q11 睡眠の質

朝までぐっすり眠れた	2.7%
目覚めが良くなった	10.8%
特に変わらない	75.7%
起床までに何度か目が覚めた	2.7%
なかなか寝付けず頻繁に目が覚め	0.0%
無回答	8.1%

Q12 夏の健康維持に対する意識

非常に意識するようになった	5.4%
意識するようになった	73.0%
意識に変化は無かった	18.9%
意識しなくなった	0.0%
無回答	2.7%

Q13 緑のカーテン設置部屋の使用状況(複数回答可)

使用範囲が広がった	5.3%
使用時間が増えた	28.9%
特に変わらなかった	63.2%
使用時間が減った	0.0%
使用範囲が狭まった	0.0%
無回答	2.6%

Q14 ストレスの感じ方

強くストレスを感じた	0.0%
ストレスを感じた	2.7%
ストレスは感じなかった	45.9%
ストレスが和らいだ	45.9%
無回答	5.4%

Q15 冷房病予防の効果

特に役立たなかった	8.1%
少し効果があった	40.5%
効果があった	29.7%
非常に効果があった	8.1%
無回答	13.5%

表 1 平成 21 年緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果

Ⅱ－５－２ 平成 22 年度アンケート調査結果

平成 22 年夏季、緑のカーテン設置者 40 名について緑のカーテンが人々の健康、健康意識に与える影響を調査するため「緑のカーテンと健康についてのアンケート」にてアンケート調査をおこなった。

アンケート回収率は 250 名中 40 名回答で 16%であった。男性 10 名、女性 28 名、無回答 2 名で 50 歳以上の方が 80%を占めている。緑のカーテンを設置した方角は南向きが 61.9%で最も多く、次いで西向き 21.4%である。また、設置した部屋は居間が 58.1%、寝室が 20.9%であった。緑のカーテンの被覆率は 78%の方が 7 割以上を超えており、緑のカーテンの効果が十分に発揮されると考えられている被覆率 6 割を多くの方が達成している状況であった。夏の暑さ涼しさについて

85%の方が涼しさを感じており、過ごしやすさと快適感については 35%前後の方が特に変化を感じていないが、50%が過ごしやすくなった、57.5%が快適さを感じている。しかし、夏の疲労感については 72.5%の方が改善効果を感じていないと回答している。また、70%の方は夏の健康維持に対し少なからず意識するようになったと回答しており、緑のカーテンを通じて夏を健康的に過ごすための意識の向上に非常に高い効果があると考えられる。さらに 72.5%が冷房病予防の効果を少しでも感じている。また、ストレスの感じ方において 27.5%の方がストレスが和らいだと答えている（表 2）。

Q1 性別		Q6 緑のカーテン設置による暑さ・涼しさ		Q11 睡眠の質	
男性	25.0%	暑くなった	0.0%	朝までぐっすり眠れた	4.9%
女性	70.0%	少し暑くなった	0.0%	目覚めが良くなった	9.8%
無回答	5.0%	特に変わらない	12.5%	特に変わらない	68.3%
Q2 年代		少し涼しくなった	60.0%	起床までに何度も目が覚めた	9.8%
10歳代	0.0%	涼しくなった	25.0%	なかなか寝付けず頻繁に目が覚めた	0.0%
20歳代	0.0%	無回答	2.5%	無回答	7.3%
30歳代	10.0%	Q7 夏の過ごしやすさ		Q12 夏の健康維持に対する意識	
40歳代	10.0%	非常に過ごしやすかった	5.0%	非常に意識するようになった	5.0%
50歳代	22.5%	過ごしやすかった	50.0%	意識するようになった	65.0%
60歳代	35.0%	特に変わらない	37.5%	意識に変化はなかった	22.5%
70歳代以上	22.5%	過ごしにくかった	2.5%	意識しなくなった	0.0%
無回答	0.0%	非常に過ごしにくかった	0.0%	無回答	7.5%
Q3 方角(複数回答可)		無回答	5.0%	Q13 緑のカーテン設置部屋の使用状況(複数回答)	
北	0.0%	Q8 快適感		使用範囲が広がった	2.5%
北東	0.0%	非常に快適であった	5.0%	使用時間が増えた	20.0%
東	4.8%	快適であった	57.5%	特に変わらなかった	70.0%
南東	2.4%	特に変わらない	35.0%	使用時間が減った	0.0%
南	61.9%	不快であった	0.0%	使用範囲が狭まった	0.0%
南西	9.5%	非常に不快であった	0.0%	無回答	7.5%
西	21.4%	無回答	2.5%	Q14 ストレスの感じ方	
北西	0.0%	Q9 夏の間の疲れやすさ・疲労感		強くストレスを感じた	0.0%
Q4 部屋の種類(複数回答可)		非常に疲れた	0.0%	ストレスを感じた	0.0%
居間	58.1%	疲れた	5.0%	ストレスは感じなかった	60.0%
寝室	20.9%	特に変わらない	67.5%	ストレスが和らいだ	27.5%
キッチン	2.3%	疲れにくかった	20.0%	無回答	5.4%
その他	18.6%	非常に疲れにくかった	0.0%	Q15 冷房病予防の効果	
無回答	0.0%	無回答	7.5%	特に役立たなかった	15.0%
Q5 被覆範囲		Q10 夏の睡眠時間		少し効果があった	30.0%
全体	51.2%	非常に増えた	0.0%	効果があった	35.0%
7割	26.8%	増えた	10.0%	非常に効果があった	7.5%
半分	17.1%	特に変わらない	75.0%	無回答	12.5%
2割	2.4%	減った	5.0%		
少し	2.4%	非常に減った	0.0%		
無回答	0.0%	無回答	10.0%		

表 2 平成 22 年緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果

Ⅱ－５－３ 緑のカーテンと健康についてのアンケート調査結果まとめ

平成 21 年、平成 22 年の夏季に緑のカーテン実施者 77 名に対し緑のカーテンが人々の健康、健康意識に与える影響を調査するため「緑のカーテンと健康についてのアンケート」にてアンケート調査をおこなった。緑のカーテンの山梨県内への普及活動が積極化してから 3 年目以降に当たる調査期間では植物の被覆率 7 割以上を占める設置者が 76.3%に達し、緑のカーテンの生育に大部分の方が成功していることが伺える。

緑のカーテンの設置場所については当初、南向きの居間への設置が多かったが、平成 21 年の調査結果から得られた熱帯夜問題の解決に効果的である寝室への設置を推奨したところ、平成 22 年では寝室への設置が平成 21 年 6.5%から 20.9%と増加しており、熱帯夜対策を念頭に設置された傾向がみられた(図 5-4)。しかし、平成 22 年での夏の疲労感については 72.5%の方が改善効果を感じず、寝室への緑のカーテンの施工が増えたにもかかわらず「睡眠の時間が増えた」10%、「質の向上を感じた」14.7%と多少の効果は見られるが、著

しい改善には至っていない。「疲労感」、「睡眠」を改善するには緑のカーテンの使用方法にさらなる工夫の必要性を感じた。

2 年間全体のアンケート結果から 82.8%の設置者は緑のカーテン設置によって涼しさを感じており、73.3%が快適感を感じていた(図 5-5、図 5-6)。緑のカーテン設置によって設置者が涼しさと快適感を感じているのは、緑のカーテンの温熱環境への影響調査において見られた気温上昇抑制、建物への蓄熱や熱輻射の抑制、風の有効利用による効果と考えられる。しかし、平成 21 年においては 5.4%が少なからず設置によって暑さを感じていると回答している。平成 21 年の温熱環境の調査研究結果から緑のカーテン設置によって風の導入が妨げられれば、室内の快適感が損なわれる可能性を示しており、そのしくみや改善方法などについて平成 22 年にセミナーなどで周知を行った。緑のカーテンの設置により暑さを感じたとの回答が平成 22 年では平成 21 年に比べ減少したことは、本研究成果が活用された結果だと考えたい。(図 5-7)。

また、86.6%が緑のカーテン設置が少しでも冷房病

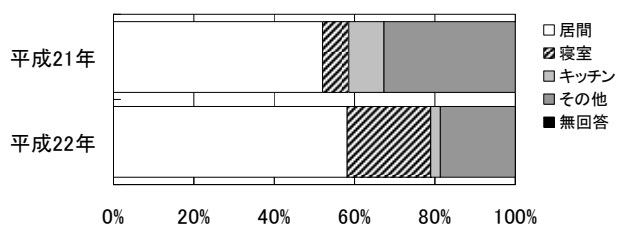


図 5-4 緑のカーテンの設置場所
(平成 21 年、平成 22 年)

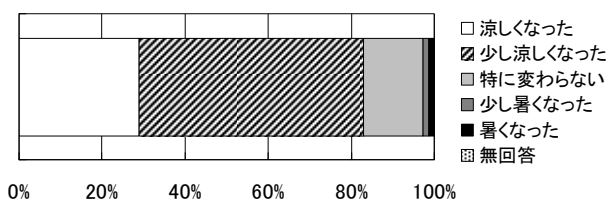


図 5-5 緑のカーテン設置による暑さ・涼しさについて
(平成 21 年+平成 22 年)

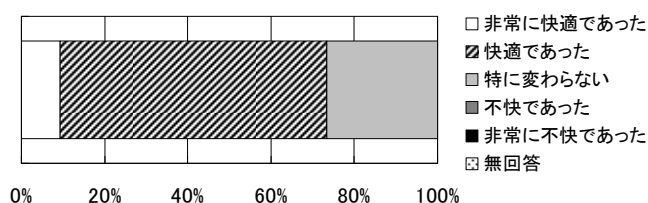


図 5-6 緑のカーテン設置による快適感について (平成 21 年+平成 22 年)

の予防に効果があると回答しており、夏季における冷房の過度な使用を抑えることが冷房病の予防に有効であると予想されるが、具体的にどのような機序で冷房病予防の効果があるのか、今後の科学的な調査が必要である（図 5-8）。そのほかに 78.1%の方が夏の健康維持に対し少なからず意識するようになったと回答しており、緑のカーテンを通じて夏を健康的に過ごすための意識の向上に非常に高い効果があると考えられる（図 5-9）。

以上の結果から、緑のカーテンが夏季の生活環境を過ごしやすいものとするために効果的であることがアンケート調査の面からも明らかとなった。緑のカーテンの普及は、環境に対する意識の改革だけでなく、夏の熱中症予防や熱帯夜による睡眠の質の改善をはじめとした、夏に健康で快適な生活に結びつく知識を得るための健康に対する意識の変化が期待できる。

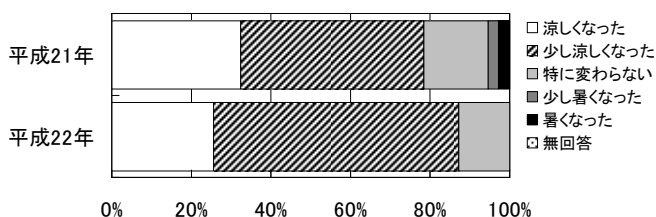


図 5-7 緑のカーテン設置による暑さ涼しさについて
(平成 21 年、平成 22 年)

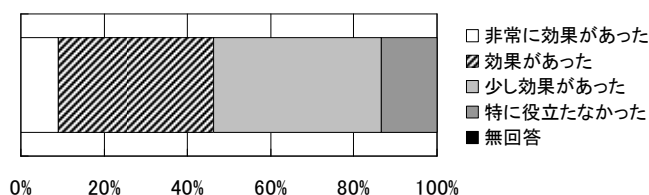


図 5-8 冷房病予防に効果を感じるか
(平成 21 年+平成 22 年)

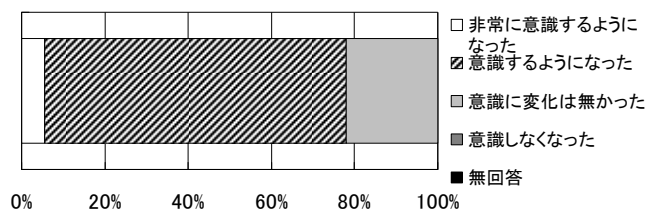
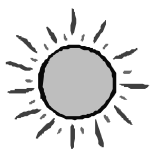


図 5-9 夏の健康維持に対する意識について
(平成 21 年+平成 22 年)



緑のカーテンと健康についてのアンケート



この度は、緑のカーテンづくり運動にご参加くださり、ありがとうございました。

つきましては、下記のアンケートにご記入いただきたく、ご協力の程お願いいたします。緑のカーテンを設置したことによって生活環境の快適さや健康にどのような効果があったかを答えていただき、緑のカーテンを今後普及させていくために役立てていきます。

該当するものに○印、もしくは（ ）内に記入してください。

記入日：平成（ ）年（ ）月（ ）日

1. 性別：男・女
2. 年齢：10歳代・20歳代・30歳代・40歳代・50歳代・60歳代・70歳代以上
3. 緑のカーテンはどの方角に面していますか？方角を○で囲んでください。
4. 緑のカーテンが面している部屋は？（居間・寝室・キッチン・その他_____）
5. 緑のカーテンの覆っているおおよその窓の範囲は？（全体・7割・半分・2割・少し）
6. 緑のカーテンを設置したことによって暑さ、涼しさはどのように感じるようになりましたか？
（暑くなった・少し暑くなった・特に変わらない・少し涼しくなった・涼しくなった）
7. 夏の過ごしやすさはどのように変わりましたか。
（非常に過ごしやすかった・過ごしやすかった・特に変わらない・過ごしにくかった・非常に過ごしにくかった）
8. 快適感はどのように変わりましたか？
（非常に快適であった・快適であった・特に変わらない・不快であった・非常に不快であった）
9. 夏の間の疲れやすさや疲労感はどのように変わりましたか？
（非常に疲れた・疲れた・特に変わらない・疲れにくかった・非常に疲れにくかった）
10. 夏の睡眠時間はどのように変わりましたか？
（非常に増えた・増えた・特に変わらない・減った・非常に減った）
11. また睡眠の質はどのように変わりましたか？
（朝までぐっすり眠れた・目覚めが良くなった・特に変わらない・起床までに何度も目が覚めた・なかなか寝付けず頻繁に目が覚めた）
12. 夏の健康維持に対して意識するようになりましたか。
（非常に意識するようになった・意識するようになった・意識に変化は無かった・意識しなくなった）
13. 緑のカーテン設置によって部屋の使用状況に変化がありましたか？
（使用範囲が広がった・使用時間が増えた・特に変わらなかった・使用時間が減った・使用範囲が狭まった）
14. ストレスの感じ方は変わりましたか？
（強くストレスを感じた・ストレスを感じた・ストレスは感じなかった・ストレスが和らいだ）
15. 緑のカーテンが冷房病の予防に役立ったと感じますか・
（特に役立たなかった・少し効果があった・効果があった・非常に効果があった）
16. 緑のカーテンを設置したことによって何か健康面で気づいた点がありましたらご記入ください。



お疲れ様でした。ご協力ありがとうございました。

II-6 緑のカーテン設置による温熱環境改善効果と設置方法に関するまとめ

今回の緑のカーテンの設置の有無による温熱環境への影響調査は天候や植物の被覆状態などの状況に左右されるが、夏季の温熱環境の改善に緑のカーテンの設置が有効であることを明らかにした。

屋外環境では緑のカーテンによる遮光効果によって熱輻射の著しい抑制が見られた。建物の壁面温度についてもサーモビューアによる撮影から低く抑えられていることが示された。調査結果から緑のカーテンは屋外気温上昇の抑制や建築物への蓄熱の減少に効果的に働いていることが明らかとなった。また、屋内の温熱環境は窓を閉めた状態では緑のカーテンによって室温の上昇が約 1℃前後抑制された結果が得られ、空調を使用する場合に温度差分の使用電力量の節約につながることが期待される。

この温度差は日没後の室温においても継続しており、日中に一定時間窓を開放し両条件の部屋の室温差が消失したのち再び窓を閉めても、夜間に緑のカーテンを設置した部屋の温度が下降する。この現象は主に緑のカーテンの遮光効果による太陽からの建物への熱輻射の抑制によるところが大きいと考えられる。これは窓からの日光の遮蔽だけではなく、広い面積の遮光によって建物全体に蓄積される熱量が抑えられていることで日中だけではなく夜間の屋内温熱環境の改善にも緑のカーテンが効果的であることを示している。

地球温暖化や都市温暖化（ヒートアイランド現象）による夏季の温熱環境の悪化が懸念されている最近においては、日中の暑さの問題だけではなく夜間、就寝時の温熱環境にも注目が集まっている。都市部で顕著な熱帯夜による睡眠障害や睡眠の質の低下による健康被害、睡眠不足に起因する仕事の低効率化による経済損失など問題が取り沙汰されており、解決策として様々な手段が提唱されている。しかし、エアコンなどの空調使用では室外への排熱によりヒートアイランド現象が増進されてしまう可能性がある。今回の結果から緑のカーテンが夜間の室温の上昇抑制にも効果的であることが明らかとなり、積極的な寝室や寝室の室温に影響しそうな壁面への緑のカーテンの設置が、これ

らの熱帯夜に起因する健康問題の解決、夜間空調の使用削減による節電やヒートアイランド現象の促進抑制に非常に有効な手段となり得る可能性が示された。

屋内温熱環境では、温度だけでなく温度と相対湿度からもとめる「不快指数」や温度、相対湿度、風速、熱輻射からもとめる「標準新有効温度 SET*」による快適感評価において、緑のカーテン設置により快適感の向上がみられる結果が得られたが、緑のカーテンを設置した部屋において設置していない部屋より快適感が低い結果も得られた。私たちが「暑さ」を感じ不快感を抱くのは「温度」だけではなく、発汗した汗の蒸散状態に影響する「相対湿度」、「風速」や日光、高温の物体から放出される「熱輻射」の影響を強く受けることが知られている。緑のカーテンの設置によって温熱環境が改善する可能性は高いが、設置状況や生育状態によっては快適感の向上が見込めない場合がありえることが明らかとなった。

今回の調査では、植物の被覆率がおよそ 60%ほどで葉間に十分な隙間がある状況では 1m/s 以下の微風であっても風の導入がもたらされ、通過する風の温度の低い推移がみられた。この場合、快適感を示す SET*は良好な値を示し、緑のカーテン設置により屋内環境での快適感の向上が見られた。しかし、緑のカーテンの葉が生い茂り、非常に厚いものとなった状況下では 1m/s 以下の風が導入されにくく、遮光効果によって Globe 温度、温度の上昇は抑えられるものの SET*、快適感は低くなる結果となった。以上から、空調を使用する前提の施設での緑のカーテンは、風を通過させる必要性が低く、葉が密な状態で遮光効果が十分発揮できるしっかりとした生育状況が望ましい一方、学校の教室や冷房病回避などの空調装置の使用を抑えた健康的な夏の生活環境を求める場合では、緑のカーテンの葉を間引くなどの対応により、風をうまく導入することが大切であると考えられる。

スダレと緑のカーテンでの温熱環境改善に対する比較では、両者ともに太陽光を遮り日影を形成することで窓からの日光による屋内や建物へ蓄積される熱輻射の減少を見込めることが確認できた。しかし、スダレに比較し緑のカーテンは熱輻射による熱の蓄積、屋外

気温の上昇、屋内温度の上昇を抑制する効果が高いことが明らかとなった。また、植物の蒸散効果により緑のカーテン自体の温度上昇が抑えられるため通過する風も温度上昇が抑えられるが、高温となったスダレを通過する風の温度低下は期待できず、同程度の風を屋内に導入した場合スダレと比較して緑のカーテン設置は温熱的快適性の改善につながる事が予想される。

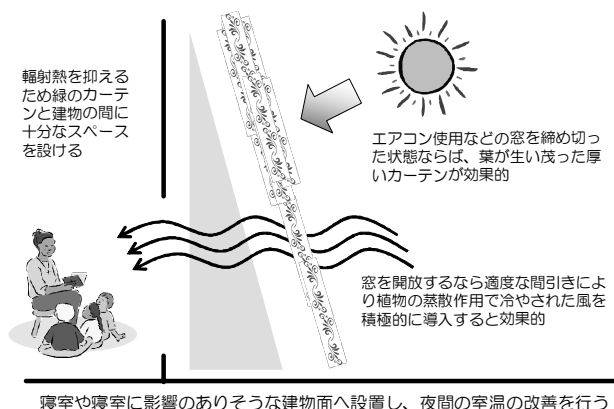
しかし、緑のカーテンの生育には労力と時間、コストがかかるため手軽に導入できるスダレのメリットを活かす使用方法が重要となってくる。緑のカーテンの生育初期や育成不足の状態では葉の密集度が十分でなく、温熱環境を改善する効果が少ない。この状況下で緑のカーテン上部へ裏側からスダレを併設させ、スダレの遮光効果と緑のカーテンの冷却効果がそれぞれ補完しあい高い温熱環境改善効果が発揮される可能性が考えられる。また、建物の広範囲を覆うことができ、建物自体への蓄熱抑制や夜間の室温の上昇抑制が期待できる緑のカーテンに対し、狭い範囲を簡易に遮光して熱輻射を抑制することができるスダレのそれぞれの特徴を生かした併用を今回の研究成果から提案したい。

緑のカーテンと健康についてのアンケートからは緑のカーテン設置者は、緑のカーテンの夏季の温熱環境の改善効果を実際に感じており、冷房病の予防や健康意識の改善に有効であると感じていることが明らかとなった。しかし、その温熱環境改善に伴う健康面への効果は主観的なものであり、実際に疲労軽減や睡眠の

質の改善に効果的であるという回答は得られてはいない。今後、健康面に対する効果については、アンケート調査から得られた効果の実感を科学的な手法によって明らかにすることが必要であると感じた。

今回の調査研究から緑のカーテン設置は夏季の日中、夜間の温熱環境改善効果やそれに伴う節電、ヒートアイランド現象の抑制につながる結果が得られた。また、緑のカーテンの状態によっては快適性を損なう可能性があることも明らかとなり、効果的な使用方法についていくつかの提案をおこなった。今後はこれらの緑のカーテンの効果や使用方法の提案などの情報を積極的に広めることによって、緑のカーテンの普及や効果的な実施、緑のカーテンを通じた環境意識の改善を目指していきたいと思う。

緑のカーテンによる過ごしやすさ向上のための提案

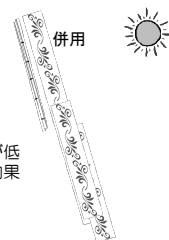


緑のカーテンとスダレ併用の提案



スダレは窓などの面積の少ない場所には効果的だが、建物全体への蓄熱の軽減には緑のカーテンが非常に有効である。

緑のカーテン育成初期や育成不足などの葉の密度が低い場合にスダレを併用し、お手軽なスダレの遮光効果と植物の冷却効果でお互い補う運用が効果的。



R-03-2013

平成 24 年度
山梨県環境科学研究所研究報告書
第 31 号

YIES Research Report

2013 年発行

編集・発行
山梨県環境科学研究所

〒403 - 0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1

電話 : 0555 - 72 - 6211

FAX : 0555 - 72 - 6204

<http://www.yies.pref.yamanashi.jp/>
