

大規模な緑のカーテンの育成とその納涼効果*

笠井 利浩^{*1}, 早崎 敬寛^{*2}

The Large Green Wall Cultivation and the Cool Breeze Effect

Toshihiro KASAI^{*1} and Takahiro HAYASAKI^{*2}

^{*1} Department of Management and Information Sciences

In recent years, many green walls are cultivated in Japan. In this study, a large-scale green wall of width 18m and height 10m was cultivated. The cool breeze effect by the large-scale green wall was estimated from photo which were taken with a fixed point web camera, at room temperature, and 1 day watering amount. The results showed the large-scale green wall has a cool breeze effect of 2°C. Moreover, the water consumption increased with the large-scale green wall growth, and it was in inverse proportion to the humidity. Additionally, the water consumption increased with the hours of sunshine and the temperature.

Key Words : Green Wall, Cool Breeze Effect, Environmental Load Reduction Effect

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響による夏季の記録的な猛暑やゲリラ豪雨などの異常気象が、毎年数多く起こっている。このような背景のもと、各地で環境問題の解決に向けたエコ活動が行われている。その一つに、都市部におけるヒートアイランド対策や建築物への熱負荷の低減を目的とした壁面緑化が挙げられる。壁面緑化には様々なものがあるが、一般的には緑のカーテンがよく知られており、一般家庭や学校でもエコ活動や猛暑対策として取り組まれている。緑のカーテンによる温度低減効果は打ち水と同じような原理であり、植物の葉面で行われる水分の蒸散によって引き起こされる。実際に、緑のカーテンに関する文献には、公共施設などに設置された緑のカーテンの有無による納涼効果を検証したもの⁽¹⁻³⁾や、緑のカーテンによる省エネやCO₂削減効果の試算を行ったものがある⁽⁴⁻⁶⁾。しかしながら、緑のカーテンの納涼効果の源である葉面からの水分蒸散量から納涼効果を検討したものは少ない。

本報では、福井市内の小学校でライフサイクル思考に基づく環境教育用教材として育成されている緑のカーテン⁽⁷⁾を対象に、温湿度データや給水量から大規模な緑のカーテンの育成方法と納涼効果を検討したので報告する。

2. 方法

2.1 緑のカーテンの育成方法

平成 26 年度に育成した環境教育用の緑のカーテンの写真を、Fig. 1 に示す。この大規模な緑のカーテン（幅 18m、高さ 10m）の育成は、以下のようにして行った。植物の育成は土づくりが基本であり、この緑のカーテンの場合も土作りから始めた。前年度使用した土を長さ約 20m のブルーシート上に広げ、土の中から前年度の緑のカーテンの根やゴミなどを取り除いた。この緑のカーテンは、6m 幅のプランター3 つに分けて育成されており、先のゴミ等を除去した前年の土約 300L に対して、20L の腐葉土（タキイ種苗（株））5 袋、30L 育苗用培養土（土太郎、スミリン農産工業（株））3 袋およびペレット状のぼかし堆肥等を混ぜたものを各プランターに投入した。プランターには自動灌水装置が設置されており成長に必要な水分はほぼ自動的に給水されるが、気温や日

* 原稿受付 2015 年 2 月 27 日

^{*1} 経営情報学科

^{*2} 環境生命化学科 1 年

E-mail: kasai@fukui-ut.ac.jp

射量によっては不足することがあるため、状態確認を毎日行なった。追肥は基本的に液肥で行い、緑のカーテンの状態に応じて成分調整を行った。液肥は、安価かつ簡単にできるように以下のように調製して行った。PK マグ肥料（新東 PK マグ、0-18-15-Mg 5、新東化学工業(株)）3340g を、約 80℃の温水に浸して数回に分けて成分抽出した液に、尿素（40.6 尿素、みのり産業(株)）4092g を溶解させて 5L の液肥を作成した。液肥の施肥量は、緑のカーテンの成長やその日の天候などにより変化するが、緑のカーテンが校舎一面を覆う大きさの場合には、プランター1 つに対して 500ml の液肥を約 6 倍（約 3L）に希釈して与えた。施肥後は、散布した肥料の影響による枯葉を防止するため、シャワー状の水で簡単に洗い流した。緑のカーテンには、ヘチマ、ゴーヤ、アサガオの 3 種を混植した。各植物には緑のカーテン上での役割があり、ヘチマについてはその旺盛な成長力から屋上にいたる全般的な被覆効果が期待され、ゴーヤについては下から真ん中当たりまでの被覆を受け持たせた。アサガオについては植え付け時期を 1～2 週間遅らせ、ヘチマとゴーヤが枯れ始めたときに全体を補うようにした。以上のような工夫により、高密度な緑のカーテンを達成した (Fig. 1)。

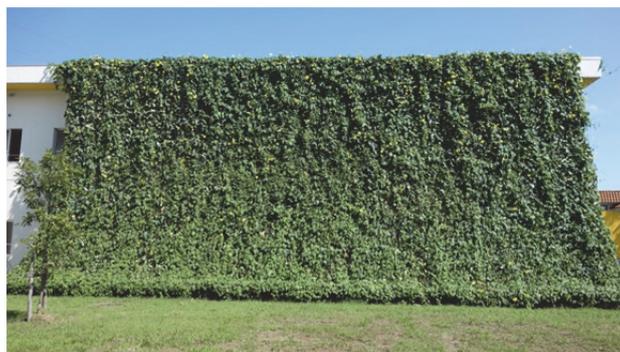


Fig. 1 Photograph of the green wall.

2.2 室内温湿度の測定と散水量の記録方法

教室内温湿度の測定には、温湿度データロガー（おんどとり ease, T&D Corporation RTR-322）（以下、温湿度計）を用いて行った。温湿度計は、緑のカーテンが設置されていない校舎（中校舎）の 1～3 階の教室と、緑のカーテンが設置されている校舎（北校舎）の 1 階（理科室）、2 階の教室、計 5 教室に設置した。また、温湿度計の設置場所は小学生がイスに座った時の頭の高さになるように、各教室の黒板の下に設置した。

緑のカーテンの育成に使用したプランターの概念図を、Fig. 2 に示す。緑のカーテンに使用したプランターの底部には水抜き穴がなく、散水した水がほぼ全て緑のカーテンに吸収されるようにした。そのため、自動灌水装置に付属している水量メーターの値を散水量として記録した。記録期間は 2014 年 6～11 月として、毎日デジタルカメラやスマートフォンのカメラで水量メーターを撮影すると同時に読み値を記録した。

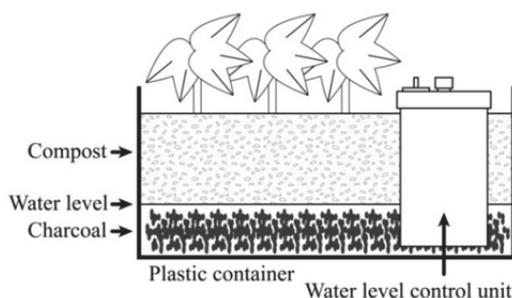


Fig. 2 Schematic diagram of the planter for the green wall.

2.3 成長率の算定方法

緑のカーテンの成長率の算定に用いた画像を、Fig. 3, 4 に示す。緑のカーテンの成長記録は、緑のカーテンの対面の校舎（中校舎）2 階に設置した定点カメラ（HD Pro Webcam C920, (株)ロジクール）を用いて 24 時間連

続的に 1 分間隔で撮影（期間撮影合計枚数、約 25 万枚）して行った。記録写真の撮影用には、フリーソフトである Live Capture (Daddy's HOME) を用いた⁽⁸⁾。成長率の計測は、毎日の 13 時頃の画像を用いて行った。緑のカーテンのネット部分以外を Fig. 3 のように赤色に塗りつぶした後、緑の葉や茎の部分を Adobe Photoshop を用いて、手作業で Fig. 4 のように青色で塗りつぶした。このようにして得られた画像ファイルに対し、プログラミング言語の Python を用いて各ピクセルごとの RGB データを CSV 形式で書き出し、成長率の割合を算出した^{(9) (10)}。



Fig. 3 Image for area decision of the green wall.

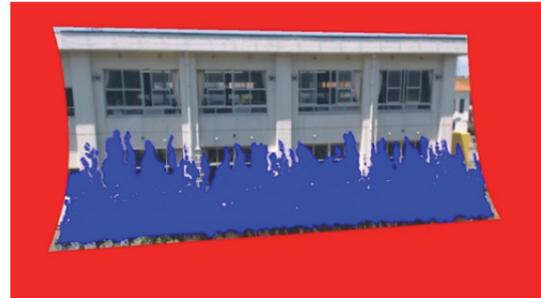


Fig. 4 Image for the growth rate calculation of the green wall.

3. 結果および考察

3.1 緑のカーテンの有無による納涼効果の評価と輻射熱(放射熱)による温度上昇の関係

小学校の中校舎 1F と北校舎 1F, 中校舎 2F と北校舎 2F, 中校舎 2F と北校舎 1F および中校舎 3F と北校舎 2F の室温を比較したグラフをそれぞれ, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 および Fig. 8 に示す。緑のカーテンは北校舎の南面に設置され, 中校舎には設置されなかった。緑のカーテンによる納涼効果の比較には, 小学校の夏休みを中心とした比較的人の出入りが少ない期間 (8 月 1 日~31 日) のデータを用い, さらに 18~8 時の夜間から早朝のデータを省いた。今回, 緑のカーテンが設置されている北校舎 1F と設置されていない中校舎 1F (以下, 緑のカーテンの設置されている北校舎を「有り」, 設置されていない中校舎を「無し」とする。) の室温を比較すると, 1~2°C の室温差が見られた。有りの 2F と無しの 2F でも温度差が見られたが, 温度差は相対的に小さかった。これは, 校舎の屋上に直射日光が当たり, 輻射熱により室内温度が上昇したためと考えられる。そのため, 両校舎の屋上のすぐ下の有りの 2F と無しの 3F では 2~3°C の温度差が見られ, また, 屋上から階を一つはさんだ有りの 1F と無しの 2F では 3~4°C の温度差が見られた。

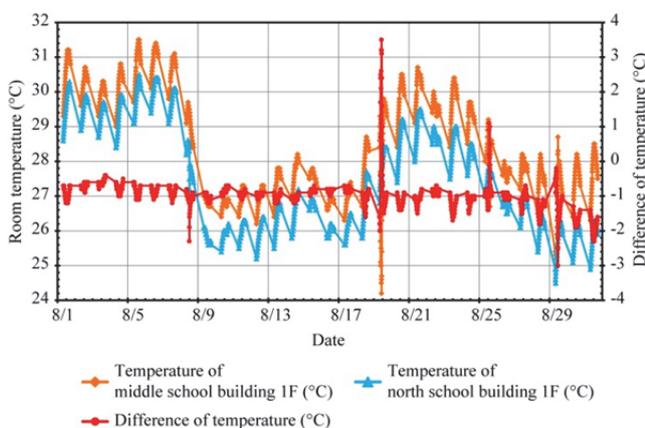


Fig. 5 Room temperature difference between the middle school building 1F and the north school building 1F.

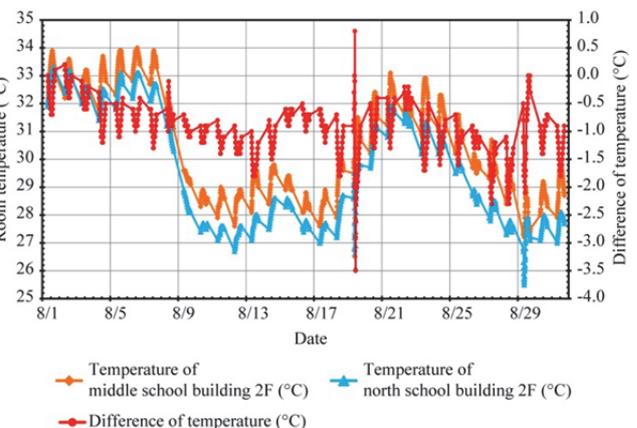


Fig. 6 Room temperature difference between the middle school building 2F and the north school building 2F.

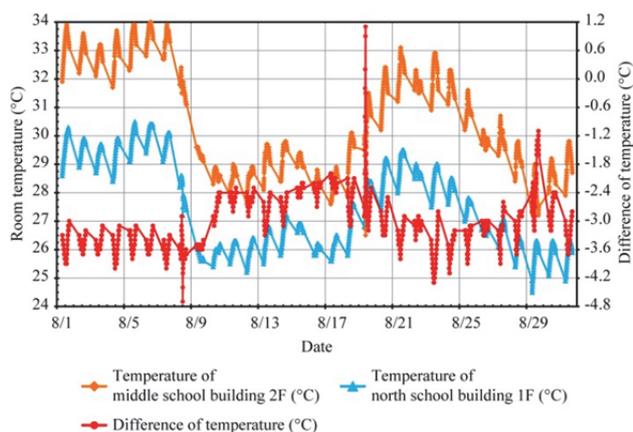


Fig. 7 Room temperature difference between the middle school building 2F and the north school building 1F.

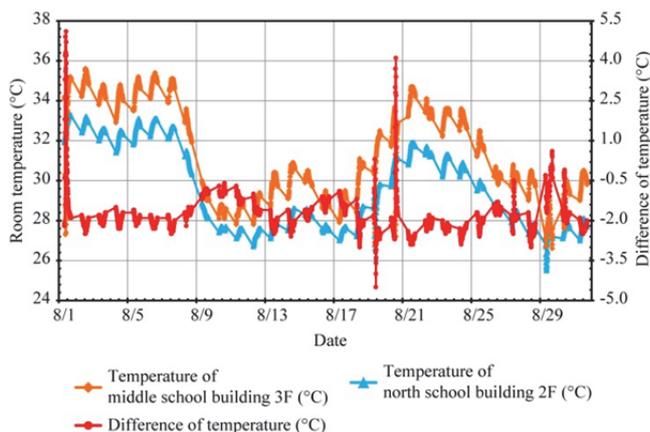


Fig. 8 Room temperature difference between the middle school building 3F and the north school building 2F.

3.2 気温と水使用量の関係

北校舎 1F と 2F の平均室温，気象庁の平均気温⁽¹¹⁾と水使用量のグラフを，Fig. 9 に示す．北校舎の 1F と 2F の温度データ（以下，室温）は，10 分毎のデータを 1 日平均にしたものを用いた．評価に用いたデータについては，小学校の夏休みを中心とした比較的人の出入りが少ない期間（8 月 1 日～31 日）とした．また，気象庁の平均気温は，建物外部の温度とした（以下，気温）．

北校舎 1F と 2F の平均室温，気象庁の平均気温と水使用量のグラフより，気温の上昇に伴い，水使用量も同様に増加しており，相関があると推測されたため，1F と 2F の室温，気温と水使用量の相関係数を算出した．1F と 2F の室温と水使用量では約 50%，気温と水使用量では約 66%の相関が見られた．これらから，水使用量と 1F と 2F の室温，気温間には弱い相関関係があった．

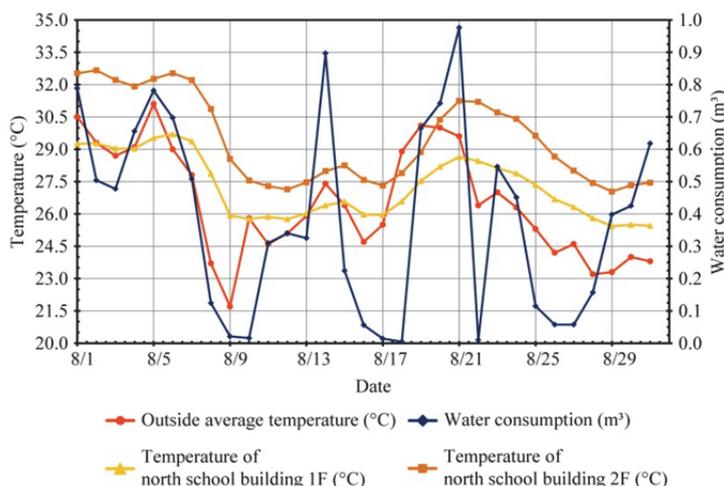


Fig. 9 Relation between average room temperature of north school building 1F and 2F, average temperature of AMeDAS data and water consumption of the green wall.

3.3 湿度と水使用量の関係

北校舎 1F と 2F の平均湿度，気象庁の平均湿度と水使用量のグラフを，Fig. 10 に示す．北校舎の 1F と 2F の湿度データは，温度の場合と同様に，10 分毎のデータを 1 日平均（以下，室内湿度）にしたものを用いた．評価に用いたデータも，比較的人の出入りが少ない期間（8 月 1 日～31 日）とした．また，気象庁の平均湿度を建物外部の湿度とした（以下，外部湿度）．

北校舎 1F と 2F の平均湿度，気象庁の平均湿度と水使用量を比較したグラフから，7 月から 8 月にかけて水使用量が増えると，1F と 2F の室内湿度，外部湿度がともに下がっており，負の相関関係があると推測された．そ

ここで、1F と 2F の室内湿度、外部湿度と水使用量の相関係数を算出した。1F と 2F の室内湿度と水使用量では、負の相関が約 40%しか見られなかった。外部湿度と水使用量の負の相関は、約 72%あることが分かった。このことから、室内湿度ではなく、緑のカーテンの付近での湿度は水使用量と負の相関があると考えられる。

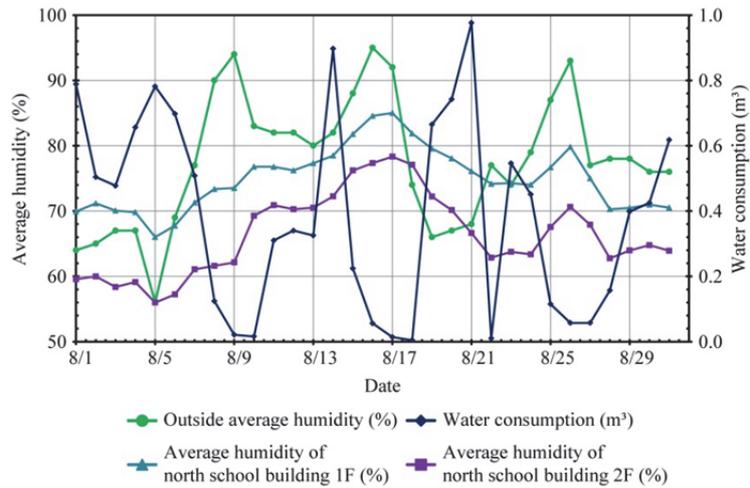


Fig. 10 Relation between average room humidity of north school building 1F and 2F and water consumption of the green wall.

3.4 緑のカーテンの成長率と積算水量および日照時間の関係

緑のカーテンの成長率、積算水量と 1 日当たりの日照時間のグラフを、Fig. 11 に示す。なお、緑のカーテンの積算水量は最終的な水使用量である 32m^3 を 100%として計算し、1 日の日照時間には気象庁のデータを用いた。緑のカーテンの成長率、積算水量と 1 日の日照時間の比較したグラフから、緑のカーテンの成長率は 7 月の初めから 7 月の半ばまで、急激に大きくなっている。積算水量についても、同様に成長率が 60%を超えたあたりから急激に増加しており、両者は比例関係にある。また、このグラフから緑のカーテンは 1 日平均 3500 の水を吸収・蒸散させていることが分かった。この水量の変化には、日照時間が影響していると考えられる。その日照時間と水使用量の相関は約 46%であった。

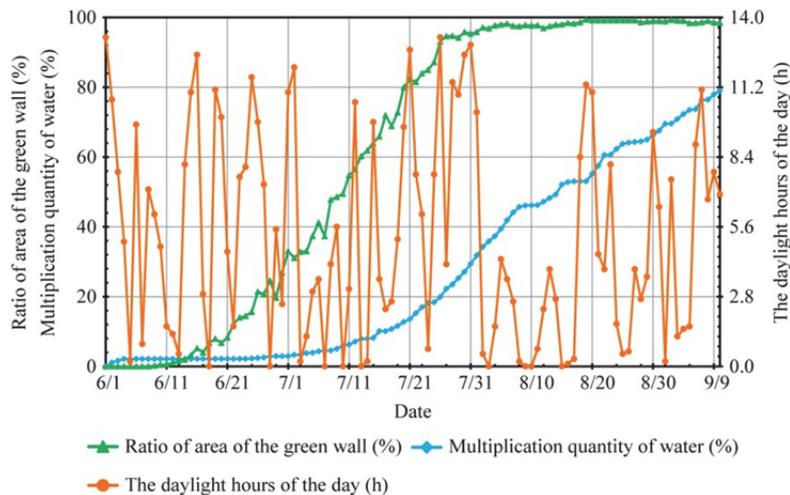


Fig. 11 Relation between the growth rate of the green wall, multiplication quantity of water consumption and daylight hours of a day.

4. まとめ

本研究では、緑のカーテンの育成状況と納涼効果について実測値から検討した。緑のカーテンの有無による、室温差は全体平均で 2℃あり、明らかな納涼効果があった。室温、気温と水使用量の関係から、1F と 2F の室温、気温とも、弱い相関が認められた。室内湿度、外部湿度と水使用量の関係からは、1F と 2F の室内湿度ではあまり負の相関が見られなかったが、外部湿度と水使用量には負の相関が認められた。成長率と積算水量の関係は、Fig. 11 のグラフより比例関係にあるということが分かった。日照時間と積算水量についても同様に変化していることから、関係性があると考えられる。小学校の緑のカーテンを短期間で、なおかつ大きく成長させるためには、肥料だけでなく水の管理が大切であると考えられる。

5. 今後の課題

納涼効果は室温差から検証したが、風速や放射熱などを測ることでより詳しく評価をすることができると考えられる。室内湿度、外部湿度と水使用量の関係では、負の相関があると考えられるが、外部湿度として緑のカーテン付近での湿度を実測する必要がある。また、日照時間と積算水量の関係性をより明確にするためには、1 日 1 回の撮影・記録だけではなく、緑のカーテンの周辺の日照時間および散水量が変化した時間の計測を行うことが重要である。また、水分蒸散量と植物の光合成量の間には相関がある可能性を考慮した上で計測を行う必要がある。これらの事を踏まえ、測定場所や機器の設置について検討を行う必要がある。また、緑のカーテンによる遮蔽効果の検証や環境負荷削減効果についても算出する手法を検討したい。さらに、直射日光による屋上からの輻射熱の影響を抑えるために、屋上緑化などの対策を加味した検証の必要性を考えたい。

文 献

- (1) 梶田菜穂子, “緑のカーテンによる温度低減効果 - 2009 年夏季の測定結果 -”, 愛知県環境調査センター所報, Vol.37, (2009), pp.13-21.
- (2) 軸丸勇士, 藤本裕一, 島崎卓, “『緑のカーテン』の降温効果とその利用”, 大分大学高等教育開発センター, Vol.1, (2009), pp.13-20.
- (3) 成田健一, “緑のカーテンが教室の温度環境に及ぼす効果”, 環境情報科学論文集 21, (2007), pp.501-506.
- (4) 佐保満夫, 福田亜佐子, “緑のカーテンによる省エネ及び CO₂ 削減効果の試算”, 横浜市環境科学研究所報, Vol.33, pp.17-20.
- (5) セントラル硝子(株), “次世代省エネルギー基準(平成 11 年基準)”, <http://www.cg-glass.jp/pro/double/> (参照日 2015 年 1 月 3 日).
- (6) 岡本沙織, 須永修通, “屋上および壁面植栽が教室の温熱環境に与える影響に関する実測解析”, 学術講演梗概集, (2006), pp.575-576.
- (7) 笠井利浩, 前島勇, 荒木史代, “ライフサイクル思考に基づく長時間体験型環境教育プログラムの実践と評価”, 日本 LCA 学会研究発表会, (2014), pp.150-151.
- (8) Daddy's HOME, “Live Capture”, <http://www2.wisnet.ne.jp/~daddy/index.html> (参照日 2015 年 4 月 14 日).
- (9) 国本温子, 緑川吉行, できるシリーズ編集部, できる大辞典 Excel VBA 2007/2003/2002 対応, (2011), p.260, (株)インプレスジャパン.
- (10) Wikipedia, “Python Imaging Library”, http://ja.wikipedia.org/wiki/Python_Imaging_Library (参照日 2015 年 1 月 3 日).
- (11) 気象庁, “気象庁ホームページ”, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (参照日 2015 年 1 月 3 日).

(平成 27 年 3 月 31 日受理)