

## 植物カーテンの効果検証とその教材特性

坂本祐輔\*<sup>1</sup>, 正元和盛\*<sup>2</sup>

### Verification of the Effects of Botanical Curtains and the Characteristics of their Teaching Materials

Yusuke SAKAMOTO\*<sup>1</sup>, Kazumori MASAMOTO\*<sup>2</sup>

We verified the effectiveness of the use of botanical curtains (green curtains) by using the following measurements. 1) Temperatures at an elementary school in Kumamoto City, 2) the cooling effect of evaporation of water from clothe, and 3) the cooling effect of evaporation of water from people's arms were verified. The results show the three main effects from the green curtain usage at the elementary school were due to "blockage of sunlight", "the cooling effect of transpiration from the curtain" and "the cooling effect of sweat evaporation on people, due to air ventilation." Green curtains have been receiving a lot of attention lately and are good tools for environmental education on methods for wrestling with global warming countermeasures and saving electricity. By using these materials, experiments on transpiration can be done in the first grade of lower secondary school by checking the temperatures differential between leaves which have transpiration, and those which do not. In the second grade of lower secondary school, students can study "thermoregulation through sweat" by experimenting with water evaporation from human arms, in the unit on "functions for sustaining life." These learning outcomes can lead to a common understanding of flora and fauna by examining the fact both use the same thermoregulatory mechanisms. In the third year of lower secondary school, the data on "the effect of botanical curtains" and the concepts deductively learned in the first and second grades can be effectively used to promote logical scientific investigation of unknown events and in development of thinking ability. The familiar item of botanical curtains also promotes the understanding of the practical usefulness of science.

Key words : Botanical curtains (green curtains), Thermography, Transpiration, Vaporization heat, Sweat

#### I はじめに

中学校学習指導要領解説理科編には「持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、理科においても環境教育の充実を図る方向で改善する」<sup>1)</sup>とある。このことは物質循環系の中での植物機能の理解の必要性がますます強くなっていくことを示すと考える。また、「理科, 科学を学ぶことの有用性を理解する」上でも身近に利用されている緑のカーテンを教材として利用することは効果的であると考え。さらには、東日本大震災以降、原子力発電停止によ

り、特に夏場の電力不足が課題となっている。そのため、地球温暖化問題<sup>2)</sup>対策<sup>3)4)</sup>の一つとされている壁面緑化、つまり緑のカーテンが、近年ますます注目を浴びている<sup>5)</sup>。緑のカーテンの効果は主に遮光効果と蒸散の冷却効果と言われているが教材化するにあたって、その効果の正確な理解が必要であるため、その効果検証を行った。そのうえで教材特性についての検討も行った。

また、緑のカーテンとはツルレイシやヘチマなどのつる性植物を網などに這わせて作られたカーテン状のものであるが、本論文では「緑色の布のカーテ

\*<sup>1</sup> 熊本大学大学院教育学研究科, \*<sup>2</sup> 熊本大学教育学部

ン」も実験に用いたため、混同を避ける必要があり、緑のカーテンのことを新たに「植物カーテン」と定義した。

## II 材料と方法

### 1 使用機器

植物カーテンの効果を空間的に測定するために温湿度データロガーを用い、表面温度の測定にはサーモグラフィ装置を用いた。

#### (1) 気温測定

気温の測定には温湿度データロガーである、おんどとり (RTR-53A, T&D Corporation, 以下データロガーと表記) で測定した。

#### (2) 熱画像<sup>6)7)</sup>撮影

熱画像は InfReC Thermo GEAR G100<sup>8)</sup>(NEC Avio 赤外線テクノロジー株式会社, 以下サーモギアと表記) で測定した。

##### 1) サーモギアの原理

放射温度計と同様である。放射温度計の原理は、被測定物の表面から放出される赤外線放射エネルギーを赤外線センサを用いて計測し、被測定物の表面温度を測定する<sup>9)</sup>というものである。家庭で使われている例では、耳で測る体温計などがある。非接触で、高速に測れるという利点がある。サーモギアは、1つの放射温度計の測定範囲を1画素として320×240(76800)画素で熱画像を表わしている。つまり76800個の放射温度計で温度を一気に測定して、温度によって色分けするという仕組みである。本機器は同時に可視画像も記録できるが、測定物との距離が近いほど熱画像と可視画像の位置のずれが生じ、ずれは大きくなる。

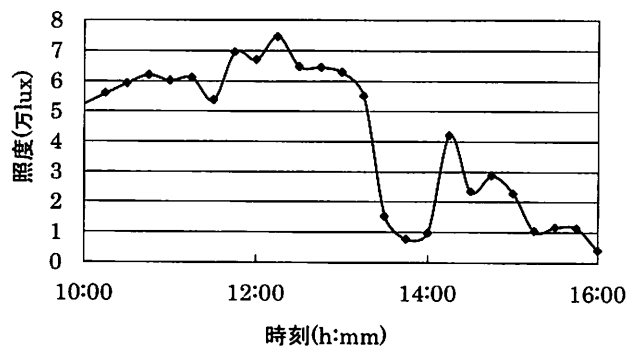


図1 カラムシ葉温測定の日々の照度変化

この日は午前中は照度が高いが、午後は雲が出て低く不安定であった(II-2-(1)参照)。

### 2) 測定範囲と精度

測定物との距離が0.1 m離れているとき、1画素あたりの視野範囲は0.18×0.18 mm<sup>2</sup>で、全体の視野範囲は5.7cm×4.3 cmである。測定物と10 m離れているときは、1画素あたりの視野範囲は1.8×1.8 cm<sup>2</sup>で、全体の視野範囲は5.7 m×4.3 mである。また、精度は±2°C又は読み値の±2%の大きいほうとされている。

### 3) 熱画像

熱画像は温度が低いほうから順に黒、紫、青、緑、黄、橙、赤、白の色で温度を表わしている。その色のバーの横に温度範囲を示す数値があり、低いほうの数値以下になると黒色を、高いほうの数値以上になると白色を示す。なお温度範囲の数値は任意に変更することができる。

### (3) 照度測定

照度の測定はデジタル照度計(YK-10LX, ケニス株式会社)と「Mr 匠エネ」のノード、ベース(Seiko Instruments Inc)で行った。

## 2 実験方法

### (1) 植物の蒸散速度、水分含有と葉温の測定

切り枝にした水を入れた三角フラスコにさしたカラムシを太陽光に当て、重量減少を電子天秤(AB204, 日本シイベルヘグナーKK)で測定することにより、カラムシの蒸散速度を測定した。熊本大学の構内に自生しているカラムシを採取し水切りし(平成22年11月17日16:00)、水を入れた三角フラスコにさしたカラムシ2本と空の三角フラスコにさしたカラムシ1本(以下、水無と表記)を用意した。水面からの蒸発を防ぐためにフラスコの口をパラフィルムで密閉した。「水無」は、葉が丸まってしまうのを防ぎ、葉面の測定範囲を確保するために、測定する葉をキムワイプで覆った。これを窓際に設置した。翌日、水にさしたカラムシの内1本の葉の裏面にワセリンを塗布した(以下、ワセリン処理、もう一本の無処理のものは、以下、無処理と表記)。ワセリンを塗布しやすいように塗布前に、片刃カミソリで葉裏の毛を落とした。「水無」のキムワイプをはずし、10:00から測定した。蒸散量は電子天秤で、照度はデジタル照度計で15分ごとに測定した。葉温はサーモギアで2時間ごと(14:00~16:00では15分ごと)に測定を行った。また、葉の角度をできるだけそろえるように爪楊枝で葉を支えた。測定時の照度変化は図1の通り、11:15くらいから11:30の間、太陽にうす



図 2-A 熊本市 N 小学校の植物カーテン  
ツルレイシとヘチマでできており、3 階下部まで伸びていた。グラウンド側から撮影(II-2-(2)参照)。

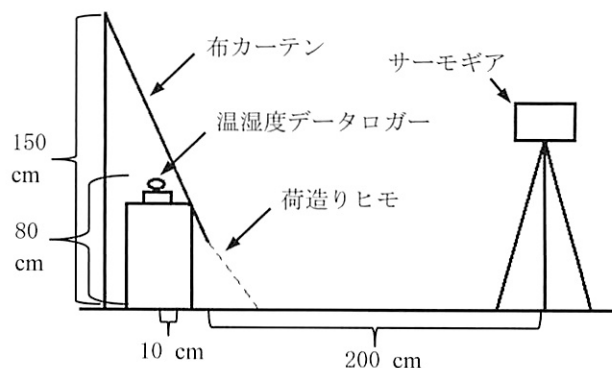


図 3 布カーテンの気化冷却測定のための設置状況  
II-2-(3)参照。

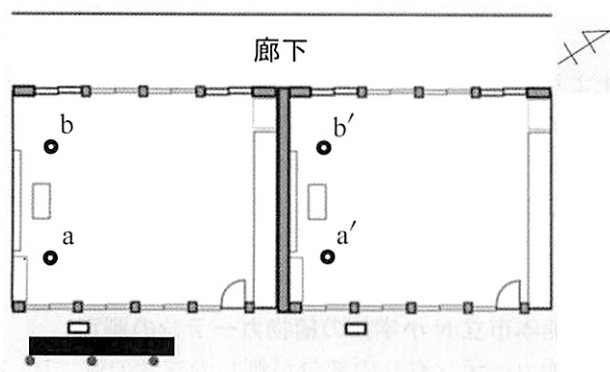


図 2-B 熊本市 N 小学校の教室の見取り図  
左：植物カーテンがある教室，右：植物カーテンがない教室。左の教室の南の部分部分が植物カーテン(黒の太線)。午前中は南東から日が当たる。データロガー(○)は窓側(a, a')と廊下側(b, b')の位置にそれぞれ1つずつ設置した(II-2-(2)参照)。

雲がかかり照度がわずかに低くなった。また、13:15からは再び曇り始めて14:15に雲の切れ間で照度が上昇しているが、その後再び曇った。

## (2) 熊本市立 N 小学校の植物カーテンの測定

熊本市立 N 小学校においてヘチマ、ツルレイシでできた植物カーテン(図 2-A、約縦 9.2 m × 横 5.4 m)を対象に測定した(平成 23 年 8 月 10 日)。植物カーテンは校舎の南東方向の壁に設置してあり、3 階下部分まで伸びていた。教室からは約 4 m 離れて植えられており、グラウンドから向かって植物カーテンの右端の裏側にはヒイラギモクセイが植えてあり半分ほど植物カーテンからはみ出していた。表面温度の測定は植物カーテンがある教室と無い教室の壁をそれぞれ 5 m 離れたところからサーモギアで 10:00、13:00、17:00 の 3 回測定を行った。また、植物カーテンがある教室とない教室の気温をデータロガーで

測定した。測定に使用した教室は見取り図(図 2-B)の通り左側が植物カーテンがある教室、右側がない教室で、植物カーテンは教室の 2/3 程度まで張られていた。植物カーテンがない所を含め、どちらの教室も教室後ろから 1/2 程度のところは窓を閉め教室内のカーテンを閉めた。教室前方から 1/2 のところは教室の両側の窓を(廊下側の窓も)開けた。データロガーは、各教室前方の壁より約 1.2 m、床から約 1.3 m、窓から約 1.6 m 離れたところに設置したグラウンド側のもの(図 2-B の a, a'、以下、窓側と表記)と廊下から約 1.3 m 離れたところに設置したもの(図 2-B の b, b'、以下、廊下側と表記)の 2 つずつ設置した。植物カーテンには測定前にたっぷり水やりした。

## (3) 布のカーテンでの水の気化熱による冷却効果

布における水の気化熱による冷却効果の測定を行った(平成 23 年 9 月 6 日 12:50~13:40)。ツルレイシの葉の色と近い緑色の布(綿ブロード 1.0 × 0.9 m<sup>2</sup>)をカーテンと見立て、13:00 に水をかけたもの(以下、水有と表記)と乾いているもの(以下、水無と表記)をそれぞれ用意した。カーテンは園芸用の支柱と荷造り紐、釘を用いて地上から 1.5 m の高さに上辺がくるようにして斜めに固定した(図 3)。コンテナなどを用いて地上から約 80 cm、布の裏側から 10 cm のところにデータロガーを設置して布のカーテン裏の空間温度(気温)を測定した。また、三脚で固定したサーモギアで「水有」から 2 m 離れたところより、水をかける直前から 1 分毎に布が完全に乾いて変化が少なくなるまで布表面温度を測定した。

## (4) ヒト腕の気化熱

図 11 の可視画像のようにマジックで腕に 3 cm ×

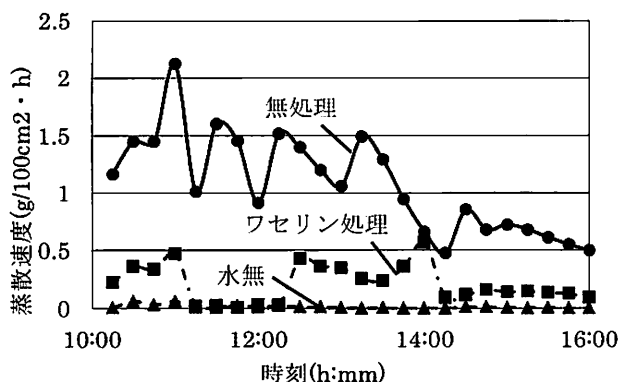


図4 処理別のカラムシ葉での蒸散速度の変化  
無処理(●), ワセリン処理(■), 水無(▲)を示す(III-1参照).

3 cmの正方形を描き,そこにワセリンを塗布した(平成22年11月12日).腕をサーモギアで測定後,水道水(水温22.7℃)を約5秒かけて再び測定した.その後,濡れた腕を10回振り回すことで風を送り再び測定した.測定時の温湿度は25.4℃,38%Rであった.

### III 結果と考察

#### 1 植物の蒸散速度,水分含有と葉温の測定

蒸散速度は無処理に比べワセリン処理,「水無」(葉の水分が抜けて丸まりカラカラ)は低く,蒸散を行っていない(図4).無処理,ワセリン処理の蒸散速度は照度の高かった13:30までが多くなっている.生葉であれば,照度と蒸散速度には関係性があると考えた.また,葉温を無作為に選んだ3点の平均で比べると,10:00,12:00で無処理はワセリン処理より,それぞれ4.8℃,4.1℃ほど低かった(図5).蒸散をしている葉は蒸散をあまりしていない葉より葉温が低くなる.また,10:00,12:00の「水無」はワセリン処理より,それぞれ6.8℃,6.2℃ほど高くなっている.このことより,水分含有量が低いほど葉温が上がりやすいことが分かった.熱画像の温度表示範囲は14.9~50.1℃に設定した.10:00の熱画像(図6)で見ると,色の違いから明らかに無処理よりワセリン処理が,ワセリン処理より「水無」のほうが高い葉温を示している.無処理とワセリン処理の結果より,蒸散の冷却効果を示すことができた.植物の生理活性という視点で考えると,しぼんで乾いている葉はほぼ蒸散が無く乾燥しているため,「水無」の測定結果より,しぼんで乾いて生理活性が低くなった葉の葉温が高くなることを示すことができた.以

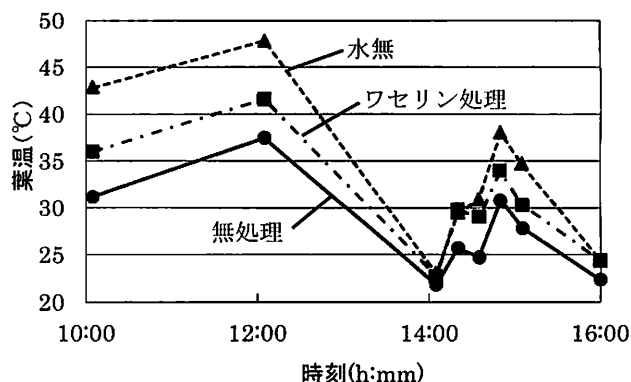


図5 処理別のカラムシ葉温の変化  
無処理(●), ワセリン処理(■), 水無(▲)を示す(III-1参照).

上より,サーモギアを用いると植物体の生理活性を瞬時に測ることができると考える.14:00,16:00の時は3つの条件下の葉温差は小さくなっている(図5).これは,日照量が減少したことが原因と考えられる.

#### 2 熊本市立N小学校の植物カーテンの測定

植物カーテン有りの部分が無し of 校舎の壁に比べて全体的に低い温度になっていて,それは10:00,12:00の表面温度で同じような傾向を示した.熱画像の温度範囲は29.8℃~40.2℃に設定した.校舎の壁は温度が高く白色や赤色をしているが,植物カーテンは温度が低く緑色や青色をしている(図7上,熱画像).10:00の結果(図7)で,ともに同程度直射日光が当たっている部分で比較すると,赤丸で囲んでいる校舎の壁は38.8℃で,青丸で囲んでいる植物カーテンの温度は33.9℃で約5℃が低くなっている.また,植物カーテンでも温度が高く赤色を示している部分がある.これは葉が褐変して枯れている部分であり,黒丸で囲んだそのような状態のツルレイシの葉は生きのいいツルレイシの葉に比べ約3℃高く赤色を示している.これはIII-1で示したカラムシ葉と同様に蒸散の冷却効果によると考えられる.またサーモギアを用いることで,植物の生理活性が非接触,非破壊的に測定することができると考える.植物カーテンで特に青色をしている部分や校舎の壁において比較的低い温度を示している部分はそれぞれの影に入っている部分であり,熱画像で表すと一目で分かる.校舎の壁の熱画像(図7上右)で緑色をしている窓の部分は窓が開いており,室内の壁の温度を表示しているために低い温度となった.17:00の結果は,14:30から植物カーテンに直射日光が当た

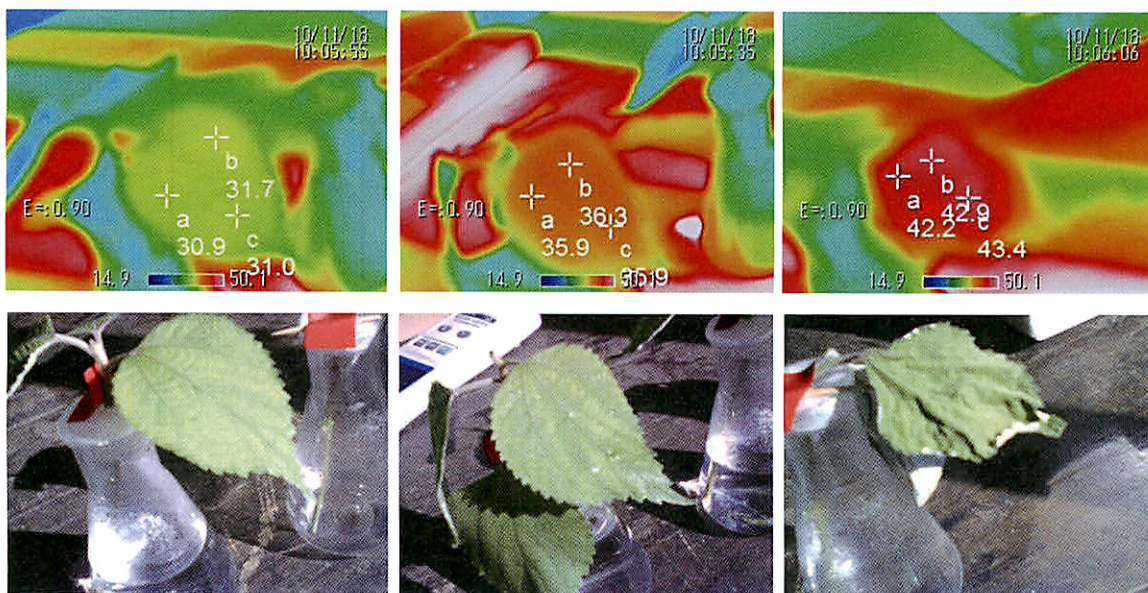


図6 処理別のカラムシ葉温(10時)  
 上段が熱画像，下段が可視画像．左から無処理，ワセリン処理，水無(III-1 参照)．温度表示範囲 14.9～50.1℃.

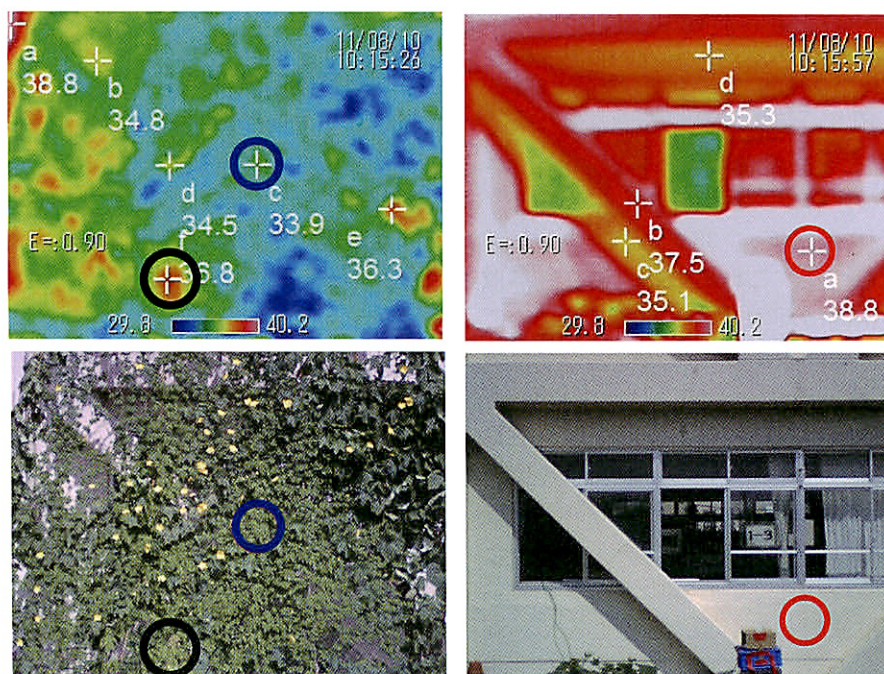


図7 N小学校の植物カーテン有り(左)，植物カーテン無しの校舎の壁(右)  
 熱画像(上)，可視画像(下) (III-2 参照)．赤丸が壁の温度，青丸が生きのいいツルレイシの葉温，黒丸が枯れているツルレイシの葉温．10時測定．温度表示範囲 29.8～40.2℃.

らなかったため全体的に温度が低く，校舎の壁と植物カーテン，植物カーテン域内の温度差は小さくなったと考える。

教室の気温は窓側で比較すると，図8上のようにカーテンの有無では 10:00～14:00 までで平均して約 0.3℃しか温度差がなく，それ以降はほぼ同じ気

温であった．最大でも 0.6℃の差しかなかった．廊下側(図8下)も窓側と同じような結果になったが，1日を通して温度差がほとんどなく，最大でも 0.3℃差しかなかった．また，植物カーテンの表面温度は生きのいい葉でも 10:15, 12:00 でそれぞれ 33.9℃, 34.1℃であるのに対して，植物カーテン有りの教室

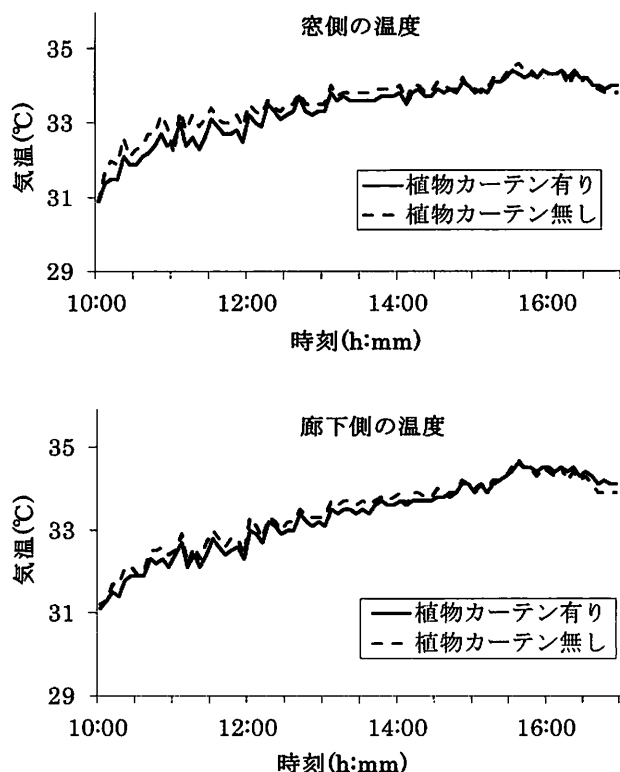


図8 熊本市N小学校の教室内の温度の推移  
 上図が窓側の室温，下図が廊下側の室温(Ⅲ-2 参照)。  
 実線が植物カーテン有り，点線が植物カーテン無し。

の気温は，それぞれ  $31.5^{\circ}\text{C}$ ， $33^{\circ}\text{C}$ と植物カーテンよりも低い気温であった。これらの結果より，蒸散の冷却効果による空間冷却効果は教室内では極めて低いと考えられる。今回の室温データはデータロガーの精度が $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ なのでほぼ差はないと言える。また，植物カーテン無しの教室には，午前中は直射日光が最大で教室の  $1/6$  ほど差し込んでいたため床や机を温めた結果，その放熱で窓側の気温が高くなり，廊下側はそこから離れていたため影響が小さかったと考えられる。よく行われている緑のカーテンの効果検証実験<sup>10)11)</sup>では直射日光が当たるところや，直射日光を受ける物質の近くに測定機器が設置してあることが多い。この場合の気温差は主に遮光効果や放熱によって引き起こされた可能性が高く，蒸散による空間冷却ではないと考える。

### 3 布のカーテンでの水の気化熱による冷却効果

図10での実験中，照度は安定して約11万 luxを保っていた。熱画像(図10上)の温度範囲は  $20.1 \sim 44.9^{\circ}\text{C}$ に設定した。「水有」の表面温度は，水をかける前では約  $45^{\circ}\text{C}$ と高く，白色をしている。水をかけた直後(13:01)では約  $27^{\circ}\text{C}$ で低く青色をしている。その20分後にはほとんど布が乾いたため約  $45^{\circ}\text{C}$ と

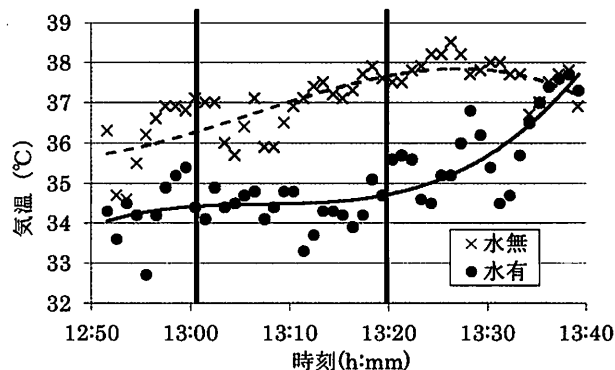


図9 布カーテン裏の気温の変化  
 水有(実線)，水無(点線)(Ⅲ-4 参照)で，それぞれ近似曲線を引いた。水有は2本の縦線の間(13:01～13:20)は水に濡れていた。

温度が高く白色になった。布は濡れているときは可視画像(図10下)でも分かる通り，色が濃くなった。布カーテン裏の気温(図9)は「水無」では常に右肩上がりとなっているが，「水有」では水に濡れているときは温度上昇がみられず，乾くと再び温度上昇した。これらの結果より，「水有」は布の水の気化熱により布自体の温度が上昇しなかったため，放熱が抑制され布カーテン裏の気温の上昇がみられなかったと考えられる。植物カーテンが「水有」，布のカーテンが「水無」にあたるため，植物カーテンを用いたほうが放熱が少ないと考えられる。また，気温がばらつくのは風があったためと考えられる。

### 4 ヒト腕の気化熱

熱画像(図11)の温度範囲を  $24.8^{\circ}\text{C} \sim 35.2^{\circ}\text{C}$ に設定した。ワセリンを塗ったところのプロットを点a，その外の領域でのプロットを点b，対照としての右腕の同様な場所を点cとした。腕に水をかけると点a，b，cそれぞれ  $3.2^{\circ}\text{C}$ ， $4.1^{\circ}\text{C}$ ， $4.6^{\circ}\text{C}$ 温度低下がみられた。この場合の温度低下は主にかけた水の水温が皮膚より低かったために起こったと考えられる。また，点aはワセリンを塗り，水をはじいたため水の気化が起こらず温度低下が比較的小さかったと考えられる。そこに風を送ると水の気化が促進され，点b，cではそれぞれ  $1.4^{\circ}\text{C}$ ， $0.9^{\circ}\text{C}$ と温度低下を示したが，点aは水がないため  $0.2^{\circ}\text{C}$ とほとんど温度低下を示さなかった。ヒトは汗の気化熱により体温調節をしており<sup>12)</sup>，そこに風が当たるとさらに高い冷却効果を得ることができる。布のカーテンの場合，カーテンはたなびき風の通りは悪く，植物カーテンの場合は程よく隙間があり風通しが良いため，ヒトが風を受けてより高い冷却効果が得られると考えられる。

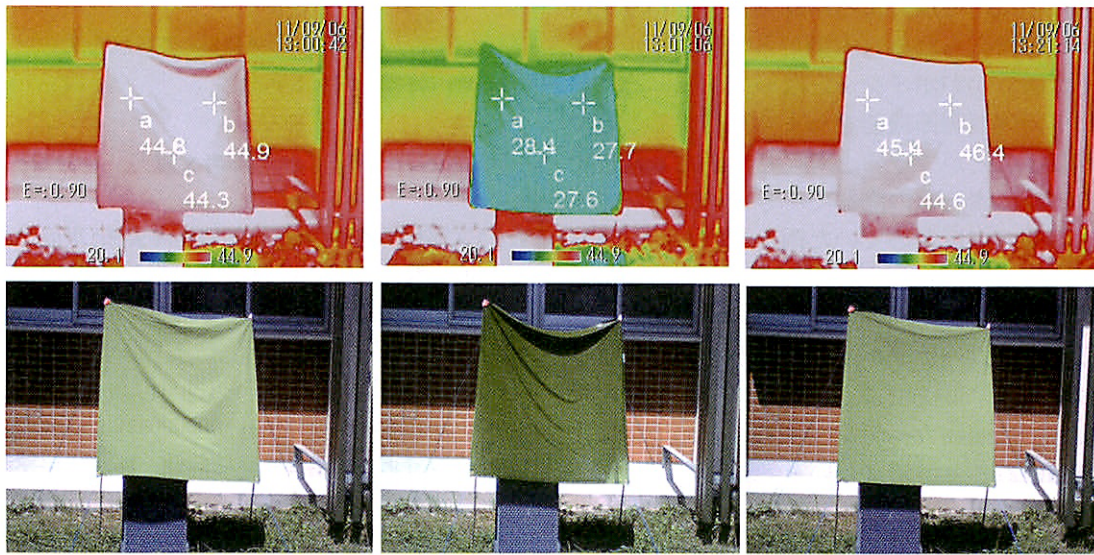


図 10 布のカーテンの表面温度の変化

上段が熱画像，下段が可視画像。「水有」(Ⅲ-3 参照)は，左から水をかける前(13:00)，水をかけた直後(13:01)，布が乾いた後(13:21)。可視画像でも濡れると色が濃く見える。温度表示範囲 20.1～44.9℃。

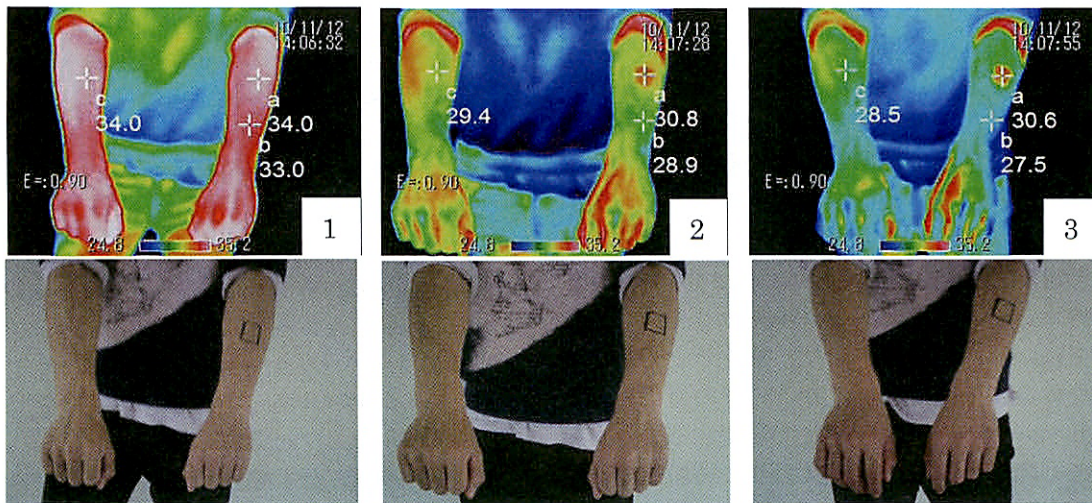


図 11 ヒト腕での気化熱による温度変化

上段が熱画像，下段が可視画像(Ⅲ-4 参照)。1: 水も風も無し，2: 水有り，風無し，3: 水も風も有り。可視画像の黒の正方形内(左腕)にワセリンを塗った(熱画像の点 a)。温度表示範囲 24.8～35.2℃。

#### IV まとめ

##### 1 植物カーテンの効果

植物カーテンの効果を以下の測定から検証した。

- 1) 熊本市立 N 小学校の植物カーテンの温度測定，
- 2) 布カーテンでの水の気化熱による冷却効果の測定，
- 3) ヒト腕における水気化熱による冷却の測定を行った。その結果，N 小学校の植物カーテンの効果

は，蒸散による空間冷却，つまり「室内でのクーラー効果」ではないと考える。森林などのラージスケールにおいては蒸散の空間冷却効果は考えられるが，少なくとも植物カーテン程度ではその効果は期待できないと考える。実際の植物カーテンの効果は，布カーテンなどと同じく 1) 「遮光効果」と，蒸散の冷却効果という植物機能を利用した 2) 「蒸散冷却で植物カーテン自体の温度上昇防止による放熱抑制」と，

植物カーテンに隙間があることによる3)「風通しによるヒト汗の気化促進による冷却効果」という主に3点であると考えられる。太陽からの熱エネルギーをどれだけ防ぐかがポイントとなっており、それに加えてヒトの体温調節機能をうまく利用することで涼しく感じるができることと考える。また、最近では企業のビルに素焼きの陶器でできた特殊なパイプを這わせ、その中にためていた雨水を通し、パイプからしみ出した水が気化することでビル周辺の気温を低下させる取り組み<sup>13)</sup>がある。コストが問題になってくるが植物カーテンが這うことができないような高層ビルなどにはこのようなパイプで、学校現場や家庭などでは植物カーテンにするなど、場合によって使い分けることが望ましいと考える。

## 2 教材としての活用

植物カーテンは、大日本図書の小学校教科書では、発展として蒸散の冷却効果とともに蒸散の利用として紹介されている。しかし、中学校では蒸散の冷却効果すら出てこない。植物カーテンは社会的に関心が高まっていることや、地球温暖化対策、節電と関連付けることによって「環境教育」につながる。この教材の利用法の例としては、第1学年の「蒸散」の実験において、葉の裏にワセリンを塗った葉と塗らない葉、つまり蒸散がおこっている葉とおこっていない葉の、蒸散量と葉温を測定することで、蒸散の冷却効果を学習することができる。葉温の測定は簡易放射温度計を利用するとよい。第2学年では「生命を維持する働き」において、現在カリキュラムに含まれてはいないが、熱中症など保健<sup>14)</sup>ともかわる重要な体温調節機能であるヒトの汗の気化冷却についてII-2-(4)の実験を通して学習することができる。この際もサーモギアの代わりに放射温度計を用いるとよい。ここで、ヒトでの発汗と蒸散を関連付けることで、動植物の体温調節の機能に同じ様な仕組みがあることから動植物の共通性理解につながると考える。そして第3学年で「自然環境の保護と科学技術の利用」において、第1・2学年で学習した概念と今回の測定のデータなど用いて「植物カーテンの効果」について学習することができる。既習概念を用いて論理的に未知の事象を解明することで、思考力育成につながると考えている。また、身近に活用されている植物カーテンを用いることで科学の有用性理解も進むと考える。

## 付記

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号22500815)によって行われた。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成20年9月)解説—理科編—」, p3, 64, 2008, 大日本図書
- 2) 荘村多加志：「よく分かる地球温暖化問題」, 2000, 中央法規出版
- 3) 「屋上緑化ガイドライン」, <http://www.city.osaka.lg.jp/keikakuchosei/page/0000004766.html> (2010.10.25)
- 4) 三坂育正, 鈴木弘孝, 藤崎健一郎, 成田健一, 田代順孝：「壁面緑化の蒸散効果に関する研究」, 環境情報科学論文集, 第19巻第11号, pp.113-116, 2005
- 5) 読売新聞：「夏へ 緑のカーテン準備」, <http://www.yomiuri.co.jp> (2012.6.14)
- 6) 横山仁：「2007年度東京都ヒートアイランド測定」, 東京都環境科学研究, <http://live-e.naist.jp/les2007/files/1-1-yokota.pdf> (2012.6.14)
- 7) 川上紳一, 山田茂樹, 酒井茂：「小中学校の理科授業におけるサーモグラフィーの活用と「理科教材データベース」の開発—現状と今後の展望—」, 岐阜大学教育学部研究報告(自然科学), 第34巻, pp.49-52, 2010
- 8) 「赤外線カメラ, サーモグラフィ, サーモトレーサ」, <http://www.nec-avio.co.jp/> (2012.8.29)
- 9) 「放射温度計の測定原理-HORIBA-」, <http://www.horiba.com/jp/process-environmental/features/thermometry/plaza/4/4/3/> (2012.8.29)
- 10) 池貝隆宏：「巻きつき登攀型壁面緑化のヒートアイランド緩和効果の検証」, 神奈川県環境科学センター研究報告, 第32号, pp.50-55, 2009
- 11) 軸丸勇士, 藤本裕一, 島崎卓：「「緑のカーテン」の恒温効果とその利用」, 大分大学高等教育開発センター紀要, 第1号, pp.13-20, 2009
- 12) 本川達雄, 谷本英一ほか：「高等学校生物I改訂版」, p216, 2006, 啓林館
- 13) 「気化熱で猛暑を冷やせ-NHK 特集まるごと」, NHK, <http://www.nhk.or.jp/ohayou/marugoto/2012/08/0824.html> (2012.09.07)
- 14) 文部科学省：「中学校学習指導要領(平成20年7月)解説—保健体育編—」 p151, 2008, 大日本図書