緑のカーテンの有無が人体の心理反応に及ぼす影響

加藤真司^{*1)}・桑沢保夫²⁾・石井儀光¹⁾・樋野公宏¹⁾・橋本 剛³⁾
小木曾裕⁴⁾・持田太樹⁴⁾

1) 独立行政法人建築研究所住宅・都市研究グループ Department of Housing and Urban planning, Building Research Institute

2) 独立行政法人建築研究所環境研究グループ Department of Environmental Engineering, Building Research Institute

3) 筑波大学芸術系 Faculty of Art and Design, University of Tsukuba

4) 独立行政法人都市再生機構技術研究所 Urban Renaissance Agency Technology Research Institute

摘要: 緑のカーテンは、夏季の日射を遮るために屋内の温熱環境改善効果に期待が持たれている。しかし、緑のカーテン実践者の家庭の電気使用量から導いた節電効果に比べて、実験による測定値から算定した節電効果はより小さな値を示す傾向にある。このため、緑のカーテンの有無が心理的に感じる温冷感に影響するという仮定のもとに、緑のカーテンを設置した部屋とそうでない部屋における温冷感を被験者に申告させる実験を、UR都市機構が所有する集合住宅で実施した。その結果、温熱環境指標 SET*が等しい場合に、緑のカーテンを設置した部屋では被験者の温冷感が相対的に低い値を示し、緑のカーテンの有無が人体の心理反応に及ぼす影響によって室温を低く感じ取る効果が確認できた。

キーワード: 緑のカーテン, 心理反応, SET*

KATO, Masashi, KUWASAWA, Yasuo, ISHII, Norimitsu, HINO, Kimihiro, HASHIMOTO, Tsuyoshi, KOGISO, Yutaka and MOCHIDA, Futoki: **The cooling effect of “green curtain” on the psychological temperature**

Abstract: It is expected that “green curtain” have the cooling effect of indoor thermal environment by shutting out the sunshine in summer season. However the cooling effect of green curtain which had been gained from the research about the reduction of electricity use of households who installed green curtain was more than the cooling effect from the result of experiment which had measured the indoor thermal environment. Therefore, on the assumption that green curtain influence the psychological reaction of indoor feeling temperature, the experiment, participants stated feeling temperature in the rooms which setting up green curtain or not, was conducted at the apartment building owned by Urban Renaissance Agency. At the result, when sensible temperature: SET* of rooms are equal, the stated temperature of participants in room which setting up green curtain was low than the stated temperature in the room of no green curtain. We could recognize that green curtain influenced the psychological reaction of participants.

Key words: green curtain, psychological reaction, SET*

1. はじめに

緑のカーテンは、壁面緑化のうち、アサガオ (*Ipomoea nil* (L.) Roth) やツルレイシ (*Momordica charantia* L. var. *pavel* Crantz) などの蔓性の植物をネットに這わせて、建物の窓・ベランダ・壁面などを緑で覆うものを指し、近年、手軽な壁面緑化の一形態としてその利用者が増えている。

緑のカーテンによって夏季の日中の日射が遮蔽されること

によって屋内温熱環境の改善が図られることになるが、この物理的環境改善効果については、成田ら⁹⁾は小学校校舎を対象として緑のカーテンによる屋内温熱環境改善効果の実測実験を行い、吉田¹³⁾は日射遮蔽効果に着目して緑のカーテンの屋内温熱環境改善効果を実測するなど、いくつかの既往研究がある。特に、緑のカーテンの効果に基づく節電効果を求めた研究としては、加藤ら⁷⁾が集合住宅を用いて測定したものが、その結果によると、ベランダに面したガラス戸を

* 連絡先著者 (Corresponding author) : E-mail : ms-katou@kenken.go.jp

〒305-0802 茨城県つくば市立原1番地 Tachihara-1, Tsukuba-city, Ibaraki-prefecture 305-0802

全部緑のカーテンで覆った状態での節電効果が 4.5 %、半分だけ覆った状態では 1.9 % の効果が導かれている。一方で、埼玉県三郷市が実施したアンケート調査²⁾では、家庭に電力会社から配布される電気使用料金票に記された電気使用量の経年変化の分析から、緑のカーテンによって 8 月は 20.9 % の電気使用量が軽減されたという結果が得られており、加藤ら⁷⁾の研究結果と大きな隔たりが見られる。こうした既往研究の結果からは、実験による測定結果よりも、実際の緑のカーテン実践者の生活状況から把握する緑のカーテンの効果の方が大きい傾向が伺える。これについては、Kato et al.⁶⁾による緑のカーテン設置者へのアンケート調査で、自由回答の 25 % が緑のカーテンによる窓辺景観の向上による清涼感を指摘しているため、場合によると、緑のカーテンの心理的効果によって、実際の体感温度以上に室温を低く感じ取っている可能性が想定される。このため、本研究は、このような緑のカーテンが心理的に人に与える影響を定量的に把握することを目的として、被験者を使った実験を実施したものである。なお、緑化による心理効果の既往研究としては、仁科ら¹⁰⁾による脳波計測に SD 法を組み合わせたものや、奈良¹¹⁾による脳波測定に心理アンケート調査を実施したもののようにより、緑化の持つ安らぎ感や癒し感を測定した既往研究は散見される。また、松本ら⁸⁾の研究のように、緑化の知的生産性に及ぼす影響を調べたものなどもある。さらに、緑化が人体の心理反応に及ぼす影響によって室温を低く感じ取る効果の測定実験としては、大学校舎にて学生を被験者とした井上⁴⁾らの既往研究があるが、このような緑化による心理効果のデータの蓄積は未だ十分ではないため、本実験を実施したところである。

2. 実験計画

集合住宅の間取りが同じ複数の居室で、ベランダにガラス戸を覆う状態で緑のカーテンを設置した部屋と、何も設置しない部屋を設定し、それぞれエアコン（ダイワラクダ工業株式会社製、型式 ES-11、能力 1 馬力）によって強制的に室温を調整できるようにした。これらの各々の部屋に順次被験者が入り、温冷感などを申告するようにした。この心理的に感じる室温の結果と、部屋に設置した各種センサーから求められる温熱環境指標 SET*¹⁾とを比較してその効果を求めた。SET*は、気温・湿度・風速・放射熱の温熱 4 要素に加えて、被験者の着衣量や作業量も考慮して算定する温熱環境指標のため、精緻な評価が可能である。

2.1 実験居室の設置方法

実験場所として、東京都足立区花畑 4 丁目にある独立行政法人都市再生機構が所有する花畑団地の 67 号棟（5 階建、昭和 39 年築、RC 造、南向き：図-1）の 4 居室（203、204、303、304 号室）を選定した。この建物は建て替えに伴う撤去が決定しており、実験実施予定時期には居住者がいないため、十分な空室が確保できた。また、同じ住棟の住戸は全て

間取り（図-2）が同じであることも実験に適していた。

ツルレイシは、プランター（W 70 cm×D 32 cm×H 28 cm）に植え、支柱はプランターから自立させてネットをかけた。ツルレイシの成長に伴ってネットに蔓が絡み、緑のカーテンが形成された。緑のカーテンの 1 枚の大きさは、概ね幅 85 cm×高さ（プランター含む）200 cm である。プランター 2 個で、ガラス引戸の開口部 1 か所（W 169 cm×H 174 cm）をほぼ覆うことができた（写真-1 参照）。なお、本研究の主目的は緑のカーテンの設置の有無に伴う室内温熱環境改善効果を検証するものであるため、緑のカーテンの緑量を把握する必要がある。本実験では緑のカーテンでガラス戸を一様に覆ったため、単位面積あたりの葉面密度である LAI（葉面積指数）を測定した。測定方法は、実験終了後に緑のカーテンの中央部（30 cm 四方）の葉を摘んでその総面積から LAI を求めた。LAI の値は 1.18～1.63 の範囲であった。

各実験居室の条件設定を表-1 に、実験居室内の設営状況を図-3 に示す。この図にあるように、被験者の座る机や椅子を避ける形で、測定機器を部屋のほぼ中央に配置した。また、

510	509	508	507	506	505	504	503	502	501
410	409	408	407	406	405	404	403	402	401
310	309	308	307	306	305	304 ◎	303 ◎	302	301
210	209	208	207	206	205	204 ◎	203 ◎	202	201
110	109	108	107	106	105	104	103	102	101

図-1 67 号棟における住戸の配置図（◎印が実験住戸）

Fig. 1 Layout of rooms of the 67th apartment

図-2 間取図（単位:mm）

Fig. 2 Plan of room

写真-1 室内から見たツルレイシの設置状況

Photo 1 Setting of green curtain from room

表-1 各住戸の条件設定

Table 1 Settings of each room

室番号	設置内容	日射遮蔽箇所
203 号室	何も無し	遮蔽せず
204 号室	ツルレイシプランター 2 個	引戸を全部遮蔽
303 号室	ツルレイシプランター 2 個	引戸を全部遮蔽
304 号室	何も無し	遮蔽せず

図-3 実験室内の設置図

Fig. 3 Plan of setting instruments in rooms

表-2 測定項目と使用機器

Table 2 Measurement items and instruments

測定項目	使用機器	測定場所
室温	熱電対(二宮電線工業製 Type T)	全 4 戸
湿度	湿度センサー(TDK 製 CHS-UPS)	全 4 戸
グローブ温度	ミニ黒球プローブ(メック社製 MTP-35B-001 直径 4 cm)	全 4 戸
風速	風速プローブ(シュミット社製 SS20.250)	全 4 戸
ロガー	グラフテック製 midi LOGGER GL220	全 4 戸
外気温	熱電対(二宮電線工業製 Type T) 遮光カバー付	304 号室 ベランダ
日射	日射計(英弘精機製 ML-020VM)	〃
照度	照度計(プリード社製 PCL-01)	全 4 戸

表-3 センサーの設置高さ

Table 3 The setting height of sensors

測定項目	設置場所	測定高さ
室温	部屋中央	10 cm, 60 cm, 110 cm
湿度	〃	110 cm
グローブ温度	〃	110 cm
風速	〃	110 cm
外気温・湿度	ベランダ上部	200 cm
日射	ベランダ手摺	120 cm
照度	机上	70 cm

図-4 被験者の構成

Fig. 4 The details of participants

エアコンの吹出口からの風が直接被験者に当たらぬように、風除板を設置した。測定センサーは、図-3に記した測定位置に設置したポールに取り付け、設置高さは 110 cm の位置としたが、熱電対は、熱ムラを確認するために、各部屋それぞれに 3 種類の高さのところに据え付けた。実験の測定項目、測定機器及び測定場所を表-2, 3 に示す。

各部屋は点灯せず自然光のみとし、緑のカーテンのある部屋の実験時間帯における平均照度は 155.0 lx、緑のカーテンの無い部屋は 560.5 lx だった。

2.2 実験方法

実験の被験者は、花畑団地の他の住棟に居住する住民と団地内の工事関係者で、あらかじめ実験概要を説明して協力の了解が得られた者を募った。参加した被験者の内訳を図-4に示す。実験の事前説明では、緑のカーテンの有無による効果の実験であるという先入観を被験者に与えないために、条件を変えた複数の居室内で温冷感等を申告する実験であることを説明したが、居室の設定条件に緑のカーテンの設置が含まれていることには触れなかった。なお、被験者への負担を考慮して食事制限は設定しなかったが、自宅から実験場所への移動・受付・実験説明・前室での待機などを経るため、少なくとも食事摂取後 30 分以上は経過しているものとみなした。実験実施日は、2012 年 7 月 31 日～8 月 1 日の 2 日間であり、被験者を時間帯で割り振って参集時間を指定した。

なお、本実験では、部屋の中央に置いた各種センサーの測定値から温熱環境指標である SET*を求めることとしたが、

表-4 エアコンの設定目標室温

Table 4 Present temperature of air-conditioners

7月31日

時刻	203号室	204号室	303号室	304号室
10～12時	26℃	26	23	29
12～13時	26	26	24	28
13～14時	26	26	28	24
14～16時	26	26	29	23

8月1日

時刻	203号室	204号室	303号室	304号室
10～12時	26℃	26	28	24
12～13時	26	26	27	25
13～14時	26	26	25	27
14～16時	26	26	24	28

図-5 室内の放射温度の経過

Fig. 5 Change of room globe temperature

図-6 外気温の変化

Fig. 6 Change of outside temperature

SET*の算定には着衣量の把握が必要である。このため、受付時において担当者が被験者の服装状況を記載し、そのデータから文献⁵⁾の原単位を用いて、着衣量の指標である clo 値を求めた。本実験では clo 値の平均値は 0.50(男性平均値 0.51, 女性平均値 0.48) だった。また、作業量は椅子に座った状態

図-7 被験者の誘導順路

Fig. 7 Routes of participants

写真-2 実験実施風景

Photo 2 The situation of experiment

図-8 被験者の申告アンケート票の質問様式の記載例 (抜粋)

Fig. 8 Example of a questionnaire (an extract)

とした。

実験実施日は盛夏時で外気温が高い(7月31日は快晴、8月1日は午前晴・午後曇り)ため、最初に被験者を前室(203号室)に誘導し、体温を室温に慣らさせた。前室は環境履歴の影響をなくす目的で設置した部屋のため、暑くも寒くもない熱的中立条件の熱環境を維持するよう努めた。志村ら¹²⁾

の研究では、26℃は比較的広範囲な湿度環境条件下で熱的中立域に含まれていることから、26℃を熱的中立の条件とし、寒い側を23℃に、暑い側を29℃に設定し、その間を1℃刻みで各実験居室の目標室温を設定した（表-4 参照）。測定した室内の放射温度と外気温の変化を図-5、図-6 に示す。

被験者は203号室を出た後に別の部屋に誘導するが、被験者の順路が全員同じでは特定の部屋に人数が集中してしまうため、図-7にあるように順路はA、B、Cの3コースを設定して被験者を誘導した。なお、各実験居室に滞在した後に、必ず前室である203号室に戻るよう誘導した。

また、被験者は各実験居室でアンケート票に記入する（写真-2 参照）が、その内容は部屋の中の温冷感を尋ねる質問である。具体的回答欄は、堀越ら³⁾の研究を参考にして、図-8のような数値評定尺度と直線評定尺度を用いた。これは、図のように7段階評価の数値を選択すると同時に、その数値の上に設けられている直線評定尺度に印を記載するものである。この直線評定尺度は10cmの長さのため、記した印の箇所をミリ単位で計測すれば、温冷感を100目盛として数値化することができる。

3. 結果と考察

各部屋のSET*は風速、放射温度、湿度及び室温をもとに算定専用ソフト（Ashrae transactions vol.92, part 2B）¹⁾を用いて算定した。なお、室温については表-3に示した3か所の高さ位置の測定値の平均を用いた。こうして求めた各部屋のSET*と、直線評定尺度から求めた被験者の申告値との関係を、図-9、10、11、12に示した。これらの図からは、303号室と304号室は、SET*と被験者の申告値との間に弱い相関関係があることが分かる。それに比べて、203号室と204号室にはほとんど相関関係がない。表-4のように、303号室と304号室は室温を暑い領域と寒い領域の双方に設定したが、203号室と204号室はなるべく適温を維持するよう努めた。SET*が適温付近を示す場合には、申告値も適温付近を示すはずなので、はっきりとした相関関係が現れない可能性が高いと考えられる。一方、室温を暑い領域と寒い領域の双方に設定した303号室と304号室では、暑さと寒さをはっきりと感じ取ることができるので、申告値もはっきりとした傾向が現れる可能性があり、このためSET*と被験者の申告値との関係は、203号室や204号室よりも強い相関関係が認められたと考えられる。

ここで、緑のカーテンを設置した部屋と設置しなかった部屋のSET*と、被験者の温冷感の申告値との関係を比較する。203号室は前室なので、比較対象からは除外し、緑のカーテンを設置した部屋として204号室と303号室を合わせたデータを、緑のカーテンを設置しない部屋として304号室のデータを用いて、SET*と温冷感の関係（回帰式）を求めて比較することとした。回帰直線と、95%信頼区間をプロットしたものを図-13に示した。緑のカーテンがある部屋の回帰直

線を実線で示し、緑のカーテンが無い部屋の回帰直線を破線で示している。また、それぞれの回帰直線の上下に95%信頼区間を示している（信頼区間は回帰直線と同じ表示とした）。図-13から、SET*が概ね21℃以上の範囲で緑のカーテンのある部屋における温冷感の申告値が、緑のカーテンの無い部屋の申告値よりも低くなる傾向が見られる。さら

図-9 203号室のSET*と申告値

Fig. 9 SET* and stated temperature in Room 203

図-10 204号室のSET*と申告値

Fig. 10 SET* and stated temperature in Room 204

図-11 303号室のSET*と申告値

Fig. 11 SET* and stated temperature in Room 303

に、概ね 25℃以上の範囲では、緑のカーテンのある部屋の回帰直線の 95%信頼区間の上限が、緑のカーテンの無い部屋の回帰直線の 95%信頼区間の下限より低くなっている。つまり、緑のカーテンがある場合の方が無い場合に比べて心理的に感じる室温(温冷感)は低くなっていることを示している。

4. おわりに

本実験によって、緑のカーテンの有無が被験者の心理反応に影響し、室温をより低く感じ取っていることが確認できた。

また、本実験結果を、緑のカーテンに限らずに窓辺の緑化全般に広く応用した場合には、その効果が単なる景観の向上に留まらず、屋内の温熱環境改善にもつながることになり、今後の住空間の窓辺景観デザインにも活用できる可能性も考えられる。今後は、本研究成果の応用面での活用を図りたい。

謝辞: 本研究は、独立行政法人日本学術振興会の科学研究費補助金により実施したものです。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) A.P.Gagge, A.P.Fobelets, L.G.Berglund(1986)A standard predictive index of human response to the thermal environment, symposium papers presented at the 1986 annual meeting in portland,oregon of the American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, inc., pp.709-731
- 2) 平成 21 年度みさと「緑のカーテン」事業、「緑のカーテン」報告書 (2009) みさと「緑のカーテン」運営協議会, p.13
- 3) 堀越哲美・磯田憲生・小林陽太郎 (1974) 風洞内温熱条件の人体に及ぼす影響に関する実験的研究 (男子裸体) その 2, 夏季—平均皮膚温と温冷感申告, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集 1974, 27-30
- 4) 井上彩香・東実千代・磯田憲生 (2007) 窓際植生の暑熱緩和効果 (その 6) —西向き室の温熱環境—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 59-60
- 5) 快適な温熱環境のメカニズム (1997) 社団法人空気調和・衛生工学会, 114-117
- 6) Kato, M., Iwata, T., Ishii, N., Hino, K., Tsutsumi, J., Nakamatsu, R., Nishime, Y., Miyagi, K., Suzuki, M., (2011) Effects of green curtains to improve the living environment, The proceedings of international conference 2011 on spatial planning and sustainable development, B31-10, 1-9
- 7) 加藤真司・桑沢保夫・石井儀光・樋野公宏・橋本 剛・池田今日子 (2012) 集合住宅における緑のカーテンによる屋内温熱環境改善効果研究, 日本緑化工学会誌 Vol.38 No.1, 39-44
- 8) 松本博・平尾圭吾・土井幸太 (2009) 観葉植物が居住者の整理・心理反応及び知的生産性に及ぼす影響に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1045-1046
- 9) 成田建一 (2007) 緑のカーテンが教室の温熱環境に及ぼす効果, 環境情報科学論文集 21, 501-506
- 10) 仁科弘重・中本有美 (1998) 観葉植物, 花, 香りが人間に及ぼす整理・心理的効果の脳波および SD 法による解析, 日本建築学会計画系論文集第 509 号, 71-75
- 11) 奈良松範 (2001) 観葉植物の生活環境に対する影響評価, 空気調和・衛生工学会論文集, No.80, 1-10
- 12) 志村 欣一, 堀越 哲美, 山岸 明浩 (1996) 日本人を対象とした室内温湿度条件の至適域に関する実験研究: 夏季至適域の提案, 日本建築学会計画系論文集 (480), pp.15-24
- 13) 吉田伸治 (2009) 実測による緑のカーテンの室内温熱環境緩和・日射遮蔽効果の分析, 日本建築学会北陸支部研究報告集 52, 207-210

(2013. 7. 1 受理)

図-12 304号室のSET*と申告値

Fig. 12 SET* and stated temperature in Room 304

図-13 緑のカーテンのある部屋と無い部屋の温冷感の違い

Fig. 13 The difference of stated temperature between rooms with/without green curtains