

# 壁面緑化による夏季の壁面から屋内への熱流および熱流量の軽減効果

The Effect of the Wall Greenery for the Reduction of the Heat Flux and the Accumulated Volume of Heat Flow toward Indoor from the Wall in Summer

野島 義照\* 鈴木 弘孝\*\*

Yoshiteru NOJIMA Hirotaka SUZUKI

**Abstract :** The effect of the wall greenery to reduce the heat flux and the accumulated volume of heat flow toward indoor from the wall for 24 hours in summer was analyzed for 3 different types of buildings where heat flux and other data were measured in the past. The reduction of the heat flux by the wall greenery at the time when the heat flux through the wall without vegetation was maximum were from 84.51 to 13.56 W(watt)/m<sup>2</sup> and from 96.0 to 61.6 % in ratio. The reduction of the accumulated volume of heat flow for 24 hours were from 1186.79 to 265.52 KJ/m<sup>2</sup> and from 86.4 to 59.3 % in ratio.

**Keywords:** wall greenery, effect, reduction, heat flux, accumulated volume of heat flux

キーワード：壁面緑化，効果，軽減，熱流，熱流量

## 1. 研究の背景と目的

新しい緑化空間としての屋上緑化は、各種の工法と資材が商品化され、普及段階に達したといえる。それに対し、壁面緑化はまだ本格的な普及段階に至ってはならず、特殊な条件が成立した場合に先駆的に行われている。しかし壁面緑化は歩行者による視認性が屋上緑化よりも大きく、都市環境における緑の存在感を演出する効果が大きいと、今後一層の普及を図るべき緑化手法であると考えられる。

壁面緑化の普及を推進するためには、如何にして設置および維持管理のコストを抑えるか、如何にして建築物への荷重負荷を軽減するか、如何にして適切な維持管理を容易に行えるようにするか、などの課題に対する有効な技術開発を進めると同時に、建築物の内部の温熱環境の改善、建築物の外部空間への夏季の熱負荷の軽減、植栽の葉面からの水分の蒸散に伴う潜熱消費による都市のヒートアイランド現象の緩和、緑の視認による心理的效果など、壁面緑化が有する各種の効果を数量的に明らかにし、広く国民の支持が得られるようにすることが重要である。本論文は、壁面緑化が有する各種の効果のうち建築物内部の温熱環境の改善効果に着目し、筆頭著者が過去に関わった3箇所の異なった構造の建築物を対象とした計測実験の結果を未発表のデータを含め再度分析し、壁面緑化による夏季の壁面から屋内への熱の流入の軽減効果を明らかにしようとしたものである。壁面緑化による建築物の温熱環境の改善効果については、梅干野らによる報告(1985)<sup>1)</sup>があるが、壁面緑化の方位が西面のみであり、壁面緑化の有無による温熱環境の違いが同一時刻で計測されておらず、ナッツタを取り除いた年の夏に熱環境の計測が行われ、翌年の夏ナッツタが西壁一面を覆った時に再度熱環境の計測が行われている。松井民憲(1990)<sup>2)</sup>は南面に大きなガラス窓を設けた建築物を2棟作り、その前面につる植物によるスタレを置いた場合と置いてない場合とで空調負荷がどれだけ違うかを報告しているが、窓面を対象としており壁面が対象とはなっていない。ピチャクム ナースら

(1992)<sup>3)</sup>はビルの西側の壁面で壁面緑化の有無による温熱環境の違いを報告しているが、日射量と気温の差異のみを扱っている。一方、壁面緑化用植物の生育特性については数多くの報告がなされ、知見の蓄積がある<sup>4)5)6)7)8)</sup>。材料の研究は進んでいるが、その材料を効果的に使用する方法の研究、その材料を使用して壁面緑化を行った場合にはたしてどのような効果がどの程度期待できるのかについての研究がまだ十分でないと言える。

海外においても、建築物の空調負荷の軽減による省エネルギー効果等に注目して壁面緑化に関する各種の研究、報告が活発化している<sup>9)10)11)12)</sup>。

都市内での視認性の高い緑化手法として壁面緑化は効果は大きい、まだ事例は少ない。壁面緑化パネルを壁面に取り付ける工法は、設置費用がかかり、毎年維持管理費がかかるため、その実績は少数にとどまっている。また、自然地盤面に根を張らせつつ植物で壁面を被覆する従来からの方法は、初期コストも維持管理コストも小さいが、放置すると繁茂しすぎて嫌われるという難点がある。

今後壁面緑化を普及させるためには、コストを低減し魅力度を向上させる技術開発を進めるとともに、壁面緑化による効果を数値で明らかにすることが必要である。

本研究では、壁面緑化による効果の1つである夏季の冷房用エネルギー使用量の軽減効果がまだ十分には明らかにされていないため、これを計測事例のデータに基づいて解明することを目的とした。

## 2. 研究の方法

### (1) 分析の対象

壁面緑化によりどの程度熱の屋内への流入を抑制する効果があるのかを明らかにするために、筆頭著者が関わった3つの計測事例を分析の対象とした。この3つの事例を対象とした理由は、それぞれ構造および建築材料が異なっており、かつそれぞれが代

\* (株)ブレック研究所 \*\* 独立行政法人建築研究所

表的な建築構造であり、一次的な計測データの使用が可能であることによる。

事例1は合板を使用した簡易プレハブ建築物であるが、建築研究所の先人が壁面緑化による建築環境の改善効果を研究することを念頭に置いて設置し、つる植物を植えてあったものである。

事例2は鉄筋コンクリート造の5階建て集合住宅であり、所有者が温熱環境の改善効果を期待してつる植物を意識的に建物に這わせたものである。ナッツタが屋上面にまで達しており、4階の南側の壁面を除き、よく建物を覆っている。

事例3は、簡易鉄骨構造の2階建て建築物であり、常緑のツル植物であるヘデラヘリックスのうち葉に白斑が散在し見た感じが明るい品種（斑入りセイヨウキヅタ）が建物の一部をよく覆っている。

上記の3つの事例における壁面緑化による建築物の温熱環境の改善効果の計測項目は、大きく分けて、気温と表面温度の計測、熱流の計測、つる植物の葉の表面からの水分の蒸散速度の計測であった。3つの事例について、対象とした建築物の概要、建築物の所在地、計測の年月日を以下に示す。

三つの事例は、それぞれ計測結果を発表済みであるが、壁面から屋内への熱流については、事例1及び事例2では計測日における経時変化をグラフで示すにとどまっております、事例3では報告していない。

事例1<sup>13)</sup>

計測対象建物	プレハブ建築の小屋。建設省建築研究所(当時)の構内(つる植物は現存)。壁面緑化植物は、一部でスイカズラが表層を覆っていたが、計測部分ではテイカカズラが優先していた。
所在地	茨城県つくば市宇立原
計測の年月日	1992.07.30~07.31、1992.08.04~08.05 1992.08.18~08.19

事例2<sup>14)</sup>

計測対象建物	鉄筋コンクリート造5階建ての事務所併用住宅(現在はつる植物は撤去されている)。壁面緑化植物は計測箇所ではナッツタのみ。
所在地	東京都文京区弥生2丁目
計測の年月日	1992.08.14~08.15

事例3<sup>15)</sup>

計測対象建物	軽量鉄骨造2階建ての店舗併用住宅。壁面緑化植物は斑入りセイヨウキヅタのみ。
所在地	茨城県取手市
計測の年月日	1995.08.24~08.26

3つの事例のそれぞれの状況が端的に理解できる写真を写真1~3に示す。

(2) 分析の方法

各種の計測データのうち、屋内の冷房負荷に直接関連するデータとして壁面の屋内側から屋内への熱流(単位はW/m<sup>2</sup>)を分析した。データの記録間隔は、一部で30分であるが、特に断りがない限り10分である。無被覆壁面での〔壁面の屋内側から屋内への熱流〕の最大値に対し、同時刻の緑化壁面での熱流がどの程度小さくなっているかを見た。また、24時間の熱流の積算値(=熱流量)を計算し、無被覆壁面での建築物の内部に流入する日射熱を緑化壁面によってどの程度遮る効果があるかをみた。

3. 分析の結果

上記の3つの計測事例を対象として、つる植物で壁面を覆うことによる日射熱の建築物の内部への流入抑制効果を分析した。その結果を以下に示す。この場合、建築物の外壁から内部空間への



写真-1 事例1の対象となった建築物(当時)

(柱間隔(1スパン)が1.82mであり、東端から約2.7m(1.5スパン)までの部分で南側の壁面のつる植物を刈り払い、併せて東面でもつる植物を刈り払い、東端側から1スパン目までをつる植物で被覆されていない部分とし、その次の1スパンを緩衝ゾーンとした。)

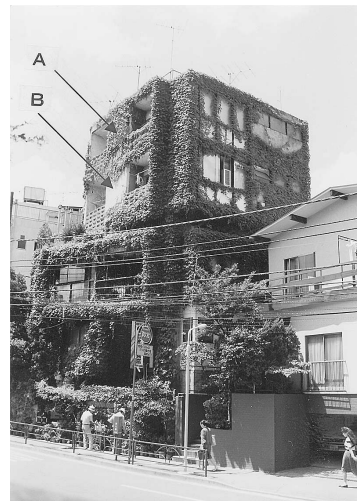


写真-2

事例2の対象となった建築物(当時)

(前面道路から対象建築物の南面(左側)および東面(右側)を見る。最上階の南面中央部を緑化壁面とし、その下の階(4階)の南面中央部を無被覆壁面とした。)



写真-3 事例3の対象となった建築物(当時)  
(右側が南側壁面、左側が西側壁面)

熱の伝わり方に影響を与える要素として、日中の暑さがどの程度であったか、日射の強さがどの程度であったか、日射を受けて外壁の温度がどの程度上昇したか、室内の気温がどうであったか、が考えられる。これらが対象とした3つの計測事例でどうであったかをおおまかに示すために、熱流の分析対象とした計測日におけるこれらの要素について、朝から夜までの毎時の値を整理したところ、表1~表6のとおりであった。

表2の観測日は曇天日を対象として計測を行った日であるが、表2以外の観測日は日射が強い真夏日である。

表-1 事例1での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 その1 (1992.7.30)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )			210.5	396.8	468.7	672.7	728.2	505.5	685.1	648.0	543.4	377.2	203.8	54.7	0.0	0.0	0.0
外気温 (°C)			27.0	29.0	30.7	32.7	33.7	33.5	34.3	34.0	34.1	32.6	31.5	30.0	28.4	26.9	26.2
外壁表面温度 (°C)																	
上段: 無被覆壁面			26.7	30.4	33.7	39.3	43.1	42.9	44.6	42.7	39.9	36.1	33.5	30.7	28.3	26.7	25.6
下段: 被覆壁面			25.7	27.6	29.7	31.7	33.4	34.1	34.9	34.9	34.4	33.4	32.3	30.9	29.6	28.4	27.3
室内気温 (°C) 上段:			25.3	27.6	30.7	34.3	37.3	38.7	39.7	39.9	38.5	36.5	34.5	32.4	30.5	28.8	27.4
無被覆 下段: 被覆			24.7	25.8	27.4	29.1	30.7	31.9	32.7	33.2	33.1	32.6	31.9	31.0	29.9	28.8	27.8

表-2 事例1での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 その2 (1992.8.4)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )	0.0	120.8	251.2	347.3	462.3	844.7	518.8	845.8	722.3	510.0	636.0	375.3	213.8	0.0	0.0	0.0	0.0
外気温 (°C)	22.7	24.3	25.7	26.1	27.3	29.1	29.4	30.2	30.9	30.6	30.8	29.9	28.8	27.2	25.9	25.1	24.5
外壁表面温度 (°C)																	
上段: 無被覆壁面	21.3	22.9	25.4	27.9	30.0	39.9	34.4	41.0	37.9	38.1	36.2	30.5	27.8	25.7	23.9	23.1	22.8
下段: 被覆壁面	22.7	23.3	24.9	26.1	26.9	29.9	29.4	30.8	30.8	30.4	29.8	28.7	27.2	26.0	24.9	24.4	24.1
室内気温 (°C) 上段:	21.8	22.1	23.2	24.1	24.8	26.2	26.6	27.5	27.5	27.4	27.1	25.0	23.6	23.7	23.4	23.4	23.7
無被覆 下段: 被覆	21.3	21.5	22.5	23.3	24.0	25.0	25.3	26.1	26.6	27.0	26.9	24.7	23.0	23.0	22.8	22.9	23.5

表-3 事例1での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 その3 (1992.8.18)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )					643.8	481.6	380.9	1019.7	953.4	742.1	292.4	452.1	206.4	66.3	0.0	0.0	0.0
外気温 (°C)					29.8	30.6	30.8	30.5	31.8	32.4	30.7	30.1	29.3	28.6	27.9	27.5	26.7
外壁表面温度 (°C)																	
上段: 無被覆壁面					34.9	35.2	34.5	37.0	36.5	33.8	33.0	32.0	31.1	30.1	29.4	28.7	28.0
下段: 被覆壁面					28.6	29.1	29.6	30.3	30.9	30.8	30.6	30.4	30.1	29.7	29.4	29.1	28.5
室内気温 (°C) 上段:					28.2	28.8	29.4	29.9	30.4	30.2	30.2	30.1	29.9	29.7	29.5	29.3	29.0
無被覆 下段: 被覆					27.6	28.0	28.4	28.8	29.4	29.5	29.8	29.8	29.9	29.9	29.7	29.7	29.3

表-4 事例2での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 (1992.8.14)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )	0.0	100.0	279.1	472.1	620.9	837.2	465.1	660.5	688.4	539.5	567.4	207.0	148.8	0.0	0.0	0.0	0.0
外気温 (°C)	24.5	25.9	27.2	28.9	29.9	33.3	34.6	34.5	35.2	36.5	34.7	34.5	31.7	29.7	28.5	27.8	27.4
外壁表面温度 (°C)																	
上段: 無被覆壁面	24.4	25.82	26.4	27.9	29.6	31.4	33.9	35.4	36.8	42.2	48.1	47.9	41.5	33.6	29.7	28.1	27.1
中段: 薄く被覆	25.4	25.8	26.5	27.4	26.3	29.4	30.8	31.8	32.6	35.1	38.7	40.6	38.9	32.8	30.6	29.4	28.5
下段: 厚く被覆	26.2	26.3	26.5	27.0	27.6	28.3	29.2	29.8	30.4	31.4	32.8	33.9	33.3	31.3	30.2	29.4	28.8
室内気温	測定しなかった。計測した壁面は1階店舗の西側であり、店舗は日中は冷房が作動していた。																

表-5 事例3での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 その1 (1995.8.25)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )	0.0	19.2	42.3	142.8	274.3	602.0	573.2	764.2	441.7	429.8	270.3	232.2	205.7	31.3	0.0	0.0	0.0
外気温 (°C)	19.6	19.7	19.9	20.7	21.6	23.8	24.0	25.1	23.9	22.3	22.1	21.0	20.1	19.9	19.8	19.8	19.8
外壁表面温度 (°C)																	
上段: 無被覆壁面	18.9	19.3	19.8	21.7	24.0	28.7	29.9	34.9	30.8	30.8	27.4	27.0	25.4	22.3	20.5	19.9	19.6
下段: 被覆壁面	19.5	19.6	19.7	20.4	21.1	23.0	24.1	25.7	25.4	25.1	24.0	23.6	23.2	22.0	21.0	20.5	20.1
室内気温 (°C) 上段:	19.4	19.5	19.8	20.6	21.8	24.4	26.7	29.4	29.6	28.7	27.3	26.6	25.7	23.9	22.3	21.2	20.6
無被覆 下段: 被覆	19.5	19.6	19.7	19.9	20.4	21.4	22.6	23.7	24.4	24.3	23.8	23.4	23.1	22.4	21.6	21.0	20.6

表-6 事例3での各時刻の日射量, 気温, 外壁表面温度および室内気温 その2 (1995.8.26)

時刻	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
日射強度 (W/m <sup>2</sup> )	0.0	69.8	341.9	523.3	695.3	867.4	755.8	788.4	751.2	537.2	465.1	276.7	153.5	0.0	0.0
外気温 (°C)	23.9	24.6	26.5	28.4	30.5	34.2	33.6	36.8	39.3	38.7	37.1	34.9	32.7	30.8	39.3
外壁表面温度 (°C)															
上段: 無被覆壁面	23.9	24.3	25.8	27.6	29.6	31.6	33.2	35.2	37.3	42.7	46.7	47.0	42.9	34.8	30.8
中段: 薄く被覆	25.0	25.1	25.9	26.9	28.1	29.3	30.1	31.5	32.4	35.0	39.8	41.0	37.9	33.2	30.9
下段: 厚く被覆	25.9	25.7	26.1	26.6	27.4	28.1	28.8	29.5	30.2	31.2	32.5	33.5	33.4	31.5	30.4
室内気温	測定しなかった。計測した壁面は1階店舗の西側であり、店舗は日中は冷房が作動していた。														

(1) 事例1 (プレハブ建築の小屋) の場合 (南側壁面)

壁面の構造は, 化粧石膏ボード (厚さ4.7mm) である。

(i) 晴天日 (冷房なし)

1992年7月30日(木) (晴天日) 5:00~7月31日(金) 8:

00までの南側壁面での熱流(上, 中, 各1ポイントの平均値)の経時変化をグラフで示すと図1のとおりであった。屋内に向かう熱流はマイナスの数値で表した(グラフ上で熱流を示す線が下に向かうほど屋内に多くの熱が流入していることになる)。

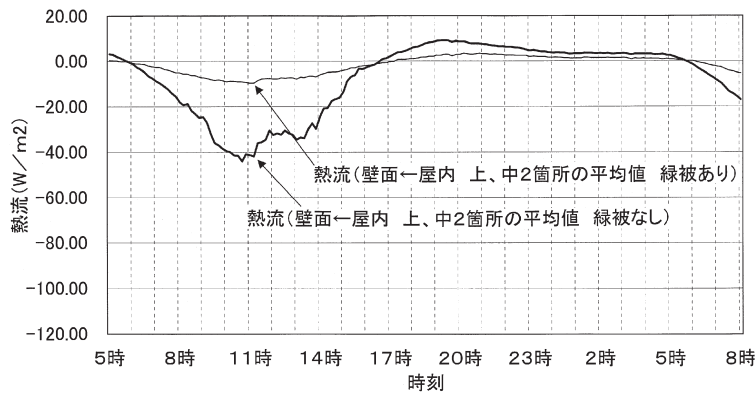


図-1 南側壁面から屋内へ流入する熱流の経時変化（事例1(プレハブ建築の小屋)の場合。晴天日。冷房なし)  
 (1992年7月30日(木)(晴天日)～7月31日(金) 無被覆壁面の屋内空間と緑化壁面の屋内空間とを断熱材で分離区画)

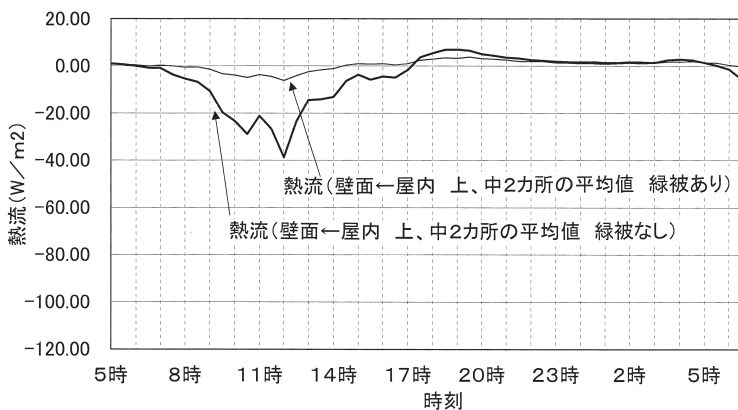


図-2 南側壁面から屋内へ流入する熱流の経時変化（事例1(プレハブ建築の小屋)の場合。曇天日。冷房なし)  
 (1992年8月4日(火)(曇天日)～8月5日(水) 無被覆壁面の屋内空間と緑化壁面の屋内空間とを断熱材で分離区画)

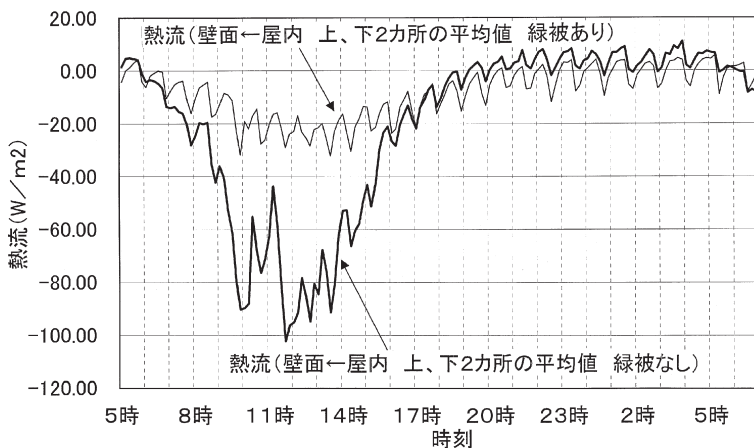


図-3 南側壁面から屋内へ流入する熱流の経時変化（事例1(プレハブ建築の小屋)の場合。晴天日。冷房あり)  
 (1992年8月18日(火)(晴天日)～8月19日(木) 断熱材による分離区画を撤去)

壁面から屋内への熱流は無被覆壁面では10:40に最大値44.01W/m<sup>2</sup>を記録した。同じ時刻に緑化壁面での熱流は9.15W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の20.8%であった。

熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみを8月14日8:20(コンセントから外れていたデータ記録装置の差し込みプラグを再びコンセントに差し込んだ後の測定時刻)～8月15日

熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみを7月30日5:00～7月31日5:00までの24時間値で見ると、無被覆壁面では858.57KJ/m<sup>2</sup>であったのに対し、緑化壁面では219.88KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の25.6%であった。

(ii) 曇天日(冷房なし) 1992年8月4日(火)(曇天日)5:00～8月5日(水)6:30までの南側壁面での熱流(上,中,各1ポイントの平均値)の経時変化をグラフで示すと図2のとおりであった。

30分間隔で計測しているため、精度が落ちるが、以下に示すように、壁面から屋内への熱流は無被覆壁面では12:00に最大値38.73W/m<sup>2</sup>を記録した。同じ時刻に緑化壁面での熱流は6.16W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の15.9%であった。熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみを8月4日5:00～8月5日5:00までの24時間値で見ると、無被覆壁面では499.85KJ/m<sup>2</sup>であったが、緑化壁面では67.78KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の13.6%であった。

(iii) 晴天日(冷房あり) 1992年8月18日(火)(晴天日)5:00～8月19日(木)6:50までの南側壁面での熱流(上,中,各1ポイントの平均値)の経時変化をグラフで示すと図3のとおりであった。断熱材による区画を除去し、冷房を稼働させ、屋内の気温は無被覆壁面でも緑化壁面でも同じにした。冷房は、サーモスタットにより、暑くなると作動し、室温がある程度下がるとストップした。壁面から室内への熱流は無被覆壁面では11:40に最大値102.29W/m<sup>2</sup>を記録した。同じ時刻に緑化壁面での熱流は17.78W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の17.4%であった。

熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみを8月18日5:00～8月19日5:00までの24時間値で見ると、無被覆壁面では1999.77KJ/m<sup>2</sup>であったが、緑化壁面では812.98KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の40.7%であった。

(2) 事例2(鉄筋コンクリート造)の場合(南側壁面)

建物南面の最上階(5階)中央部の緑化壁面と4階中央部の無被覆壁面で熱流を計測した。計測ポイントは写真で矢印を付けた部分である。Aを緑化壁面、Bを無被覆壁面とした。Aの部分もBの部分も、この裏は物置スペースとなっており冷房はできない。壁面の構造は、鉄筋コンクリート打ちっ放し(厚さ150mm)である。

1992年8月14日(金)(晴天日)5:00～8月15日(土)9:20までの南側壁面での熱流(中央で1ポイントのみ計測)の経時変化をグラフで示すと図4のとおりであった。

壁面から屋内への熱流は無被覆壁面では13:20に最大値26.40W/m<sup>2</sup>を記録した。同じ時刻に緑化壁面での熱流は1.05W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の4.0%であった。

熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみを8月14日8:20(コンセントから外れていたデータ記録装置の差し込みプラグを再びコンセントに差し込んだ後の測定時刻)～8月15日

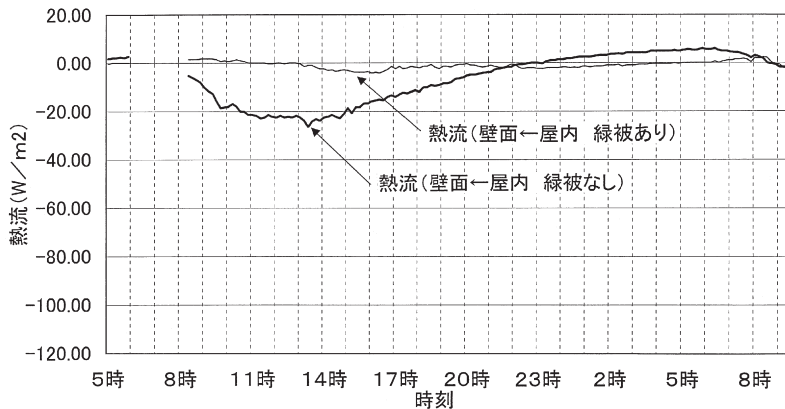


図-4 南側壁面から室内へ流入する熱流の経時変化（事例2（鉄筋コンクリート造）の場合。晴天日。冷房なし）  
（1992年8月14日（金）（晴天日）～8月15日（土））

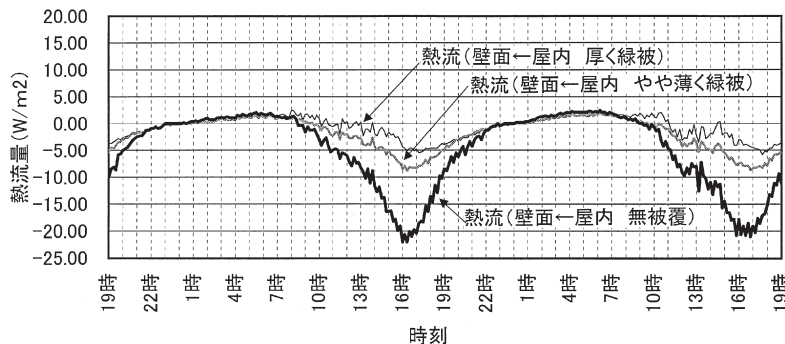


図-5 西側壁面から室内へ流入する熱流の経時変化（事例3（軽量鉄骨造）の場合。晴天日。西側壁面。冷房あり）  
（1995年8月24日（木）（晴天日）～8月26日（土））

16:20には8.80W/m<sup>2</sup>、8月26日16:50には8.63W/m<sup>2</sup>であり、平均すると無被覆壁面の39.7%であった。

8:20までの24時間値で見ると、無被覆壁面では715.90KJ/m<sup>2</sup>であったが、緑化壁面では100.54KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の14.0%であった。

### （3）事例3（軽量鉄骨造）の場合（西側壁面）

南側の壁面（2階）と西側の壁面（1階）で計測を行ったが、南側の壁面は屋内側の壁が老朽化しており手で触れると砂壁がポロポロと落ちる状態であり、熱流計測板を壁面に密着させることができなかったため、採取した熱流のデータは非常に不安定な数値であった。そのため、西面での計測データのみを分析の対象とした。壁面の構造は、外側がコンクリート系ボード、軽量鉄骨の空隙を挟んで内側が化粧合板である。

1995年8月24日（木）（晴天日）19:00から8月26日（土）19:00までの48時間の西側壁面での熱流（45cm離れた上下2点での計測データの平均値。冷房あり）の経時変化をグラフで示すと図5のとおりであった。

壁面から室内への熱流は無被覆壁面では8月25日には16:00に最高値22.01W/m<sup>2</sup>を記録した。つる植物（斑入りセイヨウキヅタ）が厚く被覆した緑化壁面での熱流は8月25日16:00には4.40W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の20.0%であった。また、つる植物の被覆があまり厚くない緑化壁面での熱流は8月25日16:00には8.45W/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の38.4%であった。

熱流を積算した熱流量は、屋内側への流入熱量のみについて8月25日5:00から8月26日5:00までの24時間値を見ると、

無被覆壁面では448.13KJ/m<sup>2</sup>であったが、厚く被覆した緑化壁面では102.82KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の22.9%であった。また、つる植物の被覆があまり厚くない緑化壁面では182.61KJ/m<sup>2</sup>であり、無被覆壁面の40.7%であった。

## 4. まとめ

以上の結果をとりまとめると表7のとおりである。結論として以下のことが明らかとなった。  
①室内への熱の流入は壁面緑化により大きく抑制される。

壁面緑化による夏季の室内への熱の流入抑制効果が大いことが数値で示された。すなわち、無被覆壁面での室内への熱流のピーク値に対し、同じ時刻の緑化壁面での室内への熱流は84.51～13.56W/m<sup>2</sup>減少しているというデータが得られた。これを建築構造別にみると、〔屋内で冷房を稼働させたプレハブ造〕で最大の84.51W/m<sup>2</sup>減少し、次いで〔晴天日のプレハブ造〕、〔曇天日のプレハブ造〕、〔鉄筋コンクリート造〕、〔厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕、〔やや厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕の順となっている。簡易鉄骨造では対象が西側壁面であり、午後にならないと無被覆壁面が熱くならないため、冷房が稼働していたにもかかわらず、無被覆壁面でのピーク時の室内への熱流が22.01W/m<sup>2</sup>でしかなかった。このことから、簡易鉄骨造で室内への熱流が他の事例の場合より小さい傾向を示したことは理解できる。また、無被覆壁面での室内への24時間の積算熱流量が壁面緑化により1,186.79KJ/m<sup>2</sup>～265.52KJ/m<sup>2</sup>削減されるというデータが得られた。これを建築構造別にみると、〔屋内で冷房を稼働させたプレハブ造〕、

〔晴天日のプレハブ造〕、〔鉄筋コンクリート造〕、〔曇天日のプレハブ造〕、〔厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕、〔やや厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕の順に削減量が大きかった。ピーク時の室内への熱流の削減量の順位と比べると、〔曇天日のプレハブ造〕と〔鉄筋コンクリート造〕とで順位が入れ替わっているが、これは、鉄筋コンクリート造の壁面は熱容量が大きいため、ピーク時を過ぎても室内への熱流が比較的大きい状態が続くことで説明できる。  
②冷房を稼働させると室内に流入する熱の削減量が大きくなる。冷房が稼働すると室内の気温が低下するために屋外からの熱の流入が大きくなる。緑化壁面であっても室内への熱の流入が大きくなるが、無被覆壁面ではそれよりも多く熱が流入する。そのため、冷房を稼働させている場合の方が、冷房が稼働していない場合より、壁面緑化による室内への熱の流入の削減量は、大きくなる。（図3を図1や図2と比較するとわかる。）  
③鉄筋コンクリート造の無被覆壁面では室内への大きな熱流が長く続く。鉄筋コンクリート造の建築物の場合、コンクリートの比熱が大きいため、室内への熱の流入量は、無被覆壁面でも緑化壁面でも、他の簡単な構造の壁面の建築物の場合よりも小さい。しかし、無被覆壁面の場合、一旦壁体の温度が高くなると、外気の気温が下がって熱の屋外への放射が始まっても容易には温度が下がらず、夜遅くまで室内に熱を放出し続ける。しかし壁面緑化により、室内への熱の流入はほとんどゼロに近いくらいに小さくなる。（図4を図1や図2と比較するとわかる。）  
④壁面緑化による冷房用電力使用料金の削減額はそれほど大きくはない。表7より、建築物の室内への熱の流入の抑制量は、事例1で冷房を稼働させた場合が最も大きく、

表-7 壁面緑化による夏季の壁面から屋内への熱流および熱流量の削減量の総括表

場所。建物の構造	計測日時	壁面の向き	冷房	つる植物の種類	被覆の程度(葉面積指数)	熱流(壁面→室内。W/m <sup>2</sup> ) <>内は無被覆壁面での値との差	左の計測時刻	無被覆壁面での最大値に対する比率(%)	24時間の熱流量(KJ/m <sup>2</sup> ) <>内は無被覆壁面での値との差	無被覆壁面での熱流量に対する比率(%)
茨城県つくば市。プレハブ造	1992/7/30~31 (晴天日)	南	なし	—	無被覆	最大値 44.01	7/30 10:40	100.0	858.57	100.0
				テイカカズラ	約2.3	9.15 <△34.86>	同上	20.8	219.88 <△638.69>	25.6
	1992/8/4~5 (曇天日)	南	なし	—	無被覆	最大値 38.73	8/4 12:00	100.0	499.85	100.0
				テイカカズラ	約2.3	6.16 <△32.57>	同上	15.9	67.78 <△432.07>	13.6
	1992/8/18~19 (晴天日)	南	あり	—	無被覆	最大値 102.29	8/18 11:40	100.0	1,999.77	100.0
				テイカカズラ	約2.3	17.78 <△84.51>	同上	17.4	812.98 <△1186.79>	40.7
東京都文京区。鉄筋コンクリート造	1992/8/14~15 (晴天日)	南	なし	—	無被覆	最大値 26.40	8/14 13:20	100.0	715.90	100.0
				ナツツタ	約2.3 とみなす	1.05 <△25.35>	同上	4.0	100.54 <△615.36>	14.0
茨城県取手市。軽量鉄骨造	1995/8/24~26 (晴天日)	西	あり	—	無被覆	最大値 22.01	8/25 16:00	100.0	8/25 5:00~ 448.13	100.0
				斑入りセイヨウキヅタ	3.94	4.40 <△17.61>	同上	20.0	同上 102.82 <△345.31>	22.9
				斑入りセイヨウキヅタ	2.88	8.45 <△13.56>	同上	38.4	同上 182.61 <△265.52>	40.7

24時間の積算熱流量の削減量は1186.79KJ/m<sup>2</sup>である。この熱を冷房装置によって排出するために必要な電力量は、冷房装置の電力使用率を0.4とすると、0.132kWhとなる(1186.79KJ×0.4÷60秒÷60秒)。1kWhの電力使用料金を16.15円とすると、この壁面緑化による熱の流入抑制効果を電力使用料金で表すと、この日24時間で1㎡あたり約2.13円となる。

同様の計算により、〔晴天日のプレハブ造〕では1.15円、〔鉄筋コンクリート造〕では1.10円、〔曇天日のプレハブ造〕では0.78円、〔厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕では0.62円、〔やや厚く壁面緑化した簡易鉄骨造〕では0.48円となる。ただし、金額的にはそれほど大きくなくとも、屋内への熱の流入の24時間積算値が13.6~40.7%に減少するという事は大きな効果であり、身体感覚的にも意義は大きい。今後、他の各種の効果も数値として把握し、総合的に壁面緑化の効果を数値化していくことが求められる。

参考文献

- 1) 梅干野晃・茶谷正洋・八木幸二 (1985) : ツタの西日遮へい効果に関する実験研究 : 日本建築学会計画系論文報告集第351号, 11-19
- 2) 松井民憲 (1990) : 植物を利用した省エネルギー : 緑の読本シリーズ14, 31-39
- 3) ピチャム ナース・丸田頼一 (1992) : 夏季の気温と日射に対する建築物壁面の緑化の効果に関する研究 : 環境情報科学21-2, 54-60
- 4) 沖中健・本田淳一・物部良紀 (1986) : ナツツタの初期生長に関する研究 - 壁面緑化において - : 千葉大学園芸学部学術報告第38号, 87-92
- 5) 沖中健・朴容珍 (1987) : 主要な壁面登攀性つる植物の初期生長に関する研究 : 造園雑誌50(5), 90-95
- 6) 沖中健・山内啓治・藤井英二郎 (1988) : ナツツタの壁面付

- 着に関する数種の条件について : 造園雑誌51(5), 102-107
- 7) 朴容珍・沖中健 (1990) : 壁面緑化用つる植物の登攀と下垂における生育特性に関する基礎的研究 : 造園雑誌53(5), 115-120
- 8) 沖中健・山内啓治・朴容珍 (1991) : 種々の粗さの壁面に対するナツツタ付着盤の付着 : 千葉大学園芸学部学術報告第44号, 245-254
- 9) Johnston Jacklyn (1992) : Building Green : a guide to using plants on roofs, walls and pavements, London : London Ecology Unit, p.59
- 10) Steemers Koen (1998) : Radiation absorption and urban texture : Building Research & Information 26(2), pp.103-112
- 11) G. Papadakis (2002) : An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings : Energy and Buildings 33, pp.831-836
- 12) Chen Yu (2002) : AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SHADING WITH VERTICAL LANDSCAPING IN SINGAPORER : Proceedings of IFPRA (International Federation of Park and Recreation Administration) Asia-Pacific Congress 2002 SINGAPORE (CD-ROM)内に収録, p.9
- 13) 野島義照・沖中健・小林達明・坊垣和明・瀬戸裕直・倉山千春 (1993) : 壁面緑化による建築物の壁面温度の上昇抑止効果の実証的研究 : 造園雑誌56(5), 115-120
- 14) 沖中健・野島義照・小林達明・瀬戸裕直 (1994) : つる植物の被覆がコンクリート建物の壁面温度に及ぼす効果 : 千葉大学園芸学部学術報告第48号, 125-134
- 15) 野島義照 (1998) : 都市における植生からの蒸散による夏の温熱環境改善力に関する研究 (博士論文) : 自費出版, p.181