

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560547

研究課題名(和文) 緑化面の日射反射と蒸散作用が建築および周辺環境に及ぼす影響とその機構解明

研究課題名(英文) ON the effect of heat buildings and surrounding environment by returning to shine effect and transpiration of green building materials

研究代表者

水谷 章夫 (MIZUTANI AKIO)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：60141892

研究成果の概要(和文)：

本研究では、建築環境の改善における緑化効果についてその定量的な評価を図るとともに、特に熱・湿気環境に焦点を当てて緑化効果の機構解明を目指すことを目的とし、具体的には、次の4項目について研究を実施した。

(1)植物と土壌の日射が当たる場合の蒸散量の日変動、(2)植物と土壌の蒸発冷却効果がおよぼす微気象環境の解明、(3)建築物内の熱環境における屋上・壁面緑化の冷暖房負荷低減効果、(4)緑化面の日射反射による照り返しが室内熱環境に及ぼす影響。

研究成果の概要(英文)：

In this study, quantitative measures to evaluate its effectiveness in improving the built environment green. For the purpose of elucidating the mechanism of the effect of Greening aims to focus especially on hot humid environment. Specifically, 1) Day variability of soil evaporation and plant transpiration rate when the sunlight hits. 2) Evaporative cooling effects of vegetation and soil. 3) Reduction in cooling and heating load of the roof green wall in the building thermal environment. 4) Effects of indoor thermal environment of solar radiation by reflecting back surface shining green

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：緑化、蒸散作用、日射反射、微気象、省エネルギー

1. 研究開始当初の背景

ヒートアイランド現象の顕在化、地球温暖化や化石資源の枯渇に対する懸念等を背景として、都市・建築環境においては、都市や建築物の緑化による室内温熱環境の改善効

果が期待されている。しかし、緑化による室内温熱環境の改善効果について、現段階の見解は定性的なものに留まっており、定量化および熱・湿気環境に及ぼす影響の機構解明は

なされていない。したがって、建築環境の設計において緑化を効果的に導入するためには、緑化の効果を定量評価するとともに、蒸散作用や日射遮蔽効果が建築環境・周辺環境に及ぼす影響についての機構を解明する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、建築環境の改善における緑化効果について。その定量的な評価を図るとともに、特に熱・湿気環境に焦点を当てて緑化効果の機構解明を目指すことを目的とし、具体的には、次の④項目について研究を実施した。①緑化植物の蒸散量定量化、②植物の蒸散による熱・湿気微気象環境の把握、③建築物内の熱環境における屋上・壁面緑化の冷暖房負荷低減効果、④緑化面の日射反射による照り返しが室内熱環境に及ぼす影響。

3. 研究の方法

(1) 植栽の蒸散量の定量化と蒸発潜熱に伴う熱・湿気同時移動によるルイスの関係の検討 図1に実験装置を示す。実験にあたっては、この実験装置を5台用意し、名古屋工業大学24号館屋上に設置して、5種類の試料を同時に測定した。測定に用いた土壌は、表面が常に乾いた土壌（以下、乾土壌）、表面が常に濡れた土壌（以下、濡土壌）、ならびに日射遮蔽板と断熱材で、濡土壌を上部で覆い、濡土壌表面に日射が当たらないようにした（以下、濡土壌（影））、3種類の土壌とした。濡布面は、25mm厚の断熱材に黒色綿布を巻き付けたもので、コンテナ内の水位を0cm、1cm、3cm、6cmとした4種類の濡布面とした。また、植栽はつつじおよびマムの2種類とし、両種ともにパレット内に9本配置し、植物の水平投影面積がパレット面積以上になるように葉で覆い、土壌が影となるようにした。

(2) 屋上・壁面緑化の冷暖房負荷低減効果

測定対象とした実験棟(写真1)は鉄骨造平屋建ての同一規模の2棟とし、各棟の壁は外側から角波鉄板(厚0.8mm)、空気層(厚15mm)、石膏ボード(厚12.5mm)で構成され、また、屋根はシート防水仕上げの鉄板(厚4.5mm)葺きとし、天井は石膏ボード(厚12.5mm)仕上げとし、天井ふところは20cmとした。壁面に緑化を施すにあたっては、金属骨組みとヤシガラマット(厚8mm)で構成されたパネルにヘデラを絡ませ、繁茂させたものを緑化パネルと称し、その緑化パネルを実験棟壁面に密着するように設置した。測定方法としては、表1に測定項目および測定機器を示すように、日射量、相当外気温、各壁面の熱流量、各壁の表面温度な

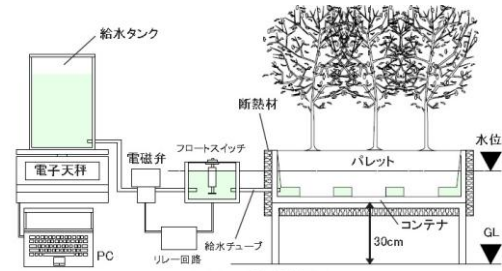


図1 実験装置



写真1 実験棟

表1 測定機器一覧

測定項目	測定機器名
日射量	英弘精機 ネオ日射計 MS-42
相当外気温	SAT計(天空、東、西、南、北、地面) 計6個
熱流量	英弘精機 MF-200
温度	江森電機 Thermocac-F model 5030A
湿度	ESPEC RS-11
電力量	HIOKI 電圧ロガー3671、コミュニケーションベース3912

表2 測定ケース

実験ケース	計測期間	緑化面(A棟)	緑化面(B棟)
case1	7月31日～8月6日	無	屋上・南・西
	8月7日～8月10日	無	屋上・南
	8月11日～8月17日	無	屋上・南
case3	8月11日～8月20日	無	屋上・西
	8月21日～8月27日	南	屋上
case5	8月28日～9月3日	南・西	屋上
case6	9月4日～9月10日	西	屋上
case7	9月18日～9月24日	無	屋上

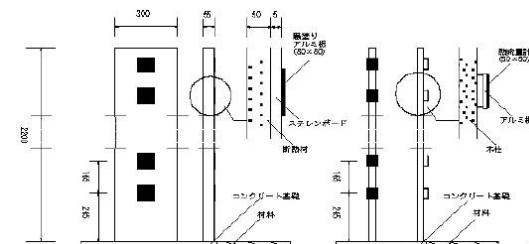


図2 実験装置および詳細図

らびにエアコン(東芝製RAS-2855DV)の消費電力量を測定した。また、測定ケースを表2に示した。

(3) 緑化面の照り返しによる影響 図2に実験装置を示す。作成した実験装置は、縦220cm、横30cm、厚さ5.5cmの断熱材に、縦、横8cm角の表面に黒色塗装したアルミ板(厚さ1mm)を等間隔に計12枚貼り付けたもの(分布用SAT計)3体と、アルミ板中心と同

じ位置に計12枚の熱流量板(5cm角)を設けたもの(熱流計)1体である。実験に当たっては、分布用SAT計と熱流計を一体化し、その前面地面上に床材を敷いた。床材の寸法は、幅は180cm一定とし、奥行を90cm、135cm、180cmの3段階とした。実験方法としては、マット(黒)、および天然芝は分布用SAT計のみで測定し、他の材料は一体型を用い、同時測定とした。なお、天然芝の場合は、芝生地を対象とした。

4. 研究成果

(1) 測定結果の一例として、図3に7月25日(2010年)における各試料の蒸発量の日変動、図4に各試料の表面温度の日変動を示す。濡土壌の場合には、図3より、濡布面に比べて午前中の蒸発量は少なく、逆に14時以降になると多くなっている。また、図4より表面温度は日中時において濡布面に比べて明らかに高くなっている。図5に植栽の蒸発散量と濡土壌(影)の蒸発量、植栽の蒸発散量から濡土壌(影)の蒸発量を差し引いた植物の蒸散量、ならびに、濡土壌の蒸発量の日変動を示す。なお、つつじとマムの蒸発散量は良い一致を示していたため、マムのみを図示した。湿気伝達率 α' ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$)は、(1)式に示すように各面での蒸発量を試料表面水蒸気圧と空気水蒸気圧との差で除して算出した。SAT計、濡布面および土壌面における熱収支を(2)式、(3)式、および(4)式に示す。ここで、SAT計面、濡布面および土壌面の表面粗度の違いを無視し、対流熱伝達率は風速の関数で定まるとし、各表面での対流熱伝達率は等しいものと見なすと、(2)式と(3)式の釣り合い方程式から(5)式のように対流熱伝達率を求めることができる。また、各試料面の輻射熱伝達率は(6)式より算出した。図8に測定期間中の12時から15時までの各濡布面の湿気伝達率と風速との関係を示す。(5)式より算出した対流熱伝達率および濡布面、濡土壌における湿気伝達率からルイスの関係性を求め、図9に各濡面におけるルイスの関係性を示す。ルイスの関係性の値は、風速が1m/s以上では、濡布面の場合、風速に関係なくほぼ一定値を示し、理論値に比べると、若干小さ目となっている。

(2) 図10に、case1の0時から24時までの各棟での積算電力量の測定例を示す。また、表3には、全実験ケースにおける0時から24時と10時から18時までのB棟の積算電力量をA棟の積算電力量で除したものを示す。case1の日中での場合は0.53と、A棟の消費電力に比べてB棟は約半分と省エネとなっている。また、case5の場合のように、南および西面を緑化した場合と屋上のみ緑化した場合との比はほぼ等しくなっており、

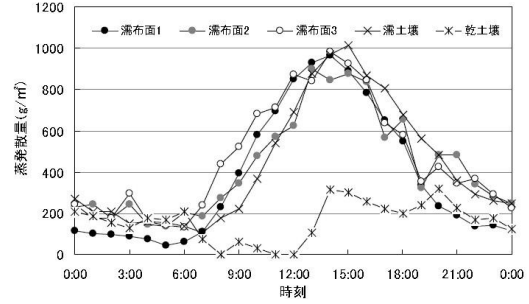


図3 各試料の蒸発散量の日変動

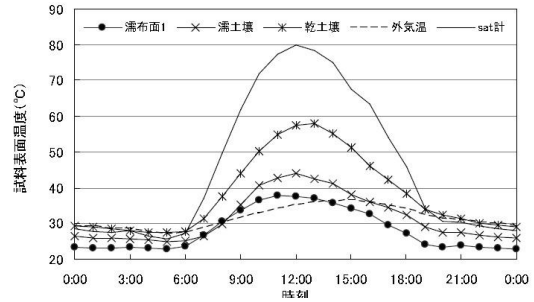


図4 各試料の表面温度の日変動

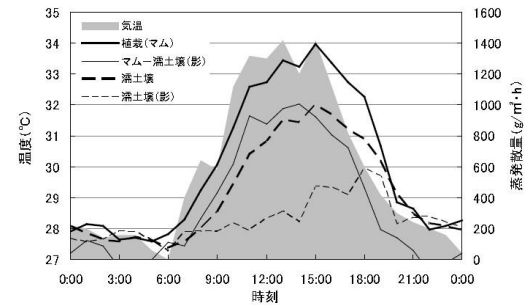


図5 植物からの蒸散量の検討

$$\alpha' = m / (f_{sw} - f_{sa}) \quad (1)$$

α' : 湿気伝達率($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$) m : 各試料の蒸発散量($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
 f_{sw} : 試料表面水蒸気圧(mmHg) f_{sa} : 空気水蒸気圧(mmHg)

$$a \cdot I = (ac_{sat} + ar_{sat})(\theta_{sat} - \theta_o) \quad (2)$$

$$a \cdot I = (ac_w + ar_w)(\theta_{sw} - \theta_o) + m\gamma \quad (3)$$

$$a \cdot I = (ac_w + ar_w)(\theta_{sw} - \theta_o) + m\gamma + q \quad (4)$$

$$ac = \{-ar_{sat}(\theta_{sat} - \theta_o) + ar_w(\theta_{sw} - \theta_o) + m\gamma\} / (\theta_{sat} - \theta_{sw}) \quad (5)$$

$$ar = a\sigma \left(\left(\frac{T_s}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_o}{100} \right)^4 \right) / (\theta_s - \theta_o) \quad (6)$$

a : 日射吸収率0.9(ND) I : 日射量(W/m^2)
 ac : 対流熱伝達率($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) ar : 輻射熱伝達率($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
 θ_{sat} : SAT計面の表面温度($^{\circ}\text{C}$) θ_{sw} : 濡布面の表面温度($^{\circ}\text{C}$)
 θ_o : 外気温($^{\circ}\text{C}$) $m\gamma$: 濡布面の蒸発潜熱量(W/m^2)
 q : 土壌内伝導熱量(W/m^2) σ : 有効輻射定数 $5.67 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
 T_o : 外気の絶対温度(K) T_s : 各試料表面の絶対温度(K)

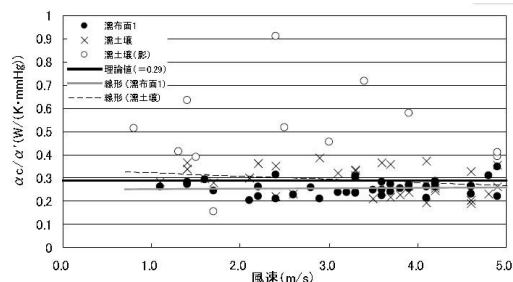


図6 各試料濡面におけるルイスの関係

表3 各ケースにおいての使用電力量の比

実験ケース	0時~24時	0時~24時	10時~18時	10時~18時
設定温度	25℃	27℃	25℃	27℃
case1	0.69	0.70	0.53	0.56
case2	0.83	0.79	0.66	0.46
case3	0.83	0.94	0.74	0.78
case4	0.90	0.91	0.88	0.88
case5	0.86	0.91	0.88	0.91
case6	0.82	0.78	0.71	0.78
case7	0.83	0.85	0.66	0.61

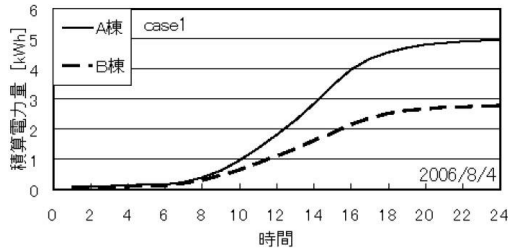


図7 積算電力量の比較

この場合は、日射量遮蔽効果として等価とみなしてもよいと思われる。

(3) 照り返しによる室内気温の影響を検討するために、数種類の照り返し材を用いて実験を行った結果、アルベドの小さい材料ほど照り返し熱量が少なく、そのため室内気温に及ぼす影響が弱まり、また、照り返し面の奥行きが90cmの場合、高さ約120cmまで影響を及ぼし、135cmの場合には約180cmの高さまで、180cmの場合には約200cmの高さまで影響を及ぼすことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① 山崎真理子、水谷章夫、大澤徹夫、熱的薄い壁体建物の屋上・壁面緑化による冷房負荷低減効果、日本建築学会技術報告集、査読有、Vol. 15 (2009)、No. 29、pp. 155-158

② 崔哲、水谷章夫、青木哲、暖房時における各種透明ガラスから日射が透過した場合での室内熱収支の検討、日本建築学会環境系論文集、査読有、2011年7月、第76巻、第665号

[学会発表] (計8件)

① 森本尚揮、山崎真理子、水谷章夫、その他：日射熱を受けた植栽の蒸発特性ならびに湿り土壌の湿気伝達率、日本建築学会東海支部研究報告集、第48号、pp. 317-320、2010. 2. 21、名古屋

② 森本尚揮、山崎真理子、大澤徹夫、水谷章

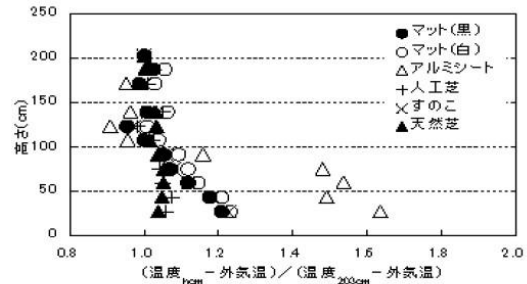


図8 温度比による垂直分布

夫：日射を受けた植栽および濡面での熱・湿気伝達に関する研究、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集、第11号、pp. 97-100、2010. 3. 15、名古屋

③ 森本尚揮、山崎真理子、水谷章夫、その他：日射を受けた植栽及び土壌の熱・湿気移動現象に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2環境工学II、pp. 265-266、2010. 9. 1、富山

④ 石川雅章、水谷章夫、山崎真理子、大澤徹夫：植栽の蒸発変動量に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2環境工学II、pp. 295-296、2009. 8. 26、仙台

⑤ 石川雅章、山崎真理子、水谷章夫、その他：植栽の蒸発変動量に関する実験的研究、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集、第10号、pp. 5-8、2009. 3. 17、名古屋

⑥ 松本浩明、山崎真理子、水谷章夫、その他：日射を受けた土壌面での蒸発特性(蒸発に及ぼす水位位置と日射量の関係)、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会、2008. 3. 17、名古屋

⑦ 嵯峨崎千尋、水谷章夫、山崎真理子、その他：屋上・壁面緑化による冷房負荷低減効果(その2)、空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会、2008. 3. 17、名古屋

[図書] (計0件)

[産業財産権] 無

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水谷 章夫 (MIZUTANI AKIO)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：60141892

(2) 研究分担者

山崎 真理子 (YAMAZAKI MARIKO)

名古屋大学・生命農学研究科・准教授
研究者番号：70346170