

自然植生リサイクル材料（ヨシズ）の 日射遮蔽効果に関する実験的研究

AN EXPERIMENTAL STUDY ABOUT INTERCEPTIVE EFFECTS ON TRANSMISSION OF SOLAR RADIATION OF NATURAL VEGETATION RECYCLING MATERIALS (REED SCREEN)

田中 寿弥*¹ 青木 一男*² 長谷川 昌弘*³ 佐藤 真奈美*⁴
1st Toshiya TANAKA 2nd Kazuo AOKI 3rd Masahiro HASEGAWA 4th Manami SATO

*¹ 大阪工業大学大学院 工学研究科 環境工学専攻

Department of Environmental Engineering, Osaka Institute of Technology Graduate School

*²大阪工業大学 工学部 環境工学科Department of Environmental Engineering, Osaka Institute of Technology

*³大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科Department of Civil and Urban design, Osaka Institute of Technology

*⁴大阪工業大学 工学部 建築学科Department of Architecture, Osaka Institute of Technology

Corresponding author: Toshiya TANAKA, t-tanaka@env.oit.ac.jp

ABSTRACT

Recently, the heat island phenomenon is attracting public attention as an environmental problem in urban areas. Rooftop greening has been vigorously studied and practiced as a measure to cope with this problem. However, it involves many difficulties, including the loading of the roof with basic greening materials, high construction costs, and difficulties related to maintenance (e.g. the maintenance of vegetation after construction). Reeds fulfill important functions in conserving the natural environment: by purifying water and preventing eutrophication through the absorption of phosphorus, nitrogen and other nutrients; providing nursery grounds for waterfront organisms; and absorbing and immobilizing CO₂. To maintain these functions, it is necessary to mow reeds every year. At present, however, reed mowing is not conducted to a satisfactory degree, because there are few ways to use a large amount of mowed reeds effectively. Accordingly, the authors experimentally installed reed screens on the roof of a building, to quantitatively evaluate the effects of these screens in thermal insulation.

Therefore, using "the ditch reeds" which were natural plant recycling materials, improvement of the air conditioner efficiency of the building paid attention to a prospective thing by planning rise restraint of the roof concrete surface temperature of the daytime in the summer and performed the observation about those effects. As a result of observation, I understood that an insulation effect was confirmed and could expect a reduction effect of the air conditioner load by laying ditch reeds.

キーワード:ヨシズ,ヒートアイランド,自然植生リサイクル材料

Key Words : Reed screen, Urban heat island, Natural vegetation recycling material

1. はじめに

都市部における人為的活動に起因した高温化は代表的な環境問題である。特に、都市中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象である⁽¹⁾ヒートアイランド現象は深刻な問題となっている。ヒートアイランド現象が発生する主な原因としては、緑地・水面などの喪失に伴う冷却効果の減少や、地表面の大部分が高層ビル（コンクリート）や舗装道路（アスファルト舗装など）などの自然な地表面に比べて、日射による蓄熱が顕著な性質である地表面被覆へと変えられたことによるものと考えられている⁽²⁾。ヒートア

일랜드現象による弊害としては、都市型ゲリラ豪雨や、気温が上昇することにより冷房の使用時間が長くなり冷房設備からの排熱がさらに増え、現象をさらに助長させるといふ悪循環が起こることである。また、冷房の使用時間が長くなるということは、二酸化炭素排出量が増加し地球温暖化の進行にもつながることになる。さらに自動車や工場などから排出される人工的な排熱が加わり都市部の高温化が進んでいる。

現在、ヒートアイランド現象の対策として様々な方法が考案されている。近年では屋上緑化・壁面緑化や透水性舗装⁽³⁾・保水性舗装⁽⁴⁾などによる熱環境対策が試行されてい

る。しかし、屋上緑化などによる対策は、緑化基盤材の荷重が屋根に付加されることや施工コストが高いことに加え、施工後の植生維持などメンテナンス上の問題など多くの課題を抱えている。

そこで、著者らは自然植生リサイクル材料で作られる「ヨシズ」に着目した。ヨシズの材料である葦（以下、ヨシと記す）は、北海道から沖縄まで日本各地の湖沼や河川、汽水域の河川部や干潮帯などの海岸付近に生える抽水植物である⁵⁾。日本のみならず、ヨーロッパやアフリカ、アジアなど世界中に分布している。ヨシには、窒素やリンを根などに吸収することによる水質浄化機能や水辺生物の生育場、CO₂吸収・固定など自然環境保全上重要な機能を有している。しかし、これらの機能を保持するには定期的なヨシ刈り（12月から3月下旬）が必要とされている⁶⁾。刈り取られたヨシは、ヨシ紙やヨシズ、茅葺き屋根の材料などに使用されているが、量的には限られている。そのため、刈り取られないままのヨシが枯死し河床に堆積後、腐食することにより水質汚染などが発生する。よって、需要先が少ない現況においては、刈り取られたヨシをいかに活用するかが極めて重大な検討課題となっている。

そこで、自然植生リサイクル材料である「ヨシズ」をビル屋上に敷設して、夏期における日中の屋上コンクリート表面温度の上昇抑制を図ることにより、室内への貫流熱量が軽減されビルの冷暖房効率の向上が出来る。このことにより、冷暖房の使用が減少し室外機からの排熱が削減される。よって、都市のヒートアイランド現象の軽減とヨシズの有効で大量な活用方法の提案をしたい。

本論文では、このような背景のもと自然植生リサイクル材料である「ヨシズ」の有無による夏季におけるビル屋上コンクリート表面温度を観測し、ヨシズによる日射遮蔽効果について検討を行った。

2. 実験方法および計測方法

観測は、夏季（2004年8月10日、2005年8月19～20日、2006年8月23～24日）の計3回、摂南大学 寝屋川キャンパス 12号館（7階建て）屋上で実施した。屋上の概要図を図1に示す。2004年8月10日に実施した実験（以下、CASE-1と記す）装置を図2に示す。2005年8月19日～20日に実施した実験（以下、CASE-2と記す）装置を図3に示す。2006年8月23～24日に実施した実験（以下、CASE-3と記す）装置を図4に示す。各CASEで用いた実験装置の概要を表1に示す。ヨシズ表面温度およびコンクリート表面温度の温度測定は、日射吸収率に齟齬のないテープでセンサー部を固定して測定を行った。各Typeのヨシズ表面中央温度、各Typeのヨシズ下コンクリート表面中央温度、ヨシズの被覆のない箇所のコンクリート表面温度の測定は、デジタル温度計（分解能0.1℃）を用いた。ここで示す、コンクリート表面温度および、ヨシズ表面温度は等価気温とコンクリート表面温度およびヨシズ表面温度の平均値とい

う位置づけになる。日射量の測定は、CASE-3のみである。風向、風速ともに測定を行っていない。測定者の感覚値であるが、測定中の主風向の変化は観察ノートに記録した。記録した風向値はアメダスデータ<観測地枚方市>に概ね一致している。CASE-1での最多風向は西南西、CASE-2では西南西、CASE-3においては北東であった。屋上気温の測定には、水銀温度計（分解能0.1℃）を用いた。屋上気温は、屋上階段出入り口や塔屋の軒で直達日射の影響を受けず、通風の確保できる位置で測定を行った。測定高さは屋上床表面より1.5mとした。実験で使用したヨシズの諸元を表2に、ヨシズを写真1に示す。

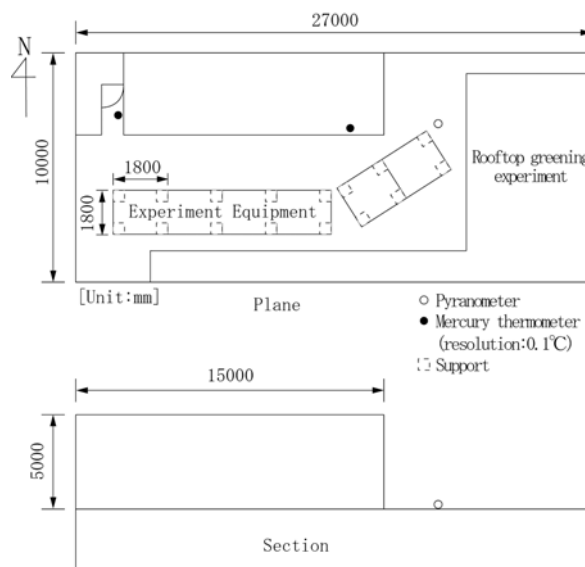


図1 屋上の概要図

表1 装置名称と装置概要

Name	The reeds number of sheets	Reeds and concrete surface interval	Others
Type1	3	30cm	
Type2	5	30cm	
Type3	7	30cm	
Type4	3	0cm	
Type5	3	30cm	Surface of the uppermost screen painted white
Type6	3	30cm	Reeds interval 7.7cm
Type7	3	30cm	Surface of the screen spray
Type8	1	30cm	
Type9	1	0cm	
Type10	5	0cm	
Type11	7	0cm	

表 2 ヨシズの諸元

Size (L × B) (m)	1.8 × 1.8
L: Length, W: Wide	
Average weight (kg)	3.93
Maximum weight (kg)	4.38
Minimum weight (kg)	3.62
The number of reeds (reeds/sheet)	240
Average diameter (mm)	7.07
Maximum diameter (mm)	9.04
Minimum diameter (mm)	3.92



写真 1 ヨシズ

1) CASE-1 の実験概要

CASE-1 においては、ヨシズ枚数の違いによる日射遮蔽効果の違いを確認するため、図 2 に示す Type1, Type2, Type3 の実験装置を設置した。温度の測定点は、各 Type のヨシズ表面中央、各 Type のヨシズ下コンクリート表面中央、ヨシズの被覆のない箇所のコンクリート表面である。測定時間は、2004 年 8 月 10 日の 7 時 15 分から 21 時 30 分まで行った。温度の測定間隔は、温度変化に応じて昼 10 分、夜間 30 分である。

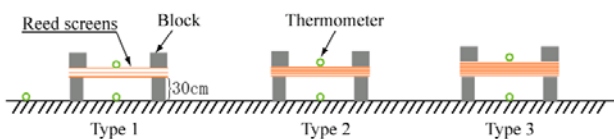


図 2 CASE-1 の実験装置

(2) CASE-2 の実験概要

CASE-2 においては、ヨシズの設置方法の違いによる日射遮蔽効果の違いを確認するため、図 3 に示す Type1, Type4, Type5, Type6, Type7 の実験装置を設置した。温度の測定箇所および測定機器については、CASE-1 と同一である。測定期間は、2005 年 8 月 19 日 7 時 45 分より 20 日 20 時まで 36 時間連続観測を行った。それぞれにおける温度の測定間隔は、温度変化に応じて昼 10 分、夜間は 30 分または 1 時間である。なお、ここで行った散水は、最上層のヨシズ表面が濡れる程度であり、散水量は 700ml/回である。また、散水間隔は 10 分間とした。

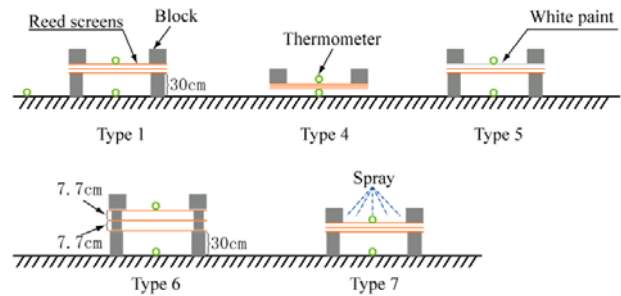


図 3 CASE-2 の実験装置

(2) CASE-3 の実験概要

CASE-3 においては、CASE-1 および CASE-2 の実験結果を踏まえ、ヨシズ下とコンクリート表面間の空間で通風がある場合とない場合について、ヨシズ枚数の違いによる日射遮蔽効果を確認するため、図 4 に示す Type1, Type8, Type9, Type4, Type10, Type11 の実験装置を設置した。温度の測定箇所および測定機器については、CASE-1 と同一である。測定期間は、2006 年 8 月 23 日 9 時 15 分より 24 日 20 時まで 35 時間連続観測を行った。温度の測定間隔は Case2 と同様とした。また、温度測定と同じ時刻に全天日射量を精密全天日射計（英弘精機社製、MS-802）により 10 分間隔で測定した。図 1 に示すように精密全天日射計の北西部には室外機の目隠しルーバー（アルミ製）があり、測定値への反射日射の影響を無視出来ない測定条件となっている。

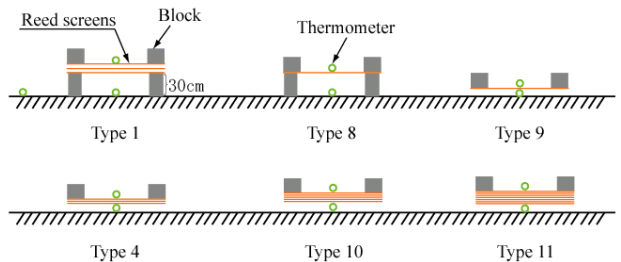


図 4 CASE-3 の実験装置

3. 実験結果

(1) 夏季の実験結果

a) 日射遮蔽効果

CASE-1~3 について行った実験で得た各 Type のヨシズ下コンクリート表面中央温度, ヨシズの被覆のない箇所のコンクリート表面温度, 屋上気温の経時変化を図 5~7 に示す. 各図に示すように, ヨシズの覆いのない箇所のコンクリート表面温度に比べ各 Type のヨシズ下コンクリート表面温度が低いことが分かる. いずれの CASE でもヨシズで屋上コンクリート表面を覆うことで日射遮蔽効果があることが分かった.

ヨシズの枚数による日射遮蔽効果を検討した CASE-1 の結果を図 5 に示す. 屋上最高気温時 (36.7°C, 8 月 10 日 13 時 30 分) におけるコンクリート表面温度は 58.2°C であり, この時の日射遮蔽による各 Type ごとのヨシズ下コンクリート表面温度降下は, Type1 で 23.2°C, Type2 では 24.0°C, Type3 では 23.6°C であった. ヨシズの設置方法の違いによる日射遮蔽効果を検討した CASE-2 の結果を図 6 に示す. CASE-2 での屋上最高気温時 (34.9°C, 8 月 19 日 12 時 30 分) におけるコンクリート表面温度は 51.8°C であり, この時の日射遮蔽による各 Type ごとのヨシズ下コンクリート表面温度降下は, Type1 では 18.1°C, Type5 では 18.2°C, Type6 では 18.3°C, Type7 では 17.9°C, Type4 では 15.0°C であった. ヨシズ下通風の日射遮蔽効果への影響を検討した CASE-3 の結果を図 7 に示す. CASE-3 での屋上最高気温時 (36.8°C, 8 月 24 日 14 時 10 分) におけるコンクリート表面温度は 60.1°C であり, この時の日射遮蔽に通風の影響があるヨシズ下コンクリート表面温度降下は, Type8 で 22.8°C, Type1 で 25.3°C であった. 通風がない Type4 では 21.8°C, Type9 では 12.8°C, Type10 では 25.1°C, Type11 では 27.0°C であった. このことより, どのケースにおいても屋上コンクリート表面温度はヨシズがない場合に比べ 15.0~27.0°C 程度下げる効果があることが分かった. 本報ではこの温度降下の大きさを日射遮蔽効果と呼ぶ.

b) ヨシズ枚数の違いによる日射遮蔽効果の検討

図 8 に CASE-1 における Type1, Type2, Type3 の日射遮蔽効果と, 図 9 に CASE-3 で行った Type1 と Type8 での日射遮蔽効果を示す. 図 8 に示すように, Type1, Type2, Type3 では日射遮蔽効果は同程度である. 図 9 に示すように Type1 と Type8 での日射遮蔽効果は, Type1 の方が Type8 に比べて 2.5°C 程度高い. ヨシズ下に通風がある場合, ヨシズ枚数 3 枚以上であれば同等の日射遮蔽効果が得られる. これらの実験結果より通風の効果を含む見かけの日射透過率を求めると, ヨシズ 1 枚では約 17% であり, ヨシズ 3 枚で約 5% であった. 実測 CASE ごとに日射量, 通風の違いがあり本来の日射遮蔽性能を示すにはいたっていないが, Type1 のヨシズの利用方法が効果的であることを示した.

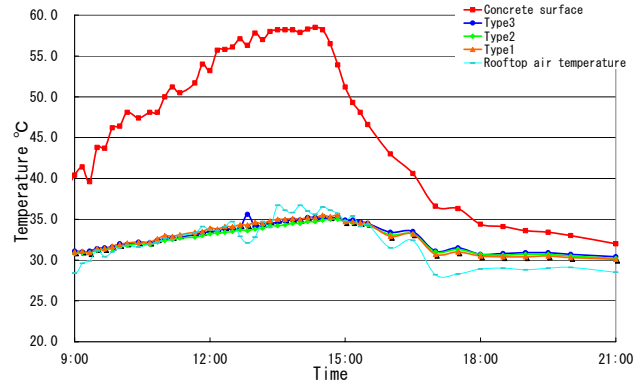


図 5 CASE-1 における各ケースのコンクリート表面温度

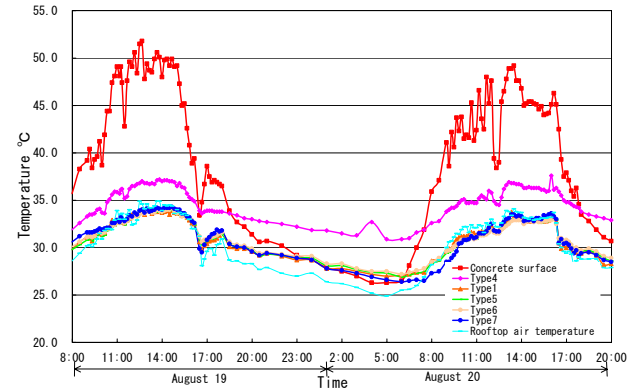


図 6 CASE-2 における各ケースのコンクリート表面温度

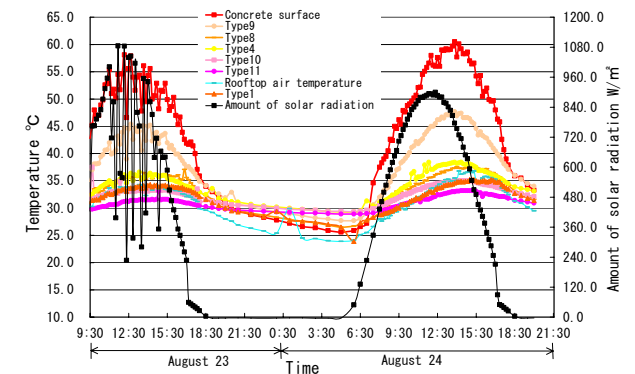


図 7 CASE-3 における各ケースのコンクリート表面温度

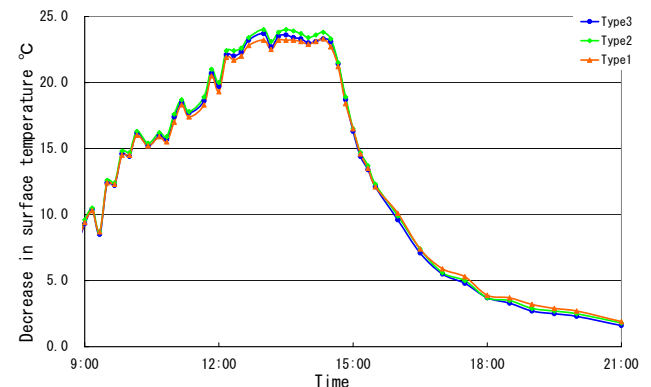


図 8 複数枚のヨシズ利用による日射遮蔽効果の比較 (ヨシズ下に通風がある場合)

c) ヨシズ設置方法の違いによる日射遮蔽効果の検討

図 10 に CASE-2 での屋上最高気温時 (34.9℃, 19 日 12 時 30 分) における Type1, Type4, Type5, Type6, Type7 の日射遮蔽効果を示す。図示のように、日射遮蔽効果は Type1 では 18.1℃, Type5 では 18.2℃, Type6 では 18.3℃, Type7 では 17.9℃, Type4 では 15.0℃であった。Type1, Type5, Type6, Type7 では同程度の通風条件でもあり、日射遮蔽効果に大きな違いはみられなかった。Type6 はヨシズ間にも通風が生じるものであるが、前述の結果との差はほとんどない。一方、コンクリート表面にヨシズが接している Type4 は、Type1, Type5, Type6, Type7 に比べて日射遮蔽効果が 3℃程度低いことが分かる。Type4 ではヨシズ下の通風がないため、日射遮蔽効果の 3℃差が通風による遮熱効果と読み取れる。ヨシズを密着させて配置し、ヨシズとコンクリート表面との間に空間を設けることで、日射遮蔽効果を 2 割程度向上させられる。

d) 白色塗装・散水による表面温度・日射遮蔽効果の検討

図 11 に CASE-2 における Type5 (白色塗料による日射遮蔽効果) および Type7 (散水による日射遮蔽効果) でのヨシズ表面温度と Type1 の測定結果との温度差を示す。図示のとおり白色塗料を塗布したヨシズ表面での日射受熱量は無垢のヨシズに比べ温度にして日中に 2℃程度軽減される。散水によるヨシズ表面での受熱量軽減は更に大きく、温度にして 5℃程度あった。白色塗料を塗布したヨシズと散水したヨシズでの日射遮蔽効果を図 12 に示す。図示のように Type1, Type5, Type7 での日射遮蔽効果は大略一致した。

以上のことから、白色塗装塗布に比べ、散水によるヨシズ表面温度低減効果は 2 倍以上あることが分かった。にもかかわらずヨシズ表面の受熱量の違いが、日射遮蔽効果に及ぼす影響はほとんどみられない。このことより、ヨシズ表面仕上げでの日射受熱量の違いが日射遮蔽効果に及ぼす影響は無視でき、ヨシズ下の通風が日射遮蔽効果に支配的要因となる。

図 13 にヨシズ表面に 700ml の散水を一回施したヨシズ表面温度の時間経過を示す。散水直後ヨシズ表面温度は一旦低下するが、10~15 分後には元の温度に戻る。この結果より、本報告で示した散水によるヨシズ表面温度の低減を目的とするなら、散水間隔は 15 分を超えては意味のないものなることを示した。

e) 日射量と各コンクリート表面温度の関係

本報告で唯一日射量測定が行えた Case-3 について、日射量とコンクリート表面温度、Type1 でのヨシズ下屋上コンクリート表面温度の関係を図 14 に示す。図示のように、コンクリート表面温度は日射量の増加に伴い上昇していくが、ヨシズ下屋上コンクリート表面温度は、日射量の増加にほとんど関係なく一定の温度を保っている。図示したヨシズ下コンクリート表面温度一定の性状が、本報告で定義したヨシズ下の通風も加味した日射遮蔽効果といえる。

なお、測定された日射量の最大値は約 1100W/m²と測定地の

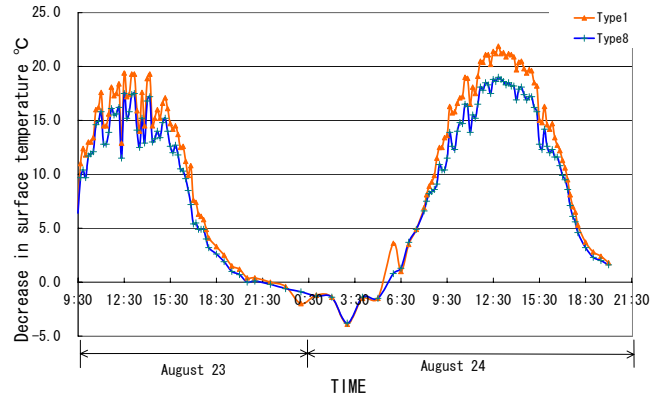


図 9 ヨシズ枚数による日射遮蔽効果の比較

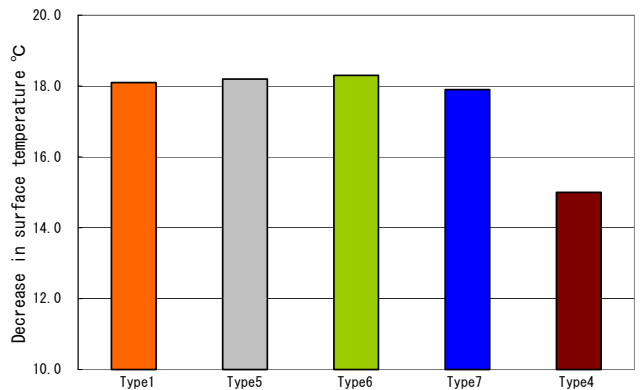


図 10 ヨシズ設置方法による日射遮蔽効果の比較

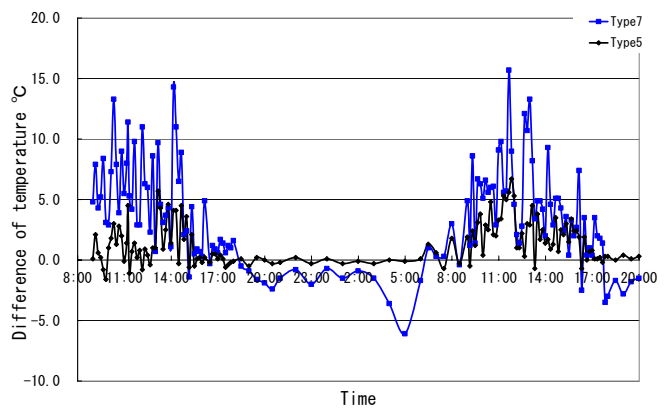


図 11 ヨシズ表面仕上げの違いによる表面温度比較

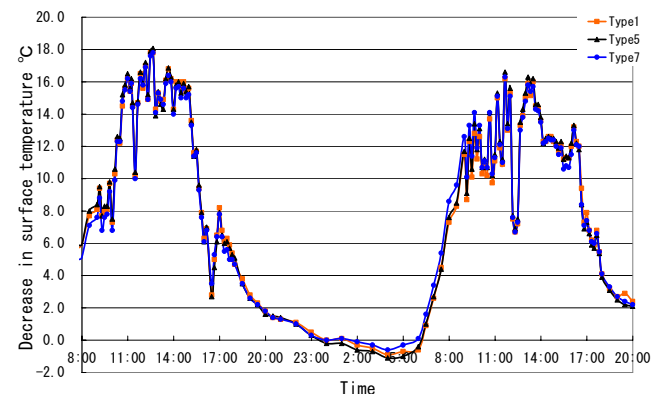


図 12 ヨシズ表面仕上げの違いによる日射遮蔽効果の比較

緯度に対し1割以上大きな値となっている。実験概要でも示したとおり、日射量測定結果には周囲物からの反射日射の影響が含まれている。

4. まとめ

本論文では、自然植生リサイクル材料である「ヨシズ」を敷設することによる夏季におけるビル屋上コンクリート表面温度を観測し、ヨシズによる日射遮蔽効果について検討を行った。本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 夏季において、ヨシズでビル屋上コンクリート表面を覆うことにより、屋上コンクリート表面温度を15.0～27.0℃程度下げる日射遮蔽効果がある。
- (2) コンクリート表面とヨシズの上に空間を設け、通風を確保することで日射遮蔽効果を高めることが出来る。
- (3) ヨシズ下に通風がある場合、ヨシズ枚数を3枚以上に増やしても日射遮蔽効果には影響しない。
- (4) 白色塗装塗布より散水の方がヨシズ表面受熱量を2倍程度低減するが、通風を伴う日射遮蔽効果へのヨシズ表面受熱量の影響は無視できる。
- (5) 散水によるヨシズ表面温度の低減効果は、ヨシズ3.24㎡あたり700mlの散水で15分程度しか持続できない。

今後は、冬季におけるヨシズによる保温効果と、夏季・冬季の観測結果より、直下室内側への貫流負荷のみを考慮した場合の、冷暖房負荷をどの程度低減できるかについて熱収支解析を行い検討して行く予定である。

謝辞

本研究を始めるきっかけをつくって頂きましたヨシ研究所所長・ヨシ博物館館長である西川嘉廣先生、そして、本研究を進めるための実験フィールドを提供して頂きいただいた摂南大学の伊藤譲先生には心より感謝いたします。また、共に観測を行った下村剛士氏、大野修平氏、笠谷昌也氏、鴨川成弥氏にも感謝いたします。

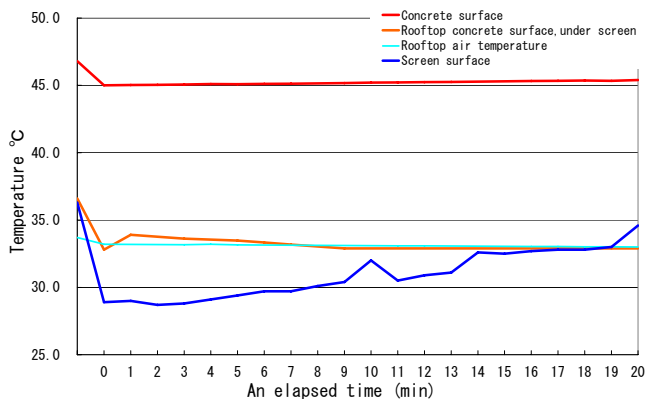


図13 Type7におけるヨシズ表面温度低減効果

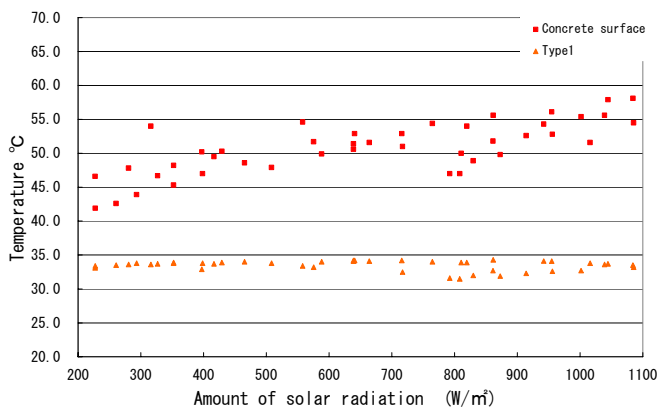


図14 日射量と各コンクリート表面温度の関係

参考文献

- (1) 社団法人 日本建築学会, ヒートアイランドと建築・都市 (2007), 社団法人 日本建築学会
- (2) 森山正和, ヒートアイランド技術と対策 (2004), 学芸出版社
- (3) 北山迪也・大西有三・西山 哲・矢野隆夫・山本 剛, 透水性舗装の都市の熱環境改善効果に関する実験的研究, 土木学会舗装工学論文集, 2006.11, Vol.11, pp49-57, 東京
- (4) 福田萬大・越川喜孝・辻井豪・浅枝隆・藤野毅, 夏季に給・散水した保水性舗装の熱環境緩和特性に関する実験的研究, 土木学会論文集 No.613, 1992.2, V-42, pp225-236
- (5) 長谷川昌弘編著, 環境土構造工学(2.施工技術編) (2006), 電気書院
- (6) 西川嘉廣, ヨシの文化史 (2002), サンライズ出版

(Received November 29, 2007, Accepted April 4, 2008)