

ミズゴケを用いた屋上緑化による気候緩和効果について

藤森利一、丸山龍也*、藤井幸三

*水再生課

1 はじめに

近年、都市中心部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象が都市特有の環境問題として注目されている。この現象は、空調機器や自動車などからの排熱増加や建築物、舗装面の増大による地表面の人工化などに起因するものであり、地球温暖化の進展とも相まって、特に大都市において深刻な環境問題となりつつある。本市においても同様の傾向にあり、この100年間で世界の平均気温が約0.68℃、日本が約1.14℃上昇しているのに対して本市は約1.9℃上昇しており¹⁾、都市化による一定の影響を受けているものと思われる。

ヒートアイランド現象の解決のためには都市の熱循環の改善を図る必要があり、地表面被覆の改善や人工排熱の低減、市民のライフスタイルの改善、都市形態の改善などの諸施策を総合的に推進する必要がある。

近年、地表面被覆の改善策である屋上緑化の一環としてミズゴケを用いる方法が有用との報告^{例えば 1)}がなされている。ミズゴケは水の供給以外には維持管理上の手間がほとんど不要であり、また細胞内部に多量の水を蓄えられる²⁾という大きな特徴がある。筆者等はこのことに注目し、ミズゴケによる気候緩和に関する実証実験を実施し若干の知見を得たので報告する。

2 実験内容

(1) 実験期間

ミズゴケは平成25年3月初旬に植栽し9月末日まで栽培した。データ取得期間は夏季の同年7月1日から同年8月31日までとした。

(2) 実験方法

熊本市環境総合センター（以下、センター）の屋上（3階部分）に実験区を設置した。

実験区は、断面が90mm×90mmの角材を用いて外幅3,230mm×3,230mm、内幅3,050mm×3,050mm、深さ90mmの木枠を組み立て、これにビニールシートを張って製作した。実験区には水道水を充填し、1,000mm×1,000mm、厚さ70mmの発砲スチロール板を9枚（9㎡）浮かべた。それぞれの板に直径50mmの穴を9箇所空けて乾燥オオミズゴケ（以下、ミズゴケ）で被覆して基盤とし、その上に生きたミズゴケを植栽した。実験区は、センターの外観意匠のために設置されているアーチ状の鉄骨構造物の下に配置し（以下、露光実験区）、風除を目的として外周を高さ450mm

の木板で囲った。

図1、図2に露光実験区とミズゴケ植栽状況の写真を示した。

鉄骨構造物は複数の鉄製角柱で



図1. 露光実験区外観



図2. ミズゴケ植栽状況

構成されており、その垂直投影面積は合計約 2.3 m²となることより、実験区は最大で約 74%の露光率となっている。なお、日射量の変化による生育状況の相違を比較するために、近傍の同一形状の鉄骨構造物を全面遮光シートで覆い、その下に同一規格の実験区（以下、遮光実験区）を設置した。

それぞれの実験区では、ミズゴケ表面温度及びミズゴケ上空 35cm の気温（以下、上空気温）と屋上面上空 125cm の気温（以下、外気温）並びに屋上面の温度をサーミスタ温度計により測定した。これらの温度は 1 時間毎に測定した。

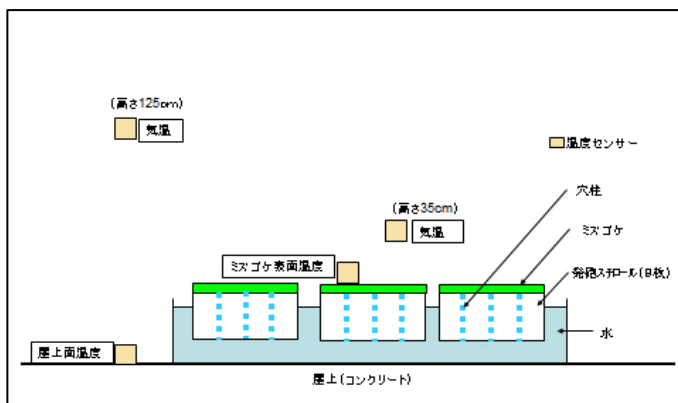


図 3 に実験区の構造概要を示した。

図 3. 実験区の構造概要

3 結果と考察

(1) 実験期間中の気象条件等

実験期間中の気温、日照時間、降水量等について表 1 に示した。

表 1. 実験期間中の気象条件*

	平均気温	日照時間	降水量	備考
4 月	低い	多い	平年並み	
5 月	高い	かなり多い	かなり少ない	日照時間は本市の 5 月の観測史上 1 位。入梅 27 日
6 月	高い	少ない	平年並み	温帯低気圧が 21 日に本市を通過
7 月	かなり高い	多い	少ない	梅雨明け 8 日
8 月	かなり高い	多い	かなり多い	20 日に日最高気温 38.5℃を記録（本市の 8 月の観測史上 1 位）
9 月	平年並み	かなり多い	多い	台風 17 号が鹿児島県に上陸

※ 平均気温等の評価は平年値との比較であり、気象庁発表の概況報告³⁾に基づく。

(2) 解析期間

解析に当たっては、一般的なビルの屋上環境に近いと思われる露光実験区を対象とした。

ヒートアイランド現象が顕著と思われる 7 月及び 8 月の無降雨、若しくはほとんど降雨がなかった一週間を解析期間とした。期間の選定にあたっては、日最高気温や天候を勘案して 7 月 8 日から 14 日まで（期間を通じて無降雨）と 8 月 14 日から 20 日（15 日に 1.0mm の降雨あり。14 日 12～15 時は点検作業のため欠測）までのそれぞれ一週間とした。

(3) ミズゴケ表面温度、上空気温、外気温、屋上面温度

7 月、8 月の平均気温は平年よりかなり高い傾向にあり、解析期間中に限っても 8 月 20 日には本市の 8 月の観測史上 1 位となる日最高気温 38.5℃を、また 19 日には同 3 位となる 38.1℃

を記録するほどの暑さとなった。そのため屋上面の温度も高くなり、解析期間中の最高値は7月では10日13時に51.4℃、8月では20日14時に56.9℃を記録した。

図4及び図5にミズゴケ表面温度、上空気温、外気温、屋上面温度を示した。4項目とも夜間に低く昼間に高くなる挙動を示しているが、ミズゴケ表面温度は屋上面温度よりも低く推移しており、その差は特に昼間において大きくなった。また、上空気温はミズゴケ表面温度よりは高いものの、7月の概ね7時から18時の時間帯を除いて、外気温と同じか若干低く推移している。これは、ミズゴケ表面温度の影響を受けたのが主な原因と考えられる。また、解析期間中の時間別平均温度を図6、図7に示したが、やはり同様の挙動を示している。

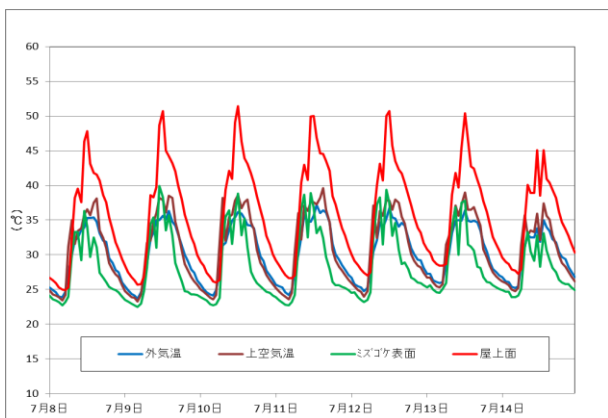


図4. 露光実験区の温度変化（7月）

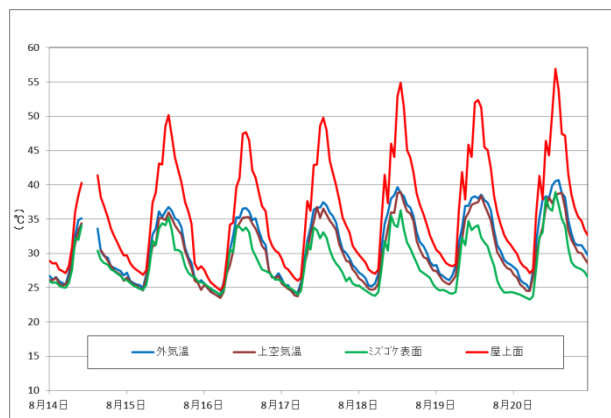


図5. 露光実験区の温度変化（8月）
（14日12～15時は欠測）

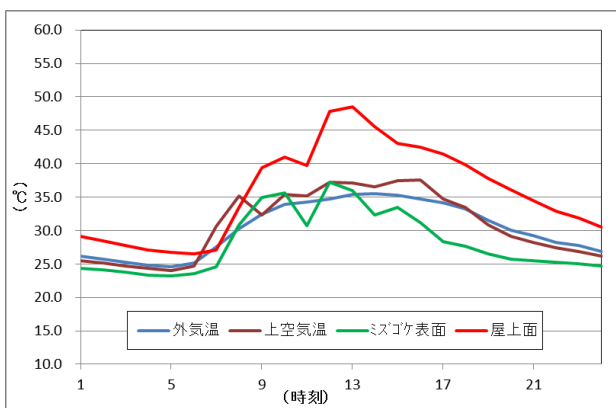


図6. 時間別平均温度変化（7月）

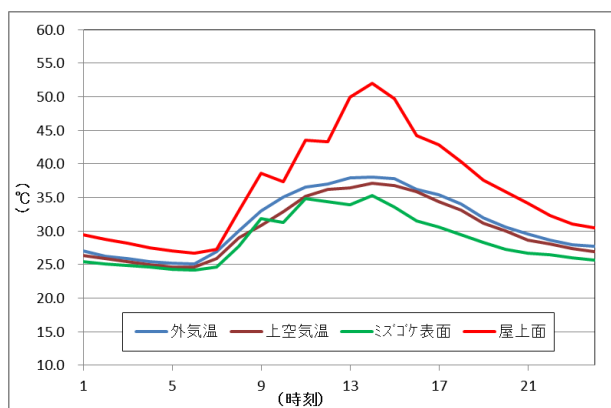


図7. 時間別平均温度変化（8月）

屋上面とミズゴケ表面との温度差の変化を図8及び図9に示した。両月ともミズゴケ表面温度は屋上面温度よりも常に低く、その差は7月では最大15.1℃、最小1.0℃、平均7.5℃であり、8月では、その差は最大18.6℃、最小0.6℃、平均7.4℃であった。この温度差は夜間においてもかなり大きく（22時における両月平均の温度差は6.7℃）、熱帯夜対策の観点からも注目される現象と思われる。

また、屋上面温度とミズゴケ表面温度（共に時間値）との関係を統計的に検討したところ、図10及び図11に示すように強い正の相関が認められ、屋上面温度が高くなるほど温度差は大きくなる傾向にあった。これらのことより、ミズゴケの植栽は屋上からの放射熱に対して一定の抑制効果があることがわかった。

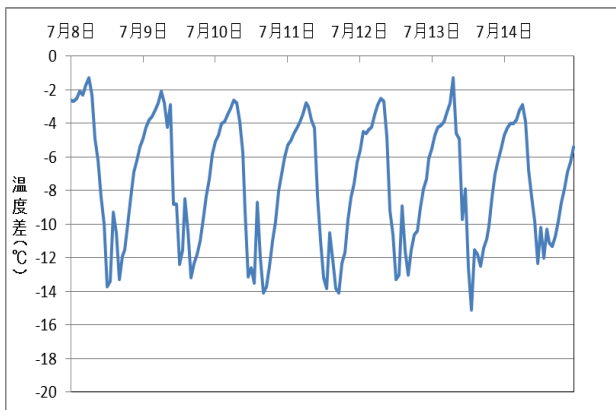


図 8. 屋上面とミズゴケ表面との温度差 (7月)

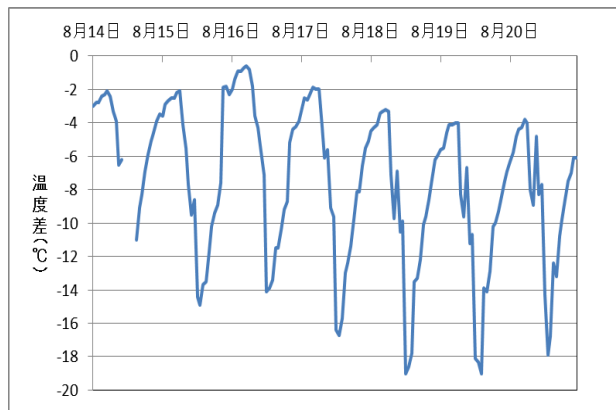


図 9. 屋上面とミズゴケ表面との温度差 (8月)

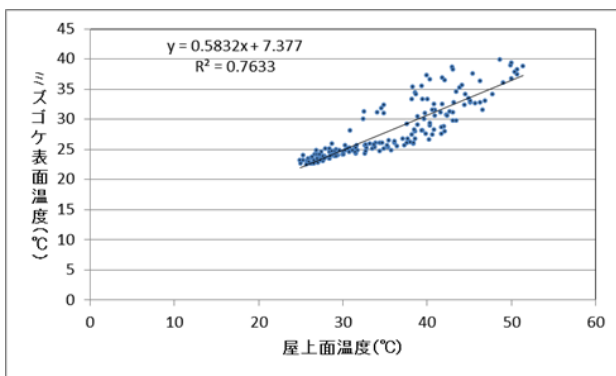


図 10. 屋上面とミズゴケ表面との温度関係 (7月)

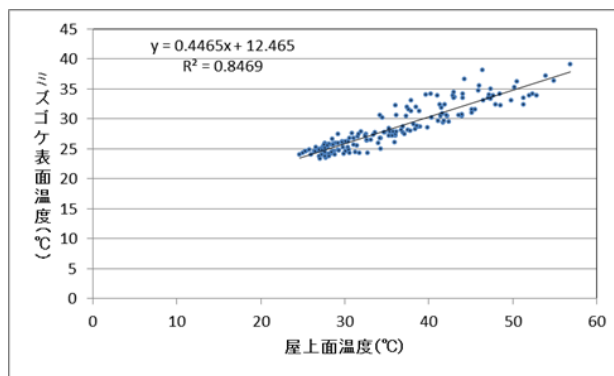


図 11. 屋上面とミズゴケ表面との温度関係 (8月)

生育状況比較のために実施した遮光実験区における温度変化を図 12 及び図 13 に示した。また、図 14、図 15 に両実験区のミズゴケの生育状況の写真を示した。

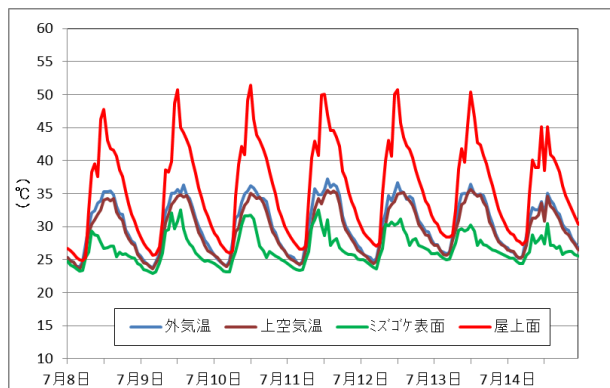


図 12. 遮光実験区の温度変化 (7月)

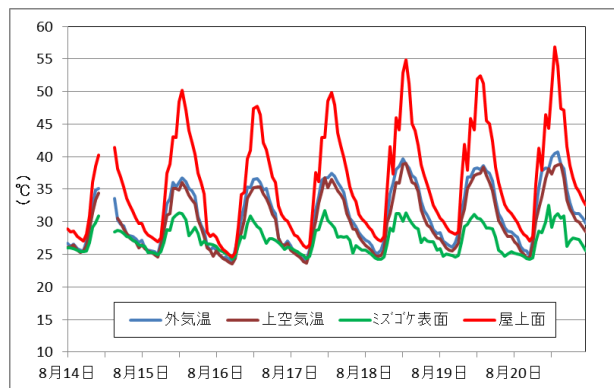


図 13. 遮光実験区の温度変化 (8月)
(14日 12~15時は欠測)



図 14. 露光実験区 (2013. 8. 1)



図 15. 遮光実験区 (2013. 8. 1)

ミズゴケ表面温度は概ね露光実験区よりも低く推移し、7月の遮光実験区と露光実験区の平均値はそれぞれ26.7℃及び28.2℃（温度差1.5℃）、8月は同じく27.3℃及び28.5℃（温度差1.2℃）であり1℃以上の温度差があった。また、上空気温は解析期間を通して外気温と同じか低く推移しており、露光実験区の7月の一部時間帯で両者の温度差が逆転したのとは異なる挙動を示した。

両実験区とも雨水及び水道水の補給だけで順調に成育したが、相対的に遮光実験区の方が生育は良かった。全天日射量等所要の項目を計測していないので断定はできないが、この温度の違いが遮光実験区の成長が良好であった要因の一部であろうと推測される。

一般的なビルの屋上には空調室外機や高架水槽等が設置されており、それらが屋上面に一部影を作るので屋上環境は露光実験区に近いものと推測されるが、今回の実証実験の結果、露光実験区においても生育状況に特段の問題は生じていない。

以上のことより、一般ビルの屋上においてもミズゴケ栽培は可能であり、また、そのことによる屋上からの放射熱の抑制効果を期待できるものと思われる。

4 まとめ

屋上緑化によるヒートアイランド対策の一環としてミズゴケを用いた実証実験を実施し、以下のことが明らかとなった。

- 1) ミズゴケは、露光した実験区（露光率は最大約74%）において、夏季期間中においても水道水と雨水のみで順調に生育することが示された。
- 2) 解析期間中のミズゴケ表面温度は屋上面温度よりも常に低く、その差は屋上面温度が高くなるほど大きくなる傾向にあった。平均温度差は7.4℃～7.5℃であった。
- 3) 上空気温は外気温より概ね低い傾向にあったが、これはミズゴケ表面温度の影響をうけているものと思われる。
- 4) 遮光シートで覆った栽培実験区では、ミズゴケ表面温度は露光実験区よりも平均で1.2℃～1.5℃低く推移した。
- 5) ミズゴケ植栽で緑化することにより、ビル屋上からの放射熱に対して一定の抑制効果が期待できる。

なお、露光実験区において、7月の午前から午後にかけての一部時間帯で上空気温が外気温より高くなる逆転現象が発現したが原因は不明である。解明については今後の課題としたい。

謝辞

本実証実験を実施するにあたり、東海大学農学部応用植物科学科の長野克也教授から多大なご協力とご支援をいただいた。ここに記して謝意を表明する。

参考文献

- 1) 斉藤雅也・坪谷太郎・佐直達夫・山田雅仁・矢部和夫・那須 聖：札幌における降水涵養型ミズゴケ屋上緑化の熱収支に関する研究、太陽／風力エネルギー講演論文集、145-148 2006
- 2) 長野克也：農林水産省委託研究（平成21年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業報告）有明海沿岸におけるミズゴケ栽培を用いた環境保全型農業技術開発
- 3) 気象庁 HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)