

[報告]

校庭芝生化のヒートアイランド緩和効果に関する調査結果

横山 仁 久保田哲也* 青木 正敏* 山口 隆子** 石井康一郎
 (*東京農工大学 **現・都市地球環境部)

1 はじめに

東京都では、ヒートアイランド対策の一環として、校庭の芝生化を推進している。今後、より効果的な事業の展開を図るためには、実測データに基づいた対策実施効果の定量的評価が不可欠である。

そこで、2005年8月に、区内にある芝生化された校庭とダスト舗装校庭において、気温、熱収支等の観測調査を行い、校庭芝生化によるヒートアイランド緩和効果について検討したので報告する。

2 調査内容

2005年8月11～17日に、校庭が芝生化された杉並区立和泉小学校と、隣接するダスト舗装校庭の同区立和泉中学校において表1に示す観測を行った。和泉小学校の

表1 観測項目の概要

観測項目	機器(型式)	観測高度(m)
日射	日射計(PREDE,PCM-01)	1.2
風向風速	プロペラ式風向風速計(YOUNG,CYG-5103)	2.2
正味放射	放射収支計(REBS,Q*7)	1.2
乾球・湿球温度	通風乾湿球温度計	5高度(0.1,0.2,0.5,0.8,1.5)
黒球温度	黒球温度計	2高度(0.2,1.5)
地中伝導熱	熱流板(REBS,PHF-01)	-0.01
地温	熱電対	3深度(-0.01,-0.05,-0.15)
地表面温度	サーモカメラ(AVIO,PVS-620) ・pF計(KONA SYSTEM, KDC-S5)	20(サーモカメラ設置高さ)
土壌水分	・ADR計(IKEDA KEIKI, ML2X)	-0.15

校庭芝生化は、杉並区の学校諸施設整備充実事業の中の校庭緑地化事業として、2001年9月に施工されたものである。ダスト舗装の状態であった面積約2600㎡の校庭の基盤整備が行われた後、砂8割、黒土2割の割合で20cmの客土が施され、西洋芝(トールフェスキュー、ペレニアルライグラス、ケンタッキーブルーグラス)が播種された。

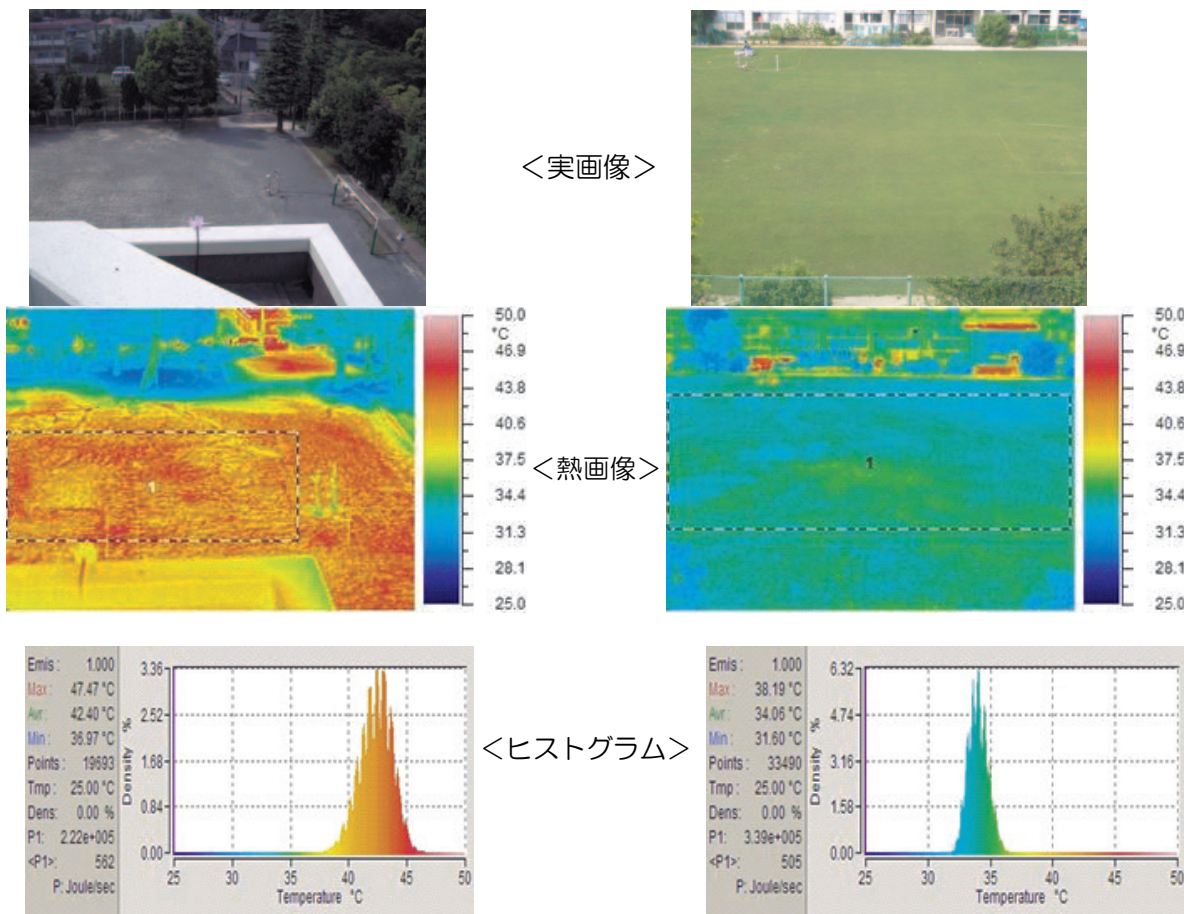


図1 ダスト舗装校庭(左図)および芝生校庭(右図)における地表面温度分布(2005年8月17日13:30、熱画像内の点線はヒストグラム解析領域)

調査時点における芝の状態は、一部に枯損がみられたものの、全体としてほぼ良好であった。以下、和泉小学校校庭を「芝生校庭」、和泉中学校校庭を「ダスト舗装校庭」と呼ぶ。なお、ダスト舗装校庭の面積は、芝生校庭とほぼ同面積であった。

3 調査結果

(1) 地表面温度

図1に、晴天日(2005年8月17日)の日中(13:30)における地表面温度分布を示す。地表面温度は、ダスト舗装校庭が約36~48℃で、平均温度42.4℃であった。一方、芝生校庭では、約32~38℃で、平均温度は34.1℃であった。平均温度で比較すると、芝生校庭の方がダスト舗装校庭よりも8.3℃低い結果となった。

(2) 気温

図2に、8月17日の高さ0.2m及び1.5mにおける気温の経時変化を示す。高さ0.2m、1.5mともに、1日を通して芝生校庭の方がダスト舗装校庭よりも気温が低かった。ダスト舗装校庭の高さ0.2mでは、12:50に最高気温31.2℃を記録したが、同時刻における芝生校庭の高さ0.2m気温は28.7℃で、芝生校庭のほうがダスト舗装校庭よりも2.5℃低かった。また、高さ1.5mにおける同時刻の気温は、ダスト舗装校庭が30.2℃、芝生校庭が28.6℃

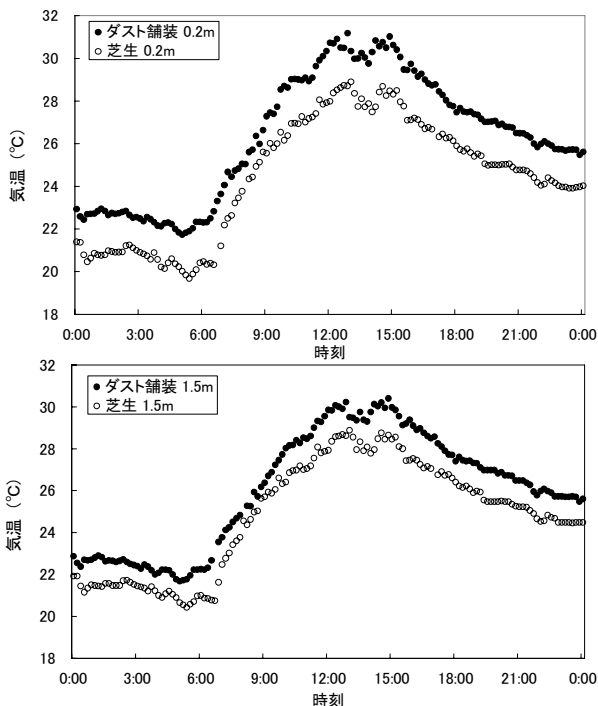


図2 ダスト舗装校庭と芝生校庭の高さ0.2m(上図)及び1.5m(下図)における気温の経時変化(2005年8月17日)

で、芝生校庭のほうがダスト舗装校庭よりも、1.6℃低かった。ダスト舗装校庭では、高さ1.5mよりも高さ0.2mにおける気温のほうが1.0℃高かったが、芝生校庭では、高さ0.2mと1.5mにおける気温差はほとんど無かった。

(3) 地表面熱収支

熱収支とは、地表面への入力エネルギー(正味放射量)と出力エネルギー(顕熱・潜熱・伝導熱)の収支であり、一般に次式で示される。

$$\text{正味放射量} = \text{顕熱} + \text{潜熱} + \text{地中伝導熱}$$

上式において、顕熱とは、直接大気を暖める熱でヒートアイランド現象の主要因といえる。潜熱とは、植物や土壌からの蒸発散に伴う熱で、気温上昇を引き起こさない。また、地中伝導熱とは、地面から地中に伝わる熱である。図3に、8月17日の日中(9時~15時)におけるダスト舗装校庭と芝生校庭の熱収支測定結果を示す。正味放射量は、芝生校庭で492W/m²、ダスト舗装校庭で399W/m²となり、芝生校庭の方がダスト舗装校庭よりも93W/m²大きかった。これには、ダスト舗装校庭の方が芝生校庭よりも地表面温度が高かったことのほか、ダスト舗装校庭が白色に近く、アルベド(注)が高かったことが影響したものと考えられる。熱収支の配分を比較すると、正味放射量に占める割合は、両校庭ともに潜熱が最も大きかった。これは、観測期間中にまとまった降雨があった(練馬アメダスで延べ105mm)ことから、両校庭ともに土壌が湿潤な状態であったため、蒸発散が活発に行われたことによるものと考えられる。両校庭の潜熱の絶対値を比較すると、芝生校庭(346W/m²)の方がダスト舗装校庭(260W/m²)よりも86W/m²大きかった。ダスト舗装校庭において、潜熱の次に大きかったのは顕熱で、83W/m²であった。一方、芝生校庭において顕熱は、各熱収支項の中で最も小

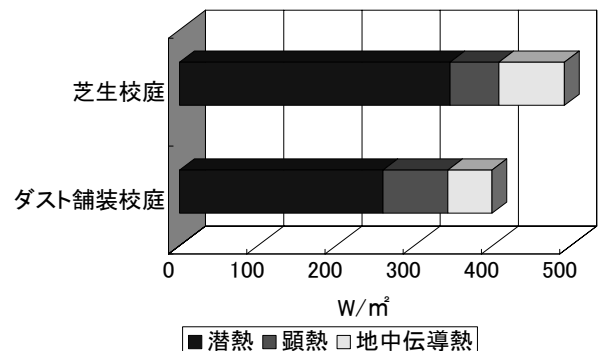


図3 ダスト舗装校庭と芝生校庭における地表面熱収支(2005年8月17日)

注: 入射光(日射)に対する反射光の比。反射能ともいう。

さく、62W/m²であった。地中伝導熱は、芝生校庭で84W/m²、ダスト舗装校庭 57W/m²であった。

(4) 体感温度

今回の測定結果をもとに、両校庭における体感温度の評価を試みた。本報告では、不快指数と WBGT を検討した。

ア 不快指数

不快指数 (discomfort index : DI) は、アメリカにおいて冷房デグリーデーを表す必要から 1959 年に作られたもので、無風時の有効温度として、一般に次式で表される。

$$DI = 0.72 (T_d + T_w) + 40.6$$

(T_d : 乾球温度 T_w : 湿球温度)

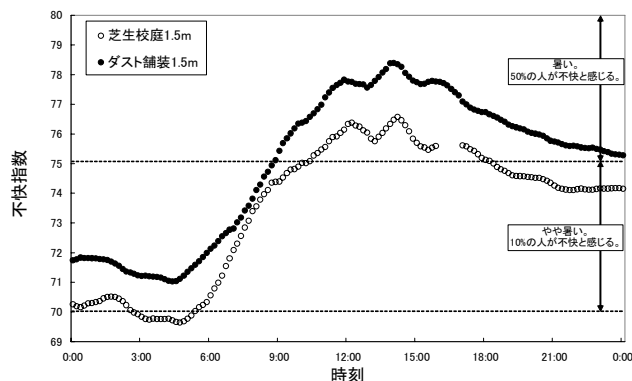


図5 ダスト舗装校庭と芝生校庭における不快指数の経時変化(2005年8月17日)

図5に、8月17日の高さ1.5mにおける不快指数の経時変化を示す。ダスト舗装校庭では、8:50に「50%の人が不快と感じる」75を超え、それは18日0:00の時点においても続いていた。芝生校庭では、10:00から不快指数75を超えたが、18:20には75を下回っていた。ダスト舗装校庭では、延べ15時間以上にわたり、不快指数が75を超えていたのに対し、芝生校庭では8時間20分であった。

イ WBGT

WBGT (Wet bulb globe temperature、湿球黒球温度)は、人体の熱収支に影響の大きい湿度・輻射熱・気温の3つを取り入れた指標で、近年、熱中症予防指標として用いられている。

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_b + 0.1 \times T_d$$

(T_w : 湿球温度 T_b : 黒球温度 T_d : 乾球温度)

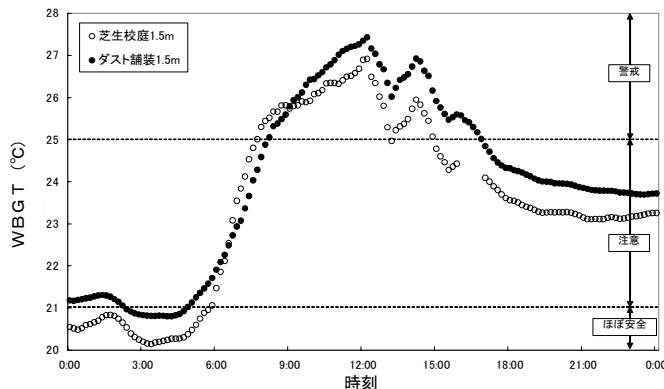


図6 ダスト舗装校庭と芝生校庭におけるWBGTの経時変化(2005年8月17日)

図6に、8月17日の高さ1.5mにおけるWBGTの経時変化を示す。ダスト舗装校庭では、WBGTの最大値が27.4°Cであったのに対して、芝生校庭では26.9°Cで、芝生校庭のほうが0.5°C低かった。また、最小値についても、ダスト舗装校庭が20.8°Cあったのに対して、芝生校庭は20.1°Cと芝生校庭のほうが0.7°C低かった。ダスト舗装校庭では、8時間40分にわたり、WBGTが25°Cを超え、熱中症に対し「警戒」の状態が続いていた。一方、芝生校庭でWBGTが25°Cを超えていたのは7時間10分で、ダスト舗装校庭よりも1時間30分少なかった。

4 まとめ

短期間の調査ではあるが、芝生校庭はダスト舗装校庭に比べ、地表面温度、気温が低く、温度環境的に違いが認められた。また、体感温度においても、芝生校庭の有利性を示す結果が得られた。熱収支は、芝生校庭の方がダスト舗装校庭よりも、潜熱が大きく顕熱が小さかったが、その差はあまり大きくはなかった。これは、観測期間中の降雨により両校庭ともかなり湿潤であったことが主な原因と考えられる。今後、乾燥した条件下での、より長期にわたる調査が必要であろう。

以上のことから、校庭を芝生化することによるヒートアイランドの緩和効果については、引き続き、調査が必要と考えられるが、少なくとも今回の調査により、校庭の芝生化がヒートアイランド緩和に対して一定の効果を有することを示唆する結果が得られた。

調査場所を快くご提供いただき、ご協力をいただいた杉並区立和泉小学校、ならびに、和泉中学校の教職員はじめ関係者の皆様に深く感謝申し上げます。