

立命館大学理工学部 学生員 ○岩崎 賢一

立命館大学大学院 学生員 多島 秀司

立命館大学理工学部 正会員 深川 良一

1. はじめに

近年、都市部が高温化するヒートアイランド現象が問題となっている。その緩和対策として、屋上緑化や透水性舗装など、地表面被覆の改善等の研究が進められている。また、都市域における緑地面積の確保を目的とした屋上緑化・壁面緑化の政策に対して助成金を給付する制度が自治体により制定され¹⁾、今後屋上緑地のような人工地盤の増加が予想される。そこで本研究は屋上緑地などの人工地盤をカラムを用いてモデル化し、その土壌内における水の浸透、蒸発および熱移動の特性について調査し検討を行った。

2. 実験方法

透水性や硬度などの土壌物性は、地盤の締固め具合や締固める際の含水比などによって変化し、植物の生長にも影響を及ぼすことが知られている。しかし既往の研究では締固め方法など密度管理まで言及しているものは少ない。そこで本研究では、屋上緑化などを対象とした人工地盤において締固め仕事量を規定することにより供試体を作製した。供試体作製後の人工地盤に近い土壌での土壌厚や実験条件を変化させたときの土壌内の熱および水分の影響を調べることにした。

2.1 実験試料 実験では土粒子密度 $\rho_s = 2.67 \text{ g/cm}^3$ の亀岡産まさ土を用いた。

2.2 供試体作製方法 供試体の作製方法は密度管理の重要性より Proctor によって定義される締固め仕事(compactive effort: E_c)を用いて設定した。一般的に植生の生育に良いとされている土壌硬度($8 \sim 20 \text{ mm}^2$)²⁾を山中式土壌硬度計により調べ、その硬度が保たれる締固め仕事量を基準として供試体を作製した。本研究では事前に予備実験を行い、本実験モデルの土壌硬度を $13 \sim 15 \text{ mm}$ 、締固め仕事量を $E_c = 32 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$ と定めた。なお、本実験で締固めに使用するランマーは小型に改良したものをを用いた。

2.3 実験手順 まず含水比調整したまさ土を前述した締固め方法により締固め、山中式土壌硬度計により硬度の確認を行った。また、乾燥密度は $\rho_t = 1.521 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ となった。締固めの際には熱電対を鉛直深さ方向に間隔をおいて埋め込んだ。供試体作製後にテンシオメーターをカラム横から差し込み、各実験における土壌内の熱および水分の経時変化を 20 分間隔で測定した。その際の測定項目を表 1、概要図を図 1 に示す。また、実験条件として自然状態における地下水を仮定する場合においてはマリOTT給水管を用いて、カラム下部から水を供給し、カラム底部から $4 \sim 5 \text{ cm}$ の一定水位を設定した。

2.4 検討ケース 本研究では主に土壌の層厚に着目した比較実験を行った。その際、種々の条件下で土壌内の水分および熱移動のメカニズムを調べた。その検討ケースを以下に示す。

表1. 測定項目

測定項目	計測機器
土壌水分	テンシオメーター
土壌温度	熱電対、熱流板
質量	ロードセル、質量計
気象データ	乾湿計、日射計、雨量計
最終含水比	質量計

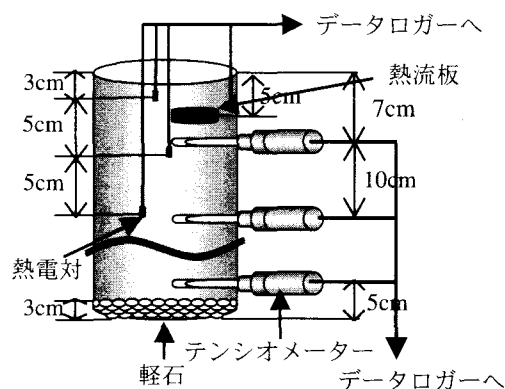


図1. 実験概要図

(1) 実験1：土壌層厚の影響 (Case1, 2, 3) 実験1ではカラム長の違いによる温度特性を調べた。人工地盤において土壌中の水分により潜熱が発生しその影響によって大気を冷却する効果が屋上緑地などで期待されている。そのため、土壌の保水力が重要となる。カラム長の違いによる保水力の差が、土壌温度にあたる影響を検討した。

(2) 実験2：自然地盤との相違による影響 (Case4, 5) 屋上緑地など地下水の供給がない場合とマリOTT給水管を接続しカラム底部から水を供給することによって比較的浅い地下水を作り出して自然地盤を近似した場合との比較を行い、本実験において地下水の存在における相違による影響について調べた。

3. 実験結果および考察

本研究の実験結果を図2～7に示す。ただし、凡例での深さはカラムでの表面を基準面とし、鉛直方向上向きを正とした。

(1) 図2, 3, 4は土壌層厚を変化させた場合の土壌温度の経時変化を示したものである。図2 Case1:土壌層厚 10cmの場合においては、ほぼ気温と同様な温度変化を示し、昼夜における温度勾配が急であるのに対して、図3 Case2:土壌層厚 20cmの場合においては土壌温度が低減される効果や、温度変化の勾配が緩やかである挙動を確認することができた。また、図4 Case3:土壌層厚 45cmの場合において、土壌深さが20cmより深くなると温度の影響をほとんど受けないことがグラフより読み取れた。

(2) 図5, 6は、屋上緑地などの人工地盤をモデル化したCase4と、一定の地下水を設け、自然土壌をモデル化したCase5の土壌温度の経時変化を示したものである。両図を比較した場合、日中での地表面付近においてCase5では潜熱の発生による影響を受けて、4～5℃の熱負荷低減効果をグラフより確認することができる。図7は実験2のモデル地盤におけるサクシンの経時変化を示したものである。Case4の場合は土壌内の水分が蒸発し、pFが増加方向に向うのに対して、Case5の場合は各深さにおいてほぼ一定のpFが読み取れる。

4. 結論

土壌厚さの相違により日中のピーク温度の低減や温度勾配の緩和の影響を確認することができ、土壌深さが20cmを越えると土壌内温度は土壌深さによらずほぼ同じ傾向を示した。地下水を仮定した自然地盤の地表面付近において土壌温度の低減がみられ、昼夜における温度勾配の緩和も確認することができた。以上より、人工地盤において保水性の改善ができれば土壌への水の供給と同様の熱負荷の低減効果などが期待できると考えられる。

参考文献

- 1) 実例に学ぶ屋上緑化設計～施工～メンテナンスの勘所 (2003)：日経アーキテクチュア, 日経BP社.
- 2) 中島 宏 (1997)：植栽の設計・施工・管理, 財団法人・経済調査会, pp. 181 - 182.

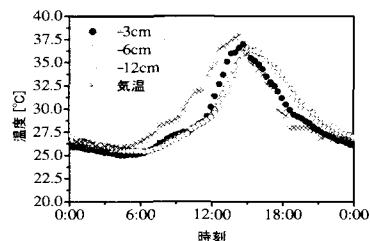


図2. Case1 土壌層厚 10cm

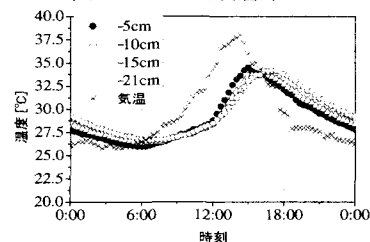


図3. Case2 土壌層厚 20cm

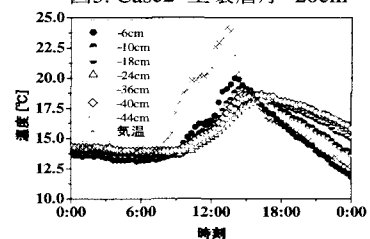


図4. Case3 土壌層厚 45cm

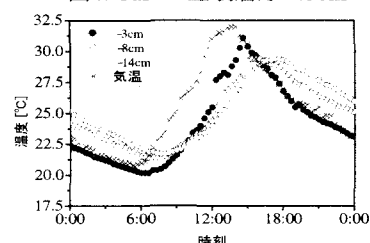


図5. Case4 人工地盤

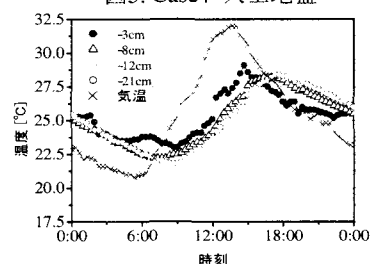


図6. Case5 自然地盤

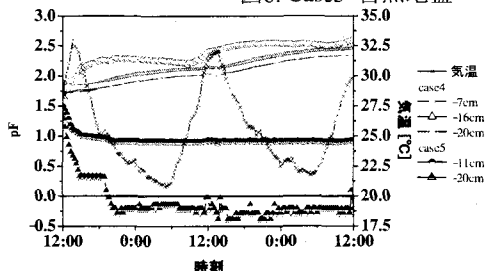


図7. サクシンの経時変化(Case4, 5)