

廃棄発泡スチロール材を活用した屋上緑化地盤材料の開発

九州大学大学院 学○石川裕司
九州大学大学院 F 落合英俊 正 安福規之
九州大学大学院 正 大嶺聖 正 小林泰三

1. 目的

近年、ヒートアイランド現象や大気汚染など都市部における環境問題が深刻化している。この環境問題を改善する方法として屋上緑化が注目されており地方自治体でも屋上緑化を条例で義務付けるなど屋上緑化へのニーズが高まっている。一方、循環型社会への取り組みから廃棄物を有効利用することが求められる。その取り組みの一つとして、軽量性を有する廃棄発泡スチロールを屋上緑化地盤材料として再利用することが考えられる。本研究ではこのような背景から廃棄発泡スチロール減容材(以後 HCCE 材とよぶ)を地盤材料として用い、この HCCE 材と火山灰質粘性土(黒ぼく)、木質チップを再利用して軽量性、保水性を有する省資源、低コストの屋上緑化地盤の開発を目指す。

2. 試料の概要

屋上緑化地盤材料に求められる条件としては軽量性、保水性、透水性、保肥性、安定性の5つが挙げられ、その指標と目安として現在用いられている一般的な屋上緑化土壌の性質を表1に示す。表1より、屋上緑化地盤は高い軽量性を有していることが条件となる。本研究で用いた HCCE 材は非常に軽量であるが保水性、安定性の面では屋上緑化材料としての性能を満足しない。既往の研究により黒ぼく(火山灰質粘性土)を用いることで保水性や安定性が改善されることが知られている。そこで、本研究では HCCE 材と黒ぼく、さらに保肥性を改善する材料として木質チップを混合して植生に適した屋上緑化地盤材料の開発を行なった。HCCE 材の性質、黒ぼくの性質をそれぞれ表2、表3に示す。屋上緑化地盤材料の性能の指標として軽量性は乾燥密度、透水性は飽和透水係数、保水性は有効水分量をそれぞれ用いた。軽量性、透水性、保水性の具体的な数値を表1の屋上緑化地盤材料の一般的性質を満足するようそれぞれ乾燥密度 0.65g/cm^3 以下、保水性は有効水分量 150L/m^3 以上、透水性は飽和透水係数 $k_s=1.0\times10^{-3}\sim1.0\times10^{-4}\text{cm/s}$ とした。

3. 混合率と透水性の関係

表2から HCCE 材は軽量性、透水性に非常に優れているが保水性は低いことが分かる。また、表3から黒ぼくは保水性に優れているが透水性、軽量性は低い。そこで HCCE 材に黒ぼくを混合することで保水性能の改善を図れるのではないかと考え¹⁾、HCCE 材と黒ぼくの混合率 M を式(1)で決定した。

$$M = \frac{W_{sh}}{W_s} \times 100 = \frac{W_{sh}}{W_{sh} + W_{sb}} \times 100(\%) \tag{1}$$

ここに W_s : 土全体の乾燥質量 W_{sh} : HCCE 材の乾燥質量、 W_{sb} : 黒ぼくの乾燥質量とする。HCCE 材と黒ぼくの混合率を変化させ透水試験を行い、透水係数の目標値を満足する混合率を決めた。透水試験により得られた飽和透水係数と混合率の関係を図1に示す。図1より目標とする透水係数

表1 一般の屋上緑化土壌の性質

軽量性	湿潤時比重1.0程度
pH	酸性～アルカリ性とさまざま
有効水分量	100～200L/m ³
透水性	$1.0\times10^{-3}\sim1.41\times10^{-4}\text{cm/s}$
保肥性	5～20meq/100g程度

表2 HCCE 材の基本性質 表3 黒ぼくの基本性質

測定項目	測定値	測定項目	測定値
$\omega_n(\%)$	0.04	$\omega_n(\%)$	85.3
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	1.13	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.52
$\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	0.681	$k_s(\text{cm/s})$	8.67×10^{-6}
$k_s(\text{cm/s})$	3.87×10^{-1}	有効水分量(L/m ³)	300
有効水分量(L/m ³)	10	$L_i(\%)$	22.3

※有効水分量とは、土壌の保水性を示し、植物の吸水できる $pF=1.5\sim3.8$ までの範囲で保持できる水分量を表す

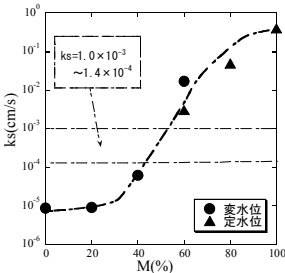


図1 混合率と透水係数の関係

キーワード 屋上緑化 透水性 保水性

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1108-2 TEL 092-802-2999(の後 7805)

$k_s=1.0\times 10^{-3}\sim 1.41\times 10^{-4}\text{cm/s}$ に最も近い混合率 M は 40%であった。

4. 混合率と保水性の関係

植物の生育には十分な保水性が必要となるため、混合率と保水性の変化を定量的に評価した。そこで混合率 M を 0、40、60、80、100%と変化させて土の保水性試験を行った。試験方法は JGS 0151-2000 に準じて遠心法で行った。試料は黒ぼくを炉乾燥させ、十分にほぐし 4.75mm ふりを通過させ、それに HCCE 材を混合したものを用いた。保水試験では試料をサンプラーに詰め、毛管飽和させた後、高速冷却遠心機(図 2)を用いて脱水を行い、脱水後の体積含水率 θ およびサンプラー内の土壌の高さ h を測定し、式(2)によりサクション pF を算出した。

$$pF=2\text{Log}N+\text{Log}h+\text{Log}\left(R_1-\frac{h}{2}\right)-4.95 \quad (2)$$

ここに N :回転数(1/min)、 h :遠心後の土壌中心半径(cm)、 h :遠心後の土壌高さ(cm)である。図 3 に体積含水率とサクションの関係、図 4 に混合率と有効水分量の関係を示す。図 4 より目標値である有効水分量 150L/m^3 を満足するには混合率を 40%以下に抑える必要があることがわかる。



図 2 高速冷却遠心機

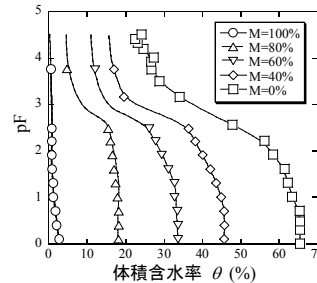


図 3 混合率と水分特性曲線の関係

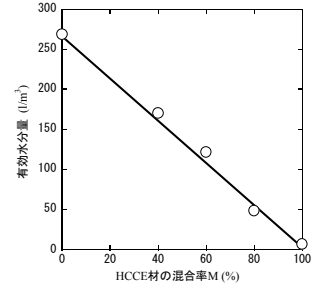


図 4 混合率と有効水分量の関係

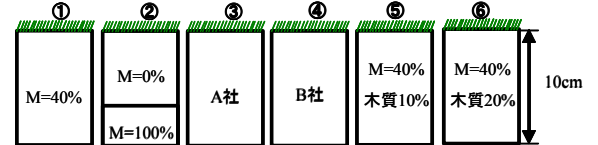


図 5 植栽基盤の概要

5. 植栽実験

3 と 4 の結果より植栽基盤には混合率 40%の土壌が適していると考えられる。そこで、混合率 40%の植栽基盤の植生への適性を検証するために植栽実験を行なった。植生には西洋芝を用いた。植栽実験は植栽基盤全体の混合率を 40%とし HCCE 材と黒ぼくを分離した二層地盤(図 5-①)、HCCE 材と黒ぼくを分離した二層地盤(図 5-②)の 2 種類の植栽基盤を作成した。また比較用として現在屋上緑化土壌として

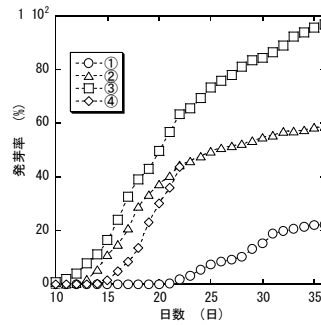


図 6 日数と発芽率の関係

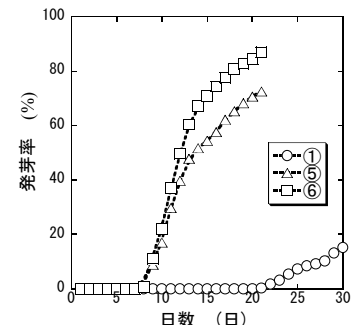


図 7 木質チップの混合と発芽率の関係

市販されている A 社(図 5-③)、B 社(図 5-④)の土壌を用いて植栽基盤を作成した。図 5 の①～④を用いて植栽実験を行い、得られた日数と発芽率の関係を図 6 に示す。ここで発芽率は播種量に対する発芽量の割合と定義した。図 6 より、②の二層地盤の方が①の混合地盤に比べて高い発芽率を示した。しかし、①、②ともに市販の植栽基盤③、④よりも発芽率が低かった。この原因として、HCCE 材を植栽基盤に用いたことによる保肥性の低下が考えられる。そこで、保肥性を補うために $M=40\%$ の混合地盤に木質チップを混合した。木質チップの全体に対する質量比でそれぞれ 10%、20%混合した植栽基盤を作成した(図 5-⑤、⑥)。図 7 より、木質チップを混合した⑤、⑥の植栽基盤は木質チップを混合していない①より高い発芽率を示した。図 7 より、木質チップの混合により保肥性が補われ、植栽基盤としての性能を満足すると言える。

6. 結論

本研究では、廃棄発泡スチロール材を屋上緑化材料として再利用することを考え、HCCE 材と黒ぼく、木質チップを用いた地盤の屋上緑化材料としての適性を保水性、透水性、植栽への適応に着目してそれぞれ実験により評価した。透水性、保水性の面では HCCE 材の最適な混合率は 40%であった。混合率 40%でも HCCE 材と黒ぼくを混合した混合地盤よりも分離した二層地盤の方が植生に適していた。しかし、保肥性の不足から発芽率は予想ほど好ましくなかった。木質チップを混合することで保肥性が改善されることが分かり、市販の屋上緑化土壌と同程度の発芽率が確認できた。

(参考文献) 1) 永山ら「発泡スチロール減容リサイクル材を活用した屋上緑化地盤材料に関する実験的研究」