

廃棄バイオマスと発泡スチロールを活かした屋上緑化地盤材料の開発

九州大学工学部 学 ○日田 雄祐
九州大学大学院 F 落合 英俊
九州大学大学院 正 安福 規之

1. はじめに

屋上緑化は都市のヒートアイランド現象や大気汚染などの環境問題を改善する手段として注目されており、2001年の東京都での屋上緑化条例による義務化を契機に各地方自治体でも次々に助成策が打ち出され屋上緑化に対するニーズは高まっている。

また、近年では環境配慮型社会を目指す意識が高まり、様々な分野において省エネ・省資源が望まれ、廃棄物の再利用を目的とした研究開発が行われている。そこで著者ら¹⁾²⁾は、循環型社会への貢献の一環として、廃棄発泡スチロールに着目し、熱処理によって作られる廃棄発泡スチロール減容材（以後、HCCE材とよぶ）の屋上緑化地盤材料への有効利用を提案している。今回は、このHCCE材と火山灰質粘性土(黒ぼく)、更には鶏糞炭化物を混合した軽量で省資源・低コストに着目した新しい屋上緑化地盤材料の開発を行い、その適用性について報告する。図-1にリサイクルフローチャートを示す。

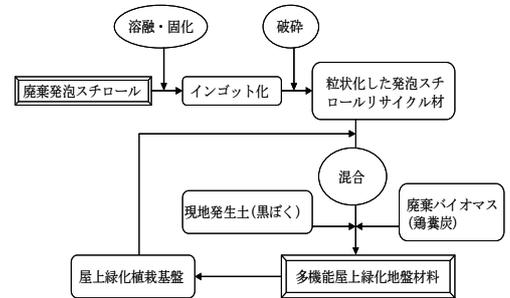


図-1 リサイクルフロー

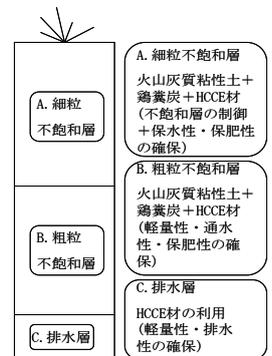


図-2 多層式植栽基盤

2. 屋上緑化地盤材料に求められる条件

屋上緑化に用いるためには軽量性、土の強度、透水性、保水性、保肥性の5つの機能を兼ね備えていなければならない。屋上緑化の課題として既存の建築物に屋上緑化を施す場合、建築基準法による積載荷重規制があるため、植栽基盤の軽薄化・軽量化が求められている。

HCCE材は非常に軽量であるが、その分、それだけでは土の安定性が悪く土壌としては機能しない。これまでの研究で、火山灰質粘性土(黒ぼく)と混合して使うと良いことが分かっており、今回はそれに鶏糞炭化物を加え更に植生に適した緑化地盤材料の開発を目指す。具体的な数値目標として、層全体としての乾燥密度 $\rho_d=0.6(t/m^3)$ 、平均的飽和透水係数 $k=1.0 \times 10^{-3}(cm/s)$ 、有効水分量 $250(l/m^3)$ を掲げ、更に従来の工法で必要であった、排水板(保水機能も持った)を取り除いた、総厚10cm以下の軽薄で機能的な緑化地盤を開発することを目的としている。具体的には図-2に示すように、土壌を多層式にし、下層なるほど、透水性の高いHCCE材の割合を多くするというものである。こうすることで、排水性を上げ、排水板の働きを土壌自体に持たせることを考えている。これは、植栽基盤の軽薄化になると思われる。

3. HCCE材・黒ぼく・鶏糞炭の基本的性質

本研究では、最大粒径5mm以下になるようクラッシャーにかけ粉砕したHCCE材と大分市と熊本市を結ぶ中九州横断道路の建設現場で採取した黒ぼくを用い、実験を行った。HCCE材と黒ぼく、鶏糞炭の基本的性質を表-1~3に示す。土粒子密度や含水比からはHCCE材の軽量性と黒ぼくの軽量性、保水性が見て取れる。黒ぼくは九州各地に広く分布し、建設残土として多量に発生する可能性を有しており、新たな活用方法が望まれている。また有機分を多く含む黒ぼくは保水性や保肥性の観点からも屋上緑化地盤材料に適した土と考えられる。鶏糞炭については表から見て取れるように、大変多くの有機分を有している。な

表-1 HCCE材の基本的性質

	測定値	特記事項
$w_n(\%)$	0.04	恒温装置で空気を乾燥させたデータ
$\rho_s(g/cm^3)$	1.13	空気を含まない完全な粉末と假定
$\rho_{dmax}(g/cm^3)$	0.681	試験粒径: 0~5mm
$\rho_{dmin}(g/cm^3)$	0.495	

表-2 黒ぼくの基本的性質

	測定値	特記事項
$w_n(\%)$	85.3	土壌採取直後の自然含水比
$\rho_s(g/cm^3)$	2.52	
$w_L(\%)$	110.2	液性限界試験
$w_p(\%)$	83.9	塑性限界試験
I_p	26.3	$I_p = w_L - w_p$

表-3 鶏糞炭の性質

	鶏糞炭化物
pH(液温)	10.4(25°C)
導電率(mS/cm)	1.57
T-N(%)	3.05
P ₂ O ₅ (%)	10.0
K ₂ O(%)	8.86
T-S(%)	0.73
T-C(%)	39.43
T-Cl(%)	2.03
よう素吸着性能(mg/g)	100未満
発熱量(J/g)	14690

お HCCE 材についての詳しい内容については、既往の研究¹⁾²⁾を参照されたい。

4. HCCE 材重量混合比と透水性・密度の関係

屋上緑化地盤材料として用いる場合、植物の根腐れ防止や土壌の軽量性の確保が必要とされる。透水試験によって、各混合比の透水係数を相対的に比較することは屋上緑化地盤材料として最適な混合比を導く上で重要な要素となる。試料の準備方法は「湿潤法・非繰り返し法」とし、十分にほぐし 4.75mm ふるいを通過した黒ぼくと HCCE 材を混合し試料土とした。供試体は、実際の植栽を考慮して 10cm モールドに 0.5kg ランマーにより 1 層 10 回で緩く突き固めて作製した。混合割合は HCCE 材重量混合比 M で表し、過去の研究より混合比 M=40%, 60%, 80% に絞って行った。今回の試験において、鶏糞炭化物は常に全重量の 10% を加えることとした。なお HCCE 材重量混合比 M は次式で算出する。

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

なお、 W_s =土全体の乾燥重量 W_{sh} =HCCE 材の乾燥重量 W_{sb} =黒ぼくの乾燥重量 W_{sc} =鶏糞炭化物の乾燥重量とする。

試験は供試体を飽和させて行った。図-3 に混合比と飽和透水係数の関係を示す。混合比 0% から 20%、40% の順に変水位透水試験により測定を行い、60% からは透水係数が大きくなったため定水位透水試験に切り替えた。図-2 から、混合比 60% 以上においては透水係数が 10^{-1} のオーダーであり、透水性は非常に優れていると言える。図-4 に混合比と最大・最小乾燥密度の関係を示す。図-3 から、どの混合比においても常に乾燥密度が 0.7 g/cm^3 以下と非常に軽量であることが分かる。

5. 緑化植物と緑化地盤の選定

これから、より植生に適した屋上緑化地盤を植生比較試験によって選定する。図5のように屋上緑化地盤を A~C 層に分割し、それぞれの層で混合比を変え、植生実験を行う。これは平均的な飽和透水係数が 10^{-3} のオーダーで、植生に十分な保水・保肥能力を持つように組み合わせた。それぞれの層の混合割合を図-5 に示す。混合比による植生の優位性を的確に把握するために、混合比と、更には、各層の厚さを変化させ合計で 7 パターン準備する。また緑化植物については、常緑性で耐寒・耐暑性の性質を持つリュウノヒゲ(タマリユウ)と、耐寒性に優れたペレニアルライグラス カタリナ II、更に極早生で土への定着も早いイタリアンライグラス ワセフドウを用いることとする。具体的な測定項目は、pH・硬度・草丈・発芽率・温度(土中、コンクリート表面)・pF 値である。

6. おわりに

今回の実験においては、HCCE 材と火山灰質粘性土および鶏糞炭化物との混合比を変化させて、その時の透水係数、最大・最小乾燥密度を求めた。これらの結果から、屋上緑化地盤材料に求められる様々な条件を考慮して、効果的な混合比を求めることが重要である。今後の展開として保水性、保肥性についても明確にしていく予定である。更に、これは現在進行中であるが、他の園芸用土壌や実用化された屋上緑化地盤材料との植生比較試験を行う必要がある。最終的には不飽和条件化での透水・浸透特性を活かしたシステム作りを目標とする。

【参考文献】1)末次ら：「廃棄 EPS インゴット破砕材を利用した軽量地盤材料」軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム、pp. 241-244, 2000 2)安福ら：「屋上緑化地盤材料の機能に着目した廃棄発泡スチロール減容材と火山灰質粘性土の適応性」人工地盤材料の利用技術に関するシンポジウム、pp. 181-184, 2005 3)(財)都市緑化技術開発機構：「知っておきたい屋上緑化の Q & A」, 2003

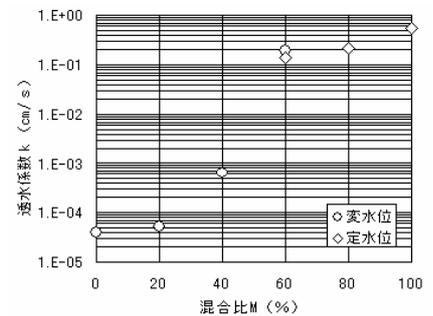


図-3 混合比と透水係数

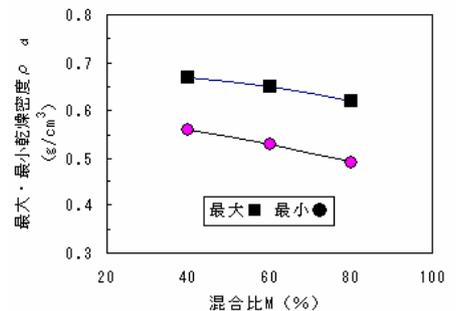


図-4 混合比と乾燥密度

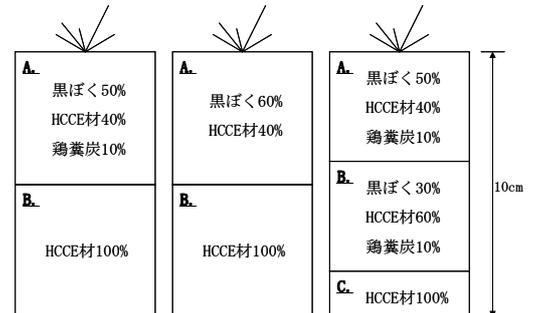


図-5 混合比のパターン