

複数の廃棄物を再資源化したのり面緑化基盤材の特性

東洋大学大学院 学生会員 ○下田代 知憲
東洋大学 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

産業廃棄物である下水汚泥、上水汚泥、建設発生木材を斜面の緑化基盤材に再利用する環境緑化技術工法の混合比は、汚泥発酵土：木屑：細粒木炭＝4：4：2で配合するのが、その形状を維持するにも、植物の生育上でも最適であることが分かりつつある^{1),2)}。この緑化基盤材を作成する上でのポイントは、粘着材として使用している蒟蒻の製粉残渣とび粉にある。本報では、緑化基盤材の物理的特性と力学的特性、ならびに斜面模型を用いた植生の有無による水分特性や化学的特性の実験結果から提案する緑化基盤材の特性について報告する。

2. 実験に使用した緑化基盤材の構成

緑化基盤材は下水汚泥、上水汚泥および菌床オガ粉の混合した汚泥発酵肥料にスギ木チップ、細粒木炭、とび粉を加えたものである。上水汚泥は浄水場で発生したものを加圧脱水後粉碎されており、石灰や塩素は加えられていない。下水汚泥は脱水汚泥を15日程度、常時70℃以上（最大80℃）で発酵させ、その後1ヶ月半熟成させてある。菌床オガ粉は椎茸栽培で使用した菌床を破砕機で木屑程度に破砕したものである。これらの混合物（緑化基盤材）には植物の発芽・生育を促進させるという最も重要な役割がある。また、スギ木チップは保水性を高め、細粒木炭が汚泥の消臭効果としてその機能を発揮する。粘着材に使用したとび粉は、コンニャクの製粉残渣から成る純植物性物質で、これらの混合物を結合させて一体化する役割を果たしている。施工時には、緑化ネットを敷設することで斜面の緑化を促進するとともに盛土面の崩壊と養分流出を防ぐ役割を持たせる。

3. 緑化基盤材の物理・力学的特性

3.1 強熱減量、液性・塑性限界試験

緑化基盤材として混合した粒子の密度は 1.93 g/cm^3 で、強熱減量で有機物量を測定したところ56.97%となり、関東ローム（14.86%）と比較しても有機物を

多く含むことが確認できる。また、物理的性質を示す $w_L=178.0\%$ 、 $w_P=137.0\%$ から $I_P=41.0\%$ で圧縮性、乾燥強さと強靱性があると推察される。

3.2 透水試験

変水位透水試験により透水係数を求めた。その結果、供試体作成直後のためか $k=6.6 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ と小さくなった。しかし、実際の現場では養生時に徐々に乾燥するので透水性は向上する。

3.3 浸水崩壊度試験

供試体の水に対する抵抗力を調べるため、浸水開始から24時間を破壊の判断基準として比較した。緑化基盤材のみの供試体は、1日の空中養生から粘着効果を発揮し、14日間の養生まで半壊にも至らなかった。また、地山との粘着効果を調べるため緑化基盤材と関東ロームを結合させた供試体は、関東ロームの部分は崩壊が見られたが緑化基盤材との結合部分は崩壊せず地山にも粘着効果があると推察する。

3.4 一軸圧縮試験

図1には一軸圧縮試験による養生期間ごとの強度変化を示す。養生を重ねる毎に強度が増し10日養生では 200 kN/m^2 に達する。12日間養生以降は乾燥により徐々に強度は低下し、20日間養生した試料の含水比は20%であった。しかし、現場では自然環境による降雨や乾燥等の循環により改善される。

4. 斜面模型実験の結果と考察

環境緑化技術工法で使用されている緑化基盤材を

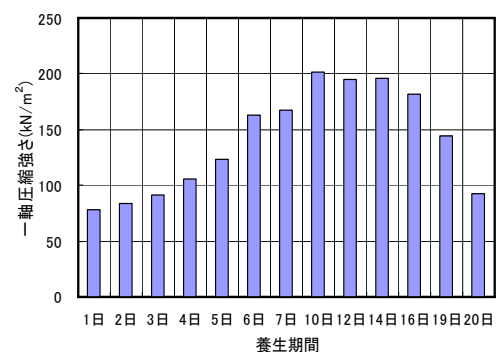


図1 一軸圧縮強さと空気養生期間の関係

キーワード 環境緑化技術工法、緑化基盤材、粘着材、物理・化学・力学的特性、斜面模型実験

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学大学院工学研究科 環境・デザイン専攻 TEL/Fax:049-239-1409

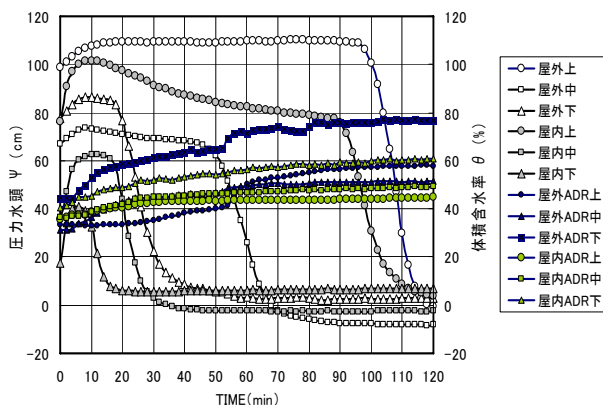


図2 人工降雨試験時の給水時の水分特性

斜面に敷き詰め植生を行い、植物の有無による降雨の影響を調べた。斜面には ADR、土壌水分計を設置し、テンシオメータは斜面表面から約 25 cm 下を計測位置として設置した。

斜面模型は屋内と屋外に 2 つずつ設置し、斜面角度は施工目標としている 50 度で、地山は関東ロームを締固めて用いた。緑化基盤材の吹付け厚さは 50 mm とし、その締固めは山中式硬度計を使用して植物の生育基盤に適した土壌硬度内の 15 mm～22 mm を目安として調整した。その後、共に緑化ネットを敷設したが屋外は自然の条件を十分に受けて敷設後 8 週目には葉が斜面を覆うほど植生したのに対し、太陽光を得られない屋内のものは僅かに葉がでるだけであった。

この斜面条件の異なる状態で、降雨強度 30 mm/h の人工降雨を 120 分与えた場合の斜面の体積含水率や圧力水頭の時間的変化を計測した(図 2)。また、自然状況下における変化も検討した。

図 2 の圧力水頭の変化から、屋内模型は植物が少ないためか降雨の浸透が速い。一方、屋外模型は、植物が降雨の多くを跳ね返すため、直接土中へ浸透するのを時間的に遅らせている。また、体積含水率は降雨の浸透を抑制しているためか屋外の上部・下部の値は屋内の模型より 10 % 以上も高くなった。また、排水過程は環境に違いはあるが屋内の模型の方が速く、植物の影響で給水・排水過程は異なることが分かった。

図 3 は自然状況下による各地点の圧力水頭の変化を示した。グラフをみると図 2 と同様に正圧の場合には土中が飽和状態であるため計測値は下降し、給水状態であることがわかる。逆に負圧の場合は不飽和状態であるため計測値は上昇し、排水状態を示している。図 3 の累積雨量の有無による条件での変化をみると、

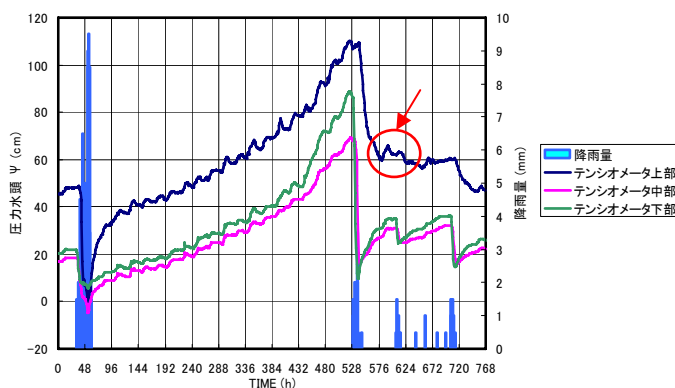


図3 自然状況下における水分特性の一例

累積雨量がなく晴天が続いた場合、給水時では時間的に差はあるが下・中・上部の順に降雨の浸透が見られる。一方、排水時は土中が極度の乾燥状態であったためか、下・中部と比べ上部は土中内の排水が遅く、乾燥を示す数値の上昇は降雨後 24 時間以降(図中の○で示した箇所など)に見られた。

一方、累積雨量がある場合には土中が適度に湿潤状態のため、給水・排水過程での各地点で変化に差異はない。体積含水率は、累積雨量の有無に関係なく降雨・無降雨で各地点共に数値が上昇し低下する。

最後に、降雨試験による浸出液を使用した実験結果を図 4 に示す。養分濃度はリン酸、全窒素共に屋外が低く植物が養分を吸収したと思われる、EC の値からも屋外の方が 2.0～5.0 mS/cm 程低く、硝酸態窒素量との相関性があることから、植物の生育に利用されたと考える。pH は屋外・屋内ともに 6.8～8.2 の中性から弱アルカリ性の範囲で植生に悪影響はなかった。

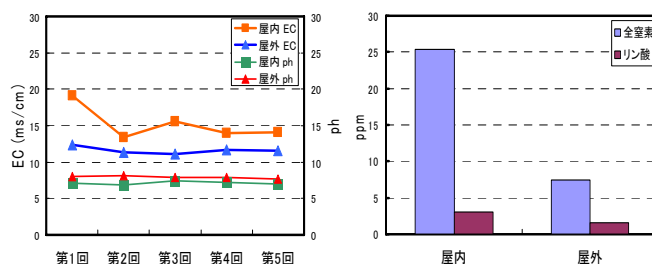


図4 浸出水の化学的成分

【参考文献】

- 1) 大木高公ほか：複数の廃棄物を混合した緑化基盤材の施工事例から見た再資源化への取組み，土と基礎，Vol. 55, No. 10, pp. 17-19, 2007.
- 2) 下田代知憲ほか：廃棄物を利用したのり面緑化基盤材の性能評価に関する基礎的研究，第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会，VII-7, 2009.