

## 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

東洋大学 学生員 ○下田代 知憲 板倉 英佑

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、建設発生木材および菌床オガ粉に、蒟蒻の製粉残渣を添加したものを材料として斜面の緑化基盤材に再利用する環境緑化技術工法がある<sup>1)</sup>。この工法の緑化基盤材を構成する上でのポイントは純植物性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。また、とび粉を混合した緑化基盤材は、現状の混合比の汚泥発酵土：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<sup>2)</sup>。ここでは、以下に説明する実験用の斜面模型を用いた屋内・屋外実験による植生の有無による水分特性や化学的特性と、緑化基盤材の物理特性と力学的特性について実験を行った結果から提案する緑化基盤材の性能について報告する。

### 2. 実験に使用した緑化基盤材

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、細粒木炭を混合し、さらに とび粉を加えたものを斜面に吹き付ける。上水汚泥は浄水場で発生したものを加圧脱水後粉砕されており、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（以下、緑化基盤材という）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. 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複数の廃棄物

を攪拌機で十分に混練した後、モルタル吹付機を利用して、そのホースの先端で圧力水を添加して吹き付ける。この吹き付けを行った斜面の安全性を調べるために屋内と屋外実験を行った。まず、降雨試験は斜面模型を屋外・屋内に設置して人工降雨を降らせたときの植生の有無による斜面土中の水分特性や変位量を検討するために行った。斜面模型は法面長 910 mm、高さ 900 mm とした。緑化基盤材の下地山は関東ロームを締固めて用いた。斜面角度は施工目標としている 50° に設定した。緑化基盤材の吹付け厚さを 50 mm とし、その締固めはモルタル吹付機を利用したときと同様に、山中式硬度計を使用して土壌硬度内の 15 mm～22 mm を目安として調整した。この値は植物の生育基盤に適したものである。降雨試験の降雨強度は 30 mm/h を採用した。斜面には ADR、テンシオメータおよび土壌水分計を設置し、斜面の土壌体積含水率や圧力水頭の計測を実施した。

斜面模型は 4 組作成し、2 組ずつ屋内と屋外に設置した種子を含んだ緑化ネットは共に設置したが、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、主に降雨試験時の水分移動や排水量内の養分排水量の確認のための実験を繰り返した。一方、屋外のものには自然の条件を十分に受けて設置後 8 週目には葉が斜面を覆うほど植生が活発であった。この状態で十分に時間が経過した段階で、屋内・屋外で人工降雨を与えて斜面内の水分の時間的変化を計測した。図 1 に降雨時（給水時）の圧力水頭と体積含水率の変化を示した。計測位置は、斜面の上、中、下部で表面から約 25 cm 下の値である。屋内の斜面模型では圧力水頭のグラフを見ると負圧から正圧に変化し始める時間が早く、斜面表面の含水比も高い。これは、緑化ネット敷設により降雨の浸透を抑制しているが、植物が少ないため土中に水分が早く浸透してしまうためと考える。一方、屋外の模型は、負圧から正圧に変化する時間が遅い。これは植物が降雨の多くを跳ね返し、直

キーワード 緑化基盤材、斜面模型実験、物理・化学的特性、力学的特性

連絡先 〒350-8585 川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 Tel: 049-239-1409 E-mail : ishida11@toyonet.toyo.ac.jp

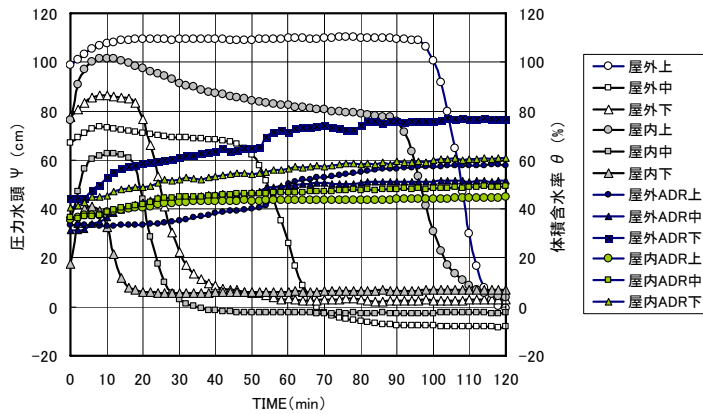


図1 降雨試験時の給水時の水分特性

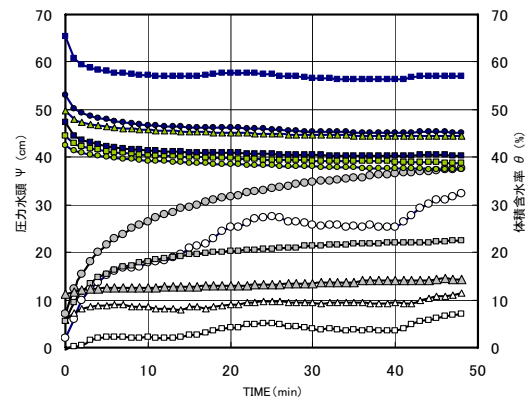


図2 降雨試験後の排水時の水分特性

接土中へ浸透するのを時間的に遅らせていると思われる。上部、中部の体積含水率は植生の有無による大きな差異はないが、降雨は表面水として下部へ流れ出るためか屋外の下部の体積含水率の値は屋内の模型より 20 %も高くなった。図2に示し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。

次に、降雨試験により斜面模型底部から流出した浸出液を使用して計測した結果を図3に示す。電気伝導率試験は浸出液の電解質濃度を測るための試験で、屋の内模型よりも屋外の方が 1.5～2.0 mS/cm 高く光合成により植生が活発に行われていることを示している。また、養分濃度は屋内よりも屋外の方がリン酸、全窒素共に低く、植物が養分を吸収したことが分かる。屋外・屋内ともに pH は 6.8～8.2 の中性から弱アルカリ性の範囲で植生に問題はなかった。

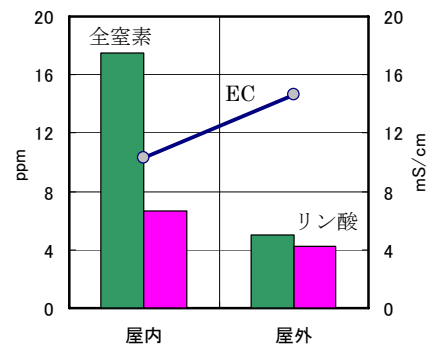


図3 浸出水の化学的成分

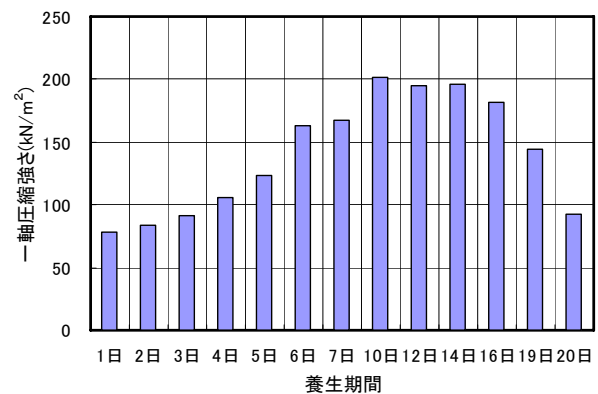


図4 一軸圧縮強さと空気養生期間の関係

#### 4. 緑化基盤材の物理・力学的特性

緑化基盤材として混合した粒子の密度は 1.93 g/cm<sup>3</sup> で、強熱減量で有機物量を測定したところ 56.97 % と多い(斜面の用いた関東ロームは 14.86 %)。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、乾燥強さと強靱性に優れていることが推察される。浸水崩壊度試験は供試体の水に対する抵抗力を調べるための試験で、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。地山との粘着効果を調べるために緑化基盤材と関東ロームを結合させた供試体では、浸水崩壊に対する弱さから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しなかった。図4には養

生期間ごとの強度の変化を調べるために一軸圧縮試験を行った結果を示す。養生を重ねる毎に強度が増し 10 日養生では 200 kN/m<sup>2</sup> に達する。しかし、12 日間養生した試料以降は徐々に強度は低下する。これは結合力を弱めるほどの乾燥状態に至ったためで、20 日間養生した試料の含水比は 20 %であった。

**【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) 石田哲朗ほか：複数の廃棄物を混合した緑化基盤材の力学的特性、第 43 回地盤工学研究発表会、D-10, pp.2185-2186, 2008.