

複数の廃棄物を混合した緑化基盤材の施工事例から観た

再資源化への取り組み

日大生産工	○大木高公	日大生産工	大木 宜章
日大生産工	坪松 学	斎久工業	磯部 茉莉

1. はじめに

上水道の普及により、浄水過程から副次的に発生する汚泥（以下「上水汚泥」と記述する）は年々増加傾向にある。この上水汚泥の有効利用は重要課題の1つとなっている。

上水汚泥は最終的には埋め立て処分が行なわれている。しかしながら大都市周辺では埋め立て用地の確保には種々の問題が生じている。上水汚泥はもともと水環境から生成したものであり、自然の土壌とほぼ同じ成分である。そのため、下水処理から発生する汚泥（以下「下水汚泥」と記述する）と比べて重金属などの有害物質の混入は少なく、取り扱い、衛生上から有効利用しやすいといえる。

これまでの報告^{1),2),3)}から、上水汚泥を緑化基盤材として用いた場合、降雨によるのり面の崩壊は認められず、植生は順調に成長し、被覆率は100%に達してのり面表層部の安定性の向上に寄与することから、上水汚泥は緑化基盤材として十分に実用可能であることを明らかにしてきた。

近年、市街地での構造物では環境への配慮が求められている。最近の動向として、単なるのり面の崩壊防止だけののり面防護工ではなく、景観・環境を維持できることが必要とされている。

本研究の主な目的は、市街地での盛土としての景観・環境への配慮を主として、以下に示す複数の廃棄物を混合した緑化基盤材の実用性を立証すること、及び、スペクトルメータを用いて分光反射特性からのり面植生の景観状態を把握することである。

2. 実用条件の決定

2.1 緑化基盤材

緑化基盤材として、①上水汚泥、②コンポスト化した下水汚泥、③破砕木・菌床オガ粉、④飛翔廃棄物粉の4種類の廃棄物を混合して作成した。①は施工箇所近くの浄水場で発生したもので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。②は脱水汚泥を15日程度、常時70℃以上(最大80℃)で発酵させ、その後一ヶ月半熟成させた資材である。③の破砕木は有機繊維として建設工事に伴い発生する廃材の有効利用を図るため、長さ30mm、厚さ3mm以下に破砕した木片、及び、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粉砕したものである。



写真— 1 緑化基盤材の吹付け状況

④の飛翔廃棄粉とは、コンニャクの製粉残渣（製造時に製品量に対してその6～7割も発生）から成る純植物性物質で、のり面の土質材料と緑化基盤材とを付着させる廃棄物を利用した粘着材と考え混入してある。これらの約1m³当たりの混合量は、①上水汚泥 0.1m³、②と③をそれぞれ 0.45 m³で計 0.9m³、④を 15kg と肥料を 1kg である。

3. 施工方法と種子の選定

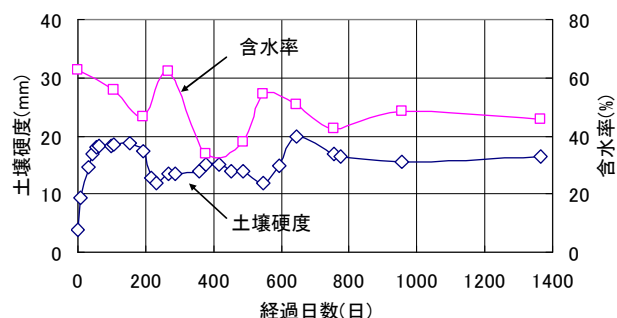
施工はN市M区内の市街地にある鉄道盛土に対して実施した。盛土の高さ 2.4m、のり面勾配は 1:1.8、のり面長は 4.0m である。のり面には、前述した複数の廃棄物を攪拌機で十分に混練した後、モルタル吹付け機を利用して、そのホース先端で圧力水を添加して 5.0c 厚に吹付けた。のり面の方位は南北で、写真－1 に吹付け作業時の様子を示す。この吹付け材料が硬化し安定したことを確認した後、緑化ネットを張工した(以下「施工のり面と記述」)。

のり面緑化に用いる植物の種子選定として、①施工後の維持管理を容易にするために草丈の低い種子であること、②早期に発芽し、生育旺盛で丈夫なもの、③のり面の表層部をしっかり縛るために根がよく発達するもの、④種子の大量入手が容易でかつ安価なもの、⑤冬枯れるものは火災の危険性があるので避けることとした。これらの条件を満たすものとして緑化ネットには常緑の 4 種の外来芝草類を配合し付着させた。なお、緑化基盤の施工面積は 160m²で平成 16 年 1 月 22 日に完了し、現在も観測を続けている。

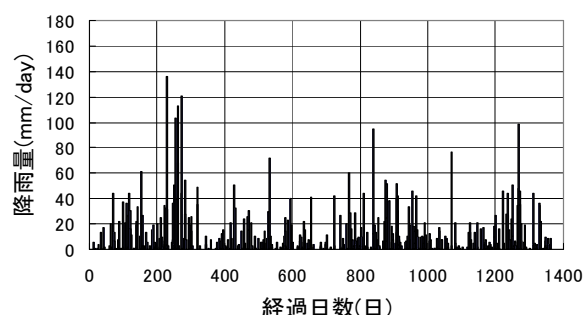
4. 緑化基盤の物理的・化学的性質の評価

4.1 物理的性質

緑化基盤は植物に十分な栄養や水分を供給でき、植物の生態系としての循環機能を保持することを求められる。植物の支持母体としては、十分に根を伸ばせる適度な硬度と深さ



図－1 土の硬度と含水率の変化



図－2 降雨量の推移

が必要である。図－1 に山中式土壤硬度計で測定した緑化基盤の土壤硬度の経時変化を示した。安定性からは変動の少ないことが必要である。一般に砂質土では 27mm、粘性土では 23mm が限界とされている。また、10mm 未満の柔らかい土では浸食作用が生じやすく好ましくない。これらのことからのり面の緑化植物では 15～22mm が適正範囲とされる。図－1 の結果は四季を通じてこの範囲を維持し、良好といえる。

土の含水率(土中の水の質量／土全体の質量)の変化を図－1 に、測定期間中の降雨量の推移を図－2 に示す。概ね、含水率は降雨量に依存している。施工のり面では、施工後 170～272 日に日雨量 100mm を超える台風による大雨を 4 回経験している。特に、261 日後では、2 日間雨量 181mm、最大時間雨量 49.5mm の降雨があった。この降雨に対して、施工のり面に変状は生じていない。すなわち、降雨に対して、施工のり面の安定性が確保できていることを示している。

水分量としては、植生が枯死していないことから生育に悪影響はないと判定する。

緑化基盤の吹付け厚はのり面を構成する土質や岩盤の性状により変化させる。今回の盛土では実用試験の結果より吹き付け厚を 5cm とした。

4.2 化学的性質

緑化基盤の養分や pH は植物の生育に適する環境を形成する性能を評価する上で重要な因子である。

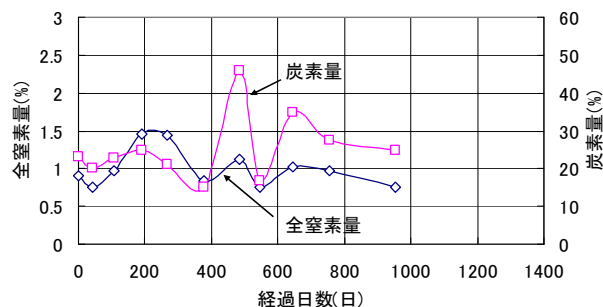
窒素は植物が最も必要とする栄養素であり肥沃度の指標として用いられる。図－ 3 に施工後の緑化基盤の窒素、及び、炭素の変化を示す。植物にとって炭素と窒素の比(C/N 比)が小さいほど養分は取り入れやすく、40 以上の大きな C/N 比になると利用できにくくなる。図－ 4 にその変化を示す。C/N 比が急に増加しているところは、図－ 3 から明らかなように炭素含有量(有機物含有量)の増加に起因している。

図－ 5 に pH の経時変化を示す。植物にはそれぞれ適した pH の範囲が存在する。文献 4)によれば、分級 2「良」の pH 6.0～8.0 の範囲内にあり植物の生育に悪影響はない。

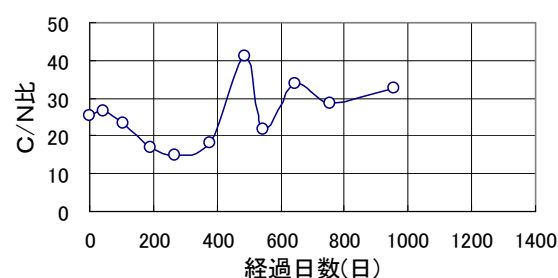
5. 植物の生育とのり面景観状況の把握

植物によるのり面被覆状況については、草根や茎などの太さや、その質量ならびにのり面の被覆率⁵⁾として客観的に表現してきた。今回の測定期間中の草丈の長さの変化をプロットすれば、図－ 6 のような結果となる。種子の選定で、常緑で草丈が伸びすぎず施工後の維持管理を容易にするという条件を満たしている。しかしながら、のり面の景観は表していない。そこでスペクトルメータを用いて分光反射特性を利用して把握してみた。

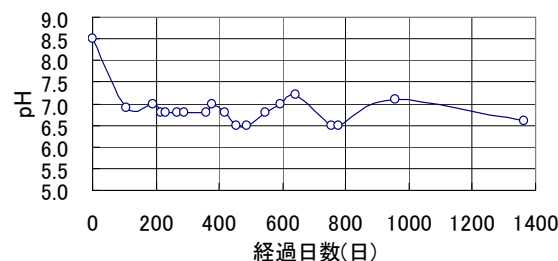
植物の分光反射特性として、緑葉では、クロロフィルなどの吸収により、紫外域から 500nm(青色域)、及び、680nm 付近(赤色域)での反射率が低くなる。また、500～600nm



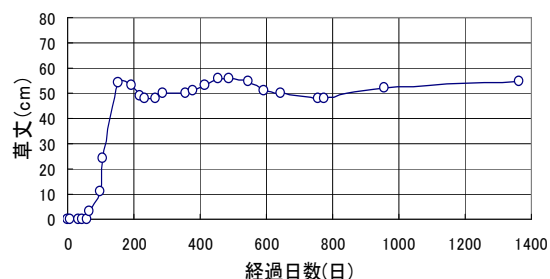
図－ 3 全窒素量、及び、炭素量の経時変化



図－ 4 C/N比の経時変化



図－ 5 pHの経時変化



図－ 6 草丈の変化

(緑色域)、及び、680nm から近赤外域にて反射率が高くなる。この近赤外域での反射率は植生の葉の重なりが多いほど高くなる。また、秋期の黄葉では光合成機能領域である

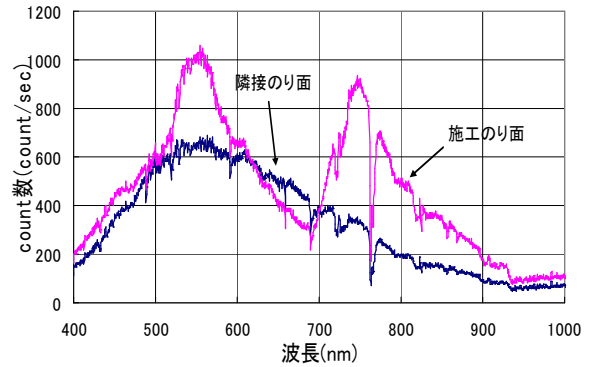
680nm 付近の波の吸収が非常に低下するとされている⁶⁾。

ここで使用したハンディタイプのスペクトルメータ(出力範囲：340～1,025nm)は、センサ部分を対象面に向けるだけで簡単に計測できる。

図－8に施工したのり面と隣接する無施工のり面の、施工後 1,364 日目での植生の分光反射特性の測定結果を示す。縦軸の 1 秒当たりの波長カウント数は大きいほど反射率が高いことを表す。施工のり面では植生が緑色を保ち、景観も良好である。スペクトルデータでは近赤外域での反射率が高い。すなわち、植生の葉の重なりが多いことを示す。また 680nm 付近での吸収が顕著であり、このことは光合成機能が働いていることを示す。これらのことは、植生の活性度が保たれていることを示す。すなわち、常緑のもの、という種子選定条件を満たしている。一方、隣接のり面では、植生が枯れており、景観も良くない。また、スペクトルデータでは近赤外域での反射、及び、680nm 付近での吸収が減少している。このことは、植生の葉の重なり減少、及び、光合成機能の減少を示している。すなわち、植生の活性度の低下を示している。これらのことから、各のり面植生の景観の相違は目視だけでなく、スペクトルデータからも明らかである。

6. おわりに

複数の廃棄物を混合した緑化基盤材を実際の盛土のり面に施工し、その調査観測結果から、のり面の安定性、及び、植物の生態系としての循環機能を保持する基盤として利用できるかを評価した。その結果、大きな問題点は見受けられず、再資源化により廃棄物を自然循環の保全のための物質循環に組み入れることが可能であることを確認できた。また、小型のスペクトルメータ用いた分光反射特性



図－7 各のり面のスペクトル

の比較から、のり面の景観を客観的に評価することができた。この計測データを蓄積すれば植生工の調査・判定基準の作成に活用できると考えられる。

参考文献

- 1) 大木 宜章・石田哲朗・関根 宏：電解処理した上水汚泥の再資源化への検討、土木学会論文集、No.533/II-34,pp.247～254,1996.
- 2) 大沢吉範・大木宜章・石田哲朗・関根 宏：電解した上水汚泥の法面緑化基盤材への適用、土木学会論文集、No.629/VII-12,pp.47～55,1999.
- 3) 大沢吉範・大木宜章・石田哲朗・関根 宏・保坂成司：木屑と電解上水汚泥を混合した法面緑化基盤、土と基礎、Vol.51,No.4,pp.23～25,2003.
- 4) 日本造園緑化環境工学研究委員会：緑化事業における植栽基盤整備マニュアル、ランドスケープ研究、Vol.63,No. 3,pp.224～241,2000.
- 5) 大沢吉範・大木宜章・石田哲朗・関根 宏・保坂成司：現場試験による上水汚泥を用いたのり面緑化基盤材の実用化への検討、土木学会論文集、No.734/VII-27,pp.119～128,2003.
- 6) 吉村晴佳・小橋澄治・大手桂二・妹尾俊夫：樹葉の分光反射特性変化およびその色彩の数値解析についての研究、日本リモートセンシング学会誌、Vol.11, No.2,pp.5～7,1991