

浄水汚泥を用いたのり面緑化資材の開発

村上和美*, 前川明弘*

Development of Spraying Materials and Slope Seeding Methods by using Solid Sludge from Water Purification Plant

Kazumi MURAKAMI and Akihiro MAEGAWA

1. 緒言

浄水汚泥は、その性状を活かし土壌改良材、植木用土等に利用されてきたが、最近では土壌改良材の需要が減少し、産業廃棄物として処分する量が増加しつつある。産業廃棄物最終処分場の埋立可能容量は慢性的に不足しており、しかもその用地が不足していることから、浄水汚泥の新たな有効利用方法が求められている。

一方、道路、鉄道、住宅団地の建設など大規模な土木工事が行われ、多くの人工斜面が出現し、それらの早期緑化も必要とされている。緑化技術は、自然環境の破壊に対して自然景観を復元し環境を保全する技術であり、現在、色々な取り組みがなされている。

本研究では、自然環境への負荷が大きいとされているコンクリートブロック積みのみ面を対象として早期緑化対策の一つである緑化資材吹付け工法への浄水道汚泥利用の可能性を検討した。これまでに、緑化資材の保水性および施工時期が緑化状況を大きく左右することを報告した^{1,2)}。それら結果を踏まえ、今回は植物の種類および気象条件の影響等を総合的に検討した。

2. 実験方法

2.1 緑化資材の特性評価

2.1.1 緑化資材

既存の緑化資材は、パーク堆肥など植物の栄養分や生育性向上のための資材が中心であった。ところが、本研究で用いるようなリサイクル資材の利用では、溶出成分などによる環境汚染が懸念される。そのため、肥料取締法や土壌環境基準に合致するものであるかの確認を行った。その結果、浄水汚泥は緑

化資材としての安全性が確認できたため本研究に供することにした。併せて、緑化資材に多く用いられている高分子系接合材等のつなぎ効果を補完するため、竹を曝砕・乾燥・裁断したもの（以下：曝砕竹）を使用することにした。なお、曝砕竹の長さは30mm以下に裁断した。また、粉碎した竹炭を特殊な保水剤（アルカリ環境中であっても保水機能を発揮できる）に置き換える試みも行った。さらに、浄水汚泥中には凝集剤に含まれるアルミニウムが多く存在しているため、施肥されたリン酸は活性の鉄・アルミニウムと結合し、極めて難溶性の形態に変わる傾向が強い³⁾ことから、本研究では化成肥料と併せてリン酸（ヨウリン）の効果も検討した。これらの資材を用いて、既存の緑化資材をベースにしながら、浄水汚泥および曝砕竹の混練状況を確認しつつ吹付け実験を行った。

2.1.2 配合設計

試験工区の1工区の面積は横2.0×縦1.5m(3m²)を基準とし、のり面は5分勾配とした。緑化資材の配合は表1に示す3種類を設定し、それぞれの

表1 各試験工区における資材の配合表

試験工区	1工区	2工区	3工区
植生基材 (Kg)	60	60	60
浄水道汚泥 (Kg)	12	12	12
つなぎ材 A (g)	3.8	3.8	3.8
つなぎ材 B (g)	30	30	30
混練水 (L)	30	22	30
保水材 (g)	300	-	300
竹炭 (g)	-	600	-
細曝砕竹 (g)	350	350	350
化成肥料 (g)	500	500	500
ヨウリン (g)	-	150	150

* 材料技術研究課

資材に対して、混合種子（芝，ヨモギなど），セダムおよびツタの3種類の植物を植生することで、全体として3（緑化資材の種類）×3（植物の種類）の9工区にて実験を行った。

2.1.3 混練方法

試験工区の1工区あたりに必要とされる緑化資材の量は概ね150Lであったため、コンクリート混練用2軸強制ミキサで1バッチを50Lとして3回の混練を行い、それらを混練した後、吹付け実験を行った。混練の手順は、緑化基材，種子，浄水汚泥および保水剤との空練りを60秒，さらに曝砕竹および竹炭を添加した後120秒の空練りを行った。その後，その他の資材（つなぎ材，化成肥料，水）を添加した後，120秒の混練を行った。なお，吹付け厚さは50mmを目標とした。

2.2 緑化資材の保水性評価

吹付け後の資材の保水量測定には，電気式水分計（三晃製AQ-30）を用いることにしたが，本測定器は，樹木またはモルタル・コンクリート用であるため，本研究に用いる前に，補正係数を算出してから，用いることにした。図1に電気式水分計が表示する水分率と資材を採取し含水率を測定した値との相関を示す。この図から，水分計の表示値と吹付け資材の含水率との間には相関が認められたため，本研究における資材の含水率は上記の電気式水分計を用いた値で評価することにした。

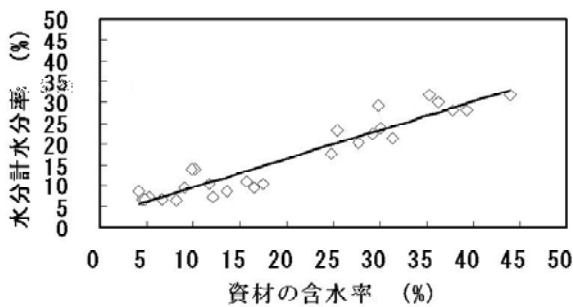


図1 水分計水分率と資材の含水率との関係

2.3 緑化指標と気象条件

緑化吹付け後の調査は植生調査とし，導入した植物が健全な植生被覆を維持し，適正に斜面の性能を発揮しているか否かを確認した。さらに，その植生遷移が上位の遷移系列に向かっているかを調査した。調査の時期は，緑化目標や植物の導入方法に応じて適切な時期に行うことが必要であるが，初期の調査

時期は施工後90日とした。調査は，社団法人日本道路協会による道路土工・のり面工・斜面安定工指針に準拠して行い，固定コドラート法¹⁾とした。調査コドラート（方形枠）の大きさは，目標植物が草本層（生育高0.3～1m）であるため0.5×0.5m(0.25m²)とした。調査項目は植物のリストアップ・被度・群度とした。なお，上記の指針で示された被度および群度の標記方法には限りがあるため，本研究では詳細な評価を行うため，表2および表3に示すとおり指標値を独自に追加することにした。一方，気象条件については，気象庁津気象台が報告する天候情報を採用することにした。

表2 被度階級の独自定義

階級	被覆状態
5	被度が調査面積の3/4以上を占めているもの
4	被度が調査面積の1/2～3/4以上を占めているもの
3	被度が調査面積の1/4～1/2以上を占めているもの
2	個体数が極めて多いか，または少なくとも被度が1/10～1/4を占めているもの
1	個体数が多いが被度が1/20以下，または被度が1/10以下で個体数が少ないもの
0.8	在来種が存在するもの
0.5	植物が枯れている状態
0	観測を行っていない

表3 群度階級の独自定義

階級	生育の状態
5	ある種が調査区域にカーペット状に一面に育成している状態
4	大きな斑状またはあちこちに穴があいているように生育している状態
3	小斑状（まだら状）に育成している状態
2	小群状，または株状と点状に混在している状態
1	単独に生育している
0.5	植物が枯れている状態
0	観測を行っていない

3. 結果と考察

3.1 緑化資材の特性評価

吹付け緑化では，緑化基材の吹付け厚さが重要である。そのため，吹付け厚さを30，40，50mmと変化させた実験を行った。その結果，健全な緑化を図るためには，50mm程度緑化資材がコンクリー

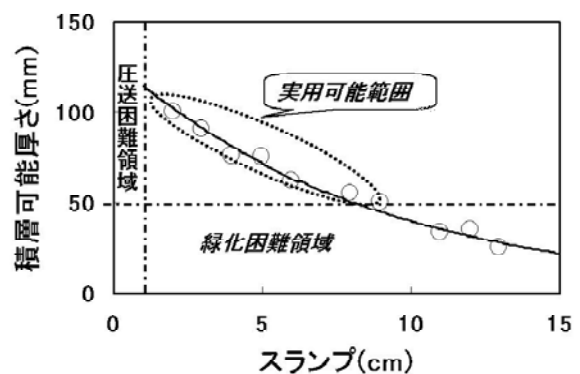


図2 積層可能厚さとスランプとの関係

トブロックの上に積層される必要が確認できた。吹付け厚さを厚くするためには、緑化資材の粘性を高くすれば良いが、高くすることによって、吹付け用ポンプの閉塞が発生する。これらの関係を図2にまとめた。この図から、混練された緑化資材の柔らかさはスランプ値（コンクリートの柔らかさを示す指標）で3～7 cmが実用可能領域であることが明らかとなった。

3.2 緑化資材の保水性評価

図3に各試験工区における緑化資材の保水率と降雨以降の経過日数との関係を示す。緑化資材の保水性は、緑化状況に影響を及ぼす大きな要因である。なお、図3は経過観察期間中において9日間1mm以上の降雨がなかった期間の保水状況である。この図から、10日間以上降雨がない場合は保水率が5%以下になり、緑化植物へ影響を与えるのではないかと考えられる。一方、保水剤を用いた試験工区(1工区および3工区)と保水剤を竹炭に置換した試験工区(2工区)との間には、大きな違いは認められず、短期的には竹炭の適切な配合によって保水剤と同等な効果が発揮できることが確認できた。なお、経済的な観点から、竹炭の資材への添加は有効な手段だと考える。

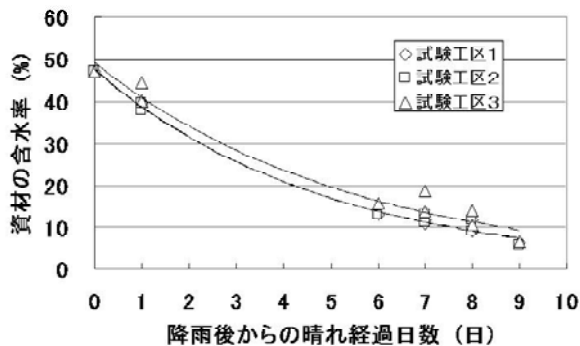


図3 資材の含水率と降雨後からの晴れ経過日数

3.3. 緑化指標の変化と気象条件

施工後90日での植物のリストアップでは、試験工区において導入した植物を確認することができた。被度階級および群度階級ともツタ工区以外の試験工区は階級4程度となり、安定工の指針³⁾による成績判定評価では「可」に相当し良好結果となった。なお、本研究で用いたツタは、下方に向けて成長する特殊なツタであり、いずれの試験工区においても定着は確認できたが、試験工区を覆うほど繁茂することはいなかった。

3.3.1 セダム

図4にセダムの各試験工区における被度階級の経時変化を示す。いずれの試験工区においても、5月中旬より被度階級が徐々に増加し、7月中旬からは被度階級5となった。さらに、10月下旬まで被度階級5が維持され、それ以降も枯れることなく黄色に変色しつつも、のり面を被覆し続けることが確認できた。なお、試験工区2は他の試験工区(1工区および3工区)と比較すると、僅かではあるが被度階級5が維持される期間が短いようである。このことは、保水剤を竹炭に置換すると長期的な保水性が低下することを示しており、短期的には差がなかったもの、水分を長期的に把持する効果は劣っているのではないかと考える。なお、セダムは乾燥に強い植物であり繁殖力も大きいことから、のり面の緑化には有効な植物であるといえる。

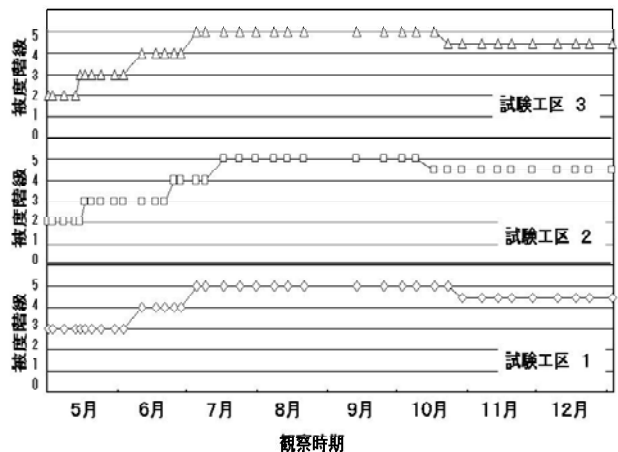


図4 各試験工区での被度階級変化 (セダム)

3.3.2 混合種子 (芝, ヨモギ)

図5に混合種子の各試験工区における被度階級の経時変化を示す。いずれの試験工区においても5

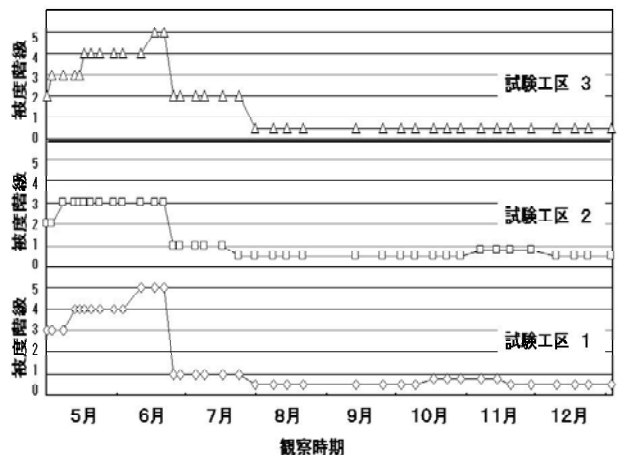


図5 各試験工区での被度階級変化 (芝)

月中旬より被度階級3が維持され、6月下旬から7月初旬までに試験工区1および試験工区3では被度階級5にまで至る。しかしながら、7月中旬になると著しく被度階級は低下した。なお、試験工区3では7月下旬まで被度階級2を維持したものの、それ以降はすべて枯れた状態となった。混合種子においても試験工区2は生育が他の工区と比較して少し劣っているが、この要因は保水剤の竹炭置換だと考えている。

図6に混合種子の試験工区2における群度階級の経時変化と資材の含水率および最高気温の変化をあわせて示す。この図から、7月中旬における群度階級の急激な低下が、資材含水率の低下および最高気温の上昇と対応していることが確認できる。すなわち、資材の含水率が10%以下となり最高気温が30℃を越えると急激に群度階級が低下し、芝等の生育が著しく低下する。このことから、芝などの混合種子を用いたのり面緑化については、4月から7月中旬までが最適であると考えられる。しかしながら、芝が枯れた後も緑化資材は維持され、ブロックのり面が露出することはなかった。この維持された緑化資材には、翌年の4月以降に在来種の種子が定着し、5月以降に在来種の草本類が繁茂することが確認できたことから、吹付けによる早期緑化および植生の回復には一つの有効な手段だと考える。

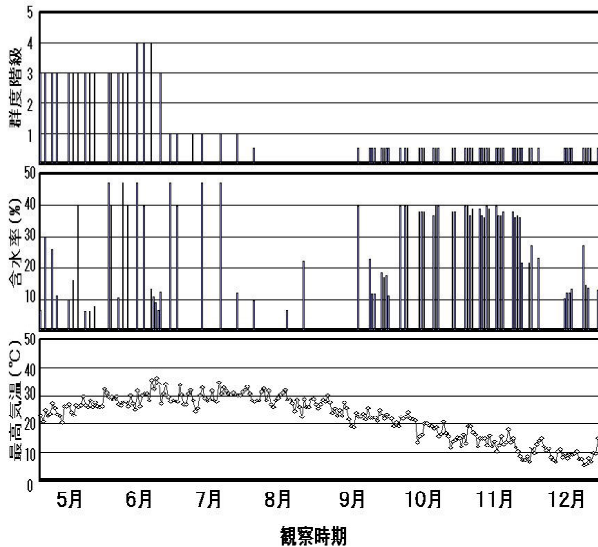


図6 群度階級・含水率および気温の変化(工区2)

3.3.3 ツタ

表4に各試験工区におけるツタ最大長の変化状況を示す。本研究でのツタは河川護岸ブロックのり面を想定し下垂タイプとし、のり面の上部に植生し

表4 各試験工区におけるツタの長さ変化(cm)

測定日 工区	7/13	9/16	10/29	12/25
試験工区1	20	50	70	90
試験工区2	30	70	90	115
試験工区3	30	60	84	140

た。いずれの試験工区においても7月中旬から8月下旬にかけて最高気温が30℃を越える時期であっても枯れることはなかった。しかしながら、最大長が100mmを越えるようになると成長は著しく衰えた。100mm以上の成長には、垂れたツタのふし部分から根が緑化資材に着床する必要があり、着床があった場合は100mm以上の成長が確認できた。他の植物と比較して試験工区間に大きな違いは確認できなかった。なお、ツタは最低気温が0～5℃となる1月初旬になると新芽が赤くなり、その成長が抑制されることが確認できた。のり面緑化の観点から、ツタは成長が緩やかではあるものの年間を通して、一定の効果が期待できることがわかった。

4. 結言

本研究では、三種類（セダム、芝およびツタ）の植物を用いて、ブロックのり面への吹付け緑化資材の検討を行った。いずれの植物もそれぞれ時期に応じた特性が確認でき、のり面の緑化には、それぞれの植物を補完的に採用すれば年間を通じた緑化が図れるものと考えられる。一方、試験工区毎の違いは僅かであり、浄水汚泥は緑化資材として十分利用可能であることが明らかとなった。なお、本研究の範囲では、ヨウリンを化成肥料と混合して施肥することによる効果は把握することができなかった。

参考文献

- 1)村上和美ほか：“浄水汚泥を用いた緑化吹付け用資材および工法の開発”，三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告，32，135-136(2008)
- 2)村上和美ほか：“浄水汚泥を用いた緑化吹付け用資材および工法の開発(第2報)”，三重県工業研究所研究報告，33，146-147(2009)
- 3)吉田稔；“土壌のリン酸保持量測定法の諸問題”日本土壌肥料学会誌，52,4,372-374(1981)
- 4)社団法人日本道路協会：“道路土工・のり面工・斜面安定工指針”88-133（1999）

（本研究は環境保全基金を財源としています）

