

## 16. 下水汚泥および植物発生材のリサイクルに関する調査

緑化生態研究室 室 長 藤原 宣夫  
主任研究員 石坂 健彦  
石曾根敦子

### 1. 研究の目的

循環型社会の構築に向け、下水汚泥と街路樹剪定枝葉についても、リサイクル材料として有効利用が求められている。両者に共通するリサイクル方法として堆肥化が挙げられる。これまでの研究により、土壌改良材としての使用を念頭とした両者の混合堆肥（汚泥枝葉堆肥）の製造方法が明らかとなり、施用効果が確認されている。しかし、土壌改良材としての堆肥利用だけでは、利用量が限られているのが現状であり、用途の拡大のため、用途に応じた汚泥枝葉堆肥の品質向上が求められている。

そこで、汚泥枝葉堆肥（以下、堆肥という）の土壌改良材以外の用途として、のり面緑化材料としての利用に着目した。建設事業に伴って発生するのり面面積は広く、その多くで緑化が行われることから、堆肥をのり面緑化材料として用いることができれば、リサイクルの推進に大いに貢献するものと考えられる。

本研究では、主要なのり面緑化工法である植生基材吹付工の基盤材に堆肥を適用するための品質を明らかにすることを目的とし、堆肥の粒径、他の基材であるピートモスとの混合割合を変化させた基盤材を用いて、施工試験を行い、吹付作業性、形成される基盤の適性について評価を行った。

### 2. 研究の方法

#### 2. 1 試験区の設定

試験地は、国土技術政策総合研究所構内の盛土のり面の両側（勾配 1:1、延長 54m、のり高 2m の 2 面）とし、施工試験は、平成 14 年 3 月 26、28 日に行った。試験条件は、堆肥の粒径区分として、10mm 未満の堆肥と、3mm 以上 10mm 未満の堆肥の 2 区分、堆肥とピートモスの混合割合（体積比）の区分として、50%:50%、70%:30%、90%:10% の 3 区分を設け、両者の組み合わせによる 6 試験区を設けた。また、パーク堆肥を用いた対照区は、堆肥とピートモスの混合割合を 50%:50% として、粒径 12mm 未満の試験区⑦、粒径 8mm 未満の試験区⑧を設けた（表-1）。各試験区の面積は 2m×4.5m とし、その中心付近に調査区画として 0.5m×0.5m のコドラートを 14 箇所設置した。試験区の反復回数は 3 とし、のり面両側に試験区を設置し、試験区配置はランダムとした（図-1）。

表-1 試験区の内容

試験区番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
堆肥の種類	汚泥枝葉堆肥						パーク堆肥		
堆肥の粒径	10mm未満			3mm以上10mm未満			12mm未満	8mm未満	
堆肥とピートモスの混合割合	堆肥	50%	70%	90%	50%	70%	90%	50%	50%
	ピートモス	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	50%
侵食防止剤	4kg/m <sup>3</sup>								
緑化基礎工:金網	50mm×50mm φ2mm								
吹付厚さ	50mm								

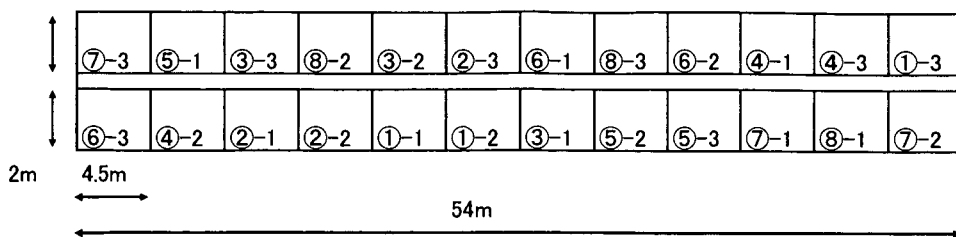


図-1 試験区の配列(枝番号は反復を意味する)

## 2. 2 調査項目

### 2. 2. 1 吹付作業性

吹付作業性の調査項目として、吹付速度、跳ね返りロス量、吹付中断回数と理由、機械・ノズルの閉塞回数を、のり面吹付時に計測および観察した。跳ね返りロス量とは、吹付時に発生した跳ね返った材料のことを示す。

### 2. 2. 2 基盤の適性

基盤の適性の調査項目として、土壌硬度および三相構造、吹付厚さ、基盤の亀裂・剥離状況について測定を行った。土壌硬度は、山中式土壌硬度計を用いて、各試験区画につき合計14点を測定した。三相構造については、施工後4週間の間に5回測定を行った。吹付厚さにおいては、施工直後に1回測定した。基盤の亀裂・剥離状況については、目視調査を施工4週間のうち14回観察を行った。

### 2. 3 解析方法

吹付速度、跳ね返りロス量、土壌硬度、三相構造、基盤の亀裂・剥離状況については、汚泥枝葉堆肥の粒径と堆肥とピートモスの混合割合を要因にする2元分散分析を行った。次に、有意な効果が認められた要因についてScheffeの方法による多重比較検定を行った。また、通常の植生基材吹付工では、堆肥の混合割合50%でバーク堆肥を用いているため、バーク堆肥を用いた試験区は対照区として、汚泥枝葉堆肥を用いた試験区と比較検討した。

### 2. 4 使用した堆肥の特性

試験に用いた堆肥は、街路樹管理から発生したマテバシイ（全体の50%）、クス（全体の40%）を占める枝葉粉砕物と、北海道北広島市北広島下水処理センターで製造した乾燥汚泥を、C/N比20になるように30:1の体積比で混合し100日間の発酵を経たものである。堆肥は製造後、粒径10mm未満と粒径3mm未満で篩い分けを行った。使用した下水汚泥に関しては、肥料取締法に示す基準を満足していた。

### 2. 5 堆肥の粒径

試験で用いた堆肥について粒度分布を調べた。粒径12mm未満のバーク堆肥は、通常の植生基材吹付工で用いるものである。その結果、粒径3mm~10mm未満の汚泥枝葉堆肥が、他の堆肥に比べて粒径が大きかった。また、粒径8mm未満のバーク堆肥は、他の堆肥に比べ

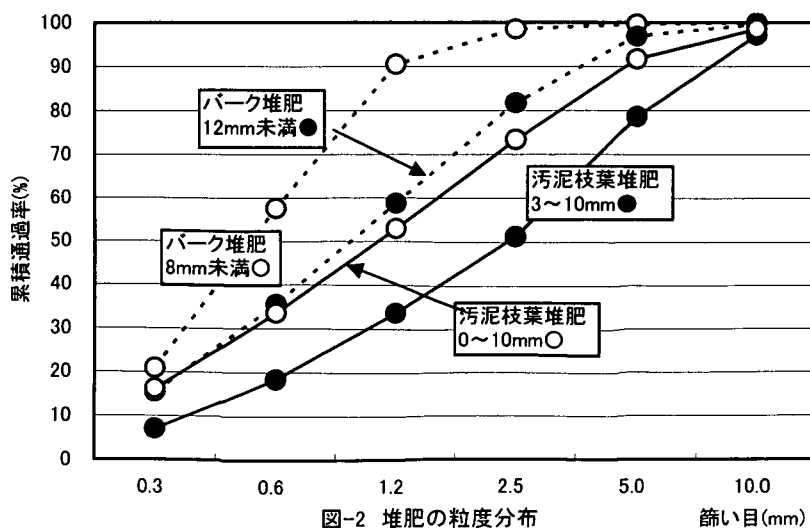


図-2 堆肥の粒度分布

て粒径が小さかった。粒径10mm未満の汚泥枝葉堆肥と粒径12mm未満のパーク堆肥の粒度分布はほとんど変わらなかった。

### 3. 施工試験の結果

#### 3.1 吹付作業性

##### 3.1.1 吹付速度

各試験区の平均吹付速度と最大値と最小値の範囲を図-3に示す。汚泥枝葉堆肥を用いた試験区(①~⑥)において、吹付速度に対する分散分析の結果、堆肥の粒径や混合割合の違いによる有意な効果は認められなかった。また、堆肥の異なる試験区(①, ⑦)において分散分析を行った結果、有意な効果も認められなかった。よって、吹付速度は、堆肥の粒径や混合割合、堆肥の種類によって影響されていないことがわかった。

##### 3.1.2 跳ね返りロス量

各試験区の平均跳ね返りロス量と最大値と最小値の範囲を図-4に示す。汚泥枝葉堆肥を用いた試験区(①~⑥)において跳ね返りロス量に対する分散分析の結果、粒径の違いによる有意な効果が認められ( $p=0.0001$ )、多重比較検定から、粒径の大きい試験区(④, ⑤, ⑥)では、粒径の小さい試験区(①, ②, ③)より有意にロス量が多いことが確認された。また、

混合割合の違いによる有意な効果も認められ( $p=0.0261$ )、多重比較検定から、混合割合50%試験区(①, ④)と70%試験区(②, ⑤)、50%試験区と90%試験区(③, ⑥)の間で5%水準の有意差が示された。また、堆肥の違う試験区(①, ⑦)において分散分析を行ったが、有意な効果は認められなかった。よって、汚泥枝葉堆肥を用いた場合の跳ね返りロス量については、堆肥の粒径の大きい試験区で跳ね返りロス量が多いことが確認された。堆肥の混合割合が50%の場合、堆肥の違いによる跳ね返りロス量の違いは認められなかった。

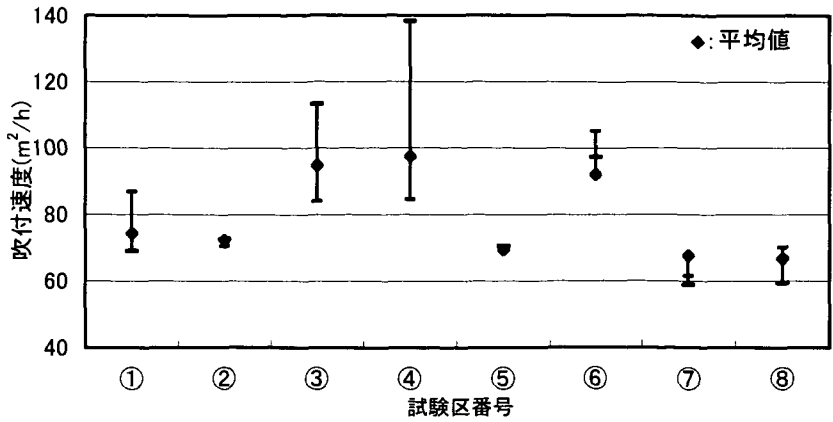


図-3 各試験区の平均吹付速度と最大、最小値の範囲

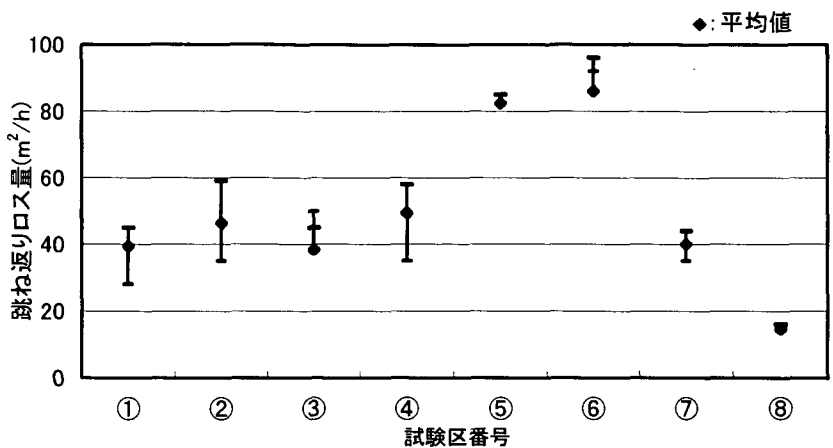


図-4 各試験区の平均跳ね返りロス量と最大、最小値の範囲

表-2 各試験区の機械・ノズルの閉塞に関する調査結果

試験区番号	堆肥の種類	堆肥の粒径	堆肥とピートモスの混合割合	機械の閉塞	ノズルの閉塞	
①	汚泥枝葉堆肥	10mm未満	50%:50%	なし	なし	
②			70%:30%			
③			90%:10%	あり	あり	
④		3mm以上 10mm未満	50%:50%	あり	なし	
⑤			70%:30%	なし		
⑥			90%:10%	なし		
⑦	パーク堆肥	12mm未満	50%:50%	あり		なし
⑧	堆肥	8mm未満	50%:50%	なし		

### 3. 1. 3 吹付状況

機械・ノズルの閉塞、吹付中断回数に関する調査結果を表-2に示す。

粒径10mm未満、堆肥の混合割合が10%の試験区③の1反復目ではノズルが1回閉塞し、2反復目では機械が1回閉塞した。また、粒径30mm未満、ピートモスの混合割合が50%の試験区④の2, 3反復目では、異物の混入による機械の閉鎖があった。パーク堆肥の粒径12mmの試験区⑦では、1反復目では機械の閉鎖があった。

### 3. 2 緑化基盤としての適性

#### 3. 2. 1 土壌硬度

本試験では、植物の初期成育に影響を及ぼすと考えられる施工直後の土壌硬度の上昇に着目し、施工13日目の計測値を用いて行った。

汚泥枝葉堆肥を用いた試験区(①~⑥)において土壌硬度に対する分散分析の結果、混合割合の違いによる有意な効果が認められ( $P < 0.0001$ )、多重比較検定から、すべての堆肥の混合割合の間で5%水準の有意差が示された。すなわち、堆肥の混合割合が高くなるほど土壌が硬くなることが確認された。また、堆肥の異なる試験区(①, ⑦)において分散分析を行った結果、有意差が認められ( $p = 0.055$ )、パーク堆肥試験区(⑦)の土壌硬度は、汚泥枝葉堆肥試験区(①)より有意に高いことが確認された。このことから、汚泥枝葉堆肥では、混合割合が高くなるほど土壌硬度が高くなることが確認された。一般に土壌硬度が27mm以上の場合、植物の生育が阻害されると言われている<sup>1)</sup>。図-5に試験区ごとの土壌硬度の変化を示した。この結果、土壌硬度27mm以上を計測した試験区はなかった。

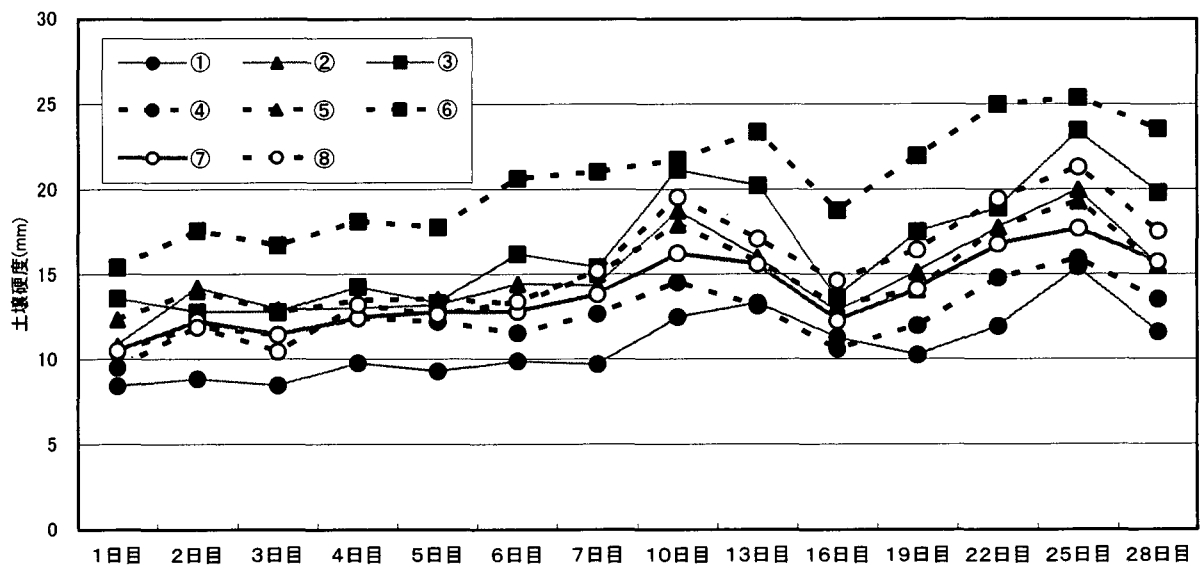


図-5 試験区ごとの土壌硬度の変化

### 3. 2. 2 三相構造

施工直後から施工28日後の三相構造を  
図-6から図-10に示す。

本試験では、土壌硬度と同様に植物の初期成育に影響を及ぼすと考えられる施工直後の土壌硬度の上昇に着目し、施工14日目の三相構造の固相の計測値を用いた。施工14日目の三相構造を図-8に示す。汚泥枝葉堆肥を用いた試験区(①~⑥)において固相に対する分散分析の結果、堆肥の粒径や混合割合の違いによる有意な効果が認められなかった。また、堆肥の異なる試験区(①,⑦)において分散分析を行ったが、有意な効果は認められなかった。このことから、施工14日目の三相構造の固相については、堆肥の混合割合、粒径、種類に影響されていないことがわかった。

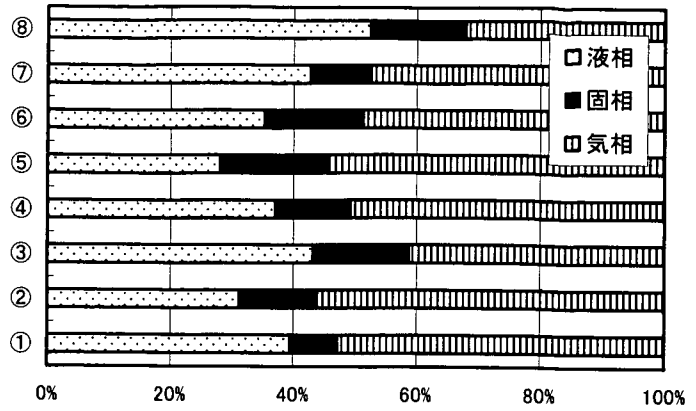


図-6 施工直後の三相構造

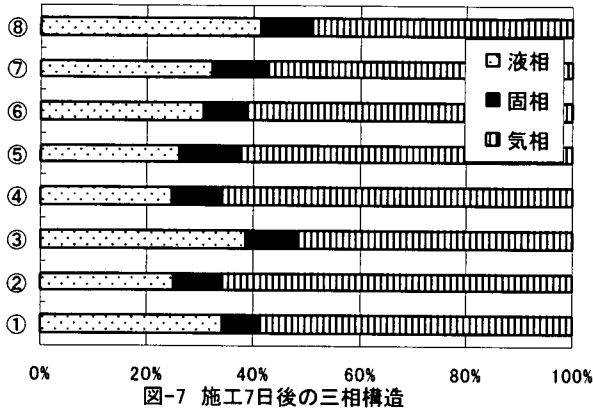


図-7 施工7日後の三相構造

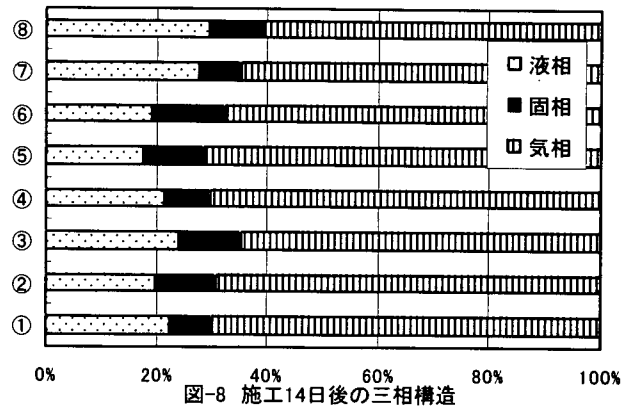


図-8 施工14日後の三相構造

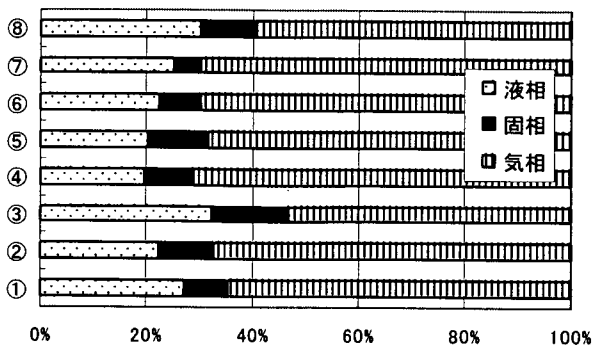


図-9 施工21日後の三相構造

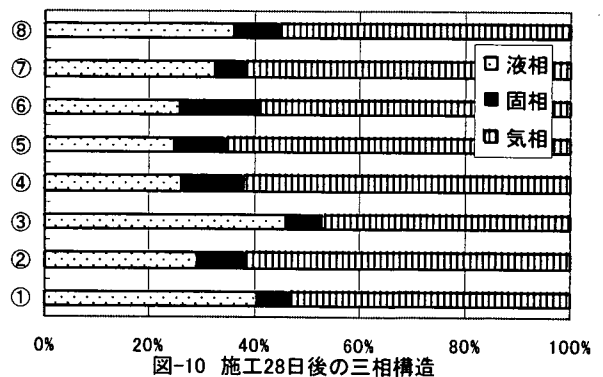


図-10 施工28日後の三相構造

### 3. 2. 3 吹付厚さ

各試験区の平均吹付厚さを図-11に示す。

試験区⑥以外の試験区では、吹付厚さ60mm前後であり、試験区⑥においても、吹付厚さ50mmの設定条件を満足していた。

### 3. 2. 4 基盤の亀裂・剥離状況

各試験区の亀裂・剥離面積を、図-12に示す。計測期間中、細かい亀裂が多数見られたのは10日以降であった。その後、亀裂は増加したが、細かい亀裂がほとんどであった。10日の計測値を用いて、汚泥枝葉堆肥を用いた試験区(①~⑥)において亀裂・剥離面積に対する分散分析の結果、混合割合の違いによる有意な効果( $p < 0.001$ )が認められ、多重比較検定から、堆肥の混合割合が高く、亀裂・剥離面積が少なくなることが確認された。このような細かい亀裂は、バーク堆肥試験区に多く見られた。

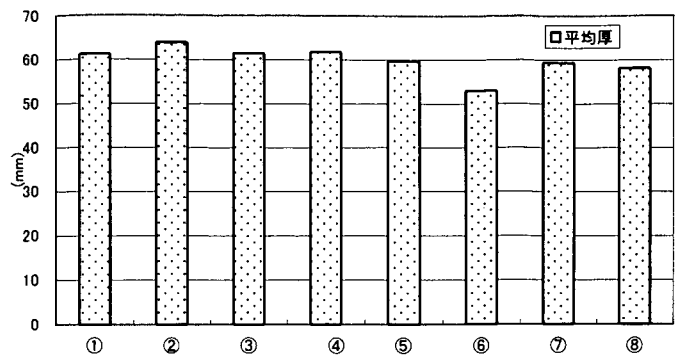


図-11 各試験区の吹付直後の厚さ

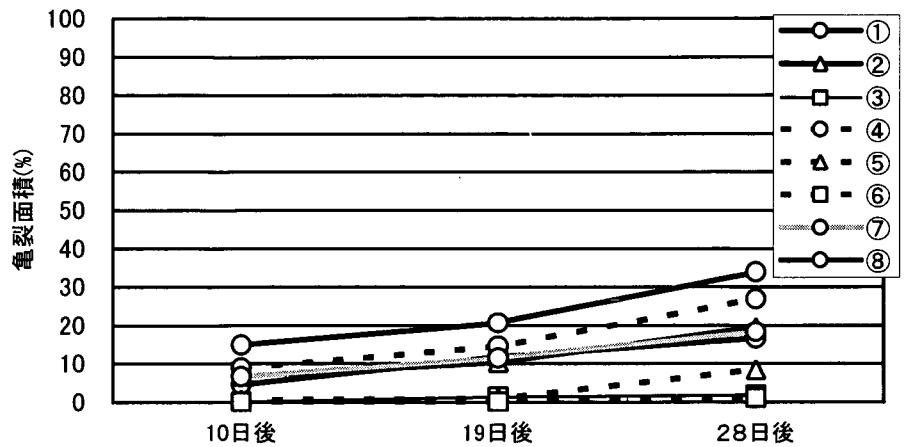


図-12 各試験区の亀裂・剥離面積の変化 経過日数

### 4. まとめ

吹付速度については、堆肥の粒径、混合割合、種類によって、吹付速度に差が現れることはなかった。また、跳ね返りロス量については、粒径の大きい試験区では跳ね返りロス量が多く、汚泥枝葉堆肥とバーク堆肥の違いによる影響はなかった。また、機械・ノズルの閉塞は、粒径10mm未満混合割合90%試験区(③)、粒径3mm以上10mm未満混合割合50%試験区(④)、バーク堆肥を用いた試験区(⑦)で発生した。

また、堆肥の混合割合が高くなるほど土壌が硬くなる傾向が示されたが、植物の生育に影響を及ぼすほどの土壌硬度にはならなかった。

以上のことから、のり面緑化に用いる堆肥は、吹付作業性、緑化基盤の適性を考慮すると、粒径の大きい10mm未満の堆肥を用いて、堆肥とピートモスの混合割合を50%:50%、もしくは70%:30%に設定することが望ましいといえる。

### 5. 参考文献

1) 新田伸三他：土木工事ののり面緑化保護工，鹿島出版，p87-p88，1980

### 6. 主な研究成果物

藤原宣夫・石坂健彦・石曾根敦子・森崎耕一・飯塚康雄、土木研究所資料第3708号、2000.3

(藤原、石坂、石曾根)