

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

大沢吉範¹・大木 宜章²・石田哲朗³・関根 宏⁴・保坂成司⁵

¹正会員 工修 道都大学教授 美術学部 建築学科 (〒061-1196 北海道北広島市中ノ沢149)
E-mail:yohsawa@dohto.ac.jp

²正会員 工博 日本大学教授 生産工学部 土木工学科 (〒275-8575 習志野市泉町1-2-1)
E-mail:ooki@civil.cit.nihon-u.ac.jp

³正会員 工博 東洋大学助教授 工学部 環境建設学科 (〒350-8585 川越市鯨井2100)
E-mail:ishida@eng.toyo.ac.jp

⁴正会員 農修 日本大学助教授 生産工学部教養・基礎科学系 (〒275-8575 習志野市泉町1-2-1)
E-mail:sekine@mmm.cit.nihon-u.ac.jp

⁵正会員 工修 日本大学副手 生産工学部 土木工学科 (〒275-8575 習志野市泉町1-2-1)
E-mail:hosaka@civil.cit.nihon-u.ac.jp

本研究は廃棄物の再生資源化を目的とし、上水汚泥を緑化基盤材として用い、実際ののり面への適応を試みた。のり面緑化基盤材には植物の生育を活発にさせる有機的要因と降雨に対するのり面の安定性が求められている。このため土壌のpH、硬度、含水率、植生ではC/N比、成長度合、のり面の安定性等の測定・検討を行った。実験モデルにおいて土壌硬度は植物の生育上支障が無い範囲であり、また降雨によるのり面崩壊も認められなかった。さらに植生は順調に成長し、被覆率は100%に達し、のり面表層部の安定性に十分寄与した。これらの結果から、上水汚泥が、のり面緑化基盤材として実用可能であると結論づけられた。

Key Words : *waterworks sludge, slope seeding, materials of planting ground, vegetation, sewage sludge*

1. はじめに

取水環境の悪化にともない、浄水過程から発生する汚泥は、年々増加傾向にある。

循環型社会形成推進基本法では廃棄物の定義を有価・無価を問わず法の対象となるものを「廃棄物等」として取扱っている。しかし環境への負荷をできる限り低減するため、このうち有用なものを再生資源とし、自然の循環と調和の促進への積極的な利用が求められている。この上水汚泥は下水汚泥に比べ、重金属類などの有害物質等の混入は、その性質上少なく、取り扱い、衛生上から有効利用しやすいといえる。この見地から上水汚泥（廃棄物）を再生し、資源としてののり面の表層土への利用を計るべく検討を行った。

なお、のり面は斜面安定工指針の基本項目によれば、安定性の確保・永続性の確保・維持管理の軽減を満足すると共に、単なる構造物としてではなく、近年は環境への配慮が重要とされている。

ちなみに、のり面工事は年間5000万m²以上行われており、その90%以上は緑化工である¹⁾。すなわち、のり面は斜面の安定化のみならず、この安定化に寄与しつつ、周辺環境に配慮し、自然との調和のとれた緑化が要望されている。したがって表層土は植生に有益な機能を持つ緑化基盤材としての有用性が必要とされる。

この点について、これまでの報告²⁾から、のり面モデルを用いた基礎実験から上水汚泥混合土は土壌の団粒化や植生の促進が計られ、のり面の安定化や緑化への有効性を示した。

これらの経験を踏まえ、緑化基盤材として実用に供すべく現場実験による検証を行った。

なお再生資源化された上水汚泥混合土はこれまでの報告から培土、土壌改良、肥料のそれぞれの性状を持ち合わせているため緑化基盤材の名称を既報²⁾にならい用いた。

2. 先行実験による緑化基盤材としての検討

これまでの、のり面模型規模から、現場での緑化基盤材としての実用化に向けた斜面実験を行うには種々の問題が考えられる。

まず、のり面面積規模は約10倍とし試験斜面に施工する事とした。このため、人力による施工は不可能で、機械施工とならざるを得ないなど、施工及び完成のり面の養生と管理における問題点をあらかじめ挙げ、この対応策を含めて先行実験を行い、その成果を本実験に用いることとした。このため先行実験ののり面は本実験と同じ標高570mの山間地に1試験当たり斜面長5m×幅2m、勾配 1:1.2 の切り土のり面とし、この斜面に吹き付け工法を用いて施工した。切り取り面はローム層と一部軽石層からなり土壌硬度25mm, pHは6であった。

ここで検討すべき事として次の事項が挙げられる。

- 1) 切り土のり面と基盤材との安定性の検討
- 2) のり面のクラック発生の防止

基盤材の乾燥に伴い、収縮によるクラックと、はく離の防止対策。

- 3) 主な基盤材料である上水汚泥は粒度が小さいため、のり面表層硬度が高くなる傾向にある。従ってのり面の安定化と植生の根張りとの相反した硬度バランスでの配合比の決定。

- 4) 現場でののり面の養生と維持管理

模型のり面に比べ、現場では十分な維持管理は不可能であり、その1つとして養生期間中の水分調節においても降雨に頼らざるを得ない。反対に大雨も考えられる。また冬季における積雪、凍結融解などの自然現象に十分耐えられるのり面であるかどうかを確認する必要もある。

- 5) 植生に適した緑化基盤材としての検討

現場での養分、育成、特に根張り状態、さらに追肥の必要性の検討。

- 6) 種子とその配合量について

- a) のり面の緑化に用いる植物の条件として

- ・ 耐旱性があり、痩せ地でも適用性のあるもの
- ・ 早期に発芽し、生育旺盛で丈夫なもの
- ・ 根が良く発達するもの
- ・ 多年生のもの
- ・ 種子の大量入手が容易で安価なもの

これらの条件を満たすものが望ましいとされ³⁾、トールフェスク等外来草本類の緑化用芝草が多く用いられている。外来草本類は上記の条件を満たし、早期にのり面を被覆し、侵食防止効果

が得やすい初期の発芽や成長が良好な特性を備えている。以上のことを考慮して本報告を含め過去の実験から継続して、トールフェスクのみを用いている。

- b) 種子の配合計算について

本研究においては種子を基盤材料と混合して直接のり面に厚さ5cmで吹き付けた。しかし、発芽が期待できる種子量は、吹き付け表面より2cm程度までであるとして配合計算した。

種子の配合量はコンポストによる緑化工法を参考に次式によって求めた。

$$\text{播種量 (g/m}^3\text{)} = \{ \text{期待成立本数} \times (1 + \text{補正係数}) / \text{有効粒数 (平均粒数/g} \times \text{発芽率} \times \text{純度)} \} \times K$$

ここで

補正係数：施工条件による補正係数であり、南西から西向きを含む南東から南向きの場合は+0.1である。

K：1 m³当たりの播種量に換算する倍数
(K = 100cm / t cm)

t：種子の発芽可能な有効覆土厚さであり、トールフェスクはt = 2cmである。

上式に、期待成立本数 = 3000 本/m²、1g 当たりの平均粒数 = 400 粒、発芽率 = 0.8、純度 = 0.95、K = 50 を代入して求めた。

この、種子量については、文献によると⁴⁾ 2 説記述され本報告の試験のり面面積に換算して、多い場合 480 g ~ 800 g、少ない場合でも 220 g ~ 440 g が紹介されている。これは、期待成立本数を 3000 本として計算した時の 542 g が上記の多い場合の下限値に、又は少ない場合の上限値に近似した値となっている。

- 7) 本試料による吹き付け工法の適正

以上の検討が必要とされる。

なお上記 1) 2) 3) 5) に共通の改良を行うべく施工時に次の材料 (①, ②) を混合させ、③を比較に用い、のり面吹き付けをした。

- ①粘着材

粘着材はのり面に数センチの厚さで緑化基盤材を吹き付けるためののり面と基盤材の付着、さらに雨滴による侵食防止、基盤材相互の粘着を目的とするものである。本研究では「廃棄物の可能な限り再資源化」も勘案し、こんにゃくも製粉時に製品のおおよそ六、七割の割合で発生する飛翔廃棄粉(以下飛粉と略記)を粘着材として用いた。

表-1 緑化基盤材配合比率(先行試験)容積配合

	試料	菌床オガ粉	破砕木
CASE 1	コンホ [®] ストのみ 33%	33%	33%
CASE 2	上水汚泥混合試料 33%	33%	33%
CASE 3	上水汚泥混合試料 66%	17%	17%

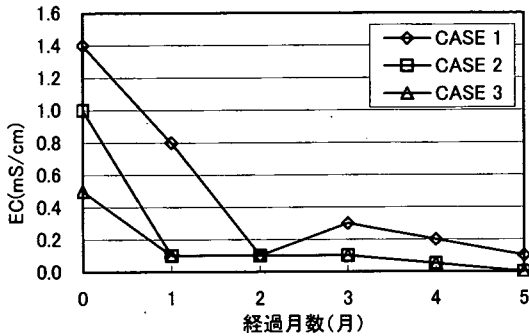


図-1 EC値の変化

②有機繊維(破砕木, 菌床オガ粉)

有機繊維は土壌の団粒化の促進, 保水性, 通気性の向上, また基盤材間の架橋的役割を持ち, 侵食などに対し土壌の安定性, 強度を高めるものである。本研究では, 有機繊維として通常廃棄される木材の有効利用を図るべく破砕し利用した。破砕木については, 建設工事に伴い発生する廃材を, 長さ30mm, 厚さ5mm以下に破砕したものである。菌床オガ粉については, 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。

③コンポスト(下水汚泥)試料

コンポスト試料については, 下水汚泥処理場からの脱水汚泥を発酵させ, コンポスト化したものを用いた。発酵に当たっては, 常時70℃以上(最大80℃)で発酵期間15日程度, その後45日程度熟成させた試料である。このコンポストに対しては, 植生の育成における必要性の有無について検討した。

ここで用いた上水汚泥は1級河川から取水を原水としている, 浄水場の発生汚泥である。なおこの原水にPACを注入し沈殿した汚泥を本報告では上水汚泥と呼ぶ。

またのり面緑化基盤材として再生資源化し利用

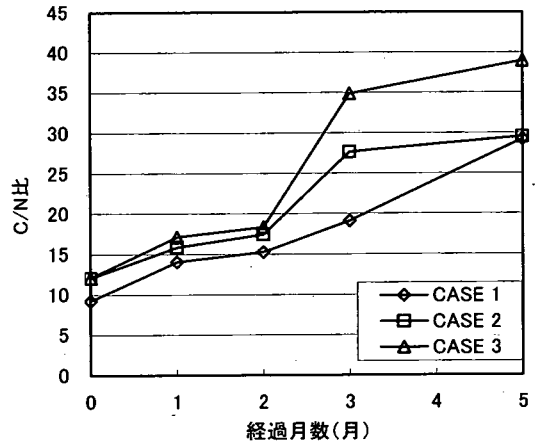


図-2 C/N比の変化

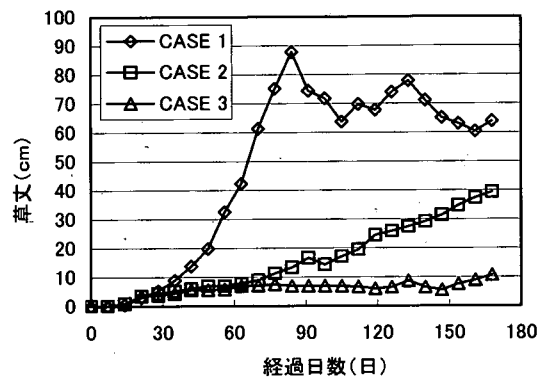


図-3 草丈の変化

場合には, 過去の基礎実験²⁾から団粒化構造がより良く形成される混合比であり, その継続性からも, 関東ローム:上水汚泥=6:4の割合で混合したものを試料として実験を行った。

これらの配合比率は乾式吹き付け工法であることと, 吹き付け厚は斜面土壌により変化するが, ここでは5cm厚とし, 施工業者の経験を含めて検討の結果, 上水汚泥他の配合比率は表-1の通りとした。

以上の試験から得られた結果は次の通りである。

- 1) 上水汚泥混合試料はコンポスト試料に比べ, のり面の土壌硬度は耐衝撃性, 耐浸食性, かつ植生の発芽率, 根張り状態も優れていたが, 発芽後の成長は緩慢であった。しかし, 肥効が緩効性であるため, 葉茎と根系のバランスが良く, 植生がしっかり地山に根差し, 本来ののり面緑化の目的を果たしていると言える。越冬後4月の植生はCASE1では前年の窒素過剰による徒長と積雪の影響による葉の傾倒, 枯死が見られたが, CASE2で

表-2 緑化基盤材配合比率（現場試験）容積配合

	試料	菌床オガ粉	破砕木
CASE 1	コンポスト33%	33%	33%
CASE 2	電解汚泥 33%	33%	33%
CASE 3	電解汚泥 15% コンポスト15%	33%	33%
CASE 4	上水汚泥 11% コンポスト22%	33%	破砕木16% 落ち葉16%

上記各CASEとも、下記の資材を配合

粘着材（飛粉）	15kg/m ³
種子（トールフェスク）	180g/m ³
吹き付け厚	5cm

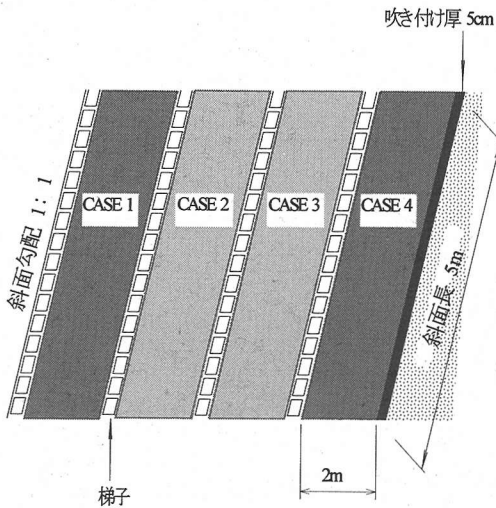


図-4 のり面形状図

はこのような傾向は見られずのり面全体が密に被覆した状態であった。

なお、図-3に示すようにCASE3では草丈の成長も悪く、よって上水汚泥の混合比は33%が適当と判断した。

- 2) コンポスト試料は発芽が遅い。また肥分が速効性であるため植生は生長しやすいが、葉茎に比べ根系はひ弱に成りやすい。
- 3) コンポストと上水汚泥試料の植生の違いと、各々の図-1に示したEC値（電気伝導度）、図-2に示すC/N比（炭素/窒素：炭素率）の特性から、使用する植物の種類に対して両者を混合させることにより、必要なEC値〔種類や生長過程によつての違い有：0.2～0.9（mS/cm）〕、C/N比〔理想値：20前後～30程度〕に調整でき、また植生の生育もコントロールできる可能性があると言える。

4) 期待成立本数を3000本として播種したが、途中から密植状態となった。したがって1/3位の播種量で良いといえる。ちなみにCASE2で80%、CASE3で70%、CASE1で50%の面積で発芽した。

5) 土壌硬度は植物の根の成長に影響を与え、硬度指数10～23mmが根系の伸長に最適と言われる⁵⁾。施工から6～7週目まで乾燥のため硬度は上昇し、その後は植生の成長に伴い土表面は耕したような状態となり、むしろ硬度は低下した。

6) 基盤材の乾燥に伴い、収縮によるクラックと、はく離は破砕木、菌床オガ粉さらに土の団粒化作用により防止され、施工初期には粘着剤が、その後は植生により、切り取りのり面と基盤材は凍結融解を生じた越冬後にも問題はなかった。以上の先行試験結果から、吹き付け工法の作業性や、上水汚泥・コンポスト混合土の長・短所からの緑化とのり面の安定性の検討と確認から、実用に向けてのり面緑化基盤材としての現場試験を行う事とした。

3. のり面緑化基盤材としての現場試験

先行試験の結果をもとにのり面緑化基盤材としての現場試験を次の条件で行った。

(1) 試験のり面

図-4にのり面形状図を示す。

場所：のり面試験用地

標高：570m

のり面方位：西向き

のり面の物理化学的性状：pH6 前後、EC値0.00以下、土壌硬度25mm程度

(2) 緑化基盤材料について

a) 電解上水汚泥試料（以下電解汚泥と略記）

前述の浄水場より採取した上水汚泥を以下の処理条件のもとに電解処理した。

電解槽：アクリル製処理槽（容量500L）を用いてパッチ処理方式とした。

電極板：陽極にアルミニウム板、陰極に銅板を用いた。

付加電流：20A/500Lとして、最低電圧3V以上とした。

処理時間：60分

添加薬剤：上水汚泥の全蒸発残留質量に対してCaF₂を0.25%、FeCl₃を0.5%、さらに団粒化を促進させるために、架橋剤として、アルギン酸ナトリウムを

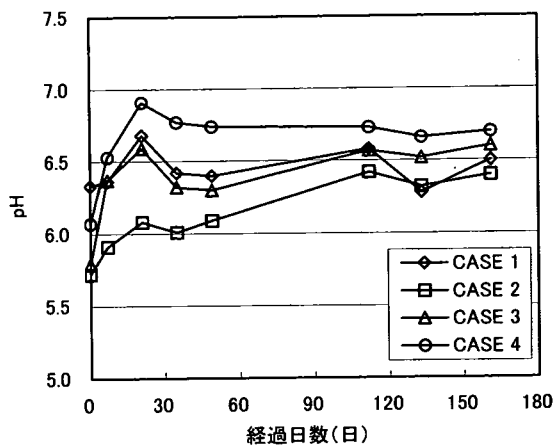


図-5 pH

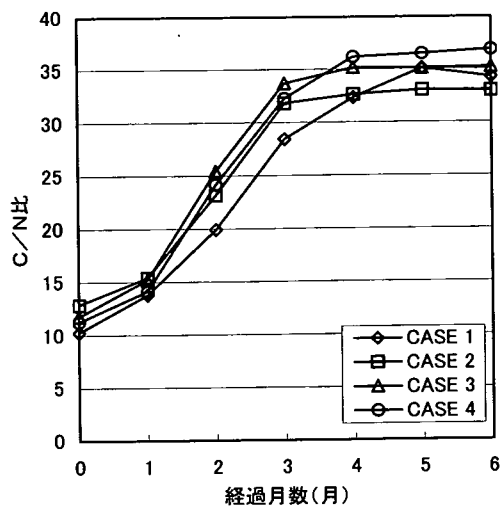


図-7 C/N 比の経月変化

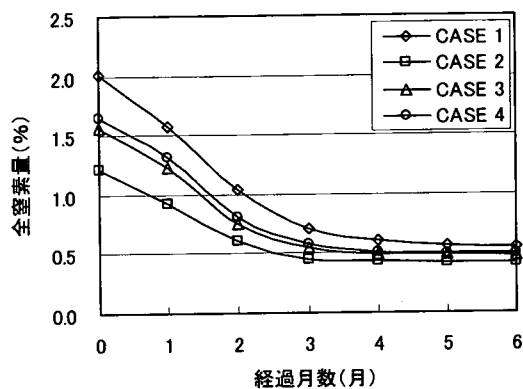


図-6 全窒素量の経月変化

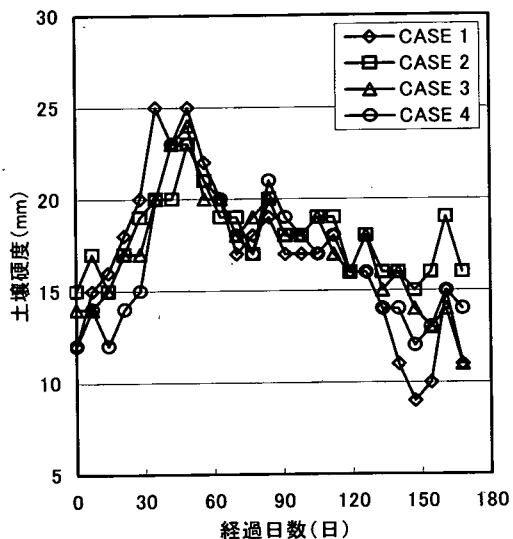


図-8 土壌硬度

0.001%添加した。

b) 緑化基盤材配合比率

粘着材（飛粉）、有機繊維（破碎木、菌床オガ粉）などは先の結果から添加するものとしたが、主たる緑化基盤材料はコンポスト（CASE1）、電解汚泥（CASE2）、電解汚泥とコンポストの混合（CASE3）、上水汚泥とコンポストの混合（CASE4）の四区画として行った。これらの配合は表-2に示す。

c) 種子量と期待成立本数

種子は（トルフェスク） $180\text{g}/\text{m}^3$ とした。本試験では期待成立本数1000本に変更し、のり面が緑化によって被覆され保護できる範囲内であるべく少ない成立本数を想定した。

(3) 吹き付け工法

吹き付けは乾式工法を用い汚泥、クラック防止材、種子等をミキサーで空練り後、吹き付け機までベルトコンベアーで送り、高圧ホース先端で圧力水を添加して斜面に吹き付けた。なお吹き付け厚は斜面土壌により変化するが、この場合は5cm厚とした。

(4) 測定項目

本研究において、緑化に求められる、のり面安

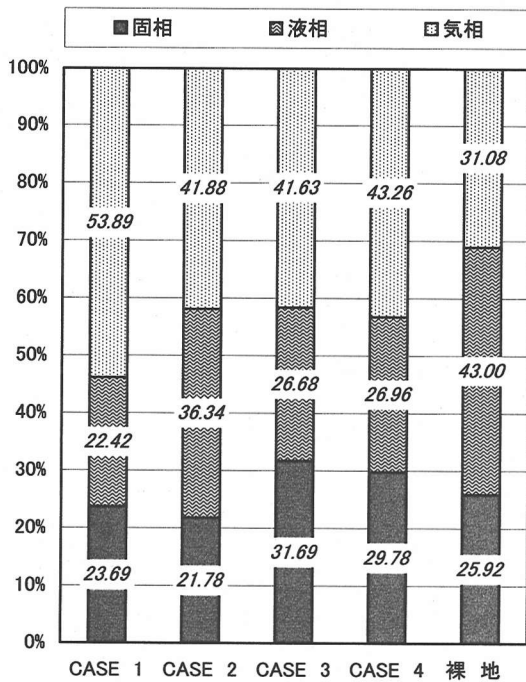


図-9 CASE別 三相分布

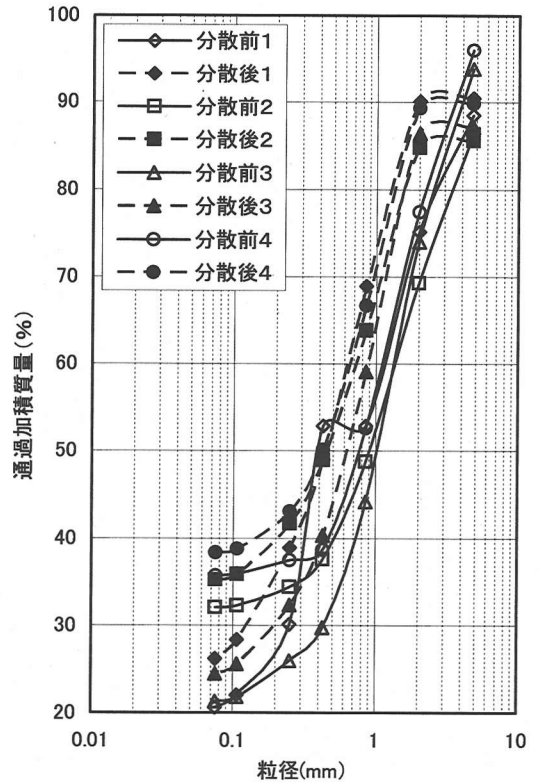


図-10 団粒分析

定性の確認を以下の項目分析により行った。

a) 緑化のための土壌要素

緑化のための土壌要素としては、植物や土壌中の微生物が生育するための有機的要素が要求される。これら評価の分析として、pH、EC値(電気伝導度)、C/N比(炭素[全炭素定量法]/窒素[ケルダール法]:炭素率)、全窒素含有量より行った。

b) のり面安定のための土壌要素

のり面安定のための土壌要素としては水に対する耐浸食性があげられ、このため通気性、保水性、透水性、硬度等の土壌性状の解明を必要とする。これらの分析を土壌団粒度、三相分布、飽和透水係数、降雨量、土壌硬度、のり面状態の確認により行った。

c) 植生生育の測定項目

植生に要求されることは、植生とのり面が一体となるよう地山に根を張り、かつ茎葉により雨滴衝撃および浸食からのり面を守ることである。この植生生育状況を発芽本数、草丈、被覆率、根張り状態等により行った。また、単なるのり面安定工構造物としてではなく、近年は環境への配慮が重要視されることから、見栄えも必要である。

4. 現場試験の結果及び検討

(1) 緑化のための土壌要素

a) pH

結果を図-5に示す。結果からpHはほぼ1以内の変動であり、期間を通して大きな変化は示さない。

しかしCASE1は他の場合に比べて夏期に弱酸性に移行したが、秋期の多雨時期にpH値は上昇した。

通常、植物の至適土壌pHは5.5~6.5とされるが嫌気性状態では酸性となる。一例として水田作土の年間変動もほぼ同じと言われている⁶⁾。このことからpHについては全CASEとも良好な土壌条件といえる。

b) 全窒素量

結果を図-6に示す。これらの値はいずれも、建設省都市局(旧名称)における施用指針の土壌分級において、土壌判定が優とされている0.12%の値を試験期間中上回っていた。なおコンポストの混合割合により含有量の大小はあるものの、減少変化はほぼ同様な傾向を示した。

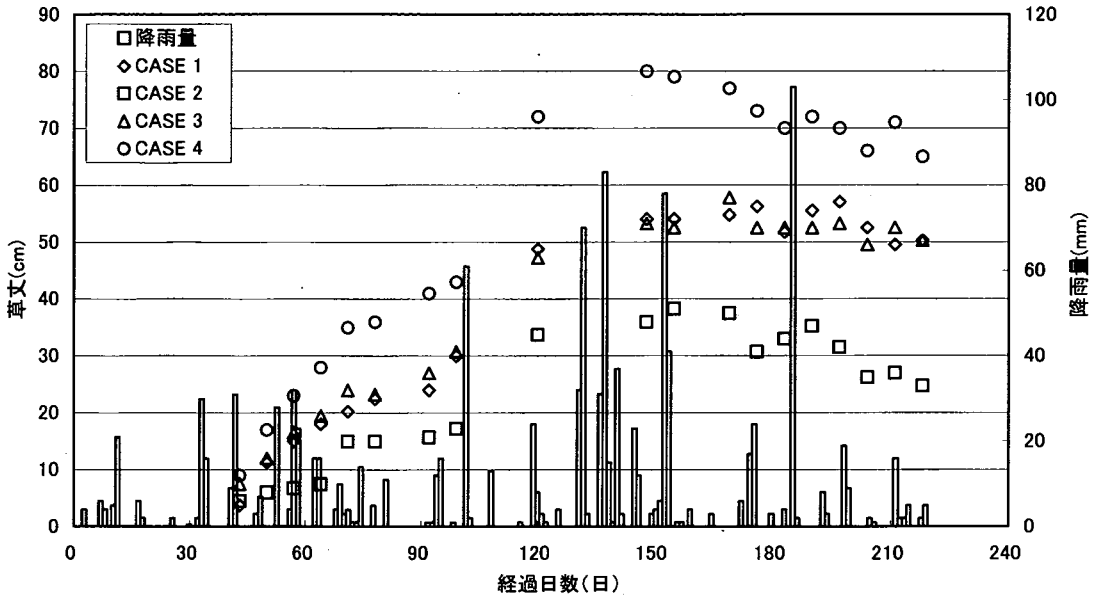


図-11 草丈と降雨量の推移

表-3 飽和透水係数

CASE	Ks (cm/s)
1	6.854E-03
2	7.590E-03
3	6.987E-03
4	10.670E-03
原地盤 (関東ローム)	4.505E-03

c) C/N比

図-7に植生の生育に伴ったC/N比の経月変化を示す。これは有機物質の腐植化していく指標であり、

炭素率とも呼ばれている。有機物の分解が進み数値の上昇が見られるが、C/N比30~40でほぼ平衡を保って推移している。この範囲であれば、作物の収穫を目的としない、のり面緑化基盤材としては窒素不足とはならない。

(2) のり面安定のための土壌要素

a) 土壌硬度

施工当初土壌硬度は14~16mmであったが、晴天が続き、予想以上に乾燥が早く、早期に硬度は23~25mmとなった。

表-4 1年後の根の成長状態

CASE	全重 (g)	根重 (g)	草丈 (cm)	根長 (cm)	根重/ 全重 (%)	根長/ 全長 (%)
1	1640	25	90	24	1.52	26.67
2	1620	174	74	28	10.74	37.84
3	2000	148	102	35	7.39	34.31
4	1660	51	99	32	3.07	32.32

しかし、その後は先行試験同様に植生の成長に伴い、植物が表面を掘り起こし耕したような状態となることから硬度は低下した。

中でも、CASE1は植生の最盛期には、他に比し大きく硬度は低下したが、全CASEとも試験期間中ほぼ根系伸長硬度指数10~23mm⁵⁾を満足する結果となった。

b) 三相分析

図-9に三相分析結果を示す。この三相分析は土壌の種類、粒子の性質等により変化する。

一般に有機物を多く含有する土壌は固相率が低く、気相率は高い。これは、コンポスト添加率が多くなるCASEほど固相率が小さくなり、CASE1は最小値ではないが低い値を示していることより説明される。

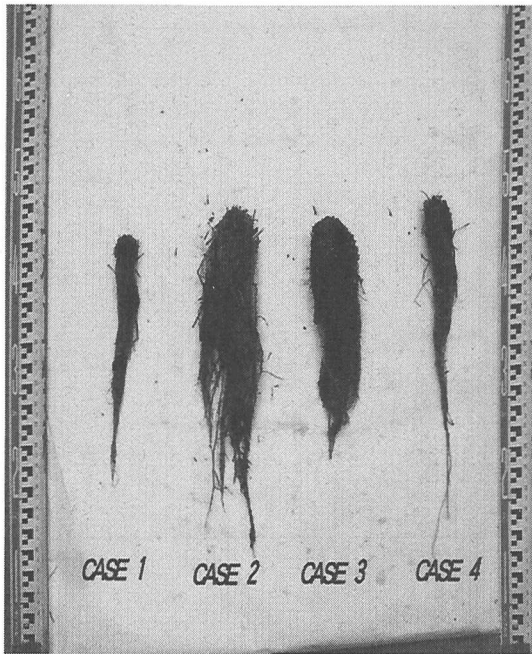


図-12 各CASE 根の成長 (試験開始 1年後)

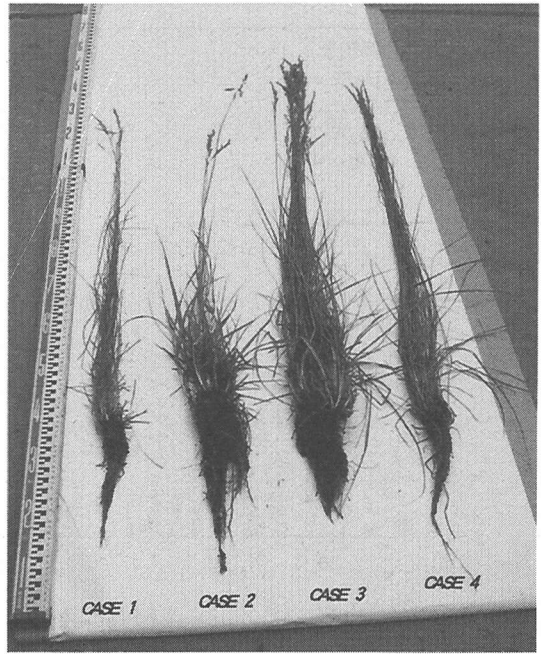


図-13 各CASE 草丈と根の成長 (試験開始1年後)

しかし、この傾向からすればCASE2 (コンポスト0%) ではこの値は大きくなるのが期待されるが、気相率はCASE3とほぼ同値であることから有機性土壌ととれる。

さらに結果から液・固相率からみれば関東ロームに近く、無機土壌であるといえる。

このことからCASE2は有機、無機物双方の特徴を有する土壌性状、すなわち土壌構造に特徴があるといえる。

ちなみに、この値は畑等耕地で気相30%、液相30%、固相40%が良いとされている⁷⁾。

c) 団粒分析

団粒分析結果を図-10に示す。粒径2mmでの団粒化度はCASE2が最も高くCASE1, CASE3, CASE4の順となった。なおCASE2は電解上水汚泥でありCASE1のコンポストに比べて粒径2mm以上の粒子を多く含み、微細粒子が電解により団粒化した事、CASE3はコンポストと電解汚泥の混合、CASE4は無電解でコンポストとの混合によるためといえる。しかし、基礎実験結果に比べこの団粒化を示す値は各CASEとも、僅差であった。これは、分析試験において規定の分散操作を経て篩い分けても、明らかに添加した粘着材の影響を受け、土粒子の分散度が悪く、このため各CASEとも分散前と分散後の粒度分布のグラフは接



図-14 試験開始169日目の全景 (左からCASE1, 2, 3, 4の順)

近し、その差は僅かな結果となった。すなわち団粒化の詳細な数値変化および結果は基礎実験でのデータ⁸⁾を参考として、ここでの分析グラフは団粒化の傾向を示すに止めた。

d) 飽和透水係数

透水試験の結果を表-3に示した。透水係数が大きいほど、水切りがよい土壌といえる。結果から透水性能はCASE4, 2, 3, 1, さらに比較の関東ロームと

なった。

このことは1～4には土壤中に破砕木等が33%混合していることから、関東ロームに比べて透水係数が大きくなるのは当然である。また、CASE4の透水性が大きいのは容量で15%もの多量の落ち葉の混合によるものといえる。

前述の三相分布を考慮すると、コンポスト試料の気相率は54%と他に比べ高比率である。単純に考えれば空気の相ではあるが、この相が水を通すことと、透水係数の結果は別で、この相での透水、通気性が良くないのはコンポスト自体がこれらに欠く性状であることを意味していると思われる。

一方、電解上水汚泥試料においては土壤団粒化の影響が強く表れ、構造的に気相での通水性、通気性に富み、さらに三相分布から保水性も有する土壤性状であるといえる。

これら結果からのり面安定のための土壤要素の基礎をなしているものは、土壤の団粒化構造にほかならないと断定される。

(3) 植生の生育

a) 草丈の成長

施工後、発芽はしたものの1か月以上降雨がなく枯死した。その後降雨があり、43日目に再び発芽した。この草丈の成長についての結果を図-11に示す。

結果からコンポストと落ち葉を混合したCASE4が最も成長が早く、電解汚泥のCASE2が最も遅かった。他の2つのCASEはコンポストの混合割合と電解汚泥の有無に応じた中間的な成長であった。しかし、特定地域のデータであるが⁹⁾種子吹付け年度内に草丈20cmを目標とし、この必要丈に成長する迄の必要日数を69日としている。この例からすれば、成長の遅いCASE2の場合、枯死した期間を含めてもほぼ70日で草丈20cmとなることから生育不良とはいえない。尚、越冬し、試験開始1年後の平成14年5月には図-13に示す通り、成長が最も遅かった電解汚泥のCASE2も前年秋の草丈より成長している。

b) 根の成長

1年後の根長結果を表-4に示す。なお図-12の写真に見られるように植生は株毎の比較である。この数値から草丈と根長を合わせて考察すれば、CASE2は過度に草丈が伸びず、根長ばかりでなく、根量からもバランス良く成長している。

さらに特記すべきこととして、試験開始169日目の草丈の成長差が30cm程度に対し、いずれのCASEでも根長は10cm内外であったが、主にコンポストを表層土として使用している植生の根の深度方向の長さはのり面吹付け厚内でしかなく、横方向に伸長して

いた。つまり切り土のり面には進入せず、養分がある吹き付け土内に止まった。しかしCASE2ではこの切り土の裏面にも十分な根張りが見られた。

これらのことから養分が速効性でしかも十分満たされている土壤は当初の草丈の成長から高い評価を与えがちであるが、現実としては根の発育との比較から風害、虫害に弱く、しかも、あまり草丈が伸びすぎるのは自然ではなく、周りの環境から異質な光景となり、市街地ののり面等では維持管理や、見栄え上での問題となる。

c) 被覆率

43日目再び発芽した時点で、CASE1は50%、CASE2は80%、CASE3は70%、CASE4は70%の面積で発芽した。

施工時より169日目(10月)の、被覆率はCASE1の95%、CASE2の90%、CASE3の100%、CASE4の90%であった。図-14に試験開始169日目の全景を示す。

5. 結論

のり面緑化基盤材としての上水汚泥の実用化に向けた現場試験より以下の結論が得られた。

- 1) 吹き付け工法〔乾式〕と粘着材の採用により、のり面緑化基盤材と在来基盤との付着も良く、吹き付け厚5cmで施工することが出来た。
- 2) 基盤材の乾燥収縮に伴うクラックやはく離現象は廃材の有効利用により防止されるとともに土壤の気相作りにも役立つ。
- 3) 植生の発芽は電解上水汚泥混合土で80%、コンポスト土50%、電解上水汚泥とコンポスト混合土70%であった。植生の発芽は電解上水汚泥混合土で優れ、次に電解上水汚泥とコンポスト混合土となり、コンポスト土が一番劣っていた。これは、下水汚泥を用いた場合では、濃度障害を起こし、発芽が遅く¹⁰⁾なるといわれていることと一致する。
- 4) のり面硬度は土壤の乾燥とともに硬化するが、植物の生育とともに低下し、根系の伸長に良い、14～20mmに収束する。なお土壤硬度軟化による、雨滴等のり面への浸食はこの植生によってカバーされた。
- 5) 植生の成長や密度などの地上構成部分はコンポスト土が良好であるが、地下部の根系では電解上水汚泥土がその伸長、重量とも最良で、どのCASEよりも地山と一体化していた。また、根の発育との比較から風害、虫害に強く、しかも、あまり草丈が伸びすぎず、周りの環境と同化し

ていた。

- 6) 土壌の団粒化現象が土壌に与える影響は、過去の報告⁸⁾、および三相分布、透水試験、植生等の結果から明らかであるとともに、これらが、のり面の安定性に寄与していることは明らかである。

以上の結論から環境への配慮からのもり面緑化の土壌は、通気性、透水性、保水性を合わせ持ち、かつ保肥力に富み、微生物の活動を妨げない有機的要素が必要である。さらにのり面の基本項目による、安定性の確保・永続性の確保など相反した無機的要素が必要とされる。この有機、無機物双方の特徴を有する土壌性状として、電解上水汚泥がのり面緑化基盤材として施工できることを現場試験から明らかになった。

謝辞：本研究を進めるに当たり、現場実験では、上毛緑産工業(株)高橋廣司氏、日本リサイクル協会本多良助氏をはじめ多くの方々の協力を得た。また実験を進めるに当たって、日本大学大学院博士前期課程菅谷昌央氏(現 丸藤シートパイル(株))、手嶋一匡君の協力を得た。記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 安保昭：道路法面緑化のあるべき姿，土木学会誌，

Vol. 187, pp.69, 2002. 4.

- 2) 大沢吉範, 大木宜章, 石田哲朗, 関根 宏: 電解処理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) 小橋澄治, 村井 宏, 亀山 章 編: 環境緑化工学, 朝倉書店, pp.73-74, 1992.
- 4) のり面緑化マニュアル(案), 北海道開発局土木試験所土質研究室, pp.48, 1978.8.
- 5) (社)日本道路協会編: 道路土工のり面・斜面安定工指針 10版, (社)日本道路協会, pp.190, 1993.4.
- 6) 前田正男, 松尾嘉郎: 土壌の基礎知識, 農山漁村文化協会, pp.155, 2001.
- 7) 前田正男, 松尾嘉郎: 土壌の基礎知識, 農山漁村文化協会, pp.154, 2001.
- 8) 大木宜章, 石田哲朗, 関根 宏: 電解処理した上水汚泥処理の再生資源化への検討, 土木学会論文集, No. 533/II - 34, pp.247 - 254, 1996.2.
- 9) のり面緑化マニュアル(案), 北海道開発局土木試験所土質研究室, pp.47, 1978.8.
- 10) 南部祥一, 丹保憲仁 監訳: ウェーバー水質制御の物理化学的プロセス, 朝倉書店, pp.510, 1981.10.

(2002. 8. 9受付)

IN-SITU EXAMINATION USING WATERWORKS SLUDGE AS A MATERIAL OF PLANTING GROUND IN SLOPE SEEDING

Yoshinori OHSAWA, Takaaki OOKI, Tetsuro ISHIDA, Hiroshi SEKINE
and Seiji HOSAKA

The soil as a material of planting ground in a slope seeding needs proper organic factors for growing plants along with a stable slope that prevents erosion caused by rainfalls. For this reason, pH, hardness, and water content of soil were measured. In addition, C/N ratio, a degree of growth, and a stability of slope were measured for vegetation. In the experiment, a hardness value of soil indicated a range, which did not affect the growth of plants. Moreover, the slope did not show a surface erosion due to a rainfall. Furthermore, vegetation grew favorably and a rate of covering became 100%, and this contributed to the stability of a slope. From these results, it was concluded that waterworks sludge should be used in practice as a material of planting ground in slope seeding.