

報 文

土壤微生物に及ぼす土壤侵食防止・緑化被覆シートの影響\*

河野伸之<sup>1)</sup>・丸本卓哉<sup>1)</sup>・早川誠而<sup>1)</sup>・  
江崎次夫<sup>2)</sup>・岡部宏秋<sup>3)</sup>・西山雅也<sup>1,4)</sup>

<sup>1)</sup>山口大学農学部

〒 753-8515 山口県山口市大字吉田 1677-1

<sup>2)</sup>愛媛大学農学部

〒 790-8566 愛媛県松山市樽味 3-5-7

<sup>3)</sup>農林水産省森林総合研究所森林生物部

〒 305-8687 茨城県稲敷郡茎崎町松の里 1

<sup>4)</sup>現在：東京大学大学院農学生命科学研究科

〒 113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

**Effect of Use of Mulching Sheet for the Prevention of Soil Erosion  
and Revegetation on Soil Microorganisms**

**Nobuyuki Kohno<sup>1)</sup>, Takuya Marumoto<sup>1)</sup>, Seiji Hayakawa<sup>1)</sup>, Tsugio Ezaki<sup>2)</sup>,  
Hiroaki Okabe<sup>3)</sup> and Masaya Nishiyama<sup>1,4)</sup>**

<sup>1)</sup> Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yoshida, Yamaguchi, 753-8515 Japan

<sup>2)</sup> Faculty of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama, 790-8566 Japan

<sup>3)</sup> Forest Biology Division, Forestry and Forest Products Research Institute, Kukizaki-cho,  
Inashiki-gun, 305-8687 Japan

<sup>4)</sup> Present address : Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo,  
Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8657 Japan

Effect of the use of a mulching sheet for the prevention of soil erosion and revegetation on soil microorganisms was investigated in field experiments. Soil erosion was prevented and the vegetation was promoted by the mulching. Both the number and diversity of soil microorganisms also increased by the mulching practice. When the surface soil on a bare slope was covered with the sheet, the soil temperature and moisture at the depths of 10 cm and 30 cm were higher under a mulching sheet than without it. The results obtained suggest that the restoration of the initial soil ecosystem was promoted by the mulching sheet, which increased the number and the diversity of soil microorganisms. Soil microbial biomass and the diversity of microflora can be used as initial indicators for soil formation on a bare slope.

Key Words : Mulching sheet, Revegetation, Microbial biomass, Microbial diversity

はじめに

近年、道路開発、宅地造成、工場建設、ゴルフ場造成などの人間による自然開発に伴って下層土

が剥き出しになった裸地斜面が増加している。また日本は温帯モンスーン地帯特有の台風や集中豪雨などによって、土砂崩れや土石流が発生しやすい山地が多く、裸地が毎年発生している。さらに、日本は環太平洋地帯の西側に位置し、地震や火山活動が発生しやすい環境にあり、これらの大規模

\* 1998年10月2日受理

な自然災害による荒廃裸地も存在する。このような裸地はそのまま放置しておくと風雨によって侵食され、集中豪雨などの時には緩んだ地盤が一気に崩壊し、人命を奪うような甚大な被害を及ぼすこともある。火山活動などによって現在でも土石流が発生するような場所では、これらの防止対策として主に砂防ダムの建設が行われている。一方、道路法面など比較的小規模な裸地斜面では“急速緑化工法”による緑化が行われてきた。しかし、最近生態系や自然景観も考慮した工法が要求されるようになり、道路法面のような裸地斜面では現地本来の自然生態系を考慮した試みが増えつつある<sup>1)</sup>。現在の緑化工法は植物の導入を計るための緑化基礎工、植物を導入する植生工、目標とする群落に近づけ、維持、管理する植生管理工の3段階に分けられる。さらに植生工は種子から導入する播種工、植栽から導入する植栽工、植生の自然侵入を促進する植生誘導工に細分化され、播種工は薄層および厚層吹付工、植生シート工、植生袋工、植生マット工などの工法がある<sup>2)</sup>。これら工法の中でも植生シートあるいはマットは我が国の緑化関連企業数社から素材の異なるいくつかの製品が開発、市販されているが、近年、侵食防止効果の高い不織布が使用されるようになってきた<sup>3)</sup>。丸本らはこの不織布を用いた土壤侵食防止・緑化用の被覆シートを開発し、モデル試験でその侵食防止効果の高いことを証明するとともに地理的条件の異なる様々な現地に施工し、本不織布被覆シート（以下、被覆シートと記す）の土壤侵食防止効果が極めて高いこと、シート施用後の植生状況が優れていること、シート下土壤の化学的性質が改善されていることなどを報告している<sup>4-6)</sup>。これ

までに、各種マルチ工法が植物生育環境に与える効果もいくつか報告されている<sup>7-10)</sup>が、その土壤微生物に与える影響についての報告は少ない。本報告では被覆シートの施工が土壤の微生物性に及ぼす影響を明らかにするための第一歩として、土壤微生物バイオマス、生菌数、微生物フロアの多様性などの現地実態調査を行った。なお試験地は、山口県花崗岩地帯、宮崎県シラス地帯、鹿児島県桜島火山灰地帯の傾斜裸地である。

## 材料および方法

### 1. 供試被覆シートの基本構造

本被覆シートの基本構造を図1に示した。規格はポリエステル繊維（6d：60%，3d：40%）とレーヨン繊維（2d）（d：デニール、長さ450m、重さ50mgあるものの糸の太さ（織度）を1デニールとし、絹糸、ナイロン糸などの連続糸に用いられる単位のこと）からなる2種類の不織布を主素材とし、目付量30~45gm<sup>-2</sup>、幅1m、長さ50m、厚み5~10mmである。現地環境条件に応じてこれら2層の不織布の間に植物の種子や各種有機、無機資材、緩効性肥料などを組み込んで用いている場合もある。

### 2. 現地試験の概況

山口県花崗岩地帯、宮崎県シラス地帯、鹿児島県桜島火山灰地帯の各試験地の概況を表1および写真1~6に示した。山口県試験地は1990年12月から県内各地で法面造成によって生じた切土および盛土の裸地斜面、宮崎県試験地は農地整備に伴って生じた切土法面にそれぞれ被覆シートを施工した。鹿児島県試験地は建設省大隅工事事務所

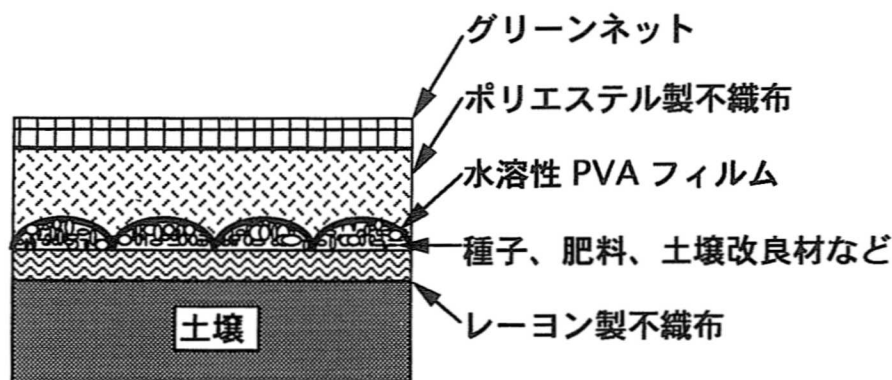


図1 被覆シートの基本構造

管轄地区内の火山灰土壌流出防止護岸工事が行われた野尻川流域の傾斜地を1994年4月に施工した。なお、鹿児島県試験地では被覆シートがシート下土壌の地温や水分環境に与える影響を調査する目的で、現地での自動測定を行った。

各試験地の施工前の土壌の理化学性および微生物性を表2に示した。山口県試験地は鹿野町の安山岩風化土壌を除き、他は花崗岩の風化土壌である。いずれも礫を含んだ下層土で有機態炭素含量は0.05%以下の養分含量の極めて低い土壌である。宮崎県試験地は農地の基盤整備事業に伴って生じた山地側のシラス切土法面であるが、八重の有機態炭素含量は0.67%と他の試験地より若干

表1 現地試験施工概要

施工地	施工年月	施工面積	法面勾配
		m <sup>2</sup>	°
(山口県)			
下松1	1993年6～8月	1200	30
下松2	1992年1月	5400	30
湯田	1991年11月	4000	30
鹿野	1990年12月	200	45
(宮崎県)			
時屋1	1993年11月	40	45
時屋2	1991年6月	1320	45
八重	1991年6月	106	45
(鹿児島県)			
桜島	1994年4月	1500	10～20

写真 現地試験地の概況。1～2. 山口県鹿野 3～4. 宮崎県八重 5～6. 鹿児島県桜島

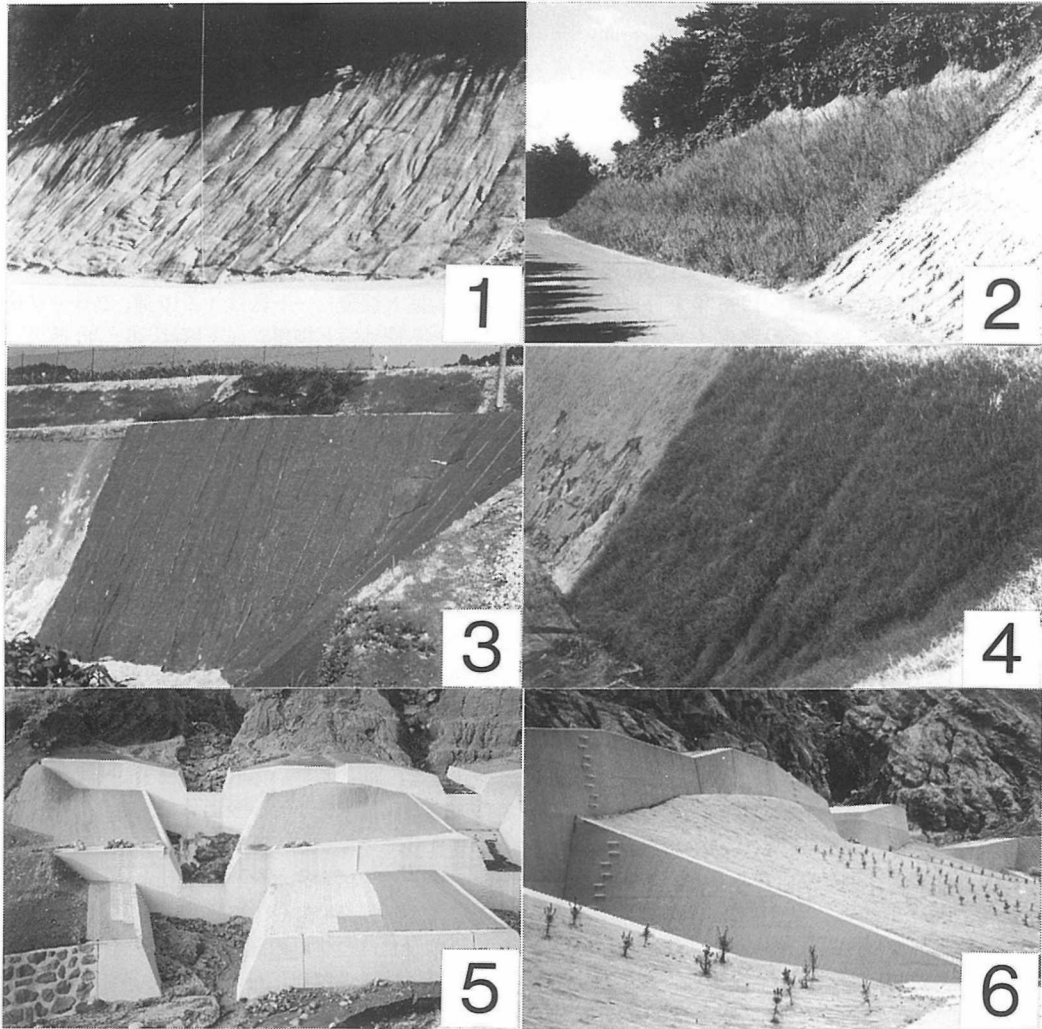


表2 各試験地における施工前の土壤の理化学性および微生物性

施工地	土性	pH (H <sub>2</sub> O)	有機態炭素	バイオマス窒素	糸状菌数	細菌数
			%	mgkg <sup>-1</sup> 乾土	CFUg <sup>-1</sup> 乾土	
(山口県)						
下松1	SL	6.3	0.05	0.2	4.3×10 <sup>3</sup>	3.3×10 <sup>6</sup>
下松2	SL	6.2	ND*	4.4	2.0×10 <sup>5</sup>	1.9×10 <sup>7</sup>
湯田	SL	6.3	ND*	102.1	2.0×10 <sup>5</sup>	1.7×10 <sup>7</sup>
鹿野	SL	6.0	ND*	2.9	2.8×10 <sup>4</sup>	5.5×10 <sup>6</sup>
(宮崎県)						
時屋1	LS	6.2	0.09	3.7	2.1×10 <sup>3</sup>	3.5×10 <sup>6</sup>
時屋2	LS	6.3	ND*	10.3	2.5×10 <sup>4</sup>	5.4×10 <sup>6</sup>
八重	LS	6.1	0.67	6.6	3.7×10 <sup>4</sup>	9.1×10 <sup>6</sup>
(鹿児島県)						
桜島	LS	4.3	0.06	0.6	3.0×10 <sup>3</sup>	3.9×10 <sup>6</sup>

\*未測定

高く、時屋は0.09%と低かった。鹿児島県試験地は、桜島西部へ流れる野尻川流域の西側斜面の降灰地である。pHは4.3の酸性で、有機態炭素含量も0.06%と低かった。

### 3. 試験方法

#### 1) 地温および土壤水分の測定

桜島野尻川流域の南西斜面の試験地内に観測箱を設置した。土壤水分および地温の測定にはIDL-1600土壤水分計(ノースハイテック社製)を使用した。測定は1995年2月～1996年1月までで、1995年2月から4月までの測定インターバルは1時間、1995年5月から1996年1月までは2時間とした。熱電対センサーは裸地区および隣接する被覆シート区の深さ10cmと30cmにそれぞれセットした。

#### 2) 微生物バイオマスおよびフロラの測定

土壤試料の採取について、山口県および宮崎県試験地では、被覆シート区および対照となる隣接の裸地区斜面4地点(写真2, 4参照)より約1～2kgの表層部の土壤(0～10cm)を採取し、混合した後、湿潤のまま2mmの篩にかけ、水分含量を最大容水量の60%に調整した。鹿児島県試験地では、植生のない裸地区および被覆シート区、クロマツ植生のある裸地区は2地点より、クロマツ植生のある被覆シート区は3～4地点より採取し(写真5, 6参照)、上記と同様に調整した後、それぞれを測定に供した。これらの土壤試料は、1週間25°Cで前培養を行った後、クロロホルムくん蒸直接抽出法を用いてバイオマス炭素と窒素<sup>11)</sup>を測定した。また、希釈平板法を用いて細菌数<sup>12)</sup>と糸状菌数<sup>13)</sup>を測定した。この際、細菌はYG培地、糸状菌はローズベンガル培地を各々用いた。また、

宮崎県試験地と鹿児島県試験地では希釈平板法によって生じたコロニーを色や形などの違いでグループ分けを行った後、Brillouinの多様性指数<sup>14)</sup>を用いて微生物フロラの多様性を評価した。山口県試験地では、いずれの測定も2連で行い、2連の平均値と誤差を示した。宮崎県試験地では、バイオマス炭素と窒素は2連の平均値と誤差、細菌数と糸状菌数は3連の平均値と標準偏差を示した。鹿児島県試験地の細菌数と糸状菌数は、植生のない裸地区と被覆シート区は3～10連、クロマツ植生のある裸地区と被覆シート区は、6～40連の平均値と標準偏差を示した。このうち、鹿児島県試験地の植生なしの裸地区と被覆シート区については分散分析<sup>15)</sup>を行った。

## 結果および考察

### 1. 土壤の侵食防止と植生の状況

植被率は単位面積当りの植物による被覆面積の割合を示したものであるが、山口県試験地はいずれも100%、宮崎県試験地の時屋の切土法面においては時屋1(6か月後)約60%、時屋2(2年11か月後)約75%を示した。時屋の植被率はその後少しずつ増加している。八重は100%であった。鹿児島県試験地はクロマツの移植試験のため植被率は出していないが、噴火に伴う亜硫酸ガスの流下による1年目のクロマツの枯死率は、被覆シート区で17%、裸地区で26%であった。

土壤侵食はいずれの試験地も被覆シート区でほぼ完全に防止された。ただし、山口県試験地の下松2の一部は内部からの湧水によってシート被覆下部より土壤の崩落が認められた。これと同様の

崩落は宮崎県試験地においても一部認められ、被覆シートは降雨による土壌侵食防止効果は高いが、斜面内部からの湧水による内部崩落に対しては極めて弱いことが観察された。

2. 被覆シートの敷設が地温および土壌水分に与える影響

1) 地温の変化

鹿児島県試験地で調査したところ、地温は日中に最高、夜間に最低を示す日変化を繰り返しており、晴天時にその振幅が大きいたことが示された(図2)。裸地区と被覆シート区を比較すると、観測期間を通して深さ10cmと30cmのそれぞれの地温差は平均0.7°Cおよび1°Cであり、常に被覆シート区の方が高かった。このように、被覆シートの敷設によって30cmの深さまで地温が若干高く保持されることが明らかとなった。最も暑い8月の被覆シート区の深さ10cmでは27~41°Cの変動を示し、1か月の平均地温は30.5°C、裸地区は29.0°Cと1.5°Cの差が認められた。深さ30cmでは被覆シート区の1か月の平均地温が29.7°C、裸地区27.9°Cであり、1.8°Cの差が認められた。冬期(2月)の深さ10cmおよび30cmの平均地温

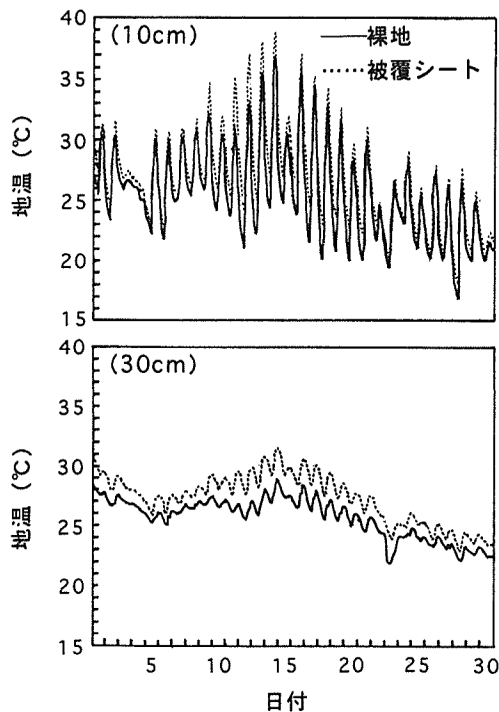


図2 鹿児島県桜島試験地における深さ10cm および30cmの地温の経時変化(1995年9月)

はそれぞれ裸地区が9.7°Cと10.3°C、被覆シート区が10.2°Cと10.9°Cを示し、地温差は0.5°Cおよび0.6°Cと夏期に比べて小さかった。図2に1995年9月の測定値を例示した。

2) 土壌水分の変化

観測によって得られた土壌の含水比と降水量の経時変化によると、含水比は降雨開始と同時に上昇し、降雨停止後徐々に減少した(図3)。観測期間を通して含水比は被覆シート区の方が平均して

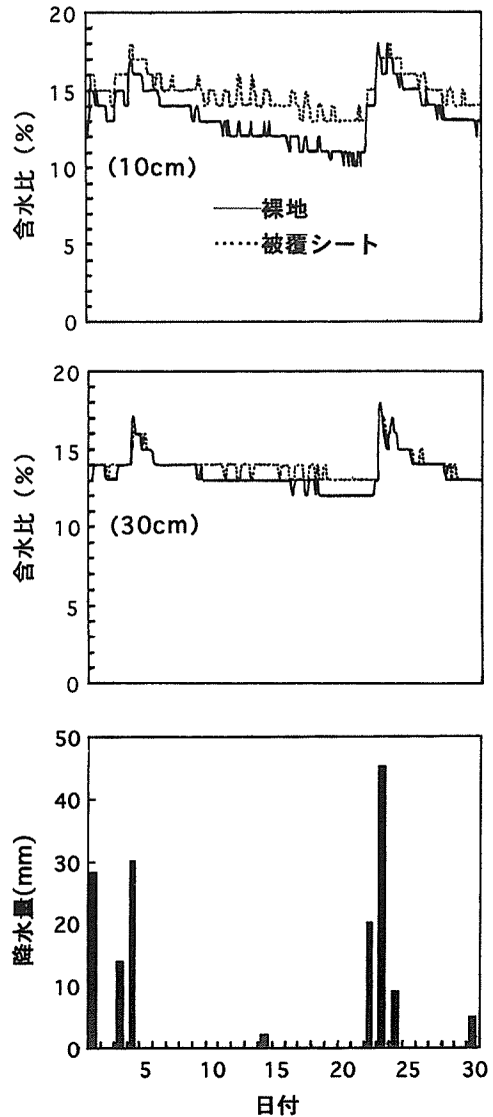


図3 鹿児島県桜島試験地における降水量と深さ10cm および30cmの含水比の経時変化(1995年9月)

深さ 10 cm で 1.6 %, 30 cm で 0.3 % 高く, 特に深さ 10 cm では, 降雨後裸地の方が速く乾燥した。図 3 に, 1995 年 9 月の測定値を例示した。

以上の地温および土壤水分の変化の結果から, 本被覆シートはシート下土壤の地温および土壤水分を深さ 30 cm の範囲まで若干高く保持することが明らかとなった。これより, 被覆シートの敷設によって植生および根の伸長, さらには, 後述するように土壤微生物の数量および多様性が若干の影響を受けると推察される。

### 3. 土壤の微生物バイオマスおよび微生物フロアの比較

#### 1) 山口県試験地

バイオマスおよび生菌数の結果を図 4 に示した。被覆シート下土壤はいずれも裸地における表層土よりもバイオマス, 生菌数ともに多かった。湯田

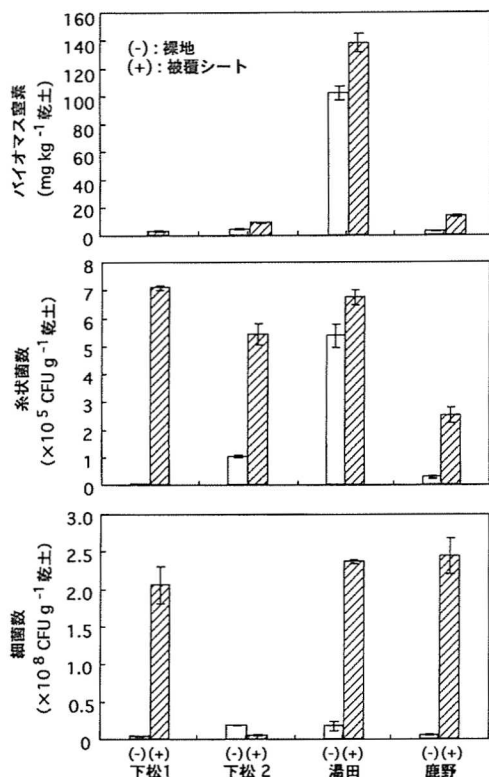


図 4 山口県内試験地におけるバイオマス窒素, 糸状菌数, 細菌数に及ぼす被覆シートの影響 (1994 年 4 月; 下松 1: 施工後 10 ヶ月, 下松 2: 施工後 2 年 3 ヶ月, 湯田: 施工後 2 年 5 ヶ月, 鹿野: 施工後 3 年 4 ヶ月)

棒グラフ上の直線は 2 連の誤差を示す

を除いて, 他の場所は花崗岩の露出する場所であるが, そのような斜面においても土壤表層の微生物の数量は増加することが示された。

#### 2) 宮崎県試験地

バイオマスの結果を図 5 に, 生菌数の結果を図 6 に, 多様性の結果を図 7 に示した。本試験地においても被覆シート下土壤は裸地よりバイオマス, 生菌数ともに多かった。シラスは南九州の下層に存在する火山灰由来の特殊な性質を持ち, 砂質で保水性が悪く, 生産性は低く, 受食性が高いといわれている<sup>16,17)</sup>。しかし, これらのシラス斜面においても, 本被覆シートによって土壤侵食が防止され, 植物も順調に生育した。また, そのシート下土壤の微生物も増加および多様化していることから, 土壤生態系の回復が進行しているものと推察される。九州農政局は南九州に広く分布するシラス台地の土壤侵食を防止する研究の一環として 1991 年より本被覆シートを用いた試験を宮崎県を中心に実施しているが, その調査報告書において, 被覆シート区の土壤微生物バイオマスが増加することが示されている<sup>16,17)</sup>。

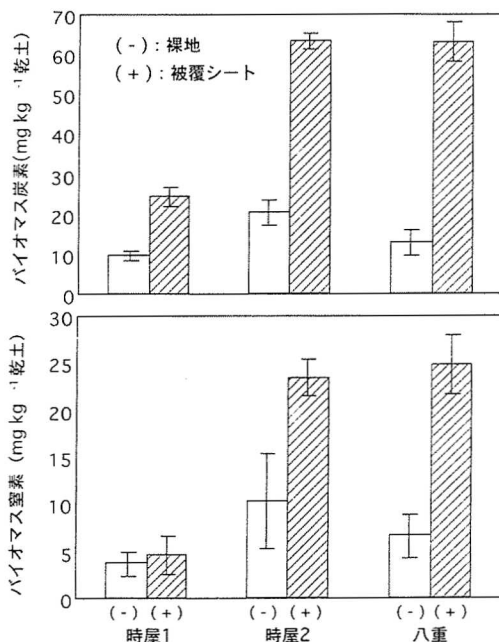


図 5. 宮崎県シラス斜面におけるバイオマス炭素および窒素に及ぼす被覆シートの影響 (1994 年 10 月; 時屋 1: 施工後 11 ヶ月, 時屋 2 および 八重: 施工後 3 年 4 ヶ月)

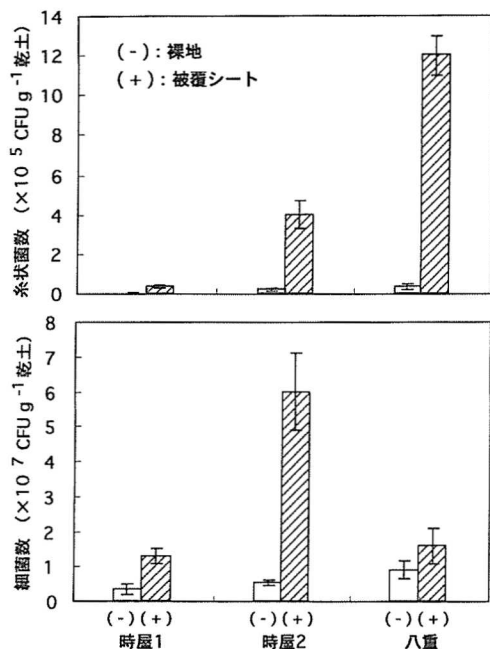


図6 宮崎県シラス斜面における糸状菌および細菌数に及ぼす被覆シートの影響 (1994年10月; 時屋1: 施工後11ヶ月, 時屋2および八重: 施工後3年4ヶ月)  
棒グラフ上の直線は標準偏差を示す

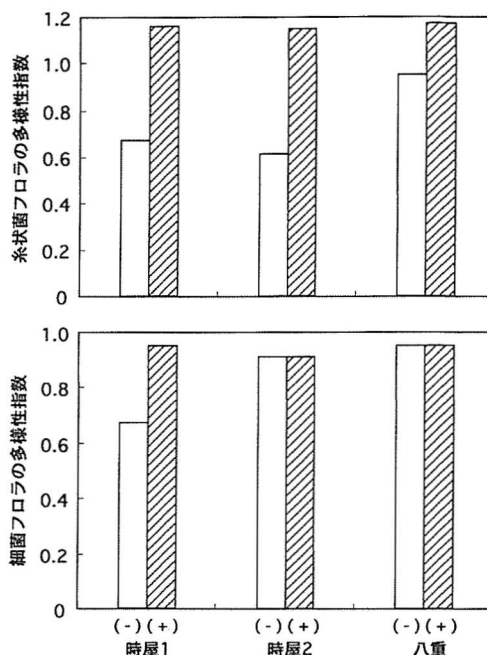


図7 宮崎県シラス斜面における糸状菌および細菌フロアの多様性に及ぼす被覆シートの影響 (1994年10月; 時屋1: 施工後11ヶ月, 時屋2および八重: 施工後3年4ヶ月)

### 3) 鹿児島県試験地

生菌数および多様性の結果を図8に示した。本試験地でも被覆シートの施工およびクロマツ植栽によって生菌数は増加し、糸状菌フロアは多様化する傾向が認められた。現地における火山灰は砂質で酸性(pH: 4.3)であり、ほとんどの土壤微生物の生存にとって厳しい環境と思われるが、被覆シートの施工とその後の植生の進行によって微生物数が増加するとともにそのフロアが多様化しており、火山灰における微生物生態系が徐々に回復する傾向がみられた。ただし、当地における微生物バイオマスは一般の山地における裸地と比較して極めて微量であった。クロマツ植栽なしの裸地と被覆シートのみを比較すると、1994年10月の細菌数、1997年11月の糸状菌数は被覆シート区が裸地区より有意(5%水準)に多かった。

本被覆シートで裸地を被覆し、植生が進行すると、微生物バイオマス、生菌数、微生物フロアの多様性は増加することが示された。それは土壤への各種肥料や有機・無機資材の添加と植物の生育に伴う土壤有機物の増加が大きな原因と思われる

が、鹿児島県試験地の火山灰斜面の結果(図8)にみられるように、被覆シートのみでの区にシート下土壤でも微生物数が若干増加する傾向を示しており、地温や土壤水分条件など土壤環境の変化が微生物の数量の増大に反映されたものと考えられた。すなわち、本被覆シートを荒廃裸地斜面に施工すれば、土壤侵食を防止して植生を保護するとともに、被覆シート下土壤の微生物の数量とフロアの多様性を増加させ、土壤生態系の回復を早めることが示唆された。このことは、切土法面などの一旦表土が失われた斜面で自然植生が定着する前の土壤生成作用の程度を判断する指標群の一つとして、微生物バイオマス、生菌数、微生物フロアの多様性が利用できる可能性を示していると推察された。鈴木らも同様にエコロジー緑化工法造成緑地において微生物バイオマスを測定し、土壤の発達指標は理化学性に加えてこれらの生物学的指標も有効であると報告しており<sup>18,19)</sup>、各種緑化現場での微生物性の実態調査も必要かつ有効であると考えられる。

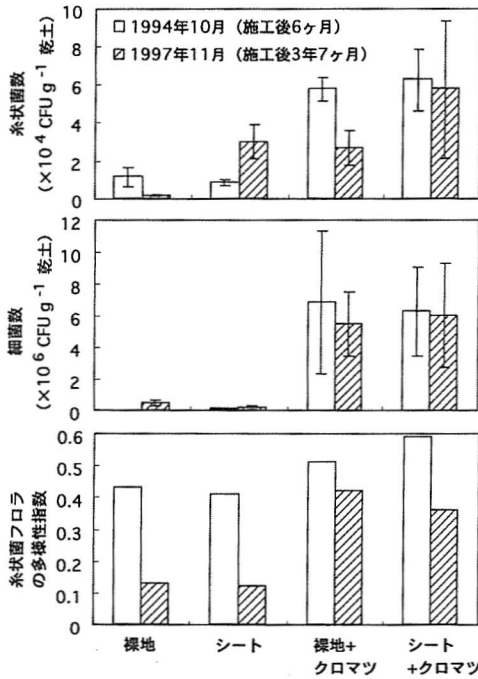


図8 鹿児島県桜島野尻川試験地における糸状菌および細菌数に及ぼす被覆シートおよびクロマツ植栽の影響  
棒グラフ上の直線は標準偏差を示す

## 要旨

法面造成によって生じた裸地斜面に施工した緑化被覆シートが、土壤の微生物性に及ぼす影響を明らかにするために、現地実態調査を行った。緑化被覆シートの施工によって、シート下土壤の地温および水分が若干高く保持され、土壤微生物が増加し、土壤微生物の多様性も高まる傾向が認められた。本被覆シートの施工は、荒廃裸地化した土壤生態系の回復を早めることが示唆された。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、被覆シートの提供を頂いた多機能フィルター株式会社に謝意を表します。また、土壤試料の採取および調査にご協力頂いた九州農政局計画部資源課、宮崎県農村建設課、宮崎県中部農林振興局農地整備課、宮崎大学細山田健三名誉教授、また試験地の提供を頂いた建設省大隅工事事務所に対して深甚なる謝意を表します。

## 引用文献

- 1) 小橋澄治 (1996) 21世紀への緑化技術の展開を考えよう！, 日本緑化工学会誌, 22, 126~129
- 2) 岩田進午・喜田大三監 (1997) 土の環境圏, p. 658, (株) フジ・テクノシステム, 東京
- 3) 駒走裕之・谷口美津男・坂手三千兵 (1996) 植生マットにおける木本植物の導入, 日本緑化工学会誌, 22, 32~33
- 4) 丸本卓哉・藤原輝男・常村忠生・常森喬紀・山本一夫・翁長謙良 (1990) —エコロジカルな視点に立った—土壤侵食防止・緑化資材の開発, 山口大学環境生態研究会, 自然災害と地球環境問題講演論文集, 16~24
- 5) Marumoto, T., Hayakawa, S., Ezaki, T., Yamamoto, K. and Okabe, H. (1997) Function of a Mulching Sheet for Reforestation and the Prevention of Soil Erosion. *J. Agric. Meteorol.*, 52, 613-616
- 6) Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S., Okabe, H., Yamamoto, K. and Chun, K. W. (1997) Forest Regeneration Utilizing Mulching Sheet and Mycorrhizal Fungi. *J. Agric. Meteorol.*, 52, 617-620
- 7) 岡本認明・田中幸雄 (1994) 各種の緑化マルチング材における土壤水分蒸発および昇温の抑制効果について, 第25回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集, 176~179
- 8) 笹原則之・大澤和幸 (1995) 水力式ポンプによるマルチ工法の施工性とマルチ効果に関する検討, 第26回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集, 197~200
- 9) 山寺喜成・塩倉高義・岡田 拓 (1992) Djiboutiにおける砂漠等乾燥地緑化の実験的研究 (I) —砂漠緑化の課題と植生導入技術に関する考察—, 第23回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集, 94~97
- 10) 山寺喜成・福永健司・塩倉高義・飯山禮文・中村華子・D.M.Guelleh・H.A.Mokbel・T.Mohamed (1994) Djiboutiにおける砂漠等乾燥地緑化の実験的研究 (IV) —サンドバッグマルチ工法の考察—, 第25回日本緑化工学会研究発表会研究発表要旨集, 190~193
- 11) 土壤微生物研究会編 (1992) 新編土壤微生物実験法, p.181~184, 養賢堂, 東京
- 12) 土壤微生物研究会編 (1992) 新編土壤微生物実験法, p.15~16, 養賢堂, 東京
- 13) 土壤微生物研究会編 (1992) 新編土壤微生物実験法, p.62~64, 養賢堂, 東京
- 14) Pielou, E.C. (1977) Ecological Diversity and



- Its Measurement. *In* *Mathematical Ecology*, p. 299-307, Wiley-Interscience Publication, New York
- 15) 羽鳥裕久 (1992) あたらしい統計学, p.111~117, 培風館, 東京
  - 16) 九州農政局計画部資源課 (1997) 平成8年度用排水・ほ場整備基礎諸元調査 (ほ場整備課) 八重地区報告書, 29~39
  - 17) 九州農政局計画部資源課 (1998) 平成9年度用排水・ほ場整備基礎諸元調査 (ほ場整備畑) 八重地区報告書, 22~24
  - 18) 鈴木創三・千代延尚子・奥 奈津子・野田幸雄・青池真也・藤嶽暢英・故高橋竹彦・大塚紘雄・小館誓治・井汲芳夫 (1998) エコロジー緑化工法造成緑地の植生—土壌系の経年変化1, 現地および近隣自然林の植生および土壌の諸性質の特徴, 日本土壌肥料学会講演要旨集, **44**, 192
  - 19) 野田幸雄・鈴木創三・千代延尚子・奥 奈津子・青池真也・藤嶽暢英・故高橋竹彦・大塚紘雄・小館誓治・井汲芳夫 (1998) エコロジー緑化工法造成緑地の植生—土壌系の経年変化2, 生育初期の植生と土壌バイオマスの変化, 日本土壌肥料学会講演要旨集, **44**, 193