

## スギ人工林における微地形の違いが土壤微生物群集構造に及ぼす影響

松下美歩・山谷奈津子<sup>1)</sup>・目黒貞利<sup>1)</sup>・河内進策<sup>1)</sup>

鹿児島大学大学院連合農学研究科生物生産科学専攻 (宮崎大学), <sup>1)</sup> 宮崎大学農学部森林科学講座

(2007年1月26日 受理)

### Effect of micro-topography on structure of soil microbial community in sugi plantation forest soil

Miho MATSUSHITA, Natsuko YAMATANI<sup>1)</sup>, Sadatoshi MEGURO, Shinsaku KAWACHI<sup>1)</sup>

University of Miyazaki, Science of Bioresource Production, the United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, <sup>1)</sup> Forest Science Division, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

**Summary :** Microbial community structures and chemical properties of surface soils on the slope in sugi (*Cryptomeria japonica*) plantation of Tano Forest Site University of Miyazaki were measured to investigate the effects of micro-topographic factors, such as position and asperity of the slope, on the structure of soil microbial community. Phospholipid fatty acid (PLFA) methods were used to evaluate microbial community compositions. Moisture content and soil organic matter (SOM) content in upper site of slope were higher than those in middle and lower site of slopes. Dissolve organic carbon and nitrogen were lowest in lower slope. Other chemical properties were little affected by micro-topographic factors. Litter thickness in upper slope was higher than those in middle and lower slopes. Microbial biomass was closely correlated to SOM ( $r=0.82$ ,  $P<0.001$ ) and litter thickness ( $r=0.73$ ,  $P<0.01$ ), but microbial community structures were less correlated to chemical properties. The slope position was correlated to microbial biomass, but not to microbial community structures. Therefore, the micro-topographic factors, position and asperity of the slope in a small scale could have a little effect on the structure of soil microbial community.

**Key words :** Micro-topography, Soil microbial community structure, PLFA.

#### 1. 緒言

筆者らは先に、リン脂質脂肪酸 (PLFA) 分析法を用いて、過去に草地または薪炭林として利用されていたスギ造林地および広葉樹二次林の土壤中の微生物群集構造を比較検討した(投稿中)。その結果、深さの異なる3層の土壤のうち、FH層では現植生の影響が顕著であったのに対し、A層上部 (0-5 cm) ではむしろ過去の土地利用履歴の影響の方が大きいことがわかった。Ito *et al.*

(2004) はこの試験地の下層植生を詳細に調査し、過去の土地利用様式の違いが下層植生の種組成に強く影響を及ぼすことを明らかにしている。深さの異なる3層の土壤層のうち、中間のA層上部のみから過去の土地利用履歴の影響が検出されたことから、我々は、土壤微生物群集構造に過去の土地利用の影響が残されたのは、下層植生の根の働きによるものではないかと推定した。

一方、土地利用様式と地形には一定の傾向があ

り、特に草地には刈り取りが容易な比較的傾斜がなだらかな場所が利用されていたと考えられる。現に、検討した試験地のうち過去に草地として利用されていた試験地は傾斜が急な斜面下部 (25-45°) よりも緩やかな斜面上部 (0-25°) の面積割合が高かった。このことから、過去の土地利用履歴が現在の土壌微生物群集構造に影響する原因を明らかにするためには、斜面位置が及ぼす影響についても検討する必要がある。

わが国土の4分の3は山岳地によって占められ、その大部分が細かく谷で刻まれた急峻で複雑な地形を形成している (川田1989)。このような地形では、水の移動や傾斜の影響で、表面侵食や土粒の移動がおり土壌の性質が大きく変化している。そのため、微地形に着目した研究は日本の森林生態系を考える上でも大変重要である。微地形の違いによる土壌養分や微生物への影響は多くの研究で検討されており、窒素循環や炭素循環、有機物の分解活性が微地形の違いによって変化することが明らかとなっている (山谷, 仙石1976; 片桐, 堤1978; 片桐1988; 沓名他1988; 高橋他 1994; 島田1998)。これら微地形の影響に関する検討は、尾根と谷といった比較的大規模なスケールや、斜面の上部と下部といった斜面位置の違いのもとに行われている。しかし、戸田他 (1987) は、同一斜面での同じ深さの表層土でも斜面の凹凸や土層状態によって、土壌水の養分割合がかなり異なると報告している。そのため同一斜面においても土壌面の凹凸が土壌微生物に影響を及ぼすことも予想される。

本研究では、過去の土地利用履歴の土壌微生物群集構造に及ぼす影響を検討した試験地と同程度の広さの試験地を設定し、スギ人工林内の異なる斜面位置において、リン脂質脂肪酸 (PLFA) 分析法を用いた土壌微生物群集構造の解析と土壌化学特性の測定を行い、斜面位置と土壌の凹凸といった微地形の違いが土壌微生物群集構造に及ぼす影響について検討した。

## 2. 試験地

試験地は日本南西部 (131°E, 32°N) に位置する宮崎大学農学部附属田野フィールド (502 ha) に設置した。年間の平均温度、降水量はそれぞれ16.5 °C, 2800 mmである。標高約200 mにある

48年生のスギ人工林内に位置する東北東向きの斜面を試験地とした (Fig. 1)。上部谷壁斜面から下部谷壁斜面にかけて60 m × 25 mの帯状サイトを設置し、標高10 mから15 mおきに、斜面上部 (U)、中部 (M)、下部 (L)とした。それぞれの斜面位置で横断方向に水平距離5 m間隔で6箇所の地形測量基点及び土壌採取地点を設置した。

地形測量基点から水平距離で5 m上方地点を臨む仰角と5 m下方地点を臨む俯角を、ポケットコンパスを用いて測量し、その平均値をプロットの傾斜 (°) とした。同様に横断方向の傾斜角度を水平距離5 m間隔で測定し、縦断および横断方向の斜面型を算出した。斜面型はFig. 2に示すように隣接した測定点の標高と測量基点の標高差で評価した。値の正 (+), 0, 負 (-) はそれぞれ凸形, 平滑, 凹形を表す。

調査地の概況をTable 1に示す。傾斜は上部

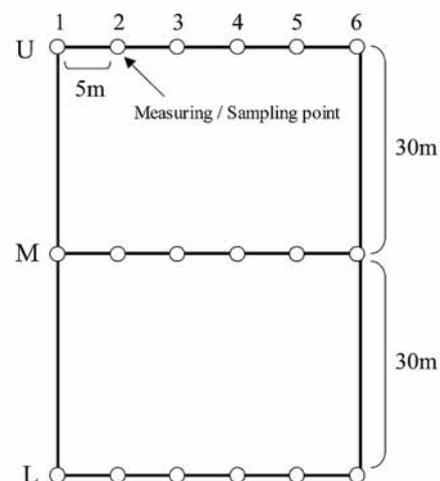
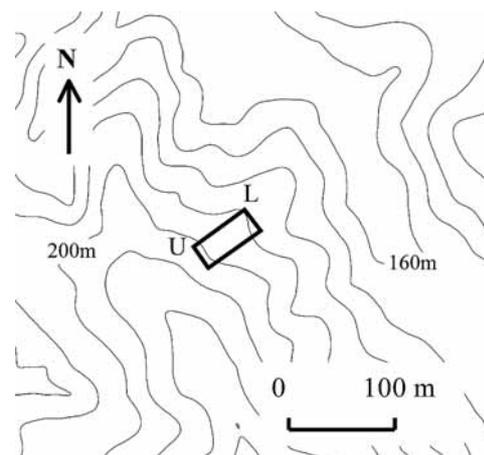
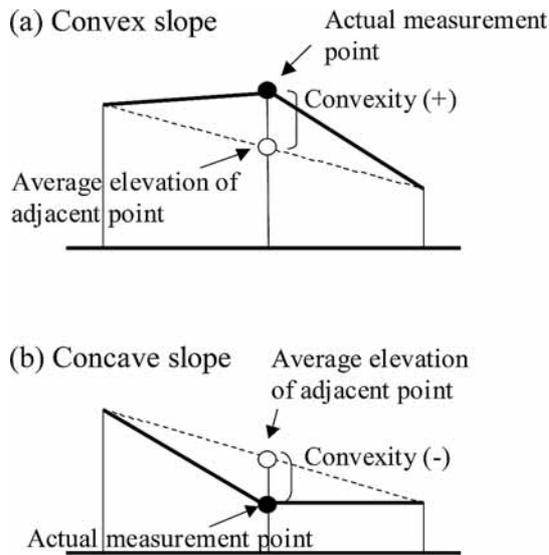


Fig. 1. Topography of a study site.



**Fig. 2.** Schematic drawings of calculation of slope convexity for convex and concave slopes.

(U) において $20 \sim 26^\circ$ ，中部 (M) においては $10 \sim 12^\circ$ ，下部 (L) においては $19 \sim 41^\circ$ であった。

Uにおいて縦断面の斜面型はU 1 からU 4 にかけて凹地形，U 5 とU 6 は凸地形であった。横断面の斜面型はU 2 からU 4 は凹地形，それ以外は凸地形で全体的に見ると浅いすり鉢状だった。Mの縦断面はほぼ平衡斜面を呈し，横断面は緩やかな凸形であった。Lにおいて縦断面の斜面型はL 2 が凹地形，それ以外は凸地形だった。横断面の斜

面型はL 2 からL 4 は凹地形であり，それ以外は凸地形であり凹凸の変化に富んだ地形をしていた。また斜面下部は他の斜面位置と比べ，表層土壌の攪乱が認められる個所が多数見うけられた。

### 3. 材料及び方法

試料は各プロットから2005年10月に採取した。採土管 ( $\phi 50 \times 51$  mm) を用いてA層0-5 cmの深さから土壌を採取した。1 土壌採取地点から3 土壌塊を採取し，全ての試料を2 mmメッシュのふるいにかけて後，目に見える根をピンセットで取り除いた。得られた土壌試料はPLFA抽出まで $-20^\circ\text{C}$  で保存した。土壌特性測定用の試料は4 で保存した。PLFA分析および土壌特性測定は採取日から1 週間以内に行った。

土壌採取地点周辺域 ( $1 \text{ m}^2$ ) のリター厚を無作為に5 箇所から測定し，平均値で表した。

#### 1) 土壌特性

含水率，土壌全有機物含有量 (SOM)，pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )，炭素 (C) および窒素 (N) 含有率，可溶性全炭素含有量 (DOC)，可溶性全窒素含有量 (DN) の7つの化学特性を測定した。含水率は試料を $105^\circ\text{C}$  で一昼夜乾燥させて求めた。全有機物量は $700^\circ\text{C}$  ，1 時間加熱し，加熱前重量からの

**Table 1.** Characteristics of the plot

Site	Plot No.	Slope ( $^\circ$ )	Longitudinal form (m)	Cross-section form (m)	Tree height (m)	DBH (cm)	Stand density (/ha)
U	1	24	-0.3	0.2	$19.4 \pm 2.6$	$21.0 \pm 5.1$	3283
	2	20	-0.5	-0.7			
	3	22	-0.6	-1.0			
	4	26	-0.6	-0.8			
	5	24	0.3	0.4			
	6	22	0.3	0.7			
M	1	12	0.2	0.0	$20.0 \pm 1.4$	$26.4 \pm 4.8$	1762
	2	10	0.1	0.3			
	3	11	0.0	0.2			
	4	11	0.0	0.0			
	5	12	0.1	-0.1			
	6	11	-0.1	0.0			
L	1	41	0.5	0.3	$21.3 \pm 2.6$	$26.5 \pm 4.5$	2032
	2	41	-0.7	-1.8			
	3	36	0.0	-1.0			
	4	37	1.3	-0.2			
	5	23	0.7	0.8			
	6	19	0.2	0.3			

減少量から求めた。pH (H<sub>2</sub>O; 1:10) はガラス電極法で測定した。C, N含有率は元素分析装置 (Perkin Elmer Series 2 CHNS/O Analyzer 2400) を用いて測定した。DOC, およびDN含有量は島津TOC全有機炭素分析装置を用いて, ろ過した水抽出液から求めた。

## 2) PLFA分析

リン脂質脂肪酸の抽出と分析はFrostegard & Bååth (1996) に記載してある方法を改変した方法 (Pennanen *et al.* 1999) で行った。この方法を要約すると, 解凍した湿重量 2 gの土壌試料からクロロホルム:メタノール:クエン酸緩衝液混液 (1:2:0.8) で脂質を抽出した。得られた脂質はケイ酸カラムを用いて中性脂質, 糖脂質およびリン脂質に分画した。リン脂質画分をアルカリメチル化し, 得られた脂肪酸メチルエステルをガスクロマトグラフィーで分析した。分析にはDB-1キャピラリーカラム (J&W Scientific), 0.25 mm × 30 m, 厚さ0.25 μmを使用した。合計33 PLFAを同定した。脂肪酸は標準命名法を使用し称した。グラム陽性菌指標として*i*14:0, *i*15:0, *a*15:0, *i*16:1, *i*16:0, *i*17:0, *a*17:0, 18:1*ω*9, 19:1, グラム陰性菌として16:1*ω*9, 16:1*ω*7, 18:1*ω*7, 18:1*ω*5, *cy*17:0, *cy*19:0, 放線菌指標として10メチル (Me) 脂肪酸を使用した。真菌指標として18:2*ω*6,9を使用した。*ω*の後につくアルファベットは, 結合位置は不明だが異なる脂肪酸であることを示す。

## 3) 統計分析

微生物群集構造解析のためにPLFAデータを用いて主成分分析 (PCA) を行った。PCAにはmol %変換したデータを用いた。各微生物グループPLFA (nmol/g) と真菌とバクテリアの比, グラム陽性菌と陰性菌の比, およびPCAスコアは分散分析 (ANOVA) を用いて斜面位置の影響を評価した。土壌特性相互間の関係と, PCAスコアと土壌特性間の関係を評価するためにスピアマン順位相関分析を行った。これらの分析には統計ソフトExcel多変量解析Ver 4.0とPC-ORD Version 4 (McCune & Mefford 1999)を用いた。

## 4. 結果

### 1) 土壌特性

土壌化学特性, リター厚測定の結果をTable 2に示す。含水率とSOMは斜面上部 (U) が中部 (M), 下部 (L) に比べ有意に高い値を示した。DOC, DNはLがUとMに比べ有意に低い値を示した。しかし, 他の土壌化学特性には斜面位置の違いによる有意な差は見られなかった。リター厚はUがMとLに比べ有意に厚かった。

土壌特性相互間の相関分析の結果をTable 3に示す。傾斜角度はDOC, およびDNと強い負の相関を持った。縦断面と横断面の斜面型はそれぞれpHと負の相関を持ち, 横断面の斜面型はC, Nの含有率, およびC/N比と正の相関を持った。リター厚は含水率およびSOMと強い正の相関を持ち, SOMはC, およびN含有率と強い正の相関を持った。

### 2) PLFAプロファイル

各プロットにおける各微生物グループのPLFA量をTable 4に示す。総PLFA, グラム陰性菌, グラム陽性菌, バクテリアにおいてUがLに比べ有意に高い値を示し, Mはその中間の値を示した。真菌, 放線菌量, 真菌/バクテリア比に有意な差はなかった。グラム陽性菌/グラム陰性菌比はMとLに比べUにおいて有意に低い値だった。

PCAの結果をFig. 3に示す。第1軸は寄与率35.9%, 第2軸は寄与率18.7%であった。全ての試料はほぼ一群にプロットされた (Fig. 3a)。斜面位置別にみると, 斜面上部のU1, U5, U6は図の右側に, U2, U3, U4は図の中央上部に離れて分布した。斜面中部 (M) は図の左側に集中して分布していた。斜面下部はL4とL5が他の試料と離れ, 第1軸のプラス側にプロットされた。斜面上部のU1, U5, U6ではPLFA 18:1*ω*7, *cy*19:0の含有率が他の試料よりも高い傾向が見られた (Fig. 3b)。

分散分析の結果, 得られた第1軸, 第2軸のPCAスコアはともに斜面位置U, M, Lによる有意な影響は見られなかった ( $F = 3.3, P = 0.067$ ;  $F = 0.6, P = 0.566$ )。

**Table 2.** Chemical characteristics of the soils and litter thickness

Site	Plot No.	Moisture (%)	pH	SOM (mg g <sup>-1</sup> )	C (%)	N (%)	C/N ratio	DOC (μg g <sup>-1</sup> )	DN (μg g <sup>-1</sup> )	Litter thickness (cm)
U	1	51.7	6.1	246	12.3	0.7	17	104	17	11
	2	55.2	6.5	287	11.3	0.8	15	134	24	15
	3	51.2	6.5	250	9.4	0.6	15	114	20	13
	4	47.4	6.4	258	9.6	0.6	16	117	18	15
	5	48.7	6.0	265	13.3	0.8	17	129	22	12
	6	49.6	6.2	255	11.3	0.7	16	140	22	9
	Average (SD)		50.7(2.7)a	6.3(0.2)a	260(15)a	11.2(1.5)a	0.7(0.1)a	16(1)a	123(14)a	21(3)a
M	1	42.5	6.4	209	10.9	0.7	16	131	22	7
	2	45.4	6.1	223	10.8	0.6	17	105	17	5
	3	42.8	6.0	200	9.3	0.6	16	137	20	5
	4	45.2	6.3	231	11.6	0.7	16	133	22	5
	5	42.4	6.2	209	9.8	0.6	15	154	24	6
	6	49.0	6.3	271	12.1	0.7	17	140	23	7
	Average (SD)		44.5(2.6)b	6.2(0.1)a	224(26)b	10.7(1.1)a	0.7(0.1)a	16(1)a	133(16)a	21(2)a
L	1	46.1	6.2	187	9.6	0.6	17	65	11	4
	2	49.4	6.4	185	7.1	0.5	15	93	14	4
	3	42.7	6.1	211	10	0.6	16	93	14	4
	4	45.0	5.8	231	10.5	0.7	16	84	13	5
	5	46.3	6.0	240	11.7	0.7	16	115	18	8
	6	47.8	6.0	247	12.9	0.8	16	114	18	8
	Average (SD)		46.2(2.3)b	6.1(0.2)a	217(27)b	10.3(2.0)a	0.7(0.1)a	16(1)a	94(19)b	15(3)b
ANOVA	F	9.2	2.1	6.1	0.5	0.6	0.1	9.5	12.9	24.4
	P	0.003	0.161	0.012	0.622	0.563	0.914	0.002	0.001	<0.0001
Multiple comparison	U vs. M	**	-	*	-	-	-	-	-	**
	U vs. L	*	-	*	-	-	-	*	**	**
	M vs. L	-	-	-	-	-	-	**	**	-

\*\* , P < 0.01 ; \* , P < 0.05 ; no mark , not significant.

**Table 3.** Correlation coefficients of the environmental properties

Variable	Longitudinal form (m)	Cross-section form (m)	Moisture (%)	pH	SOM (mg g <sup>-1</sup> )	Carbon (%)	Nitrogen (%)	C/N ratio	DOC (μg g <sup>-1</sup> )	DN (μg g <sup>-1</sup> )	Litter thickness (cm)
Slope (°)	0.09	-0.25	0.19	-0.06	-0.14	-0.25	-0.28	-0.06	-0.68**	-0.62*	-0.09
Longitudinal form(m)	-	0.67**	-0.39	-0.67**	-0.14	0.36	0.30	0.43	-0.14	-0.21	-0.26
Cross-section form(m)	-	-	0.04	-0.56*	0.14	0.61*	0.48*	0.66**	0.17	0.06	0.14
Moisture (%)	-	-	-	0.30	0.63**	0.27	0.31	0.04	-0.03	0.12	0.60*
pH	-	-	-	-	0.20	-0.33	-0.24	-0.36	0.29	0.44	0.28
Soil organic matter(mg g <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	0.60*	0.68**	0.11	0.38	0.48*	0.80**
Carbon (%)	-	-	-	-	-	-	0.94**	0.57**	0.21	0.29	0.36
Nitrogen (%)	-	-	-	-	-	-	-	0.31	0.27	0.40	0.44
C/N ratio	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.11	-0.12	-0.05
Dissolve organic carbon(μg g <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93**	0.40
Dissolve nitrogen (μg g <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52*

Spearman rank-correlation coefficient : \*\* , P < 0.01 ; \* , P < 0.05 ; no mark , not significant.

**Table 4.** The PLFA amount of each taxonomic groups of microorganism and the PLFA ratio

Site	Plot No.	PLFA (nmol g <sup>-1</sup> )						PLFA ratio	
		Total PLFA	Gram-negative	Gram-positive	Actinomycetes	Fungi	Bacteria	Fungi/Bacteria	Gram + / Gram -
U	1	311	57	124	28	15	209	0.07	2.2
	2	388	69	150	33	19	253	0.08	2.2
	3	286	50	115	24	13	189	0.07	2.3
	4	284	51	111	24	12	186	0.07	2.2
	5	334	62	135	29	16	226	0.07	2.2
	6	340	61	138	29	16	229	0.07	2.3
	Average(SD)		324(36)a	59(7)a	129(14)a	28(3)a	15(2)a	215(24)a	0.07(0.00)a
M	1	267	46	108	24	13	179	0.07	2.4
	2	251	43	98	23	13	164	0.08	2.3
	3	256	44	106	24	11	174	0.06	2.4
	4	284	46	116	26	13	188	0.07	2.5
	5	301	52	123	27	14	202	0.07	2.4
	6	357	59	143	31	17	233	0.07	2.4
	Average(SD)		286(79)ab	48(14)b	116(32)ab	26(7)a	14(4)a	190(53)ab	0.07(0.02)a
L	1	190	32	79	19	8	130	0.06	2.5
	2	224	38	90	20	11	147	0.07	2.4
	3	247	42	101	23	11	165	0.07	2.4
	4	263	45	107	23	12	175	0.07	2.4
	5	298	51	122	28	15	200	0.07	2.4
	6	293	48	118	27	15	193	0.08	2.5
	Average(SD)		252(38)b	42(6)b	103(15)b	23(3)a	12(3)a	168(24)b	0.07(0.01)a
ANOVA	F	4.8	8.3	4.1	2.7	2.6	5.0	0.1	24.0
	P	0.025	0.004	0.038	0.097	0.106	0.022	0.906	<0.0001
Multiple comparison	U vs. M	-	*	-	-	-	-	-	**
	U vs. L	*	**	*	-	-	**	-	**
	M vs. L	-	-	-	-	-	-	-	-

\*\* , P < 0.01; \* , P < 0.05; no mark, not significant.

### 3) PLFAプロファイルと土壌特性の関係

総PLFA量はpHとC/N比を除く土壌化学特性と有意な正の相関を持ち、特にSOM ( $r = 0.82$ ,  $P < 0.001$ ), およびリター厚 ( $r = 0.73$ ,  $P < 0.01$ ) と強い正の相関を持った。

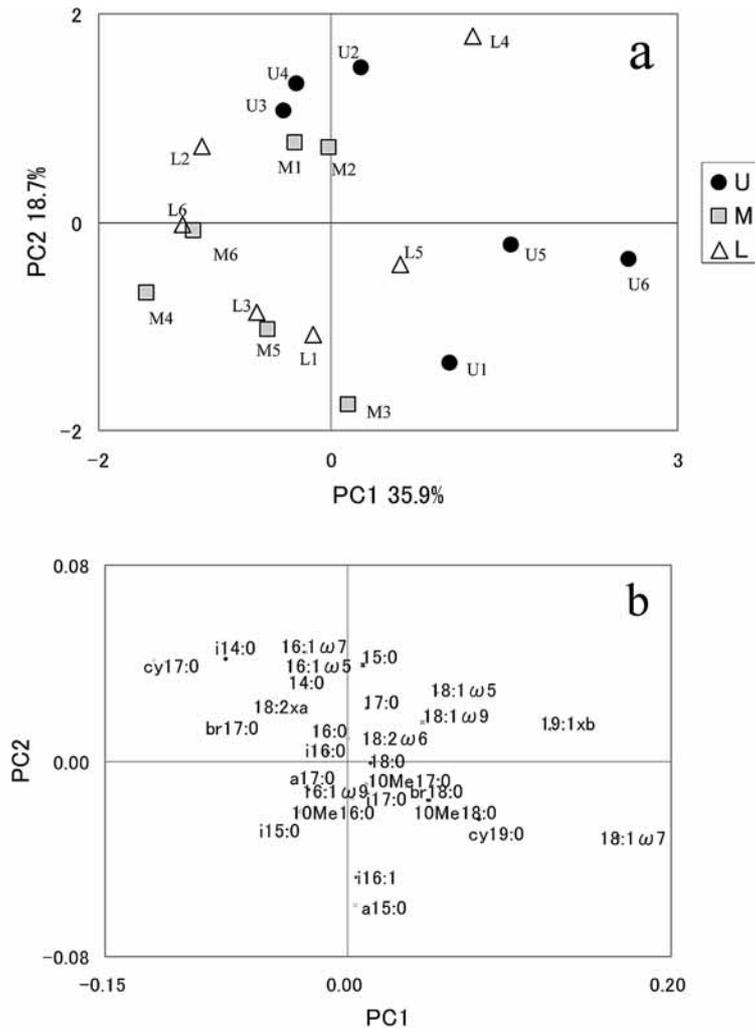
土壌特性とPCAの第1軸、第2軸のPCAスコア間の相関分析を行った結果、第1軸は横断面形状とのみ有意な正の相関を持ち ( $r = 0.51$ ,  $P < 0.05$ ), 他の土壌特性とは有意な相関を持たなかった。第2軸はどの土壌特性とも有意な相関を持たなかった。

### 5. 考察

同一植生であり、なおかつ約0.2 haという比較的小さなスケールにおける斜面位置の違いや、凹凸といった微細な環境の違いによる微生物群集構造への影響を検討した。今回の結果から、斜面の上部、中部、下部という位置の違いによって総微

生物バイオマスには有意な違いが見られたが (Table 4), その群集構造には大きな違いが検出されなかった (Fig. 3)。凹凸という斜面型による影響は、検出された斜面位置と検出されない斜面位置があった。

土壌の化学特性を測定した結果から、斜面上部には中部と下部に比べ有機物や水分が多く存在した。これは、斜面上部に堆積したリターの量が一因となっているのではないかと考えた。リター厚と含水率、および全有機物含有量 (SOM) 間に強い正の相関が見られた。これはリターが土壌を覆うことによって水分の蒸発を防ぎ、またそのリターが下層のA層に有機物を供給したためと考えられる。土壌中の水分や有機物含有量は土壌微生物バイオマスに大きな影響を与えることが知られている (堀越, 二井2003)。このことからリター層が他の斜面位置よりも有意に厚い斜面上部では土壌微生物バイオマスが多かったものと考えられる。



**Fig. 3.** (a) Scores plot of PC analysis showing the 3 slope point sites along principal components (PC) 1 and 2 and (b) loading values for the PLFAs. Circles represent the upper sites (U), squares the middle sites (M) and triangles the lower sites (L).

凹凸という斜面型による影響は斜面上部において顕著だった。U2, U3, U4は縦断面, 横断面共に凹地形であり, U1, U5, U6は凸地形であることから, リターや雨水の集積量が異なった可能性がある。A0層を通過した雨水は, リターからカルシウムイオンや養分を受け取る(高橋他1994)。広葉樹林とスギ林の土壌理化学性を比較したいくつかの報告では, pHは広葉樹林よりもスギ林の方が高いことを報告しており(戸田他1996;市川他2002;2003), その原因はリター中に存在する交換性Caが蓄積したことによるものと推定されている(加藤他1989;澤田, 加藤1991)。PLFA cy19:0はpHと負の相関があり(Bååth & Anderson 2003), 斜面上部における微生物群集構造の違いはpHによるものと考えられた。

DOCとDNは傾斜角度と強い正の相関をもつ。これは傾斜が急であるほど可溶性の成分が溶脱しやすいためか, あるいは土壌下層よりも有機物を多く含有している表層土壌の崩壊が起きたためではないかと考えられた。及川(1977)はヒノキ林内での土壌や有機物の移動量を測定し, 傾斜15°での平均移動量を1とすると, 23°では土壌が1.92, 有機物が1.03であり, 41°では土壌が5.05, 有機物が1.27であったと報告している。ヒノキとスギではリターの性質が異なるため, この物質移動量を一概に当てはめることはできないが, 我々の試験地においても類似した物質移動が起こったと考えられる。また表層崩壊は凹地形に多く集中する傾向があるといわれることから(羽田野1974), 斜面L2, L3の養分濃度の低さや微生物バイオ

マスの少なさは表土流出に一因があるのかもしれない。

今回の結果、斜面位置による微生物群集構造への影響は検出されなかった。このことから、過去の土地利用が現在の土壌微生物群集構造に及ぼす影響として、斜面位置や傾斜角度よりも、下層植生がより重要な要因であることが示唆された。凹凸といった斜面型の土壌微生物への影響は試験地全体では一貫した傾向を示さなかった。これは斜面位置や傾斜角度の違いによってリターの蓄積や土壌攪乱の頻度が異なり、複雑な土壌環境が形成されていたためと考えられる。今後、斜面型の微生物群集構造に対する影響を検討するためには、斜面位置や傾斜角度を一定にして行う必要があると考えられた。

#### 要 約

宮崎大学農学部附属田野フィールドスギ人工林内の斜面に試験地を設定し、リン脂質脂肪酸(PLFA)分析法を用いた土壌微生物群集構造の解析と土壌化学特性の測定を行い、斜面位置や凹凸などの微地形の違いが土壌微生物群集構造に及ぼす影響について検討した。含水率と全有機物含有量(SOM)は斜面上部(U)が中部(M)、下部(L)に比べ有意に高い値を示した。可溶性炭素および可溶性窒素はLがUとMに比べ有意に低い値を示した。しかし、他の土壌化学特性には斜面位置の違いによる有意な差は見られなかった。リター厚はUがMとLに比べ有意に厚かった。微生物バイオマス量はpHとC/N比を除く土壌化学特性と有意な正の相関を持ち、特にSOM( $r=0.82$ ,  $P<0.001$ ) およびリター厚( $r=0.73$ ,  $P<0.01$ )と強い正の相関を持ったが、微生物群集構造と土壌化学特性間には有意な相関は見られなかった。土壌微生物は斜面位置の違いによってバイオマスに有意な違いが見られたが、その群集構造には大きな違いが検出されなかった。このことから、今回検討した比較的小スケールの試験地では、斜面位置や斜面型のような微地形は微生物の群集構造にあまり大きな影響を及ぼさないことが明らかとなった。

キーワード：土壌微生物群集構造，微地形，PLFA

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり宮崎大学農学部森林科学講座の伊藤 哲助教授には種々の貴重なご意見をいただいた。また試験地の選択、調査を行う上で宮崎大学農学部造林学研究室、宮崎大学田野フィールドの皆様には多大なご協力をいただいた。卒論生の税所良平君と黒木世巨君には野外調査や試料分析にご協力いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- Bååth, E., and T-H. Anderson. (2003) Comparison of soil fungal/bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques. *Soil Biol. Biochem.* **35**, 955-963.
- Frostegard, A., E. Bååth. (1996) The use of phospholipids fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biol. Fertil. Soils.* **22**, 59-65.
- 羽田野誠一 (1974) 最近の地形学 ( ) 崩壊性地形 (2) 土と基礎 **22**(11), 85-93.
- 堀越孝雄・二井一禎 (2003) 土壌微生物生態学. 朝倉書店. 東京. pp 22-23, pp 97-99.
- 市川貴大・深沢文貴・高橋輝昌・浅野義人 (2002) 落葉広葉樹天然林のヒノキおよびスギによる人工林化が土壌の養分特性に及ぼす影響. *森林立地学会誌* **44**(2), 23-29.
- 市川貴大・山口倫之・高橋輝昌・浅野義人 (2003) 落葉広葉樹天然林のヒノキおよびスギによる人工林化が土壌微生物相および有機炭素の無機化特性に及ぼす影響. *森林立地学会誌* **45**(2), 81-87.
- Ito Satoshi, R. Nakayama, G.P. Buckley. (2004) Effects of previous land-use on plant species diversity in semi-natural and plantation forests in a warm-temperate region in southeastern Kyushu, Japan. *Forest Ecology and Management* **196**, 213-225.
- 片桐成夫・堤 利夫 (1978) 森林の物質循環と地位の関係 ( ) 斜面上部と下部の林分における物質循環の相違. *日本林学会誌* **60**, 195-202.
- 片桐成夫 (1988) 中国山地の落葉広葉樹二次林における物質循環の斜面位置による相違. *日本生態学会誌* **38**, 135-145.

- 加藤秀正・澤田智志・薄井宏 (1989) Effect of Forest on Soil (Part 1): 日光杉並木林化の土壤の塩基の蓄積. 土肥誌 60, 358-365.
- 川田 弘 (1989) 森林土壌学概論. 博友社. 東京. pp. 32
- 沓名重明・鈴木道代・仁王以智夫 (1988) 同一斜面に植栽されたスギ林の土壌型の相違による窒素の無機化と硝化活性. 日本林学会誌 70, 127-130
- McCune, B., M.J. Mefford (1999) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MJM Software Design, Gleneden Beach, OR, USA.
- 及川 修 (1977) 斜面に生育するヒノキヒノキ林の土と有機物の地表面移動量. 日本林学会誌 59, 153-158.
- Pennanen T., J. Liski, E. Baath, V. Kitunen, J. Uotila, C.J. Westman, H. Fritze. (1999) Structure of the microbial communities in coniferous forest soils in relation to site fertility and stand development stage *Microbial Ecology* 38, 168-179.
- 澤田智志・加藤秀正 (1991) スギおよびヒノキ林の林齢と土壌中の塩基の蓄積との関係. 土肥誌 62, 49-58.
- 島田浩匡・戸田浩人・生原喜久生・小池孝良 (1998) 異なる斜面位置の森林土壌中におけるCO<sub>2</sub>ガス濃度の季節変化. 日本土壌肥料学雑誌 69, 170-177.
- 高橋輝昌・生原喜久雄・相場芳憲 (1994) スギ・ヒノキ造林地での斜面位置別の表層土壌の窒素無機化量. 森林立地学会誌 36 (2), 15-21.
- 戸田浩人・生原喜久雄・相場芳憲 (1987) 同一斜面の横方向での表層土壌水の養分変化. 日本林学会誌 69, 281-284.
- 戸田浩人・鈴木美恵子・生原喜久雄 (1996) 森林土壌およびA 0層における無機態窒素の季節変化. 森林環境資源科学 34, 33-43.
- 山谷孝一・仙石鉄也 (1976) 丘陵地および上部山地の森林下における落葉分解過程. 日本林学会誌 58, 441-447.