

アカマツ林の外生菌根菌に及ぼす施業の影響

加計 康晴*・松下 範久*・鈴木 和夫*

Effects of Forest Operations on Ectomycorrhizal Fungi in a Japanese Red Pine Stand

Yasuharu KAKE*, Norihisa MATSUSHITA*, and Kazuo SUZUKI*

1. は じ め に

マツタケ (*Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing.) は、我が国において古くから最も好まれてきた食用菌であるが、近年、その生産量は激減している (小川, 1978)。生産量が減少した原因として、里山としてのアカマツ林が利用目的を失ったために放置され、その結果、林内の環境が変化していると考えられている (京都府, 1980; 枯木・川上, 1983)。また、マツ材線虫病によりアカマツ林が急激に減少したことも生産量低下の大きな原因とされている。

現在までに、マツタケの増産の試みとして、除伐や地掻きなどの施業 (鶴来, 1977; 伊藤・小川, 1979; 鳥越, 1982; 高橋 1988; 川上・枯木, 1989; 鳥越・塩見, 1992)、孢子散布 (枯木, 1964)、感染苗の移植 (枯木・川上, 1985; 小出ら, 1992; 小出・増野, 1996) などが行われている。その結果、除伐や地掻きを行うことによりマツタケのシロ (マツタケの菌糸や菌根の存在する部分) の数が増加した例が報告されている (伊藤・小川, 1979; 鳥越・塩見, 1992) もの、マツタケ増産のための有効な手法の確立には至っていない。

本研究では、マツタケの定着に適した林内施業法と菌の接種法を確立することを目的として、野外におけるアカマツの外生菌根の形成過程と、除伐や地掻き、孢子散布後の外生菌根菌相の変化について検討を加えた。また、近年、有用な食用菌として注目されているアマタケ (*Suillus bovinus* (L.: Fr.) O. Kuntze) についても同様の調査を行った。

2. 調査地と調査方法

2.1 調査地の概況

広島県山県郡加計町片路のアカマツ天然林に調査地を設定した (図-1)。調査地は、標高 410~440 m、傾斜 35~45 度の斜面で、張り出し尾根中腹の北西向き斜面に位置する。土壌は、花崗岩を母材とする乾性黄色系褐色森林土である。調査地付近の気象条件は、やや寒冷多湿で 12 月下旬から 3 月上旬まで積雪下にある。調査地から約 4 km 離れた気象庁加計観測所 (34°36.5'N, 132°19.5'E, 標高 210 m) の 1988~1997 年の 10 年間の平均気温は 13.0℃、平均年降水量は 1,899 mm であった。

調査地付近のアカマツは、樹齢 10~40 年、樹高 4~16 m、胸高直径 3~32 cm で、立木密度は約 1,300 本/ha である。アカマツ以外の高木層の樹種として、コナラ、コシアブラ、タムシバ、

* 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻

* Department of Forest Science, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.

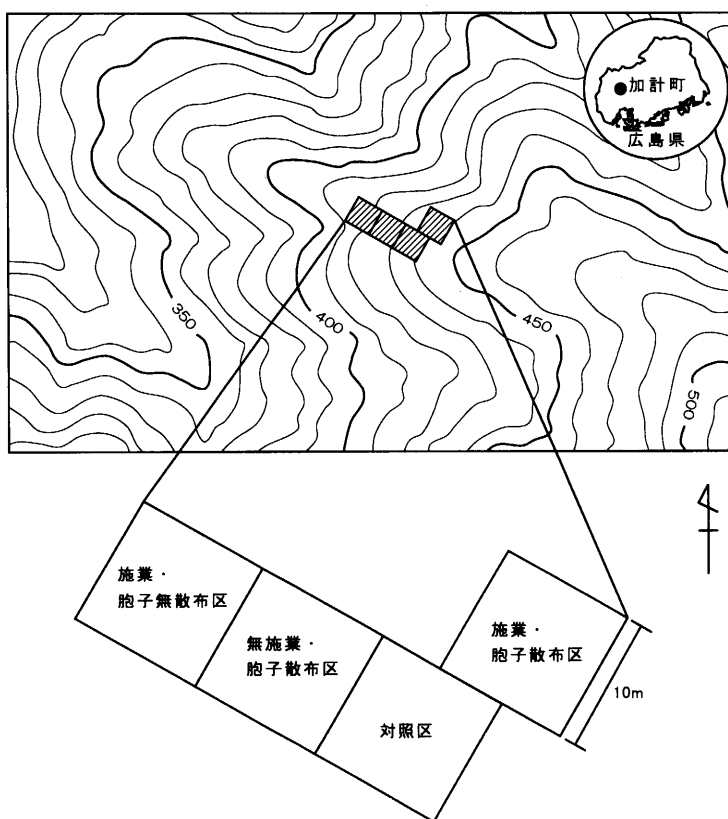


図-1 試験地の位置

Fig. 1. Location of study plots.

亜高木層の樹種としてソヨゴ、ネジキ、タカノツメ、ザイフリボク、また、低木層の樹種としてアセビ、コバノミツバツツジ、ヒサカキ、ナツハゼ、ミヤマガマズミなどが見られる。

2.2 試験地の設定

調査地のアカマツ林内に 10 m×10 m の試験地を 4 ヶ所設定した (図-1)。設定した試験地のうちの 2 ヶ所 (施業・孢子散布区、施業・孢子無散布区) については、除伐および地掻きを 1996 年 8 月 19 日～8 月 21 日に行った。除伐は、アカマツ以外の樹高 1.2 m 以上の樹木の立木密度が約 1 本/m² となるように行った。まず、コナラ、コシアブラ、リョウブなどの成長が速く、落葉量の多い樹種を伐採対象樹種とし、ヒサカキ、ソヨゴ、アセビ、ナツハゼなど、成長が遅く落葉量の少ない樹種を残存対象樹種として伐採を行った。残存木は地上 1.5～2 m の部位で伐採し、1 m 以下の枝葉をすべて取り除いた。また、コバノミツバツツジやネジキなどの株立ちしているものは、1 株当たり 1～2 本を残して伐採した。伐採した樹木はすべて試験地外に搬出した。地掻きは、林床に生育していた草本類を除去するとともに、A₀ 層をすべて掻き取り試験地外に搬出して行った。

一方、2 ヶ所の試験地 (施業・孢子散布区、無施業・孢子散布区) については、試験地内の一部

にマツタケあるいはアマタケの孢子懸濁液の散布を行った。マツタケの孢子懸濁液は、子実体の傘を1晩放置して得られた孢子紋に、傘50g当たり1lの水を加えて調製した。また、アマタケの孢子懸濁液は、子実体の傘50g当たり1lの水を加えてよく破碎した後、ガーゼでろ過して調製した。マツタケの孢子散布は1996年10月9、10日および1997年10月17日に、アマタケの孢子散布は1996年10月8、10、18日および1997年10月9日に行った。孢子懸濁液の散布量はいずれも1l/m²とし、表-1に示した面積に散布した。

表-1 マツタケおよびアマタケの孢子散布面積
Table 1. Area of inoculation with spores of *Tricholoma matsutake* and *Suillus bovinus*

Plot	Area of inoculation with spore (m ²)			
	<i>Tricholoma matsutake</i>		<i>Suillus bovinus</i>	
	1996	1997	1996	1997
*OI	15	8	21	56
CI	4	6	18	14

*OI, forest operations and spore inoculation plot;
CI, spore inoculation plot.

2.3 ルートウィンドウの設置と根系および子実体発生の観察

アカマツの根系の継続的な観察を行うために、幅40cm×深さ20cmの土壌断面を作成し、その断面にガラス板を固定して根系の観察を行う方法（ルートウィンドウ）を使用した。ルートウィンドウの設置は1996年8月20日～26日に行った。ルートウィンドウは、施業・孢子散布区に4ヶ所（RW1-1～1-4）、施業・孢子無散布区に2ヶ所（RW2-1, 2-2）、無施業・孢子散布区に4ヶ所（RW3-1～3-4）、対照区に2ヶ所（RW4-1, 4-2）設置した。これらのルートウィンドウを用いて、アカマツの外生菌根の動態を明らかにするために、1996年9月から1998年3月まで、12月下旬～3月上旬の積雪期間を除いて、1～4週間の間隔で観察し、形成された外生菌根の色と分枝型、菌糸束の有無を記録するとともに写真を撮影した。ルートウィンドウでは、アカマツ以外の根も観察されたが、他種の根は表皮が白色であることや、根端の直径が細い（0.1～0.2mm程度）ことにより、アカマツの根と区別した。

また、1997年10月19日に各試験地内の4ヶ所の地表から10cm×10cm×10cmの土壌サンプルを採取した。孢子散布を行った試験地においては、孢子散布位置以外から土壌サンプルを採取した。採取した土壌サンプル中に含まれる根を流水で洗浄した後に、ランダムに400～500個程度のアカマツの根端（直径0.8mm以下）を観察して、その中に含まれる外生菌根数を調査し、外生菌根形成率を求めた。アカマツの根と他種の根との区別は、ルートウィンドウの観察のときと同様の肉眼的特徴により行った。

一方、各試験地に発生した子実体はすべて採集して、種名、発生位置、発生本数および発生源を記録した。子実体発生の観察は、1996年9月～11月および1997年4月～12月に、1～4週間の間隔で行った。

3. 結果および考察

3.1 外生菌根の動態

アカマツの外生菌根の動態を明らかにするために、ルートウィンドウによる観察を行った。ルートウィンドウの設置1ヶ月後から、対照区のRW4-1でアカマツの根の伸長が認められ、

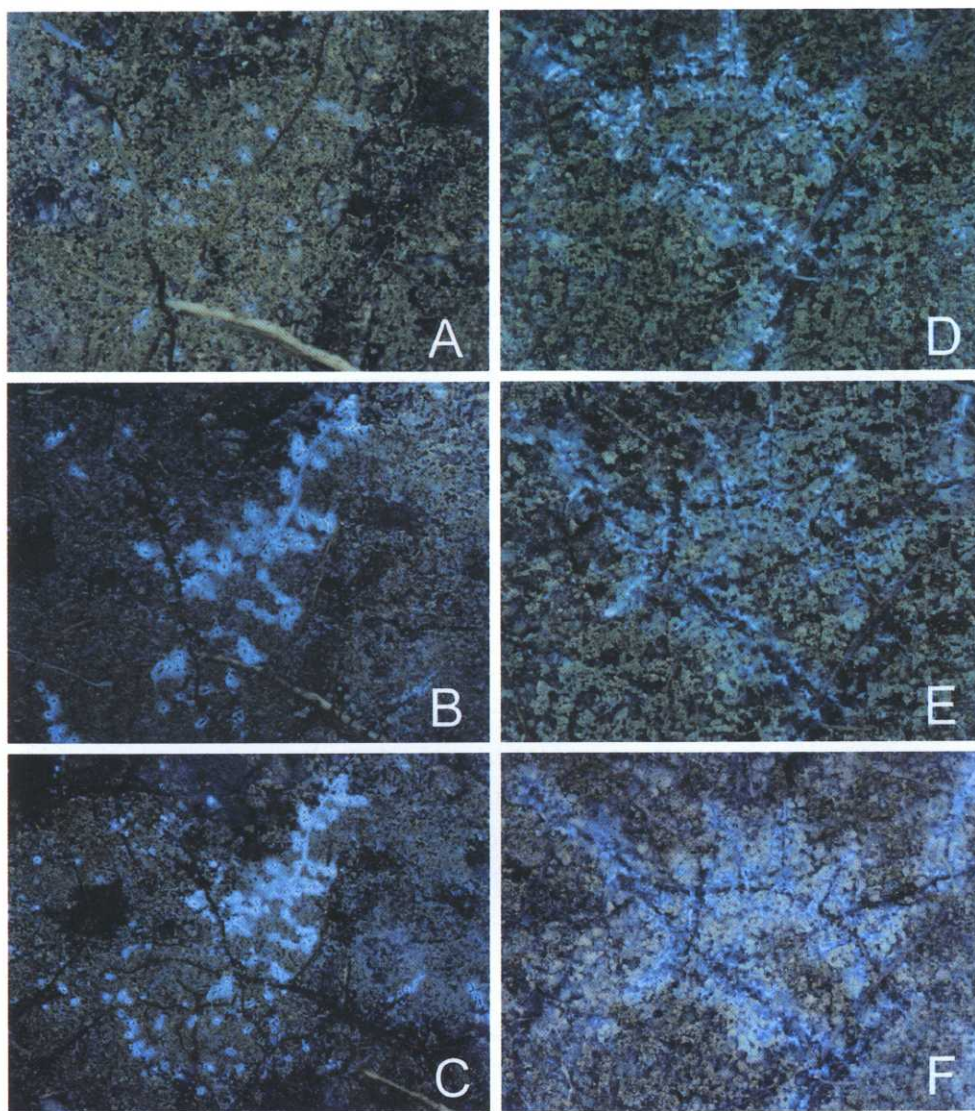


図-2a 外生菌根 (Type 1, Type 2) の形成過程

Fig. 2a. Ectomycorrhizal development of Type 1 and Type 2. A-C, Type 1; D-F, Type 2. A; May 9, 1997; B; Jul. 20, 1997; C; Dec. 15, 1997; D; Jul. 22, 1997; E; Aug. 20, 1997; F; Dec. 15, 1997.

2ヶ月後には、すべてのルートウィンドウにおいてアカマツの根の伸長が観察された。最初の外生菌根形成は、ルートウィンドウ設置8ヶ月後の1997年5月上旬に、対照区のRW4-1および無施業・孢子散布区のRW3-2とRW3-3で観察された。

試験地内で観察された外生菌根の形成過程は、形成される時期とその後の肉眼的特徴の変化により、4タイプ(Type 1~4)に分けられた(図-2)。Type 1の外生菌根は、5月に形成が始まり、2ヶ月後までに菌根の発達が終了するが、その後の肉眼的特徴には変化が見られなかった。Type

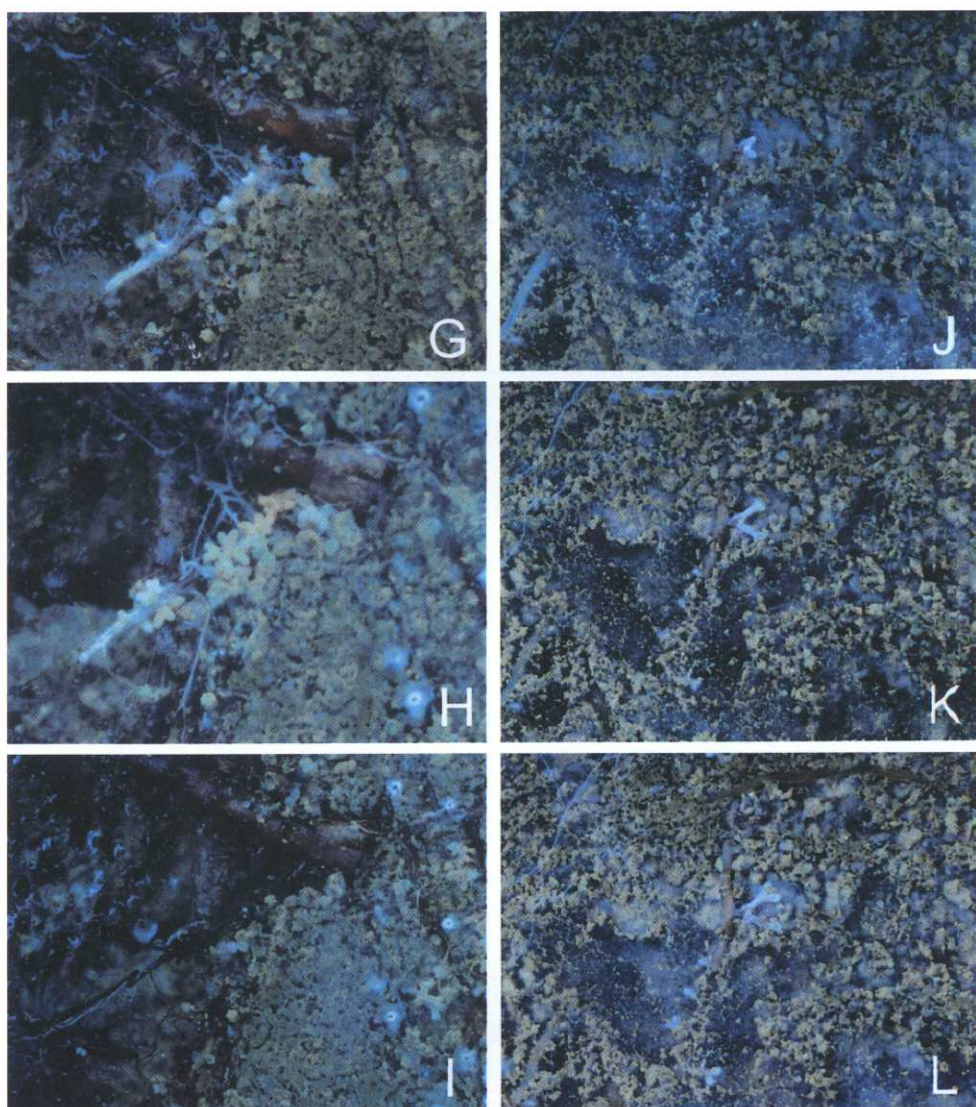


図-2b 外生菌根 (Type 3, Type 4) の形成過程

Fig. 2b. Ectomycorrhizal development of Type 3 and Type 4. G-I, Type 3; J-L, Type 4. G; May 9, 1997; H; Jul. 20, 1997; I; Oct. 8, 1997; J, Oct. 20, 1997; K; Dec. 16, 1997; L; Mar. 21, 1998.

2 の外生菌根は、菌根の形成時期およびその後の発達 は Type 1 と同様であるが、菌根形成 3 ヶ月後頃から菌根の衰退と考えられる退色が始まった。しかし、その後、枯死には至らなかった。Type 3 の外生菌根は、菌根の形成から退色が始まるまでは Type 2 と同様であるが、その後、枯死した。Type 4 の外生菌根は、他の 3 タイプの菌根とは異なり、10 月に菌根が形成され、その後、発達を続けた。

試験地内に設置した 12 ヶ所のルートウィンドウにおいて観察された外生菌根の形成過程のタ

表-2 ルートウィンドウで観察された外生菌根のタイプ

Table 2. Types of ectomycorrhizal development observed with root window

No.	Type of ectomycorrhizal development			
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
RW 1-1	—	—	—	—
RW 1-2	—	—	—	—
RW 1-3	—	—	—	○
RW 1-4	—	—	—	○
RW2-1	—	—	—	—
RW2-2	—	—	—	○
RW3-1	—	○	—	○
RW3-2	—	○	—	—
RW3-3	—	○	—	—
RW3-4	—	—	—	○
RW4-1	○	—	○	—
RW4-2	—	—	—	—

続して観察することにより、アカマツの外生菌根形成の開始時期は5月あるいは10月の2タイプがあり、さらに、外生菌根の衰退過程は、変化しないもの、退色はするが枯死しないもの、退色した後枯死するものの3タイプが存在することが明らかにされた。以上のように、アカマツの外生菌根形成が開始される時期は、5月あるいは10月と考えられたことから、マツタケおよびアマタケを新たに定着させるための菌の接種は、この時期に行うのが有効であると考えられた。

3.2 地掻きの影響

外生菌根菌相および腐生菌相に及ぼす地掻きの影響を調査するために、各試験地における子実体発生状況を調査した。胞子散布の影響を避けるため、1996年の胞子散布位置に1997年に発生した子実体については集計から除外した。2年間の調査において観察された外生菌根菌および腐生菌の子実体本数を表-3に示した。試験地内で2年間に発生した外生菌根菌の子実体は、施業・胞子散布区で9種55本、施業・胞子無散布区で5種53本、無施業・胞子散布区で12種147本、対照区で12種625本であり、施業を行った試験地（施業・胞子散布区と施業・胞子無散布区、以下、施業区）の方が、施業を行わなかった試験地（無施業・胞子散布区と対照区、以下、無施業区）より発生種数、発生本数ともに少なかった。発生した外生菌根菌のうち、イグチ科(Boletaceae)とテングタケ科(Amanitaceae)の子実体がすべての試験地で認められるのに対して、フウセンタケ科(Cortinariaceae)、オニイグチ科(Strobilomycetaceae)およびイボタケ科(Thelephoraceae)の種は、無施業区の試験地においてのみ発生が見られた。また、アマタケの子実体発生本数は、施業区で42本、無施業区で372本と施業区の方が少なく、特に、施業を行った1996年においてはアマタケの子実体は観察されなかった。一方、腐生菌の子実体は、無施業区で4種77本観察されたが、施業区では観察されなかった。

以上のように、各試験地の子実体の外生菌根菌相を調査した結果、発生した外生菌根菌の子実

イブを表-2に示した。Type 1とType 3の外生菌根は対照区の1ヶ所(RW4-1)で、Type 2は無施業・胞子散布区の3ヶ所(RW3-1, RW3-2, RW3-3)で観察された。また、Type 4は施業・胞子散布区、施業・胞子無散布区および無施業・胞子散布区の5ヶ所(RW1-3, RW1-4, RW2-2, RW3-1, RW3-4)で観察された。

野外におけるアカマツの外生菌根の形成時期や形成過程については、土壤中の外生菌根の採取や異なる土壤断面の非連続的観察(小川, 1975a, b)などから推測されてきたのみであり、実際の地下部での外生菌根形成過程については明らかにされていない。本研究では、ルートウィンドウを用いて同一の土壤断面を継

表-3 試験地に発生した子実体の本数

Table 3. Number of fruiting boodies which were found in the study plot

Family	Species	Number of fruiting body							
		OI*		OC		CI		CC	
		1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Ectomycorrhizal fungi									
Amanitaceae	<i>Amanita esculenta</i>		3		7				
	<i>A. longistriata</i>				2		1	1	3
	<i>A. rubescens</i>	1	1						
	<i>Amanita</i> sp. 1							1	
	<i>Amanita</i> sp. 2						1		
	<i>Amanita</i> sp. 3				3				
Cortinariaceae	<i>Cortinarius tenuipes</i>						1	23	26
	<i>Cortinarius</i> sp. 1							1	
	<i>Cortinarius</i> sp. 2					1			
Gomphidiaceae	<i>Gomphidius roseus</i>		1				3		
	<i>Chroogomphus rutilus</i>	1	6	5	2		9		1
Strobilomycetaceae	<i>Boletellus russellii</i>						1		
Boletaceae	<i>Suillus bovinus</i>		8		34	9	46	101	216
	<i>Aureoboletus thibetanus</i>						2		5
	<i>Boletus calopus</i>						2		2
	<i>B. griseus</i> var. <i>fuscus</i>		4						3
	<i>Tylopilus nigerrimus</i>						1		
Russulaceae	<i>Russula foetens</i>							1	
	<i>Lactarius chrysorrheus</i>								1
	<i>L. vellereus</i>		3						
Cantharellaceae	<i>Cantharellus luteocomus</i>	21	5			42	11	137	103
Ramariaceae	<i>Ramaria flava</i>	1							
Thelephoraceae	<i>Phellodon niger</i>					14	3		
Total		24	31	5	48	66	81	265	360
Saprophytic fungi									
Tricholomataceae	<i>Collybia peronata</i>					13		11	
	<i>Mycena galericulata</i>							16	33
	<i>Mycena</i> sp. 1					2		1	
Coprinaceae	<i>Psathyrella candolliana</i>							1	
Total		0	0	0	0	15	0	29	33

*OI, forest operations and spore inoculation plot; OC, forest operations plot; CI, spore inoculation plot; CC, control plot.

体は、種数、本数ともに施業区の方が無施業区に比べて少なかった。特に、フウセンタケ科やイボタケ科の子実体は、年変動はあるものの無施業区には多く発生したが施業区には見られなかった。アカマツ林の土壤中において、フウセンタケ科の菌はF層～H層に、また、イボタケ科の菌はH層～A層に生息している（小川，1978；鳥越・塩見，1983；藤田，1989）。一方、アミタケ

表-4 土壌サンプル中の外生菌根の形成率
Table 4. Frequency of ectomycorrhizal root tips
in soil sample

No.	MT	RT	FM
Forest operations and spore inoculation plot			
1-1	68	401	0.17
1-2	146	438	0.33
1-3	129	549	0.23
1-4	94	505	0.19
Average±S.D.			0.23±0.06
Forest operations plot			
2-1	102	414	0.25
2-2	70	462	0.15
2-3	71	491	0.14
2-4	127	510	0.25
Average±S.D.			0.20±0.05
spore inoculation plot			
3-1	87	401	0.22
3-2	98	407	0.24
3-3	306	539	0.57
3-4	355	543	0.65
Average±S.D.			0.42±0.19
Control plot			
4-1	134	412	0.33
4-2	197	402	0.49
4-3	212	570	0.37
4-4	342	509	0.67
Average±S.D.			0.46±0.13

MT, number of ectomycorrhizal root tips; RT, number of root tips; FM, frequency of ectomycorrhizal root tips.

外生菌根形成に及ぼす地掻きの影響を評価するために、土壌サンプル中の根系について、外生菌根形成率の調査を行った(表-4)。外生菌根形成率は、施業・孢子散布区で 0.23 ± 0.06 (平均±標準偏差, 以下同様)、施業・孢子無散布区で 0.20 ± 0.05 、無施業・孢子散布区で 0.42 ± 0.19 、対照区で 0.46 ± 0.13 であった。施業区と無施業区で外生菌根形成率を比較すると、施業区では 0.21 ± 0.06 であったのに対して、無施業区では 0.44 ± 0.17 であり、無施業区の方が外生菌根形成率は有意に高かった(一元配置分散分析, $p < 0.01$)。

以上のように、施業区の方が無施業区よりも外生菌根形成率が有意に低かったことから、地掻きはマツタケおよびアマタケの競争相手となる他の外生菌根を除去するための有効な手法であると考えられた。

3.3 孢子散布の効果

マツタケおよびアマタケの定着に及ぼす孢子散布の効果を明らかにするために、孢子散布後の

の生息場所も、H層～A層である(小川, 1978; 鳥越, 1982)ことから、アマタケとフウセンタケ科およびイボタケ科の菌とは生息場所が同じであり、互いに競争関係にあると考えられる。したがって、フウセンタケ科やイボタケ科の外生菌根菌は、アマタケの生育に対して有害であると考えられ、これらの外生菌根菌を除去することのできる地掻きは、アマタケを定着させるための施業として有効であると考えられた。

一方、フウセンタケ科やイボタケ科などの表層の腐植層を生息場所とする菌が定着している場所では、アカマツの細根が A_0 層に集中するために、マツタケ菌の生息するB層に細根がなくなる(小川, 1978; 伊藤・小川, 1979)。さらに、イボタケ科の菌糸体はシロを形成して、また、腐生菌の菌糸体は A_0 層に厚い菌糸網層を形成して、マツタケ菌の生息するB層への水分の浸透を阻害する(小川, 1977, 1978)。以上のことから、フウセンタケ科やイボタケ科の外生菌根菌および腐生菌は、マツタケの生育に有害であると考えられ、これらを除去することのできる地掻きは、マツタケの定着においても有効な手法であると考えられた。

子実体発生とルートウィンドウによる外生菌根形成の有無を調査した。マツタケにおいては、孢子散布翌年の子実体発生は認められなかった。また、孢子散布位置のルートウィンドウ (RW1-4, RW3-4) の観察においても、孢子散布後に新たな外生菌根の形成は認められなかった。

一方、アミタケにおいては、1996 年の孢子散布の翌年に孢子散布範囲内から、施業・孢子散布区で 7 本、無施業・孢子散布区で 1 本の子実体発生が認められた。また、1997 年の孢子散布後の外生菌根形成をルートウィンドウ (RW1-1, RW1-2, RW1-4, RW3-1, RW3-2, RW3-3) で観察した結果、施業・孢子散布区の RW1-3 および RW1-4 において、孢子散布の 2 週間後に新たな外生菌根形成が観察された。

小川 (1992) は、林地でアミタケ菌の接種を行い、新たな子実体形成は確認できなかったものの、アミタケと推測される外生菌根の形成を確認したと報告している。また、大森 (1994) は、本研究と同様の手法でアミタケの孢子散布を行い、1 年後に新たな子実体の発生を確認している。本研究においても、アミタケの孢子散布により、新たな子実体の発生と新たな外生菌根の形成が観察されたことから、アミタケの定着には孢子散布が有効である可能性が示唆された。しかし、本研究においても、また、過去の報告においても、孢子散布位置に発生した子実体や新たに形成された外生菌根が、孢子散布によるものであるのか、自然感染によるものであるのかについては確認されていない。今後、遺伝子マーカーを用いたアミタケの種および系統の識別法を確立して、アミタケの定着に対して孢子散布が有効であるかについて明らかにしていきたい。

謝 辞

本研究に当たり、滋賀県森林センターの太田 明博士には、施業および孢子散布の方法についてご助言を頂いた。また、加計正弘氏には、試験地の設定および現地調査にご協力頂いた。ここに厚くお礼申し上げる。この研究の一部は、生研機構「森林生態系における共生関係の解明と共生機能の高度利用のための基礎研究」により行った。

要 旨

野外におけるアカマツの外生菌根の形成過程と、除伐と地掻き、およびマツタケとアミタケの孢子散布後の外生菌根菌相の変化について調査を行った。外生菌根の形成過程について、ルートウィンドウにより観察した結果、外生菌根の形成時期と形成後の肉眼的特徴の変化が異なる、4 タイプの外生菌根形成過程が認められた。除伐および地掻き後の子実体の外生菌根菌相を調査した結果、外生菌根菌の子実体の種数と本数ともに、除伐および地掻きを行った試験地（以下、施業区）の方が行わなかった試験地（以下、無施業区）に比べて少なかった。また、施業区において腐生菌の発生は認められなかった。一方、表層土壤中の根系における外生菌根形成率は、施業区の方が無施業区と比較して有意に低かった。

マツタケおよびアミタケの孢子散布後の外生菌根形成および子実体発生を調査した結果、マツタケでは新たな外生菌根形成および子実体発生は見られなかった。しかし、アミタケでは、孢子散布位置のルートウィンドウにおいて、孢子散布 2 週間後に外生菌根の形成が認められ、また、1 年後には孢子散布位置で子実体の発生が認められた。

キーワード: マツタケ, アミタケ, 外生菌根菌, 施業, 孢子散布

引用文献

- 藤田博美 (1989) アカマツ林に発生する高等菌類の遷移. 日菌報, **30**, 125-147.
- 伊藤 武・小川 真 (1979) マツタケ菌の増殖法 (II) 林内植生の手入れとマツタケのシロの増加. 日林誌, **61**, 163-173.
- 枯木熊人 (1964) マツタケの増殖に関する試験 (第2報). 広島県林試報告, 154-157.
- 枯木熊人・川上嘉章 (1983) マツタケ林環境整備施業の効果—「アカマツ—裸地」林相への敷わら施業—. 広島県林試研報, **18**, 31-37.
- 枯木熊人・川上嘉章 (1985) マツタケ菌感染苗によるシロの人工形成. 広島県林試研報, **20**, 13-23.
- 川上嘉章・枯木熊人 (1989) マツタケ林環境整備施業の効果—壮齡林における施業効果—. 広島県林試研報, **23**, 1-16.
- 小出博志・増野和彦 (1996) 林地における菌根性きのこ類の栽培試験. 長野県林総セ研, **10**, 27-40.
- 小出博志・一ノ瀬幸久・増野和彦 (1992) 人工による菌根性きのこ類のシロ造成法に関する試験. 長野県林総研究報告, **6**, 41-59.
- 京都府 (1980) マツタケ山の造成. 123 pp., 京都府.
- 小川 真 (1975a) アカマツ林における菌根菌, マツタケの微生物生態学的研究 I マツタケのシロ. 林試研報, **272**, 79-121.
- 小川 真 (1975b) アカマツ林における菌根菌—マツタケ—の微生物生態学的研究 II マツタケの菌根. 林試研報, **278**, 21-49.
- 小川 真 (1977) アカマツ林における菌根菌—マツタケ—の微生物生態学的研究 IV 菌類社会におけるマツタケのシロ. 林試研報, **297**, 59-88.
- 小川 真 (1978) マツタケの生物学. 333 pp., 築地書館, 東京.
- 小川 真 (1992) 野生きのこのつくり方. 173 pp., 全国林業改良普及協会, 東京.
- 大森久夫 (1994) アミタケの栽培試験. 特産情報, **15**(12), 36-37.
- 高橋 明 (1988) マツタケ発生林への強度施業による影響. 三重県林業技術センター研報, **5**, 8-13.
- 鳥越 茂 (1982) マツタケ菌の増殖法(I)腐植層かきとり施業によるシロ数の増加. 兵庫県林試研報, **24**, 1-11.
- 鳥越 茂・塩見晋一 (1983) マツタケのシロの形成と環境 (I)—マツタケ山の林内および土壌環境—. 兵庫県林試研報, **26**, 56-67.
- 鳥越 茂・塩見晋一 (1992) マツタケのシロ形成と環境 (III)—施業による林内環境の変化とシロ増殖—. 兵庫県林試研報, **39**, 1-20.
- 鶴来外茂樹 (1977) マツタケ発生林における施業効果. 石川県林試研報, **7**, 75-86.

(2000年4月28日受付)

(2000年9月22日受理)

Summary

The effects of improvement cutting, removal of litter and humus layers, and inoculation with spores of *Tricholoma matsutake* and *Suillus bovinus* on the ectomycorrhizal development and ectomycorrhizal fungi composition in a Japanese red pine (*Pinus densiflora*) stand were investigated. Four types of ectomycorrhizal development were observed with the aid of root windows. They differed with the season of ectomycorrhizal root tip formation and the course of ectomycorrhizal development. The number of species and fruiting bodies of ectomycorrhizal fungi in the plots with forest operations were lower than in those without forest operations. Many fruiting bodies of saprophytic fungi were collected in the plots without forest operations, whereas no fruiting body of saprophytic fungi was observed in the plots with forest operations. The frequency of ectomycorrhizal root tips was higher in the plots with forest operations than in those without forest operations. Ectomycorrhizal formation was observed two weeks after the inoculation with spores of *S. bovinus*. In addition, fruiting bodies of *S. bovinus* developed one year after the spore inoculation.

Key words: *Tricholoma matsutake*, *Suillus bovinus*, ectomycorrhizal fungi, forest operation, spore inoculation

Effects of Forest Operations on Ectomycorrhizal Fungi in a Japanese Red Pine Stand

Yasuharu KAKE, Norihisa MATSUSHIHA and Kazuo SUZUKI

The effects of improvement cutting, removal of litter and humus layers, and inoculation with spores of *Tricholoma matsutake* and *Suillus bovinus* on the ectomycorrhizal development and ectomycorrhizal fungi composition in a *Pinus densiflora* stand were investigated. Four types of ectomycorrhizal development were observed with root windows. They differed with the season of ectomycorrhizal root tip formation and the course of ectomycorrhizal development. The number of species and fruiting bodies of ectomycorrhizal fungi in the plots with forest operations were lower than in those without forest operations. The frequency of ectomycorrhizal root tips was higher in the plots with forest operations than in those without forest operations.

Management Development of Tokyo City's Water Resource Conservation Forest in the Prewar and World War II Periods

Keiko IZUMI

This paper is intended to clarify how the forest was managed and how forest management plans were developed in Tokyo City's water resource conservation forest. This paper analyzes forest management in Tokyo City's water resource conservation forest in the prewar and World War II periods (from 1909 to 1945). Especially, this study focusses on: 1) the forest type observed in the forest management plan as a goal of management, 2) how the forest was organized in those forest management plans, and 3) how the management plans were implemented. This paper divides the management development of the forest into three periods, according to the forest management plan and its implementation.