

アカマツ林土壌における糸状菌の分布に関する研究

第2報 落葉落枝の種類および根系による 糸状菌分布の変化

石 井 弘[※]

Hiroshi ISHII

Studies on the Distribution of Micro-fungi in Pine Forest Soil.

2. Fungal Distribution on Different Substrates in Litter and
in Root Region.

ま え が き

アカマツ林における土壌糸状菌の分布状態を明らかにするため、一土壌断面について垂直分布を調べた結果は第1報⁽¹⁾に報告したが、その一つの層に限ってみても、そこにはまた水平的にいろいろ質の異なった糸状菌の棲息場所が見いだされる。

有機物層では、落葉⁽²⁾のほか落枝、樹皮、球果、花など各種の植物遺体が混じり、それらはアカマツ林のように多種の植物が混生している所ではさらに複雑になる。このように種類の違った植物遺体は、その化学的性質を異にするから分解に難易があり、当然分解を司る微生物相が異なると考えられる。また個々の微生物の棲息場所が独立に存在するのではなく、互いに入り混り、影響しあって有機物層全体の微生物群落を構成している。

一方、有機物層のF、H層から鉱質土層にわたって、地上に生育している多種の植物の根系が錯綜している。植物の根が土壌中で微生物と密接な関係をもつことは、いわゆる根圏効果 (Rhizosphere effect) としてよく知られている。しかし、一様にすべての微生物が根と同じ関係をもつのではなく、種によって根に対する反応が異なるため、根の存在によっても微生物相に変化がある。

このような micro-habitats を調べるには希釈平板法より洗浄法が優れているのは明らかであるが、希釈平板法によって macro-habitats 的な調査を行なう場合でも、micro-habitats における微生物の分布を考慮しないで結果を判断することは好ましくないであろう。

そこで、このような棲息場所の違いによる糸状菌の分布のしかたが希釈平板法によってどの程度みられるかを

知るために、L層の落葉・落枝の種類わけして糸状菌を分離した結果とF層および鉱質土層において根の糸状菌分布への影響を調べた結果を報告する。

I. 落葉・落枝の種類による糸状菌分布

試料採取および糸状菌分離方法

第1報と同じ場所で試料を採取した。1 mの間隔において、50 cm平方のプロットを2つ設け、それぞれL層の乾いた最表面層を除き、その下層からアカマツ針葉、広葉樹葉、落枝、樹皮をわけて採取した。できるだけ他の試料の影響をさけるために、針葉と広葉のように2種類が附着しているものはピンセットで丁寧に剥がして分離した。広葉樹類の葉は樹種の違いを区別せず、ササ、シダ類の落葉もすべて50 cm平方内に見られるものは一緒にして取扱った。樹皮は1プロットで分離に供するほどの量が得られなかったので2プロットの試料を一つにして分離を行なった。なお、これらの大略の混合割合を知るために、別に同じ大きさのプロットを設け、L層とみなせる部分の落葉・落枝をすべてとり、針葉、広葉、その他の3種類にわけて、それぞれの絶乾重を測定した。

糸状菌分離方法は第1報と同じである。樹皮は試料の量が少なかったので5 gを分離に供した。希釈度は落葉については $\frac{1}{32,000}$ 、落枝は $\frac{1}{16,000}$ 、樹皮は $\frac{1}{12,000}$ とした。

結果および考察

糸状菌の分離結果は第1表のとおりである。

総菌数について：総菌数を比較すると、両プロットとも、広葉>針葉>枝で樹皮はplot 2の枝と同数であった。落枝・樹皮の菌数が落葉の菌数よりかなり少ないのは、このような基質 (substrates) は木材腐朽菌のよう

※ 育林学研究室

TABLE 1. Distribution of fungi isolated from needles, broad-leaves, branches and barks in L-F layers of pine forest litter

Species	Plot 1.						Plot 2.						Bark	
	Needle		Broad-leaf		Branch		Needle		Broad-leaf		Branch			
	Nos. ※	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%	Nos.	%
<i>Absidia</i> sp. 1													5	2.7
<i>Mucor ramannianus</i> (type R)			71	2.9	8	1.4			77	4.1				
<i>Mucor ramannianus</i> (type G)					8	1.4	23	2.0						
<i>Mucor</i> spp.	22	1.4							51	2.7				
<i>Mortierella</i> spp.							23	2.0						
Sphaeropsidales (sp. W2)	22	1.4	142	5.8	17	2.7			51	2.7				
<i>Pestalotia</i> spp.	44	2.8	71	2.9	8	1.4	46	4.0	26	1.4			5	2.7
<i>Monochaetia</i> sp.									26	1.4				
<i>Oidiodendron</i> sp.													5	2.7
<i>Trichoderma viride</i>	662	42.3	593	24.3	34	5.5	46	4.0	256	13.5	33	17.4	31	16.2
<i>Cephalosporium</i> sp. W1							23	2.0	128	6.8				
<i>Hyalopus</i> sp. W	22	1.4			17	2.7								
<i>Penicillium</i> spp.			47	1.9	8	1.4	46	4.0	230	12.2			26	13.5
<i>Gliocladium roseum</i>	22	1.4												
<i>Verticillium</i> sp. W-Ac.			24	1.0					26	1.4				
<i>Spicaria</i> sp. 2							23	2.0	26	1.4				
<i>Spicaria</i> sp. 5			24	1.0										
<i>Spicaria</i> sp. 6					34	5.5			26	1.4				
<i>Spicaria</i> sp. 7									26	1.4				
<i>Spicaria</i> sp. 8	22	1.4			8	1.4			26	1.4				
<i>Pullularia pullulans</i>			24	1.0	17	2.7							5	2.7
<i>Papularia</i> spp.	66	4.2	119	4.9	59	9.6	91	8.0	102	5.4	25	13.0	5	2.7
<i>Nigrospora</i> sp.											8	4.3		
<i>Cladosporium</i> sp.					8	1.4								
Hyaline sterile mycelium			47	1.9	8	1.4	46	4.0	51	2.7	16	8.7	5	2.7
Dark sterile mycelium	552	35.2	616	25.2	202	32.9	640	56.0	589	31.1	99	52.5	41	21.6
Suppressed by others	132	8.5	664	27.2	177	28.8	137	12.0	179	9.5	8	4.3	51	27.0
Total numbers	1567		2442		615		1143		1894		189		189	

 ※ ×10⁸, per gram of dry organic matter

な特種な種によって主として分解され、希釈平板法によって普通に分解されるような micro-fungi の関与する程度が少ないことを示すものと思われる。いずれの基質においても plot 1 > plot 2 で、明らかに場所の違いが認められる。

種類について：わずか 1 m 離れただけでそれぞれのプロットで現われる種に違いがあり、数量的にもかたよりが認められるが、落葉、落枝の種類によってもいくつかの違いがみられるようである。

総菌数においてみられたように、落枝、樹皮には種類についてもこれと違って特徴のある種がみられず、希釈平板法による糸状菌フロアに関係が少ないように思われる。ただ試料にこれらの基質が混入した場合には、全体の菌の数量に影響を及ぼすであろう。

針葉と広葉による違いを明らかにするため、次のようなわけ方によって、分離された種を分類した。

(1) 両 plot の針葉、広葉に現われた種。

Trichoderma viride, *Papularia*, Dark sterile mycelium, *Pestalotia*

(2) 広葉に多い種。

a. 両 plot の広葉に現われた種。

Mucor ramannianus (TYPE. R), *Penicillium*, *Verticillium sp.* W-Ac., *Papularia*, Sphaeropsidales sp. W2.

b. 一方の plot にのみ現われた種。

Cephalosporium sp. W1, *Spicaria sp.* 2.

c. 一方の plot の広葉にのみ現われた種。

Spicaria sp. 6, *Spicaria sp.* 7, *Pullularia*, *Monochaetia*, *Spicaria sp.* 5.

(3) 針葉に多い種。

a, b. なし。

c. 一方の plot の針葉にのみ現われた種。

Hyalopus sp. W, *Gliocladium roseum*, *Mucor ramannianus* (TYPE G), *Mortierella spp.*

TABLE 2. Rhizosphere effect on distribution of fungi in pine forest soil.

Species	F layer				Mineral soil			
	organic matter		root		soil		root	
	Nos. ※	%	Nos. ※※	%	Nos. ※	%	Nos. ※※	%
<i>Mucor ramannianus</i>	47	4.5	22	1.1	1	4.5	29	11.1
<i>Mucor spp.</i>	7	0.6	6	0.3				
<i>Mortierella sp.</i> P					12	54.5	84	32.1
<i>Absidia sp.</i> 1			11	0.5			6	2.3
<i>Mortierella spp.</i>			17	0.8	1	4.5	6	2.3
Sphaeropsidales (sp. D-D)	7	0.6						
Sphaeropsidales (sp. W2)			6	0.3			2	0.8
<i>Pestalotia spp.</i>	13	1.2	17	0.8				
<i>Trichoderma viride</i>	161	15.0	311	15.9	1	4.5	10	3.8
<i>Cephalosporium sp.</i> W1	7	0.6	44	2.2	1	4.5		
<i>Monocillium sp.</i>			6	0.3				
<i>Aspergillus sp.</i> B							10	3.8
<i>Penicillium spp.</i>	335	32.2	989	50.7			78	29.9
<i>Spicaria sp.</i> 1					1	4.5	6	2.3
<i>Spicaria sp.</i> 5	54	5.1						
<i>Papularia spp.</i>	34	3.2	6	0.3				
<i>Bisporomyces sp.</i>	67	6.4	44	2.2				
<i>Cladosporium spp.</i>	13	1.2						
Dematiaceae (sp. 3)							2	0.8
Hyaline sterile mycelium	7	0.6	6	0.3				
Dark sterile mycelium	27	2.5	6	0.3				
Not identified (sp. 5)					5	22.7		
Suppressed by others	261	25.1	461	23.6			29	11.1
Total numbers	1038		1950		22		261	

※ ×10³, per gram of dry soil.

※※ ×10³, per gram of dry soil and root.

(4) 一方で針葉に多く、他方で広葉に多い種。

Mucor spp., *Trichoderma viride*, *Spicaria* sp. 8, *Pestalotia*, Dark sterile mycelium.

(1)の種は数量的にも多く分離され、全体としての優占種といえる。⁽¹⁾*Papularia*, Dark sterile mycelium, *Pestalotia* が前報で分類した垂直分布型のI型に属し、*Trichoderma* がII型のうちでもF層に優勢な種であることは、これらの試料を採取したL層下部の特徴をよく現わしている。広葉と針葉で現われ方の違う種は(2)、(3)のようにわけたが、これらの種が実際に広葉と針葉で分布が違うものかどうかは今後の調査によりさらに検討する必要があるが、(2—a)に属する種は分離される数量も多く、ある程度広葉に特徴ある種と考えられるのではなからうか。*Mucor ramannianus* と *Penicillium* のような垂直分布型のII型に属し、H層で最大値を示した種が針葉より広葉に多いのは、一般に認められているように針葉より広葉の方が分解が早いために、同じ一つの層においてもこのような種が早く現われるものと思われる。また *Papularia*, *Sphaeropsidales* sp. W2 はいずれもゴキダケが多い所からよく分離されるもので、この落葉と関係が深いように思われる。針葉に特徴のある種は(3)にみられるように少なく、針葉の分解が遅いことを示すものかもしれない。

II. 根圏における糸状菌の分布

試料採取および糸状菌分離方法

F層において、有機物片の間に伸長している細根をピンセットで丁寧に抜き取り、有機物片と細根に分離した。

鉈質土層では0~5cmの深さの間で、試料採取用の匙を使って土塊を取り、静かに粉碎しながら見いだされる細根をピンセットでよりわけ、細根と土壌に分離した。

糸状菌の分離は常法通りである。根の試料を多量にとるのは時間を要するのでそれぞれ5gとした。F層の根(以下、FRと略す)は $\frac{1}{2}$ 2,000、鉈質土層の根(AR)は $\frac{1}{8}$ 8,000の希釈度を用いた。F層の有機物片(FO)、鉈質土層の土壌(AS)は10gを供試し、前者は $\frac{1}{15}$ 15,000、後者は $\frac{1}{4}$ 4,000の希釈度を用いた。

一般に、希釈平板法を用いて根圏土壌の糸状菌を定量する場合、根に附着していた土壌の絶乾1g当りの菌数で表わされるが、ここでは根も含めた1g当りの菌数で表わした。

結果および考察

糸状菌の分離結果は第2表に示した。

R/S値について：根圏と根から離れた所の土壌の糸状菌数を比較するのに、R/S値、即ち根圏の菌数と根か

ら離れた所の土壌の菌数の比で表わされるのが普通である。第2表に掲げた総菌数からそれぞれR/Sを求めると、F層では1.9、鉈質土層で12.2である。R/S値は植物の種類、年令および土壌の諸性質によって変化することがこれまでの多くの研究によって知られている。一般に養分および有機物の乏しい土壌ではR/S値が大であるが、この結果でも、有機物層では根圏の糸状菌に及ぼす影響は少なく、菌糸網層が形成され腐植の透過がわるく、有機物に乏しいと思われる鉈質土層では根圏の影響が大きい。

種類について：上述したようにF層では、全体としては根圏の影響は小さいが、個々の種類についてみると根圏の影響が違う。そこで、それぞれの種についてR/S値を求めて、その値が総菌数のR/S値1.9より大なる種をFOに多い種とFRに多い種にわけると次のようになる。

FOに多い種 ($S/R > 1.9$) : *Mucor ramannianus*, *Spicaria* sp. 5, *Papularia*, *Cladosporium*, *Sphaeropsidales* sp. D-D, Dark sterile mycelium.

FRに多い種 ($R/S > 1.9$) : *Absidia* sp. 1, *Mortierella* spp., *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp., *Monocillium*, *Cephalosporium* sp W1, *Sphaeropsidales* sp. W2.

これで見ると、FOに多い種には垂直分布型のI型に属するものが多く、FRに多い種はII型に属するものが多い。この事実からみても、垂直分布型のI型とII型が生態的に違った性質をもつグループであるといえるであろう。

根圏の影響の大きい鉈質土層では、所属不明の1種(Not identified sp. 5)を除いてすべてARに多い。*Cephalosporium* sp. W1はARにみられないが両者の希釈度の違いからASに多いとはいえない。ここではF層でFOに多かった*Mucor ramannianus*も根圏の影響を受けてARに多い。根の周囲の土壌中に有機物が乏しい場合には、普通、根の影響をあまりうけない種でも基質が供給される根の周辺に多くなるのであろう。所属不明の1種は垂直分布型のIV型に属するもので、このような深さで最大値を示す種は、なにか特定の因子によってその分布が支配されているものと思われる。

III. 鉈質土層における根および有機物が糸状菌分布に及ぼす影響

前章において、根が土壌中の糸状菌分布に影響することを一例で示したが、垂直分布型でI型に属するものを除いて、ほとんどの種が根圏の影響を受けている。しか

TABLE 3. Fungi isolated from rhizosphere and soil rich in organic matter in pine forest soil.

Species	Rhizosphere		Soil rich in organic matter	
	Nos.	%	Nos.	%
<i>Absidia</i> sp. 1	27	4.8	3	0.3
<i>Mucor ramannianus</i>	193	34.4	479	38.5
<i>Mortierella</i> sp. P	11	2.0	3	0.3
<i>Mortierella</i> spp.	20	3.6	7	0.5
<i>Cunninghamella</i> spp.			2	0.1
<i>Trichoderma viride</i>	7	1.2	10	0.8
<i>Cephalosporium</i> sp. W1	34	6.0	26	2.1
<i>Aspergillus</i> sp. B	5	0.8	2	0.1
<i>Penicillium</i> spp.	157	28.0	543	43.7
<i>Spicaria</i> sp. 1	5	0.8	3	0.3
<i>Spicaria</i> sp. 2	27	4.8		
<i>Spicaria</i> sp. 3	2	0.4		
<i>Papularia</i> spp.	2	0.4		
<i>Bisporomyces</i> sp.	5	0.8	2	0.1
<i>Cladosporium</i> spp.	2	0.4		
Hyaline sterile mycelium	2	0.4		
Dark sterile mycelium	16	2.8		
Suppressed by others	47	8.4	165	13.2
Total numbers	562		1243	

※ ×10³, per gram of dry soil and root.※※ ×10³, per gram of dry soil.

しこれだけでそれらの種が根と密接な関係があるとはいえない。F層における根の影響は周囲の有機物に根がかわって、根圏がF層の糸状菌により豊富な養分を供給した結果、即ちFO+FRの結果とも考えられる。また鉍質土層における根の影響は、有機物に乏しい土壌で根圏が最大の有機物源となったためと考えられる。

そこでB₁層の表層において、腐植が部分的に黒褐色の固りになって存在している土壌断面で、根と腐植がそれぞれそこに棲息する糸状菌の分布にどのような影響を与えているかを調べた。

試料採取および糸状菌分離方法

土壌断面を作り、上述のような腐植の固りが見られる所から黒褐色の部分（以下SOと略す）を集め、一方その附近の土壌を掘り取り、ピンセットで細根（SR）を集めてそれぞれ試料とした。糸状菌分離方法および菌数の計算は前章と全く同じ方法をとった。希釈度はいずれも1/5,000とした。

結果および考察

糸状菌の分離結果は第3表に示した。

総菌数について：SO>SRでSOの菌数は普通鉍質土層ではみられない高い数値を示し、むしろA₀層の値

に近い。これはこの試料が腐植の固りで鉍物質土壌と混じっていても特に有機物含有量が多いためであろう。したがってこの両者の比較では、糸状菌に及ぼす根圏の影響は有機物の影響ほど大きくはない。

種類について：SRに多い種とSOに多い種にわけると次のようである。

SRに多い種：*Absidia* sp. 1, *Mortierella* sp. P, *Mortierella* spp., *Cephalosporium* sp. W1, *Aspergillus* sp. B, *Spicaria* sp. 1, *Spicaria* sp. 2, *Spicaria* sp. 3, *Papularia*, *Bisporomyces*, *Cladosporium*.

SOに多い種：*Mucor ramannianus*, *Cunninghamella*, *Trichoderma*, *Penicillium*.

この結果からみると、垂直分布型のⅢ型、Ⅳ型に属する *Mortierella* sp. P, *Aspergillus* sp. B, *Spicaria* sp. 1 などはいずれも根圏により多く、これらの型に属する種が根の存在と密接な関係があるように思われる。Ⅱ型に属する種では、*Absidia* sp. 1, *Mortierella* spp. の2種が根の影響を強くうけているようである。一方、*Mucor ramannianus*, *Trichoderma viride*, *Penicillium* のようにⅡ型に属し、F~H層で数量が多く優占種といえる

種は根圏よりも腐植に富んだ所に多い。

前章とこの結果を総合してみると、分離された糸状菌は根に対する反応によって次の三つの型に分けられるようである。

1. 根の影響を受けないもの。
2. 根の影響も受けるが、適当な有機物が存在する所では影響が少ない。
3. 根の影響の著しいもの。

これを垂直分布型と対応させると次のようである。

1. \leftarrow I 型, 2. \leftarrow II 型 \leftarrow 3. \leftarrow III, IV 型

それぞれの層における根の分布を考えても、このような関係があるのは当然のことであろう。ただ、II型に属する種が、この根に対する反応のしかたによってさらに生態的にわけうる可能性があるが、今後検討すべきであろう。

あ と が き

今回の調査は希釈平板法を使った場合、基質の違いによって糸状菌の分布がどの程度違ってくるかを知るのが目的であり、それぞれの基質と糸状菌の種類との関係は今後研究すべき問題である。しかし、以上の結果からも明らかのように希釈平板法を用いても基質の違いがその分離結果にかなりの相異をもたらす。これまで森林土壌の糸状菌を希釈平板法によって調べる時、このような基

質の違いを考えてサンプリングの方法を吟味した例は見られない。いずれも比較的均一な状態にある農耕地と同じようなサンプリングが行なわれている。森林土壌のように糸状菌の棲息場所となる様々な基質が存在する所では、今後希釈平板法を用いて macro-habitats の研究をする場合にもサンプリングの方法を十分検討して行なう必要があると思われる。

摘 要

アカマツ林土壌において糸状菌の棲息場所となる基質の違いによってその分布がどの程度変わるかを希釈平板法によって調べた。

(1) L層の落葉・落枝をアカマツ針葉、広葉樹葉、樹枝、樹皮にわけ、それぞれ糸状菌を分離した。基質の違いによって菌数、種類ともかなり違いが認められた。

(2) F層および鉱質土層の根圏の影響を調べた結果、有機物の豊富なF層より乏しい鉱質土層の方が根圏効果は大であった。

(3) 根に対する糸状菌の反応の程度により三つの型が考えられた。

引用文献

- (1) 石井 弘：島根農大研報 15(A-2)：15-21, 1967
- (2) 千葉喬三・堤利夫：日林関西支講 14：18, 1964

Summary

To know what differences are detected on the divergent substrates in pine forest litter by dilution plate method, litter was separated into pine needles, broad leaves, branches and barks and then the fungi were isolated from these substrates (TABLE. 1).

It appears that different substrates influence the fungal distribution in litter but further investigation will be needed.

The rhizosphere effect on fungal distribution in the soil was examined in F layer and mineral soil horizon. (TABLE. 2).

Its effect was greater in mineral soil horizon poor in organic matter than in F layer rich in it.

It seems that the soil fungi can be classified into three groups, i. e. one which is much affected by roots, one which is affected by roots in some degree but prefers organic matter to roots and one which is not affected by roots.