

数種の森林の土壤糸状菌群

安藤辰夫・堤利夫

Studies on the fungal microflora in some forest soils.

Tatsuo ANDO, Toshio TSUTSUMI

目次

| | | |
|------------------|----|-----------------------|
| I 要旨 | 40 | 分離された糸状菌の総菌数について |
| II まえがき | 40 | 土壤糸状菌群の各調査地の間の類似性について |
| III 調査地ならびに実験方法 | 41 | |
| IV 実験結果ならびに考察 | 42 | V 文献 |
| 分離された糸状菌の種類について | | 51 |
| 分離された糸状菌の種類数について | | VI Résumé |
| | | 52 |

要旨

京大芦生演習林, 奈良県大台ガ原山, 長野県信大演習林, 鹿児島県川内市にある18の森林の有機物層 (F-H層), 表層土壌 (0~25cm) から土壤糸状菌を稀積平板法によって分離した。

(I) 分離された糸状菌は孢子形成糸状菌が殆んどであった。Trichoderma, Penicillium はハイマツ群落の土壌層をのぞいて, 他のすべての試料から分離され, 森林の土壌に棲息する糸状菌の中で主要な位置を占めていることが推察された。Mucor, Mortierella もかなり普遍的に分離された。

Mortierella sp. P. はコジイ林の土壌層, G. sp. Cryp. I はスギ林の土壌層, G. sp. Picea I. は大台ガ原山トウヒ林の有機物層と土壌層, ヒメシヤラ小径木林の有機物層から特徴的に分離された。

(II) 同一気候条件のもとでは広葉樹林ならびに広葉樹, 針葉樹の混交林との有機物層から分離された土壤糸状菌の総菌数は針葉樹林の有機物層から分離されたものに比して多かった。なお種数の多寡には森林の種類に応じた一定の傾向は認められなかった。

(III) 年平均気温がさがるにつれて, 有機物層から分離された土壤糸状菌群の総菌数は, 少なくなつた。しかし土壌層から分離された総菌数にはそのような一定した傾向は認められなかった。

(IV) 各森林の試料から分離された糸状菌群の類似性を Sørensen Quotient を求めて検討した。ドイツトウヒ林, 柏木スギ林, オオシラベ林, ハイマツ群落, ヒメシヤラ・ブナ小径木林は他の林との Q.S. がひくかった。

大台ガ原山ブナ林と同ウラジロモミ・ブナ混交林との Q.S. 80, 同ブナ林と芦生演習林のブナ, ミズナラの落葉広葉樹林の Q.S. 75, 大台ガ原山ウラジロモミ・ブナ混交林と芦生のブナ・ミズナラ林との Q.S. 80 が求められた。

まえがき

林木の落葉落枝の分解が林地の肥沃性を維持するうえに重要なことは林学の常識となっているが、

分解に作用する土壤微生物群に関する研究は少ない。

本研究は奈良県大台ガ原山, 京大芦生演習林, 長野県信大演習林, 鹿児島県川内市にある各種の森林の土壤糸状菌群について1964年に行なった調査をまとめたものである。

梃は本研究の計画指導にあたり, 分離・同定, とりまとめは安藤が行なった。なお, 本研究を広く指導された四手井教授と試料採取の場を提供して下さった各位に厚く御礼申しあげる。

調査地ならび実験方法

調査年月ならびに調査地は第1表に示す通りである。

第1表 調査地概要

| 森林を構成する 主な樹種 | 調査地 略号 | 年平均 気温 | 降水量 | 海拔高 | 備 考 | 調査月 |
|-----------------|-----------|-----------|------|------|---|-----------|
| 奈良県大台ガ原山 | | °C | mm | m | | |
| トウヒ | O-P | 5.7 | 4926 | 1500 | 純林・林床は蘚苔類に密におおわれている。 | 6.8.9.10. |
| ウラジロモミ | O-A | 5.7 | 4926 | 1500 | ツガ・ヒノキがわずかに混入している。 | 6.8.9.10. |
| ブナ | O-F | 5.7 | 4926 | 1500 | | 6.8.9.10. |
| ブナ・シャクナゲ | O-F.R | 5.7 | 4926 | 1500 | ブナ・カエデ林の中にあるシャクナゲ群落。 | 6.8.9.10. |
| ブナ・ヒメシャラ | O-F.S | 5.7 | 4926 | 1500 | ブナ・ヒメシャラの小径木林, トウヒの大径木がわずかに混入。林床は笹におおわれている | 6. 9.10. |
| ブナ・ウラジロモミ | O-A.F | 5.7 | 4926 | 1500 | ブナ・ミズナラ・ウラジロモミの混交林。 | 6. 10. |
| ブナ | K-F | 8.2 | | 1000 | | 6. |
| 大台ガ原山麓河合 | | | | | | |
| アラカン | K-Q | 14.2 | 2915 | 450 | 直径5~10cmの小径木のアラカン林。 | 6. |
| 大台ガ原山麓柏木 | | | | | | |
| スギ | KA-Cry | 13.8 | 1849 | 360 | 直径20~30cmの人工一斉林, 林床にはシャガが群生する。 | 6. 9.10. |
| 京大芦生演習林 | | | | | | |
| ドイツトウヒ | A-P | 11.8 | 2788 | 640 | 見本林として植林された一斉林, 林床植物はない。 | 6. 9. |
| ミズナラ・アカシデ | A-D | 11.8 | | 670 | ミズメ等の落葉広葉樹林, 下層木が多い。 | 6. 9. |
| スギ | A-Cry | 11.8 | 2788 | 700 | ブナ・ソヨゴ等の下層木が多い, 天然生のスギ林, 土壤は弱ポドゾル化している。 | 6. 9. |
| 信大演習林 | | | | | | |
| ハイマツ | S-P.p | 0.8 | | 2800 | 中央アルプス北端に位置する, 北西斜面, 傾斜25°~30°, 土壤は花崗岩風化砂礫 | 7.8. |
| オオシラベ | S-A | 1.8 | | 2600 | 南西斜面, 傾斜25°~30° 林床には蘚苔類が密生。 | 7.8. 10. |
| ツガ | S-A.T | 4.8 | | 2000 | 東北斜面, 傾斜30°, 林床には蘚苔類が多く, オオシラベがわずかに混入, Bd型土壤。 | 7.8. |
| アカマツ | S-P.d | 10.8 | 1243 | 800 | ヤマウルシ・ニシキギ等の下層木があり, 林床には蘚苔類が多いB1型。土壤。 | 7.8. 10. |
| 鹿児島県川内市 | | | | | | |
| コジイ・タブ | Ky-Cu | 14.5 | 2156 | | 常緑広葉樹林 | 12. |
| イヌシデ | Ky-D | 14.5 | 2156 | | 落葉広葉樹林 | 12. |

実験方法: 土壤糸状菌の群生生態学的研究にまず問題にされるのは, 糸状菌の分離の方法であろう。現在までに多くの研究者が糸状菌の分離の方法について発表してきたにもかかわらず, 確定された方法がない。現在までに発表された方法については, Warcup¹⁾ が詳しく批判している。

本研究では土壤微生物群を調査するのに従来広く使用されてきた稀釈平板法を用いた。この方法によって平板上にあらわれる糸状菌の colonies は土壤中で活動している菌糸の形のものではなく, 不活

動な孢子からのものであるといわれている。さらに分離される糸状菌は孢子を多くつくる糸状菌にかざられるほか、培養法であるために、使用した培養基に生育可能な糸状菌にかざられるおそれが大きい。使用した培養基は Waksman 氏寒天培地である。

したがって、この研究では有機物の分解に作用する糸状菌類のなかでも、Phycomycetes, Ascomycetes や Fungi Imperfecti に属する多孢子形成菌についてきわめて有利な条件下で分離されたといえるであろう。

| | |
|--------------------------------------|---|
| Waksman's agar medium | |
| Glucose | 10.0g |
| Pepton | 5.0g |
| KH ₂ PO ₄ | 1.0g |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 0.5g |
| Agar | 15~30g Bacteria Staticagents |
| H ₂ O | 1000cc Streptomycin 30μg/ml Rosebengal 30μg/ml |

試料：各試験地のF-H層、表層土0~25cmについて、各5~6個所から集め、これらを1つによくまぜあわせ、有機物層では10g、土壌層からは20g、を試料とした。

有機物層においてF-H層のみを使用し、Fresh litterをのぞいたのは、これらには落葉する以前にすでに他種の糸状菌が付着しており、その生育によって、糸状菌群の季節的な変動に不規則性が認められることが報告されているからである。

糸状菌の定量に際しては、土壌糸状菌にかざらず土壌微生物の数量は試料採取後急激に変化するおそれがあるので、短時間内に分離を行なうことが必要であることは、ALLISON, BRIERLEY, 河田, 古谷等によって明らかにされているので鹿児島県の試料をのぞいて、試料採取後48時間以内に分離を行った。鹿児島県川内市の試料については試験地の都合上止むを得ず分離を行なったのは5日後であった。糸状菌の培養は、接種後27°Cで恒温器中にて48~70時間行なった。

稀積度は、平板上にあらわれるcolonyの数が30前後になるように、有機物層においては1/1000と1/2000、土壌試料では1/500と1/1000との各2段階を使用した。

平板の数は、各稀積度に3枚、1つの試料に6枚で、平板1枚当りの平均のcolony数を求め、次ぎの式によって各試料の乾燥重量1g当りのcoloniesの数を求めた。

$$\text{Colony Number (/g)} = \frac{\text{colony numbers on plate (average)} \times \text{Dilution grade} \times 100}{100 - \text{Moisture content (\%)}}$$

分離された糸状菌の検定には、GILMAN, S. FUNDER, H. L. BARNETの著書を使用した。

結果および考察

土壌糸状菌の数：種類は同一林分内でも温度や水分によって変化するため季節的に変動する。

土壌糸状菌の季節的な変動については、FEHER(1933), KLAUSZ(1940), SAITO(1955), 古谷(1956), WITKAMP(1960), WRIGHT and BOLLEN (1961), 安藤(未発表)等によって報告されているが、これらすべてにはほぼ共通して、春秋の2季に総菌数はピークを示すという季節的な変動は明らかである。さらに筆者(未発表)の調査によれば、春秋の総菌数のピークを示すときの糸状菌の種および種数は、同じ年内のその他の季節に分離される糸状菌の種数および種とほぼ同じであって、特種のもものがとくに数多く出現することは少ないことが推察された。

第2表 糸状菌数 (絶乾土壌1g当りの糸状菌数を単位 10^2 で示す。)

Table 2. Number of microfungi ($\times 10^2$ /g. (O. D. W.))

| Forest site Fungi | Ky-D | | Ky-Cu. | | O-P | | O-A | | O-F | | O-F.R | | AO-A.F | | O-F.S | | K-F |
|----------------------|------|----------------|--------|----------------|------|----------------|------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|--------|----------------|-------|----------------|------|
| | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH |
| Mucor | 3.4 | 1.7 | 7.1 | 1.9 | 3.1 | 1.2 | 1.5 | 0.1 | 0.7 | 1.1 | 9.3 | 1.7 | 12.8 | 0.3 | 6.8 | 0.5 | 1.1 |
| Circinella | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mortierella | 1.0 | 0.2 | 30.9 | 0.5 | | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 1.2 | 0.2 | 5.5 | | 0.5 | | 4.4 | | 3.3 |
| Phoma | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oospora | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cephalosporium | | 2.2 | | 0.2 | | | | | | | | | | | | | 0.7 |
| Hyalopus | | | | | | | | | | | | 0.1 | | | 2.2 | | |
| Trichoderma | 8.1 | 0.7 | 4.3 | 0.5 | 3.0 | 2.3 | 9.3 | 1.2 | 23.1 | 4.2 | 11.6 | 3.7 | 8.9 | 2.6 | 4.0 | 0.5 | 17.3 |
| Aspergillus | | 0.2 | | 0.9 | | | | | | | | | | | 0.8 | | |
| Penicillium | 21.6 | 0.6 | 35.7 | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 3.0 | 0.6 | 5.8 | 5.5 | 11.6 | 4.5 | 21.6 | 1.6 | 5.1 | 0.1 | 37.6 |
| Scopulariopsis | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gliocladium | | | 0.3 | | 0.4 | | | | | | | | | | | 2.9 | 0.1 |
| Monosporium | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acrostalagmus | 6.0 | | 1.8 | | 0.4 | | | | | | 0.2 | | | | | 1.9 | |
| Spicaria | | | | | | | | | | | 1.5 | 0.1 | | 1.4 | | | |
| Calcariosporium | | | | | | | | | | | | | | 0.1 | | | |
| Pullularia | 0.7 | | 0.2 | | | | | | | 0.1 | | | | | | | |
| Papularia | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monotospora | | | | 0.2 | | 0.2 | | | | | | | | | | | |
| Hormodemdrum | | | | | | | | | | | 0.2 | | | | | | |
| Fusarium | | 0.1 | | | | | | 0.1 | | | | | | | | | |
| G. sp. Cryp. 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G. sp. Picea 1 | | | | | 19.9 | 1.2 | | | | | | | | | | | |
| G. sp. Repl. | | | | | | 0.1 | | | 0.2 | | | 0.1 | | | | 6.9 | |
| G. sp. W-P | | | | | 0.8 | | | 0.9 | | | | | 1.2 | | | 0.1 | 1.5 |
| G. sp. Black | | | | | | | | | | | | 0.4 | | | | 4.4 | |
| G. sp. ? | 27.2 | 0.8 | 10.6 | 1.6 | 2.2 | 1.0 | 0.3 | 0.1 | | 0.1 | 1.9 | 1.0 | 1.0 | 0.4 | | 0.1 | |
| others | 19.1 | 1.3 | 9.7 | 0.8 | 2.5 | 2.4 | 5.6 | 0.5 | 17.9 | 2.2 | 11.7 | 4.2 | 9.6 | 0.8 | 14.1 | 0.5 | 2.2 |
| Fungi Total | 87.1 | 7.9 | 100.6 | 8.0 | 32.4 | 9.3 | 20.4 | 3.9 | 48.9 | 13.4 | 54.7 | 15.8 | 54.4 | 7.2 | 18.7 | 0.4 | 23.6 |
| Actynomyces | | 0.7 | | 0.6 | 15.8 | 1.3 | 43.1 | 1.3 | 82.5 | 4.5 | 19.2 | 8.7 | | 1.6 | 72.2 | 2.2 | 87.3 |
| Bacteria | | | | | | | | | | | 11.5 | 1.1 | | | 7.7 | | |
| Total | 87.1 | 8.6 | 100.6 | 8.6 | 48.2 | 10.6 | 63.5 | 5.2 | 131.4 | 17.9 | 85.4 | 25.6 | 54.4 | 8.8 | 80.0 | 2.6 | 87.3 |

| Forest site Fudgi | K-Q | KA-Cry | | S-P.d | | S-A.T | | S-A | | S-P.p | | A-P | | A-D | | A-Cry | |
|----------------------|----------------|--------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|------|----------------|-------|----------------|------|----------------|------|----------------|-------|----------------|
| | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ | FH | A ₁ |
| Mucor | | | 0.6 | 19.8 | 0.4 | 2.7 | 0.7 | 3.5 | 1.2 | | | 8.9 | 0.9 | 2.8 | 0.5 | 1.7 | 0.5 |
| Cricinella | | | | | | | | | | | | | 0.3 | | | | |
| Mortierella | | | 0.1 | | 0.1 | 1.4 | | 1.5 | | | | 2.7 | 0.4 | 6.1 | 6.3 | | |
| Phoma | | 0.8 | | | | | | | 0.1 | | | | | 1.4 | | | 0.3 |
| Oospora | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | 1.7 | |
| Cephalosporium | | | 0.3 | | 0.1 | | | | | | | | | | | | 0.1 |
| Hyalopus | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.6 |
| Trichoderma | 0.4 | 4.6 | 0.4 | 18.5 | 1.4 | 9.3 | 1.2 | 13.3 | 1.1 | 25.5 | | 3.5 | 2.3 | 14. | 0.6 | 3.4 | |
| Aspergillus | 0.3 | | 0.1 | | | | | 0.5 | | | | | 0.3 | 0.7 | 2.5 | | 0.7 |
| Penicillium | 0.6 | 2.9 | 0.3 | 94.3 | 3.9 | 27.2 | 2.3 | 21.5 | 2.1 | 7.8 | | 5.5 | 1.2 | 12.2 | 11.9 | 12.1 | 1.2 |
| Scopulariopsis | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gliocladium | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.9 |
| Monosporium | | | | | | | | | | | | | | | 0.3 | | |
| Acrostalagmus | | 0.2 | | 0.2 | 0.1 | | | | | | | | | | | | |
| Spicaria | | | | | | | | | | | | | 0.1 | | | | |
| Calcariosporium | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pullularia | | 10.1 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | 12.9 |
| Papularia | | | 0.1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Monotospora | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hormodemdrum | | | | | | | | | | | | | | 1.4 | | | |
| Fusarium | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G. sp. Cryp. 1 | | | 1.1 | | | | | | | | | | | | | | 0.5 |
| G. sp. Picea 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G. sp. Repl. | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.1 |
| G. sp. W-P | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G. sp. Black | | | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | |
| G. sp. ? | 0.5 | 26.8 | 2.3 | 1.6 | 1.3 | 1.4 | 1.9 | 2.0 | 7.0 | | 5.5 | 4.8 | 0.1 | | 1.4 | | |
| others | 0.9 | 57.7 | 2.5 | 37.5 | 1.0 | 5.5 | 1.5 | 2.5 | 4.9 | 2.6 | 0.6 | 8.9 | 3.4 | 18.3 | 3.3 | 11.2 | 0.5 |
| Fungi Total | 2.9 | 103.9 | 8.3 | 171.9 | 8.3 | 47.5 | 7.6 | 45.0 | 16.4 | 35.9 | 6.1 | 37.0 | 9.0 | 42.9 | 26.8 | 45.5 | 3.9 |
| Actynomycetes | | | | | 0.7 | | 4.3 | 3.7 | 15.3 | 15.3 | 0.8 | | | | | | |
| Bacteria | | | | 2.0 | 0.2 | | | | 0.4 | | | | | | | | |
| Total | 2.9 | 103.9 | 8.3 | 173.7 | 9.2 | 47.5 | 11.9 | 48.7 | 32.1 | 51.2 | 6.9 | 37.0 | 9.0 | 42.9 | 26.8 | 45.5 | 3.9 |

したがって、各糸状菌の数について、年平均の数で各調査地の比較が可能と思われたので、ここでは年平均の菌数を用いて林分ごとの比較を行なうことにした。

第2表は各調査で得られた糸状菌およびその数の平均を示したものである。

まず得られた糸状菌の種類について比較してみよう。

Soil fungi の分布と活性についてのこれまでの知見は、主として稀釈平板法による研究にもとづいている。しかしながら、この方法による fungal colonies は孢子から生ずるものであるという批判が多い。

土壤中の孢子の数は、以前の土壤糸状菌群集の活性の姿であるにちがいがないのであるが、孢子にもとづくいかなる測定も、孢子形成種に関する結果を示すにすぎない。

現在までに多くの研究者によって、この方法で分離されてきた糸状菌は、BURGES¹⁷⁾によって整理され、Absidia, Acrostalagmus, Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Cephalosporium, Chaetomium, Cladosporium, Cyllindrocarpon, Fusarium, Mortierella, Mucor, Penicillium Rhizopus, Stremphylium, Trichoderma, Verticillium, Zygorrhynchus の諸属があげられており、糸状菌の分布が普遍的なものであるという見解をひき起している。

また森林土壤に分布する糸状菌のうち Penicillium, Trichoderma, Mucor, Mortierella が主要な地位を占めていことは多くの研究者の一致した結果である。

この研究で得られた結果は第2表にまとめて示してある。総菌数を年平均で示してあるように、ここで比較される種類は、各調査ごとに分離された種類をすべて含んでいる。

分離された糸状菌は孢子形成菌がすべてである。なかでも、従来の傾向と一致して Penicillium, Trichoderma はハイマツ群落の土壤層をのぞいて他のすべての森林で多くの菌数が分離された。

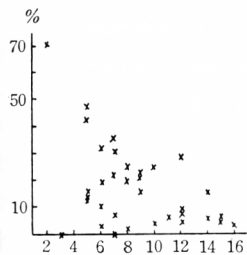


Fig. 1 Trichoderma (%)
— Total Number of Species

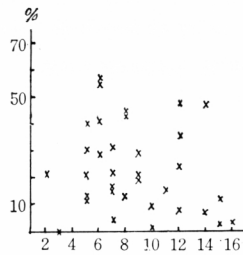


Fig. 2 Penicillium (%)
— Total Number of Species

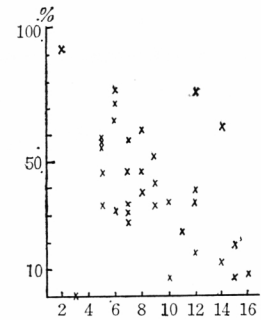


Fig. 3 Trichoderma (%)
+ Penicillium (%)
— Total Number of Species

(主要糸状菌の総菌種数の中で占める割合)

第1図、第2図、第3図は各調査地で分離された糸状菌の種類と Penicillium, Trichoderma が総糸状菌数にしめる割合との関係を示したものである。これによると、おおよそ Penicillium Trichoderma またはその合計が全体の中で占める割合は種数が減少すると大きくなる場合が多い傾向を示しており、これらの種の分布が普遍的なものであることを示している。

また Penicillium は Trichoderma にくらべ広葉樹林土壤に多く、針葉樹林土壤には、Trichoderma が多く分離される傾向がわずかながら認められた。

Mucor は Penicillium, Trichoderma にくらべて、菌数は少なかったが、やはり各試料から普遍的に分離された。

Mortierella もかなり普遍的に分離された。Mortierella sp. P は $19.5 \times 10^3/g$ がコジイ林土壤層から分離されたが、他の試料からは殆んど分離されなかった。またこの種は筆者の調査(未発表)にお

いても、京都地方のコジイ林土壌層から $4\sim 10\times 10^3/g$ が分離されており、コジイの落葉、落枝の有機組成を選択的に好むものようである。この属の他のものも他林分にくらべコジイ林の試料から多く分離された。

このほか *Acrostagmus*, *Cephalosporium* 等は上述の種にくらべその出現に特長はなく、植生の種類や、立地条件との間に明らかな関係はみられないようであった。

なお種属名の判明しなかったものなかで、特徴のある分離が得られた糸状菌が数種あった。すなわち、*G. sp. Cryp I* は柏木スギ林、芦生のスギ林の土壌層の試料から各調査時ごとに分離された。

G. sp. Picea I は大台ガ原山のトウヒ林の有機物層と土壌層、同ヒメシヤラ、ブナ小径木林の有機物層の各試料からのみ分離された。このヒメシヤラ林にはトウヒの大径木が数本混入しており、落葉層のなかにトウヒの落葉が認められた。

これらのある特定の植生と結びついた糸状菌が認められた現象は、次の理由から説明出来るかもしれない。

THORNTON (1961)¹⁸⁾ は森林土壌と草原土壌の糸状菌群に各々特徴のある糸状菌が認められたことを、糸状菌に対する有機物の栄養源としての有効性が森林土壌と草原土壌でちがうためであろうとのべている。

多くの有機物の分解について行われてきた研究にのべられているように、植物の種類がちがいによって有機物の化学的組成がちがう。

さらに、WAKSMAN, COLDWELL, MARTIN,¹⁹⁾ 大政・森らが²⁰⁾ のべているように植物の種類がちがえばりグニンの分解の難易もちがってくるようである。²¹⁾

したがって、糸状菌の栄養源に対する選択性とその栄養源としての植生との間の相互作用によって、これら糸状菌、すなわち *Mortierella sp. P.* がコジイ林土壌、*G. sp. Cryp I*, がスギ林土壌、*G. sp. Picea* がトウヒ林の各試料のみから分離されたものと考えることができよう。²²⁾

以上 *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Mortierella* 等の諸属の糸状菌は普遍的に分離され、森林土壌での有機物分解に、これらの種が作用する段階の分解に主役を演じているという多くのこれまでの報告と一致している。この種のもは他に比してより多く胞子を形成する糸状菌であるらしいので、稀釈平板法による結果からただちにその活性を予想することはむずかしいであろう。しかしながら、BURGES, D. PARKINSON, WILLIAMS, 等の *Washing method* による糸状菌の分離の結果ならびに、活性の調査の結果によれば、かなり、これらの諸属は多く分離されているようで、これらの種が森林土壌でつねに多くあらわれる糸状菌であるとみてよいであろう。²³⁾

これら糸状菌のほかに放線菌がかなり普遍的に分離されたが、なかでも長野地方の海拔高の高いハイマツ群落、オオシラベ林の土壌層から、各調査時ごとに分離された。他の調査地では8月の調査の時に最も多く分離された。放線菌については WAKSMAN²⁴⁾ によって2つの科に分けられて、そのうちの *Nocardia* 属の33種の半分は典型的な土壌棲息種であるとされている。そしてこれらの大部分のものは有機物の腐朽に関する典型的な土壌微生物であり、糸状菌・細菌のいずれよりも乾燥・高温に耐える力が強いものであるとされている。²⁵⁾

この菌に関する報告は殆んどなく、土壌微生物群と有機物の分解についての研究のためには、担子菌類と同様、研究の必要性の大きいことが推察された。なお本研究では放線菌用の培地を使用していないためこの菌については検討は加えなかった。

つぎに各林分ごとに分離された糸状菌の種類数について考えてみよう。

各森林の試料から分離された糸状菌の種類数は第3表に示してある。この表に示す数字は第2表の *G. sp. ?* が各林分でそれぞれ含む種類を異にするために第2表でかぞえられるものよりも多くなっている。

分離された種類数の最も少なかったのは長野地方のハイマツ群落の有機物層で、ここでは、2種および others が分離され、またその土壤層からは、3種であってこれらもきわめて少ない。

反対に多かったのは、大台が原山のヒメシヤラ

林の有機物層からの14種、柏木のスギ林の有機物層から15種、土壤層から16種であった。これまでの研究によるとスギ林土壤には糸状菌の種類数も、総菌数も他の樹種の林にくらべきわめて少ないことが報告されていたが、この研究では全く反対の結果が得られた。このことはおそらく、林床に堆積している有機物量のちがいによるものと考えられる。すなわち、本研究において調査されたスギ林は有機物層がかなり発達していたのにくらべ古谷 (1956)¹³⁾ の調査したスギ林ではこれを欠いていたことが関係しているものと思われる。

試料から分離された種数を比較すると、種数が広葉樹林土壤に多く針葉樹林土壤に少ないと一般にいわれているような一定した傾向は認められなかった。

大台が原山地方でブナ・ヒメシヤラ小径木林から多くの種数を分離できたのは、他の林分が充分成熟した天然生林であったのに対し、この林分は比較的若い2次林であったことと、種々の樹種の落葉よりなる有機物層をもつことなどの理由によるものようである。

また標高のちがいによる種類のちがいはないようである。しかしながら本研究で得られたこれらの結果には、others がかなり多かった試料が含まれており、この結果から種数と植生との関係について考えるのは適当でなかったかもしれない。

つぎに各林分ごとの糸状菌数についてのべよう。

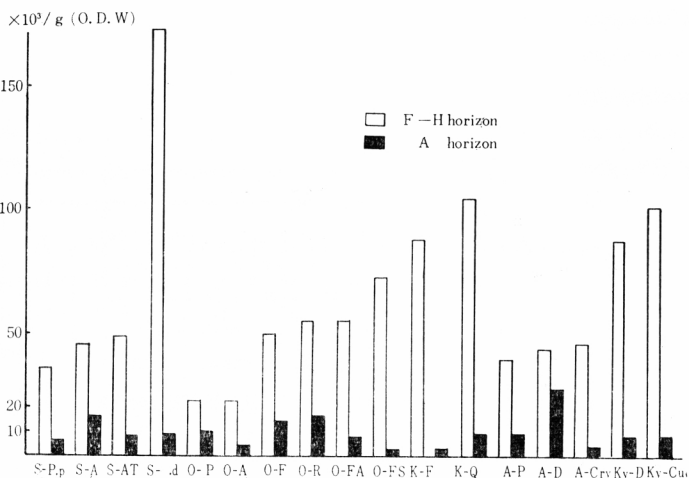
糸状菌の土壤中における棲息の形態から考えて、糸状菌の個体数という概念にはほとんど意味がない。これは生理的な単位と形態学上の単位を区別することが不可能であるからだと考えられている。

しかし、ここでは得られた糸状菌の colonies の数を、もちろん、その colonies が孢子から生じたものであるか、菌糸から生じたものであるかは判断できないのであるが、一応その数に土壤あるいは有機物層における糸状菌の活性が反映されているという仮定のもとに考察してみた。

これまでに報告された森林の土壤糸状菌数は、WITKAMP

第3表 分離された糸状菌の種類数
Table 3. Number of species.

| 調査林分 | 糸状菌の種類数 | | 調査林分 | 糸状菌の種類数 | | 調査林分 | 糸状菌の種類数 | |
|------|---------|----------------|--------|---------|----------------|-------|---------|----------------|
| | F-H | A ₁ | | F-H | A ₁ | | F-H | A ₁ |
| O-P | 10 | 10 | K-F | 8 | — | S-Pp | 2 | 3 |
| O-A | 5 | 7 | K-Q | — | 5 | A-P | 9 | 8 |
| O-F | 5 | 6 | KA-Cry | 15 | 16 | A-D | 6 | 8 |
| O-FR | 9 | 9 | S-Pd | 6 | 14 | A-Cry | 7 | 7 |
| O-FS | 14 | 7 | S-AT | 6 | 5 | Ky-D | 12 | 12 |
| O-AF | 5 | 7 | S-A | 12 | 15 | Ky-Cu | 12 | 11 |



総糸状菌数
Fig. 4 Total number of microfungi isolated from each forest site

(1961)²⁶⁾ の $7.3 \times 10^6/g$ (white oak), $1 \times 10^4/g$ (beech), WRIGHT and BOLLEN (1961) の $0.2 \sim 8 \times 10^5/g$ (Douglas fir), 古谷¹³⁾ (1956) の $7.8 \times 10^4/g$ (Pinus densif.), $8.4 \times 10^3/g$ (Cryptmeria jap.) 等であって、本調査の結果は、有機物層から $1.7 \times 10^4/g$ (S—P.d) $\sim 0.2 \times 10^4/g$ (O—A), 土壌層から $2.2 \times 10^3/g$ (O—F.S) $\sim 26.0 \times 10^3/g$ (A—D) であった。

有機物層と土壌層との全糸状菌数のちがいは有機物量の多少や腐植化の程度のちがいなどによるものと思われるが、有機物層から分離された総糸状菌数は、土壌層からのものにくらべて $\times 10 \sim 10^2/g$ の単位で多くなっている。

一般にある同一気候条件のものでは、広葉樹林に棲息する土壤微生物群は針葉樹林のそれにくらべると、種および総菌数ともに多いことが報告されている。このことは針葉樹に広葉樹を混交することによって落葉の分解速度を早めるという点で、混交林が有利であるということの重要な理由にあげられている。

この傾向は、第2表、第4図に明らかなように、本研究において、種類数については確認できなかったが、総菌数においては認められ、各調査地の有機物層から分離された糸状菌数は、大台が原山のトウヒ林、ウラジロモミ林にくらべヒメジャラ林では約3倍、ブナ林、ブナ・シャクナゲ林で2倍であった。

ウラジロモミ、ブナ、ミズナラ混交林でもウラジロモミにわずかつが・ヒノキの混入した林にくらべ多い糸状菌数を得た。

芦生演習林の試料からもドイツトウヒ林にくらべ落葉広葉樹林、そしてスギと落・常緑広葉樹の混交林からのものが多かった。

長野地方のアカマツ林から分離された糸状菌数は多かった。アカマツ林は他の針葉樹林にくらべ広葉樹林に近い microflora を示すことは、赤井(未発表)によっても報告されており、この理由として、主に広葉樹類よりなる下層木の多くの混入をあげることができよう。

このように広葉樹林の有機物層から分離される糸状菌数が針葉樹林のそれから分離されるものよりも多いのは、立地条件のちがいが考えられようが、前述したように、針葉にくらべ広葉は分解しやすいために、糸状菌、とくにこの研究で分離されたものにとっては活動しやすいことによるものであるようだ。

すなわち、広葉樹の落葉が針葉樹の落葉にくらべて分解に抵抗力がひくいことは、それだけ広葉樹の落葉が針葉樹の落葉よりも微生物を生育させやすいことになる。

各調査地から得られた糸状菌数を針葉樹林、広葉樹林を分けずに、ごくおおまかに、年平均気温で比較すると、第5図に示すように、気温がひくくなるにつれて、糸状菌数は減少する傾向が認められた。

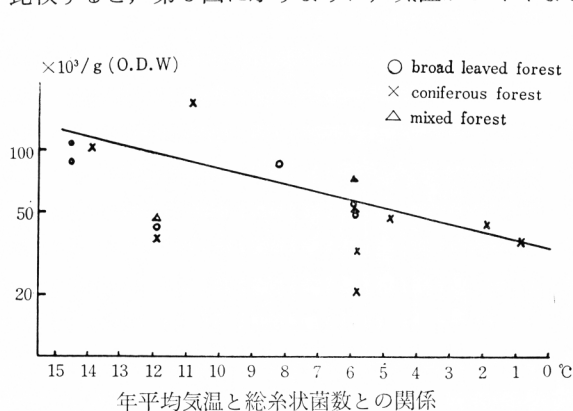


Fig. 5 Relationship between annual mean temperature and total number of microfungi

この傾向は、林床に堆積する有機物量と気温の関係について、一般に認められている気温がひくくなるにつれて、有機物の分解速度がおそくなり、堆積する有機物量が増加するという現象に関係があるのであろう。すなわち年平均気温がひくくなることによって糸状菌の活性が抑制されるためであり、糸状菌数も少なくなるのであろう。なお鹿児島県川内市から試料を採取したのは12月であったから、年平均気温14.5°Cで図示するよりも12月の月平均気温8.9°Cで図示することが適當であったかもしれない。

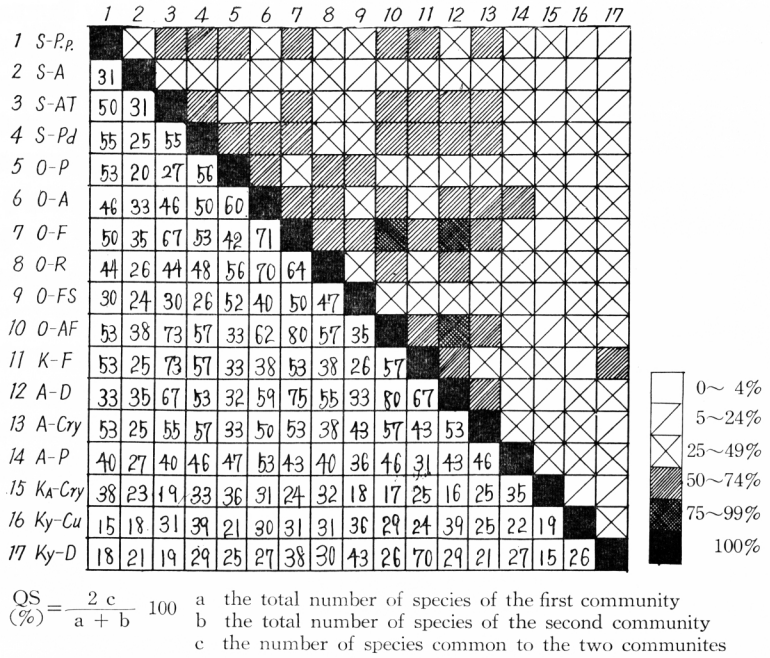
以上述べてきたように、これら森林には普遍的に *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor*, *Mortierella* などがあられ、針葉樹林と広葉樹林とでは、総菌数において異なっても種類数においてちがいがあかどうかは不明であった。しかし、一方では、*Mortierella* sp. P. や *G. sp. Cryp.* *I G. sp. Picea* などのようにある特定の森林にのみあらわれるものも認められた。

したがって、つぎに、土壌糸状菌群の各調査地の間の類似性について検討してみよう。

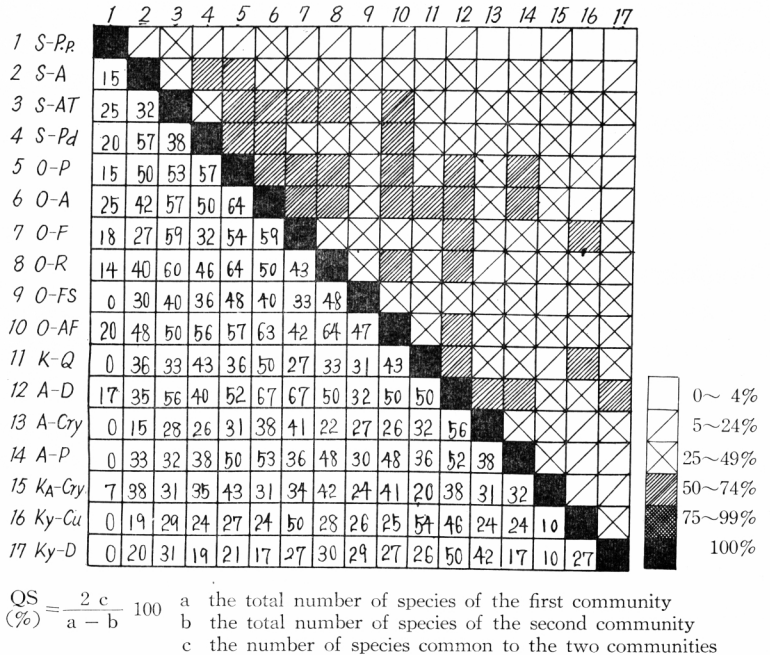
前述した通り、一般には稀釈平板法によって分離された糸状菌の普遍性が強調されている。しかし、樹種の異なる林では、林地に還元される有機物は量的にも質的にも異なるであろう。

本研究で得られた結果について各林分ごとに土壌糸状菌群の異同を知るために *Sørensen* Quotient を求めて図示したのが第6図、第7図である。これは各調査地から分離された糸状菌群の類似性を示すものであるが、この研究において、この方法によって各糸状菌群の類似性を検討するにはいくつかの欠点がある。

それらは、分離のときに *Trichoderma*, あるいは *Mucor* 等の生長の早い糸状菌によっておおわれてしまつて同定出来なかった



第6図 F-H層から分離された糸状菌群の Q. S. の図表
 Fig. 6 Comparison of microfungi-flora of the 17 observed forest litters (F-H. horizon). Number represent the Soerensen Quotient.



第7図 土壌層から分離された糸状菌群の Q. S. の図表
 Fig. 7 Comparison of microfungi-flora of the 17 observed forest soils. Number represent the Soerensen Quotient.

Others があること、つぎにこの種の W. LOUB²²⁾ の研究に対して、BURES がのべているように、糸状菌群の分離に使用する方法に糸状菌群を random selection できるものがないということ、最後にこの研究で得られた、Trichoderma, Penicillium, Mortierella は多くの種が含まれているが、これらをすべて1つの種として取り扱っていることなどである。このような欠点を含むとはいえ、各調査地の土壤糸状菌群の質的な類似性を同時に簡単に比較検討するという点でこの方法は便利であり、1つの手段としてこの方法を用いた。

Q.S. (%) は次ぎの式から求められる。

$$Q.S. (\%) = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

a は比較される片方の林から分離された糸状菌の全種数、 b は比較される他方の林から分離された糸状菌の全種数、 c は比較される2つの林分から分離された糸状菌のうち、両林分から共通して分離された種数。

ここで Q.S. の値が小さいほど当該2林分間の類似性は少ないことを示している。

第6図に示されているように長野地方のツガ林、芦生演習林のドイツウヒ林、柏木のスギ林、大台ガ原山のヒメシヤラ林の有機物層から分離された糸状菌群と他の林から分離されたものとの間の Q.S. が小さかった。

前三林分は針葉樹の純林であって、林地へ還元される有機物の組成が他に比べて単純であり、そのうえ比較的分解をうけにくいものであったためかもしれない。

またヒメシヤラ・ブナ小径木林の Q.S. が小さかったことは、前述したように他の林分が充分成熟した天然生林であったのに対し、この林分が比較的若い2次林であったことと、他の林分にくらべ種々の樹種の落葉よりなる有機物層をもつと同時に、笹が密生していたことなどによるものではなからうか。

以上の林分とは反対に、Q.S. の大きかったのは大台ガ原山のブナ林と大台ガ原山のウラジロモミ・ブナの混交林との間の Q.S. 80、大台ガ原山のウラジロモミ・ブナ混交林と芦生演習林のミズナラ・ブナ林の Q.S. 75、芦生のミズナラ・ブナ林と大台ガ原山のブナ林の Q.S. 80 であった。これら森林は、共通な樹種を含む落葉広葉樹林であった。この傾向は分離された土壤糸状菌群は植生の種類、いかえると与えられる有機物の量・質的組成にかなり影響されており、場所が異なっても植生が等しければよく似た土壤糸状菌群をもつ傾向のあることを示したものとえよう。

つぎに土壤層から分離された糸状菌群の類似性についてみると (Fig. 7)、有機物層の糸状菌群について求められた Q.S. よりも、Q.S. の値は全体的に小さくなっている。けれども長野地方のハイマツ群落、オシラベ林、芦生スギ林、ドイツウヒ林、柏木スギ林、ヒメシヤラ林等の林分では Q.S. の値の低下の傾向がはっきりしているようである。

このことは土壤条件等環境要因の影響がちがうことによるものとも考えられるが、有機物の分解の過程において、樹種すなわち落葉落枝の化学的性質のちがいが有機物層にくらべさらに特徴的になることが考えられるかもしれない。

また落葉落枝の性質のちがいによって、その上に発達する微生物群集にちがいがあることについて、WITKAMP (1961)²⁶⁾ は葉の構造、C/N の差などをあげ、DRIFT (1961)²⁷⁾ は、落葉後すぐにちぢれたり、乾燥したりするカシの葉には、短時間に生長可能な microfungi がまず生育するなどという理由をあげて説明している。

LINDBERG (1946)²⁸⁾、MIKOLA (1954)²⁹⁾ はカシに比べブナの葉は lignin, cellulose を多く含んでい
るため、ブナの落葉中には生育のおそい lignin, cellulose 分解担子菌が生育すると
のべ、堤 (1956)³⁰⁾ は糸状菌の種類によって、lignin, cellulose, tannin 等の各種物質に対する分解力を異にすることを報告した。さらに堤は、これら物質の量的な差のみならず、各々の質的なちがいによっても分解の速

度のちがいを認めている。

そして WITKAMP, (1960, 1961)¹⁴⁾²⁶⁾, WARCUP (1951)³¹⁾, SAITO (1956)³²⁾ は microfungi と bacteria, basidiomycetes との間の antaganism について報告している。これによれば, basidiomycetes の mycelium が認められる有機物には microfungi がすくないことをのべている。

Burges et al²⁾ によれば, 同一林分内でも, 土壤層別に糸状菌を分離して, その結果から各層別にそれぞれ異なる種が優勢を示すもののあることが報告されている。

微生物の分布については次ぎのようなこともいわれている。すなわち, 微生物の分布はその栄養源によって左右され, その活性は気温, 降水量等の生態学的な要因によって決められる, というのである。

以上の理由から, 本研究において, 各糸状菌群の間に求められた Q.S. のことなることを, 樹種のことなることによる落葉落枝の性質, 種類, 化学的組成のちがいによって, 各森林の土壤に棲息する糸状菌群は影響を受けて, microflora を構成する種にちがいが生ずるためと考えることができるのではないかと思われる。

以上, 本研究で分離された糸状菌はすべて多孢子形成糸状菌であったが, これらの分布にはあたえられる有機物の量と質的な組成のちがいが, そして活性には温度と降水量等が, おおの要因として作用しているように推察された。

文 献

- 1) WARCUP, J. H.: Methods for isolation and estimation of activity of fungi in soil. 3~21, The Ecology of Soil Fungi, (1960)
- 2) BURGES, A.: The Microbiology of a podzol profile. 151~157, Soil Organisms. (1963)
- 3) ALLISON, F. E.: Soil Sci., 3, (1917)
- 4) BRIERLEY, W. B. et. al.: 1st Interr. Congr. Soil. Sci., 3, (1927)
- 5) 河田弘ほか: 森林土壤微生物に関する研究 林, 試, 報, 第95号
- 6) 古谷竜男: 未発表
- 7) FUNDER, S.: Practical Mycology, manual for Identification of fungi.
- 8) BARNET, H. L.: Illustrated Genera of Imperfect Fungi.
- 9) GILMAN, J. C.: A Manual of Soil Fungi.
- 10) FEHER, D.: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. (1933)
- 11) KLAUSZ, D.: Zur Kenntnis der Boden mikro-organismen und ihren Tätigkeit zu verschiedener Jahreszeit und beiverschiedener Bodenreaktion. Bodenk. und Pflanzenern, 66: 365
- 12) SAITO, T.: The significance of plate counts of soil fungi and the detection of their mycelia. Ecol. Rew. 14: 69~74, (1955)
- 13) 古谷竜男: (未発表)
- 14) WITKAMP, M.: Seasonal fuluctuations of the fungus flora in mull and mor of on oak forest. Publ. Inst³. Biol. Field Res. Arnhem, Netherl. 46: 1~52. (1960)
- 15) WRIGHT, E. & BOLLEN, W. B.: Microflora of Douglass-fir Forest soil. Ecology Vol. 42. No. 4, 825~828. (1961)
- 16) 安藤辰夫: 京都市内にある2・3の林の糸状菌群について (未発表)
- 17) BURGES, A.: 土壤微生物
- 18) THORNTON, R. H.: Growth of Fungi in Some forest and Glass land soils. 84~91. The Ecology of Soil Fungi. (1960)
- 19) WAKSMAN, S. A. et al.: Ecology 9, 126~144 (1928)
- 20) COLDWELL, B. B. et al.: Scientific Agriculture 30. (II) 456~466. (1950)
- 21) MARTIN, J. R. et al.: J. Americ. Soc. Agron, 36. 373. (1944)
- 22) 大政正隆, 森 経一: 帝林・試報, 3・③—39~107. (1937)
- 23) WILLIAMS, S. T.: The distribution of fungi in the horizons of a podzolised soil. 158~166. Soil

- Organifms. (1963)
- 24) D. PARKINSON, and COUPS, E.: Microbial activity in podzol. 167~175. Soil Organisms (1963)
 - 25) WAKSMAN, S. A.: The actinomycetes. Their Nature, Occurrence, Activities and Importance. Waltham, Mass. U. S. A. (1950)
 - 26) WITKAMP, M.: Microbial Population of leaf litter in Relation to Environment conditions and Decomposition. Ecol. Vol. 44, No. 2, 370~376. (1963)
 - 27) DRIFT, J.: Oorzaken en gevolg van verschillen in boden fauna in verschillen typen eikenbos. Ned. Bosbouw. T. 33: 90~108. (1961)
 - 28) LINDDEBERG, G.: On the decomposition of lignin and cellulose in litter caused by soil inhabiting Hymenomyces. Arkiv för botanik. 33a 10: 1~16. (1946)
 - 29) MIKOLA, P.: Experiments on the ability for forest soil, basidiomycetes to decompose litter material. Comm. Inst. For. Fenn. 42~47. (1954)
 - 30) 堤 利夫: 林木落葉の分解について、京大演報 (1956)
 - 31) WARCUP, J. H.: The ecology of soil fungi. Trans. Brit. mycol. Soc., 34, 376~99. (1951a)
 - 32) Saito, T.: Microbiological decomposition of beech litter. Ecol. Rev. 14: 141~147. (1956)
 - 33) W. LOUB: Zur synökologie der Bodenpilze, 420~426. Soil Organisms. (1963)

RÉSUMÉ

The flora of soil fungi from the 18 forest sites were studied by the dilution plate method.

The 18 forest sites were the followings:

Site 1 (0-P); a pure forest of *Picea jezoensis* Carr. var. *hondoensis*. The understory is lacking and the ground flora consists densely and solely of moss (Bryophyta). The soil is a brown forest soil.

Site 2 (0-A); an evergreen coniferous mixed *Abies homolepis*, *Tsuga sieboldii* and *Chamaecyparis obtusa* forest. The understory is lacking and the ground flora consists sparsely of moss.

Site 3 (0-F); a *Fagus crenata* forest. The ground flora consists of bamboograss.

Site 4 (0-F.R); a *Rhododendron Metternichii* cover. The canopies are covered with beechs and maples. The soil is wet brown forest soil and the organic horizon is well developed.

Site 5 (0-F.S.); A deciduous broad leaved mixed *Stewartia monadelphica* and *Fagus crenata* forest. The ground is densely covered with bamboograss. After spruce or fir wood had been removed, this forest has been established naturally some dozen years before this investigation.

Site 6 (A 0-F.); a mixed *Abies homolepis*, *Fagus-crenata* and *Quercus mongolica* var. *grosserrata* forest. The soil is a wet brown forest soil.

Site 1~6 are at the Mt. Odaigahara, Nara Prefecture and are 1500 m above the sea-level. The annual mean temperature is 5.7°C and the annual precipitation is 4926 mm.

Site 7 (K-F); a deciduous broad leaved mixed forest, dominated *Fagus crenata*, 1000 m above the sea-level. The annual mean temperature is 8.2°C.

Site 8 (K-Q); a forest of *Quercus glauca*, 450 m above the sea-level. The soil is a dry brown soil. The annual mean temperature is 14.3° C, and the annual precipitation is 2915 mm.

Site 9 (KA-Cry.); a forest of *Cryptomeria japonica* 350 m above the sea-level. The annual mean temperature is 13.8 C and the precipitation is 1847 mm. This forest has been

established about 40 years before this investigation. The understory is lacking and the ground flora consists densely and solely of *Iris japonica* Thunb.

Site 10 (A-P); a pure *Picea excelsa* forest and is 640 m above the sea-level.

Site 11 (A-D); a deciduous broad leaved mixed *Fagus crenata*, *Quercus mongolia* and others forest 670 m above the sea-level. The soil is brown forest soil.

Site 12 (A-Cry); a mixed forest, dominated *Cryptomeria japonica*, 700 m above the sea-level. The understory consists of many deciduous and evergreen broad leaved trees. The soil is a weak podzolized soil.

Site 10~12 are at the Ashu experimental forest of the Kyoto University. The annual mean temperature is 11.8°C and the annual precipitation is 2788 mm.

Site 13 (S-P. p.) a community of *Pinus pumila*, about 2800 m above the sea-level. The soil is a weathering granite sandy soil. The annual mean temperature is 0.8°C.

Site 14 (S-A); a pure forest of *Abies Mariesii*, about 2600 m above the sea-level. The soil is wet brown forest soil. The understory is lacking and the ground flora consists of moss. The annual mean temperature is 1.8°C.

Site 15 (S-A.T.); a coniferous evergreen mixed *Tsuga sieboldii* and *Abies Mariesii* forest, about 2000 m above the sea-level and the ground flora consists of moss and unknown grasses.

Site 16 (S-P.d); a forest of *Pinus densiflora* and has been planted before 30 years. This site is 800 m above the sea-level. The annual mean temperature is 10.8°C and precipitation is 1243 mm. The understory consists of many sumac and some other deciduous broad leaved trees and the ground is moss cover. The soil is a black forest soil.

Site 14~15 are situated in the experimental forest of Shinshu University in Nagano Prefecture.

Site 17 (Ky-Cu); a evergreen broad leaved mixed *Castanopsis cuspidata* and *Machilus* Thumb. forest.

Site 18 (Ky-D); a evergreen and deciduous broad leaved mixed forest. *Carpinus chonoskii* is the most dominant.

Site 17-18 are situated in Sendai, Kagoshima Prefecture. The annual mean temperature is 14.5°C and the annual precipitation is 2156 mm.

Five or six samples were taken from F-H horizon and A horizon in each forest site. In the laboratory, the samples of each horizon were weighed.

(I) Most of microfungi isolated were heavily spring fungi belonging in *Phycomycetes* and *Fungi Imperfecti*.

Trichoderma and *Penicillium* were generally and most abundantly isolated throughout from each horizon of the experimented forest site, except the mineral soil horizon at a *Pinus pumila* stand. *Mucor* and *Mortierella* were generally subdominant fungi. *Mortierella* sp. P was isolated from A horizon in the forest of *Castanopsis cuspidata*, *G. sp. Crypt.* I from A horizon in the forest of *Cryptomeria japonica*, and *G. sp. Picea* I from F-H horizon and A horizon in *Picea jezoensis*, and F-H horizon in the deciduous broad leaved mixed *Stewartia* and *Fagus* forest.

(II) Under the same climatic condition, the numbers of fungi isolated from the broad leaved forest and the mixed broad leaved-coniferous forest were more abundant than that

from the pure coniferous forest.

(III) It was recognized that in the fungal flora isolated from organic horizon, the fungal number decreased with the decrease of the annual mean temperature.

(IV) The flora of soil fungi from 18 forest sites were compared with each other by the method of Soerensen.

Picea excelsa, *Cryptmeria japonica* in Kashiwagi, *Abies Mariesii*, *Pinus pumila*, and *Stewartia monadelpha* forest were characterized by a very different microflora of soil microfungi (Q.S. less than 50).

On the contrary, the Q.S. between site 3 and site 5, between site 3 and site 10, and between site 5 and site 10 were 75-80.