

# 常緑広葉樹林の菌類子実体の多様性と都市化の影響

落丸武彦<sup>1</sup>・福田健二

東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻

1 (現所属) 桜美林中学校・高等学校

**摘 要**：スダジイを優占種とする関東地方の常緑広葉樹林における菌類子実体（キノコ）の多様性に与える都市化の影響を明らかにするため、東京都心から房総半島に至る都市化の程度の異なる調査地において、菌類子実体の発生の季節性と空間分布を調べた。都市林における外生菌根菌の多様性の低下は、天然林においてテングタケ科菌類が占めていた生態的地位が都市林ではベニタケ科のシロハツモドキ (*Russula japonica*)によって置換された可能性が示唆された。子実体発生位置の解析から、リター分解菌と腐植分解菌、腐植分解菌と外生菌根菌は、互いに重ならない位置に子実体を形成していること、リター分解菌はリター堆積厚に応じて異なる種が出現すること、腐朽木材分解菌はアオキの存在によって影響を受けることが示唆された。

**キーワード**：きのこ、フェノロジー、温度、空間分布解析

## はじめに

常緑広葉樹林は日本の南西部において平野部や山地下部に卓越する極相植生であり、日本の文化を育んできた重要な要素である（沼田・岩瀬, 1975 ; Ohsawa 1990 ; 中尾・佐々木, 1992). そのため、神社や寺院の社寺林をはじめとして日常生活に根ざした貴重な自然として親しまれ、また現在まで人間の生活圏内にも多くが残されている。

これらの樹林は国あるいは地方公共団体の天然記念物・文化財として保護の対象にもされているものが少なくない。また1993年に制定された環境基本法（平成5年法律第91号）や同年の都市公園法施行令の改正にもみられるように自然保護に関する諸法律も整えられ、人為活動の盛んな都市域においても残存する自然環境を保全する気運が高まっている。また千葉県においても2008年3月に生物多様性ちば県戦略が策定され、その中で原生・里

山都市生態系の保全と再生が目標とされている。

森林生態系において、菌類は有機物の分解など物質循環に大きな役割を果たしている。それと同時に植物の根と共に菌根と呼ばれる共生体を形成する菌類（菌根菌, mycorrhizal fungi）の存在が知られており、栄養塩類の吸収・ストレス耐性などの面で共生植物に有益に働く特性が明らかとされるに従って（Smith and Read, 1997 ; Duddridge et al., 1980）森林生態系における菌根菌の存在が重要視されるようになってきている。

森林の立地や環境が菌類相にもたらす影響に関して、主に酸性降下物、重金属、窒素酸化物などの土壌化学性に対する菌根菌の応答が研究されており（Dighton and Sleffington, 1987; Chappelka et al., 1991; Arnebrant, 1994）, 人為活動に伴う土壌の汚染が菌根菌の群集構造に影響を与えている可能性が示唆されている

(Baxter et al., 1999).

環境の変化に伴う菌類相の変化に関する調査研究を行い、生物指標となる種を選定していくことで、広範にわたる樹林において菌類生態系の健全性を効率的に評価することが可能になることが期待される。特に外生菌根菌は共生木本植物の成長に影響を及ぼすことや環境の変化によって種組成が影響を受けることが示されていることに加え、多くの種が大型の子実体を形成し肉眼による視認性が高く形態的特徴による種同定が比較的容易であることから生物指標として利用価値が高いと考えられる。また、生物指標を整備することで自然保全への地域住民の参加や環境教育への応用も可能であると考えられる。

Ochimaru and Fukuda (2007) は、東京都心から千葉県房総地域に至る都市化の傾度に沿って調査区を設置し、菌類の大型子実体の種組成と発生本数を4年間にわたって調査した結果、都市林においては、リター分解菌の種多様性や現存量が増加し、外生菌根菌の種多様性が低下していることを明らかにした。

そこで、本研究では、このような都市

化による菌類子実体発生の違いの原因を探るために、これらの調査地における菌類子実体の発生時期と空間分布について検討を加えた。

## 調査地と調査方法

### 1. 調査地

調査地は、Ochimaru and Fukuda (2007)において設置された東京都心部から房総半島にかけて残存する6カ所の常緑広葉樹林である(図1)。都市化の程度に応じて、都市内にある森林(以下、都市域)として東京都港区の国立科学博物館附属自然教育園内のシイ林(U1)、千葉県袖ヶ浦市の中心市街地の孤立した都市林である高滝神社の境内林(U2)、郊外の農村景観域～山間域で都市化や人為の影響をある低度受けている林分(以下、郊外域)として、千葉県千葉市千城台(R1)および千葉県市原市の高滝神社境内林(R2)、農村～山間域で都市化の影響が少ない林分(以下、山間域)として千葉県鴨川市の東京大学千葉演習林(M1)、千葉県館山市の諏訪神社境内林(M2)を調査地とした。

これらの樹林は林冠を構成する樹種としてスダジイ(*Castanopsis sieboldii*)を共

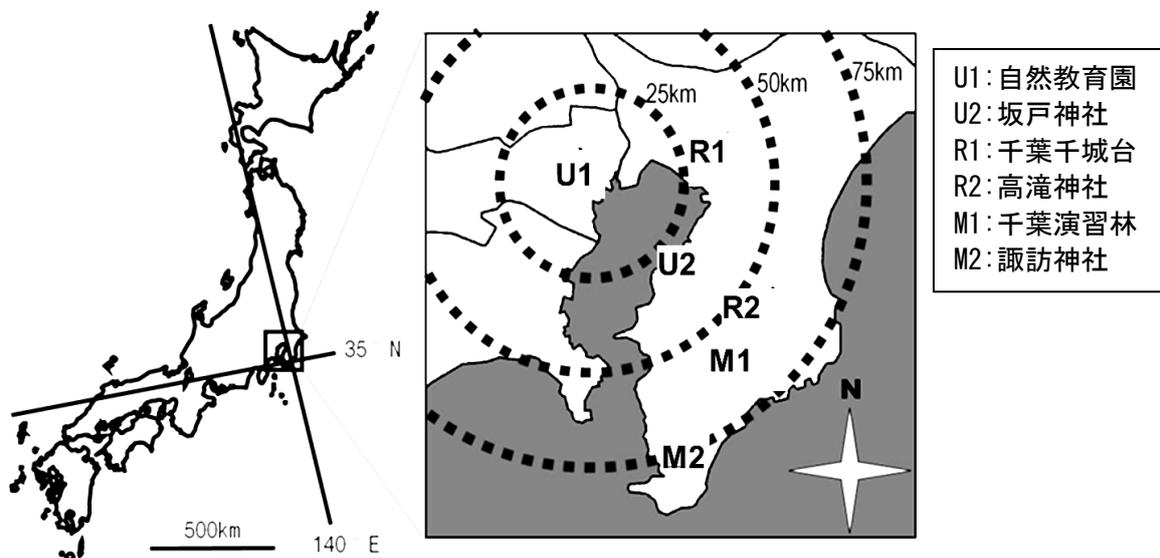


図1 調査地位置図 (Ochimaru and Fukuda, 2007 を改変).

有しているが、木本相の構造は都市化の影響を受けており、都市域に残存する樹林では気温の上昇や光環境の変化の影響を受けてシュロ (*Trachycarpus fortunei*) やアオキ (*Aucuba japonica*) の繁茂がみられるなど樹種構成に違いがみられる。同時に都市林では亜高木層の現存量が減少し低木の現存量が増加するなどサイズ構成にも変化がみられている。

## 2. 子実体発生調査

これらの調査地において、固定コドラート法により菌類の子実体の発生状況に関する調査を行った。子実体調査はU1, R1, M1の3調査地では2000年夏期から2003年の秋期までの4年間、U2, R2, M2では2006年夏期から秋期までの1年間、月に2度の頻度で行われた。全調査期間を通して、132種の子実体が確認された。

子実体はそれぞれの菌の基質によって5つの生活型に分類した (Ochimaru and Fukuda, 2007)。出現種の内訳は、リター分解菌22種、木材腐朽菌39種、腐朽木材分解菌10種、腐植分解菌23種、外生菌根菌38種であった。立地による菌類相の差異はこれらの生活型によって異なり、都市林においてはリター分解菌の種多様性や現存量が増加していた一方、外生菌根菌の種多様性が低下していた (Ochimaru and Fukuda, 2007)。

そこで、これらの子実体発生に関連する環境要因を明らかにするため、10m×10mの調査コドラートを2m×2mのサブコドラートに分割し、発生位置とリター堆積厚等との関係を解析した。子実体は、同じサブコドラート内に同時に出現した子実体は頻度1としてまとめ、その合計を子実体の現存量の指標とした。

## 3. 発生環境調査

木本相、リター現存量、リター堆積様式、気温、土壌化学性に関する調査を適宜行った。子実体の発生温度条件に関する解析のために、子実体が観察された日までの前20日間の気温の平均を子実体形成の温度条件とみなし、調査地間、種間、あるいは分類グループ間での子実体形成温度条件の比較を行った。気温の計測は、自然教育園・千葉千城台・千葉演習林においては2005年5月から11月にかけて、坂戸神社・高滝神社・諏訪神社においては2006年7月から11月と2007年5月から11月にかけてデータロガー (Watchdog 450 Data Logger, Spectrum Technologies Inc., IL, USA) を用いて気温の計測を行った。データロガーが各調査地の一つずつ、樹林内の林冠が閉鎖している場所に、林床より約1.3mの高さで設置した。また、データロガーは、直射日光を遮り通気を確保する専用のシェードによって被覆した。データロガーによって一時間間隔で測定した気温を元に、日最高気温・日平均気温・日最低気温を算出した。自然教育園・千葉千城台・千葉演習林において2005年に計測された気温は各調査地に最寄りの気象台にて観測された気温と非常に高い正の相関を示したことから (いずれも、 $P<0.0001$ )、これらの気温から回帰式を作成して、2000年から2003年に各気象台にて観測された気温を代入することにより、同時期の各調査地における気温を推定した。自然教育園に関しては東京管区気象台、千葉千城台に関しては銚子地方気象台千葉観測所、千葉演習林に関しては銚子地方気象台勝浦測候所の観測気温データを使用した。

菌類の子実体は、原基が形成されてから十分に成熟するまでに、種や環境条件

にもよるがおよそ7日から20日を要する。そこで、本研究では子実体の観察された日より前20日間における日最低気温と日最高気温の平均値を子実体形成に關与した温度条件とみなして解析を行った。

#### 4. 子実体の空間分布解析

また子実体の分布様式に関する解析のためにマッピング法によるコロニーの解析、子実体分布の重なり解析を行った。子実体の分布集中度を解析するために $m^*$ - $m$  相関法を使用した。平均混み合い度 ( $m^*$ ) は、次式により求められ、調査地を小グリッドで分割した際に、1個体に対して、同じ小グリッドに存在する他個体数の平均値として表される (Lloyd, 1967)。

$$m^* = \sum X_i (X_i - 1) / \sum X_i$$

ただし、 $X_i$ は*i*番目のグリッド内に存在する個体数

平均混み合い度は小グリッド当たりの平均個体数と線形の相関 ( $m^* = Am + B$ ) を示すことが示されており (Iwao, 1968), この相関関係での傾き  $A$  は “density-contagiousness coefficient (密度集中係数)” として個体分布の集中度を示す指標とされる。個体がランダムに存在する場合には  $A = 1$  であり、 $A > 1$  の場合は集中分布、 $A < 1$  の場合は一様分布である。また切片  $B$  は “index of basic contagion (基本集中指数)” として分布の基本要素を示す指標とされる。切片が0以下を示すときは独立した個体が分布しており、切片が0より大きいとき複数の個体からなるコロニーが分布していることを示す。本研究では、10m×10m のコドラートをもとに16, 64, 256の小グリッドに分割し算出した平

均混み合い度と平均個体数により回帰分析を行い、係数  $A$ ,  $B$  を求めた。

次に、生活型の異なる菌群間 (リター分解菌, 腐植分解菌, 木材腐朽菌, 腐朽木材分解菌, の子実体発生位置の重なり度合を解析するため、 $\omega$  指数を次式により算出した (Iwao, 1977)。

$\gamma \geq \gamma(ind)$  のとき

$$\omega = (\gamma - \gamma(ind)) / (1 - \gamma(ind))$$

$\gamma \leq \gamma(ind)$  のとき

$$\omega = (\gamma - \gamma(ind)) / \gamma(ind)$$

ただし、 $\gamma = \sum X_i Y_i / \sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2$

$$\gamma(ind) = (\sum X_i Y_i / \sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2) / N$$

$X_i$ ,  $Y_i$  は、*i* 番目のグリッド内におけるグループ  $X$  およびグループ  $Y$  に属する個体数、 $N$  はサブコドラートの数を示す。

グループ  $X$  とグループ  $Y$  の分布は、 $\omega = 1$  のとき完全に重なり、 $\omega = 0$  のとき互いに独立に分布し、 $\omega = -1$  のときに互いに排他的に分布することを表す。ここでは、各調査区を1mメッシュおよび2mメッシュのサブコドラートに分割した場合について、各生活型の菌群間の $\omega$  指数を求めた。

#### 5. 土壌分析

自然教育園、千葉千城台、千葉演習林に設置したコドラートからA層土壌 (0-10cm) を各3反復採集した。風乾したA層土壌10gを25gの水と共に1時間振とうした後、pHメータ (Kasutani ACT D-21, Horiba Ltd., Kyoto, Japan) にて土壌のpHを計測した。さらに25gの水を加え振とうした後、電気伝導度 (EC) を ECメータ (Kasutani ACT D-24, Horiba Ltd., Kyoto, Japan) にて計測した。土壌サンプルの全C量、N量、C/N比を、N-Cアナライザ

(FLASH EA1112, Thermo Electron Corp., Madison, Wis., USA) にて計測した。

土壌の重金属含有率を計測するために、土壌の酸溶液を作成した。有機物を分解するために、土壌0.1g と硝酸とフッ化水素酸をそれぞれ1ml ずつマイクロウェーブ試料分解容器に入れ、家庭用電子レンジを用いて200w で3分加熱した。有機物が残っている場合にはさらに硝酸を足し、再度加熱した。有機物が完全に分解された後、200°Cのホットプレートで混合酸が蒸発乾固するまで加熱し、1N硝酸10mlによって再度溶液化した。この試料を用いてICP分光分析装置 (Ultima2, Horiba Ltd., Kyoto, Japan) にて重金属濃度の測定を行った。

土壌のpH・電気伝導度(EC)・全C量・全N量・C/N比の差異は分散分析(ANOVA)によって解析した。解析はJMP6 (SAS Institute Inc., NC., USA) によって行った。

## 結果

### 1. 外生菌根菌の子実体発生フェロロジーと温度条件

外生菌根菌相は調査地U1,R1,M1で主にテングタケ科 (Amanitaceae), ベニタケ科

(Russulaceae), イグチ科 (Boletaceae) に属する菌から構成されていることを報告している (Ochimaru and Fukuda, 2007) が, U2, R2, M2についても同様であった (データ省略)。

外生菌根菌は都市化した樹林で多様性が低下することがU1, R1, M1の調査結果から報告されており, 都市林である自然教育園では外生菌根菌としてはシロハツモドキ (*Russula japonica*) が圧倒的な優占を示していた (Ochimaru and Fukuda, 2007)。そこで, シロハツモドキの優占度を全調査地で比較してみたところ, 孤立した都市林である坂戸神社においては自然教育園同様にシロハツモドキの著しい優占が観察された一方, 山地林である千葉演習林と都市化の影響をあまり受けていない諏訪神社においては, シロハツモドキが全くみられなかった (図2)。また, 郊外域にある高滝神社と千葉千城台ではシロハツモドキの発生がみられたが, その優占度は都市林よりも低かった。すなわち, 都市化の進んだ調査地ほど, シロハツモドキの発生率が高い傾向が示された。

そこで, 郊外・山間域において高頻度にみられたテングタケ科のコテングタケ

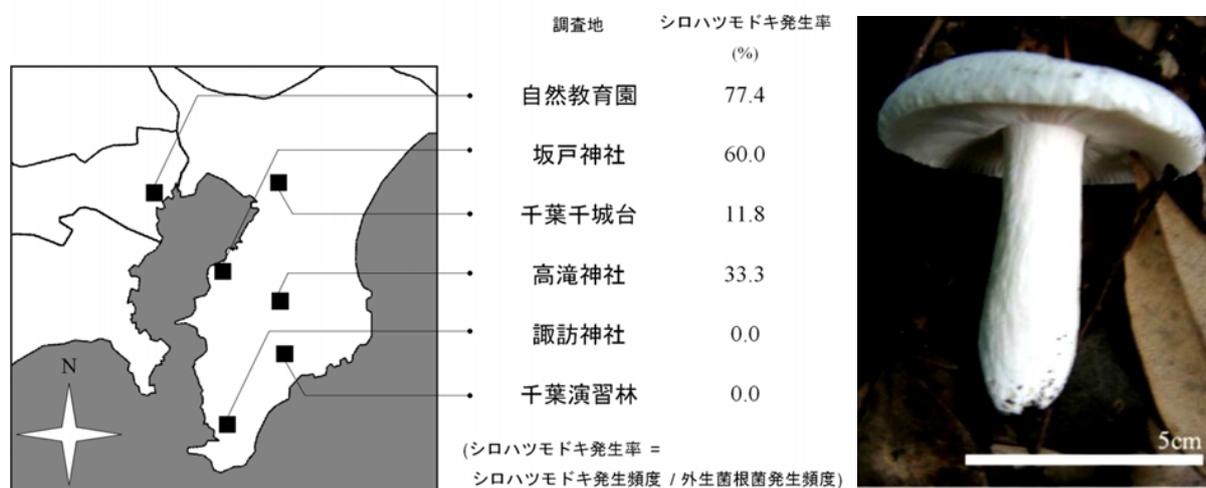


図2 調査地におけるシロハツモドキ (写真)の発生率。

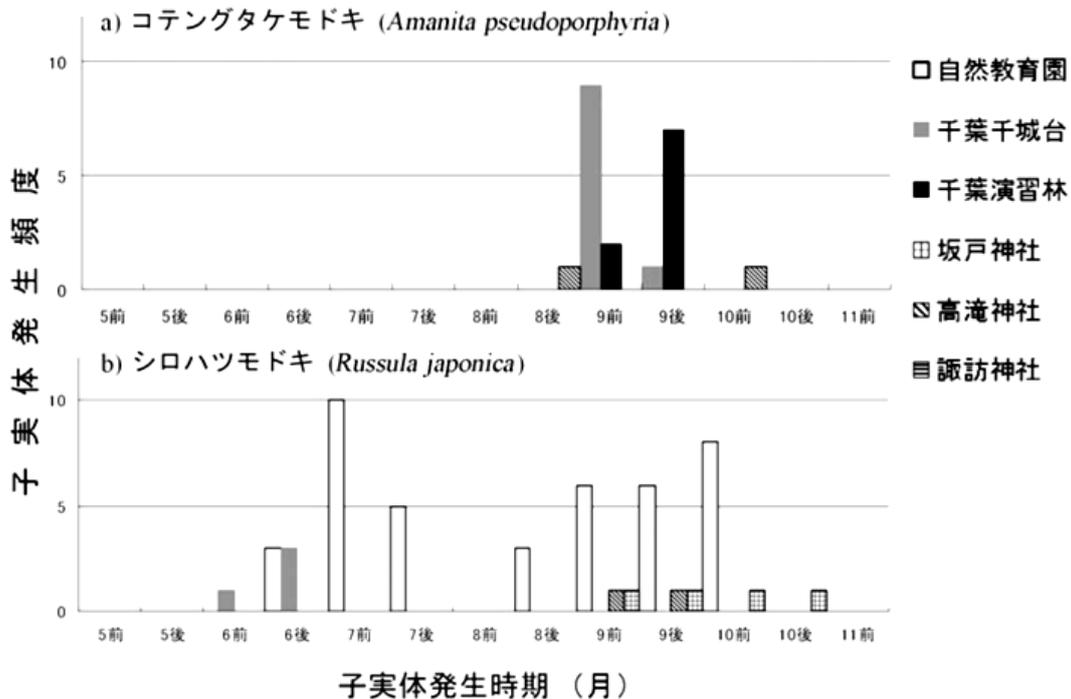


図3 コテングタケモドキ(a) とシロハツモドキ(b) の子実体発生頻度の季節変化。

モドキ (*Amanita pseudoporphyria* Hongo) と、都市域において高頻度でみられたベニタケ科のシロハツモドキ (*Russula japonica*) の発生フェノロジー (季節変化) を検討した (図3)。ただし、諏訪神社ではいずれの種も発生が見られなかった。

コテングタケモドキは調査地によらず主に8月から9月に集中して子実体の形成が観察された。シロハツモドキは自然教育園においては6月から10月の長期にわたって子実体の形成が観察され、千葉千城台においては6月に、坂戸神社では9月から10月、高滝神社では9月に子実体形成がみられた。すなわち、シロハツモドキは初夏と秋の2回の発生のピークが見られ、そのうち秋のピークはコテングタケモドキの発生時期と一致していることが明らかにされた。この2種の発生時の最高気温と最低気温は、両種とも調査地間で有意差がなかった (図4)。

さらに、子実体発生頻度が比較的高かったニセクサハツ (*Russula pectinatoides*

Peck), チチタケ (*Lactarius volemus* (Fr.) Fr.), ケショウハツ (*R. violeipes* Quel.), シロハツモドキ, コテングタケモドキ, キニガイグチ (*Tylopilus ballouii* (Peck) Sing.) の6種の外生菌根菌について、子実体形成温度条件の種間比較を行った (図5)。最高気温に関してはいずれの種についても子実体形成温度条件に有意差はみられなかったが、最低気温に関してはニセクサハツの子実体形成温度は、コテングタケモドキやキニガイグチよりも有意に低かった (図5下段,  $P < 0.05$ )。すなわち、菌種により子実体形成温度条件が異なる場合があった。

一方、コテングタケモドキとシロハツモドキの2種に関しては、子実体形成温度条件に有意な差はなく、ほぼ同様な温度条件で発生していることが示された。また、シロハツモドキは子実体発生時期の温度条件がもっとも幅広いため、いずれの種とも子実体形成温度に有意差がみられなかった。このことは、シロハツモド

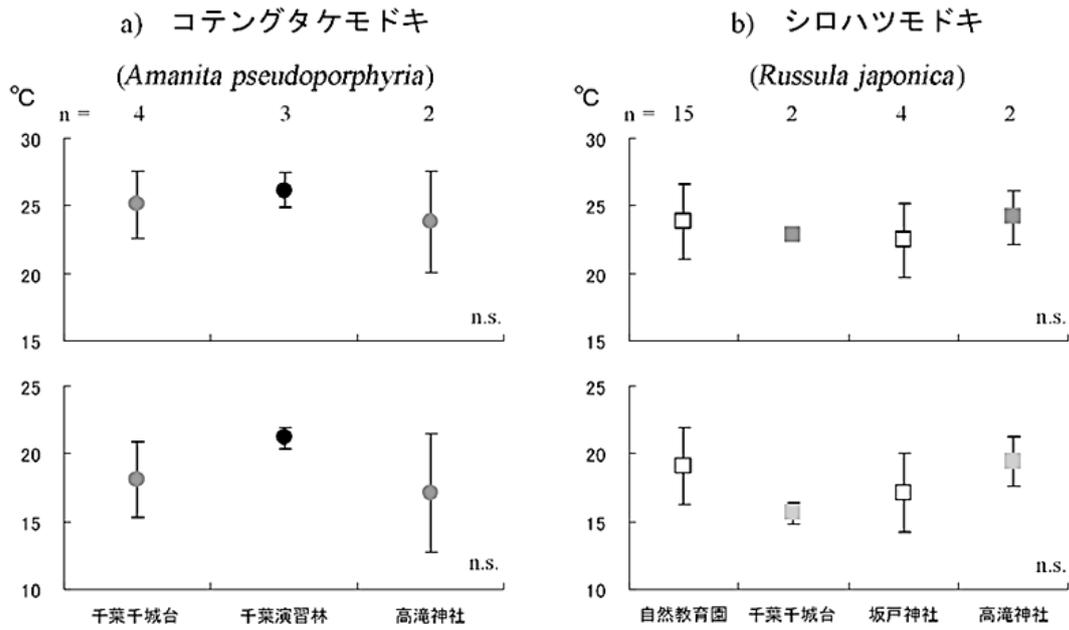


図4 コテングタケモドキとシロハツモドキの子実体発生温度条件。  
 上段：最高気温 下段：最低気温。  
 白抜き：都市域，網掛け：郊外～山間域，黒：山間域。

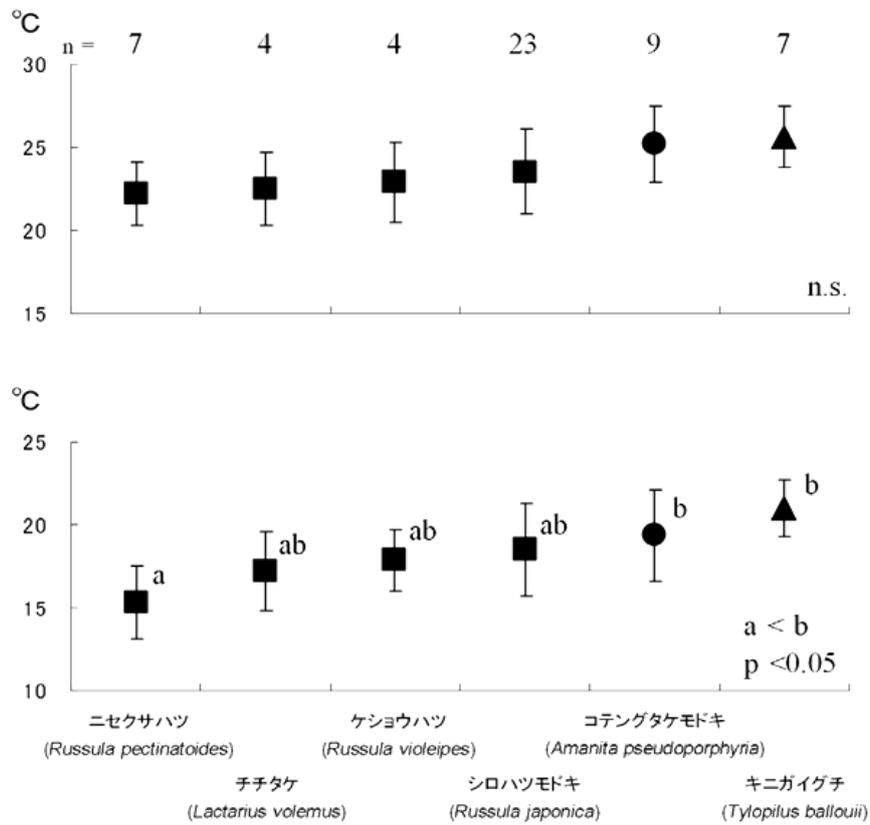


図5 外生菌根菌6種の子実体発生時の気温（平均±標準偏差）。  
 上段：最高気温，下段：最低気温。

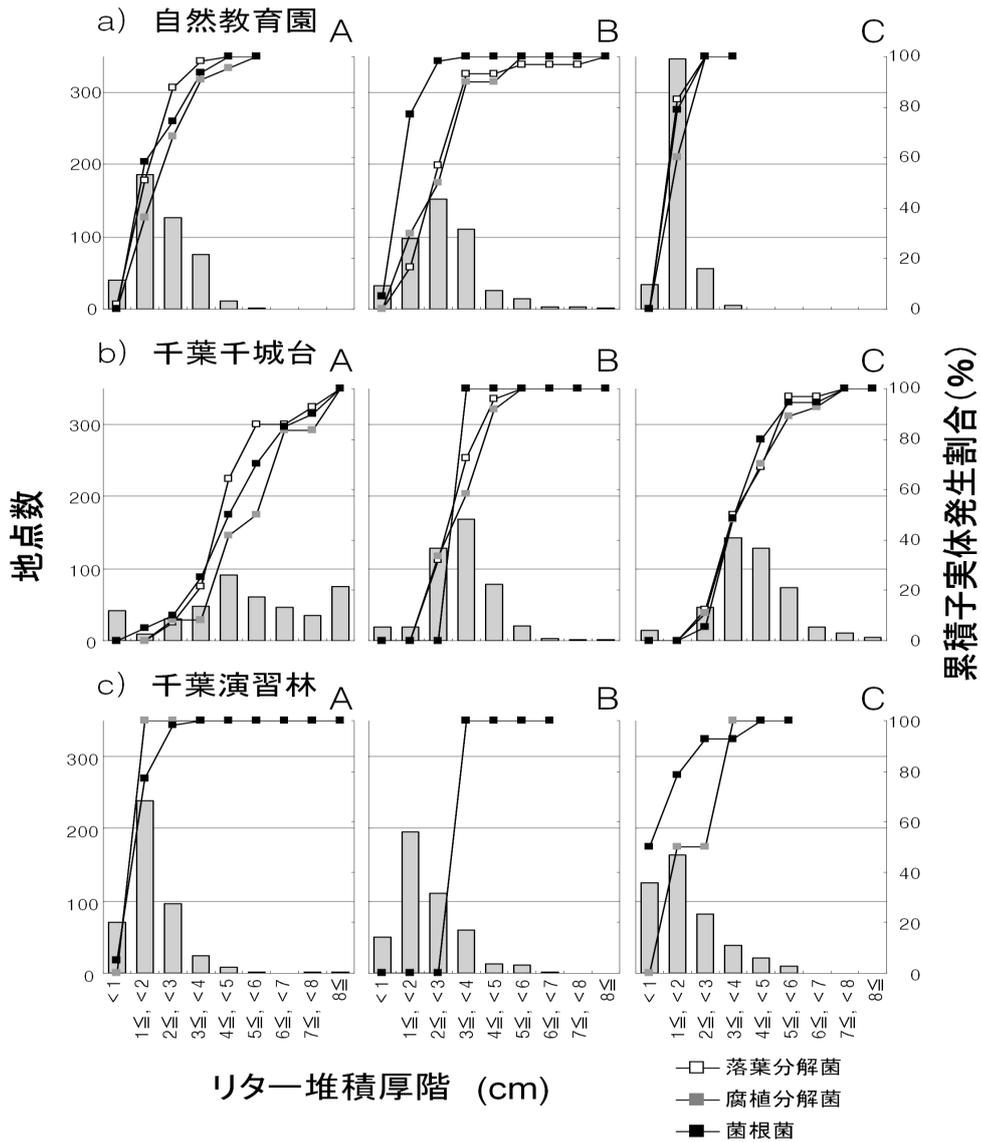


図6 各調査地における堆積リター厚の分布と累積子実体発生割合.

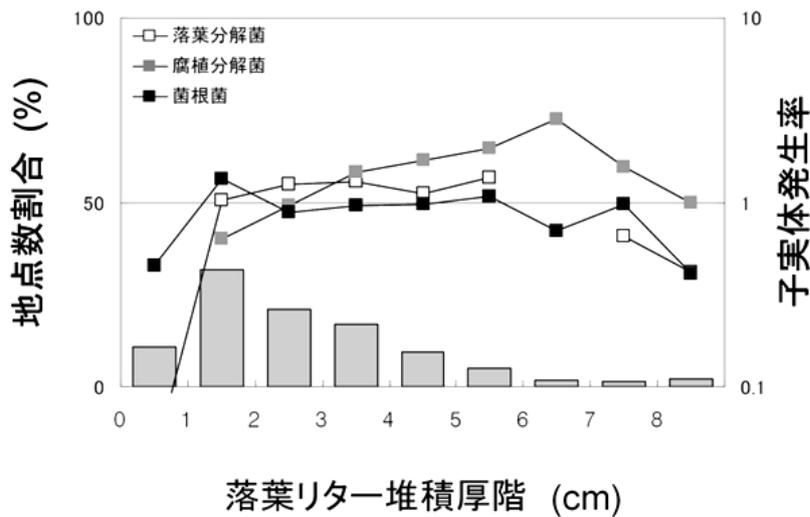


図7 全調査地の落葉リター堆積厚階分布 (棒グラフ)と各堆積厚階への子実体の環境選好度 (折れ線).  
(環境選好度 = 子実体発生割合 / サブコドラート数割合)

キの都市林での発生時期が6月から11月の長期間にわたることと対応しており、都市林でシロハツモドキが圧倒的な優占を示す理由の一つとして、子実体形成温度条件の幅が広いことが考えられる。

## 2. 子実体の発生位置とリター堆積厚

次に、リター堆積厚と菌類子実体発生位置の関係について、地表に子実体を形成するリター分解菌・腐植分解菌・外生菌根菌の4つの生活型（栄養基質にもとづく）について検討を行った。各調査地のリター堆積状況を示すため、各調査区内のリター堆積厚階ごとのサブコドラート数をヒストグラムに、各調査コドラートにおける子実体発生総数に対するリター堆積厚階ごとの発生数の割合を生活型ごとの累積曲線として図6に示した。累積発生曲線の傾きが急になっているリター堆積厚階で、それぞれの生活型の発生が集中していることを示しており、全体の傾きが緩やかであれば、より広範なリター厚の場所に発生していることを示している。

全ての調査地を通じて、リター分解菌、外生菌根菌に比較して、腐植分解菌における子実体発生率累積曲線が下に位置した。つまり、腐植分解菌は、他の生活型よりもリター堆積厚のより厚い場所に発生している傾向がみられた。これは、リターの厚い場所ほど腐植層が溜まっているためであろう。自然教育園、千葉演習林においては、いずれの生活型においてもリター堆積厚が2~4cmの階で累積発生割合が80%を超え、ほぼ飽和に達した。すなわち、2~4cm以下のサブコドラートに子実体が多く発生していた。一方、千葉千城台においては、累積発生割合が80%を超えるリター堆積厚が4~

7cmであり、よりリターの厚いサブコドラートにも子実体が発生していたことが示された。ただし、もともと調査地のリターの堆積厚が、自然教育園と千葉演習林では2~4cm以下のサブコドラートが多く、千城台ではより厚くリターが堆積しているサブコドラートが多かったことを反映していることも考えられ、このままでは、調査地間の比較は困難である。

そこで、各リター堆積厚に対する菌類の選好性を表す指標として、それぞれのリター堆積厚階に属するサブコドラートの割合に対する子実体発生割合の比を求めた（以下、環境選好度と呼ぶ）。リター堆積厚に関係なくランダムに子実体が発生している場合には、リター堆積厚階ごとの子実体発生割合は、それぞれのサブコドラート数の割合と等しくなることから、すべてのリター堆積厚階において環境選好度は1となる。特定のリター堆積厚に子実体が集まって発生している場合には、そのリター堆積厚階で環境選好度が1より大きな値をとり、子実体発生の少ないリター堆積厚階では1より小さな値をとる。

落葉分解菌の環境選好度は1~6cmのリター堆積厚において1を超え、それ以上では1を下回った（図7）。腐植分解菌では3~8cm以上のリター堆積厚において1を超え、6~7cmのリター堆積厚階においてピークを示した。外生菌根菌では1~2cmのリター堆積厚階においてピークを示し、2~6cmのリター堆積厚においてほぼ1で推移し、それ以上では1を下回った。また、腐植分解菌の子実体が発生した位置におけるリター堆積厚の平均値は、リター分解菌・外生菌根菌よりも有意に厚かった。すなわち、落葉分解菌と菌根菌は1~6cmのかなり広い範囲のリター堆積

環境に発生していたが、特に腐植分解菌ではそれよりもさらにリターが厚い3～8cmの環境を選好していることが示された。

リター分解菌のハラタケ目キシメジ科の4属について、出現箇所の平均リター厚（±標準誤差）を比較した結果、モリノカレバタケ属（*Collybia*）およびホウライタケ属（*Marasmius*）ではそれぞれ  $3.2 \pm 0.24$  cm,  $3.0 \pm 0.23$  cmと厚く、シロホウライタケ属（*Marasmiellus*）およびクヌギタケ属（*Mycena*）では、 $2.1 \pm 0.16$  cm,  $2.0 \pm 0.15$  cmで、前の2属よりも有意に薄かった（ $p < 0.01$ ）。

### 3. 子実体の空間分布解析

子実体発生様式の解析を  $m^*-m$  相関法によって行った結果を、表1に示した。

リター分解菌に関しては、モリノカレバタケ属（*Collybia*）のアマタケやホウライタケ属（*Marasmius*）の種は子実体が特定の微環境を選んで集中分布しているのか、調査地全体に一様に分布しているのかを示す密度集中係数（A）が2.71～12.95と高い値を示した一方、シロホウライタケ属（*Marasmiellus*）やクヌギタケ属（*Mycena*）の種は0.24～2.16とランダム分布を示す1に近い値であった。木材腐朽菌はハラタケ目の種もヒダナシタケ目の種もランダムに分布する傾向であった。一方、腐朽木材分解菌はやや集中分布する傾向にあり、腐植分解菌は、いずれも弱い集中分布を示した。

外生菌根菌では、テングタケ科の密度集中係数（A）は0.68～1.84と低い値を示した。ベニタケ科の種は最低で1.02を示したが、シロハツモドキ（自然教育園コドラートC）で4.71、ニセクサハツ（千葉千城台コドラートC）で4.11、チチタケ

（千葉演習林コドラートA）で3.90と高い値を示した。イグチ科のキニガイグチ（自然教育園コドラートA）もまた6.10と高い値を示し、集中分布していた。イボタケ科のボタンイボタケ（*Thelephora aurantiotincta* Corner.）は最低で0.50を示したが（千葉演習林コドラートA）、千葉演習林コドラートCでは6.10と高い値を示した。基本集中指数（B）はほとんどの種で1以下の低い値を示したが、コテングタケモドキ（千葉演習林コドラートA）では1.36、ニセクサハツ（千葉千城台コドラートC）では1.71と高い値を示し、複数個体がコロニーを形成していることを示した。

次に、各生活型の菌群間での子実体発生位置による $\omega$ 解析の結果を表1に示す。なお、千葉演習林のコドラートBとコドラートCは外生菌根菌以外の生活型の子実体発生数が少なかったため今回の解析からは除外した。

リター分解菌と腐植分解菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで-0.31、2mメッシュで-0.35、腐植分解菌と外生菌根菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで-0.43、2mメッシュで-0.23であった。リター分解菌と腐植分解菌、腐植分解菌と外生菌根菌は互いに重ならず相反する位置に子実体を形成していることを示した。リター分解菌と外生菌根菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで-0.16、2mメッシュで-0.01であり、互いの子実体形成位置はそれぞれ独立していることが示された。つまり、腐植層にコロニーをつくる腐植分解菌は、リター層から腐植層にかけてコロニーを形成するリター分解菌とも、腐植層から鉱質土壌層にかけてコロニーをつくる外生菌根菌ともニッチが部分的に重なるため、互いに避けあうように分布している一方、リター分解菌と外生菌根菌はニッチが重な

表1 外生菌根菌のm\*-m相関法による解析結果.

属	種小名	和名	調査地	密度集中係数	基本集中指数
<b>腐朽木材分解菌</b>					
<i>Pluteus</i>	<i>atricapillus</i>	ウラベニガサ	千葉千城台A	1.65	0.19
<i>Pluteus</i>	<i>atricapillus</i>	ウラベニガサ	千葉千城台B	1.71	0.09
<i>Pluteus</i>	<i>atricapillus</i>	ウラベニガサ	千葉演習林A	2.29	-0.08
<i>Psathyrella</i>	<i>candolliana</i>	イタチタケ	自然教育園A	1.50	0.17
<i>Psathyrella</i>	<i>candolliana</i>	イタチタケ	自然教育園B	2.74	-0.05
<i>Psathyrella</i>	<i>candolliana</i>	イタチタケ	千葉千城台A	1.41	-0.11
<i>Psathyrella</i>	<i>candolliana</i>	イタチタケ	千葉千城台B	2.74	-0.02
<i>Psathyrella</i>	<i>candolliana</i>	イタチタケ	千葉千城台C	2.29	-0.08
<i>Naemotoloma</i>	<i>gracile</i>	ニガクリタケ	千葉千城台B	4.73	1.29
<b>腐植分解菌</b>					
<i>Oudemansiella</i>	<i>pu dens</i>	ビロードツエタケ	自然教育園A	1.46	-0.07
<i>Oudemansiella</i>	<i>pu dens</i>	ビロードツエタケ	自然教育園B	1.52	0.17
<i>Oudemansiella</i>	<i>pu dens</i>	ビロードツエタケ	自然教育園C	1.46	-0.07
<i>Oudemansiella</i>	<i>pu dens</i>	ビロードツエタケ	千葉千城台A	2.71	0.22
<i>Leucocoprinus</i>	<i>subglobisporus</i>	マルミノヒガサタケ	千葉千城台B	4.06	-0.11
<i>Leucocoprinus</i>	<i>subglobisporus</i>	マルミノヒガサタケ	千葉千城台C	0.50	0.38
<i>Geastrum</i>	<i>triplex</i>	エリマキツチグリ	自然教育園A	1.46	-0.07
<i>Geastrum</i>	<i>triplex</i>	エリマキツチグリ	千葉千城台A	9.95	-0.10
<i>Geastrum</i>	<i>triplex</i>	エリマキツチグリ	千葉千城台B	1.46	-0.07
<i>Geastrum</i>	<i>triplex</i>	エリマキツチグリ	千葉千城台C	1.46	0.13
<b>外生菌根菌</b>					
<i>Amanita</i>	<i>pseudoporphyria</i>	コテングタケモドキ	千葉千城台A	1.84	0.18
<i>Amanita</i>	<i>pseudoporphyria</i>	コテングタケモドキ	千葉演習林A	0.71	1.36
<i>Amanita</i>	<i>vaginata var. vaginata</i>	カバイロツルタケ	千葉演習林A	0.68	0.44
<i>Russula</i>	<i>cyanoxantha</i>	カワリハツ	自然教育園A	1.02	-0.06
<i>Russula</i>	<i>japonica</i>	シロハツモドキ	自然教育園A	1.71	-0.08
<i>Russula</i>	<i>japonica</i>	シロハツモドキ	自然教育園B	1.23	-0.08
<i>Russula</i>	<i>japonica</i>	シロハツモドキ	自然教育園C	4.71	0.23
<i>Russula</i>	<i>pectinatoides</i>	ニセクサハツ	千葉千城台C	4.11	1.71
<i>Lactarius</i>	<i>volemus</i>	チチタケ	千葉演習林A	3.90	0.00
<i>Tylopilus</i>	<i>ballouii</i>	キニガイグチ	自然教育園A	6.10	0.00
<i>Thelephora</i>	<i>aurantiotincta</i>	ボタンイボタケ	千葉演習林A	1.24	0.29
<i>Thelephora</i>	<i>aurantiotincta</i>	ボタンイボタケ	千葉演習林B	0.50	0.08
<i>Thelephora</i>	<i>aurantiotincta</i>	ボタンイボタケ	千葉演習林C	6.10	0.33
<i>Thelephora</i>	<i>palmeta</i>	モミジタケ	千葉演習林B	4.39	0.20
<b>リター分解菌</b>					
<i>Collybia</i>	<i>dryophila</i>	アマタケ	自然教育園A	6.95	0.57
<i>Marasmiellus</i>	<i>candidus</i>	シロホウライタケ	自然教育園A	1.11	-0.03
<i>Marasmiellus</i>	<i>candidus</i>	シロホウライタケ	自然教育園B	0.24	0.07
<i>Marasmiellus</i>	<i>candidus</i>	シロホウライタケ	自然教育園C	0.57	-0.04
<i>Marasmiellus</i>	<i>candidus</i>	シロホウライタケ	千葉千城台B	2.16	0.67
<i>Marasmiellus</i>	<i>candidus</i>	シロホウライタケ	千葉千城台C	1.46	-0.07
<i>Marasmiellus</i>	<i>nigripes</i>	アシグロホウライタケ	自然教育園A	1.34	-0.03
<i>Marasmiellus</i>	<i>nigripes</i>	アシグロホウライタケ	自然教育園C	0.60	-0.06
<i>Marasmius</i>	<i>maximus</i>	オオホウライタケ	千葉千城台A	12.95	-0.25
<i>Marasmius</i>	<i>pulcherripes</i>	ハナオチバタケ	千葉千城台B	5.76	-0.17
<i>Marasmius</i>	<i>pulcherripes</i>	ハナオチバタケ	千葉千城台B	2.71	0.22
<i>Mycena</i>	<i>pura</i>	サクラタケ	千葉千城台B	1.02	0.06
<i>Mycena</i>	<i>rorida</i>	ヌナフタケ	自然教育園B	0.57	-0.04
<i>Mycena</i>	<i>rorida</i>	ヌナフタケ	自然教育園C	1.99	-0.16
<i>Crinipellus</i>	<i>stipitaria</i>	ニセホウライタケ	千葉千城台C	1.46	-0.07
<b>木材腐朽菌</b>					
<i>Cyptotrama</i>	<i>asprata</i>	ダイダイガサ	自然教育園A	1.66	1.59
<i>Cyptotrama</i>	<i>asprata</i>	ダイダイガサ	千葉千城台C	1.86	0.28
<i>Hohenbuehelia</i>	<i>reniformis</i>	ヒメムキタケ	自然教育園B	1.46	-0.07
<i>Hohenbuehelia</i>	<i>reniformis</i>	ヒメムキタケ	千葉千城台B	1.14	-0.08
<i>Micropmphale</i>	<i>sp.</i>	サカズキホウライタケ	自然教育園A	1.66	0.96
<i>Strobilurus</i>	<i>ohshimae</i>	スギエダタケ	千葉千城台B	0.68	0.11
<i>Microporus</i>	<i>flabelliformis</i>	ウチワタケ	自然教育園A	2.70	-0.10
<i>Microporus</i>	<i>flabelliformis</i>	ウチワタケ	自然教育園B	1.00	0.98
<i>Microporus</i>	<i>flabelliformis</i>	ウチワタケ	自然教育園C	1.71	0.13
<i>Microporus</i>	<i>flabelliformis</i>	ウチワタケ	千葉千城台A	1.52	0.17
<i>Microporus</i>	<i>vernicipes</i>	ツヤウチワタケ	自然教育園A	1.69	1.07
<i>Microporus</i>	<i>vernicipes</i>	ツヤウチワタケ	自然教育園B	1.43	0.14
<i>Microporus</i>	<i>vernicipes</i>	ツヤウチワタケ	自然教育園C	1.21	0.07
<i>Microporus</i>	<i>vernicipes</i>	ツヤウチワタケ	千葉千城台B	1.15	2.47
<i>Microporus</i>	<i>vernicipes</i>	ツヤウチワタケ	千葉千城台C	1.16	0.74
<i>Tyromyces</i>	<i>sambuceus</i>	シロカイメンタケ	千葉千城台A	3.05	0.83
<i>Tyromyces</i>	<i>sambuceus</i>	シロカイメンタケ	千葉千城台C	2.29	-0.08

表2 各生活型の菌群間の子実体分布のω指数による解析結果.

		自然教育園			千葉千城台			千葉演習林			average†
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	
リター分解菌	木材腐朽菌	-0.27 0.18	-0.01 0.03	0.17 0.01	0.05 0.19	0.07 0.30	0.07 0.33	0.10 -0.19	-1.00 -1.00		0.02 0.12
	腐朽木材分解菌	-0.01 -0.09	0.05 0.03	0.23 0.22	0.01 0.07	0.31 0.29	-0.65 -0.01	-1.00 0.29			-0.15 0.12
	腐植分解菌	0.02 -0.12	0.00 -0.13	0.07 0.02	-1.00 -0.85	-0.31 -0.39	0.05 0.03	-1.00 -1.00			-0.31 -0.35
	外生菌根菌	0.02 -0.18	0.06 -0.17	0.17 0.12	-0.29 -0.02	0.17 0.08	-0.29 0.04	-1.00 0.05	-1.00 -1.00		-0.16 -0.01
木材腐朽菌	腐朽木材分解菌	0.10 0.36	0.12 0.10	0.13 -0.17	0.01 0.16	0.11 0.13	0.05 0.29	0.01 0.08	-1.00 -1.00		0.07 0.14
	腐植分解菌	0.22 0.28	0.00 0.21	0.09 -0.08	-1.00 -0.09	0.04 0.07	-0.52 -0.46	0.06 -0.19	-1.00 -1.00		-0.16 -0.04
	外生菌根菌	-0.23 -0.18	-0.52 -0.30	0.09 0.17	-0.38 -0.06	-0.62 -0.91	-0.82 -0.77	0.11 -0.01	0.06 0.05	0.05 0.20	-0.34 -0.29
腐朽木材分解菌	腐植分解菌	-0.04 0.32	0.03 0.11	-1.00 0.35	0.08 0.04	0.04 0.18	-0.59 -0.38	-1.00 0.01	-1.00 -1.00		-0.35 0.09
	外生菌根菌	-0.32 -0.22	-1.00 -1.00	-1.00 -0.12	-0.46 -0.32	-0.28 0.02	-0.68 0.03	0.09 0.24	0.05 -0.55		-0.52 -0.19
腐植分解菌	外生菌根菌	0.10 -0.16	0.10 0.08	-1.00 0.01	-0.58 -0.17	-1.00 -1.00	-0.79 -0.60	0.14 0.24	-1.00 -1.00		-0.43 -0.23

上段:1mメッシュ 下段:2mメッシュ †:自然教育園A, B, C 千葉千城台A, B, C 千葉演習林A の平均値

表3 各調査地の土壌分析結果.

調査地 コード	自然教育園 (INS)			千葉千城台 (CSR)			千葉演習林 (UFC)				
	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
pH(H <sub>2</sub> O)	4.7	5.0	4.8	5.1	5.8	5.1	4.8	4.9	4.8	INS, UFC < CSR	p < 0.01
EC (μS)	299	214	223	274	193	199	149	224	226	n. s.	
C (%)	20.6	6.8	12.0	11.2	10.0	8.3	4.0	9.7	11.2	n. s.	
N (%)	2.0	0.9	1.0	0.9	0.8	0.7	0.4	0.8	0.8	INS > CSR, UFC	p < 0.05
C/N	10.01	7.48	11.84	12.65	12.48	10.88	9.86	11.12	13.48	n. s.	
Pb (mg / kg)	422.7	354.7	435.7	421.7	415.7	413.0	377.0	378.3	398.0	n. s.	
Zn (mg / kg)	170.3	198.0	194.0	159.0	169.0	171.0	150.7	184.0	160.7	INS > UFC	p < 0.05
Cu (mg / kg)	273.7			192.7			127.0			INS > CSR > UFC	p < 0.05

らないので共存できるということを示唆しているのかもしれない。

木材腐朽菌と腐朽木材分解菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで0.07, 2mメッシュで0.14であり, 互いの子実体形成位置はそれぞれ独立していることが示唆された。

木材腐朽菌と外生菌根菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで-0.34, 2mメッシュで-0.29, 腐朽木材分解菌と外生菌根菌の $\omega$ 指数の平均は1mメッシュで-0.52, 2mメッシュで-0.19であった。木材腐朽菌と外生菌根菌, 腐朽木材分解菌と外生菌根菌は互いに重ならず相反する位置に子実体を形成していることが示唆された。

#### 4. 都市林土壌の化学性

都市, 郊外, 山間地を代表する自然教育園・千葉千城台・千葉演習林の各コドラートにおける土壌の化学性を表3に示した。

各コドラートから採集されたA層土壌のpHは千葉千城台において自然教育園・千葉演習林よりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。特に千葉千城台のコドラートBにおいてはpH5.8を示し, 全てのコドラートの中で最も高かった。土壌の電気伝導度(EC), C/N比は調査地間で有意な差を示さなかったが, 全N量は自然教育園において千葉千城台・千葉演習林よりも有意に高く ( $P < 0.05$ )。自然教育園のコドラートAにおいては平均で2.0%を示した。

土壌の重金属含有率では, 鉛では各調査地間で有意な差は示されなかった。しかし, 亜鉛では自然教育園において千葉演習林よりも有意に高い濃度を示し ( $P < 0.05$ )。自然教育園のコドラートBにおいては平均で198 mg/kgを示した。さらに, 銅では自然教育園のコドラートA, 千葉千城台のコドラートA, 千葉演習林のコド

ラートAの順に含有率が有意に低くなる傾向が示され ( $P < 0.05$ )。自然教育園のコドラートAでは 273 mg/kg を示した。

#### 考 察

これまでに, 自然教育園 (U1), 千葉千城台 (R1), 千葉演習林 (M1) の3調査地における3年間の子実体調査の結果から, 都市化とともにテングタケ科などの菌根菌類が減少し, ベニタケ科の菌根菌であるシロハツモドキが増加していたことが明らかにされている (Ochimaru and Fukuda, 2007) が, 今回, 新たに3か所の調査地を加えた結果から, 都市化に伴うシロハツモドキの優占度の増大が確認された。これら6か所の調査地のうち, 5か所に共通して発生したベニタケ科のシロハツモドキおよびテングタケ科のコテングタケモドキの子実体発生時期の解析より, コテングタケモドキの子実体は9月前半から後半の短い期間に集中して形成されたが, この時期に都市林ではシロハツモドキが子実体を形成していたこと, この時期の都市域と山間域との気温差はわずかであり, テングタケ科とシロハツモドキの子実体形成温度条件には有意差がなかった。他の菌根菌類でも, 子実体発生は初夏または秋にピークがみられた (落丸未発表データ) が, 都市林におけるシロハツモドキの発生時期はこの両方と重なっていた。シロハツモドキは解析したすべての菌根菌種と子実体発生温度に有意差がなかった。これらのことから, 山地林でテングタケ科の種が占めていた生態的地位が, 都市林においてはシロハツモドキによって置換され, シロハツモドキが春から秋までの長期間にわたって発生していることが示された。

ベニタケ科は, 京都市のシイ林におけ

る子実体調査結果 (Fukiharu and Kato, 1997) においても優占種として報告されており、シロハツモドキがすべての都市化の進んだ調査地において出現したことは、この仮説を支持している。また、外生菌根菌の子実体発生温度条件は、種ごとに有意に異なり、特に日最低気温において種間差が大きかった。このことは、都市環境下における最低気温の上昇が外生菌根菌の子実体形成に影響を与えている可能性を示唆している。

子実体の空間分布の $m^*-m$ 相関法による解析結果によると、リター分解菌は属によって異なる傾向を示し、モリノカレバタケ属、ホウライタケ属で分布集中度が高かった。Fukiharu and Kato (1997) においては、モリノカレバタケ属は集中分布、ホウライタケ属はランダム分布するとされ、Yamashita and Hijii (2006) では、これら2属とクヌギタケ属のいずれもが集中分布するとされている。これらの結果の違いは調査区のメッシュサイズの違いによることが考えられるが、いずれの結果でも、モリノカレバタケ属がホウライタケ属やクヌギタケ属よりも強い集中分布を示すとの傾向は一致している。こうした傾向は、それぞれの属が好むリター堆積厚の違いに対応していると考えられた。すなわち、モリノカレバタケ属とホウライタケ属は、他の2属よりもリターが厚く堆積した地点に出現しており、そのような条件の場所が集中分布することによる。

木材腐朽菌と腐朽木材分解菌は、おおむねランダムに分布していたが、これは基質となる倒木や枝の分布がランダムであったためである。腐朽度が進むにつれ分布集中度が高くなる傾向がみられた。腐植分解菌は弱い集中分布ないしランダム

分布を示しており、大きなコロニーは形成されていなかった。

外生菌根菌では、シロハツモドキは概ね緩やかな集中分布を示したが、一部強い集中分布を示した調査地がみられた。また、コテングタケモドキでは概ね緩やかな集中分布を示した。小川 (1981) は菌根菌の生態的性質としてコロニーの形態や菌糸体の構造に基づいて生活型の分類を行っている。これによると、シロハツモドキを含むベニタケ属 (*Russula*) とコテングタケモドキを含むテングタケ属 (*Amanita*) は分散コロニー型に分類されている。この型の菌は $A_0$ 層からA層、B層と広い範囲に生息し、小さなコロニーを散生する。また高度に発達した根状菌糸束により伸展するため互いに同一場所で共存することができるとしている。今回求めた密度集中係数・基本集中指数より、外生菌根性の複数種が小面積のコロニーを混生している傾向が示唆された。シロハツモドキとコテングタケモドキにおいても、それぞれのコロニー形態や子実体分布特性は概ね同様の傾向を示していると考えられる。

Fukiharu and Kato (1997) は常緑広葉樹林において子実体分布様式を $m^*-m$ 相関法によって解析した。これによると、ベニタケ科の種の密度集中係数が 0.77~7.58 と幅の広い値をとったことを示しており、鉾質土層から発生し集中分布を示すグループ (シロハツモドキなど)、腐植質土層から発生し弱い集中分布を示すグループ (カレバハツなど)、ランダム分布を示すグループ (カラムラサキハツ) に分類した。しかし本研究ではシロハツモドキで密度集中係数が1.24~4.71、ボタンイボタケ (*Thelephora aurantiotincta* Corner.) で1.24~6.10と同一種内においても調査地に

よって幅広い値をとっており、種や生息層以外の要因によっても子実体の分布様式が影響を受けることが示唆された。また、子実体発生数の多い調査地では同一種でありながら遺伝的に異なる複数のコロニーが混生していることが考えられるが、本研究においてはジェネット（同一遺伝子型を持つ栄養繁殖由来の菌糸体）の解析を行わずに種として統合したデータ解析を行った。複数のジェネットが連続して分布する場合には一つの大きなコロニーとして認識されることにより密度集中係数が高く評価される可能性があるため、分布集中度の正確な評価のためには遺伝的個体群を把握した上での詳細な調査が必要である。今後は、シロハツモドキなど都市林に特徴的な種のジェネットを識別するための遺伝子マーカーの開発が必要であると考えられる。

ω 解析の結果から、リター分解菌と腐植分解菌、腐植分解菌と外生菌根菌、木材腐朽菌と外生菌根菌、木材腐朽菌と外生菌根菌、腐植分解菌と外生菌根菌は、それぞれ互いに排他的な位置に子実体を発生させていることが示唆された。一方、リター分解菌と外生菌根菌、木材腐朽菌と腐植分解菌の子実体形成位置はそれぞれ独立していることが示唆された。リター分解菌の群集構造の差違は主にその樹林におけるリターの堆積様式によってもたらされており、都市化、温暖化などによる温度条件の変化が与える影響は小さいと考えられる。腐植分解菌の群集構造に関して立地による有意な差は示されなかったが、都市林に顕著に繁茂するアオキ (*Aucuba japonica*) の立木位置と腐植分解菌の子実体形成位置に関連が示された（未発表データ）。アオキの立木位置と木材腐朽菌の位置に

は関連がみられなかったこと、アオキの現存量が腐朽木材分解菌と木材腐朽菌の子実体分布の重なりと負の相関を示したことから、アオキによって供給される木質リターが他の樹種によって供給される木質リターとは異なる腐朽過程を経ることで、都市林の腐朽木材分解菌相へ直接的に影響を与えている可能性が示唆された。

腐植分解菌、リター分解菌、外生菌根菌の3つの生活型の菌は、林床における落葉リターの堆積環境に選好性があり、腐植分解菌はリター分解菌や外生菌根菌よりも厚くりターが堆積する地点で子実体が形成される傾向が示された（図7）。千葉千城台のようにリターの堆積が厚い立地ではこれらの菌がリターの厚さに従って棲み分けることが予想されるが、自然教育園や千葉演習林のようにリターの堆積が薄い立地ではこれらの菌が同じニッチに混在することになり、菌類の群集構造や分布様式に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

土壌の化学性については、千葉千城台において土壌のpHが有意に高くなる傾向が示された。スギの落葉リターが土壌のpHを上昇させることがいくつかの研究によって示されているが（市川ほか、2002；前迫ほか、2002）、千葉千城台においても植栽由来と考えられるスギの現存量が多いコドラートBにおいて特に高いpHをしめしていることから、この地域においてもスギの落葉リターが土壌のpHに影響を与えていることが示唆される。しかし、日本の褐色森林度のpHは4.5～5.5の範囲に入る場合が最も多く（河田、1993）本研究においてもその範囲を大きく逸脱しないこと、千葉千城台にのみ表れる特徴的な菌類相の変化が明確でない

ことから、このpHの差違が菌類相に与えている影響は小さいと考えられる。

土壌中の全N量は自然教育園において千葉千城台や千葉演習林よりも有意に高い傾向を示した。特に林縁に近いコードラートAにおいて高い全N量を示したことから、林外から窒素化合物が林内に流入し、土壌に蓄積されている可能性が示唆される。

土壌の重金属は、鉛の含有率では調査地間に有意な差は示されなかったが、亜鉛、銅に関しては自然教育園において含有率が高い傾向が示された。坂上ほか(1980, 2001)は自然教育園において土壌の重金属含有率を測定し、鉛・亜鉛・銅の含有率が一般の土壌よりも高いことを示し、自動車交通に伴って発生する煤塵の影響が大きいことを示唆した。本研究においても、郊外・山間域にある千葉千城台や千葉演習林よりも都市域の自然教育園の土壌が人為活動の影響を受けて重金属含有量に差を示している可能性が示唆される。また、鉛に関しては調査地間に有意な差が示されなかったが、これは自然教育園においてサンプルごとの値のばらつきが大きかったことと、人為的影響が少ないと考えられる千葉演習林においても高い値が示されたことが影響していると考えられる。

以上のように本研究においては、長期間に亘る子実体の発生状況に関する調査により、都市化に伴う環境の差異に応じて菌類子実体の種組成に現れる差異が明らかにされた。

#### 引用文献

Arnebrant, K. 1994. Nitrogen amendments reduce the growth of extrametrical ectomycorrhizal mycelium. *Mycorrhiza* 5: 7-15.

Baxter, J.W., Pickett, S.T.A., Carreiro, M.M. and Dighton, J. 1999. *Ectomycorrhizal* diversity and community structure in oak forest stands exposed to contrasting anthropogenic impacts. *Can. J. Bot.* 77: 771-782.

Chappelka, A.H., Kush, J.S., Runion, G.B., Meier, S. and Kelly, W.D. 1991. Effects of soil-applied lead on seedling growth and ectomycorrhizal colonization of loblolly pine. *Environ. Pollut.* 72: 307-316.

Dighton, J. and Skeffington, R.A. 1987. Effects of artificial acid precipitation on the mycorrhizas of scots pine seedlings. *New Phytol.* 107: 191-202.

Duddridge, J.A., Malibari, A. and Read, D.J. 1980. Structure and function of mycorrhizal rhizomorphs with special reference to their role in water transport. *Nature* 287: 834-836.

Fukiharu, T. and Kato, M. 1997. An analysis on the spatial distribution patterns of basidiocarps of Agaricales in a *Castanopsis*-dominated forest in Kyoto. *Mycoscience* 38: 37-44.

市川貴大・深澤文貴・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* 44: 23-29.

Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern in biological populations. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.

Iwao, S. 1977. Analysis of spatioal association between two species based on the interspecies mean crowding. *Res. Popul. Ecol.* 18: 243-260.

河田弘. 1993. 土壌の化学的性質. 森林土壌研究会編: 森林土壌の調べ方とその性質 (改訂版). pp258, 林野弘済会, 東京.

Lloyd, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36: 1-30.

前迫俊一・米丸伸一・酒井正治. 2002.

- 隣接するスギ林と広葉樹林の表層土壌の理化学的性質の比較. 鹿児島県林試研報 7:14-22.
- 中野尊正・沼田真・半谷高久・阿部喜也. 1974. 都市生態学. 生態学講座28, 共立出版, 東京, pp.44-52.
- 中尾佐助・佐々木高明. 1992. 照葉樹林文化と日本. 241pp. くもん出版, 東京.
- 沼田真・岩瀬徹. 1975. 図説日本の植生. 178pp, 朝倉書店, 東京.
- Ochimaru, T. and Fukuda, K. 2007. Changes in fungal communities in evergreen broad-leaved forests across a gradient of urban to rural areas in Japan. C. J. Forest Res. 37: 247-258.
- 小川眞. 1981. 菌根菌の生態的性質とその菌根 -菌類生態学序論-. XVII IUFRO 論, 170-175.
- Ohsawa, M. 1990. An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in South and East Asian mountains. J. Ecol. 78: 326-339.
- 坂上寛一・菅原十一・浜田竜之介・黒部隆. 1980. 自然教育園における降下ばいじんおよび土壌中の重金属. 自然教育園報告 10:5-17.
- 坂上寛一・水沢靖弥・菅原十一. 2001. 都市公園土壌にみる重金属集積とその影響. 自然教育園報告 33:425-435.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nd ed. Academic Press, London, UK.
- 鈴木由吉・矢野亮. 1973. 都市林におけるアオキの繁殖. 都市生態系の特性に関する基礎的研究, 67-82.

---

著者：落丸武彦 〒194-0294 東京都町田市常盤町3758 桜美林中学校・高等学校, 福田健二 〒277-8653 千葉県柏市柏の葉5-1-5 東京大学柏キャンパス 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻 E-mail : fukuda@k.u-tokyo.ac.jp

“Influence of urbanization on mushroom diversity in evergreen broadleaf forests” Report of Chiba Biodiversity Center 7:35-51. Takehiko Ochimaru・Kenji Fukuda. Department of Natural Environmental Studies Graduate School of Frontier Sciences The University of Tokyo Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwashiki, Chiba 277-8653, Japan. E-mail : fukuda@k.u-tokyo.ac.jp

Abstract: In order to clarify the influence of urbanization on fungal diversity in evergreen broadleaved forests dominated by *Castanopsis sieboldii* in Kanto area, mushroom survey has been done in plots with various levels of urbanization from Tokyo to Boso peninsula in Chiba prefecture. From the analysis of phenology of mushroom occurrence and climate, the decline in diversity of ectomycorrhizal mushrooms in urbanized forests was suggested to be caused by replacement of *Amanita* spp. by *Russula japonica*. By analyses of spatial distribution of mushrooms, litter decomposers vs. humus decomposers, humus decomposers vs. ectomycorrhizal fungi were found to eliminate overlap with each other. Among litter decomposers, each species showed different preference to litter thickness. Spatial distribution of decayed wood decomposers was related to distribution of *Aucuba japonica*.

Keywords: mushroom, phenology, temperature, spatial analysis

(受理 2014年1月25日)