

の共通種は3種のみであったと報告している。これらの既往の報告に対して、今回の調査結果では、富士山亜高山帯のコメツガ天然林とシラビソ・オオシラビソ天然林の共通種は21種であり、これまでの報告の中では最も多かった。

地上の子実体バイオマスと地中の菌根量との間には必ずしも正の相関関係はないとする報告 (Taylor & Alexander 1989, Gardes & Bruns 1996, Peter et al. 2001 など) がある。一方で Termorshuizen & Schaeffers (1989) は、ヨーロッパアカマツの菌根数と子実体数とは相関があるという調査例を示した。松田 (2000) は、モミ林の菌根菌の研究をとおして、「大きな空間スケールでみると、子実体数が多い種ほど土壌からの出現頻度が高いという関係が認められるため、地上部で優占的にみられる種は、土の中でも優占しているようである」と述べている。また、地上部に子実体を形成しない種 (例えば、*Cenococcum geophilum*) や地下生の子実体を形成する種が存在するため、土の中の優占種が必ずしも地上での調査結果から確認できるとは限らない (山田 1996, Smith & Read 1997, Erland & Taylor 1999) とする意見も示されている。

本研究では地中の植物根に形成された菌根そのものは調査対象としてはいないが、地上の子実体バイオマスおよび地中のコロニー形態の調査結果にもとづいて個々の外生菌根菌を類別検討した。富士山亜高山帯のコメツガ天然林では、同地域のカラマツ人工林、天然林やシラビソ人工林、シラビソ・オオシラビソ天然林に比べて、フェアリーリング型もしくは不定形マット型コロニーを形成する種の占める比率が高いことが明らかになり (図6-3)、多年生のコロニーを形成する種が多いことが明らかとなった。本研究の結果は、富士山亜高山帯針葉樹林における植生遷移系列の中で極相林を形成する樹種である (Nakamura 1992) コメツガ林の特性とも良く一致し、極相林を形成するコメツガ林では、他の針葉樹林に比べて子実体発生とそのバイオマスの年次変動が少ない外生菌根菌群集が形づくられていることが明らかにされた。さらに、コメツガとカラマツとの間に比べて、コメツガとシラビソ・オオシラビソ天然林との共通種が多数存在することは、両樹種が外生菌根菌の存在をとおして密接に関連していることを示している。Nakamura (1992) が示したようなコメツガ林から第2シラビソ林への移行の際にも外生菌根菌が何らかの役割を果たしていることを裏付けているといえよう。

6.4 植生遷移と外生菌根菌の動態

本研究により、富士山亜高山帯の針葉樹植生の遷移にともなう外生菌根菌群集の動態が明らかにされた。

カラマツ林の外生菌根菌の子実体発生系列の最終期に出現する [K-4群] の一員であるアミハナイグチはシラビソ人工林においても子実体が発生し、カラマツからシラビソ林への遷移系列 (Nakamura 1992) においても両者をつなぐ役割を担っている可能性が考えられる。さらに [K-4群] の菌は、カラマツ林からシラビソ林への移行のための準備が整ったことを示す指標菌類としても利用できる可能性があり、今後の森林保全にも活用される可能性を有している。

富士山の亜高山帯針葉樹林では、カラマツ林は時間の経過とともにシラビソ・オオシラビソ林へと遷移することが示されている (Nakamura 1992)。しかし、アミハナイグチおよびキツネタケの2種を除いて、カラマツ林とシラビソ林あるいはシラビソ・オオシラビソ林では、外生菌根菌群集の子実体の種構成に明らかな違いが認められる。これらのことにより、カラマツ林の成熟とともに形成された外生菌根菌群集の種構成も植生の遷移に伴い再び変化することが明らかとなった。

シラビソもしくはシラビソ・オオシラビソのモミ属の森林では、外生菌根菌群集の動態がカラマツとは若干異なっていた。シラビソ人工林での調査結果を解析したところ、子実体が発生した50種の外生菌根菌を5群に分けることができ、樹齢変化にともなう外生菌根菌群集の動態が明らかになった。樹齢の高いシラビソ・オオシラビソ天然林で子実体が採集された外生菌根菌は59種であり、人工林より多くの種が確認された。人工林と天然林の種構成を比較すると共通種は46種あり (人工林の92%、天然林の78%)、松田 (1999) が同属のモミ林の外生菌根菌群集の生態に関する研究で示したように最終的には生態的に安定した外生菌根菌群集へと移行していくことも考えられる。しかし、子実体発生の消長にもとづく本研究の調査結果によれば、その移行の過程は単純ではなく、多くの外生菌根菌の間で生活の場を巡る競争が起きる可能性が示されている。シラビソ・オオシラビソ天然林に発生する個別の外生菌根の子実体バイオマス変動を比較した結果、気候要素の変動とバイオマス変動に相関が認められたのは8種にすぎない (表5-10および表5-11) ことから、群集の中で種間あるいは群間の競争が起き、子実体発生の消長の一部はその競争を反映

していることが考えられる。

富士山の亜高山帯針葉樹林の植生遷移系列において極相林を形成することが知られているコメツガ林 (Nakamura 1992 ほか) の外生菌根菌群集のなかで、子実体を形成することが確認されたのは 45 種 1 変種であった。これらの外生菌根菌のうちカラマツ天然林との共通種は 2 種であったのに対しシラビソ・オオシラビソ天然林との共通種は 21 種あった (図 6-4)。このように共通種が多くみられるのは植生遷移過程にみられるシラビソ・オオシラビソとコメツガの関係を反映してる。Nakamura (1992) によって示されたように、富士山ではシラビソ林からコメツガ林へと移行した森林が再び第 2 シラビソ林へと移り変わる場合がある。富士山亜高山帯のように気象条件、土壌条件をはじめとする環境条件が厳しい地域では外生菌根菌群集の共通性の高さが有利に作用し、このような森林植生の移行が容易になっている場合もあると考えられる。

富士山亜高山帯のコメツガ天然林で子実体発生が確認された外生菌根菌のコロニー型は多年生のフェアリーリング型もしくは不定形マット型の占める割合がカラマツやシラビソ・オオシラビソに比べて高かった。この結果は、富士山亜高山帯における針葉樹の遷移系列をよく反映しており、極相林として位置づけられるコメツガ林においては外生菌根菌群集も一定の状態に保たれていることが明らかとなった。

森林植生の遷移系列において時間の経過とともに菌類を含む生物種の多様度が増加し、それはやがて減少に転ずるという Dighton & Mason (1985) の説は、個別の樹種ごとの外生菌根菌群集の子実体の種多様度変化には

表 6-2 富士山亜高山帯における針葉樹天然林の外生菌根菌子実体種多様度指数

樹種	子実体種多様度指数
カラマツ	2.74±0.29a
シラビソ・オオシラビソ	4.17±0.49b
コメツガ	3.81±0.62c

n = 20、平均値±標準偏差、同列内で異なる英字を付した平均値間には、Kruskal-Wallis 検定による有意差あり (p<0.05)

必ずしも適合しなかった。しかし、植生の遷移系列に対応させて比較すると、カラマツ林では外生菌根菌群集の子実体種多様度指数は低く、シラビソ・オオシラビソ林で最も高くなり、コメツガ林ではやや低下し (表 6-2)、この説に良く適合した。

樹齢の高いカラマツ林で発生したアミハナイグチは、シラビソ林にも発生し、植生の移行期に重要な役割を果たす可能性が示唆された。また、コメツガとシラビソ・オオシラビソとの共通種は 21 種であり、カラマツの 2 種に比べて多く、これらの樹種は、外生菌根菌という仲介者をとおして密接に関連していることがうかがえる。コロニー型は、植生の遷移にともなって最終的には多年生のフェアリーリング型もしくは不定形マット型の菌が優占することが明らかとなった。この結果は、短年生の分散コロニー型の種によって構成される攪乱依存型の若齢カラマツ林の外生菌根菌群集が、シラビソ・オオシラビソ林を経て、極相林であるコメツガ林に至って多年生のフェアリーリング型や不定形マット型の種を主体とする安定な群集構造へと変化することを示している。また、その過程のなかでカラマツ林およびシラビソ林では樹齢

の変化にともなって子実体発生の変化が確認され、外生菌根菌の群集構造が変化することが明らかとなった。さらに、植生の遷移にともなって外生菌根菌の種多様度指数も変動することが明らかになり、特に、カラマツからシラビソ・オオシラビソへ移行する際には急激に増加することが示された。

本研究によって、富士山の亜高山帯針葉樹林の樹齢変化および植生の遷移にともなう外生菌根菌群集の動態が明らかにされた。これらの結果は、外部環境からのストレスを受けやすいといわれる (丸田・中野 1999) 亜高山帯針葉樹林の保全策を確立するための基礎的資料としても活用できると考えられる。

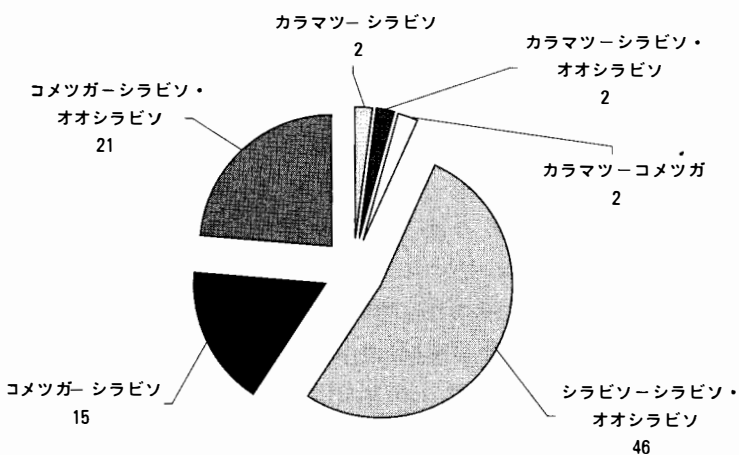


図 6-4 富士山亜高山帯の針葉樹林において各樹種間で共通して子実体が発生する外生菌根菌種数 (表中の数字は菌の種数)

摘 要

外生菌根菌は、森林の樹木と密接な共生関係にあることが知られているが、その生態に関しては未だ不明な部分が多い。特に、森林植生の遷移にともなって、外生菌根菌相がどのように変化していくのかを長期間にわたって調査解析した例は皆無である。本研究は、富士山における外生菌根菌の子実体発生を指標とした20年間の調査結果に基づいて、森林樹木の樹齢変化および植生の遷移にともなう外生菌根菌群集の動態を明らかにすることを目的として行ったものである。これらの結果は、脆弱性が指摘される亜高山帯針葉樹林の生態系保全手法を確立するための重要な理論的根拠となるものと考えられる。

そのため、調査地は、カラマツからシラビソ・オオシラビソを経てコメツガに至る植生の遷移系列が明瞭な富士山の山梨県側海拔1,700~2,300mの亜高山帯針葉樹林とした。対象はカラマツ天然林および人工林、シラビソ・オオシラビソ天然林、シラビソ人工林およびコメツガ天然林とし、それぞれ800㎡の固定調査区を設定して外生菌根菌の子実体の種類とそのバイオマス（乾燥重量）を調査した。調査は20年間継続し、1区あたり292回行った。また、外生菌根菌の生活様式を明らかにするために、子実体の発生と地中のコロニー型を調査し、短年生の分散コロニー型、多年生の不定形マット型およびフェアリーリング型の3型に区分した。この調査は1種あたり9箇所で行った。

木本遷移の先駆相にあたるカラマツの天然林2林分と人工林2林分では共に13種の外生菌根菌の子実体発生が確認され、種構成は同じであった。外生菌根菌の種多様度指数は樹齢約30年生以下の若齢林では急速に増加したが約40年生以上の老齢林では変動しなかった。これらの外生菌根菌群集を樹齢と子実体バイオマス変動によって分類したところ4群に分けられ、それぞれの群が時系列に従って消長した。コロニー型は、若齢林では分散コロニー型の種が多く、老齢林では不定形マット型の種もみられるようになった。しかし、フェアリーリング型の種は確認されなかった。

次の遷移段階にあるシラビソ・オオシラビソ天然林2林分で子実体発生が確認された外生菌根菌は59種であった。両林分とも子実体の種多様度指数は変動しなかった。シラビソ・オオシラビソ天然林では樹齢変化にともなう外生菌根菌群集の動態を調査することができないため、

その代替措置として、樹齢の異なるシラビソ人工林3林分を調査し、50種の外生菌根菌の子実体発生が確認された。樹齢の高いシラビソ人工林と天然林との間で外生菌根菌群集の種構成はほぼ同じであった。外生菌根菌の種多様度指数は樹齢約40年生以下の若齢人工林では急速に増加したがそれ以上の老齢人工林では変動しなかった。人工林の菌は、発生する樹齢にもとづくクラスター分析およびバイオマス変動特性により5群に区分され、それぞれの群が時系列に従って消長した。コロニー型は、天然林では、短年生の分散コロニー型と多年生のフェアリーリング型および不定形マット型の占める比率はほぼ拮抗し、若齢人工林では分散コロニー型が最も多く(64%)、老齢人工林では分散コロニー型と不定形マット型およびフェアリーリング型の占める比率がほぼ拮抗した。

この地域の極相林であるコメツガ天然林3林分では45種1変種の外生菌根菌の子実体が発生確認された。どの林分も子実体の種多様度指数は変動しなかった。コロニー型は、多年生のフェアリーリング型および不定形マット型の占める比率が3林分ともに高かった(平均60%)。

カラマツ林およびシラビソ林では樹齢の変化にともなう子実体発生の変化が確認され、外生菌根菌の群集構造が変化することが明らかとなった。さらに、植生の遷移にともなう外生菌根菌の種多様度指数も変動することが明らかになり、特に、カラマツからシラビソ・オオシラビソへ移行する際には急激に増加することが示された。また、シラビソ・オオシラビソからコメツガへ移行する際には種多様度指数の急激な変化はみられなかった。

樹齢の高いカラマツ林で発生したアミハナイグチは、シラビソ林にも発生し、植生の移行期に重要な役割を果たす可能性が示唆された。また、コメツガとシラビソ・オオシラビソとの共通種は21種であり、カラマツの2種に比べて多く、これらの樹種は、外生菌根菌という仲介者をとおして密接に関連していることがうかがえる。コロニー型は、植生の遷移にともなう最終的には多年生のフェアリーリングもしくは不定形マット型の菌が優占することが明らかとなった。この結果は、短年生の分散コロニー型の種によって構成される攪乱依存型の若齢カラマツ林の外生菌根菌群集が、シラビソ・オオシラビソ林を経て、極相林であるコメツガ林に至って多年生のフェアリーリング型や不定形マット型の種を主体とする安定な群集構造へと変化することを示している。

本研究によって、富士山の亜高山帯針葉樹林の樹齢変化および植生の遷移にともなう外生菌根菌群集の動態が

明らかにされた。これらの結果は、亜高山帯針葉樹林の保全策を確立するための基礎的資料としても活用できると考えられる。

謝 辞

本論文のとりまとめ全般にわたって懇切なご指導・ご助言をいただいた筑波大学大学院生命環境科学研究科教授・柿嶋眞博士に衷心より感謝します。菌類生態学全般に関して本論文のとりまとめにあたり有益なご指導・ご助言をいただいた筑波大学大学院生命環境科学研究科教授・徳増征二博士、森林微生物の機能全般に関してご指導・ご助言いただいた筑波大学連携大学院教授（農業環境技術研究所化学環境部）・石井英夫博士、並びに菌類の生理・生態に関してご指導・ご助言いただいた筑波大学大学院生命環境科学研究科助教授・山岡裕一博士に深く感謝します。

これまで25年以上にわたり菌根菌研究を見守り、常に励ましの言葉をいただいた筑波大学名誉教授・佐藤昭二先生並びに元筑波大学教授・勝屋敬三先生、筑波大学名誉教授・故椿啓介先生、元農林水産省林業試験場木曾分場・浜武人博士に心からお礼申し上げます。さらに、菌根菌研究の道に導いていただき、菌根菌と土壤微生物全般の研究方法に関して1979年～1981年の3年間にわ

たり懇切にご指導いただいた元農林水産省林業試験場土壤微生物研究室長・小川眞博士に感謝します。

山梨県における菌根菌研究の実施にご理解をいただき、さらに森林土壌の調査および同定に関して様々なご指導をいただいた元山梨県林業試験場長・遠藤昭氏、並びに元山梨県森林総合研究所副所長・馬場勝馬氏に感謝します。試験地の設定に関してご指導いただいた元山梨県森林総合研究所副所長・故長田十九三氏、植物生態学に関してご助言いただいた山梨県森林総合研究所研究員・長池卓男博士に感謝します。文献の収集にあたって様々なご便宜をおはかりいただき、有益なご助言もいただいた筑波大学大学院生命環境科学研究科・阿部淳一ピーター博士に感謝します。採集した子実体の一部を同定していただいた(株)日本きのこセンター菌茸研究所・長澤栄史上席主任研究員に感謝します。

本研究の実施と論文作成にあたりご理解をいただいた山梨県森林総合研究所牧村隆幸所長はじめ歴代所長ならびに職員の皆様に感謝します。また、山梨県吉田林務事務所の歴代所長ならびに同所県有林課職員の皆様には調査地の設定にご便宜をおはかりいただきました。改めて謝意を表します。最後に、数多くの調査資料の収集・整理・とりまとめにあたり、ご助力いただいた山梨県森林総合研究所富士吉田試験園の元職員・渡邊早苗さん、同・宮野恵さんに心から感謝します。

Summary

An ecological study on communities of ectomycorrhizal fungi in sub-alpine coniferous forests of Mt. Fuji

Hisashi SHIBATA

Ectomycorrhizal fungi are known to play an important role in the ecosystems of forests. However, their ecological aspects have not been demonstrated clearly because of the difficulties of long-term fieldwork in a forest. In the present study, the occurrence of sporocarps of ectomycorrhizal fungi was recorded for 20 years in the several different coniferous forests on the mountainside of Mt. Fuji and their quantitative, qualitative changes were analyzed in relation to the age of trees that composed the forests.

In the north slope of Mt. Fuji, various coniferous forests are observed between 1,700m to 2,300m above sea level. Three

experimental plots (two rectangular plots of 4 m × 50 m and one square plot of 20 m × 20 m) were fixed in two natural and two planted forests of *Larix kaempferi*, two natural forests of *Abies veitchii*-*Abies mariesii*, three planted forests of *Abies veitchii*, and three natural forests of *Tsuga diversifolia* for field investigations, respectively.

The field investigation was carried out every 5-14 days during June to November from 1983 to 2002 and finally done 292 times. In each investigation, all sporocarps of ectomycorrhizal fungi occurred in these plots were recorded and collected. After strict identification, the numbers and dry weight of sporocarps were recorded for each species. Colonies of the species found during the study were also examined and divided into the types followed Ogawa's classification (1981).

Thirteen species were occurred in the four *L. kaempferi* stands and the species composition of the natural stands was the same as the planted ones. The species were divided into 4 groups based on appearance periods and changes of biomass in the course of experiment. In younger stands (under 30 years) the value of species diversity index was increased with the age of stand, while it was rather stable in the older stands of more than 40 years. The colony type of these 13 species were "Irregular mycelial mat type" or "Dispersed colony type". Thus, four species had "Irregular mycelial mat", and the remainder produced "Dispersed colony". In the youngest stand, the species of "Dispersed colony type" were dominant (90%), the other three stands the percentages of this colony type decreased (64-69%).

Fifty-nine species were recorded in the two *A. veitchii*-*A. mariesii* natural stands. The values of species diversity index did not practically change for 20 years. Three types of colony were recognized among those species, namely "Fairly ring type (8 spp.)", "Irregular mycelial mat type (18 spp.)", and "Dispersed colony type (32 spp.)". The colony type of *Boletellus mirabilis* was indistinct. The percentages of individual colony types did not practically change for 20 years.

Fifty species were collected in the three different planted *A. veitchii* stands with different ages. These species divided into 5 groups based on results of a cluster analysis of sporocarps occurrence in relation to tree ages. In younger stands (under 40 years), the species diversity indexes increased with the age of stand, but they were almost no change in the older stands of more than 40 years. The colonies of these 50 species were divided into three types, namely "Fairly ring type (7 spp.)", "Irregular mycelial mat type (15 spp.)", and "Dispersed colony type (28 spp.)". The percentage values of "Fairly ring type" and "Irregular mycelial mat type" species increased with the age of stand from 9% to 15% and from 27% to 31% respectively in the investigation period. In contrast, the percentage of "Dispersed colony type" species decreased from 64% to 54%.

Forty-five species and one variety were collected in the three natural *T. diversifolia* stands. The species diversity indexes did not practically change for 20 years. The colony of these 45 species and one variety were divided into three types, namely "Fairly ring type (5 spp.)", "Irregular mycelial mat type (23 spp.)", and "Dispersed colony type (17 spp.)" and one indistinct (*B. mirabilis*). The proportion of those colony types did not change largely for 20 years.

In both younger *L. kaempferi* (under 30 years) and *A. veitchii* (under 40 years) stands, the occurrence of the sporocarps of ectomycorrhizal fungi changed with the age of stand, and the diversity indexes of the fungi changed too. The members of ectomycorrhizal fungal communities changed with the progress of tree succession in this area and the proportion of each colony type among the species occurred changed largely with it. Only 2 fungal species found in *A. veitchii*-*A. mariesii* stands are common to *L. kaempferi* stands, while 21 fungi recorded from *T. diversifolia* stands are also found in *A. veitchii*-*A. mariesii* stands. In the youngest *L. kaempferi* stand, the fungi of "Dispersed colony type" were dominant, but in *T. diversifolia* stands, a member of climax forests in the study area, the numbers of "Fairly ring type" and "Irregular mycelial mat type" occurred more frequently. It appeared from those results that the ectomycorrhizal community became very stable in *T. diversifolia* forests than other coniferous forests developing sub-alpine area of Mt. Fuji.

This study clearly demonstrate that the composition and structure of ectomycorrhizal fungal community change rather rapidly associated with advancing age of the stands in the serial coniferous forest and become stable in the climax stage of forest succession. The results of this study will be useful in understanding of ectomycorrhizal community in sub-alpine coniferous forests and also contribute to conservation of the forest.

引用文献

- Agerer R. 1987-2002. Colour atlas of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag Eduard Dietenberger, Schwabisch Gmund, Germany.
- Agerer R. 1996-2004. Descriptions of ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag Eduard Dietenberger, Schwabisch Gmund, Germany.
- Ainsworth G. C. 1976. Introduction to the history of mycology. Cambridge University Press, Cambridge, 359p.
- Allen M. F. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge, 184p.
- 安藤愛次. 1962. 中部山地の隣地生産力に関する研究—とくに山梨県を中心として—. 山梨県林業試験場報告 10: 1-195.
- 安藤愛次・遠藤昭・馬場勝馬. 1968. 山梨県林業気象図. 山梨県林業試験場.
- 安間荘. 2000. スラッシュフローと雪代災害. 月刊地球 22: 544-551.
- 青島清雄・林康夫・魚住正. 1977. 石狩川源流森林総合調査報告(第2次) VI 菌害. 旭川営林局, 北海道, pp141-147.
- Arnolds E. 1995. Problems in measurement of species diversity of macrofungi. In: Allsopp D., Colwell R. R. and Hawksworth D. L. eds. Microbial diversity and ecosystem function. CBA International, Wallingford, UK, pp337-353.
- Baar J. 1996. The ectomycorrhizal flora of primary and secondary stands of *Pinus sylvestris* in relation to soil conditions and ectomycorrhizal succession. J. Vegetation Science 7: 497-504.
- Baar J. and Ter Braak C. J. F. 1996. Ectomycorrhizal sporocarp occurrence as affected by manipulation of litter and humus layers in Scots pine stands of different age. Applied Soil Ecology 4: 61-73.
- 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.
- Blanchard R. O. and Tattar T. A. 1981. Field and laboratory guide to tree pathology. Academic Press, New York, 285p.
- Breitenbach J. and Kraenzlin F. 1986-2000. Fungi of Switzerland vol. 2-5. Verlag Mycologia, Luzern.
- Bruns T. D. 1995. Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. Plant and Soil 170: 63-73.
- Cairney J. W. G. and Chambers S. M. 1999. Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile. Springer-Verlag, Berlin, 369p.
- Callot G. 1999. La truffe la terre la vie. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 210p.
- Carroll G. C. and Wicklow D. T. 1992. The fungal community. Its organization and role in the ecosystem. 2nd ed. Marcel Dekker, New York, 976p.
- Chu-Chou M. 1979. Mycorrhizal fungi of *Pinus radiata* in New Zealand. Soil Biol. Biochem. 11: 557-562.
- Chu-Chou M. and Grace L. J. 1981. Mycorrhizal fungi of *Pseudotsuga menziesii* in the North Island of New Zealand. Soil Biol. Biochem. 13: 247-249.
- Cripps C. and Miller O. K. Jr. 1993. Ectomycorrhizal fungi associated with aspen on three sites in the north-central Rocky Mountains. Can. J. Bot. 71: 1414-1420.
- Dahrberg A., Jonsson L. and Nylund J. E. 1997. Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in south Sweden. Can. J. Bot. 75: 1323-1335.
- Danielson R. M. 1984. Ectomycorrhizal associations in jack pine stands in northern Alberta. Can. J. Bot. 62: 932-939.
- Deacon J. W., Donaldson S. J. and Last F. T. 1983. Sequences and interactions of mycorrhizal fungi of birch. Plant and Soil 71: 257-262.
- Deacon J. W. and Fleming L. V. 1992. Interactions of ectomycorrhizal fungi. In: Allen M. F. (ed) Mycorrhizal functioning: an integrative plant-

- fungal process. Chapman & Hall, New York, pp 249-300.
- Debaud J.C. 1987. Ecophysiological studies on alpine macromycetes: saprophytic *Clitocybe* and mycorrhizal *Hebeloma* associated with *Dryas octopetala*. In: Lausen G. A., Ammirati J. F. and Redhead S. A. (eds) Arctic and alpine mycology II. Plenum press, New York, pp47-60.
- 出川洋介. 2003. 接合菌類. 生態系多様性調査 (富士北麓地域) 報告書, 環境省自然環境局生物多様性センター, pp45-47.
- Dighton J. 2003. Fungi in ecosystem processes. Marcel Dekker, New York, 432p.
- Dighton J. and Mason P. A. 1985. Mycorrhizal dynamics during forest tree development. In: Moore D., Casselton L. A., Wood D. A. and Flankland J. C. (eds) Developmental biology of higher fungi. Cambridge University Press, Cambridge, pp 117-139.
- Dighton J., Poskitt J. M. and Howard D. M. 1986. Changes in occurrence of basidiomycete fruit bodies during forest stand development: with special reference to mycorrhizal species. Trans. Br. Mycol. Soc. 87: 163-171.
- 遠藤正喜. 1972. 常緑広葉樹林の地上生高等菌類の植物社会学的研究. 日本生態学会誌 22 : 51-61.
- Erland S. and Taylor A. F. S. 1999. Resupinate ectomycorrhizal genera. In: Cairney J. W. G. and Chambers S. M. (eds) Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile. Springer-Verlag, Berlin, pp 347-363.
- Erland S. and Taylor A. F. S. 2002. Diversity of ectomycorrhizal fungal communities in relation to abiotic environment. In: van der Heijden M. G. A. and Sanders I. R. (eds) Mycorrhizal ecology. Springer, Berlin, pp 163-200.
- Finlay R. D. 1989. Functional aspects of phosphorus uptake and carbon translation in incompatible ectomycorrhizal associations between *Pinus sylvestris* and *Suillus grevillei* and *Boletinus cavipes*. New Phytol. 112: 185-192.
- Fleming L. V. 1983. Succession of mycorrhizal fungi on birch: infection of seedlings planted around mature trees. Plant and Soil 71: 263-267.
- Fleming L. V. 1985. Experimental study of sequence of ectomycorrhizal fungi on birch (*Betula* sp.) seedling root systems. Soil Biol. Biochem. 17: 591-600.
- Frankland J. C., Hedger J. N. and Swift M. J. 1982. Decomposer basidiomycetes, their biology and ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 355p.
- 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.
- Furukawa H., Abe Y. and Neda H. 1983. List of fungi of Mt. Fuji. Trans. Mycol. Soc. Japan 24: 235-245.
- Gardes M. and Bruns T. D. 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. Can. J. Bot. 74: 1572-1583.
- Giachini A.J., Souza L.A.B. and Oliveira V.L. 2004. Species richness and seasonal abundance of ectomycorrhizal fungi in plantations of *Eucalyptus dunnli* and *Pinus taeda* in southern Brazil. Mycorrhiza 14: 375-382.
- 呉炳雲・奈良一秀・宝月岱造. 2003. 富士山のミヤマナギに共生する *Cenococcum geophilum* の SSR マーカーによる多型解析. 第 114 回日林学術講 : 379.
- Goodman D. M. and Trofymow J. A. 1998. Comparison of communities of ectomycorrhizal fungi in old-growth and mature stands of Douglas-fir at two sites on southern Vancouver Island. Can. J. For. Res. 28: 574-581.
- Grime J.P. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. Nature 250: 26-31.
- Grime J.P. 2001. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties (second edition). John Wiley & Sons, Chichester, UK, 417p.
- 原田浩. 2003. 地衣類. 生態系多様性調査 (富士北麓地域) 報告書, 環境省自然環境局生物多様性センター, pp48-54.
- 長谷川絵里・福田健二・鈴木和夫. 1991. ナラタケの生物学的種. 日本林学会誌 73 : 315-320.

- Hashimoto Y. and Hyakumachi M. 2000. Quantities and type of ectomycorrhizal and endophytic fungi associated with *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings during the initial stage of establishment of vegetation after disturbance. *Ecological Research* 15: 21-31.
- 林弥榮. 1960. 日本産針葉樹の分類と分布. 農林出版, 東京, 246p.
- Helm D. J., Allen E. B. and Trappe J. M. 1996. Mycorrhizal chronosequence near Exit Glacier, Alaska. *Can. J. Bot.* 74: 1496-1506.
- Hintikka V. 1988. On the macromycete flora in oligotrophic pine forests of different ages in South Finland. *Acta Bot. Fennica* 136: 89-94.
- Horak E. 1985. Die Pilzflora (Macromyceten) und ihre Oekologie in fünf Pflanzengesellschaften der montan-subalpinen Stufe des Unterengadins (Schweiz). *Erg. wiss. Untersuchungen Schweiz. Nationalpark*. 12(6): 337-476.
- 今関六也・青島清雄. 1955. 石狩川源流原生林総合調査報告Ⅱ2, 菌害. 林野庁旭川営林局, 北海道, pp239-271.
- 今関六也・本郷次雄. 1957. 原色日本菌類図鑑. 保育社, 大阪, 181p.
- 今関六也・本郷次雄. 1965. 続原色日本菌類図鑑. 保育社, 大阪, 235p.
- 今関六也・本郷次雄. 1987. 原色日本新菌類図鑑Ⅰ. 保育社, 大阪, 325p.
- 今関六也・本郷次雄. 1989. 原色日本新菌類図鑑Ⅱ. 保育社, 大阪, 315p.
- Ingleby K., Mason P. A., Last F. T. and Fleming L. V. 1990. Identification of ectomycorrhizas. *ITE Res. Publ. No.5*, HMSO, London. 112p.
- 伊藤嘉昭. 1994. 生態学と社会. 東海大学出版会, 東京, 185p.
- Iwabuchi S., Sakai S. and Yamaguchi O. 1994. Analysis of mushroom diversity in successional young forests and equilibrium evergreen broad-leaved forests. *Mycoscience* 35: 1-14.
- 巖佐庸・松本忠夫・菊沢喜八郎・日本生態学会. 2003. 生態学事典. 共立出版, 東京, 682p.
- Jansen A. E. 1991. The mycorrhizal status of douglas fir in the Netherlands: its relation with stand age, regional factors, atmospheric pollutants and tree vitality. *Agriculture Ecosystems and Environment* 35: 191-208.
- Jumpponen A., Trappe J. M. and Cazares E. 1999. Ectomycorrhizal fungi in Lynn Lake Basin: a comparison between primary and secondary successional sites. *Mycologia* 91: 575-582.
- Jumpponen A., Trappe J. M. and Cazares E. 2002. Occurrence of ectomycorrhizal fungi on the forefront of retreating Lyman Glacier (Washington, USA) in relation to time since deglaciation. *Mycorrhiza* 12: 43-49.
- Keizer P. J. and Arnolds E. 1994. Succession of ectomycorrhizal fungi in roadside verges planted with common oak (*Quercus robur* L.) In Drenthe, The Netherlands. *Mycorrhiza* 4: 147-159.
- 菊地淳一. 1999. 森林生態系における外生菌根の生態と応用. *日本生態学会誌* 49: 133-138.
- 菊地政泰・長田十九三. 1981. 富士山なだれ跡地の更新に関する研究 (Ⅰ). 33 回日林関東支論. : 133-134.
- 菊地政泰・長田十九三・神戸陽一. 1983. 富士山スバルライン沿いのなだれ跡地の更新 (Ⅱ). 35 回日林関東支論. : 221-222.
- Kirk P. M., Cannon P.F., David J. C. and Stelplers J. A. 2001. Dictionary of the fungi. 9th edition. CABI Publishing, UK, 655p.
- 小林四郎. 1995. 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房, 東京, 194p.
- 国土交通省富士砂防工事事務所. 2002. 富士山の自然と社会. 国土交通省, 388p.
- 近藤熙・加藤邦彦. 1977. 土壌中の微生物計数法. 土壌微生物実験法, (土壌微生物研究会編), 養賢堂, 東京, pp21-26.
- Last F. T., Mason P. A., Ingleby K. and Fleming L. V. 1984. Succession of fruitbodies of sheathing mycorrhizal fungi associated with *Betula pendula*. *Forest Ecology and Management* 9: 229-234.
- Lee L. S., Alexander I. J. and Watling R. 1997. Ectomycorrhizas and putative ectomycorrhizal fungi of *Shorea leprosula* Miq. (Dipterocarpaceae). *Mycorrhiza* 7: 63-81.

- Lewis D. H. 1973. Concepts in fungal nutrition and the origin of biotrophy. *Biological Reviews* 48: 261-278.
- Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E. and Mueller G.M. 2004. Collecting and describing macrofungi. In: Mueller G.M., Bills G.F. and Foster M.S. (eds) *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods*. Elsevier academic press, Boston, pp128-158.
- MacArthur R. H. and Wilson E. D. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, 203p.
- Malajczuk N. and Hingston F. J. 1981. Ectomycorrhizae associated with Jarrah. *Aust. J. Bot.* 29: 453-462.
- Marks G. C. and Foster R. C. 1967. Succession of mycorrhizal associations on individual roots of radiata pine. *Aust. For.* 31: 193-201.
- Marmeisse R., Gryta H., Jargeat P., Fraissinet-Tachet L. and Debaud J.-C. 1999. Hebeloma. In: Cairney J. W. G. and Chambers S. M. (eds) *Ectomycorrhizal fungi. Key genera in profile*. Springer-Verlag, Berlin, pp89-127.
- 丸田恵美子・中野隆志. 1999. 中部山岳地域の亜高山帯針葉樹と環境ストレス. *日本生態学会誌* 49: 293-300.
- Massicotte H. B., Molina R., Tackaberry L. E., Smith J. E. and Amaranthus M. P. 1999. Diversity and host specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from three adjacent forest sites by five host species. *Can. J. Bot.* 77: 1053-1076.
- Mason P. A., Last F. T., Pelham J. and Ingleby K. 1982. Ecology of some fungi associated with an aging stand of birches (*Betula pendula* and *B. pubescens*). *Forest Ecology and Management* 4: 19-39.
- 松田陽介. 1999. モミ根系における外生菌根菌の群集生態学的研究. *名大森研.* 18: 83-141.
- 松田陽介. 2000. 森林における外生菌根菌の群集構造—樹木をつなぐ菌根菌ネットワーク. *森林微生物生態学*, (二井一禎・肘井直樹編), 朝倉書店, 東京, pp230-243.
- Meyer F. H. 1973. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. In: Marks G. C. and Kozlowski T. T. (eds) *Ectomycorrhizae: their ecology and physiology*. Academic Press, New York, pp79-105.
- 富下直・野田隆史. 2003. *群集生態学*. 東京大学出版会, 東京, 187p.
- Molina R. 1981. Ectomycorrhizal specificity in the genus *Alnus*. *Can. J. Bot.* 59: 325-334.
- Molina R., Massicotte H. and Trappe J. M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbioses: Community-ecological consequences and partial implications. In: Allen M. F. (ed) *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*. Chapman & Hall, New York, pp 357-423.
- 森下正明. 1996. 種多様性指数値に対するサンプルの大きさの影響. *日本生態学会誌* 46: 269-289.
- Murakami Y. 1989. Spacial changes of species composition and seasonal fruiting of the Agaricales in *Castanopsis cuspidata* forest. *Trans. mycol. Soc. Japan* 30: 89-103.
- 長澤栄史. 1989. イグチ科. 原色日本親近類図鑑(II), (今関六也・本郷次雄編), 保育社, 大阪, pp 1-44.
- Nakamura T. 1992. Succession and differentiation of forest communities in the subalpine region of Mt. Fuji. *Bull. Tokyo Univ. For.* 87: 159-173.
- Nara K., Nakaya H. and Hogetsu T. 2003. Ectomycorrhizal sporocarp succession and production during early primary succession on Mount Fuji. *New Phytol.* 158: 193-206.
- 根田仁. 1996. 森林における野生きのこの多様性. *森林科学* 17: 32-35.
- Newton A. C. 1992. Toward a functional classification of ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 2: 75-79.
- 日本菌学会. 1959. 富士山採集会の収穫. *日菌報.* 2: 15-17.
- Ogawa M. 1977a. Ecology of higher fungi in *Tsuga diversifolia* and *Betula ermani-Abies mariesii* forests of subalpine zone. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 18: 1-19.
- Ogawa M. 1977b. Microbial ecology of 'Shiro' in *T. matsutake* (Ito et Imai) Sing and its allied species IV. *T. matsutake* in *Tsuga diversifolia* forests. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 18: 20-33.

- 小川眞. 1978. マツタケの生物学. 築地書館, 東京, 326p.
- 小川眞. 1981. 菌根菌の生態的性質とその菌根-菌類生態学序論一. 第17回 IUFRO 論文集: 170-175.
- 岡部宏秋. 1997. 森づくりと菌根菌. (助) 林業科学技術振興所, 東京, 110p.
- 大賀宣彦・沼田真, 1971. 富士山における遷移系列とその解析. 富士山総合学術調査報告書, 富士急行株式会社, pp422-455.
- Peter M., Ayer F., Egil S. and Honegger R. 2001. Above- and below-ground community structure of ectomycorrhizal fungi in three Norway spruce (*Picea abies*) stands in Switzerland. *Can. J. Bot.* 79: 1134-1151.
- Read D. J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. *Experientia* 47: 376-391.
- Read D. J. 1992a. The mycorrhizal mycelium. In: Allen M. F. ed. *Mycorrhizal functioning. An integrative plant-fungal process.* Chapman & Hall, New York, pp 102-133.
- Read D. J. 1992b. The mycorrhizal fungal community with special reference to nutrient mobilization. In: Carroll G. C. and Wicklow D. T. (eds) *The fungal community, its organization and role in the ecosystems.* 2nd ed. Marcel Dekker, New York, pp 631-652.
- 斎藤全生. 1971. 森林限界付近の植生. 富士山総合学術調査報告書, 富士急行株式会社, pp639-656.
- 佐橋憲生. 2004. 日本の森林・多様性の生物学シリーズ ② 菌類の森. 東海大学出版会, 神奈川, 198p.
- Sato S. 1966. Studies on the rust fungi found on Mt. Fuji and its vicinities, Fuji-Hakone-Izu National Park, Japan with special reference to species of the tree rusts. *Mem. Fac. Agri. Tokyo Univ. Education.* 12: 1-64.
- Schmit J. P., Murphy J. F. and Mueller G. M. 1999. Macrofungal diversity of a temperate oak forest: a test of species richness estimators. *Can. J. Bot.* 77: 1014-1027.
- Schwarze F. W. M. R., Engels J. and Mattheck C. 2000. *Fungal strategies of wood decay in trees.* Springer-Verlag, Berlin, 185p.
- 柴田尚. 1987. 山梨県産高等菌類に関する研究 I - 山梨県内でみられるハラタケ目アマタケ目およびベニタケ目菌類. 山梨県林業技術センター報告 16: 20-52.
- 柴田尚. 1992. 山梨県産高等菌類に関する研究 II - 山梨県内のヒダナシタケ目菌類. 山梨県林業技術センター報告 18: 45-53.
- 柴田尚. 1996. 亜高山帯カラマツ林における外生菌根菌の生態. 第29回林業技術シンポジウム講演集: 31-37
- 柴田尚. 1997. 山梨県およびその周辺地域の亜高山帯針葉樹林の菌根性担子菌類. 山梨県森林総合研究所研究報告 19: 27-36.
- 柴田尚. 2000. 本州中部亜高山帯針葉樹林のきのこ. *森林科学* 30: 8-13.
- Shibata H. 2001. Three species *Cortinarius* subgenus *Phlegmacium* new to Japan. *Mycoscience* 42: 227-233.
- 柴田尚. 2002. 山梨県産高等菌類に関する研究 III - 山梨県内でみられるハラタケ目アマタケ目およびベニタケ目菌類(2). 山梨県森林総合研究所研究報告 23: 1-12.
- 柴田尚. 2003. 大型菌類(きのこ). 生態系多様性調査(富士北麓地域) 報告書, 環境省自然環境局生物多様性センター, pp29-37.
- Shibata H. 2004. *Cortinarius rebellus*, a poisonous species new to Japan. *Mycoscience* 45: 395-397.
- 森林土壌研究会. 1982. 森林土壌の調べ方とその性質. 林野弘済会, 東京, 328p.
- Smith S. E. and Read D. J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis* 2nd ed. Academic Press, San Diego, 605p.
- Stendell E. R., Horton T. R. and Bruns T. 1999. Early effects of prescribed fire on the structure of the ectomycorrhizal fungus community in a Sierra Nevada ponderosa pine forest. *Mycol. Res.* 103: 1353-1359.
- Straatsma G., Ayer F. and Egli S. 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycol. Res.* 103: 515-523.
- Sugiyama H., Shibata H., Isomura K. and Iwashima K. 1994. Concentration of radiocesium in mushrooms and substrates in the sub-alpine forest of Mt. Fuji Japan. *J. Food. Hyg. Soc. Japan* 35: 13-22.

- 鈴木和夫. 1999. 樹木医学. 朝倉書店, 東京, 325p.
- Taylor D. L. and Alexander I. J. 1989. Ectomy-corrhizal synthesis with an isolate of *Russula aeruginea*. Mycol. Res. 92: 103-107.
- Taylor D. L. and Bruns T. D. 1999. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: minimal overlap between the mature forest and resistant propagule communities. Molecular Ecology 8: 1837-1850.
- 寺島一郎. 2004. 植物と環境. 植物生態学, (甲山隆司他編), 朝倉書店, 東京. pp1-41.
- Thermorshuizen A. J. 1991. Succession of mycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris* in The Netherlands. J. Vegetation Science 2: 555-564.
- Thermorshuizen A. J. and Schaeffers A. P. 1989. The relation in the field between fruitbodies of mycorrhizal fungi and their mycorrhizas. Agaric. Ecosyst. Environ. 28: 509-512.
- Tohyama M. 1966. Subalpine needle-leaved forests of Mt. Fuji. - Forest vegetations of Mt. Fuji IV - . Mem. Fac. Agri. Hokkaido University 6: 1-33.
- Trappe J. M. 1962. Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae. Bot. Rev. 28: 538-606.
- Trappe J. M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. Ann. Rev. Phytopath. 15: 203-222.
- Treu R., Laursen G.A., Stephenson S.L., Landolt J.C. and Densmore R. 1996. Mycorrhizae from Denali National Park and Preserve, Alaska. Mycorrhiza 6: 21-29.
- 津屋弘達. 1971. 富士山の地形・地質. 富士山総合学術調査報告書, 富士急行株式会社, pp1-150.
- Vare H., Vestberg M. and Euroala S. 1992. Mycorrhiza and root-associated fungi in Spitsbergen. Mycorrhiza 1: 93-104.
- Visser S. 1995. Ectomycorrhizal fungal succession in jack pine stands following wildfire. New Phytol. 129: 389-401.
- Vogt K. A., Bloomfield J., Ammirati J. F. and Ammirati S. R. 1992. Sporocarp production by basidiomycetes, with emphasis on forest ecosystems. In: Carroll G. C. and Wicklow D. T. (eds) The fungal community, its organization and role in the ecosystems. 2nd ed. Marcel Dekker, New York, pp 563-581.
- Watling R. 1995. Assessment of fungal diversity: macromycetes, the problems. Can. J. Bot. 73 (Suppl. 1) : s15-s24.
- 渡瀬彰. 1971. 富士山における天然林の生育. 富士山総合学術調査報告書, 富士急行株式会社, pp657-664.
- Widden P. 1997. Competition and fungal community. In: Wicklow D. T. and Soderstrom B. E. (eds) The Mycota VI. Environmental and microbial relationships. Springer, Berlin, pp 135-147.
- Worrall J. J. 1999. Fungal demography - Mushrooming populations. In: Worrall J.J.(ed) Structure and dynamics of fungal populations. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 175-194.
- Wurzburger N., Hartshorn A.S. and Hendrick R.L. 2004. Ectomycorrhizal fungal community structure across a bog-forest ecotone in south-eastern Alaska. Mycorrhiza 14: 383-389.
- 山田明義. 1996. アカマツ林内における外生菌根菌の群集生態学的研究. 博士学位論文. 筑波大学, 158p.
- Yamada A. and Katsuya K. 1996. Morphological classification of ectomycorrhizas of *Pinus densiflora*. Mycoscience 37: 145-155.
- Yang G., Cha J. Y., Shibuya M., Yajima T. and Takahashi K. 1998. The occurrence and diversity of ectomycorrhizas of *Larix kaempferi* seedlings on a volcanic mountain in Japan. Mycol. Res. 102: 1503-1508.
- 山梨県. 1980. 土地分類基本調査 - 富士山 (5万分の1) -. 山梨県, 34p.
- 山梨県林業試験場. 1975. 昭和49年度山梨県民有林適地適木調査説明書 - 富士山北西部地域 -. 山梨県林業試験場, 36p.
- 山梨県林務部. 1976. 山梨県県有林第1次経営計画. 山梨県, 287p.
- Zhou Z., Miwa M. and Hogetsu T. 2000. Genet distribution of ectomycorrhizal fungus *Suillus grevillei* populations in two *Larix kaempferi* stands over two years. J. Plant Res. 113: 365-374.

図版説明

図版 I

- 1 : 1980 年 4 月 14 日に発生した雪崩直後の状況
- 2 : 1983 年の調査開始時のカラマツ二次林 (LK3 林分)
- 3 : 1992 年の LK3 林分

図版 II

- 4 : 1983 年の調査開始時のカラマツ天然林 (LK100 林分)
- 5 : 1983 年の調査開始時のカラマツ人工林 (LK12 林分)
- 6 : 1983 年の調査開始時のカラマツ人工林 (LK43 林分)

図版 III

- 7 : 1983 年の調査開始時のシラビソ人工林 (AV15 林分)
- 8 : 1983 年の調査開始時のシラビソ人工林 (AV25 林分)
- 9 : 1983 年の調査開始時のシラビソ人工林 (AV44 林分)
- 10 : 1983 年の調査開始時のシラビソ・オオシラビソ天然林 (AVn19 林分)
- 11 : 1983 年の調査開始時のシラビソ・オオシラビソ天然林 (AVn21 林分)

図版 IV

- 12 : 1983 年の調査開始時のコメツガ天然林 (TDn17 林分)
- 13 : 1983 年の調査開始時のコメツガ天然林 (TDn20 林分)
- 14 : 1983 年の調査開始時のコメツガ天然林 (TDn22 林分)

図版 V

- 15 : 小川 (1981) のコロニー型分類によるフェアリーリング型コロニー (I 型); シラビソ人工林内に形成されたウスタケ (*Gomphus floccosus*) のコロニー
- 16 : フジウスタケのシロ (コロニー) に形成された菌糸束
- 17 : 小川 (1981) のコロニー型分類による不定形マット型コロニー (II 型); コメツガ天然林内に形成されたケロウジ (*Sarcodon scabrosus*) のコロニー
- 18 : 小川 (1981) のコロニー型分類による分散コロニー型コロニー (III 型); カラマツ二次林内に形成されたワカフサタケ属菌 (*Hebeloma* sp.) のコロニー

図版 VI

- 19 : カラマツ 2 次林に発生したワカフサタケ (*Hebeloma mesophaeum*) 子実体 [K-1 群]
- 20 : カラマツ 2 次林に発生したカラマツチチタケ (*Lactarius porninsis*) 子実体 [K-2 群]
- 21 : カラマツ林に発生したカラマツシメジ (*Tricholoma pusammopus*) 子実体 [K-2 群]
- 22 : カラマツ天然林に発生したキノメリガサ (*Hygrophorus lucorum*) 子実体 [K-3 群]
- 23 : カラマツ天然林に発生したハナイグチ (*Suillus grevillei*) 子実体 [K-3 群]
- 24 : カラマツ人工林に発生したアミハナイグチ (*Boletinus cavipes*) 子実体 [K-4 群]
- 25 : カラマツ天然林に発生したキノボリイグチ (*Suillus spectabilis*) 子実体 [K-4 群]

図版 VII

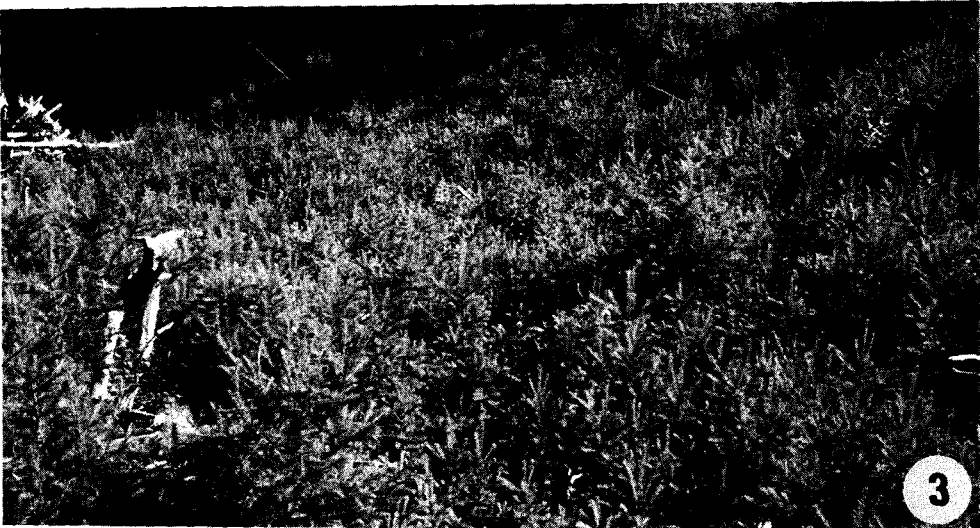
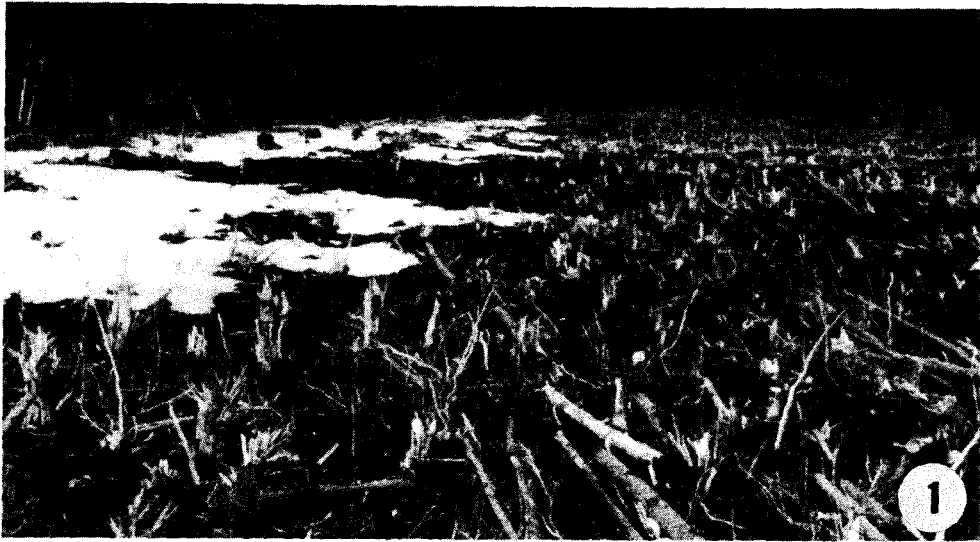
- 26 : シラビソ人工林に発生したキツネタケ (*Laccaria laccata*) 子実体 [S-1 群]
- 27 : シラビソ人工林に発生したクロカワ (*Boletopsis leucomelaena*) 子実体 [S-2 群]
- 28 : シラビソ人工林に発生したアカモミタケ (*Lactarius laeticolorus*) 子実体 [S-2 群]
- 29 : シラビソ人工林に発生したタマゴタケ (*Amanita hemibapha*) 子実体 [S-3 群]
- 30 : シラビソ人工林に発生したニオイハリタケモドキ (*Hydnellum caeruleum*) 子実体 [S-3 群]

図版 VIII

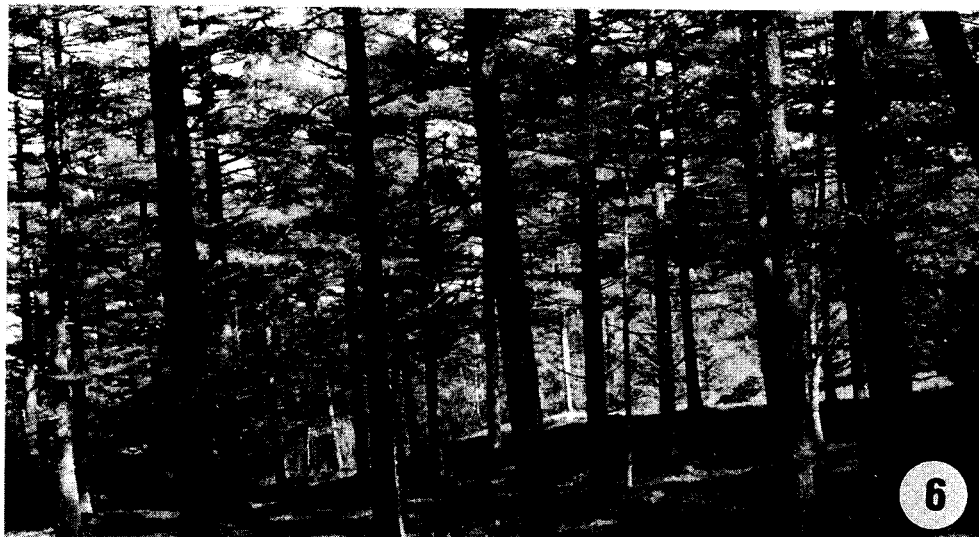
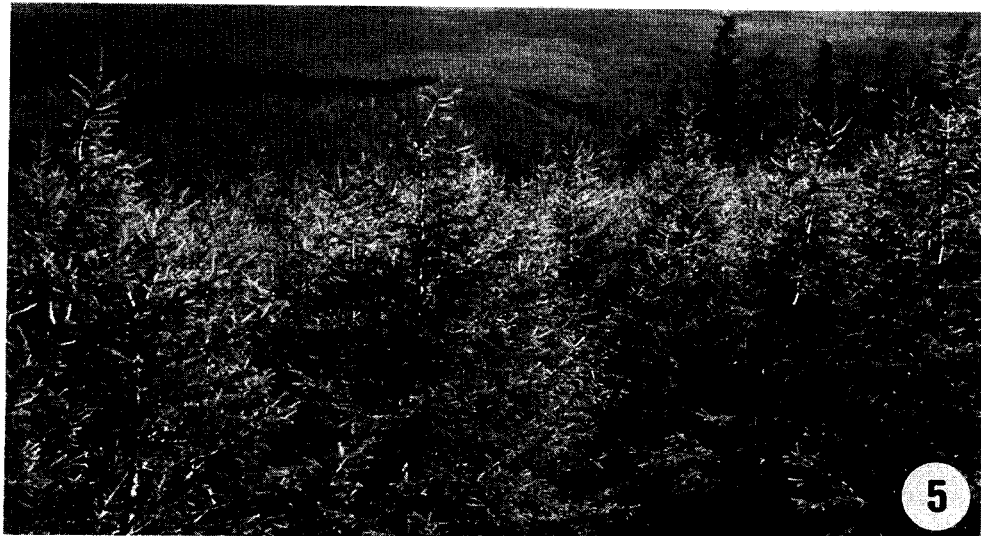
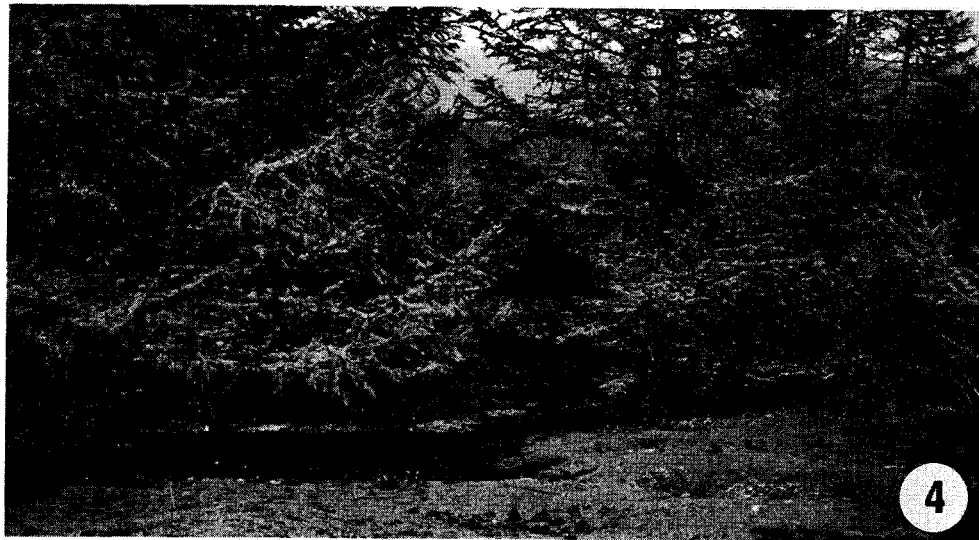
- 31 : シラビソ人工林に発生したフジウスタケ (*Gomphus fujisanensis*) 子実体 [S-4 群]
- 32 : シラビソ人工林に発生したアイシメジ (*Tricholoma sejunctum*) 子実体 [S-4 群]
- 33 : シラビソ人工林に発生したショウゲンジ (*Rozites caperata*) 子実体 [S-5 群]
- 34 : シラビソ人工林に発生したウラグロニガイグチ (*Tylopilus eximius*) 子実体 [S-5 群]

図版 IX

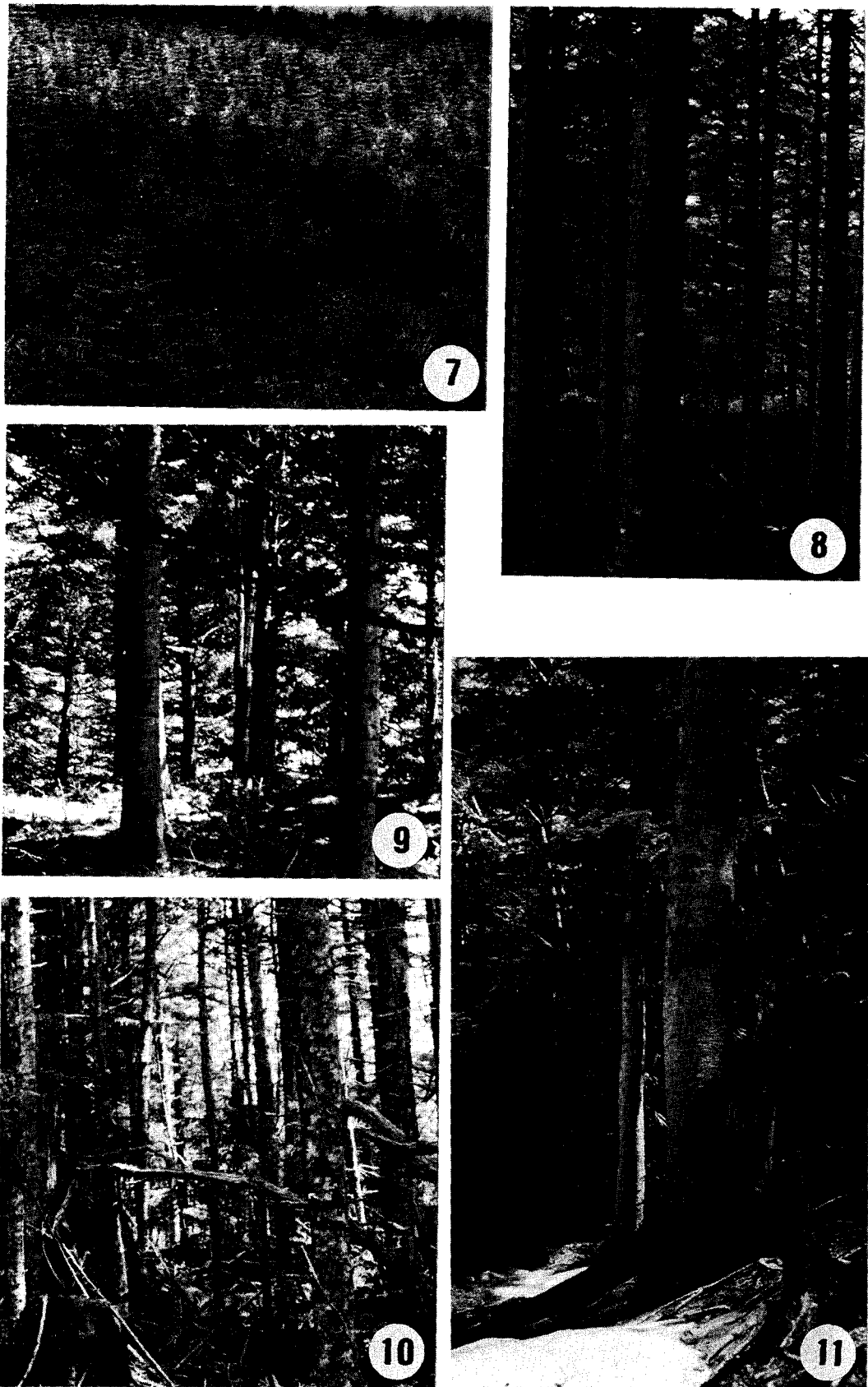
- 35 : シラビソ人工林に発生し、日本新産種として報告されたマダラフウセンタケ (*Cortinarius scaurus*) 子実体
- 36 : コメツガ天然林に発生し、日本新産種として報告されたジンガサドクフウセンタケ (*Cortinarius rubellus*) 子実体



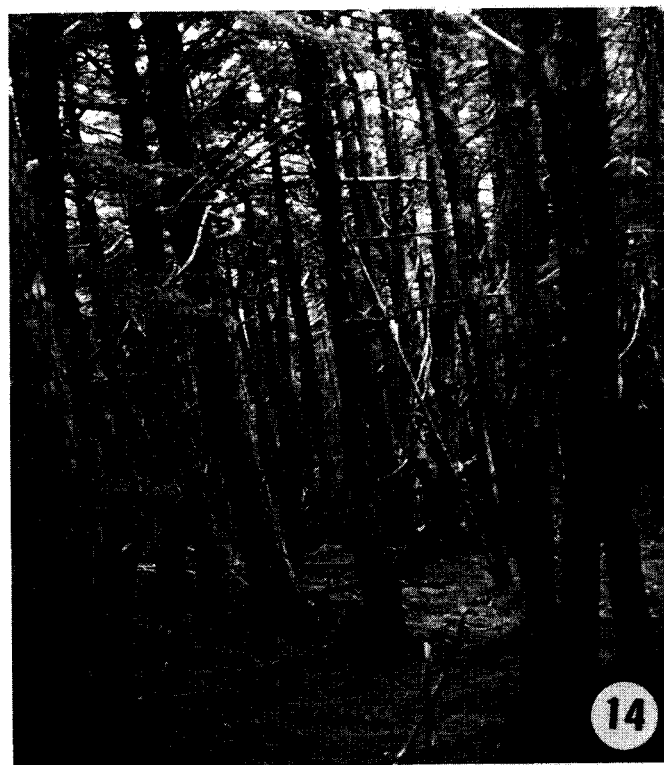
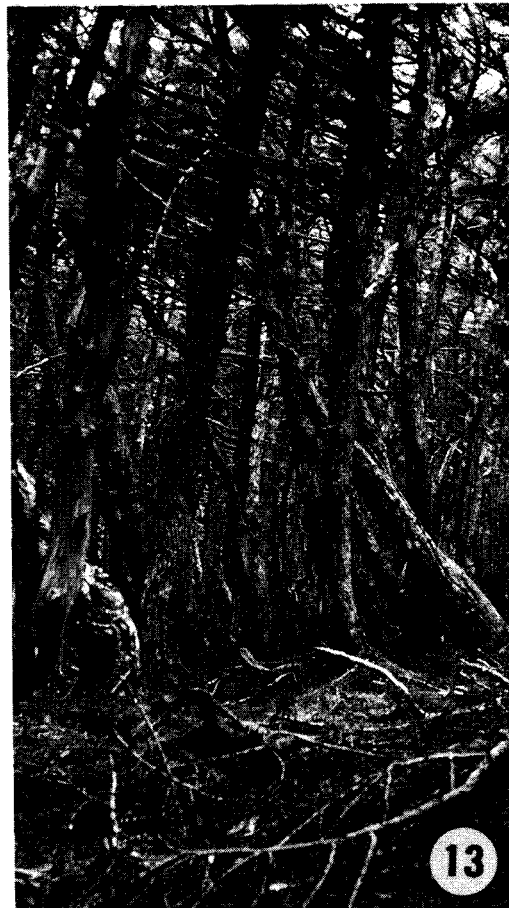
図版 I



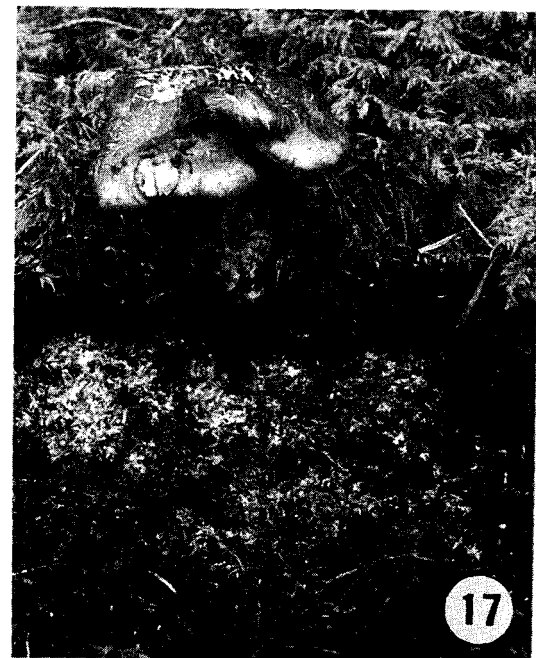
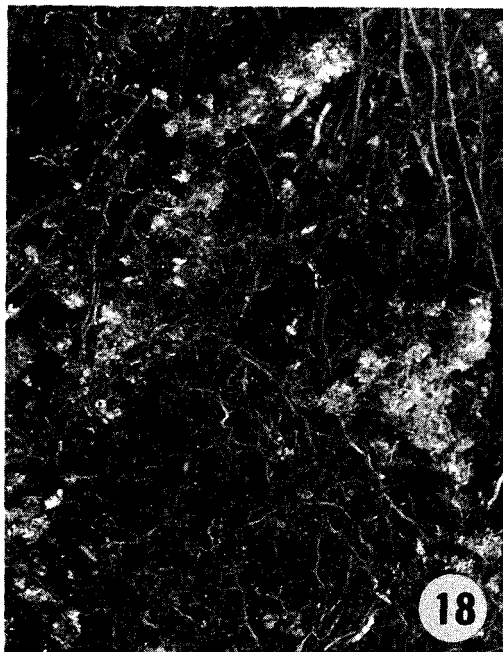
図版 II



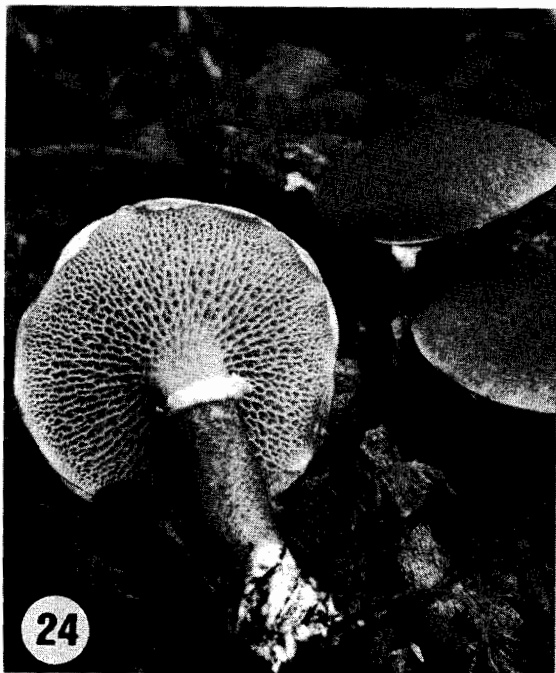
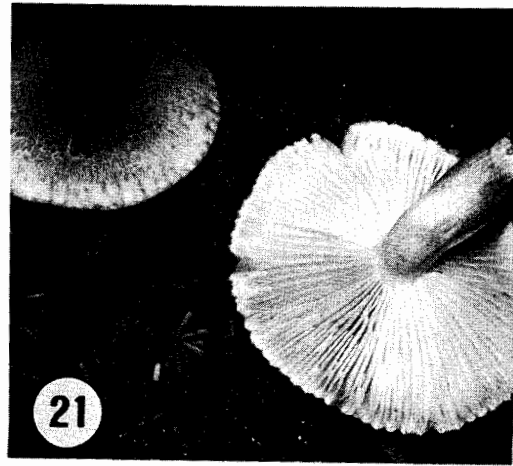
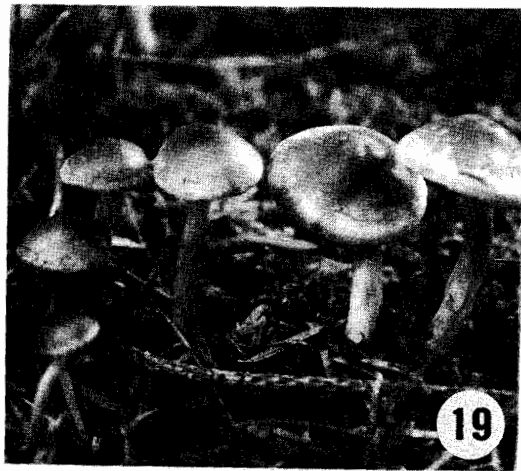
図版Ⅲ



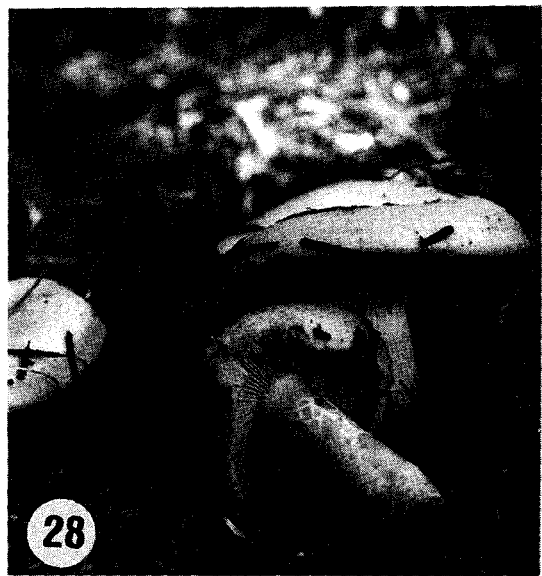
図版IV



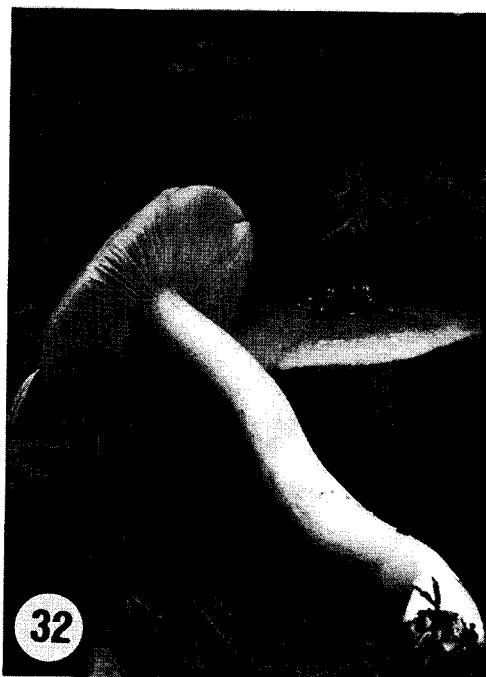
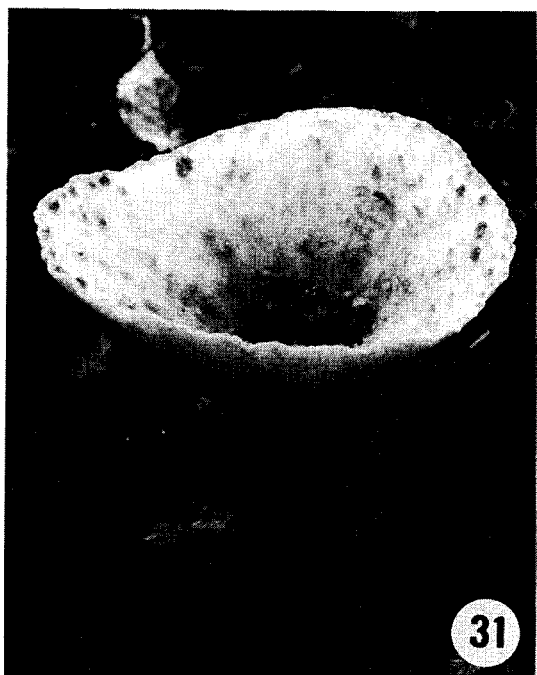
図版 V

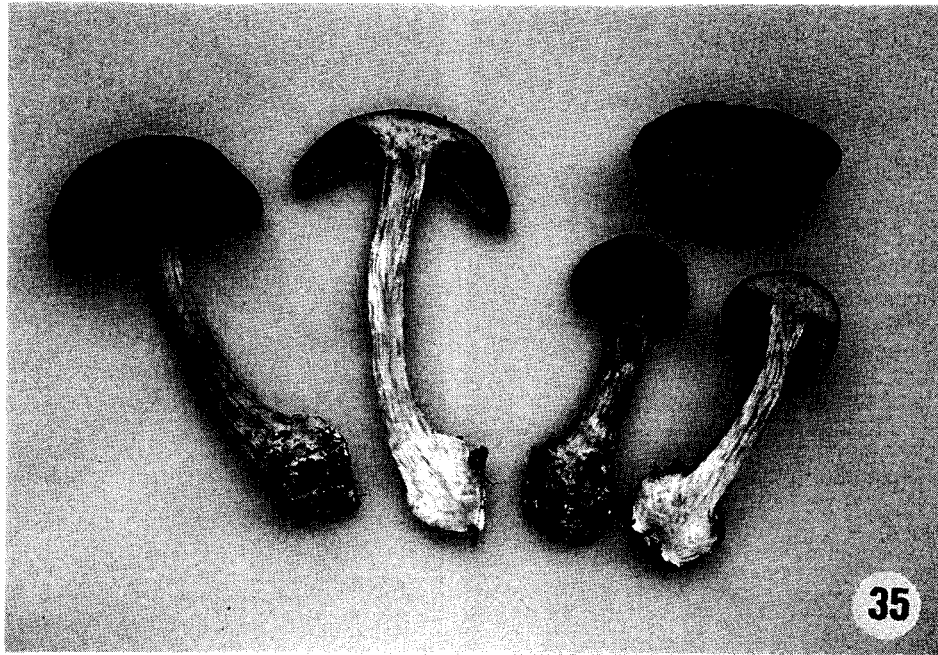


図版VI



图版VII





フジスタケ (*Gomphus fujiisanensis* (Imai) Parmasto)、アイシメジ (*Tricholoma sejunctum* (Sow.: Fr.) Quél.) であり、50 種中 14 種 (28%) が属していた。第 5 グループの代表種はウラグロニガイグチ、ショウゲンジであり、50 種中 14 種 (28%) が属していた。

次に、それぞれのグループを代表する菌の各年毎の子実体バイオマス (乾燥重量) を図 5-27~図-35 に示した。第 1 グループに属する菌の子実体発生が多かったのは AV15 および AV25 林分であり、AV44 林分では子実体発生は著しく減少、もしくは見られなくなった。第 2 グループに属する菌は、調査した 3 林分のいずれにおいてもほぼ均一に子実体が発生した。第 3 グループに属する菌は、AV15 林分において調査開始からの 8 年間もしくは 10 年間は子実体の発生が確認されなかった。AV25 林分および AV44 林分でも短期間、子実体の発生が確認されない年があったが、それを除いては子実体の発生動態に大きな特徴はみられなかった。第 4 グル-

ープに属する菌は、子実体発生のピークが AV15 林分および AV25 林分においては調査期間の後半にあるか、または AV44 林分で子実体の発生が確認された。さらに第 5 グループに属する菌は、AV15 林分および AV25 林分では子実体の発生が確認されないかまたは単年のみの発生であり、AV44 林分においても子実体の発生が確認された年は調査を行った 20 年間のうちで 3 年以下と非常に短期間であった。

表 5-13 シラビソ人工林の外生菌根菌子実体の種多様度指数

調査林分	子実体種多様度指数
AV15	2.88±1.09a
AV25	3.73±0.47b
AV44	3.71±0.72b

n = 20、平均値±標準偏差、同列内で異なる英字を付した平均値間には、Kruskal-Wallis 検定による有意差あり (p<0.05)

表 5-14 シラビソ人工林の外生菌根菌の総子実体バイオマス (g/ha/年)

調査林分	子実体バイオマス
AV15	4135.86±3949.43a
AV25	6659.10±3889.15ab
AV44	7573.23±4705.18b

n = 20、平均値±標準偏差、同列内で異なる英字を付した平均値間には、Kruskal-Wallis 検定による有意差あり (p<0.05)

表 5-15 富士山亜高山帯シラビソ人工林における子実体種多様度指数と子実体バイオマスとの単回帰分析

シラビソ林分	相関係数 (r)
AV15	0.825**
AV25	0.526*
AV44	0.783**

*; p<0.05, **; p<0.01

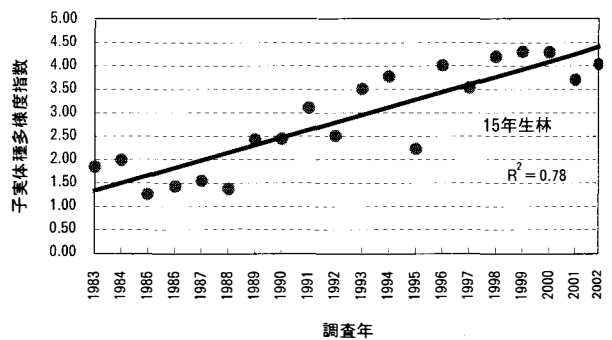


図 5-23 富士山亜高山帯のシラビソ人工林 (AV15 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

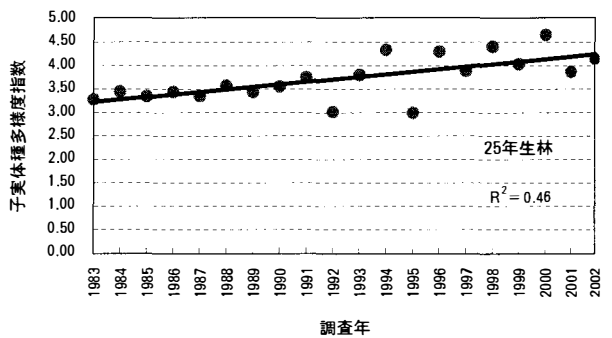


図 5-24 富士山亜高山帯のシラビソ人工林 (AV25 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

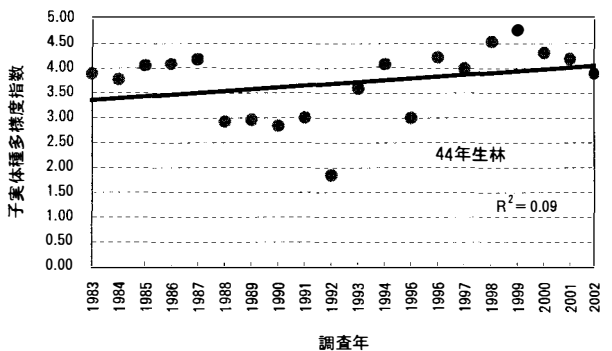


図 5-25 富士山亜高山帯のシラビソ人工林 (AV44 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

第 1 グ
第 2 グ
第 3 グ
第 4 グ
第 5
本表
スター
5.5
調
生菌
科、
ギタ
ズタ
の 1
うち
(Co
きの
T
生か
種、
TD
ウ
ウ
シ
実
(F

表5-16 シラビソ人工林の樹齢にもとづく外生菌根菌群の分類

グループ	外生菌根菌種名
第1グループ (5種)	<i>Amanita lomgistriata</i> (タマゴテングタケモドキ)、 <i>A. spreata</i> (ツルタケダマシ)、 <i>A. virosa</i> (ドクツルタケ)、 <i>Cortinarius collinitus</i> (ツバアブラシメジ)、 <i>Laccaria laccata</i> (キツネタケ)
第2グループ (6種)	<i>Boletinus cavipes</i> (アミハナイグチ)、 <i>Boletopsis leucomelaena</i> (クロカワ)、 <i>Lactarius flavidulus</i> (キハツダケ)、 <i>L. laetiolorus</i> (アカモミタケ)、 <i>Russula cyanoxantha</i> (カワリハツ)、 <i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)
第3グループ (11種)	<i>Amanita hemibapha</i> (タマゴタケ)、 <i>A. muscaria</i> (ベニテングタケ)、 <i>Boletus reticulatus</i> (ヤマドリタケモドキ)、 <i>Cortinarius scaurus</i> (マダラフウセンタケ)、 <i>Dermocybe cinnamomea</i> (ササタケ)、 <i>Hydnellum caeruleum</i> (ニオイハリタケモドキ)、 <i>Hydnum repandum</i> (カノシタ)、 <i>Ramaria formosa</i> (ハナホウキタケ)、 <i>Tricholoma saponaceum</i> (ミネシメジ)、 <i>T. vaccinum</i> (クダアカゲシメジ)、 <i>T. virgatum</i> (ネズミシメジ)
第4グループ (14種)	<i>Boletus auripes</i> (コガネヤマドリ)、 <i>B. calopus</i> (アシベニイグチ)、 <i>B. luridus</i> (ウラベニイロガワリ)、 <i>B. venenatus</i> (ドクヤマドリ)、 <i>Cantharellus cibarius</i> (アンズタケ)、 <i>Cortinarius</i> sp. (フウセンタケ属菌)、 <i>Dermocybe sanguinea</i> (アカタケ)、 <i>D. semisanguinea</i> (アカヒダササタケ)、 <i>Gomphus floccosus</i> (ウスタケ)、 <i>G. fujisanensis</i> (フジウスタケ)、 <i>Inocybe fastigiata</i> (オオキヌハダトマヤタケ)、 <i>Lactarius chrysorrheus</i> (キチチタケ)、 <i>Russula</i> sp. No.1 (ベニタケ属菌)、 <i>Tricholoma sejunctum</i> (アイシメジ)
第5グループ (14種)	<i>Cortinarius mucosus</i> (アブラシメジモドキ)、 <i>C. pseudosalor</i> (ヌメリササタケ)、 <i>Hygrophorus hypothejus</i> (シモフリヌメリガサ)、 <i>Hygrophorus</i> sp. (ヌメリガサ属菌)、 <i>Lactarius glaucescens</i> (アオゾメツチカブリ)、 <i>L. piperatus</i> (ツチカブリ)、 <i>L. vellereus</i> (ケシロハツ)、 <i>Ramaria botorytis</i> (ホウキタケ)、 <i>Rozites caperata</i> (ショウゲンジ)、 <i>Russula delicata</i> (シロハツ)、 <i>Russula</i> sp. No.2 (ベニタケ属菌)、 <i>Tricholoma flavovirens</i> (キシメジ)、 <i>T. portentosum</i> (シモフリシメジ)、 <i>Tyropilus eximius</i> (ウラグロニガイグチ)

本表は、富士山亜高山帯のシラビソ人工林において、外生菌根菌の子実体発生とシラビソ樹齢との関係を調査し、その結果をクラスター分析し作成した (クラスター分析の結果は、図5-26参照)

5.5 コメツガ天然林

調査した3林分において子実体の発生が確認された外生菌根菌を表5-17に示した。その内訳は、ヌメリガサ科、キシメジ科、テングタケ科、フウセンタケ科、オウギタケ科、オニイグチ科、イグチ科、ベニタケ科、アンズタケ科、ホウキタケ科、カノシタ科およびイボタケ科の12科に属する20属45種1変種であった。これらのうちフウセンタケ科のジンガサドクフウセンタケ (*Cortinarius rubellus* Cooke) は、日本新産種の有毒きのことして報告された (Shibata, 2004)。

TDn17、TDn20 および TDn22 の3林分で子実体の発生が確認されたのは45種1変種中のそれぞれ38種1変種、40種1変種および44種1変種であった。3林分中TDn17林分のみで子実体発生が確認されなかったのは、ウツロベニハナイグチ、ジンガサドクフウセンタケ、オウギタケ (*Gomphidius roseus* (Fr.) Karst.) およびチシオハツの4種であった。さらにTDn20林分のみで子実体発生が確認されなかったのはベニタケ属菌 (*Russula* sp. No.2) だけであり、TDn22林分で子実体

発生が確認された種は、他の2林分のうち少なくともどちらか一方の林分においても子実体発生が確認された。

TDn17、TDn20 および TDn22 の3林分で子実体発生が確認された45種1変種の外生菌根菌のコロニー型 (小川1981) は、フェアリーリング型 (I型) が5種、不定形マット型 (II型) が23種、分散コロニー型 (III型) が17種、コロニー型不明 (オオキノボリイグチ) が1種であった (表5-17 および 図5-36)。オオキノボリイグチの子実体発生位置は、倒木上であったため、地中のコロニーの状態を確認することができなかった。

3林分の子実体種多様度指数は、TDn17林分が 3.89 ± 0.57 、TDn20林分が 4.02 ± 0.57 、TDn22林分が 3.53 ± 0.73 であった (表5-18)。この結果から3林分の子実体種多様度指数の間には有意差は認められなかった ($p < 0.05$)。

調査した3林分で発生した子実体バイオマス (子実体乾燥重量) を比較した (表5-19)。その結果、TDn17林分、TDn20林分およびTDn22林分の1年間の総子実体バイオマスは、それぞれ $7418.16 \pm 4406.28 \text{g/ha/年}$ 、 $10490.40 \pm 6398.91 \text{g/ha/年}$ および $7701.48 \pm 4801.91 \text{g/ha/}$

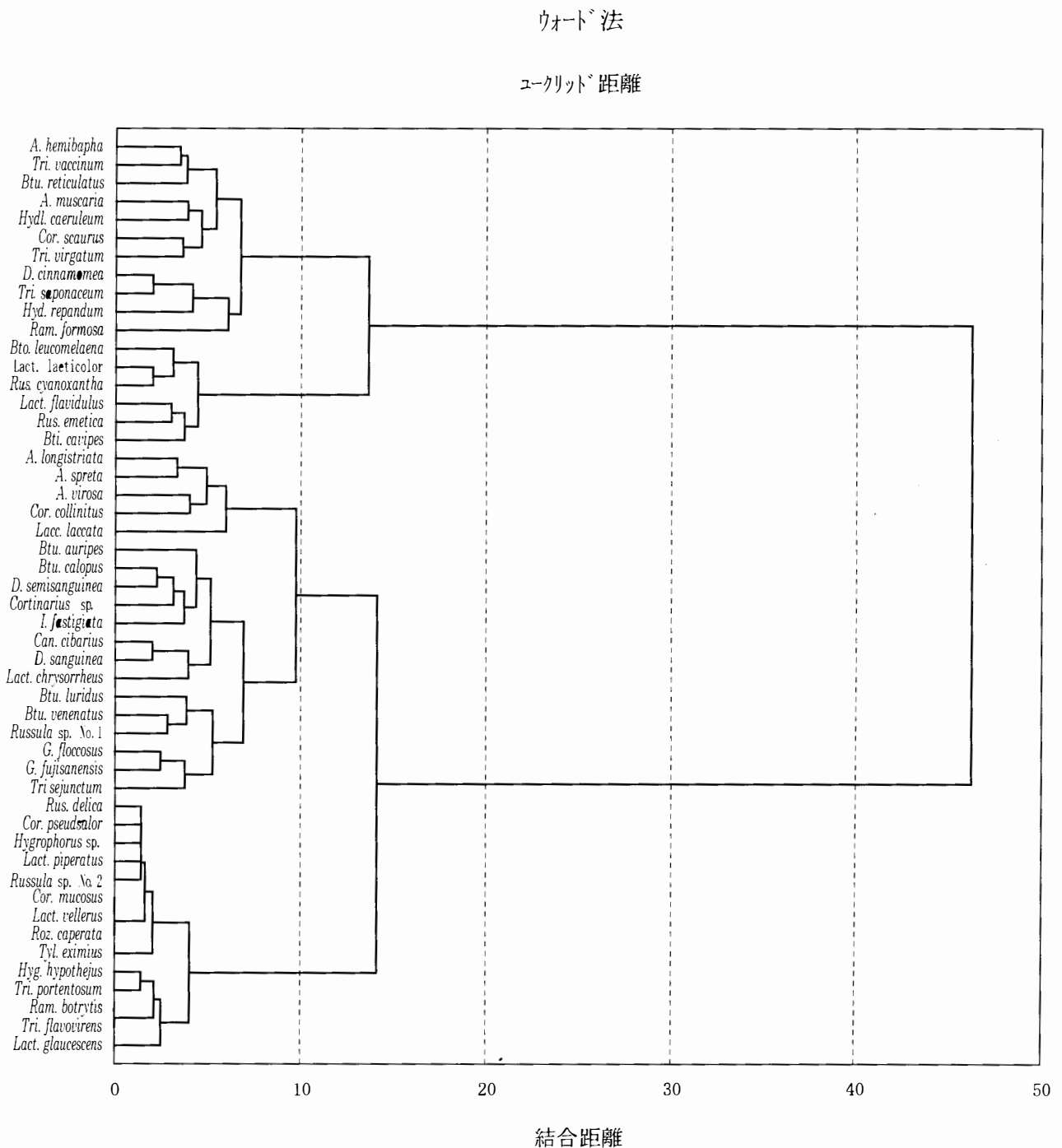


図5-26 子実体発生樹齢にもとづくシラビソ人工林の外生菌根菌のクラスター分析結果
 図中の左縦軸には外生菌根菌の学名を表示してある（それぞれの和名およびグループ分けは表5-16参照）

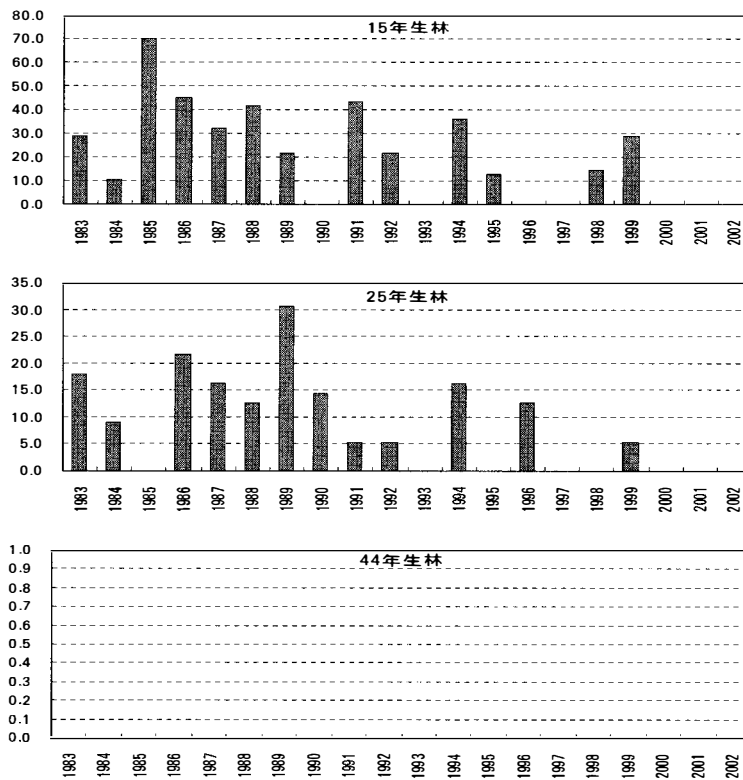


図5-27 シラビソ人工林におけるキツネタケ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

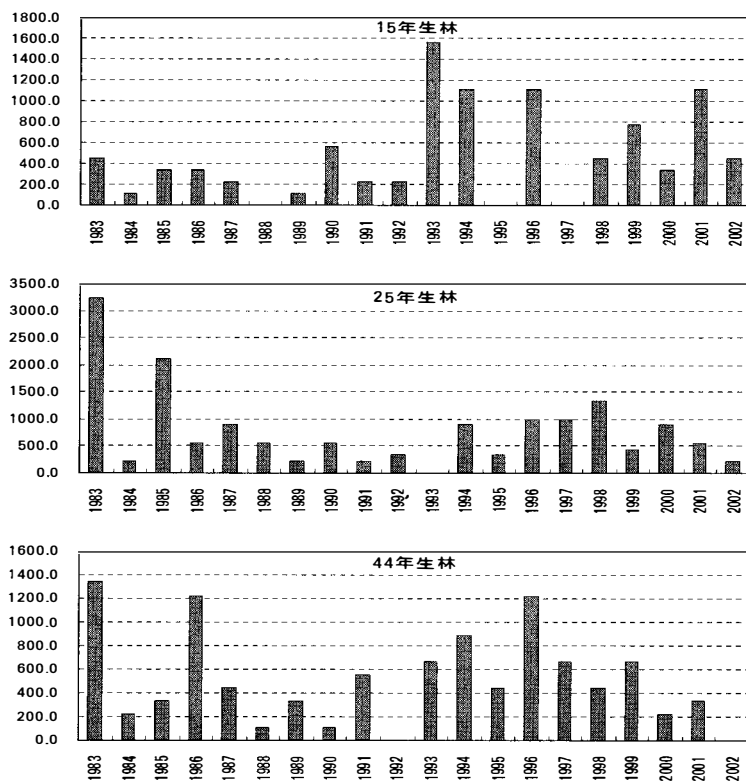


図5-28 シラビソ人工林におけるクロカワ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

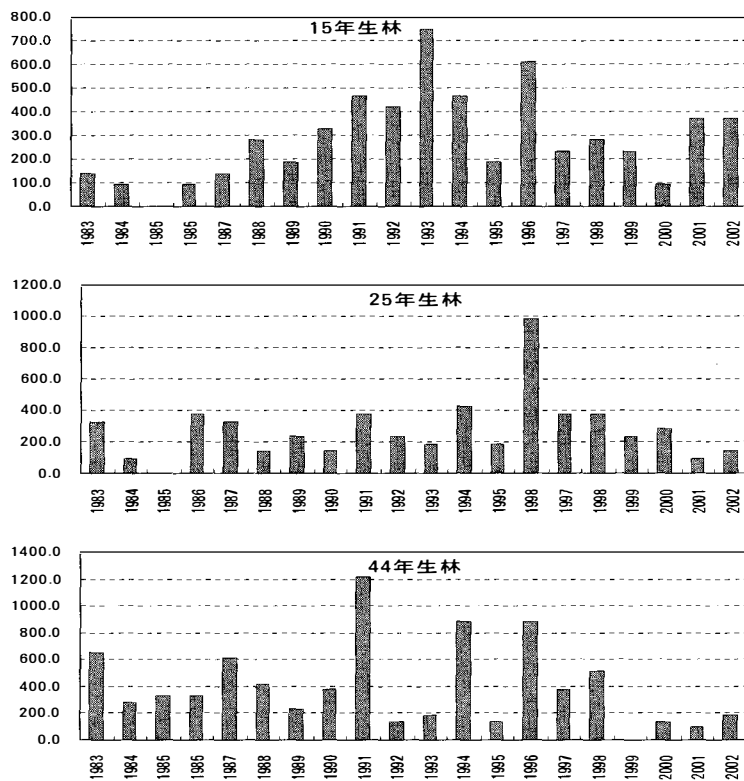


図5-29 シラビソ人工林におけるアカモミタケ子実体バイオマスの林別別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

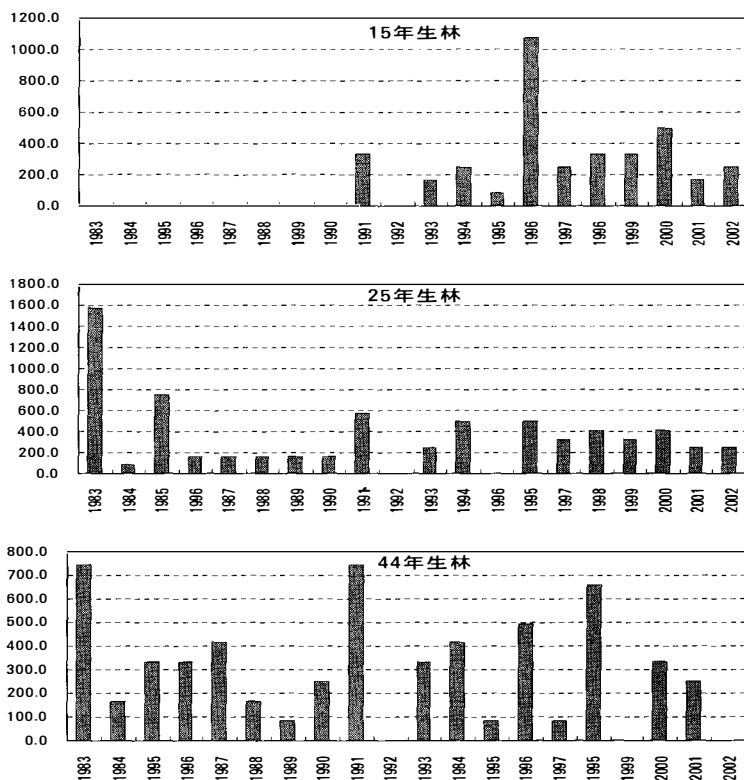


図5-30 シラビソ人工林におけるタマガタケ子実体バイオマスの林別別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

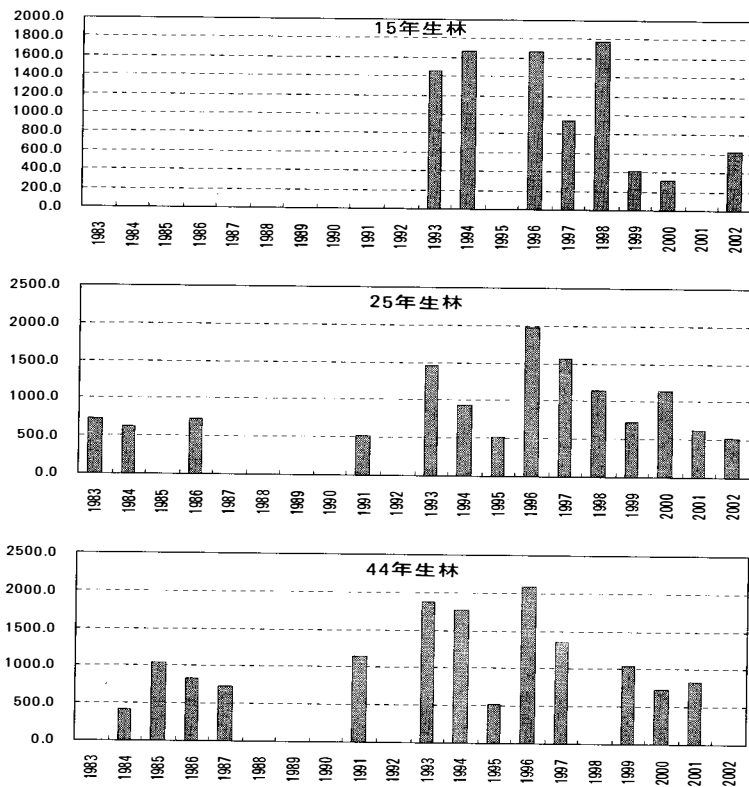


図5-31 シラビソ人工林におけるニオイハリタケモドキ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

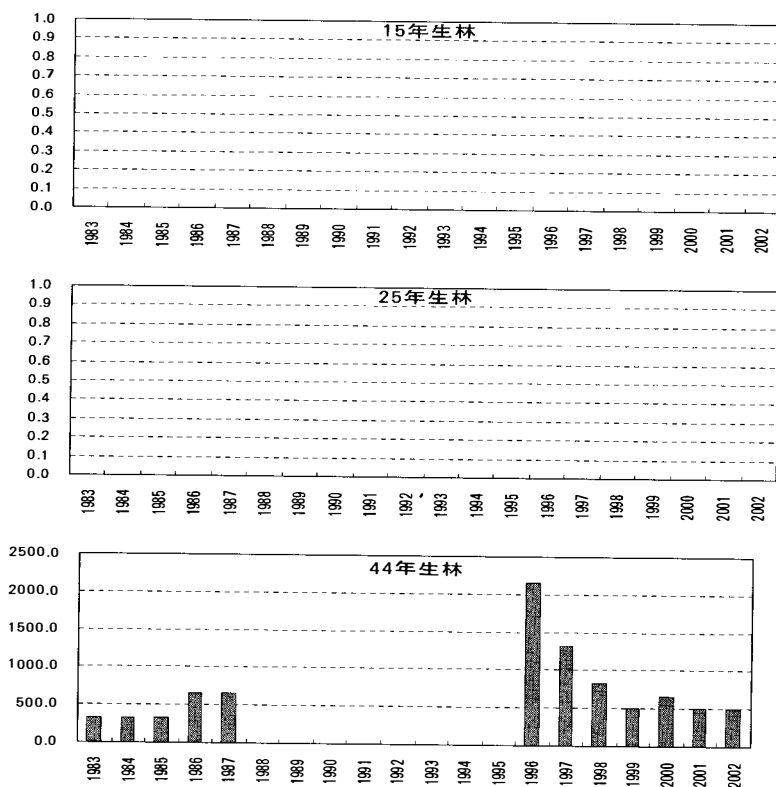


図5-32 シラビソ人工林におけるフジスタケ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

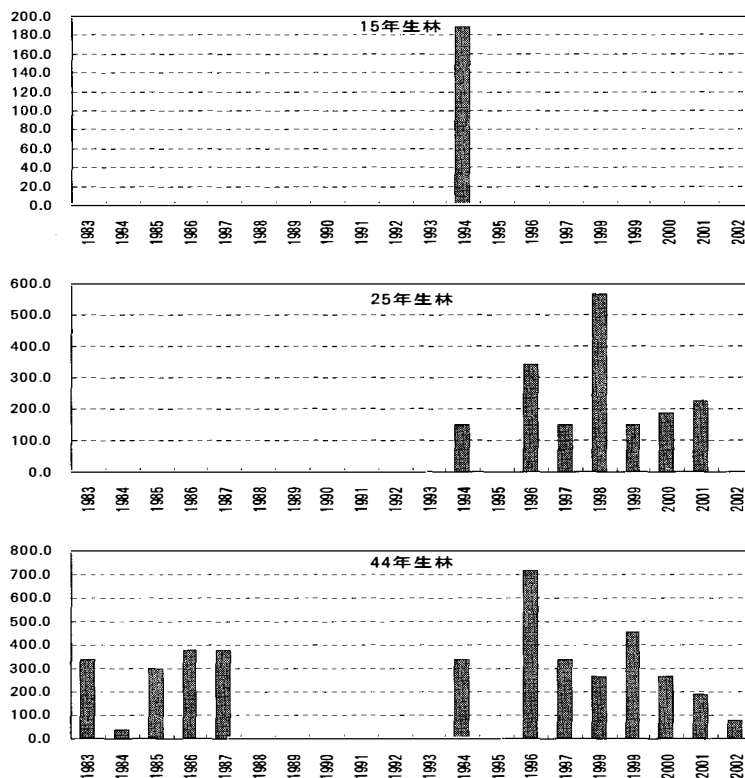


図5-33 シラビソ人工林におけるアイシメジ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

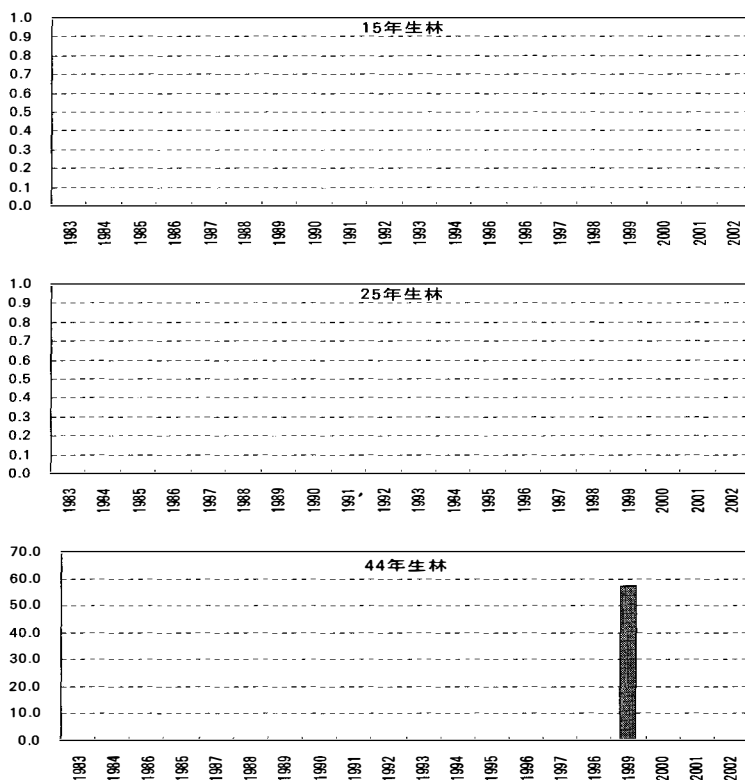


図5-34 シラビソ人工林におけるショウゲンジ子実体バイオマスの林分別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

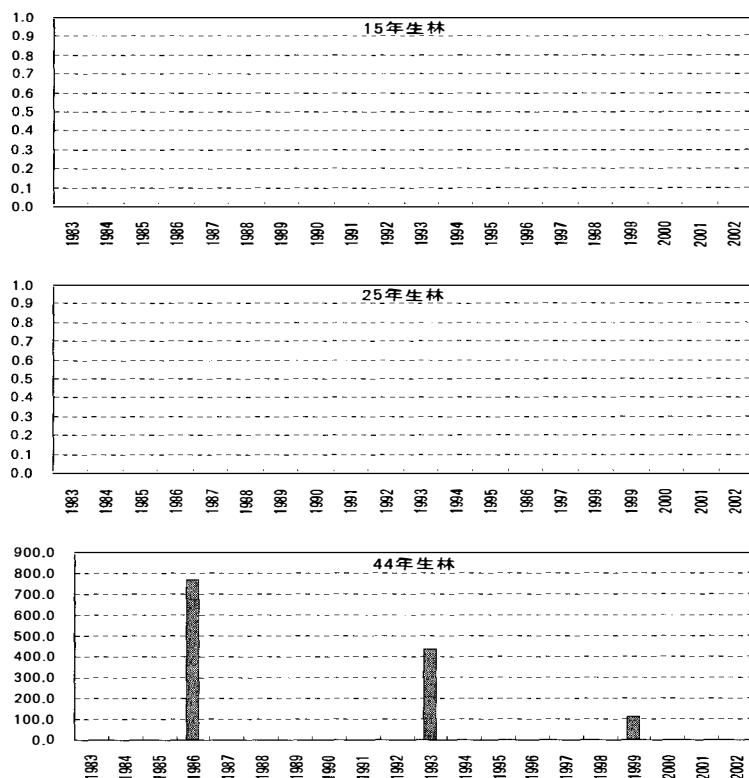


図5-35 シラビソ人工林におけるウログロニガイグチ子実体バイオマスの林別年次変動
図の横軸は調査年、縦軸は子実体バイオマス (単位: g/ha/年)

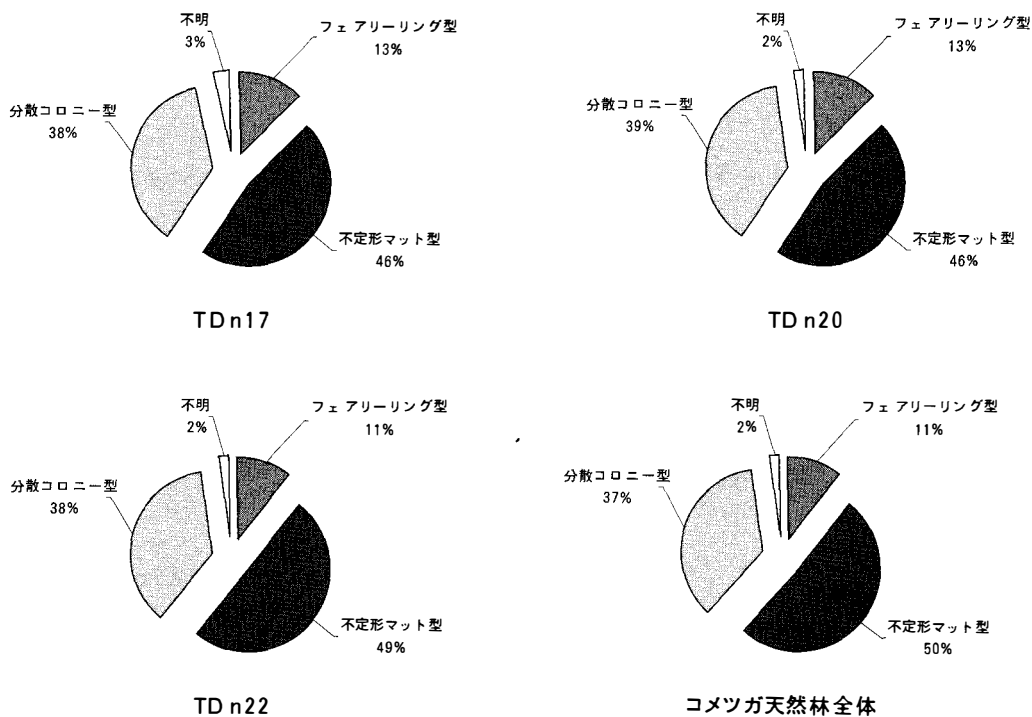


図5-36 コメツガ天然林の外生菌根菌群集の各コロニー型比率 (各コロニー型は、小川 (1981) の定義による)
TDn17、TDn20 および TDn22 の記号は表 3-1 参照

表5-17 富士山亜高山帯コメツガ天然林の外生菌根菌およびそのコロニー型と子実体発生林分

外生菌根菌種名	コロニー型	菌糸束	TDn17	TDn20	TDn22
<i>Amanita virosa</i> (ドクツルタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Boletellus mirabilis</i> (オオキノボリイグチ)	?		○	○	○
<i>Boletinus asiaticus</i> (ウツロベニハナイグチ)	Ⅱ	+		○	○
<i>B. cavipes</i> (アミハナイグチ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>Cantharellus infundibuliformis</i> (ミキイロウスタケ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>C. luteocomus</i> (トキイロラッパタケ)	Ⅰ		○	○	○
<i>Cantharellus</i> sp. No.4 (アンズタケ属菌)	Ⅱ	+			○
<i>Chroogomphus tomentosus</i> (フサクギタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Cortinarius alboviolaceus</i> (ウスフジフウセンタケ)	Ⅱ		○	○	○
<i>C. collinitus</i> (ツバアブラシメジ)	Ⅱ		○	○	○
<i>C. pseudosalor</i> (ヌメリササタケ)	Ⅱ		○	○	○
<i>C. salor</i> (ムラサキアブラシメジモドキ)	Ⅲ		○	○	○
<i>C. traganus</i> (オオウスムラサキフウセンタケ)	Ⅱ		○	○	○
<i>C. rubellus</i> (ジンガサドクフウセンタケ)	Ⅱ			○	○
<i>Cortinarius</i> sp. No.13 (フウセンタケ属菌)	Ⅱ				○
<i>Dermocybe cinnamomea</i> (ササタケ)	Ⅱ		○	○	○
<i>D. semisanguinea</i> (アカヒダササタケ)	Ⅱ		○	○	○
<i>Dermocybe</i> sp. No.1 (ササタケ属菌)	Ⅱ				○
<i>Gomphidius rozeus</i> (オウギタケ)	Ⅲ	+		○	○
<i>Hydnellum caeruleum</i> (ニオイハリタケモドキ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>Hydnum repandum</i> (カノシタ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>H. repandum</i> var. <i>album</i> (シロカノシタ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>Hygrophorus camarophyllus</i> (ヤギタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>H. hypothejus</i> (シモフリヌメリガサ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>H. pudorinus</i> (フキサクラシメジ)	Ⅱ	+	○		
<i>Hygrophorus</i> sp. No.5 (ヌメリガサ属菌)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Inocybe</i> sp. No.3 (アセタケ属菌)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Lactarius akahatsu</i> (アカハツ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>L. chrysorrheus</i> (キチチタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Pulveroboletus ravenerii</i> (キイロイグチ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	Ⅰ		○	○	○
<i>R. flava</i> (キホウキタケ)	Ⅰ		○	○	○
<i>Rozites caperata</i> (ショウゲンジ)	Ⅱ		○	○	○
<i>Russula adusta</i> (コゲイロハツタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>R. cyanoxantha</i> (カワリハツ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>R. rubescens</i> (イロガワリベニタケ)	Ⅲ	+	○	○	○
<i>R. sanguinaria</i> (チシオハツ)	Ⅲ	+		○	○
<i>Russula</i> sp. No.2 (ベニタケ属菌)	Ⅲ	+	○		○
<i>Sarcodon scabrosus</i> (ケロウジ)	Ⅱ		○	○	○
<i>Suillus tomentosus</i> (ワタゲヌメリイグチ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>Tricholoma flavovirens</i> (キシメジ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>T. muscarium</i> (ハエトリシメジ)	Ⅱ	+	○	○	○
<i>T. portentosum</i> (シモフリシメジ)	Ⅰ	+	○	○	○
<i>T. robustum</i> (マツタケモドキ)	Ⅰ		○	○	○
<i>T. sejunctum</i> (アイシメジ)	Ⅱ	+	○	○	○

- ・コロニー型は小川 (1981) による Ⅰ；フェアリーリング型、Ⅱ；不定形マット型、Ⅲ；分散コロニー型、？；コロニー型不明
- ・菌糸束の列中で、+；菌糸束形成有り、空欄；菌糸束形成未確認
- ・表中の○印は、調査期間中 (1983～2002) に子実体が発生したことを示す
- ・TDn17～TDn22 の記号は表 3-1 参照

年であった。TDn17 林分、TDn20 および TDn22 林分の子実体バイオマスの間には有意差は認められなかった ($p < 0.05$)。

次に、子実体種多様度指数の変化を知るために調査開始からの経過年数との関係を一次回帰した。その結果、TDn17 林分では $R^2 = 0.03$ 、TDn20 林分では $R^2 = 0.16$ 、TDn22 林分では $R^2 = 0.24$ であり、いずれの林分においても 20 年の間に子実体種多様度指数が大きく減少、あるいは増加することはなかった (図 5-37~図 5-39)。

各林分毎に子実体種多様度指数と子実体バイオマスとの関係を単回帰分析した結果を表 5-20 に示した。TDn17 林分では子実体種多様度指数と子実体バイオマスとの間には相関があることが示された。しかし、TDn20 林分および TDn22 林分では子実体種多様度指数と子実体バイオマスとの間に相関は認められなかった (いずれも $p < 0.05$)。

コメツガ天然林 3 林分で子実体発生が確認された 45

表 5-18 各コメツガ天然林分の外生菌根菌子実体の種多様度指数

調査林分	子実体種多様度指数
TDn17	3.89 ± 0.57a
TDn20	4.02 ± 0.57a
TDn22	3.53 ± 0.73a

n = 20、平均値 ± 標準偏差、同列内で異なる英字を付した平均値間には、Kruskal-Wallis 検定による有意差あり ($p < 0.05$)

表 5-19 各コメツガ天然林分の外生菌根菌の総子実体バイオマス (g/ha/年)

調査林分	子実体バイオマス
TDn17	7418.16 ± 4406.28a
TDn20	10490.40 ± 6398.91a
TDn22	7701.48 ± 4801.91a

n = 20、平均値 ± 標準偏差、同列内で異なる英字を付した平均値間には、Kruskal-Wallis 検定による有意差あり ($p < 0.05$)

表 5-20 富士山亜高山帯コメツガ天然林における子実体種多様度指数と子実体バイオマスとの単回帰分析

コメツガ林分	相関係数 (r)
TDn17	0.672*
TDn20	0.469
TDn22	0.356

*: $p < 0.05$

種 1 変種の外生菌根菌のうち、個別種の子実体バイオマスの変動と気象量変動との間に相関が認められたのは 21 種であった (表 5-21~表 5-23)。全種の子実体バイオマス合計の変動と気象要素の変動との間に相関は認められなかった (いずれも $p < 0.05$)。

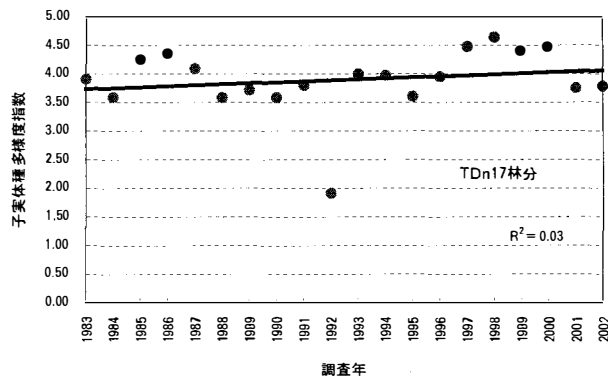


図 5-37 富士山亜高山帯のコメツガ林 (TDn17 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

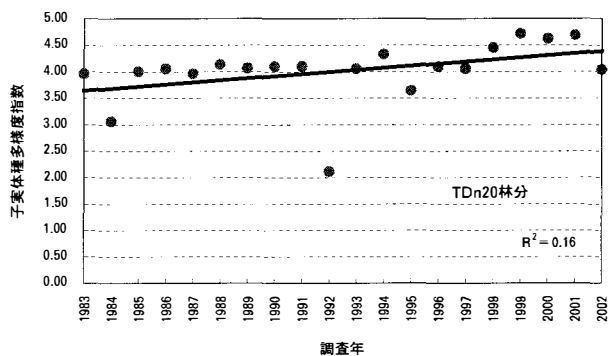


図 5-38 富士山亜高山帯のコメツガ林 (TDn20 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

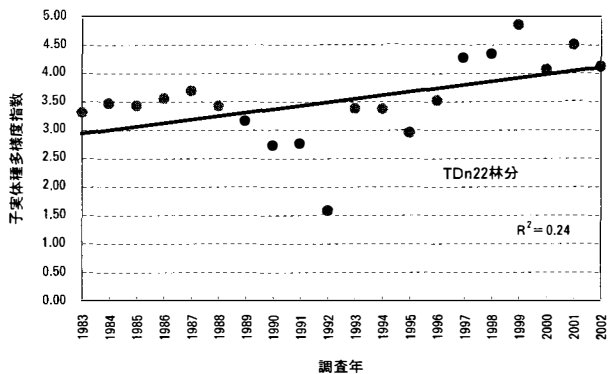


図 5-39 富士山亜高山帯のコメツガ林 (TDn22 林分) の外生菌根菌子実体種多様度指数の年次変化 (1983-2002)

TDn22

不明

表5-21 富士山亜高山帯コメツガ天然林における外生菌根菌の子実体バイオマスと気象量の重回帰 (TDn17 林分)

外生菌根菌種名	5-10月 積算降水量	9月上旬 積算降水量	推定有効 積算気温	調整済 R ²
<i>Amanita virosa</i> (ドクツルタケ)	•	•	0.534*	•
<i>Boletellus mirabilis</i> (オオキノボリイグチ)	•	•	•	•
<i>Boletinus asiaticus</i> (ウツロベニハナイグチ)	—	—	—	—
<i>B. cavipes</i> (アミハナイグチ)	•	•	•	•
<i>Cantharellus infundibuliformis</i> (ミキイロウスタケ)	•	•	•	•
<i>C. luteocomus</i> (トキイロラッパタケ)	•	•	•	•
<i>Cantharellus</i> sp. No.4 (アンズタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Chroogomphus tomentosus</i> (フサクギタケ)	•	•	•	•
<i>Cortinarius albviolaceus</i> (ウスフジフウセンタケ)	•	•	0.508*	•
<i>C. collinitus</i> (ツバアブラシメジ)	•	•	•	•
<i>C. pseudosalor</i> (ヌメリササタケ)	•	•	•	•
<i>C. salor</i> (ムラサキアブラシメジモドキ)	•	•	0.461*	0.291*
<i>C. traganus</i> (オオウスムラサキフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>C. rubellus</i> (ジンガサドクフウセンタケ)	—	—	—	—
<i>Cortinarius</i> sp. No.13 (フウセンタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Dermocybe cinnamomea</i> (ササタケ)	•	•	•	•
<i>D. semisanguinea</i> (アカヒダササタケ)	•	•	•	•
<i>Dermocybe</i> sp. No.1 (ササタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Gomphidius rozeus</i> (オウギタケ)	—	—	—	—
<i>Hydnum caeruleum</i> (ニオイハリタケモドキ)	•	•	•	•
<i>Hydnum repandum</i> (カノシタ)	•	•	•	•
<i>H. repandum</i> var. album (シロカノシタ)	•	•	•	•
<i>Hygrophorus camarophyllus</i> (ヤギタケ)	•	•	•	•
<i>H. hypothejus</i> (シモフリヌメリガサ)	•	•	•	•
<i>H. pudorinus</i> (フキサクラシメジ)	•	•	0.590*	0.270*
<i>Hygrophorus</i> sp. No.5 (ヌメリガサ属菌)	•	•	•	•
<i>Inocybe</i> sp. No.3 (アセタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Lactarius akahatsu</i> (アカハツ)	•	•	•	•
<i>L. chrysorrhoeus</i> (キチチタケ)	•	0.463*	•	0.298*
<i>Pulveroboletus ravenerii</i> (キイロイグチ)	•	•	•	•
<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	•	•	•	•
<i>R. flava</i> (キホウキタケ)	•	•	•	•
<i>Rozites caperata</i> (ショウゲンジ)	•	•	•	•
<i>Russula adusta</i> (コゲイロハツタケ)	•	•	•	•
<i>R. cyanoxantha</i> (カワリハツ)	•	•	•	•
<i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. rubescens</i> (イロガワリベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. sanguinaria</i> (チシオハツ)	•	•	•	•
<i>Russula</i> sp. No.2 (ベニタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Sarcodon scabrosus</i> (ケロウジ)	•	•	•	•
<i>Suillus tomentosus</i> (ワタゲヌメリイグチ)	•	•	•	•
<i>Tricholoma flavovirens</i> (キシメジ)	•	•	•	•
<i>T. muscarium</i> (ハエトリシメジ)	•	•	0.532*	0.317*
<i>T. portentosum</i> (シモフリシメジ)	•	•	0.555*	•
<i>T. robustum</i> (マツタケモドキ)	•	•	•	•
<i>T. sejunctum</i> (アイシメジ)	•	•	•	•
全子実体バイオマス	•	•	•	•

表中の数字は標準偏回帰係数 (調整済 R² を除く)、* ; $p < 0.05$ 、• ; 相関無し、— ; 子実体発生無し

表5-22 富士山亜高山帯コメツガ天然林における外生菌根菌の子実体バイオマスと気象量の重回帰 (TDn20 林分)

外生菌根菌種名	5-10月 積算降水量	9月上旬 積算降水量	推定有効 積算気温	調整済 R ²
<i>Amanita virosa</i> (ドクツルタケ)	•	•	•	•
<i>Boletellus mirabilis</i> (オオキノボリイグチ)	•	•	•	•
<i>Boletinus asiaticus</i> (ウツロベニハナイグチ)	•	•	•	•
<i>B. cavipes</i> (アミハナイグチ)	•	•	0.570*	•
<i>Cantharellus infundibuliformis</i> (ミキイロウスタケ)	•	•	•	•
<i>C. luteocomus</i> (トキイロラッパタケ)	•	•	0.462*	0.286*
<i>Cantharellus</i> sp. No.4 (アンズタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Chroogomphus tomentosus</i> (フサクギタケ)	•	•	•	•
<i>Cortinarius alboviolaceus</i> (ウスフジフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>C. collinitus</i> (ツバアブラシメジ)	•	•	•	•
<i>C. pseudosalor</i> (ヌメリササタケ)	•	•	•	•
<i>C. salor</i> (ムラサキアブラシメジモドキ)	•	•	•	•
<i>C. traganus</i> (オオスムラサキフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>C. rubellus</i> (ジンガサドクフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>Cortinarius</i> sp. No.13 (フウセンタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Dermocybe cinnamomea</i> (ササタケ)	•	•	•	•
<i>D. semisanguinea</i> (アカヒダササタケ)	•	•	•	•
<i>Dermocybe</i> sp. No.1 (ササタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Gomphidius rozeus</i> (オウギタケ)	•	•	•	•
<i>Hydnellum caeruleum</i> (ニオイハリタケモドキ)	•	•	•	•
<i>Hydnum repandum</i> (カノシタ)	•	•	0.569*	•
<i>H. repandum</i> var. album (シロカノシタ)	•	•	0.622*	0.251*
<i>Hygrophorus camarophyllus</i> (ヤギタケ)	•	•	•	•
<i>H. hypothejus</i> (シモフリヌメリガサ)	0.550*	•	•	0.439**
<i>H. pudorinus</i> (フキサクラシメジ)	—	—	—	—
<i>Hygrophorus</i> sp. No.5 (ヌメリガサ属菌)	•	0.471*	0.561*	0.282*
<i>Inocybe</i> sp. No.3 (アセタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Lactarius akahatsu</i> (アカハツ)	•	•	•	•
<i>L. chrysorrheus</i> (キチチタケ)	•	•	•	•
<i>Pulveroboletus ravenerii</i> (キイロイグチ)	•	•	•	•
<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	•	•	•	•
<i>R. flava</i> (キホウキタケ)	•	•	0.612*	0.297*
<i>Rozites caperata</i> (ショウゲンジ)	•	•	•	•
<i>Russula adusta</i> (コゲイロハツタケ)	•	•	•	•
<i>R. cyanoxantha</i> (カワリハツ)	•	•	•	•
<i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. rubescens</i> (イロガワリベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. sanguinaria</i> (チシオハツ)	•	•	•	•
<i>Russula</i> sp. No.2 (ベニタケ属菌)	—	—	—	—
<i>Sarcodon scabrosus</i> (ケロウジ)	•	•	•	•
<i>Suillus tomentosus</i> (ワタゲヌメリイグチ)	•	•	0.553*	0.287*
<i>Tricholoma flavovirens</i> (キシメジ)	•	•	•	•
<i>T. muscarium</i> (ハエトリシメジ)	•	•	•	•
<i>T. portentosum</i> (シモフリシメジ)	•	•	0.697**	0.437**
<i>T. robustum</i> (マツタケモドキ)	•	•	•	•
<i>T. sejunctum</i> (アイシメジ)	•	•	•	•
全子実体バイオマス	•	•	•	•

表中の数字は標準偏回帰係数 (調整済 R² を除く)、* ; p<0.05、** ; p<0.01、• ; 相関無し、— ; 子実体発生無し

表5-23 富士山亜高山帯コメツガ天然林における外生菌根菌の子実体バイオマスと気象量の重回帰 (TDn22 林分)

外生菌根菌種名	5-10月積算降水量	9月上旬積算降水量	推定有効積算気温	調整済 R ²
<i>Amanita virosa</i> (ドクツルタケ)	•	•	0.546*	•
<i>Boletellus mirabilis</i> (オオキノボリイグチ)	•	•	•	•
<i>Boletinus asiaticus</i> (ウツロベニハナイグチ)	•	•	0.671**	0.284*
<i>B. cavipes</i> (アミハナイグチ)	•	•	0.604*	•
<i>Cantharellus infundibuliformis</i> (ミキイロウスタケ)	•	•	•	•
<i>C. luteocomus</i> (トキイロラッパタケ)	•	•	•	•
<i>Cantharellus</i> sp. No.4 (アンズタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Chroogomphus tomentosus</i> (フサクギタケ)	•	•	•	•
<i>Cortinarius albobviolaceus</i> (ウスフジフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>C. collinitus</i> (ツバアブラシメジ)	•	•	•	•
<i>C. pseudosalor</i> (ヌメリササタケ)	•	•	•	•
<i>C. salor</i> (ムラサキアブラシメジモドキ)	•	•	•	•
<i>C. traganus</i> (オオウスムラサキフウセンタケ)	0.491*	•	•	•
<i>C. rubellus</i> (ジンガサドクフウセンタケ)	•	•	•	•
<i>Cortinarius</i> sp. No.13 (フウセンタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Dermocybe cinnamomea</i> (ササタケ)	•	•	•	•
<i>D. semisanguinea</i> (アカヒダササタケ)	•	•	0.563*	•
<i>Dermocybe</i> sp. No.1 (ササタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Gomphidius rozeus</i> (オウギタケ)	•	•	•	•
<i>Hydnellum caeruleum</i> (ニオイハリタケモドキ)	•	•	•	•
<i>Hydnum repandum</i> (カノシタ)	•	•	•	•
<i>H. repandum</i> var. <i>album</i> (シロカノシタ)	•	•	•	•
<i>Hygrophorus camarophyllus</i> (ヤギタケ)	•	•	•	•
<i>H. hypothejus</i> (シモフリヌメリガサ)	•	•	0.609*	•
<i>H. pudorinus</i> (フキサクラシメジ)	—	—	—	—
<i>Hygrophorus</i> sp. No.5 (ヌメリガサ属菌)	•	•	•	•
<i>Inocybe</i> sp. No.3 (アセタケ属菌)	•	•	0.544*	•
<i>Lactarius akahatsu</i> (アカハツ)	•	•	•	•
<i>L. chrysorrheus</i> (キチチタケ)	•	0.584*	•	•
<i>Pulveroboletus ravenerii</i> (キイロイグチ)	•	•	•	•
<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	•	0.718**	•	0.424**
<i>R. flava</i> (キホウキタケ)	•	•	•	•
<i>Rozites caperata</i> (ショウゲンジ)	•	•	•	•
<i>Russula adusta</i> (コゲイロハツタケ)	•	•	•	•
<i>R. cyanoxantha</i> (カワリハツ)	•	•	•	•
<i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. rubescens</i> (イロガワリベニタケ)	•	•	•	•
<i>R. sanguinaria</i> (チシオハツ)	•	•	•	•
<i>Russula</i> sp. No.2 (ベニタケ属菌)	•	•	•	•
<i>Sarcodon scabrosus</i> (ケロウジ)	•	•	•	•
<i>Suillus tomentosus</i> (ワタゲヌメリイグチ)	•	•	•	•
<i>Tricholoma flavovirens</i> (キシメジ)	•	•	•	•
<i>T. muscarium</i> (ハエトリシメジ)	•	•	•	•
<i>T. portentosum</i> (シモフリシメジ)	•	•	0.638**	0.324*
<i>T. robustum</i> (マツタケモドキ)	•	•	•	•
<i>T. sejunctum</i> (アイシメジ)	•	0.444*	0.554*	0.258*
全子実体バイオマス	•	•	•	•

表中の数字は標準偏回帰係数 (調整済 R² を除く)、* ; $p < 0.05$ 、** ; $p < 0.01$ 、• ; 相関無し、— ; 子実体発生無し

第6章 考 察

6.1 カラマツの外生菌根菌の動態

Bruns (1995) は、単一樹種の針葉樹人工林における外生菌根菌の種数を推定している。それによれば、0.1 ha当たり 30 種の外生菌根菌が生息する可能性があるとしている。これに対して山田 (1996) は、アカマツ林では 0.06ha 当たり少なくとも 79 種の外生菌根菌が生息することを明らかにした。もともとカラマツの外生菌根菌の種数は、アカマツなどに比べて少ない (Trappe 1962、Cairney & Chambers 1999)。Bruns や山田の報告に比べて、本研究の結果が 0.32ha で 13 種と少ないのは、子実体のみを調査の対象としたことも一因と考えられる。そのため、本研究においてはカラマツ林だけでなく、調査したすべての樹種の各林分で確認された外生菌根菌の種数は「最低限これだけの種は生息する」という基本的な立場で、以後の論議を進める。

調査した 4 林分で子実体発生が確認された外生菌根菌は、13 種であった。これらのうちキヌメリガサ、カラマツシメジ、ハナイグチ、シロヌメリイグチ、キノボリイグチおよびカラマツチチタケの 6 種は、日本ではカラマツ林の固有種として知られている (今関・本郷 1987、1989)。実験的にはハナイグチが、ヨーロッパアカマツの実生苗にも外生菌根を形成することが Finlay (1989) によって報告されている。しかし、日本の森林ではこのような例があるかは現在のところ不明である。アミハナイグチおよびウツロベニハナイグチは、富士山亜高山帯のシラビソ天然林で子実体の発生が確認されている (柴田 1997)。さらにアミハナイグチはヨーロッパアカマツの実生苗にも外生菌根を形成することが Finlay (1989) によって報告されている。また、長澤 (1989) は、カラマツベニハナイグチがシラビソ・オオシラビソ天然林にも子実体を発生させることを紹介している。富士山亜高山帯のカラマツ林では、子実体発生が確認された外生菌根菌 13 種中の 6 種 (約 46%) が固有種 (少なくとも日本においては) であった。Alpova 属菌のようにハンノキ属植物の固有種といわれる外生菌根菌もある (Molina 1981) が、多くの外生菌根菌は複数種の宿主をもつことが知られている (Trappe 1962、Cairney & Chambers 1999)。このような例からすると、カラマツ林では他の亜高山帯針葉樹林とは異なる外生菌根菌相が形成されている可能性がある。

小川 (1981) は、コロニーおよび菌糸束の形態にもとづいて大型菌類のコロニー型を大きく 3 種の型に分類している。その定義によれば、「フェアリーリング型のコロニーを形成するグループは、土壤有機物や微生物相の貧弱な鉱質土層に限られ、成林初期に侵入して定着する。老齢林では、表層土壤の有機物が多くなり次第に消滅する。」これに含まれる種は多年生のコロニー (いわゆる「シロ」) を形成する。不定形マット型のコロニーを形成するグループは、小川 (1981) の定義によれば「植物の根が高頻度に分布し、勢い良く生長する土壤層位に菌糸層を形成し、条件によってはこのタイプのコロニーを形成する種のみが独占的に存在することもある。条件が良ければフェアリーリングを形成することもある。」これに含まれる種は、多年生の菌糸マット型のコロニーを形成する。分散コロニー型に属する種は、小川 (1981) の定義によれば「広い範囲に生息可能で、競争相手に対して強い抵抗力をもつ根状菌糸束で広がる能力を有している。」この型は、最も一般的な大型菌類のコロニー型であるとされている (小川 1981、Read 1992b)。

本研究の調査地域である富士山亜高山帯のカラマツ林で子実体が発生した外生菌根菌は、小川 (1981) のコロニー型分類に従えばそのすべてが不定形マット型もしくは分散コロニー型に類別された。

異なる樹齢のカラマツ林で菌のコロニー型の占める比率の変化は、図 5-1 に示した。樹齢の低い林分では分散コロニー型の比率が高く、樹齢の高い林分では不定形マット型の比率が高くなっていることが示され、若齢林から老齢林になるのに従って外生菌根菌群集がコロニー型の面で変化していることが明らかになった。また、最も安定したコロニーを形成するフェアリーリング型が観察されなかったのは、カラマツが先駆植物の代表種のひとつであり、土壤条件をはじめとする環境条件が厳しい地域に生育することと関連している考えられる。

土壤中のコロニー形態を種別に調査した結果から、キノボリイグチ、アミハナイグチ、カラマツベニハナイグチ、ウツロベニハナイグチは不定形マット型に含まれ、分散コロニー型には、ワカフサタケ、ワカフサタケ属菌、キツネタケ、キヌメリガサ、オトメノカサ、ハナイグチ、シロヌメリイグチ、カラマツシメジ、カラマツチチタケが含まれることが明らかになった。これらのうち、キノボリイグチ、アミハナイグチ、カラマツベニハナイグチおよびウツロベニハナイグチの 4 種は、カラマツ林の樹齢が比較的高く、幼齢林に比べると土壤も安定した状態

の林分で子実体が発生することも明らかになった。これらの結果は、種のレベルにおいても子実体発生に消長が見られる可能性を示唆している。

調査した4林分における外生菌根菌群集における子実体の種多様度指数の比較では、LK3林分の種多様度指数が他の3林分に比べて有意に小さかった。本研究の結果は、樹齢の低い林分では菌根菌の種多様度は比較的低いという部分に関しては Dighton & Mason (1985) の仮説を支持している。一方、これ以外の3林分間の比較では、子実体の種多様度指数に有意差はみられなかった。この結果は、Dighton et al. (1986) が示した樹冠が鬱閉するに従って菌根菌の種多様度指数が減少するという報告とは矛盾する。他方、Visser (1995) は、樹齢が高い林分においてもそのような種多様度の減少はみられなかったと報告しており、今回のカラマツ林での調査結果は Visser の結果を支持している。

次に、各林分毎の子実体の種多様度指数の年次変化に関してより詳細な解析を行った。その結果、LK3およびLK12林分では20年の調査期間中に子実体の種多様度指数が急速に増加した。樹齢の低い林分における外生菌根菌の種多様度が増加または変化することは、子実体発生や外生菌根形態識別調査に基づく研究例 (Dighton & Mason 1985, Visser 1995, Hashimoto & Hyakumachi 2000) で知られており、本研究の結果もこれらを支持している。一方で、LK43およびLK100林分における20年間の調査では子実体の種多様度指数の大きな増減はみられなかった。これらの2林分で1992年に種多様度指数が一時的に減少しているのは、この年の気象条件(9月上旬の極端な小雨)によるものと考えられる(図3-3参照)。富士山のカラマツ林においては、「外生菌根菌子実体の種多様度指数は森林の樹木の生長とともに増加し、その後樹冠が鬱閉するに従って減少に転ずる」という Dighton & Mason (1985) の仮説や Dighton et al. (1986) の報告には一致しなかった。今回の調査結果はこれらの仮説や報告よりも、一度増加した外生菌根菌の種多様度指数には増加もしくは減少などの変化はみられなかったという Visser (1995) の調査結果に近かった。

LK3林分は雪崩跡地に自然成立した二次林であり、LK12林分は人工林である。その土壤条件は、前者が粗粒火山噴出物未熟土壌、後者が褐色森林土壌である。森林の生い立ちおよび土壤環境が異なるにも係わらず子実体の種多様度指数はいずれの林分でも明らかに増加した。

また、LK43林分とLK100林分の間では、森林の生い立ちおよび土壤環境が異なるにも係わらず子実体の種多様度指数には大きな増減が認められなかった。Termorshuizen (1991)、Keizer & Arnolds (1994) が結論づけたような土壤条件の違いが菌根菌の種多様度に影響するという報告と今回の富士山カラマツ林での調査結果は一致しない。これらのことから、少なくとも富士山亜高山帯のカラマツ林においては、カラマツの樹齢が外生菌根菌子実体の種多様度指数の変化に影響を与える大きな要因のひとつであると考えられる。

調査したカラマツ林4林分の子実体バイオマス(子実体の総乾燥重量)を比較した。その結果、LK43林分とLK100林分の間には子実体バイオマスに有意差は認められなかった。一方、LK3林分およびLK12林分は、それぞれ他の3林分とは子実体バイオマスが異なった。さらに子実体種多様度指数と子実体バイオマスの相関を林分ごとに分析したところ、もっとも樹齢の若いLK3林分では、子実体種多様度指数が増加すると子実体バイオマスも増加することが明らかとなった。しかし、これ以外の3林分では多様度指数とバイオマスとの間に相関は認められず、富士山亜高山帯の樹齢の高いカラマツ林では、子実体種多様度指数と子実体バイオマスをそれぞれ独立した指標として扱えることが示された。

樹齢の高い林分(LK43およびLK100林分)では、子実体の種多様度指数の変動幅よりも子実体バイオマスの変動の幅が大きい年もみられた。その原因の一つとして各年毎の降水量や気温などの気候要素が異なっていたことが考えられる。Arnolds (1995) や岡部 (1997) が紹介しているように、気候要素の影響は子実体の種多様度よりもその発生量に対して直接的に現れたのであろう。これまで行われてきた子実体発生を指標とした多くの研究例は、調査期間が短いものが多く (Vogt et al. 1992)、調査結果の変動が気候要素の変化に起因するのか、それ以外の原因によって変化したのかが明確でない場合もあった。Arnolds (1995) や Watling (1995) が述べているように、気象条件やその他の環境要因の影響を極力排除するためには、長期間の調査が必要である。その点において本研究のように長期間の調査で得られた結果では、少なくとも年毎の気候要素の変動による影響とそれに起因する結果の誤差は調査期間が短いこれまでの報告例よりは少ないと考えられる。

樹齢が子実体種多様度指数変化に影響を与える大きな要因のひとつであるという結論にもとづいて、富士山亜

高山帯のカラマツ林で子実体が発生する13種の外生菌根菌群集の中に子実体発生消長の系列が存在するのかわりに検討を加えた。本論文の第2章研究史でも紹介したように、菌類、特に外生菌根菌の生態に関しては様々な議論がある。本研究では20年間にわたる子実体発生消長の調査および小川(1981)によって示された大型菌類のコロニー型を調査した結果にもとづいて議論を進める。

少なくとも富士山亜高山帯のカラマツ林においては、土壌型および海拔高度の差が子実体発生の種多様度全体に与える影響は、カラマツ樹齢の違いに比べて小さいことがこれまでの議論で明らかとなった。そこで、種別の子実体バイオマスの年次変動調査の結果(図5-6~図5-18)にもとづいて、外生菌根菌群集を4グループに分けた。それぞれのグループの特性は次に示すとおりである。

第1グループ：比較的樹齢の低い林分で子実体発生量が多く、樹齢が高くなるに従って子実体発生量が減少する種により構成される群。

第2グループ：様々な樹齢の林分で子実体発生が確認されたが、樹齢の高い林分では、子実体バイオマスが年によって大きく変動した種によって構成される群。

第3グループ：様々な樹齢の林分で子実体発生が確認された種により構成される群。

第4グループ：比較的樹齢の高い林分で子実体発生量が多いが樹齢の低い林分では子実体の発生がほとんどあるいはまったく見られない種により構成される群。

第1グループに含まれる菌は、子実体発生動態からワカフサタケ、ワカフサタケ属菌の2種であると考えられる。以後はこのグループを[K-1群]と呼ぶ。同様に、子実体発生動態から、第2グループにはカラマツチタケ、カラマツシメジおよびキツネタケの3種が含まれ、以後はこのグループを[K-2群]と呼ぶ。第3グループにはキヌメリガサ、ハナイグチ、シロヌメリイグチおよびオトメノカサの4種が含まれ、以後はこのグループを[K-3群]と呼ぶ。第4グループにはアミハナイグチ、キノボリイグチ、ウツロベニハナイグチおよびカラマツベニハナイグチの4種が含まれ、以後はこのグループを[K-4群]と呼ぶ。

13種の中で[K-1群]に含まれるワカフサタケ、ワカフサタケ属菌の2種は、宿主となる樹種の範囲が広

い外生菌根菌として知られている(Trappe 1962、今関・本郷 1987、Marmesse et al. 1999)。これら2種は、Deacon & Fleming (1992)がワカフサタケ属の菌について述べているように典型的な攪乱依存型の菌であると考えられる。これに対して[K-4群]に含まれるウツロベニハナイグチ、アミハナイグチ、カラマツベニハナイグチおよびキノボリイグチの4種は、子実体発生の樹齢を考えると、[K-1群]の対極の位置づけにあると考えられる。

山田(1996)はアカマツ林の外生菌根菌群集構造を解析し、この群集に属する外生菌根菌がこれまで考えられていたようなearly-stage(初期相)およびlate-stage(後期相)という2つのグループに単純には分けられないことを示した。富士山亜高山帯のカラマツ林における長期の観察からも同様の結果が得られた。カラマツチタケを初めとする[K-2群]およびキヌメリガサを初めとする[K-3群]の菌は、幅広い樹齢の林分で子実体が発生した。

さらに山田(1996)は、攪乱に対する反応性の違いからアカマツの外生菌根菌を実験的手法により3グループに分けている。それらは(1)攪乱に弱いグループ、(2)攪乱の影響が少ないグループ、(3)攪乱に依存的なグループであり、それぞれをGrime(1974)の生活史戦略型の競争型、競争的攪乱依存型、攪乱依存型に該当させている。さらに、攪乱地に伸長したアカマツの根系上では、攪乱に依存的なグループおよび攪乱の影響が少ないグループの菌が初めに菌根を形成し、その後種の多様度が保たれたまま攪乱の影響が少ないグループおよび攪乱に弱いグループの菌群へと移行していくと推測している。この研究は、すでに多様な種からなる外生菌根菌群が形成されていることがうかがえる約45年生のアカマツ林で行われた。成木が構成要員となっている林分に同種の樹木の苗を移植すると、後期相菌類が苗にも感染するという、Fleming(1983)の報告にもあるように、山田の結果からは樹齢の変化に伴う外生菌根菌相の変化を知ることが困難である。

一方、カラマツの樹齢変化と子実体バイオマスの変化を調査した本研究においては、子実体発生の変遷を証明する結果が得られた。また、山田(1996)の示した攪乱依存型の菌群には本研究の[K-1群]が相当し、攪乱に弱い菌群に相当するのは[K-4群]が相当する。しかし、本研究においては、両者の中間的な位置を占める菌群として[K-2群]および[K-3群]の2群が認