

トドマツ天然林におけるマツタケの発生現況と発生環境の整備

村田義一*・高橋儀昭*・洞平勝男**・安達 洋***

Productivity of Matsutake in a natural forest of Todo fir
and environmental improvement for its occurrence

Yoshikazu Murata* , Yoshiaki Takahashi* , Katsuo Horahiro** and Yoh Adachi***

要旨

北海道東部の西興部村のトドマツ天然林で1987年から2000年にかけてマツタケの発生状況を調査したところ、試験地には123個/haに及び多くのマツタケのシロが分布するが、シロ当たりのマツタケ発生本数は少なく、年平均1.5本にすぎないことがわかった。シロ当たりの発生本数が少ない原因として、シロの成長がよくない。(8.3~11.6cm/年にすぎない)ことや、シロの活力低下、老齢化があげられる。比較的齢の若いシロでも、部分的に菌糸層の成長が抑制され、それがマツタケの発生量を低下させているように思われた。

本林分のマツタケの発生促進を図るため、シロの活性化と更新を目的に、総合処理区では、1993年に、混みすぎた立木、特に広葉樹の除間伐、腐植層の除去、害菌のシロの除去と心土による埋め戻し、立木の地際に生じた階段状の段差解消のための客土などを行った。除間伐区では、除間伐以外の施業は行わなかった。これらの施業の効果は次のとおりであった。

- 1 シロ当たりおよびha当たりのマツタケ発生量が増加した。総合処理区では施業の効果が特に顕著で、年平均で、シロ当たり発生本数は3.5本に増加し、haあたり発生量は約51kgに達した。
- 2 総合処理区と除間伐区では、マツタケの発生するシロの数が無処理区より増加した。この効果は施業後ほぼ3年以内に現れた。
- 3 総合処理区では、茎が太く、大きいマツタケが発生するようになった。
- 4 総合処理区と除間伐区では、マツタケの集中発生時期が早期化あるいは長期化した。
- 5 活力の著しく低下したシロを除き、害菌のシロの除去や段差解消のための客土によって、その部分の菌糸層の成長抑制が解消した。
- 6 総合処理区で、施業後に新たに形成されたと考えられるシロが確認された。

以上の結果から、本稿で実施した施業は、マツタケ未発生シロでマツタケの発生を促進する効果があり、既発生シロでは、活力の著しく低下したシロを除いて、菌糸層の部分的な成長抑制の解消とマツタケ発生量の増加のために有効であることがわかった。老齢で活力が著しく低下したシロの場合、本稿の施業ではその活力を回復されることはできなかったが、それらのシロは、活力の高いシロによって更新が可能と思われた。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198

** 北海道上川支庁林務課 Forestry Section, Kamikawa Branch of Hokkaido Government, Asahikawa, Hokkaido 079-8610

*** 函館道有林管理センター Hakodate Management Center of Hokkaido Government Forest, Hakodate, Hokkaido 042-0002

キーワード：マツタケ，トドマツ天然林，シロ，発生現況，発生環境，施業

はじめに

マツタケは北海道各地に発生する(村田・南出，1989)。そして，マツタケ発生林のほとんどはトドマツ天然林である。北海道でもそれらのマツタケは食用として珍重されるが，その生産のための取り組みはほとんど行われていない。その大きな要因は，これらの発生林分で，マツタケの発生現況について体系的な調査がなされてこなかったことにある。つまり，それらの林分でマツタケの発生量がどれくらいあるのか，発生量が増加しているのか減少傾向にあるのか，発生量が減少しているとすれば，その原因がどこにあるのか，などまったくわかっていないため，マツタケを積極的に増産しようという活動ができなかった。マツタケの発生環境を改善し，その発生促進を図るための取り組みがなかったのは，まさに，このような理由による。

本稿は，西興部村のトドマツ天然林で1992年(一部は1987年)以降調査した結果に基づき，マツタケの発生現況を多面的に評価するとともに，それに基づいて，既報(村田ら，1997)に加えて，さらに詳細な解析をするものである。なお，本林分では，マツタケの発生実態について，すでいくつかの短報がある(南出ら，1998；南出，村田，1990；村田，1991)。

報告にあたり，調査いただいた興部道有林管理センターの各位に感謝する。

調査地概況

西興部村の道有林興部経営区 102 林班 51 および 7 小班に，1992 年，0.863ha の試験地を設定した(図 - 1)。このマツタケ発生林の主要部は，明治末期に山火事を受けたトドマツを主体とする天然林に，1952 年トドマツを樹下植栽したが不成績に終わった林分である。この林分は森林調査簿上では人工林の記入であるが，ごく一部を除いて人工林の林況を呈していないので，本稿では，その周辺の天然林を含めて天然林とよぶ。

本林分は傾斜 30～36 度の軟性斜面に位置し，土壌は礫岩を母材とする B_D 型，林床のほとんどにはクマイザサが密生し，腐植層は厚く，朽ち木のないところ

でも 10 cm に達することがあった。マツタケ発生区域の標高は 250m 前後であった。本林分の林況は直径 6 cm 以上の立木が ha 当たり 1000～2000 本(広葉樹混交率 44～63%)，蓄積が ha 当たり 130～230m³(うち，広葉樹 10～36m³)，平均で，ha 当たり 1400 本，180 m³であった。本林分は中小径広葉樹の混交が多いトドマツ天然林であるが，部分的にはトドマツの分布が集中し，上層木の樹冠の競合が激しいところもあった。マツタケ発生地区のほとんどでトドマツの更新は悪かった。なお，本林分でまれに混交するエゾマツ・アカエゾマツについては，それらのまったくないところにマツタケが発生するのが通常で，マツタケの寄生としての意義をほとんどもっていないと考えられたため，本稿では特別は注意を払わなかった。また，本林分では，マツタケの発生促進を念頭においた施業が行われたことはない。

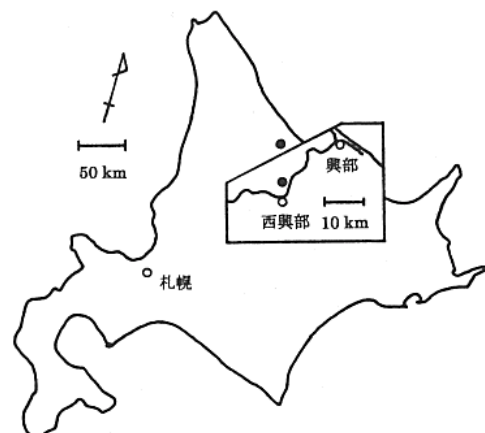


図 - 1 調査地の位置

Fig. 1. Location of investigation plot.

発生現況

1 調査方法

マツタケの発生現況を調査するため、シロ*ごとにマツタケの発見月日（発生日）、発生本数、大きさ、重量を記録した。シロは、マツタケ採取時に発生位置にさした小さなプラスチックピンと、B層上面に露出させたマツタケの菌糸層先端部の現在位置を目印として識別した。多くのシロではマツタケの発生本数が少なく、菌輪だけではその識別は困難であった。シロの成長を把握するため、主要なシロについては、その全面にわたって菌糸層先端部の位置を調査した。シロは必ずしも同心円ではないので、菌糸層先端部の位置を結んだ輪の面積から同心円と仮定したときの直径を求め、その拡大量をもってシロの直径成長量とみなした。シロの直径成長や齢に関する知見は、このようにして得られた菌糸層の直径成長量に基づく。なお、マツタケの発生現況は、無施業地区（無処理区、 - 参照）で得られた資料、あるいは、施業区（総合処理区・除間伐区、 - 1 参照）で施業前に得られた資料に基づいて解析した。ただし、マツタケのシロの成長は施業後もその全体的な傾向が変わらなかったため、シロの成長に関する事項については、施業区で得られた施業後のデータも併用して考察した。

直径6 cm以上の立木やシロの位置はコンパスで測量した。シロの照度は、活性菌根帯（ - 2 - (3) 脚注参照）の地表面と裸地の照度の比（相対照度）で示した。

調査期間は1992年（一部は1987年）から2000年までである。

なお、シロや活性菌根帯など、本稿で用いた用語については、詳しくは小川（1978）を参照されたい。

2 結果と考察

(1) 発生量

試験地の無処理区（0.577ha）で1992年以降発生したマツタケは、ha当たり14~650本/年、シロ当たり0.1~5.3本/年であった（図-2）。この値から、本林分では、マツタケ発生量の年次変動が大きいこと、豊作年を除き1つのシロからせいぜい1本程度しかマツタケが発生しないことがわかる。マツタケの豊凶は、気温-降水量指数で評価される（村田・高橋, 2001）。ことからわかるように、気象条件によって大きく影響されるが、シロ当たり発生本数がもともと少ないことは、気象条件ではなく、発生環境が悪いのか、活力の低いシロが多いことを示すものと考えられる。なお、2000年までに確認されたマツタケのシロはha当たり123個であったが、シロがこれ以上分布する可能性があることを考慮すると、シロ密度が高いことも本林分の特徴といっておく。このように、本林分では、マツタケのシロの数は多いが、個々のシロ当たりの発生量が少ないため、調査期間中の年平均発生量は、発

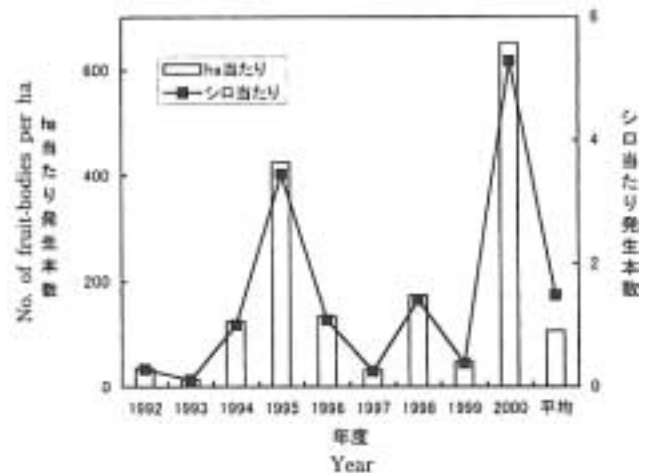


図-2 マツタケ発生本数の年次変動
Fig. 2. Annual occurrence of Matsutake in untreated plot (See Fig. 23, : Per ha, : Per shiro).

*古くから、マツタケの発生する場所をシロとよんだ。地表をはぐと土壌中のマツタケの菌糸層が白く見えるので「白」、キノコの白という意味で「城」、苗代のような場所を「代」などの字があてられた。現在では、マツタケなどの土壌棲息性のきのこがつくる微生物生態系をシロと理解する。したがって、マツタケのシロは、マツタケの菌糸層を中心とした生物社会といえる。

生最盛期のアカマツ林（例えば，衛藤ら，1999）と比較すると，その3割程度しかなかった。

マツタケの発生量は気象条件や発生環境以外にシロの齢によっても影響される（小川，1975）。アカマツ林では，20～30年生の「旺盛期」のシロで，豊作年140本，並昨年100本程度の発生が記録されている（川上，1994）。本試験地に分布するシロの成長段階は発生量の調査だけでは特定できないが，それらの齢は約15年から40年以降と推定された（ - 2 - （5）参照）ので，調査したシロの中には拡大期（小川，1975）あるいは旺盛期のものが含まれていたはずである。それにもかかわらず，本試験地のシロでは，最大発生本数（調査期間中にそのシロで観察された最大の年発生本数）は豊作年のでも50本程度にすぎなかった。このような発生状況から推測すると，本試験地のシロのマツタケ発生量は，最盛期（小川，1975）の場合でも，アカマツ林のシロの数分の一しかないと考えることもできる。すなわち，本林分のマツタケのシロには，もともとアカマツ林のシロよりマツタケの発生可能性が少ないという特別の性質があるのかもしれない。このように考えると，本林分では，その特性に加え，老齢のシロ，あるいは，発生環境が悪くて活力の低下したシロが多いため，個々のシロ当たりのマツタケ発生量，ひいては林分全体としてのマツタケ発生量が少ないと考えるのが妥当と思われる。

（2）シロの分布

2000年現在，総合処理区，除間伐区，無処理区には，それぞれ，ha当たり186,342,123個のマツタケのシロが確認されている。この密度はアカマツ林のマツタケ山（伊藤・小川，1797；川上，1994）の2程度に当たるが，今のところ，本試験地にはなぜこのような高密度のマツタケのシロが分布しているのか，詳しく説明することはできない。これらのシロは，基本的にはトドマツの分布に依存し（図-3），トドマツと同じ分布様式をとることが多い。しかし，トドマツが均一に分布するにもかかわらず，マツタケのシロが偏って分布する区域もあった（図-3，A，B）。立木が混みすぎているところにはマツタケのシロが少ないのが通常であるが（図-4），特に広葉樹の混みすぎがシロ密度を減少させている傾向があった（図-5）ので，それがマツタケのシロの分布を不均一にしている一つの要因であると考えられた。なお，トドマツの立木本数とシロ密度

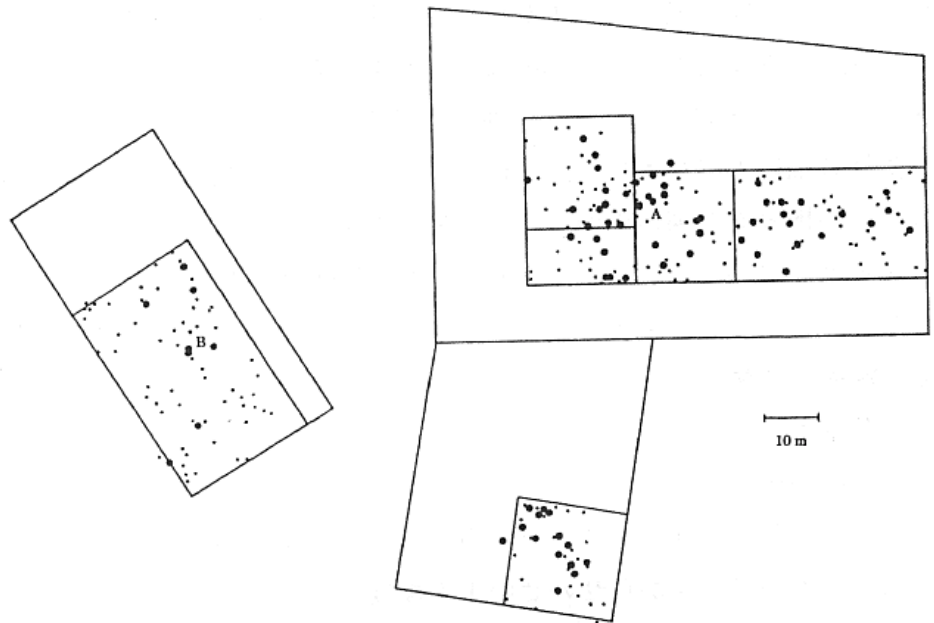


図-3 マツタケのシロとトドマツの分布（○：マツタケのシロ，●：トドマツ，A，B：本文参照）
 Fig. 3. Distribution of shiro of Matsutake (○) and Todo-firs (●) above DBH 6 cm (A, B: See Text)

る，本試験地にはなぜこのような高密度のマツタケのシロが分布しているのか，詳しく説明することはできない。これらのシロは，基本的にはトドマツの分布に依存し（図-3），トドマツと同じ分布様式をとることが多い。しかし，トドマツが均一に分布するにもかかわらず，マツタケのシロが偏って分布する区域もあった（図-3，A，B）。立木が混みすぎているところにはマツタケのシロが少ないのが通常であるが（図-4），特に広葉樹の混みすぎがシロ密度を減少させている傾向があった（図-5）ので，それがマツタケのシロの分布を不均一にしている一つの要因であると考えられた。なお，トドマツの立木本数とシロ密度

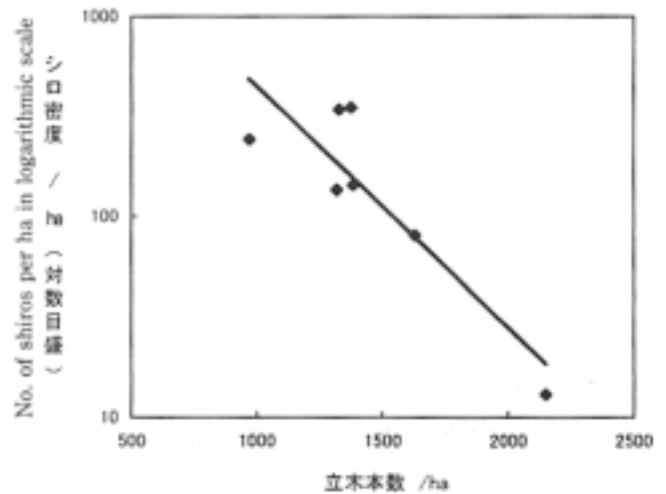


図-4 立木本数とシロ密度の関係（標準地0.04～0.35ha当たり）
 Fig. 4. Relationships between density of trees and number of shiros, per sample plot 0.04 ~ 0.35ha.

の間にはこのような関係は認められなかった。除間伐区のシロ密度が異常に高いのは、面積が他の試験区に比べて少ないこと、数個のシロが融合（小川，1975）したと暫定時に判断せざるを得ない複雑なシロが多いことなど、他の区では認められない特殊な事情のためと考えられる。

あるシロのマツタケの最大発生本数と林床の相対照度の間には相関がなかった（図 - 6）。この傾向は除間伐等の施業後でも変わらなかった。すなわち、立木が混みすぎていても、それだけでマツタケの発生可能量が低下するとは考えにくい（あるシロで理論的に発生可能な数量をそのシロの発生可能量とする）。しかし、広葉樹の混交が増えると、当然、それらの菌根菌が増加し、その一部の菌がマツタケの菌糸層の成長を抑制する可能性が高まる。図 - 7 は、マツタケと、その害菌として知られる 6 種類の菌根菌（マツタケ研究懇話会，1983）のシロは B 層上面に露出させた菌糸層の先端部を結んで表示し、害菌のシロは 1992 年秋に発生した子実体の位置からおおよその大きさを推測して表示した。害菌のシロの大きさ自体にはやや正確性を欠くが、一部のマツタケのシロ（番号を付した）に隣接して害菌といわれる菌根菌のシロが分布していることが注目される。これらの害菌のシロがマツタケのシロの分布を制限するという証明は今のところできないが、それらの増加に伴って、周辺のマツタケのシロの活力が低下し、やがて一部消滅したり（例えば 6），一部で成長が抑制されたり（104，105 など）するものと考えられる（小川，1978）ので、害菌のシロに

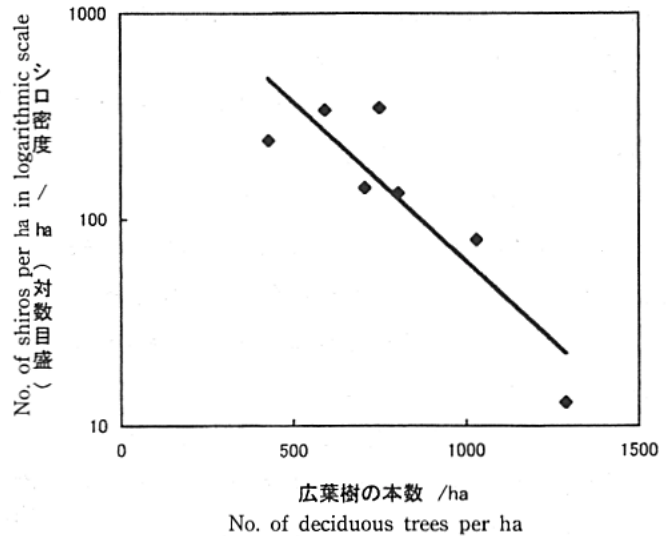


図 - 5 広葉樹の本数とシロ密度の関係
（標準地 0.04 ~ 0.35ha 当たり）
Fig. 5. Relationships between density of deciduous trees and number of shiros, per sample plot 0.04 ~ .35ha.

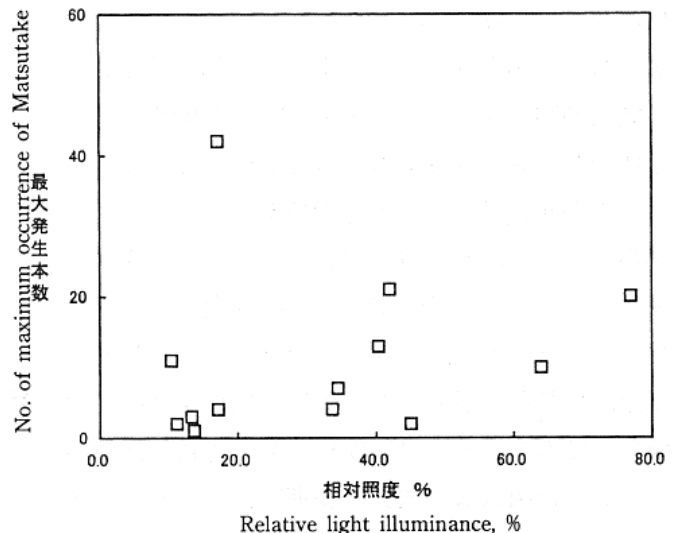


図 - 6 各シロのマツタケの最大発生本数と照度
Fig. 6. Relationships between number of maximum occurrence of Matsutake in each shiro and relative light illuminance.

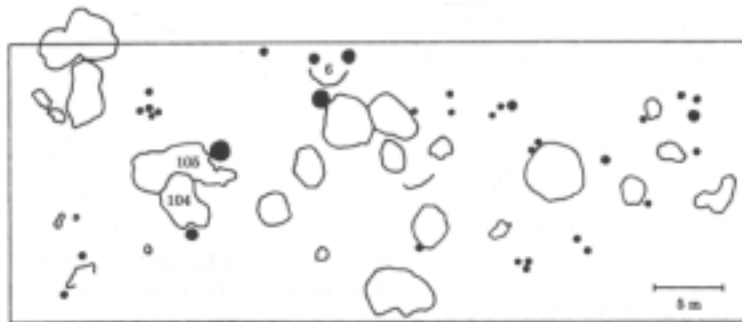


図 - 7 マツタケとその害菌のシロの分布（プロット - 1 総合処理区・除間伐区，図 - 23 参照）
○：マツタケのシロ（数字：シロ No.） ●：マツタケの害菌（クロカワ，クロハリタケ，オオサビハリタケ，ケロウジ，ホウキタケ，ケシロハツモドキ）のシロ
Fig. 7. Distribution of shiro of Matsutake (○) and harmful mycorrhizal fungi (●) in plot-1, multi-treated and thinning plots (See Fig. 23).

よって活力の高いマツタケのシロの分布が制限されている可能性は高い。このように、本試験地で、局部的にマツタケのシロの密度を減少させ、活力の高いシロの分布を制限している大きな要因は広葉樹の過度の混交にあると考えられる。

(3) シロの成長

あるシロでのマツタケの最大発生本数は、一般に、そのシロほど直径成長量が多いのが通常である(図-9)。このように、マツタケの発生は個々のシロの成長に大きく依存しているため、その発生現況を把握するためには、個々のシロの成長状況を抑えていくことが重要である。

図-10は、活力の高い2つのシロ(シロ1-1*, シロ3-1)で、1993年の施業をはさんでその後各6年間の直径成長を比較したものである。両シロとも、施業の前後でシロの直径成長速度に変化はなく、直径成長量はシロごとに一定していた。すなわち、ある種の施業によって、部分的なシロの成長抑制は回復するが(図-2-(5)参照)、シロ全体の菌糸層の成長促進には結びついてはいなかった。この観察は12年間のものであるが、アカマツ林のシロでは、20年以上にわたってシロの直径成長量が一定で、毎年16.7~22.6cm拡大したと報告されている(川上,1994)。したがって、致命的な要因が生じない限り、ある程度環境条件の変化があっても、あるいは凶作年でも、比較的活力の高いシロの菌糸層の成長は長期間にわたり減退することなく持続すると考えてよい。逆にいうと、本稿で実施したような施業によってある程度環境条件が改善されたとしても、それだけではシロ全体の菌糸層の成長は促進されない(図-11参照)といえる。同様の傾向はアカマツ林でも観察されている(川上・枯木,1989)。

比較的活力の高いシロは直径成長量がシロごとに一定だとしても、トドマツ林では、そのようなシロの直径成長量はいったいどの程度あるのだろうか。

シロの直径成長量は施業の前後でかわらなかつ

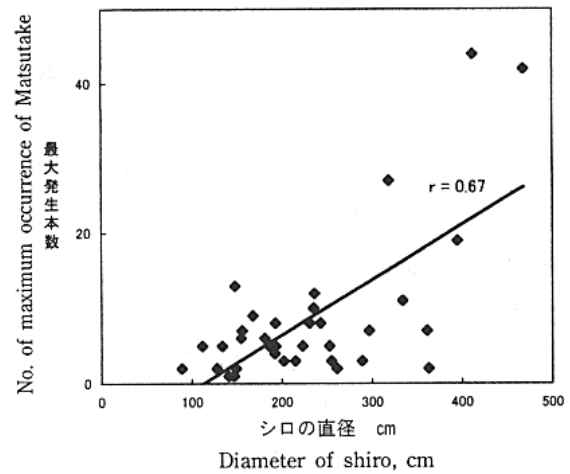


図-8 マツタケの最大発生本数とシロの大きさ
Fig. 8. Relationships between number of maximum occurrence of Matsutake and size of each shiro.

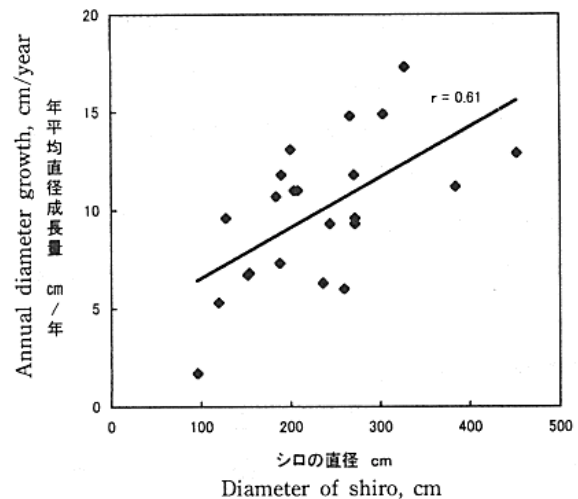


図-9 シロの直径成長量とシロの大きさの関係
Fig. 9. Relationships between annual diameter growth and initial size of each shiro.

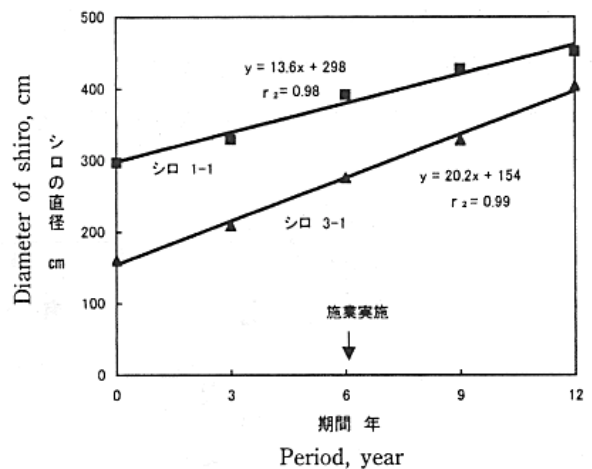


図-10 施業前後における2つのシロの直径
Fig. 10. Diameter growth of 2 shiros before and after treatments ().

*シロ番号の1-1や3-1は、それぞれ、プロット-1(図-23参照)の1のシロ、プロット-3の1のシロを意味する。

たので、総合処理区と無処理区に分布するシロを区別することなく、比較的活力の高いシロ 22 個（調査開始時の直径は 84 cm 以上）で 3 年ないし、12 年間調査したところ、年平均直径成長量は平均で $9.9 \pm 0.8 \text{ cm/年}$ （平均値 \pm 標準誤差）であった（図 - 11）。すなわち、試験地のトドマツ林に分布するマツタケのシロの直径成長量は、比較的活力の高いシロの場合でも毎年 8.3 ~ 11.6 cm と推定され（95% 信頼区間で示す）、アカマツ林のシロ（川上，1994）の約 1/2 の成長しかなかった。前述のとおり、マツタケの発生量はシロの成長量と比例関係にある。したがって、トドマツ林に分布するマツタケのシロの成長量がアカマツ林のシロの 1/2 なら、トドマツ林のシロにおけるマツタケ発生量がもともとアカマツ林の 1/2 になっても不思議ではない。

トドマツ林ではマツタケのシロの成長がもともとアカマツ林のシロより悪いとすれば、その原因はどこにあるのだろうか。

図 - 12, 13 および図 - 14, 15 は、活力の高いシロ 1 - 1 とシロ 3 - 1 で観察された、1987 年から 1990 年まで 3 年間の菌輪の拡大*と菌糸層先端部の位置の変化**を示したものである（村田，1991）。これらによると、シロ 1 - 1 では菌輪は 3 年間に最大で 50 cm、シロ 3 - 1 では同じく 45 cm 外側へ拡大幅は最大で年平均 15 cm、菌糸層は同じく 10 ~ 15 cm であった。したがって、シロの直径成長量は最大で年 20 ~ 30 cm となるので、最も成長の良い部分では、アカマツ林のシロ並みの成長があったことになる（村田，1991）。

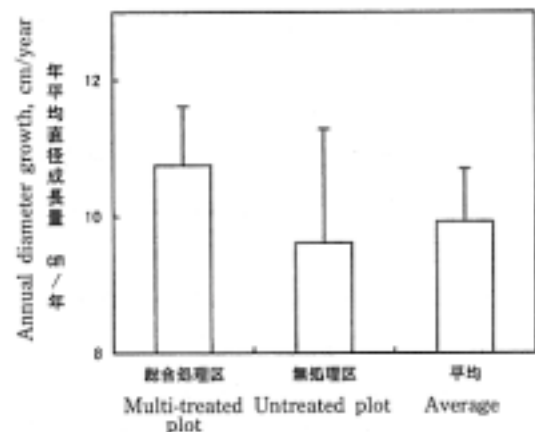


図 - 11 総合処理区・無処理区間のシロの直径成長量の比較
Fig. 11. Amount of annual diameter growth of Mycelial layers of shiros, in multi-treated and untreated plots.

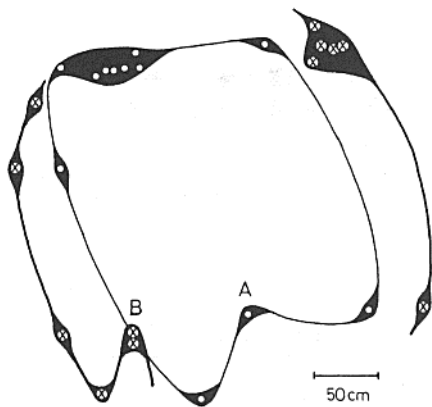


図 - 12 シロ 1 - 1 の菌輪の拡大（○，×：1987 年，1990 年の子実体発生位置，A，B：子実体の後戻りの発生）
Fig. 12. Enlargement of fairy ring of shiro 1-1（○，×：Fruit-bodies in 1987, 1990, A and B：Backward occurrence of Fruit-bodies）.

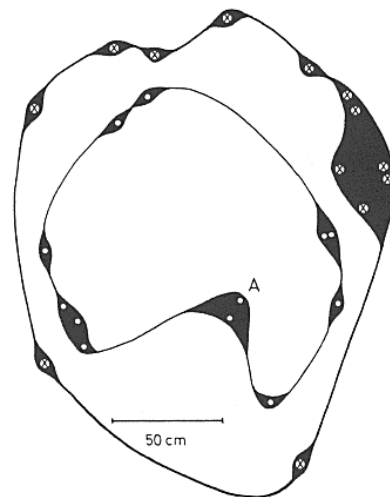


図 - 13 シロ 3 - 1 の菌輪の拡大（○，×，A：図 - 12 参照）
Fig. 13. Enlargement of fairy ring of shiro 3-1（○，×，A：See Fig. 12）.

* マツタケの発生位置を結んだ輪を菌輪という。活力が高いシロで、豊作が続く場合、菌輪は毎年同心円状に外側へ拡大する（例えば、川上，1994）はずである。しかし、実際は、豊凶の年次変動などのため、それほどきれいなデータは得られない。

** マツタケのシロの菌糸層も菌輪と同様に毎何同心円状に外側へ拡大するはずである。本稿では、これを菌糸層の成長、あるいは単にシロの成長とよぶ。なお、シロの成長はシロの形成・発達・消滅の全過程で問題になるが、本稿でシロの成長というときは、シロの一生（小川，1975）を支配する基本的要素である菌糸層の成長だけを取り扱う。

活力の高いこれらのシロでも、その全周で毎年これだけの菌糸層の成長があったのではない。両シロでは、城全体の成長を妨げるような大きな外的要因は認められなかった。それにもかかわらず、問題のないはずのところでも、短期的には菌糸層の成長のよくない部分があったのはなぜだろうか。

図 - 12,14 を比較すると、菌輪が途切れている部分でも菌糸層はわずかながら拡大しており（図 - 14 に矢印で示す）、菌糸層の成長はマツタケの発生ほど強く気象条件の影響を受けないといえそうなので、気象条件以外の原因のため、何年か経過後にはじめて菌糸層が外側へ拡大成長したことが明らかになると考えるのがよさそうである。その一つの説明として、本試験地のシロは活性菌根帯*の容積が大きい（図 - 16 に示したシロの断面調査によると 幅 32 cm 深さ 38 cm に達する）、何年かかけてシロの深い部分まで活性菌根の充実が図られていると考えることも可能であろう。つまり、秋以降菌糸層の最外部に認められる菌糸帯（図 - 16 参照）にマツタケの菌根が形成され、そこが活性菌根帯として十分発育するまでに何年かを要し（その期間は 1 つにシロの各部で同じとは限らない）、その時点で初めて菌糸層が外側へ拡大すると考えるのである。

シロ 1 - 1 やシロ 3 - 1 がこのような成長特性を示すとすると、1987 年から 1990 年までの 3 年間だけをみたとき、シロ全体を平均した直径成長量がシロ 1 - 1 では年 10.7 cm、シロ 3 - 1 では 16.3 cm にすぎなかったが、図 - 10 のとおり、12 年間の観察では、前者は年 14 cm、後者は年 20 cm の直径成長があったこともうなずける。また、菌糸層の成長のないところにマツタケが発生することはありえないので、菌輪がシロの一部でしか毎年拡大しない理由の一つに、このような菌糸層の成長特性をあげることも可能であろう。

図 - 12 の A・B や図 - 13 の A とてんに発生したマツタケは、残存した活性菌根に依存したもの

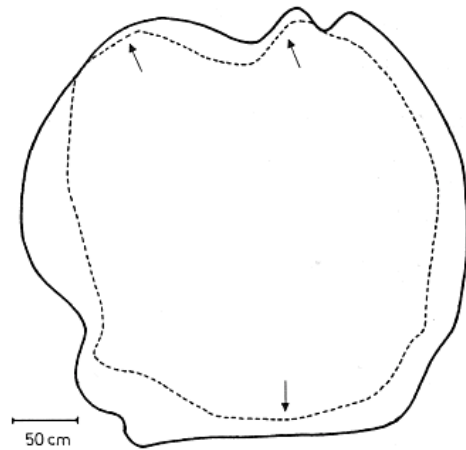


図 - 14 シロ 1 - 1 の菌糸層の成長
（内側：1987 年，外側：1990 年，：本文参照）
Fig. 14. Growth of mycelial layer of shiro 1-1 (Inside : 1987, Outside : 1990, : See Text).

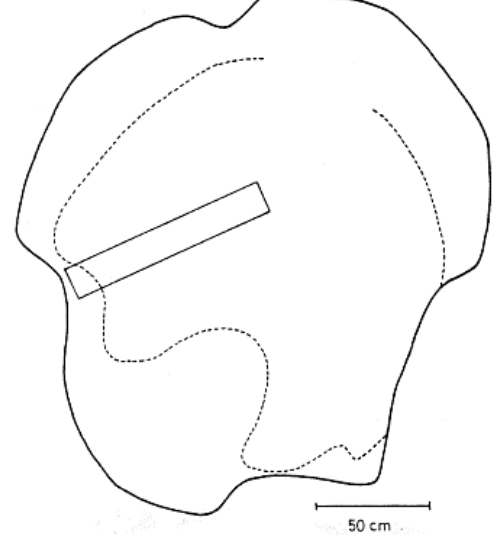


図 - 15 シロ 3 - 1 の菌糸層の成長
（内側：1987 年，外側：1990 年，：シロの断面調査位置）
Fig. 15. Growth of mycelial layer of shiro 3-1 (Inside : 1987, Outside : 1990, : Trench in shiro survey).

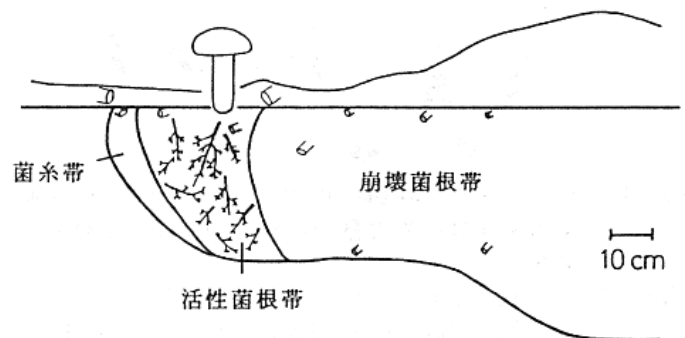


図 - 16 シロ 3 - 1 の断面（1987 年 9 月調査）
Fig. 16. Cross section of shiro 3-1 (Survey : September, 1987, Left zone : Mycelial, Middle : Active mycorrhizal, Right : Decayed mycorrhizal).

* 前年度のマツタケ発生地点の外側に形成される、活力の高い菌根が集中して分布する層位をいう。当年秋、そこに子実体が発生する。

と考えるのが一般である（小川，1975）が，本試験地ではこのような事例が多発していたので，単に残存菌根に依存するのではなく，何年かかけて深い部分に補充的に形成された新しい菌根がこれらのマツタケの後戻りの発生を促しているのかもしれない。もしそうだとすると，後戻りに再形成されたこれらの活性菌根の多くは，やがて，その周辺の崩壊菌根帯（図 - 16 参照）の影響を受け，子実体形成に結びつかないまま死滅すると思われるので，それらのもつマツタケの発生可能性はあまり高く評価できない。したがって，逆にいうと，菌糸層のこのような成長特性が，本試験地のシロでマツタケの発生可能性をすくなくしている大きな要因と考えられる。

（４）シロの成長抑制

試験地には，シロ 1 - 1 やシロ 3 - 1 のような活力の高いシロは少なく，それらより活力に低い，成長の悪いこれらのシロが多かった。特に成長の悪いこれらのシロには，上記特性以外に，何らかの後発的な原因があるはずである。その原因の一つに，害菌のシロによるマツタケのシロの成長抑制が考えられた。本試験地には広葉樹の混交が多く，腐植層が厚いので，害菌のシロが多く（図 - 7），それらの害菌によってマツタケシロの成長が抑制されていると考えられる事例が多かった。例えば，シロ 1 - 1 では，その左下側でマツタケのシロの菌糸層先端部が入り組んだままであった（図 - 17）。入り組んだ部分の外側にはマツタケ以外の菌根菌のシロがあったので，そのため，その部分でマツタケのシロの成長が抑制されたためと考えられた。シロ 3 - 1 左下側でも同様であった（図 - 18）。なお，害菌と思われたこれらの菌根菌のしるはその

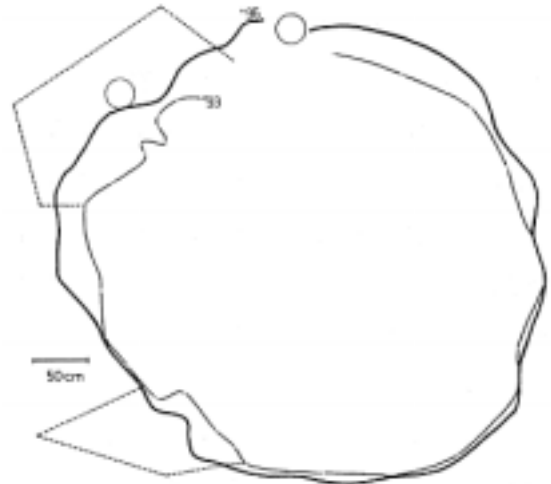


図 - 17 シロ 1 - 1 の菌糸層の成長抑制と回復（上の破線：生立木の地際部，下の破線：害菌のシロ跡，○：トドマツ生立木）

Fig. 17. Suppression and recovery of growth of mycelial layer of shiro 1-1 (Upper dotted line : Suppression at base of standing tree, Lower : Suppression by harmful mycorrhizal fungus, ○ : living Todo-fir).

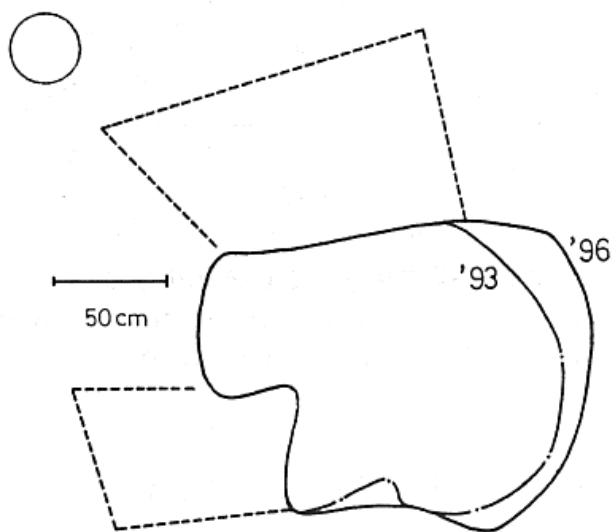


図 - 18 シロ 1 - 3 の菌糸層の成長抑制（破線，○：図 - 17 参照）

Fig. 18. Suppression of growth of mycelial layer of shiro 1-3 (Dotted line, ○ : See Fig. 17).

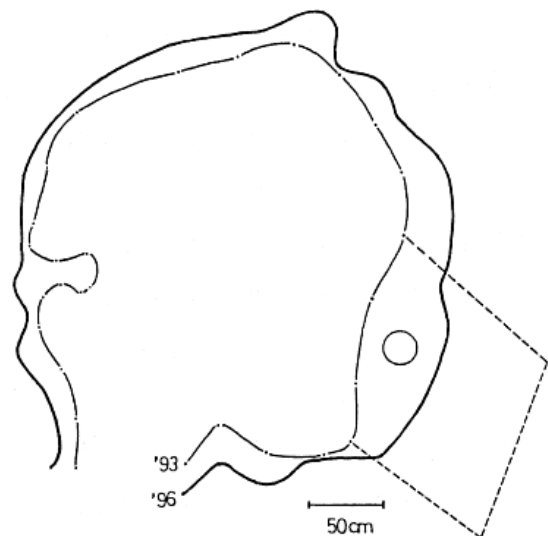


図 - 19 シロ 3 - 1 の菌糸層の成長抑制と回復（右の破線：トドマツ生立木の地際部）

Fig. 19. Suppression and recovery of growth of mycelial layer of shiro 3-1 (Right dotted line : Suppression at base of living Todo-fir).

後掘取り除去したので、そこに発生するきのこを用いてその樹名を同定することはできなかった。

シロ 1 - 1 左上側, シロ 1 - 3 上側, シロ 3 - 1 右側で 1993 年当時菌糸層の成長が遅れた部分(図 - 17, 18, 19) は, その周辺のトドマツ生立木の地際付近に生じた段差によるためと考えられた。この林分は 30 度を超える急斜面に成立するので, 斜面上下方向へのトドマツ根張りの角度の違いが B 層表面にあたかも段差のような高低差を生じさせ, 斜面下方から上方へ菌糸層の成長がその部分で遅れてしまう事例である。

試験地には倒木が朽ち木となって散在し, その朽ち木の下でもマツタケのシロの成長が抑制されていた(図 - 20 下側)。朽ち木の分解が進むと, その直下の F - H 層や B 層上部が富栄養化し, 腐生的な土壤微生物が繁殖するため(伊藤・小川, 1979) ため, その部分でマツタケのシロの成長が停滞するのであろう。

以上のようなマツタケのシロの成長抑制は, 北海道のマツタケ発生林で自然発生的に生じている問題と考えられる。特に, 大きく齢の高いシロでは, 年平均直径成長率が低い傾向がある(図 - 21) ので, わずかな成長抑制は, マツタケ発生量の減少につながる。上述のような問題を解決し, マツタケの発生を促進するためには, 混交の多い広葉樹の除間伐と厚い腐植層の除去だけでは十分と思われない。段差は, 腐植層の除去後, 新鮮な心土客土することによって直接解消されるべきであろう。朽ち木は腐植とともに除去されるとしても, 害菌のシロは, 広葉樹の除間伐と腐植層除去だけではすぐには消滅しないので, やはり, 掘り取り除去と新鮮な心土による埋め戻しを行うべきであろう。なお, このような施業を急激に行くと衰退期(小川, 1975) のシロに悪影響を与えるとされている(高橋, 1988) ので, そのようなシロの多い林分では何年かけて徐々に行う必要がある。

(5) シロの齢

あるシロでのマツタケの最大発生量はシロの大きさに比例する。シロは毎年拡大するはずなので, シロの齢が高いほど発生量が多いかといえば, 必ずしもそうではない。アカマツ林では, マツタケの発生が旺盛な最盛期のシロの齢は 10 年から 50 年くらいまでの間にあると考えられている(川上, 1994)。最盛期のシロの齢にへだたりがあるのは, 前述のような成長阻害要因の他に, 土壌, 植生, 林床条件, 寄主の齢などが関

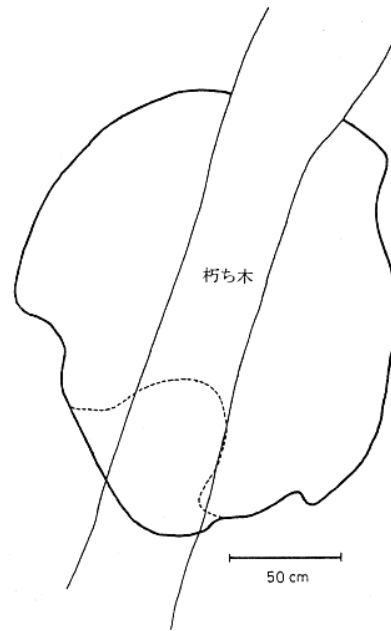


図 - 20 シロ 3 - 1 の菌糸層の成長抑制と回復
(内側: 1987 年, 外側: 1988 年)

Fig. 20. Suppression and recovery of growth of mycelial layer of shiro 3-1, under decaying log (Inside: 1987, Outside: 1988).

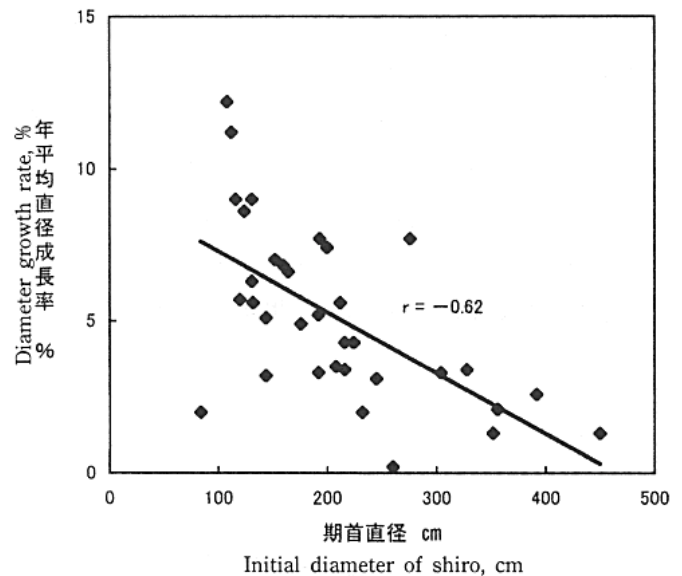


図 - 21 シロの直径成長率と期首直径の関係

Fig. 21. Relationships between diameter growth rate and initial size of each shiro.

与するためである（小川，1978）。

トドマツ林では，マツタケの発生が旺盛な最盛期のシロの齢について，何ら知見がない。トドマツ林でも，シロの一生はアカマツ林の場合と同じ過程（小川，1975）をたどると考えられるので，シロの成長段階としての齢はマツタケの発生量に直接影響を及ぼすはずである。そこで，年平均直径成長量を調査した前記 22 個のシロについて，その齢を推定することにした。これらのシロはマツタケが発生したときの最小直径が 84 cm であったので，直径 84cm 以降調査時までには要した生育年数，すなわち， $(\text{調査時の直径} - 84) \div \text{年平均直径成長量}$ と，直径 84 cm 以上以降の直径成長量（調査時の直径 - 84）との関係を図 - 22 に示した。調査時におけるシロの実際の齢は，上記により推定された生育年数に，直径 84 cm まで成長するのに要する年数を

加えたものになる。後者は図 - 22 の関係式から 5 年と推定された。アカマツ林でも，直径 70 ~ 80 cm の初シロに成長するまでの期間は 4 ~ 5 年（小川，1975）あるいは 7 年（川上，1994）とされている。したがって，前記 22 個のシロでは，2000 年当時の齢は 14 年から 37 年，すなわち，約 15 年から 40 年と推定される。約 40 年生と推定されたシロ 1 - 1 は，毎年マツタケが発生する比較的活力の高い円形のシロである。このことは，トドマツ林でも，約 40 年生と思われる拡大期のシロが存在することを示している。なお，本試験地には，上記 22 個のシロ以外に，かつて大きなシロであったがその大部分が消滅したと考えられる弧状のシロがいくつも

分布し，それらのシロはシロ 1 - 1 より老齢と考えられたので，試験地でマツタケが発生した記録のあるシロの現在の齢は，最も若いもので 15 年，老齢の場合は 40 年以上と考えるのが妥当である。ただし，1993 年の施業の後に形成された可能性のあるシロが 1 つある（ - 2 - (2) 参照）。

本試験地に分布するマツタケのシロの齢は，拡大期のシロの齢を含め，その範囲としては，アカマツ林の場合と異ならないといえそうである。それにもかかわらず，本試験地でシロ当たりのマツタケ発生本数が少ないのは，前述した菌糸層の成長特性，老齢化あるいは後発的な障害以外に，シロの融合も原因の一つになっていると考えられる。試験地のシロのうち，融合しないで独立して成長しているシロの現在の直径はほとんどが 3cm 以下であった。したがって，図 - 22 によると，それらの現在の齢は 25 年以下ということになる。逆にいうと，本試験地では，シロが形成されて 25 年程度たつと，シロの密度が高いために不可避免的に融合し，既述のような障害を併受して急速に衰退するシロが非常に多くなると思われる。すなわち，本試験地のシロは，アカマツ林のマツタケ山のシロに比べ，結果的に，マツタケの発生の旺盛な期間が短いと考えるべきである。

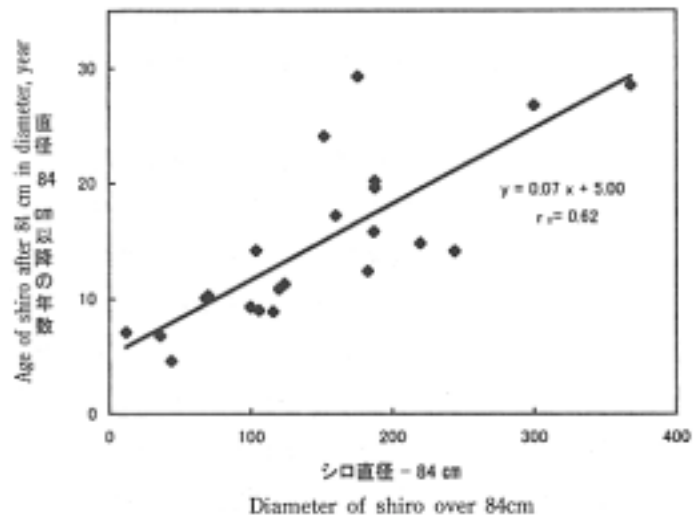


Fig. 22. Relationships between age of each shiro and Diameter growth of mycelial layer over 84cm.

発生環境の整備とその効果

1 調査方法

発生現況の解析のに基づき，その改善を図るため，発生環境改善試験を行なった。試験地は，除間伐，腐植層除去，害菌の掘り取り除去と心土による埋め戻し，段差解消のための客土などを行う総合処理区 0.21ha，上中層木の除間伐だけを行う除間伐区 0.076ha 施業のまま無処理区 0.577ha に区分した。試験区は図 - 23。

のとおり配置した。総合処理区と除間伐区（施業区）で 1993 年に行った施業は下記のとおりであるなお、個々の調査方法については発生現況の項を参照されたい。

(1) 除間伐

トドマツは樹冠の競合した上層木を除き原則として残置し、稀に混交するエゾマツ・アカエゾマツについては特別な配慮はしなかった。上中層の広葉樹は大きな疎開地を作らない限り原則として除間伐の対象とした。また、中小径広葉樹の混交が特に多いプロット - 3 を除き、間伐後の蓄積がそのプロットの無処理区とほぼ等しくなるよう配慮した。間伐率は本数で 50~60%，材積で 20~30%であった（表 - 1）。材積のわりに本数率が高いのは、中小径の広葉樹を多く伐採したためである。トドマツの本数伐採率は 16~34%であった。伐採後の立木本数は 440~700 本 / ha（広葉樹混交率 8~39%）であった。図 - 24 に、プロット - 1（総合処理区・除間伐区）の間伐前後における上層木の樹冠投影図を示した。なお、集材時に既存のマツタケのシロを傷つけないよう、間伐、集材は残雪期に行った。

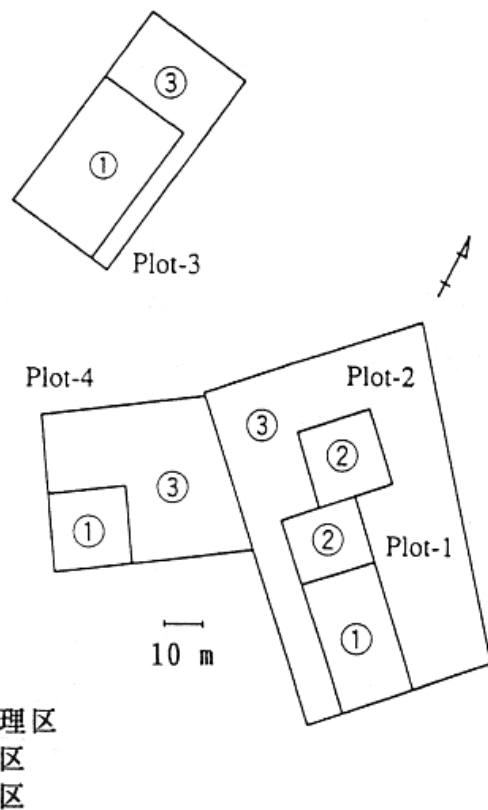
プロット - 3 の総合処理区では、自然感染によるシロの増加を図るための環境整備（マツタケ研究懇話会、1983 参照）として、間伐後も、中下層広葉樹の除伐・中断切を随時行った。表 - 1 の間伐率の中にはこれらの立木は含まれていない。

(2) 腐植層除去

除間伐後、総合処理区 0.21ha では、朽ち木や腐植層（厚さ約 10 cm）は、既存のシロを傷つけないよう、B 層表面が露出するまで、レーキ、鋤、剪定鋏などを用いて、人力で除去した。クマイザサ（桿数 30~70 本 / m²）は刈り払い後、

その地価茎も可能な限り除去した。A 層中のトドマツの細い根は、作業に支障をきたす範囲で切除した。作業に支障をきたす範囲で切除した。作業に要した延べ時間は 0.21ha 当たり 413 時間、工程は約 5 m² / 時間・人であった。後述の害菌除去・客土などを含め、すべての作業が終了したのは 1993 年 7 月末であった。

マツタケのシロの周辺での作業終了が遅れたことや、クマイザサの地下茎を切除した際、やむを得ずシロの B 層上部をかく乱したため、当年秋のマツタケの発生に悪影響が生じた（図 - 25、総合処理区参照）。し



- ① 総合処理区
- ② 除間伐区
- ③ 無処理区

図 - 23 試験区の配置
Fig. 23. Arrangement of sub-plots
(: Multi-treated, : Thinning, : Untreated plot).

表 - 1 間伐率および間伐後の蓄積（年 3 月間伐実行）
Table 1. Thinning rate and residual growing stock.

	間伐率 (%)		蓄積 (m ³)
	Thinning rate, %		Growing stock, m ³
	本数	材積	
	Per number of trees		Per Volume
施業区 Treated			
Plot - 1	61	28	151
2	49	17	166
3	58	21	101
4	49	24	214
無処理区 Untreated			
Plot - 1			148
2			148
3			167
4			213

その地価茎も可能な限り除去した。A 層中のトドマツの細い根は、作業に支障をきたす範囲で切除した。作業に支障をきたす範囲で切除した。作業に要した延べ時間は 0.21ha 当たり 413 時間、工程は約 5 m² / 時間・人であった。後述の害菌除去・客土などを含め、すべての作業が終了したのは 1993 年 7 月末であった。

マツタケのシロの周辺での作業終了が遅れたことや、クマイザサの地下茎を切除した際、やむを得ずシロの B 層上部をかく乱したため、当年秋のマツタケの発生に悪影響が生じた（図 - 25、総合処理区参照）。し

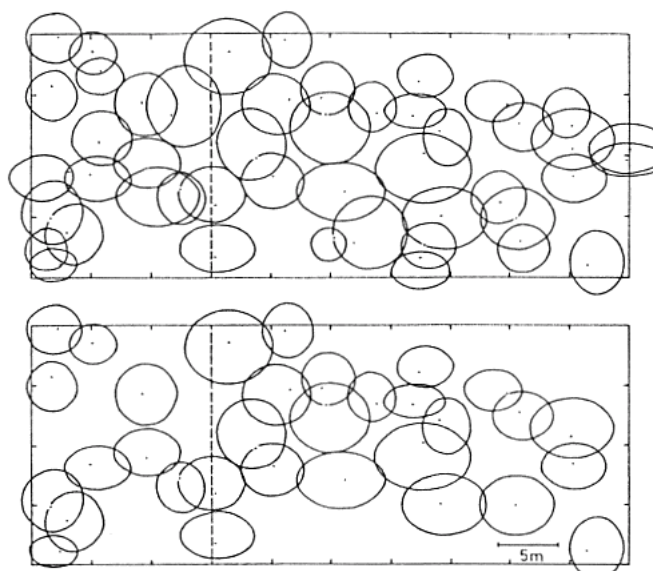


図 - 24 プロット - 1 (総合処理区・除間伐区)の上層木の樹冠投影図(上:間伐前,下:間伐後)
 Fig. 24. Crown cover of predominant trees in plot-1 (multi-treated and thinning plots), before (upper) and after (lower) thinning.

かし,1994年以降のマツタケの発生が総合処理区で特に悪いという傾向は認められなかったので,その影響は翌年度には解消したものと考えられ,また,1994年以降に悪影響が続いていないことから,トドマツの細い根を切断した影響をそれほど大きくないと考えられる。なお,切断部からの発根はあまり認められなかった。クマイザサについては,地価茎を可能な限り除去したにもかかわらず,作業5年後には平均で桿長18cm程度(刈り払い前の30%前後),桿長で40~70%に回復した。林床の気象条件の調整という機能からすると,この程度の状態が維持されれば,まったく問題はなからう。

(3) 害菌のシロの掘り取り除去と埋め戻し,階段状の段差解消のための客土

シロ1-1左下側(図-17),シロ1-3左下側(図-18)などで,マツタケのシロの成長が抑制された部分に認められたマツタケ以外の菌根菌のシロは,害菌のシロの可能性があったので,それらの菌糸層が確認された範囲・深さまで掘り取り除去し,周辺のマツタケ未発生地点のほぼ同じ深さから採取した心土を用いて埋め戻した。処理した範囲は図中に破線で示した。作業は腐植層除去後に行った。掘り取り除去・埋め戻しの効果は,数年後その部分に成長してきたマツタケの菌糸層先端部の位置を測定することによって評価した。

シロ1-1左上側(図-17),シロ1-3上側(図-18),シロ3-1右側(図-19)などではトドマツ生立木の地際周辺に生じた段差の部分でマツタケのシロの成長が停滞していたので,その部分に堆積した腐植を除去した後,上記と同様の新鮮な心土を客土した。客土の効果も同様の方法で調査した。

2 結果と考察

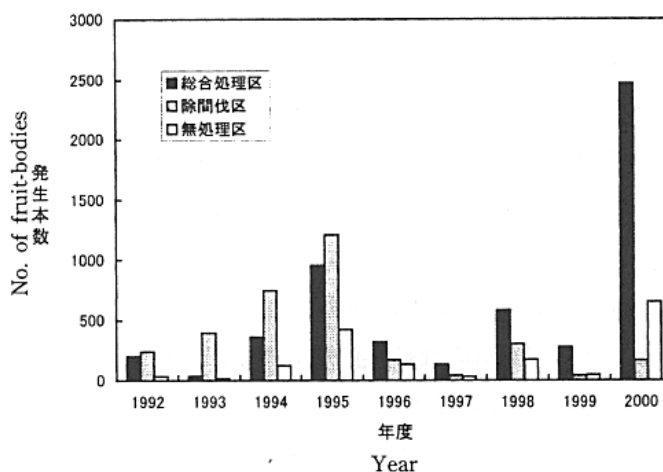


図 - 25 マツタケ発生本数の年次変動 (ha 当たり)
 Fig. 25. Annual occurrence of Matsutake per ha (: Multi-treated, □: Thinning, □: Untreated plot).

(1) 発生本数の増加

試験置設定以降、各試験区に発生したマツタケの ha 当たり本数は図 - 25 のとおりである。施業の効果の指標としては、前述のような悪影響のない 1994 年以降の発生本数を指針とすべきであり、その平均値は、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ 728, 383, 226 本 / ha / 年であった。すなわち、総合処理区や除間伐区では、無処理区より多くのマツタケが発生した。重量では、1 本 70 g で換算すると、51, 27, 16 kg / ha / 年であった。このような施業によってマツタケ発生量が増加することは、アカマツ林ではよく知られている（金行, 1960; 伊藤・小川, 1979; 川上・枯木, 1989; 鳥越・塩見, 1992）。

1995 年は豊作年で、その年のマツタケ発生量は上記各区でそれぞれ 65, 74, 28 kg / ha であった。なお、2000 年は総合処理区で発生本数が非常に高かったが、典型的な豊作年とはいええない気象条件だったので、ここでの議論の対象とはしない。一方、凶作年の 1997 年の発生量は各試験区でそれぞれ 12, 2, 2 kg / ha であった。このようにマツタケの発生量には豊凶差が大きいですが、それでも、無処理区や除間伐区に比べ、総合処理区では豊凶差が少なくなってきた。これも施業の効果の一つの現れと考えられる。なお、除間伐区での豊凶差が無処理区より大きかったのは、立木本数を無処理区の 35% ~ 65% に急激に減少させたにもかかわらず、総合処理区のようなその他の施業を一切行わなかったためと考えられる。

図 - 26 に、各試験区に分布するマツタケのシロ当たりの発生本数を示した。並作に近い発生量のあった 1994 年および 1998 年(ともに $p < 0.05$) および 2000 年 ($p < 0.01$) は、総合処理区でのシロ当たり発生本数が無処理区より有意に多かった。しかし、豊作年の 1995 年は総合処理区と無処理区でシロ当たり発生本数に有意な差が認められなかった。このことから、発生環境改善施業は、気象条件の悪い年にその緩和効果を与えるものと考えられる。なお、2000 年は結果的には豊作になったが、発生開始直前の気象条件は 1995 年に比べて非常に悪かった(詳しくは、村田・高橋, 2001 参照)。それにもかかわらず、発生開始直後の多量の降雨によって、総合処理区のシロの当たり発生量が無処理区より明らかに多くなったのは、やはりこのような気象条件緩和作用が働いていたためと考えられる。ただし、小さい子実体が多かったので、その効果は制限的なものであったと考えなければならない。

除間伐区については、1996 年除き、1995 年以降のシロ当たり発生本数が無処理区と差がなかったが、間伐の仕方が悪かったため効果が現れなかったとは考えられない。1993 年と 1994 年のシロ当たり発生本数は除間伐区のほうが無処理区より有意に多かつ

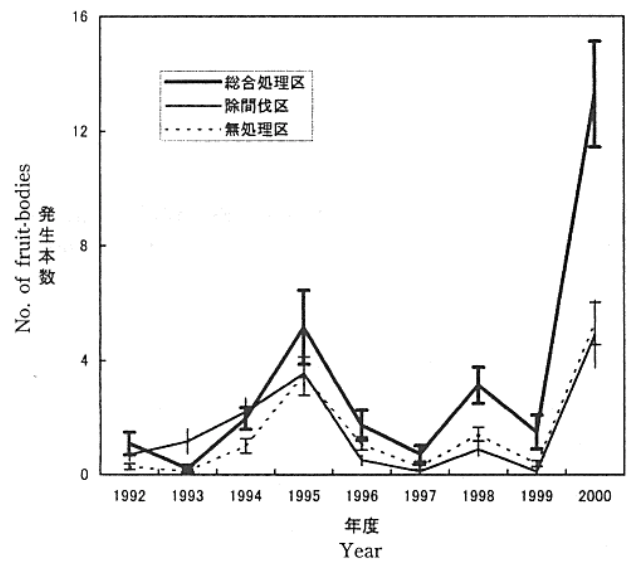


図 - 26 シロ当たりマツタケ発生本数の経年変化
 Fig. 26. Annual occurrence of Matsutake per shiro (— : Multi-treated, - - : Thinning, ... : Untreated plot, I : Mean ± standard error).

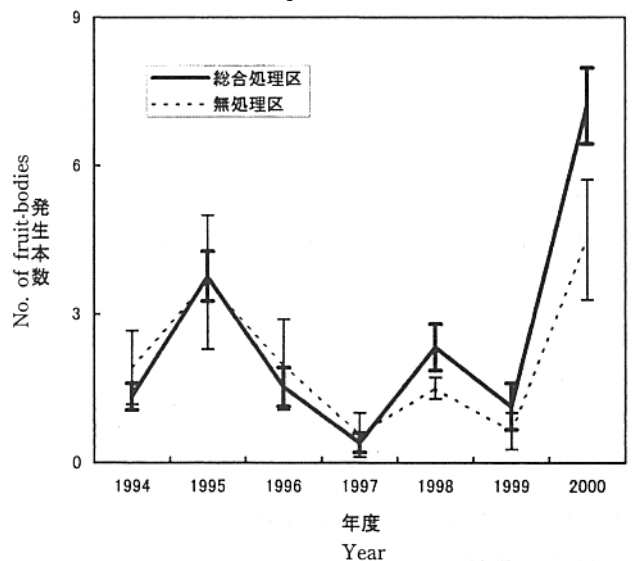


図 - 27 直径 1 m のシロでの発生本数 (活力の高いシロ)
 Fig. 27. Annual occurrence of Matsutake per vigorous shiro of 100 cm in diameter (— , ... : See Fig. 26).

た(ともに $p < 0.05$) ので、除間伐だけではマツタケの発生促進効果はその直後にしか現れないのかもしれない。

図 - 26 では、シロの大きさや活力を考慮していない。マツタケの最大発生本数はシロの大きさに比例する(図 - 8 参照)ので、活力の類似した同じ大きさのシロの当たりで発生本数を比較する必要がある。そこで、図 - 27 では、活力に高いシロ(ここでは、総合処理区で施業の効果が現れた可能性がある 1994 年以降の 7 年間に基準として、そのうち 5 回以上の年度にマツタケが発生し、かつ、年平均直径成長率が 3% 以上のシロとした)で直径 1m 当りに換算したときのマツタケ発生本数の経年変化を示した。総合処理区と無処理区で比較すると、それは図 - 26 とほぼ同じ傾向であった。しかし、活力が低いとみなしたシロでは、このような傾向はまったく認められなかった。したがって、マツタケの発生本数の増加は、活力の比較的高い白だけに生じたと考えるのが妥当である。逆にいうと、活力に低いシロの場合、本稿で実施したような施業だけでは発生本数は増加しないと考えておくべきである。いずれにしても、施業区で ha 当たりの発生本数が増加した要因の一つは、比較的高い活力のシロでの発生本数の増加にあると考えてよさそうである。

(2) マツタケの発生するシロの増加

施業後、1993 年秋から 2000 年秋までに新たにマツタケが発生したシロは、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ、ha 当たり 123、197、103 個に達した(図 - 28)。1996 年以降に確認されたシロがわずかであったことから判断すると、施業区では、施業後 3 発生期間に既存のシロはほとんどでマツタケが発生するようになったと考えられる(村田ら、1997)。ちなみに、総合処理区では、施業時期の遅れなどが影響した 1993 年を除き、1994 年、1995 年とも、毎年全シロの 25% 前後に当たるシロで新たにマツタケが発生し、除間伐区では、この 3 発生期間、毎年、マツタケの発生するシロが 20% 前後増加した(図 - 29)。しかし、無処理区ではこのような傾向は認められず、新しい城の確認は、たまたまの豊作年である 1995 年に集中していた。また、1993 年の総合処理区を除いて、1993 年と 1994 年の施業区では、存在する全シロのうちその年にマツタケが発生したシロの割合が無処理区より明らかに高かった(図 - 30)ことから、施業直後にマツタケが発生しやすくなったことは裏づけられる。なお、新しく確認されたこれらのシロは、その大きさなどから判断して、施業後に形成されたものとは考えられない。アカマツ老齢林でも、施業直後に、隠れていたシロからマツタケが発生するようになった例が報告されている(高橋、1988)。

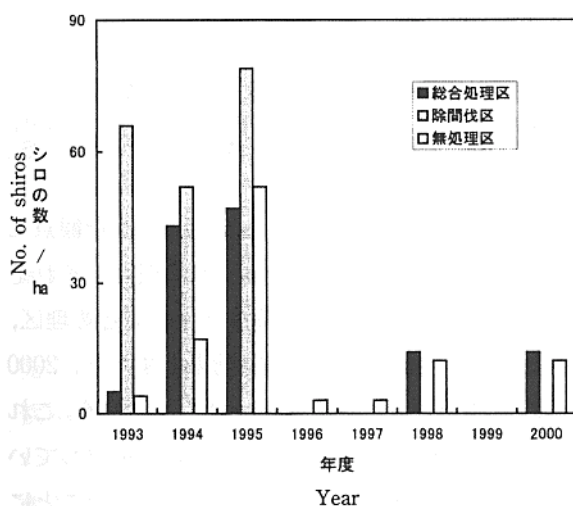


図 - 28 新たにマツタケの発生したシロの数 (ha 当たり)
Fig. 28. Number of newly fruited shiros per ha
(, , : See Fig. 25).

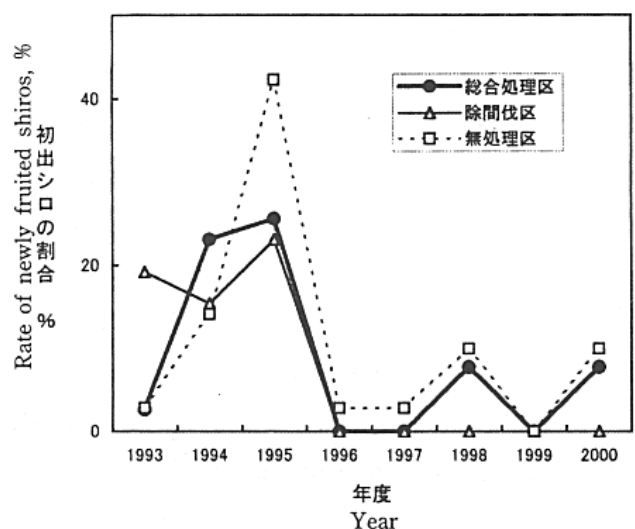


図 - 29 全シロに対する初出シロの割合
Fig. 29. Rate of newly fruited shiros in each year
(: Multi-treated, : Thinning, : Untreated plot).

2000年にプロット-3の総合処理区ではじめて確認されたシロの1つは、その大きさ・形状・マツタケの発生状況から判断して、施業後の形成された可能性が高い。すなわち、自然感染によって形成されたシロかもしれない。伊藤・小川(1979)によると、植生手入れ後7年目ごろから自然感染によってシロが増加するとされるが、トドマツ林に分布するマツタケのシロの成長速度がアカマツ林のそれに比べてかなり遅い(- 2 - (3)参照)ことを考えると、本試験地で自然感染によるシロが本格的に増加するのはこれからと考えられる。

図-28によると、総合処理区で新たにマツタケの発生を確認したシロは、2000年までを累計すると無処理区と大差ない。したがって、施業によるマツタケ増収効果はそれほど大きくないようにも思える。たしかに、新たにマツタケの発生を確認したシロで、確認当時に発生した本数だけを2000年まで累計すると、総合処理区329本/ha、無処理区284本/haとなり、両区間で大きな差はなかった。しかし、それらの初出シロでは、その時の活力によるだけでなく、その後も環境整備の効果を受けてマツタケの発生が続くので、増加したシロによる増収分は、確認時のシロの活力とそのごの発生環境改善の効果を総合的に評価して決定すべきである。ところが、初出シロの確認時には、このような総合的な評価は不明である。したがって、評価の基準はシロの確認時のそのシロでの発生本数ではなく、確認当時その試験区ですでに発生環境改善の効果を受けているはずのシロを含めた平均的な発生量、すなわち、シロ当たり発生本数(図-26)におく方がよいと思われる。このような観点に立って、増加したシロによる2000年までの増収分を累計すると、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ557、470、280本/haに達するものと推定された(図-31)。次節の基準で重量に換算すると、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ39、33、20kg/haとみなされた。無処理区との差を増収効果とすると、2000年までに増加したシロによって、総合処理区や除間伐区では10~20kg/haの増収があったことになる。これは、無処理区での年えい菌発生量に相当する。そして、シロの増加はほとんどが施業後3年間に集中していた(図-28)ので、施業後3年たてば、無施業時のほぼ1年分の収量の増収効果があると考えてよいことになる。

(3) マツタケの大きさ、重量の増加

発生環境改善施業によるマツタケ発生量の増加は、発生本数だけでなく、重量についても検証すべきである。そのためには、重さがあって商品価値も高い状態(マツタケが地上に現れて数日経過し、ツバが傘の縁から離れる直前のもの)で重量を測定することが望ましい。しかし、マツタケに発生期間中は試験地への人

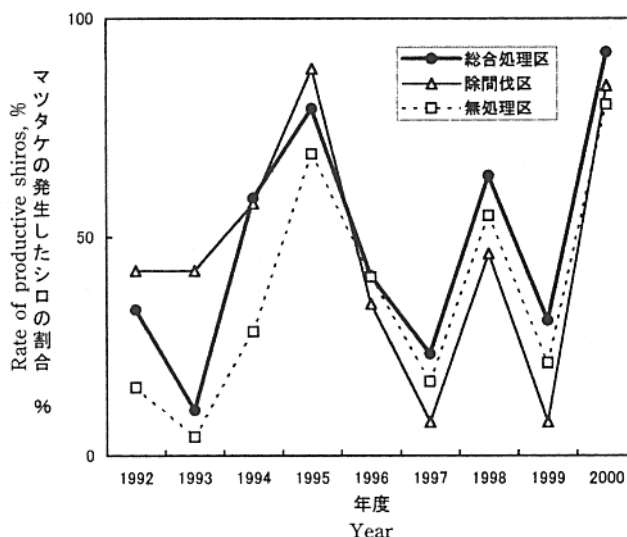


図-30 マツタケの発生したシロの割合
Fig. 30. Rate of productive shiros in each year (, , : See Fig. 29).

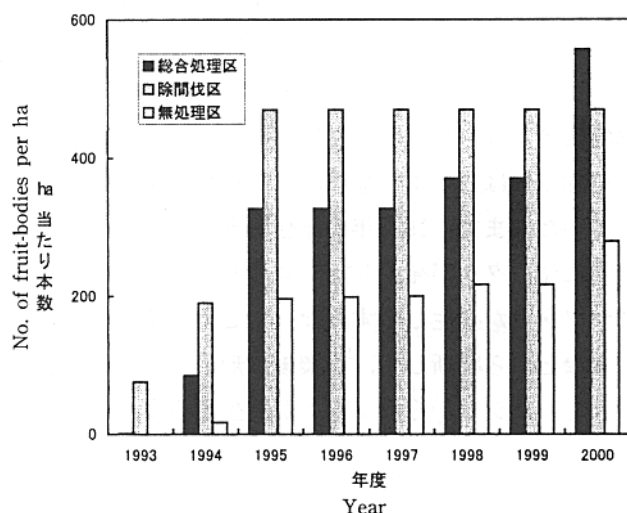


図-31 シロの増加による各年度の累積増収効果
Fig. 31. Increased yield of Matsutake in each year, by newly fruited shiros(, , : See Fig. 25).

このように総合的な評価は不明である。したがって、評価の基準はシロの確認時のそのシロでの発生本数ではなく、確認当時その試験区ですでに発生環境改善の効果を受けているはずのシロを含めた平均的な発生量、すなわち、シロ当たり発生本数(図-26)におく方がよいと思われる。このような観点に立って、増加したシロによる2000年までの増収分を累計すると、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ557、470、280本/haに達するものと推定された(図-31)。次節の基準で重量に換算すると、総合処理区、除間伐区、無処理区でそれぞれ39、33、20kg/haとみなされた。無処理区との差を増収効果とすると、2000年までに増加したシロによって、総合処理区や除間伐区では10~20kg/haの増収があったことになる。これは、無処理区での年えい菌発生量に相当する。そして、シロの増加はほとんどが施業後3年間に集中していた(図-28)ので、施業後3年たてば、無施業時のほぼ1年分の収量の増収効果があると考えてよいことになる。

の入り込みが多く、盗難を避けられないため、多くのマツタケはやむを得ずかなり若いうちに採取した。これではマツタケ発生量の増加を適切な重量で評価することができない。そこで、上記に近い状態のマツタケに重さをその直前の茎の太さや長さで評価できないか検討した。マツタケの成長は、傘の成長より前に茎の成長となって現れる(衣川、1963)ので、茎の太さあるいは長さを指標とした方が目的とする重量を適切に評価できるはずである。

茎の太さを指標として、施業前の1992年と施業後の3年目の1996年に各試験区に発生したマツタケを比較したところ、既報(村田ら、1997)のとおり、1996年の総合処理区では、無処理区より明らかに茎の太いマツタケが発生した(図-32)。その傾向は、1994年以降、年をおうごとに強くなった。また、1996年のデータによると、採取時のマツタケの重さと茎の太さの間には強いせいの相関があった(図-33)。茎の長さでも同様の傾向が見られた。この傾向は、マツタケの形状を測定した1992年から1997年まで毎年、どの試験区でも変わらなかった。そこで、図-32の茎の太さを指標として1996年の1本当たりの重量を推定すると、図-33の関係式から、総合処理区で84g、無処理区で69gとなった。すなわち、1996年の総合処理区では、大きく、重いマツタケが発生するようになったといえる。なお、実際に採取したマツタケの重量では、1997年のはじめてその傾向が明らかになった(図-34)。アカマツ林でも、施業後、1本当たりの重量が増加したと報告されている(鳥越・塩見、1992)。

除間伐区では、無処理区より大きいマツタケが発生するといった結果は、いまだに得られていない。伐採後もマツタケの大きさが無処理区のものと同変わらないとすれば、立木本数自体はマツタケの大きさにそれほど大きな影響を与えていないのかもしれない。

1996年の総合処理区のデータは、時間伐区や腐植層除去以外の施業がないか、あってもその効果が現れる前のシロに発生したものから得られた。したがって、除間伐がマツタケの大きさに影響しないとすると、総合処理区で大きいマツタケが発生するようになったのは、腐植層除去の効果と考えられる。既述のとおり、

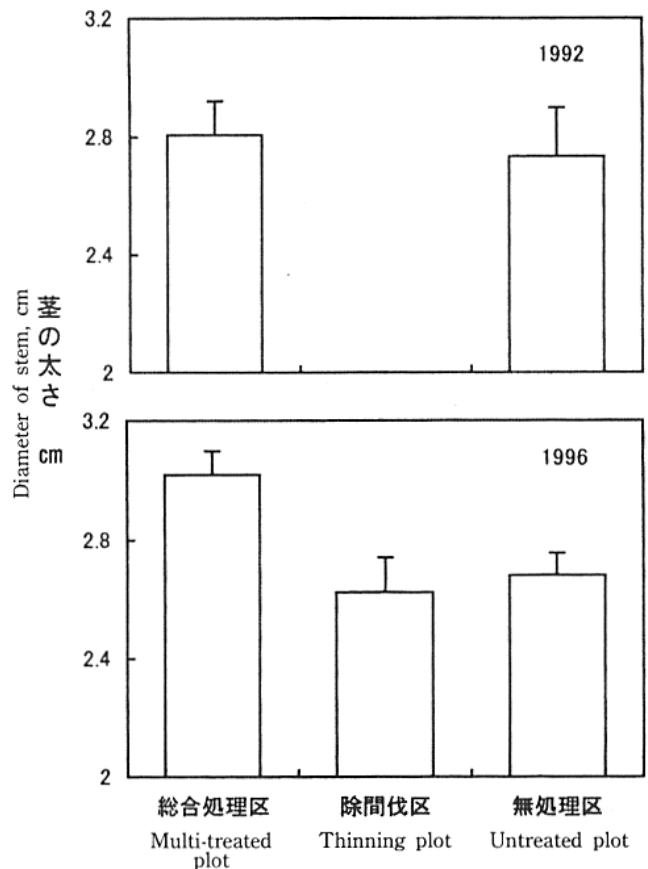


図-32 マツタケの茎の太さの変化
(上: 施業前, 下: 施業後)

Fig. 32. Change of diameter of stem of Matsutake, before (upper) and after (lower) treatments.

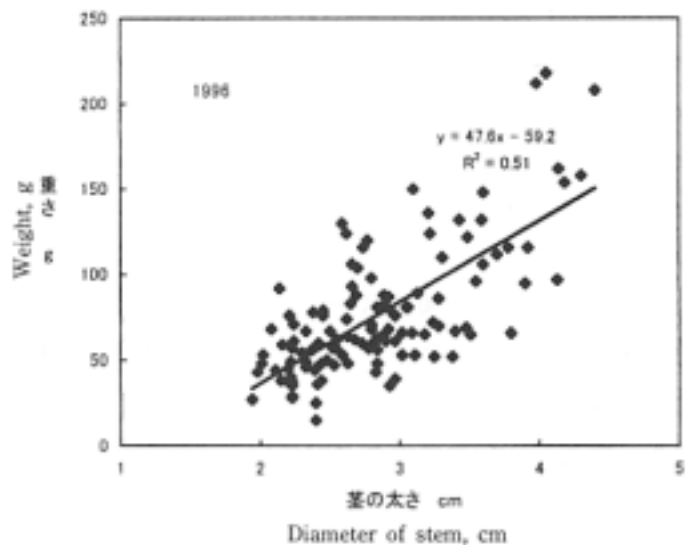


図-33 マツタケの重さと茎の太さの関係(1996年度)
Fig. 33. Relationships between weight and diameter of stem of Matsutake in 1996.

本試験地に分布するマツタケのシロは深く、最深部はB層表面から60 cmに達した(図-16)。このようなシロでも表面の腐植層を除去すると、それまでよりも深いところへ低温刺激(最低地温19℃、衣川、1963)が及び、そこで原基が形成される結果、茎の長いマツタケが発生するようになると推測される。すなわち、大きいマツタケが発生する可能性があるわけである。

なお、図-34で用いたマツタケの重さは平均63gであった。これらのマツタケは重量で評価するにはかなりの若めのものであった。そこで、試験地に発生するマツタケの重さは、総合処理区、無処理区を問わず、1本70gとみなして見込収量を概算することとした(総合処理区での収量はやや低めに見込み、施業の効果をやや低めに評価することになる)。

(4) 集中発生時期の早期化、長期化

1995年は豊作年で、発生は8月中旬から始まり、9月下旬に終わった。試験地でのマツタケの発生消長は図-35のとおりである(村田ら、1997)。二度の盗難があったが、マツタケ発生ピークは、総合処理区、除間伐区、無処理区で、それぞれ8月23日、8月29日、9月4日に記録された。総合処理区や除間伐区では、無処理区に比べ、発生ピークがそれぞれ約2週間あるいは1週間早かった。総合処理区での発生ピークはその1回のみであった。上記日時に発生したマツタケは、各区とも、その年の気温-降水量指数(村田・高橋、2001)が非常に低く、それぞれ0.5、1.1にすぎなかった1999年と2000年を除き、1996年以降の総合処理区でも同様の傾向が認められたので、総合処理区では、マツタケ発生期直前の気象条件が非常に悪い年を除いて、発生ピークが早まるという効果が持続していると考えられる。

一方、1994年はやや不作年で、既報(村田ら、1997)のとおり、9月初旬から発生が始まり、前半はだらだらと発生し、10月末まで発生が続いた(図-36)。1995年に比べ、マツタケの発生開始は3週間遅れ、発生終了も3週間以上遅くなった。発生ピークは各区とも9月27日であった。このとき総合処理区ではその年の全発生本数の25%、除間伐区では32%、無処理区では37%のマツタケが発生した。無処理区ではその時期意外にまとまって発生することはなかったが、総合処理区や除間伐区では、その3~6日後まで、比較的まとまった数のマツタケが発生した。すなわち、施業区では発生ピークがやや長期化する傾向があった。

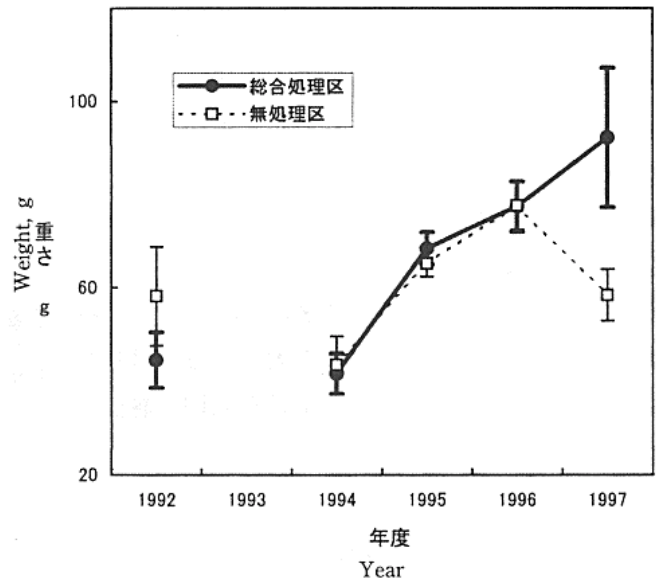


図-34 総合処理区・無処理区間でのマツタケの重さの違い
Fig. 34. Difference of weight of Matsutake between those in multi-treated () and untreated () plot (I : See Fig. 26).

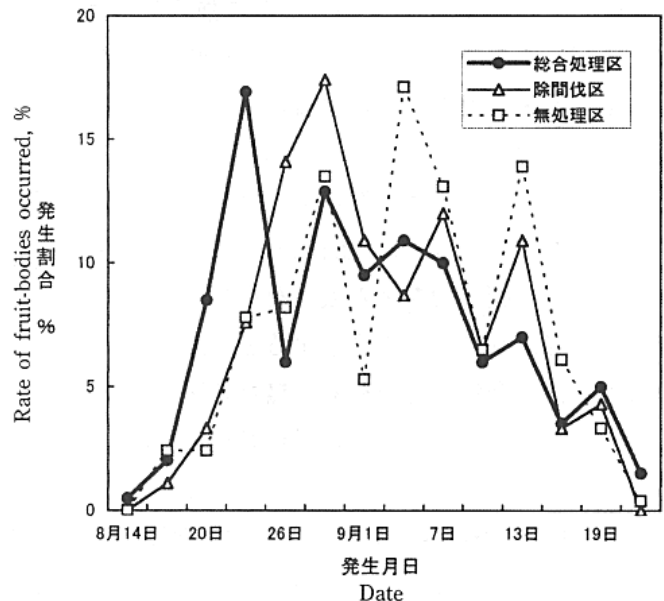


図-35 マツタケの発生消長(1995年度)
Fig. 35. Seasonal occurrence of Matsutake in 1995 (, , : See Fig. 29).

1994 年は 8 月中旬から下旬にかけて日最高気温が 25 を超える高温日が続き、マツタケの発生開始時期が 1993 年を除いて最も遅かった。このため、総合処理区でも発生ピークが早まるような効果はなかったが、9 月になってからの低温刺激によって各区で一斉に原基が形成された（衣川、1963）とき、施業区では、やや深いところにも多くの原基が形成されたため、発生開始の遅くなるものが生じ、発生ピークが長期化したものと思われる。したがって、やはり施業の効果があったと考えてよかろう。これらの効果は、施業、特に、総合処理区では厚い腐植層を除去したことによって生じたものと考えられる。

(5) シロの成長抑制の解消

試験地には、前述したようなさまざまな要因のため、部分的に菌糸層の成長が抑制されたシロが多かった。その主要な要因は、害菌、根株周辺の段差、朽ち木であった。これらの要因は、1 つのシロに複数存在することもあった。例えば、シロ

1-1 やシロ 1-3 では、害菌と根株周辺の段差のため、2 ヲ所で菌糸層の成長が抑制されていた。そこで、1993 年、これらの害菌のシロを掘り取り、その後を新鮮な心土で埋め戻し、あるいは、腐植を除去した後、段差を同様の心土で客土した。4 シーズン終了した時点で、シロ 1-1 では菌糸層の成長回復の徴候が現れた（図 - 17、左下側および左上側）。しかし、シロ 1-3 ではその傾向はみられなかった（図 - 18、左下側および上側）。シロ 1-1 は毎年マツタケが発生する比較的活力の高いシロ、シロ 1-3 は 1992 年、1994 年、2000 年に数本ずつマツタケが発生したにすぎない活力の低いシロであったので、活力低いシロの場合、害菌の掘り取り除去と心土による埋め戻しや段差解消のための客土の効果は 4 シーズンでは認められなかったことになる。なお、これらの作業によるシロのかく乱や作業時期の遅れから生じた悪影響のため、1993 年度の菌糸層の成長は少なかったと考えられるので、シロの成長という観点からは、1994 年度から 1996 年度までの実質 3 年間で、活力の高いシロではその回復の徴候がみられ、層でないシロではそのきざしがみられなかったと考えてよかろう。シロ 3-1 でも、この 3 年間で段差解消による菌糸層の成長回復の効果が認められた（図 - 19、右側）。

試験地に散在する朽ち木がマツタケのシロの菌糸層の成長を抑制する場合もあった。シロ 3-1 では、図 - 20 の破線のとおり、朽ち木の下で菌糸層の成長が抑制されていたので、それを取り除いたところ、1 年後には正常な位置まで成長が回復した。その範囲（約 70 cm）が、1 年間に菌糸層の成長可能な範囲（平均で 9.9 ± 0.8 cm）をはるかに超えること、さらに、シロの上に朽ち木が横たわっていても、菌糸層の成長が抑制されているとはいえない場合があること（シロ 4-3、シロ 4-4 などで見られた）などから判断すると、朽ち木の下での菌糸層の成長の抑制は、害菌のシロの形成などを併わない限り、通常は致命的なものではなく、朽ち木の直下だけに限られた、一時的なものにとどまっているものと考えられる。

シロの掘り取りなどの人為的損傷も、当然、菌糸層の成長抑制の原因となる。シロ 3-1 では、1987 年秋、シロの断面調査のため、図 - 15 の四角で囲んだ部分を幅 50 cm にわたって掘り取った。その部分は直ちに埋

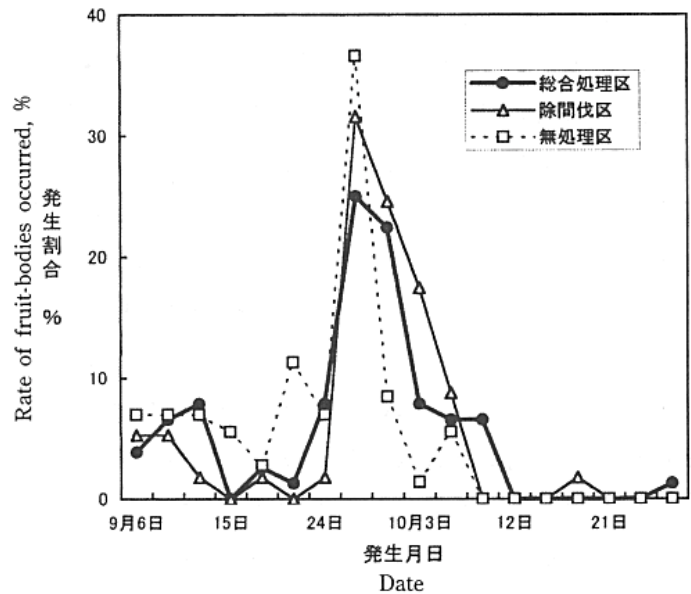


図 - 36 マツタケの発生消長（1994 年度）
Fig. 36. Seasonal occurrence of Matsutake in 1994
(, , : See Fig. 29).

め戻したが、菌糸層の成長が正常な状態に回復したのは1996年であった(図-19、左側のくぼみのあったところ)。そして、回復した部分にマツタケが発生するようになったのは1998年であった。このシロは1987年以降毎年マツタケが発生する活力の高いシロであるが、活力の高いシロの場合でも、幅50cmの菌糸層の掘り取りと埋め戻し後、切断された部分に菌糸層が回復するまでに9年、マツタケが発生するようになるまで11年を要したことになる。今回シロ3-1で得られたデータは、活力の高いシロで、放射方向(菌糸層の拡大成長する方向)へは実質3年で55cmの菌糸層の成長を回復できる(図-19、右側)が、円周方向へは、幅50cmの障害を回復するのに9年かかる(図-19、左側)ことを示している。トドマツ林のマツタケのシロでも、一般にいわれているように(小川、1978)、菌糸層は放射方向へは比較的容易に成長を回復するが、円周方向へはかなりむずかしいと考えてよい。したがって、幅広い菌糸層の切断はそのシロに致命的な影響を与えると考えなければならない。このことは、広範囲にわたって害菌のシロが分布し、その部分でマツタケのシロが消滅した場合にもあては増す。

害菌によるマツタケのシロの成長抑制と似たような問題がマツタケのシロの融合(重)合(小川、1975)の場合にも生じる。2つのマツタケのシロが個々に拡大し、お互いに接するようになると、一方シロの菌糸層が放射線に拡大成長しようとしても、そこには別のマツタケのシロが存在しており、忌地(小川、1975)となっている他のシロの内部へはマツタケの菌糸層が延びていけないため、菌糸層の成長はそこで停滞してしまう。このようにして融合部に停滞した両方のシロの菌糸層は、しばらくの間はそこで多くのマツタケを発生させるが、その存在する活性菌根が消費されてしまうとやがて死滅する。すなわち、マツタケのシロが融合した場合にも、害菌のシロによるマツタケのシロの消滅と同様の現象が生じる。マツタケのシロの密度が高い本試験地では、このような融合事例が数多くみられた。例えば、図-7で、2つ以上のシロが接し、あれい形担った場合がその事例である。

いくつかのマツタケのシロが融合した場合、マツタケの発生量は、やがて、融合前の各シロ発生量の合計に比べて少なくなる。したがって、マツタケのシロを融合させないか、あるいは、融合したとしても、融合部以外で菌糸層の成長を促進させることが望ましい。しかし、本稿で実施したような施業では、このような効果は認められなかった。その理由として、シロの密度が高い場合、シロの融合は不可避免的に生じること、また、シロが大きくなって融合した段階では、双方のシロの成長速度はすでに減退しており(図-21参照)、いわば活力の低下した状態になっていると考えられるで、その活力を急速に回復させるのは容易でないことがあげられる。このように考えると、融合したシロ、あるいは、その可能性のあるシロ、が多数分布する場合、基本的には将来のためにシロの更新を考えるべきであって発生環境の改善によって、融合を避け、一方で、菌糸層の成長を図るといふ虫のよい効果をあげることはできないといわなければならない。害菌などのために活力の低下したシロの多い林分の場合にも同様である。このような時例の多発する本試験地では、マツタケのシロの更新は、今後解決されるべき重要な課題である。

おわりに

西興部のトドマツ天然林で行ったマツタケの発生現況調査によって、本林分には、15年生から40年生以上と推定されるマツタケのシロが数多く分布するが、シロ当たり発生量が非常に少ないため、林分全体としての発生量は、拡大期のシロの多いアカマツ林の3割程度にすぎないことがわかった。マツタケの発生量が少ない原因としては、長期的には、立木、特に広葉樹の混みすぎによって局部的にシロの数が少なくなっていることや、厚い腐植層、害菌、階段状の段差などによってシロの成長が抑制され、シロの活力が低下していることがあげられた。そこで、発生環境を改善し、これらの問題点を解消することによって、マツタケの発生量が回復するかどうかを検証した。その結果、本林分でも、発生環境整備の効果が大きいことがわかつ

た。しかし、調査期間は約 10 年（一部はそれ以上）に及ぶとはいえ、せいぜい 10 回程度の資料では、長期間にわたって累積された問題点の解決方法を明示できないことも多い。マツタケのシロの更新を視野に入れた、自然感染や、感染苗木によるシロの形成を実証するためには、この期間では不十分であった。また、事実上廻見地の反復が許されなかったため他の林分での事例の把握が十分ではなく、本稿の内容だけではその林分での問題解決ができない可能性もある。これらの残された問題は、今後の解決のゆだねられている。本稿は、これらのマツタケ発生林に共通すると思われる基本的な問題点とそのオーソドックスな解決方法を示したものである。本稿が多くのマツタケ発生林でその取り扱いの参考になり、今後解決されるべき事項と合わせて、トドマツ林のためのマツタケ山施業の基盤として役立てば幸いである。

文 献

- 伊藤 武・小川 真 1979 マツタケ菌の増殖法() 林内植生の手入れとマツタケのシロの増加 . 日林誌 61 : 163-173
- 衛藤慎也・田辺紘毅・坂田 勉・川上嘉章・山本忠義・枯木熊人・坂橋正人 1999 甲山試験地における 30 年間のマツタケ発生に関する調査結果 . 広島県林技セ研報 31 : 45-55
- 金行幾太郎 1960 マツタケの増産について . 林業技術 225 : 33
- 川上嘉章 1994 マツタケシロの形成と成長 . 広島県林技セ研報 28 : 49-54
- 川上嘉章・枯木熊人 1989 マツタケ林環境整備施業の効果 - 壮齢林における施業効果 - 広島県林技セ研報 23 : 1-16
- 衣川堅二郎 1963 マツタケ発生に関する生態学的研究 - 生長曲線とその解析 - . 大阪府大紀要 農学・生物学 14 : 27-60
- マツタケ研究懇話会(編) 1983 マツタケ山の作り方 . 163P 創文
- 南出隆司・木村司郎・村田義一 1988 トドマツ林におけるマツタケの発生状況 . 62 年道林研論 182-183
- 南出隆司・村田義一 1990 トドマツ林のマツタケ - 3 年間の発生状況 . 元年道林研論 208-209
- 村田義一・洞平勝男・高橋儀昭・安達 洋 1997 マツタケの発生環境の改善 . 光珠内季報 106 : 1-6
- 村田義一・南出隆司 1989 北海道産マツタケの発生現況 . 北方林業 41 : 293-299
- 村田義一・高橋儀昭 2001 北海道のマツタケの豊凶予測(簡易予測法) . 北方林業 53 : 52-55
- 小川 真 1975 アカマツ林における根菌根 - マツタケ - の微生物生態学的研究(1) マツタケのシロ . 林誌研報 272 : 79-121
- 小川 真 1978 マツタケの生物学 . 326p 築地書館
- 高橋 明 1988 マツタケ発生林への強度施業による影響 . 三重県林技セ研報 5 : 8-13
- 鳥越 茂・塩見晋一 1992 マツタケのシロ形成と環境() - 施業による林内環境の変化とシロ増殖 - . 兵庫県林誌研報 39 : 1-20

Summary

The fruit-body occurrence and the distribution of the shiro of Matsutake mushroom (*Tricholoma matsutake*) were studied in a natural forest of Todo-fir (*Abies sachalinensis*) in north-eastern part of Hokkaido, from 1987 to 2000. The productivity of Matsutake in the forest, and the effects of forest treatments for promotion of the fruit-body occurrence were discussed in this paper.

A large number of shiros, 123 per hectare, was present in the investigation plot, but the

fruit -bodies occurred per one shiro aeraged only 1.5 a year .The poor mycelial growth (8.3 - 11.6 cm/year) of these shiros ,even if healthy ,may cause the poor productivity of Matstake in the this piot .Many unvigorous or old -sged shiros present in this plot also suggested to cause the poor productivity of Matsutake .The crouded tree population ,especially of the deciduous trees ,the thick deposit the raw humus ,the distribution of the shitros of the harmful mycorrhizal fungi , and the uncontinuous depression in level at the base of the standing trees ,were also considered to prevent the growth of the shiros and the fruit -body occurrence of Matsutake .

For promotion of the fruit -body occurrence of Matsutake in this plot ,it was desired to activate the unvigorous shiros ,to regenerate them to newly formed ,productive once .For this purpose ,in 1993 ,the various treatments such as the thinning of the crouded trees ,mainly of the deciduous trees ,the removal of the litter and the humus ,the replacement of the shiro soil of the antagonistic harmful with the fresh ,uninfected virgin soil ,and the soil dressing at the base of the standing trees ,were made in a multi -treated plot ,and the thinning alone in a thinning plot .Both of these plots are called in thie paper as the treated plots .

Effects of these treatments were summarized as follows :(1)The fruit -body occurrence was promoted ,especially in the multi -treated plot ,in which plot the fruit -body production in one shiro incased and averaged 3.5 a year ,and about 51 kg a year per hectare .(2)In the treated plots ,Matsutake fruited in a laeger number of shiros than in the untreated plot ,mostly within 3 years after the treatments .(3)In the multi treated plot ,Matsutake had a thicker stem ,which meanted a larger fruit body ,than in the untreated plot .(4)In the treated plots ,the vigorous fruiting of Matsutake was recorded earlier or a longer time than in the untreated plot .(5)Except for the very unvigorous and mortal shiros ,the suppressed mycelial growth by the antagonistic mycorrhizal fungi or at the base of the standing trees ,recovered within 4 years ,after the replacement with the virgin soil .(6)In the multi treated plot ,one shiro observed in 2000 was probably newly formed .

The treatments described in this paper were not only effective for the fruit body occurrence in the unfructiferous shiros ,but usefull to somewhat vigorous shiros for recovery of the mycelial growth in part and of the productivity of Matsutake .They were ,however ,not so effective for activation of the very unvigorous and mortal shiros .Further observations on the formation of the new shiros ,will make it possible to regenerate the unvigorous or old aged shiros ,to the productive .new ones .

Keywords : Matsutake , natural forest of *Abies sachalinensis* , shiro , productivity Environmental improvement , forest treatment