

ISSN 1345-6520

岐阜県森林科学研究所

研 究 報 告

第 34 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Forest Science Research Institute

岐阜県森林科学研究所

岐阜県美濃市

2005 年 3 月

目 次

論 文

ホンシメジ培地の林地埋設後 5 年間の子実体発生状況	1
	水 谷 和 人

岐阜県の菌床シイタケ栽培施設におけるキノコバエ類の被害	7
	井 戸 好 美 大 橋 章 博

資 料

壮齢スギ，ヒノキ人工林における林分の炭素貯留量	11
	渡 邊 仁 志 茂 木 靖 和

スギ人工林に由来する壮齢のスギ・広葉樹混交林の林分構造と スギ不成績造林地の目標林型としての評価	17
	横 井 秀 一

広葉樹が混交するスギ不成績造林地における広葉樹の種組成	23
	横 井 秀 一

組織培養によるハナノキのクローン増殖 (II) 培養容器と糖濃度の違いによる発根の検討	27
	茂 木 靖 和 坂 井 至 通

シイタケの上面発生時に多発するキノコバエ類の浸水処理による防除	33
	井 戸 好 美 大 橋 章 博

ホンシメジ培地の林地埋設後 5 年間の子実体発生状況*

水谷和人

Fruit body occurrence during 5 years by inoculation of *Lyophyllum shimeji* mycelial culture in *Pinus densiflora* forest

Kazuto MIZUTANI

ホンシメジの発生が確認されていない34年生のアカマツを主体とした林を環境整備区と未整備区に区分けて、ホンシメジの培地をそれぞれ40個と20個埋設した。地上に発生した子実体を5年間にわたり調査した結果、子実体は両試験区とも5年間継続して、環境整備区に29ヶ所、未整備区に20ヶ所発生した。これらの子実体は、そのほとんどが埋設した培地の真上に発生したが、埋設後3～4年目には培地から少し離れた位置に子実体が発生し始めた。これら離れた位置に発生する子実体は特定の場所に観察されたことから、シロを形成している可能性が示唆された。子実体の発生状況は、現時点で環境整備区と未整備区に大差がなかった。

キーワード：ホンシメジ、培地接種、子実体発生、アカマツ林、林地栽培

I はじめに

ホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) はアカマツやコナラ、ウバメガシなどと共生する外生菌根菌(Masui, 1927; 伊藤, 1941; 長谷川・河合, 2000) で、古来から「香りマツタケ、味シメジ」と言われ、我が国に広く分布する代表的な食用菌である。しかし、近年は林地における発生量が減少している。発生量が減少する原因は、マツタケの場合と同様に発生地となる山林の減少や、林内の落葉腐植層が厚く堆積し、土壌が過度に富栄養化したことによるとされている(衣川, 1982)。ホンシメジを人為的な作業により林地で増産させる研究は、マツタケに比較すると遅く、1980年頃から行われるようになった。これまでに行われてきた内容は、林内の樹木の除伐、落葉腐植層の除去、焚き火などの林内環境整備作業や、孢子散布や感染苗木の植栽、培地の埋設などの林地接種である。このうち、培地の埋設では子実体発生事例がいくつか報告されており(井上・荒瀬, 1994; 水谷ら, 1995; 藤田ら, 1998; 阿部・富樫, 1999; 河合, 1999; 大槻・岡田, 2003; 藤堂, 2005)、現時点では増産化を図る上で最も期待できる方法と考えられる。しかし、培地を埋設した後の子実体発生を長期的かつ継続的に観察した事例が極めて少

ないために、その効果が十分に解明されているとは言えない。

子実体発生を確実に、かつ継続させるためには、種々の条件下での埋設、および埋設後の長期間の観察などが必要と考えられる。ここでは、ホンシメジの培地をアカマツが主体の林地に埋設し、その後5年間の子実体発生について調査した結果を報告する。

II 調査地と方法

1. 調査地

対象とした林地は、岐阜県美濃市のホンシメジの発生が確認されていないアカマツを主体とした林で、周辺林内にも発生情報は無い。ここは、1966年秋にアカマツが人工植栽され、植栽後10年目に一度除伐が行われている。アカマツは調査地を設定した2000年時点で34年生で、マツノザイセンチュウ病による枯損が進行しており、林内の上中層木にはコナラやアラカシ、アベマキなどが混交している。この尾根付近の南西斜面(傾斜30度、海拔200m)に20×20mの調査地を設定し(図-1)、さらに調査地内を概ね2m間隔で区画した。調査地内を環境整備区と未整備区に分け、環境整備区では1999年8月～2000年3月に枯損木の整理伐を行い、

*本研究の一部は、日本応用きのこ学会第7回大会(2003年8月)において発表した。

さらに胸高直径1cm程度の下層木を本数割合で10%程度除去した。また、A₀層はアカマツの根を傷つけないように注意しながら完全に除去して調査地外へ搬出した。一方、未整備区はそのままとし、A₀層は厚いところで約10cmに逆している。

2000年3月、別途培養した培地を環境整備区に20ヶ所、未整備区に20ヶ所、同年4月、環境整備区に20ヶ所、合計60ヶ所に埋設した(図-1)。埋設した培地の培地組成は河合(1997)に従い、日向土800g、赤玉土1,000g、米ぬか200g、大麦200g、イーストエキス5g、水2,300mlで、これらを混合してポリプロピレン製の袋に600g詰めた。滅菌条件は120℃、90分間で、滅菌後に当研究所で保有するホンシメジ14菌株(表-1)を接種した。接種後、21℃、60%RH、暗黒条件下で45日間培養した。埋設時の穴の大きさは概ね15×17cmで、穴を掘る際に出てきた根はすべて剪定バサミで切断した。この穴のA層~B層に位置するように培地

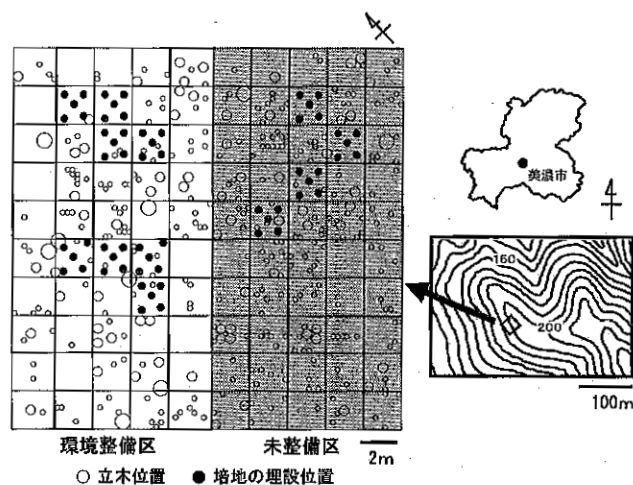


図-1 調査地内の立木位置と培地の埋設位置

表-1 ホンシメジ供試菌株一覧

菌株番号	採取場所	採取年月日
LS9001	岐阜県吉城郡神岡町和佐府	1990. 10. 6
LS9002	岐阜県可児市	1990. 10. 28
LS9101	岐阜県関市	1991. 11. 14
LS9301	岐阜県加茂郡東白川町	1993. 10. 13
LS9405	岐阜県高山市中切町岩たる	1994. 10. 7
LS9409	岐阜県高山市中切町岩たる	1994. 10. 11
LS9410	岐阜県大野郡久々野町有道	1994. 10. 11
LS9413	岐阜県大野郡久々野町有道	1994. 10. 6
LS9414	岐阜県大野郡清見村夏蔵立渡	1994. 10. 12
LS9415	岐阜県大野郡久々野町有道	1994. 10. 13
LS9420	岐阜県大野郡久々野町柳島	1994. 10. 20
LS9601	岐阜県吉城郡国府町宮地	1996. 10. 18
LS9502	市販菌	不明
LS0012	他県からの分譲菌	不明

を1個置き(穴の深さ12~20cm)、赤玉土とイソライトを混合したもので埋め戻して、さらに落葉で被覆した。

2. 調査方法

(1) 培地埋設後の子実体発生調査

調査はホンシメジが発生する時期に概ね1週間に1回程度とし、培地を埋設した後5年間の子実体発生位置および子実体の形態を観察した。発生位置は単生の場合はその位置を、株状に発生した場合はその位置とその構成本数を記録し、単生あるいは株状の場合も1ヶ所とした。なお、これら埋設した培地の掘り取りや、発生した子実体の採取は基本的には行わなかった。林内の手入れは調査地設定以降、環境整備区も未整備区も全く行っていないが、上層木のアカマツは枯損が進行しており、アカマツの本数は減少している。

(2) 埋設培地の掘り取り調査

調査地に隣接した場所に上記の環境整備区と同様の方法で2000年4月に培地を5個埋設し、7ヶ月後に掘り取って埋設した培地の状況を調査した。調査は培地表面および断面の色の観察、および断面の一部をPDA培地に接種して接種後の状況を確認した。

III 結果

1. 埋設培地の掘り取り状況

埋設後7ヶ月経過した時点の培地の状況を図-2に示した。培地は埋設時の姿形がすっかり消失したものの、埋めた時点の形状を維持しているが断面はすべて、あるいは一部が茶色に変色しているもの、培地表面および断面とも白色を呈するものなど様々な状況であった。また、培地内にはアカマツの根が侵入しているものも観察された。断面の白色を呈する部分をPDA培地に接種すると、ホンシメジと思われる菌糸が伸長したのに対して、茶色に変色した部分ではホンシメジと思われる菌糸は伸長せず、雑菌の繁殖が激しかった。

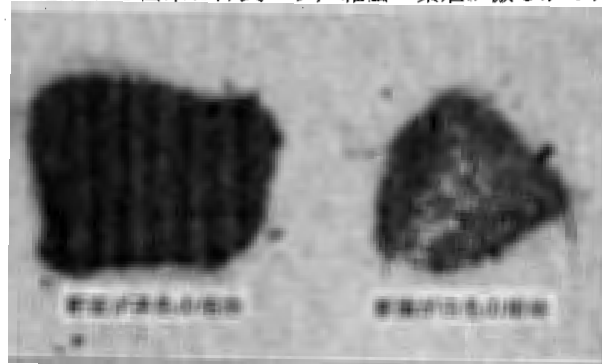


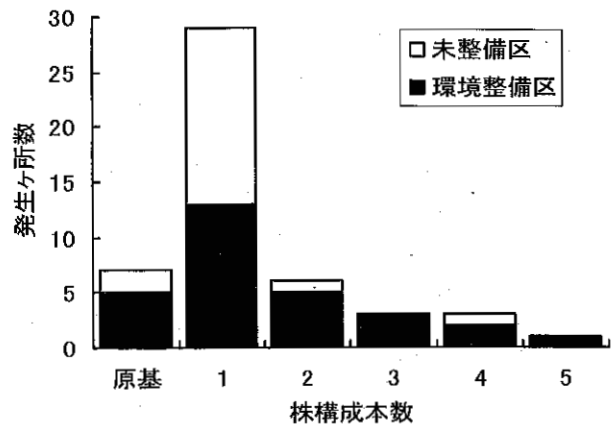
図-2 埋設後7ヶ月経過した培地断面の状況
2000年春に埋設した培地を同年11月に掘り取り、矢印はアカマツの根



図一 3 発生したホンシメジ

2. 発生した子実体の株構成本数

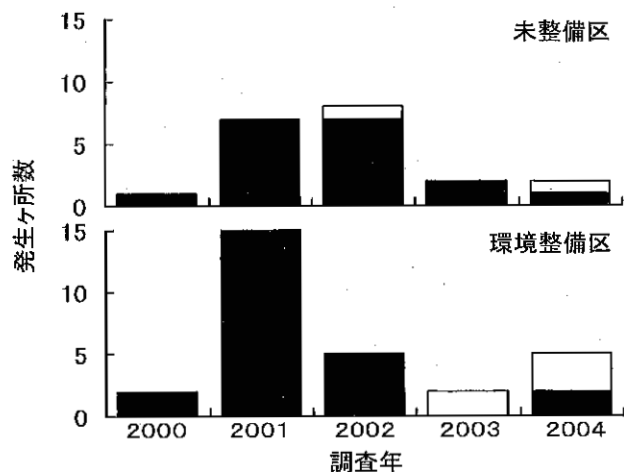
調査地内に発生した子実体、およびその株構成本数を図一 3、4 に示した。5年間に発生した原基および子実体は合計49ヶ所であった。このうち、原基は形成したが子実体まで成長しなかったものは7ヶ所、残り42ヶ所は子実体まで成長した。これら発生した子実体は単生がほとんどで、株状になるものは29%に過ぎなかった。株の構成本数は5本が最高で、多数が株状になって発生する野生のものに比較すると、その本数は少なく、大きさも非常に小さかった。特に、未整備区に発生した子実体は環境整備区に比較して単生の割合が高く、そのほとんどを占めた。



図一 4 発生したホンシメジの株構成本数
 培地は環境整備区に40ヶ所、未整備区に20ヶ所埋設

3. 子実体発生数の経過

ホンシメジの発生経過を図一 5 に示した。子実体の発生は環境整備区および未整備区とも埋設当年の秋から毎年発生し、それぞれの発生数は29ヶ所と20ヶ所であった。発生数は環境整備区では埋設翌年の15ヶ所をピークに、以後5ヶ所以下で推移した。また、未整備区では埋設翌年および3年目に多く、その他の年は1~2ヶ所であった。これら子実体のほとんどは埋設した培地の真上に発生し、環境整備区で82.8%、未整備区で90.0%を占めた。一方、埋設後3年目の2002年に未整備区で初めて埋設した培地から離れた地点に発生した。埋設培地から離れて発生した子実体は、環境整備区で4年目に2ヶ所、5年目に3ヶ所で合計5ヶ所、未整備区で3年目と5年目に各1ヶ所であった。



図一 5 ホンシメジの発生経過
 培地は環境整備区に40ヶ所、未整備区に20ヶ所埋設
 ■埋設培地の真上に発生 □埋設培地から離れた地点に発生

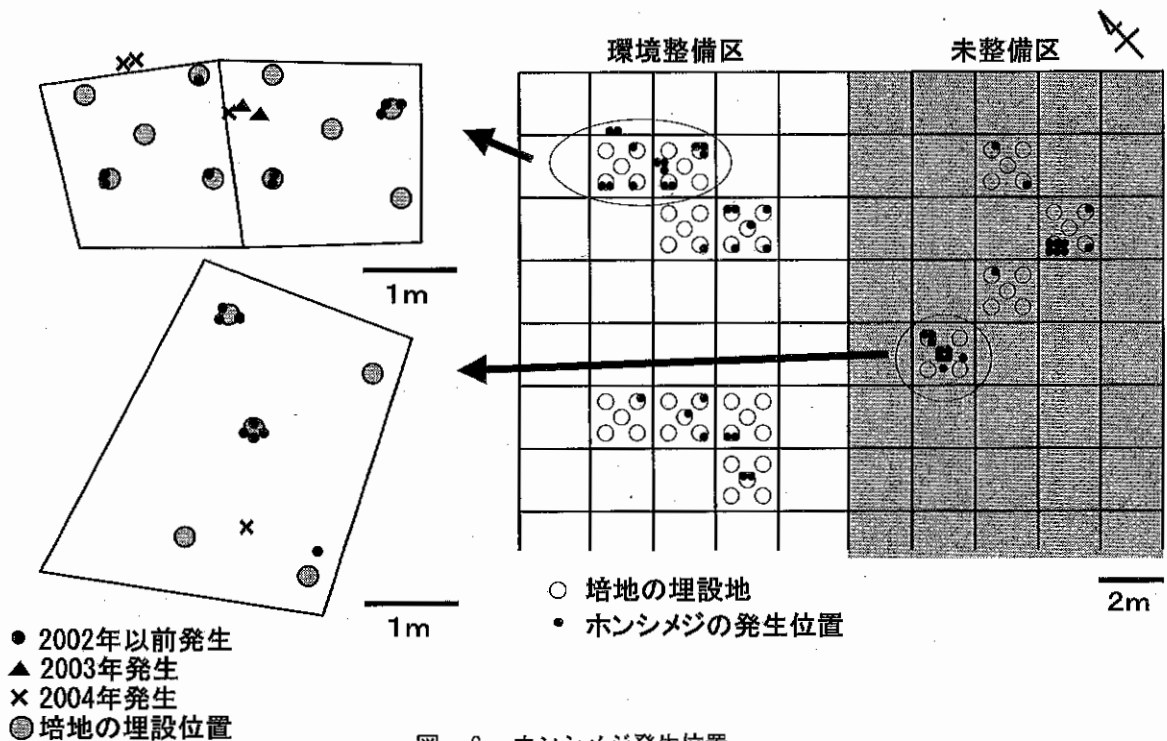


図-6 ホンシメジ発生位置

4. 子実体の発生位置

ホンシメジの発生位置を図-6に示した。子実体は環境整備区および未整備区ともに広く分散して発生した。これらの子実体のほとんどは埋設培地の真上に発生しており、真上に子実体（原基も含む）が発生した培地数は、環境整備区40個の培地のうち17個、未整備区が20個中8個で、ともに約4割であった。これらは1年限りの発生がほとんどで、真上に2年連続で発生した培地は環境整備区が2個、未整備区が3個で、3年連続の発生はなかった。なお、培地上に埋設後5年目で初めて発生する場合が環境整備区に2事例、未整備区に1事例あった。一方、埋設培地から離れて発生した子実体は、環境整備区では試験区の上部に位置する2区画内に集中した。また、未整備区でも試験区中央の1区画内のみで、これらの子実体は特定の場所に観察された。2002年に発生した子実体は、培地からの距離が約20cm、2003年および2004年が50~70cmに位置していた。

5. 子実体の発生時期

発生時期は年による変動が大きかった（図-7）。最も早く発生したのは2001年10月26日で、最も遅いののが2004年の12月10日と、最大45日の違いがあった。2003年および2004年には環境整備区で12月に発生があり、これらの年に限っては未整備区に比較して遅くまで発生した。その他の年は試験区による違いは見られなかった。

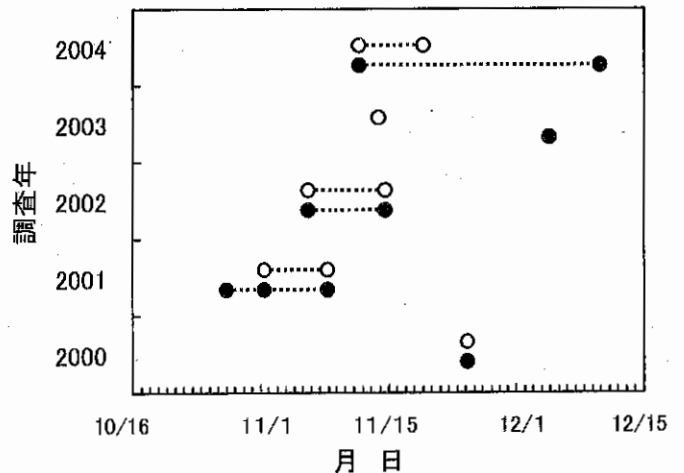


図-7 ホンシメジの発生時期
●環境整備区 ○未整備区

IV 考察

藤田 (1987) は、林内の除伐や落葉腐植層の除去などの環境整備作業、たき火や粉炭・木炭の施用、環境整備を行った場所に感染苗木を植栽することにより、新たにホンシメジが発生したことを報告している。一方、環境整備をした林地に培地を埋設する方法は、これらに比較すると発生事例が多く、かつ発生も2年目以内の事例が多いことから（水谷ら, 1995; 阿部・富樫, 1999; 河合, 1999; 大槻・岡田, 2003, 藤堂, 2004), 現時点では確実性が高い。本調査はホンシメ

ジの発生が確認されていないアカマツを主体とした林に、培地を単独で環境整備区に40個、未整備区に20個接種した結果である。調査地内には埋設当年から5年連続で、環境整備区に29ヶ所、未整備区に20ヶ所、合計49ヶ所に子実体（原基も含む）が発生した。藤田ら（1998）および河合（1997）は、同様の調査で初期に発生した原基あるいは子実体が埋設した培地由来であることを確認している。今回、発生した子実体の起源は明らかではない。しかし、発生した子実体の87.5%は埋設した培地のほぼ真上に位置していることから、これらの子実体は、埋設した培地が起源である可能性が高いと考えられる。なお、ホンシメジは系統によって麦を主体とした培地を使用することにより、宿主植物のない純粋培養下で成熟した子実体を形成する（Ohta, 1994）。今回、林地に埋設した菌株の一部は麦を主体とした50gの小さな培地でも子実体を形成する（水谷, 1996）。その培地組成と今回の埋設培地の組成は異なるが、真上に発生した初期の子実体は埋設した培地内の栄養のみで発生している可能性もある。

自然発生地では、子実体の下には菌糸が土壌中の深さ15cm程度まで生息し、シロを形成する（藤田, 1987）。このことは、林内の発生量が増加するためには、埋設した培地が接種源となり地中に菌糸が広がる必要があり、その広がりには子実体の発生位置で、ある程度推察が可能である。本調査地では、子実体は培地から離れた地点に埋設後3～4年目に発生し始め、その後も数は少ないが発生している。これらの位置は環境整備区、未整備区とも特定の区域に集中していることから、菌糸が地中に広がりシロを形成している可能性が高い。しかし、本調査地では、自然発生地に見られるような規則的な移動によって次年度の発生位置が推定できる状況には至っておらず、マツタケで示されているシロ拡大期（小川, 1975）の初期段階にあると考えられる。

未整備区に発生した子実体は、環境整備区に比較して単生の割合が高かった。しかし、環境整備区と未整備区では、子実体発生数や発生経過（図-5）、子実体の発生位置や真上に子実体が発生した培地の割合（図-6）などについて大きな違いがない。また、発生時期（図-7）も大差なく、現時点では試験区による違いはほとんどない。未整備区でホンシメジが増産できれば、除伐や落葉腐植層の除去作業を行わなくて済み、非常に省力化が可能である。しかし、環境整備の効果を現時点で判断するのは、シロ拡大期の初期段階にあると考えると非常に危険で、引き続き発生位置の条件を精査するとともに発生経過を観察する必要がある。

林地の環境整備作業や培地の埋設は大変な労力を必要とする作業である。これまでに発生した子実体は環境整備区および未整備区とも小さく、現時点では作業に見合った発生量があるとは言えない。また、今後も継続して発生し続け、発生量の増加が見込めるかどうか現時点では断言できない。しかし、子実体は培地から離れた位置に発生し始めており、発生量の増加が期待される。今後は、発生した子実体の起源、地中の菌糸の広がり状況や菌根形成の有無などについて調査を行うとともに、子実体を発生しやすい菌株の選抜やそれらの埋設も並行して実施する予定である。ホンシメジはマツタケに比較して宿主範囲が広いことから、マツタケ山づくりの施業が行えないような松枯れ地域や高齢のアカマツ林にミズナラやコナラなどが侵入した林地などでも増産が期待でき、農林家に普及しやすい作目であり今後の成果が期待される。

引用文献

- 阿部実・富樫均(1999)菌根性食用きのこ類の林地増殖技術の開発試験. 秋田県林技セ研報6: 76-89.
- 藤田博美(1987)ホンシメジの林地栽培の可能性と今後の課題. 林業技術547: 16-19.
- 藤田徹・中村善剛・上家祐(1998)ホンシメジ林地栽培試験(I)ー子実体形成試験ー. 森林応用研究7: 101-104.
- 長谷川美奈・河合昌孝(2000)ホンシメジ(*Lyophyllum shimeji*)ーウバメガシ(*Quercus phillyraeoides*)菌根の形成確認. 奈良県森技セ研報30: 21-26.
- 井上祐一・荒瀬和男(1994)菌根菌の人工接種技術の開発. 山口林指セ平成4年度業報: 83-97.
- 伊藤一雄(1941)シメジに関する研究第2報ー本菌と木本性植物との菌根関係(1)ー. 日林誌23: 124-132.
- 河合昌孝(1997)ホンシメジ培養菌糸体のアカマツ林地埋設によるシロおよび菌根形成. 奈良林試研報27: 8-12.
- 河合昌孝(1999)ホンシメジ培養菌糸体の林地埋設による人工感染と子実体の発生. 奈良林試研報29: 1-7.
- 衣川堅二郎(1982)ホンシメジ. (キノコの事典, 中村克哉編, 492pp, 朝倉書店, 東京), 200-204.
- Masui, K. (1927) A study of the ectotrophic mycorrhizas of woody plant. Memo. coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Series B. Vol. III, No. 2: 149-279.
- 水谷和人・宇次原清吉・竹ノ内貞夫(1995)ホンシメジ等の林内栽培技術の開発試験. 岐阜県寒林試平成6年度業報: 29-30.

- 水谷和人・宇次原清吉・竹ノ内貞夫（1996）ホンシメジ等の林内栽培技術の開発試験．岐阜県寒林試平成7年度業報：24-25.
- 小川真（1975）アカマツ林における菌根菌，マツタケの微生物生態学的研究Ⅰ－マツタケのシロー．林試研報272：79-121.
- Ohta, A. (1994) Production of fruit-bodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture. *Mycoscience*35：147-151.
- 大槻国彦・岡田和久（2003）紀州産きのこ活用研究－ホンシメジの林地栽培試験－．和歌山県林試業報61：27-28.
- 藤堂千景（2005）ホンシメジが二年で発生！接種源と発根処理を組み合わせ．現代農業699：236-239.

岐阜県の菌床シイタケ栽培施設におけるキノコバエ類の被害*

井戸好美・大橋章博

The damage by fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in the *Leutinus edodes* cultivating houses in Gifu prefecture

Yoshimi IDO, Akihiro OHASHI

岐阜県の菌床シイタケ栽培施設で発生しているキノコバエの被害状況を明らかにするため、県内の菌床シイタケ生産者を対象にアンケート調査を行った。その結果、キノコバエの被害は、有効回答の4割の栽培施設で確認された。被害状況は、キノコバエ成虫が包装パック内に混入することが大半を占めた。栽培管理方法とキノコバエ被害との関係では、発生方式については上面発生（菌床上面からのみ発生）が全面発生（菌床全面から発生）より被害の割合が高く、給水方法に関しては、散水や注水が浸水より被害の割合が高かった。キノコバエ被害の原因は、上面発生の増加により、給水方法が浸水から散水や注水に変更されたことにあると考えられた。また、菌床シイタケ栽培施設内のキノコバエの捕獲個体数と季節変動を調査したところ、上面発生施設と全面発生施設では大きな差がみられた。上面発生施設の防除対策は、シイタケ発生直後から行う必要がある。

キーワード：キノコバエ，菌床シイタケ，アンケート調査

I はじめに

岐阜県で生産されている菌床シイタケは、「やまっこ」ブランドとして県内外から高い評価を得ており、昭和63年頃から県北部を中心に農閑期作物として導入され、ハウス等で簡易に栽培できることから順調に生産量を伸ばしてきた。ところが近年、この栽培施設にクロバネキノコバエ類（以下、キノコバエ）が発生し、被害が大きくなっている。

キノコバエの幼虫は、菌糸や培地を食害してキノコの発生量に影響を及ぼす（後藤ら，1995）。また、成虫は菌床に発生した病原菌を伝染させるだけでなく、出荷時に包装パック内に混入して商品価値の低下を招くなど問題となっている。岐阜県の菌床シイタケ栽培施設では、平成4年頃から生産者によってキノコバエの発生が確認されている。しかし、被害が大きな問題になることはなかった。それではなぜ、近年被害が増えたのか。この原因を明らかにすれば、キノコバエ被害を減らす手掛かりが得られると考えた。

そこで本報告では、キノコバエの被害実態を調査し、被害増加の原因について検討した。

II 試験方法

1. キノコバエの被害実態調査

岐阜県の菌床シイタケ栽培施設で発生しているキノコバエの被害実態を把握するため、アンケート調査を実施した。アンケートは、県内の菌床シイタケ生産者を対象に聞き取りや郵送による方法で行った。調査期間は、2002年4月26日～5月31日の約1ヶ月間とした。

調査項目は、キノコバエ被害と栽培管理方法や栽培環境との関係を明らかにするため、栽培管理方法、キノコバエ被害の有無、発生時期、廃菌床の処理方法などとした。

アンケートの回答は、アンケート対象者235人のうち116人からあり、記入漏れなどを除いた113人（48.1%）を有効回答とした。

2. キノコバエの捕獲個体数の季節変動

菌床シイタケ栽培施設において、キノコバエの捕獲個体数の季節変動を把握するため、栽培施設内に粘着版を設置し、経時的にキノコバエの捕獲数を調査した。

調査地の概要を表-1に示す。調査は、2002年と2003年に行った。2002年は、吉城郡国府町（現高山市

*本研究の一部は、日本応用きのこ学会第7回大会において発表した。

表-1 調査地の概要

調査地	調査年	所在地	発生方式	給水方法	使用菌株	栽培面積
上面1	2002	吉城郡国府町 ¹⁾	上面発生	散水	603号	180m ²
全面1	2002	吉城郡古川町 ²⁾	全面発生	浸水	603号	100
上面2	2003	吉城郡古川町	上面発生	散水	603号	180
上面3	2003	吉城郡古川町	上面発生	散水	607号	180
全面2	2003	吉城郡古川町	全面発生	浸水	603と607号	180

1): 現高山市国府町, 2): 現飛騨市古川町

粘着版設置日: 2002.8.1, 2003.7.31

国府町)の菌床上面からのみシイタケを発生(以下, 上面発生)させる方式の施設(以下, 上面1)と吉城郡古川町(現飛騨市古川町)の菌床全面からシイタケを発生(以下, 全面発生)させる方式の施設(以下, 全面1)で行い, 2003年は, 吉城郡古川町(現飛騨市古川町)の上面発生方式の2施設(前年とは別の施設, 同一生産者の隣接する施設, 以下, 上面2, 上面3)と全面発生方式の施設(前年とは別の施設, 以下, 全面2)で行った。

調査に使用した粘着版は, 黄色ホリバー(アリスライフサイエンス社)で2002年8月1日と2003年7月31日に各施設の手前, 中央, 奥に天井から1基ずつ計3基吊り下げて設置し, その後約10日間隔で新しいものと交換した。調査期間は, 粘着版設置日からシイタケの発生が終了する翌年の4月中旬までとした。しかし, 全面2はシイタケの発生が3月下旬に終了したため, そこまでとした。捕獲数は, 粘着版の表裏にはじめから印された10×20cm(200cm²)の方眼内に付着したキノコバエの数を計数した。

Ⅲ 結果と考察

1. キノコバエの被害実態

アンケート調査によるキノコバエの発生と被害の状況を図-1に示す。キノコバエの発生は, 有効回答の9割(100戸)でみられ, 被害は, 約4割(43戸)で確認された。被害状況は, キノコバエ成虫が包装パック内に混入することが大部分を占めた。また, 生産者からは, キノコバエの混入を防ぐため, パック作業にかなりの時間を費やしているという意見が多かった。

図-2は, キノコバエの発生時期を示す。発生時期は, 4月(58戸)が最も多く, 次いで3月(46戸), 5月(24戸)と春に多いことがわかった。これは, 春になると気温が上昇するため, キノコバエの発育が活発となり, 卵から成虫になる生育サイクルも短くなる

表-2 栽培管理方法別のキノコバエ被害

栽培管理方法	調査数 (戸)	被害あり (%)	被害なし (%)
発生方式 全面発生	87	27.6	72.4
上面発生	23	78.3	21.7
全面+上面1)	3	33.4	66.6
給水方法 散水・注水	75	45.3	54.7
浸水	35	22.9	77.1
散水+浸水2)	3	33.4	66.6

1)全面発生と上面発生を両方行っている

2)散水と浸水を両方行っている

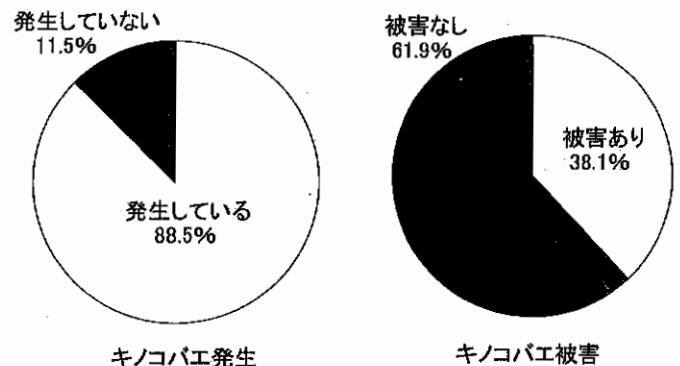


図-1 キノコバエの発生と被害状況

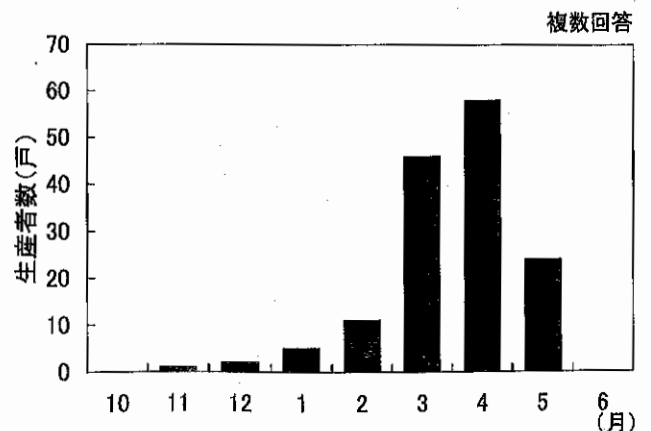


図-2 キノコバエの発生時期

ことから、発生個体数が多くなるためであると考えられる。また、この時期の菌床は、シイタケの発生が終わりに近づき、雑菌の発生も多くなることから菌床の腐敗が進み、それがキノコバエの餌になることも発生個体数が多くなる一要因と考えられる。キノコバエの発生を防ぐにはシイタケの発生が終了した菌床は、早急に廃棄することが重要である。

栽培管理方法別のキノコバエ被害を表-2に示す。発生方式では、全面発生で被害ありが27.6%であるのに対し、上面発生では78.3%と被害の割合が非常に高かった。全面発生と上面発生では、被害の有無に有意な差がみられた(カイ2乗検定, $p < 0.01$)。また、給水方法では、浸水で被害ありが22.9%と低いのに対し、散水や注水では45.3%と被害の割合が高かった。散水や注水と浸水では、被害の有無に有意な差がみられた(カイ2乗検定, $p < 0.05$)。

石谷ら(1995)は、菌床は浸水することにより、キノコバエ幼虫が脱落して菌床表層内の幼虫数は著しく減少するが、散水して子実体を発生させる方式の場合は、幼虫の脱落がなく、被害が発生する可能性があるとして報告している。上面発生は、給水方法が散水であるため、被害が多くなることが示唆された。

表-3は、廃菌床の処理方法別のキノコバエ被害を

表-3 廃菌床処理別のキノコバエ被害

処理方法	被害あり (%)	被害なし (%)
雑菌発生後 すぐ廃棄	31.4	68.6
キノコ収穫 後廃棄	41.4	58.6

質問:雑菌が発生した菌床はどのように処理していますか

示す。雑菌の発生した菌床をすぐ廃棄する生産者は、被害なしの割合が68.6%と高かった。雑菌の発生した菌床は、雑菌を広める原因となるだけでなく、菌床の腐敗が進み、それがキノコバエの餌になることから、廃菌床はいつまでも放置せず、早急に廃棄することが重要である。

以上のアンケート調査の結果から、キノコバエの被害増加の原因は、上面発生が増加により、給水方法が浸水から散水や注水に変更されたことにあると考えられた。

2. キノコバエの捕獲個体数の季節変動

キノコバエの捕獲個体数の推移を図-3と図-4に示す。2002~2003年の調査では、上面1は発生操作のために袋の上部をカットした8月中旬からキノコバエの発生がみられ、9月上旬に捕獲個体数は400cm²(粘着版の裏表に印された10×20cmの方眼内の面積)当たり1,000頭に達した。その後捕獲個体数は、短い周期で増減を繰り返し、2月下旬をピークに減少した。この減少は、生産者がキノコバエの発生を抑制するため、3月上旬に施設内の暖房を停止したことやシイタケの発生が終了した菌床から順に廃棄して4月上旬には栽培を終了したためと考えられる。

一方、全面1では捕獲個体数の増加は9月下旬からみられるが、その増加量は上面1に比べると非常に小さかった。しかし、2月下旬以降捕獲個体数は急増し、4月上旬には400cm²当たり1,270頭に達した。この急激な増加は、施設内の暖房を4月上旬まで運転し続けたことにより、施設内温度が15℃程度に保たれ、気温の上昇に伴いキノコバエの生育サイクルが短くなることで個体数が増えることや3月中旬~下旬はシイタケの発生が終わりに近づき、発生の終了した菌床や雑菌の発生した菌床が多くみられたが廃棄されず、栽培棚に

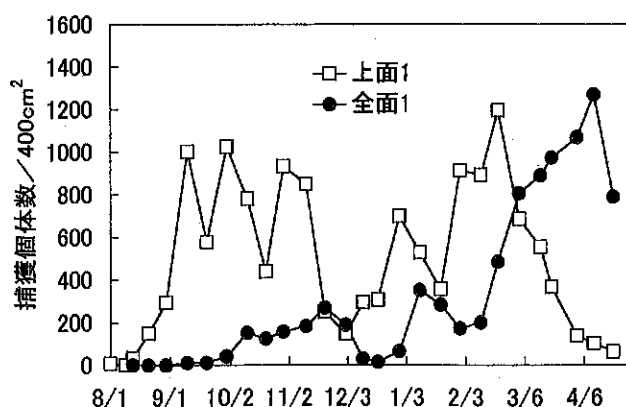


図-3 キノコバエ捕獲個体数の推移(2002~2003年)

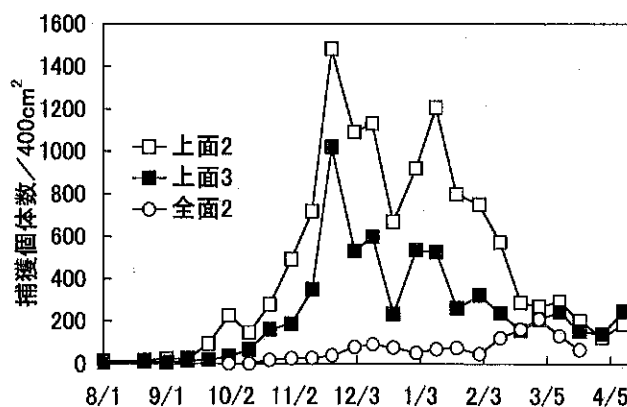


図-4 キノコバエ捕獲個体数の推移(2003~2004年)

残っていたことが原因と考えられる。

2003～2004年の調査では、上面2はシイタケが発生する10月上旬から捕獲個体数が増加し始め、11月下旬には400cm²当たり1,500頭に達した。その後捕獲個体数は減少し、12月下旬頃から増加し始めるが、1月中旬をピークに減少した。上面3では、捕獲個体数は10月下旬から増加し始め、上面2に比べて20日ほど遅かった。これは、上面3の使用菌株607号菌が上面2の使用菌株603号菌よりもシイタケの発生開始時期が遅いためと考えられる。その後の発生経過は、上面2とほぼ同じであった。

一方、全面2では捕獲個体数は少なく、全面1でみられた急激な増加はみられなかった。これは、生産者が3月上旬から発生の終了した菌床を順に廃棄し始め、3月下旬には栽培を終了したためと考えられる。

このように、上面発生施設と全面発生施設では、キノコバエの捕獲個体数および発生経過に大きな差がみられた。アンケート調査の結果では、キノコバエの発生期間は3月～5月が多かった。しかし、上面発生施設では、9月～10月のシイタケの発生初期からキノコバエの捕獲個体数が多かった。この原因として、上面発生施設では菌床が常に水に浸っていることや菌床側面および底面が袋で覆われているため、常に高い湿度が保たれていることなど、キノコバエの生育に好適な条件が揃っていることが考えられる。

一方、全面発生施設では、上面発生施設でみられた9月～12月のキノコバエの大量発生はみられなかった。全面発生施設は、給水方法として浸水が行われ、浸水後の水の中に多くのキノコバエの幼虫が確認された。これは、菌床を浸水するとキノコバエ幼虫が脱落し、菌床表層内の幼虫数は減少するという報告（石谷ら、1995）と一致していた。全面発生施設でキノコバエの捕獲個体数が少なかったのは、浸水により、菌床表面および側面のキノコバエ幼虫が洗い流されたためと考えられる。しかし、全面発生施設では、2月以降捕獲個体数が増加する傾向がみられたが、全面2のように生産者が防除対策を行えば、キノコバエの発生を抑えることができた。

以上のことから、上面発生施設での防除対策は、シイタケ発生直後から行う必要がある。また、2月以降のキノコバエの発生を減少させるには、シイタケの発生が終了した菌床から順に早めに廃棄し、4月上旬には栽培を終了することが有効である。

謝辞

本研究を進めるに当たり、粘着版の設置及び交換では、吉城きのこ生産出荷組合の方々に協力して頂き、アンケート調査では、各農林商工事務所の林業改良指導員の方々に協力して頂いた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 後藤忠男・伊藤雅道（1995）きのこ菌床栽培の病原菌と害虫。農林水産技術会議事務局・森林総合研究所：41-54.
- 石谷栄次・伊藤雅道・大河内勇（1995）菌床シイタケ生産施設におけるツクリタケクロバネキノコバエ（*Lycoriella mali*）の被害（Ⅰ）－菌床表面での成虫・幼虫の徘徊と子実体の被害－。日林関東支論46：137-138.

資料

壮齢スギ, ヒノキ人工林における林分の炭素貯留量*

渡邊仁志・茂木靖和

キーワード: 針葉樹人工林, スギ, ヒノキ, アカマツ, 現存量, 炭素貯留量

I はじめに

地球温暖化防止のため, 先進国における二酸化炭素など温室効果ガスの排出削減の数値目標を定めた「京都議定書」が, 2005年2月に発効した。これを受けて, 日本では対1990年比マイナス6%の温室効果ガス排出削減目標が定められ, このうちの約2/3を森林の二酸化炭素吸収量で賄うことが認められた。このように, 森林のもつ炭素固定能力への期待がますます高まり, その能力の科学的な評価が求められている。

森林の現存量や炭素貯留量は, 樹種あるいは林齢, 施業方法, 立地条件などによって大きく異なる。国内森林の炭素固定能力を高い精度で推定するため, 様々な種類の森林におけるデータ集積が必要とされている。

岐阜県下呂市にある下呂実験林の適地適木実験林では, 同一斜面上にスギ, ヒノキ, アカマツが植栽され, その施業方法や成長過程が記録されている。この実験林における炭素貯留量が明らかになれば, 同一立地条件下に植栽された針葉樹人工林の炭素貯留量を比較したり, 炭素動態を検討するための有効な資料になると考えた。

この実験林のアカマツ植栽試験地では, 渡邊ら(2004)によって, 植栽試験地全体の現存量と炭素貯留量が推定されている。そこで, これに続き, スギ植栽試験地およびヒノキ植栽試験地を調査し, 現存量と炭素貯留量を推定した。

II 調査地と調査方法

1. 調査地の概要

調査は, 岐阜県下呂市小川の下呂財産区有林内にある下呂実験林の適地適木実験林で行った。適地適木実験林は北向き平衡斜面の下部に位置し, 平均傾斜は39

度, 標高は約450mである。地質は濃飛流紋岩類(溶結凝灰岩), 土壌型はB_D型である(渡邊ら, 2002)。最寄りの宮地地域気象観測所(標高420m)の観測値の平均値(1979~2000年)は, 平均気温11.8℃, 年降水量2410mmである(気象庁Webサイト(<http://www.jma.go.jp/>))。

調査地は, この実験林のスギ植栽試験地(370㎡), およびヒノキ植栽試験地(372㎡)とした。同一斜面上に, 斜面に向かって左側から順にスギ植栽試験地, ヒノキ植栽試験地, およびアカマツ植栽試験地があり, それぞれが隣接している。また, すべての植栽試験地で, ほぼ同様の施業が行われている。

植栽試験地の前生林分はヒノキ人工林で, 適地適木実験林の設定前に皆伐された。スギ, ヒノキは1965年4月に植栽され, その時の植栽密度はそれぞれ4100本/ha, 3700本/haであった。植栽の翌年に1回と翌々年に2回の下刈りが行われ, その後, 1972年, 1973年, 1978年に枝打ち, 1981年, 1987年, 2002年11月に間伐が実施された。植栽木の炭素貯留量を推定した時点は2002年秋(間伐前)で, このときのスギ, ヒノキの林齢は37年である。

2. 調査方法

(1) 毎木調査

2003年5月に, 植栽試験地内の全立木の胸高直径, 樹高, 枝下高を測定した。また, 2002年11月の間伐により林内に放置されていた切り捨て間伐木の胸高直径を測定した。全立木の胸高直径と樹高の関係をネズルト式で近似して樹高推定式を作成し, 間伐木の樹高を推定した。

(2) 土壌断面調査と土壌試料の採取

2000年6月に, スギ植栽試験地, ヒノキ植栽試験地

* 本報告の一部は第50回日本林学会中部支部大会, 第113回日本林学会大会, 第36回林業技術シンポジウム, 第116回日本森林学会大会において発表した。

のそれぞれ2地点ずつで土壌断面調査を行い、深さ70 cmまでの土壌層位を区分した。各土壌層位ごとに土壌円筒試料(100cc)を2点と炭素含有率分析用の試料を約500g採取した。土壌円筒試料からは細土容積重を計算した。炭素含有率分析用の試料から石礫、有機物をより分け、細土のみを風乾した。

(3) 現存量調査

現存量の推定のための試料採取は、堆積有機物(A₀層)、粗大有機物(間伐によって発生した切り捨て木あるいは切り株; 2002年11月の間伐により試験地内に残置された間伐木は含まない)、下層植生、植栽木(地下にある根を除く)に分けて行った。

堆積有機物の採取は2000年6月、土壌断面調査を行った地点に0.25㎡方形枠を設けて行った。試料はL層、F層、H層に分けて採取し、全量を持ち帰った。下層植生の採取は、2000年8月に、スギ植栽試験地、ヒノキ植栽試験地それぞれの中央に100㎡の方形枠を1ヶ所設けて行った。枠内に生育する植栽木以外の植物をすべて掘り取り、木本と草本、地上部と地下部に区分して全量を持ち帰った。持ち帰った堆積有機物、および下層植生試料を80℃、48時間で乾燥させ、乾燥重量を測定した。

粗大有機物の採取は、2000年11月に実施した。下層植生を採取したのと同じ方形枠内に存在する切り捨て木の末口直径、元口直径、長さ、切り株の切り口直径、地際直径、高さを計測し、スマリアン式(梢端の場合は円錐の求積式)から生材容積を計算した。各植栽試験地で10個の粗大有機物から一部分を切り取って持ち帰り、生材容積および乾燥重量(80℃、48時間)を測定した。乾燥試料の容積密度と、算出した粗大有機物の生材容積から、方形枠内に存在する粗大有機物全体の乾燥重量を推定した。

スギは2004年5月、ヒノキは2002年11月に、胸高直径階分布をもとに大きさが偏らないように試料木(スギ5本、ヒノキ6本)を選び伐採した。伐採した試料木は、1 mごとの層別刈り取り法により幹、枝葉に区分した。このうち幹については現地で生重量を測定し、1 mごとに円板を持ち帰った。枝葉はすべて持ち帰り、緑色部分を葉とみなして、生きた枝、葉、および枯れた枝と葉(以下、枯れ枝葉)に分別し、それぞれ全量を秤量した。各層の円板と各層に属する枝、葉、枯れ枝葉試料からそれぞれ一部をとりだして、乾燥重量(80℃、48時間)を測定した。

試料木の地上部全体、各器官および枯れ枝葉の乾燥重量(W : kg)と $DBH^2 H$ (胸高直径の2乗×樹高: $cm^2 \cdot m$)の関係を単純相対成長式(式(1))で近似した。

$$W = a (DBH^2 H)^b \quad (1)$$

この式に毎木調査から算出した各個体の $DBH^2 H$ を代入し、植栽試験地内にある全個体の器官ごとの乾燥重量を算出した。また、根の乾燥重量は、既存文献(原田ら, 1969)を参考に、幹の乾燥重量の30%とした。

(4) 炭素含有率の分析・炭素貯留量の推定

堆積有機物、粗大有機物、下層植生の乾燥重量測定後の試料と、風乾状態の鉍質土壌の試料のおのおのから各3点、および植栽木の乾燥重量測定後の試料のおのおのから各1点をミルで粉碎し、炭素含有率(以下、炭素率、%)の分析に供した。炭素率の分析はCNコーダー(ヤナコ社製MT-700)により行った。得られた炭素率の分析値と供試試料の含水率から、試料の乾燥状態での炭素率を求め、部分ごとの平均値をその部分の炭素率とした。植栽木の根の炭素率は幹の炭素率と同じとした。

堆積有機物、粗大有機物、下層植生、植栽木は、先に求めた現存量とここで得られた炭素率から炭素量を算出した。鉍質土壌は、土壌層位の平均層厚、細土容積重とここで得られた炭素率から土壌深70 cmまでの炭素量を算出した。

III 結 果

1. 林分概況

調査地の林分概況を表-1に示す。平均樹高を地位別樹高成長曲線(岐阜県林政部, 1992a, 1992b)と比較して地位級を推定すると、植栽試験地は、スギ、ヒノキとも地位級1の立地に相当していた。林分密度管理図(岐阜県林政部, 1992a, 1992b)によると、収量比数は、ヒノキ植栽試験地では0.9であり、スギ植栽試験地では1.0を越えていた。

2. 各部分の現存量、炭素率および炭素量

土壌断面調査の結果、深さ70 cmまでの鉍質土壌はA₁層、A₂層、B層に区分された。鉍質土壌の平均層厚および層位別の細土容積重、炭素率、炭素量を表-2に示す。ヒノキ植栽試験地のA₁層の厚さは、スギ植栽試験地のそれと比べると薄かった。細土容積重については、樹種による違いは小さく、下の層位ほど大きかった。また炭素率は1.0~6.6%で、下の層位ほど小さかった。深さ70 cmまでの鉍質土壌中の炭素量は、スギ植栽試験地で111.6 tC/ha、ヒノキ植栽試験地で106.0 tC/haと推定された。

堆積有機物と粗大有機物の現存量、炭素率および炭

表-1 調査地の林分概況

調査地	林齢* (年)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高** (m)	平均枝下高*** (m)	立木密度 (本/ha)	材積 (m ³ /ha)
スギ	37	22.4	21.8	15.9	2180	1093
ヒノキ	37	17.8	17.6	11.7	2050	499

*: 2002年現在

**: 間伐木の樹高は残存木の胸高直径と樹高の関係をネズレント式にあてはめて推定

***: 残存木のみ数値

表-2 鉾質土壌(深さ70cmまで)の炭素量

層位	スギ				ヒノキ			
	平均層厚* (cm)	細土容積重 (kg/m ³)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)	平均層厚* (cm)	細土容積重 (kg/m ³)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)
A ₁	22.5	694.8	3.76	58.8	9.5	583.8	6.60	36.6
A ₂	22.5	735.3	1.83	30.2	31.0	885.5	1.60	43.9
B	25.0	865.7	1.04	22.5	29.5	901.5	0.96	25.5
計	70.0			111.6	70.0			106.0

*: 2地点の断面の平均値

表-3 堆積有機物および粗大有機物の現存量・炭素量

部分	層位	スギ			ヒノキ		
		現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)	現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)
堆積有機物	L層	10.7	49.31	5.2	4.9	45.19	2.2
	F層*	9.1	32.88	3.0	4.6	18.96	0.9
	H層	5.4	16.78	0.8			
	計	25.2		9.1	9.5		3.1
粗大有機物		17.8	51.78	9.1	7.8	51.78	4.0

*: ヒノキの堆積有機物F層は、F層およびH層の合計

素量を表-3に示した。堆積有機物の現存量は、スギ植栽試験地では25.2t/ha、ヒノキ植栽試験地では9.5t/haであった。炭素率は、16.8~49.3%の値をとり、分解が進んだ下層ほど小さくなった。炭素量はスギ植栽試験地で9.1tC/ha、ヒノキ植栽試験地で3.1tC/haであった。また、粗大有機物の炭素量は、スギ植栽試験地では9.1tC/ha、ヒノキ植栽試験地では4.0tC/haであった。

表-4には、下層植生の現存量と炭素量を示した。試料採取時の観察によれば、植栽試験地内には、高さ60cmほどのシキミ、ミヤマハハソ、ウリノキ、コアジサイなどがみられたが、林床は薄暗く、植被率は0%に近かった。下層植生の炭素量はスギ植栽試験地で0.02tC/ha、ヒノキ植栽試験地で0.01tC/haであった。

スギ、ヒノキの試料木の大きさと各器官の重量を表-5に示す。試料木の地上部重量は、スギは160.1~383.4kg、ヒノキは72.5~204.6kgであった。スギの試料木の DBH^2H と地上部乾燥重量(W_T :kg)、幹乾燥重量(W_S :kg)、枝乾燥重量(W_B :kg)、葉乾燥重量(W_L :kg)、枯れ枝葉乾燥重量(W_D :kg)は、式(2)~式(6)で表された。

$$W_T = 7.04 \cdot 10^{-2} (DBH^2 H)^{0.837} \quad (R^2 = 0.981; p < 0.01) \quad (2)$$

$$W_S = 9.05 \cdot 10^{-2} (DBH^2 H)^{0.794} \quad (R^2 = 0.996; p < 0.01) \quad (3)$$

$$W_B = 1.46 \cdot 10^{-4} (DBH^2 H)^{1.172} \quad (R^2 = 0.702; ns) \quad (4)$$

$$W_L = 4.42 \cdot 10^{-4} (DBH^2 H)^{1.108} \quad (R^2 = 0.814; p < 0.05) \quad (5)$$

$$W_D = 2.27 \cdot 10^{-4} (DBH^2 H)^{0.117} \quad (R^2 = 0.010; ns) \quad (6)$$

同様に、ヒノキ試料木と地上部、各器官および枯れ枝葉乾燥重量と DBH^2H の近似式を式(7)~式(11)に示す。

表-4 下層植生の現存量・炭素量

部 分		スギ			ヒノキ		
		現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)	現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)
地上部	木本	0.02	45.16	0.01	0.01	48.79	0.00
	草本	0.00	39.18	0.00	0.00	39.18	0.00
地下部	木本	0.02	46.06	0.01	0.00	49.27	0.00
	草本	0.01	36.33	0.00	0.00	36.33	0.00
合計		0.04		0.02	0.01		0.01

表-5 試料木の大きさと地上部重量

樹種	試料木	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	DBH ² H	地上部重量				地上部 全重量 (kg)
					幹 (kg)	枝 (kg)	葉 (kg)	枯枝葉 (kg)	
スギ	1	21.7	21.8	10265.4	138.5	9.6	11.1	1.0	160.1
	2	23.9	23.3	13309.2	168.1	5.9	14.3	0.4	188.7
	3	27.0	24.3	17714.7	221.6	16.3	31.6	0.6	270.2
	4	30.8	24.0	22767.4	263.9	23.4	33.1	1.4	321.8
	5	34.0	26.5	30634.0	326.1	23.7	33.0	0.6	383.4
ヒノキ	1	15.0	17.5	3937.5	59.5	7.1	4.4	1.6	72.5
	2	15.2	16.6	3835.3	64.1	7.6	3.8	3.1	78.6
	3	17.4	17.5	5298.3	97.2	12.5	6.4	4.6	120.6
	4	17.7	18.9	5921.2	95.9	6.1	4.9	3.1	110.1
	5	21.0	21.4	9437.4	144.3	15.3	8.7	4.2	172.5
	6	24.0	19.7	11347.2	155.4	26.3	14.6	8.3	204.6

$$W_T = 4.43 \cdot 10^{-2} (DBH^2 H)^{0.905} \\ (R^2 = 0.961; p < 0.01) \quad (7)$$

$$W_S = 4.94 \cdot 10^{-2} (DBH^2 H)^{0.869} \\ (R^2 = 0.959; p < 0.01) \quad (8)$$

$$W_B = 1.24 \cdot 10^{-3} (DBH^2 H)^{1.043} \\ (R^2 = 0.703; p < 0.05) \quad (9)$$

$$W_L = 5.99 \cdot 10^{-4} (DBH^2 H)^{1.064} \\ (R^2 = 0.892; p < 0.01) \quad (10)$$

$$W_D = 6.63 \cdot 10^{-4} (DBH^2 H)^{0.989} \\ (R^2 = 0.645; ns) \quad (11)$$

相対成長関係は、式 (2)、式 (3)、式 (7)、式 (8)、式 (10) (以上 $p < 0.01$)、および式 (5)、式 (9) ($p < 0.05$) において有意であった。式 (4)、式 (11) は有意ではなかったものの、その決定係数は比較的高かった。

表-6 には、植栽木の現存量、および炭素率、炭素量を示した。地上部現存量はスギが429.9t/ha、ヒノキが241.5t/haであった。これに根の現存量を加える

と、植栽木全体の現存量はスギが541.3t/ha、ヒノキが300.9t/haであった。炭素率は、50%を少し越える値であり、樹種や部位によって大きな差はみられなかった。植栽木の炭素量はスギで275.5tC/ha、ヒノキで153.6tC/haと推定された。

以上の結果から、堆積有機物、粗大有機物、下層植生、植栽木、および深さ70cmまでの鉾質土壤中に存在する炭素貯留量は、スギ植栽試験地で405.3tC/ha、ヒノキ植栽試験地で266.6tC/haと推定された (表-7)。

IV 考 察

本植栽試験地のスギ植栽木の地上部現存量は、429.9t/haであった (表-6)。スギ林の現存量を調査した11事例 (四大学 (北大・東大・京大・大阪府立大) および信大合同調査班, 1966; 原田ら, 1972; 西村ら, 1980; 阪上, 1986a; 片桐ら, 1990; 相浦, 1997) によると、林齢20~49年、立木密度975~2800本/haのスギ人工林における地上部現存量は、62.0~349.1t/haであった。これらと比較すると、本スギ植栽木の地上部現存量は非常に大きかった。

また、本植栽試験地のヒノキ植栽木の地上部現存量は、241.5t/haであった (表-6)。既存の9例 (只木

表一6 植栽木の現存量・炭素量

部 分	器 官	スギ			ヒノキ		
		現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)	現存量 (t/ha)	炭素率 (%)	炭素量 (tC/ha)
地上部	幹	371.2	50.72	188.3	198.2	50.86	100.8
	枝	21.7	51.16	11.1	22.6	50.63	11.4
	葉	35.4	52.99	18.7	13.1	54.32	7.1
	枯枝葉	1.6	55.91	0.9	7.6	52.78	4.0
	計	429.9		219.0	241.5		123.4
地下部	根*	111.4	50.72	56.5	59.5	50.86	30.2
合計		541.3		275.5	300.9		153.6

*: 現存量は幹の現存量の30% (原田ら, 1969) とした。炭素率は幹の炭素率と同じとした

表一7 スギ, ヒノキ, アカマツ植栽試験地の炭素量

樹 種	炭素量 (tC/ha)						
	植栽木 地上部	植栽木 地下部	下 層 植 生	堆 積 有機物	粗 大 有機物	鉍 質 土 壤	試験地 全 体
スギ	219.0	56.5	0.0	9.1	9.1	111.6	405.3
	(54.0)	(13.9)	(0.0)	(2.3)	(2.2)	(27.5)	(100.0)
ヒノキ	123.4	30.2	0.0	3.1	4.0	106.0	266.6
	(46.3)	(11.3)	(0.0)	(1.2)	(1.5)	(39.7)	(100.0)
アカマツ*	71.3	17.3	1.4	8.7	2.9	106.5	208.0
	(34.3)	(8.3)	(0.7)	(4.2)	(1.4)	(51.2)	(100.0)

()は全体に対する割合(%)

*: 渡邊ら(2004)

ら, 1966; 原田ら, 1969; 西村ら, 1980; 阪上, 1986 b; 根岸ら, 1988) によると, 林齢20~53年, 立木密度1431~3400本/haのヒノキ人工林における地上部の現存量は, 52.3~254.4t/haであった。本ヒノキ植栽木には, 事例中最大の熊本における45年生過密林分(3400本/ha)の値(254.4t/ha; 只木ら, 1966)に匹敵する地上部現存量があった。

本植栽試験地のスギ林, ヒノキ林は, 既存の研究事例と比べて, 植栽木の地上部現存量が大きかった。これには, 試験地の地位級が高く, 両樹種にとって成長に適した立地であることに加えて, 林分が過密林分であったことが理由としてあげられる。

このスギ植栽試験地, ヒノキ植栽試験地に隣接し, 立地条件や林齢を同じくするアカマツ植栽試験地は, アカマツの地位級1の立地に相当しており, アカマツの成長に適した立地であった。また, 林分は収量比数0.9の高密度林分であった(渡邊ら, 2004)。このアカマツ植栽試験地における堆積有機物, 粗大有機物, 下層植生, 植栽木, および深さ70cmまでの鉍質土壤中に存在する炭素貯留量は, 208.0tC/haであった(表-7)。

植栽試験地全体の炭素量は, スギ植栽試験地>ヒノキ植栽試験地>アカマツ植栽試験地の順であった。部分別の比率をみると, 炭素は下層植生や堆積有機物, 粗大有機物中には少なく, 大部分は植栽木と鉍質土壌

中に存在した。このうち, 鉍質土壤中に存在する炭素量は110tC/ha前後で, 3林分とも差がほとんどなかった。また植栽木に含まれる炭素率はほぼ50%であり, 樹種による大きな違いはみられなかった。したがって, 林分による炭素量の違いは, 植栽木の現存量の多少に起因するといえる。

本植栽試験地は, いずれの樹種にとっても成長に適した立地であり, 加えて林分は最多密度に近い過密林分である。したがって, 植栽木の現存量は, それぞれの樹種がこの林齢で達することができる最大の値に近いことが推測される。このことから, スギ, ヒノキ, アカマツの成長量の違いが, それぞれの植栽試験地における炭素貯留量の差をもたらしたと考えられる。

謝 辞

下呂実験林の維持管理, 調査地の貸与など, 多岐にわたり下呂財産区の協力をいただいている。現地調査では, 岐阜県森林科学研究所(当時を含む)の中川一所长ほか横井秀一氏, 井川原弘一氏, 大洞智宏氏にご協力いただいた。ここに記して謝意を表する。本研究の一部は, 文部科学省科学研究費地域連携推進研究「木曽三川のエコロジカル流域管理計画」(文部科学省科学研究費補助金No.11794029) および独立行政法人

森林総合研究所委託事業「森林吸収源計測・活用体制整備強化事業（平成16年度）」の中で実施したものである。

引用文献

- 相浦英春（1997）氷見市針木地内に成立するカワイダニスギ若齢林の生産力と成育経過. 富林技研報10：69-75.
- 岐阜県林政部（1992a）スギ人工林林分収穫表・林分密度管理図. 21pp, 岐阜県, 岐阜.
- 岐阜県林政部（1992b）ヒノキ人工林林分収穫表・林分密度管理図. 25pp, 岐阜県, 岐阜.
- 原田洸・佐藤久男・堀田庸・只木良也（1969）28年生スギ林およびヒノキ林の養分含有量. 日林誌51：125-133.
- 原田洸・佐藤久男・堀田庸・蜂屋欣二・只木良也（1972）スギ壮齢林の養分含有量に関する研究. 林試研報249：17-74.
- 片桐成夫・金子信博・小島靖（1990）手入れ不足のスギ人工林の物質循環, 地上部および土壌の養分集積量と養分還元量. 島根大学農研報24：21-27.
- 根岸賢一郎・鈴木誠・佐倉詔夫・丹下健・鈴木貞夫・斯波義宏（1988）スギ幼齢林における地上部現存量の経年変化. 東京大学農演報78：31-57.
- 西村武二・徳永秀正・池本彰夫・永森道雄（1980）高知大学農学部附属演習林における森林生産力調査（Ⅲ）, 壮令のスギ造林地およびヒノキ造林地の生産力について. 高知大学農演報8：35-44.
- 阪上俊郎（1986a）タテヤマスギ壮齢林の生産力. 富山県林試研報11：18-24.
- 阪上俊郎（1986b）多雪地帯のヒノキ人工林の生産力（Ⅰ）, 丘陵地に植栽されたヒノキ壮齢林の生育状況と生産力. 富山県林試研報11：43-48.
- 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉田武彦（1966）森林の生産構造に関する研究（Ⅹ）, 無間伐の45年生ヒノキ林の生産力. 日林誌48：387-393.
- 渡邊仁志・井川原弘一・大洞智宏・中川一（2002）35年生針葉樹人工林の植栽木が土壌に及ぼす影響. 中森研50：41-44.
- 渡邊仁志・茂木靖和・大洞智宏・中川一（2004）適潤性褐色森林土壌における壮齢アカマツ人工林の炭素貯留量. 岐阜県森林研研報33：13-18.
- 四大学（北大・東大・京大・大阪府立大）および信大合同調査班（1966）森林の生産力に関する研究（第Ⅲ報）, スギ人工林の物質生産について. 63pp, 日本林業技術協会, 東京.

資 料

スギ人工林に由来する壮齢のスギ・広葉樹混交林の林分構造と
スギ不成績造林地の目標林型としての評価

横井秀一

キーワード：広葉樹，針広混交林，スギ人工林，不成績造林地，目標林型

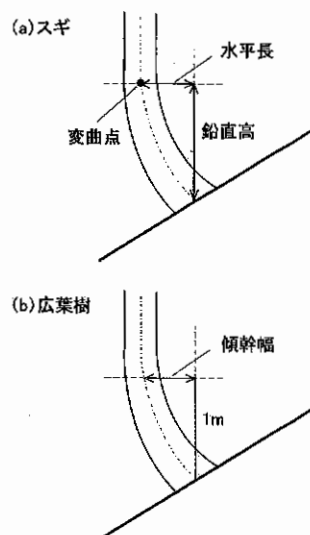
I はじめに

雪圧害が原因で生じたスギ不成績造林地では，スギによる木材生産林の成林が期待できないことから，これに代わる新たな目標の設定が必要である（横井・山口，1998；長谷川，2000）とされている。その目標としては，スギ・広葉樹混交林が考えられる（小谷，1990；前田，1992；石塚・宇都木，1995；横井・山口，1998；長谷川，2000）。しかし，これらの提言はいずれもスギ不成績造林地の現況からの類推によるもので，目標林型として考えられている，より高齢なスギ・広葉樹混交林の実例を示してのものではない。スギ人工林に由来する林齢が高めのスギ・広葉樹混交林の調査事例は，60年生のスギ・ブナ混交林（箕口，1994）や60年生のスギ・ミズナラ混交林（横井・山口，2004）があるだけである。スギ不成績造林地の目標をより明確にするためには，より多くの事例を提示することが必要である。

そこで，スギ造林木の雪圧害が原因で成立したとみられる壮齢のスギ・広葉樹混交林（6林分）の林分構造と林木の形質について検討し，スギ不成績造林地の目標林型として評価した結果を報告する。

II 調査地と方法

調査は，スギ人工林に由来する壮齢のスギ・広葉樹混交林で行った。調査地は，岐阜県飛騨市宮川町（旧吉城郡宮川村）森安の1林分（宮川とする），飛騨市神岡町（旧吉城郡神岡町）流葉の2林分（神岡Ⅰ，Ⅱとする），大野郡清見村大原の3林分（清見Ⅰ～Ⅲとする）である（表－1）。なお，ここでの林齢はスギ造林木の齢である。



図－1 根元曲がりの測定方法

表－1 調査地の概要

調査地名	林齢 (年)	海拔 (m)	地形	斜面傾斜度 (度)	最深積雪深 (m)
宮川	69	750	山腹中部平衡斜面	30	2.0
神岡Ⅰ	65	680	山腹中部平衡斜面	17	1.5
神岡Ⅱ	65	700	山腹中部平衡斜面	20	1.5
清見Ⅰ	40	870	山腹下部凸斜面	38	1.5
清見Ⅱ	40	910	山腹下部平衡斜面	36	1.5
清見Ⅲ	40	900	山腹中部平衡斜面	39	1.5

調査は、1992年8月に半径8mの円形プロットを設置して、スギは全立木、広葉樹は胸高直径5cm以上の立木を対象に、樹種、胸高直径、樹高、枝下高、根元曲がり、幹の形状、樹冠の位置について毎木調査を行った。根元曲がりは、スギについては根元の地際から曲がりの変曲点までの鉛直高と水平長を、広葉樹については傾幹幅を測定した(図-1)。幹の形状は、根元曲がりの部分を除いた樹幹下部の通直性を目視により「通直」、「曲がり小」、「曲がり中」、「曲がり大」に区分した。樹冠の位置は、1:樹冠が直達光を受けられる位置にあるもの、2:樹高は十分に高いものの樹冠が直達光を受けられないもの、3:樹高が低い被圧木、と区分した。

立木の幹材積は、材積式(林野庁計画課, 1970)を用いて胸高直径と樹高から計算した。

III 結果

1. 林分構造

各調査林分の樹高階分布を図-2に示す。スギの樹高は、神岡Ⅱを除いて樹高の高いグループと樹高の低いグループとに大きく分かれた。神岡Ⅱには樹高の低いスギがみられなかった。広葉樹の樹高階分布は、樹高の高いところのみモードのある林分(宮川, 神岡Ⅰ, 清見Ⅱ)と2つのモードがある林分(神岡Ⅱ, 清見Ⅰ, 清見Ⅲ)とがあった。スギ以外の針葉樹は、神岡Ⅱはアカマツ, 清見Ⅰはアカマツとヒノキ, 清見Ⅱはカラマツとヒノキ, 清見Ⅲはカラマツであった。アカマツと清見Ⅲのカラマツは、最大の樹高階にみられた。

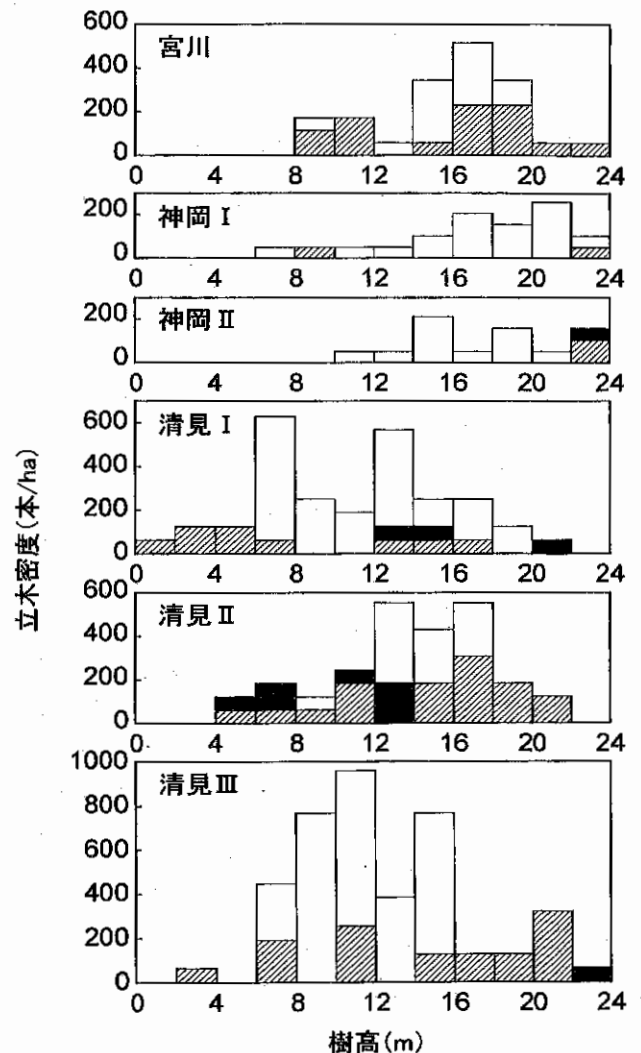


図-2 スギ・広葉樹混交林の樹高階分布
斜線はスギ、黒塗りはスギ以外の針葉樹、白抜きは広葉樹を示す。

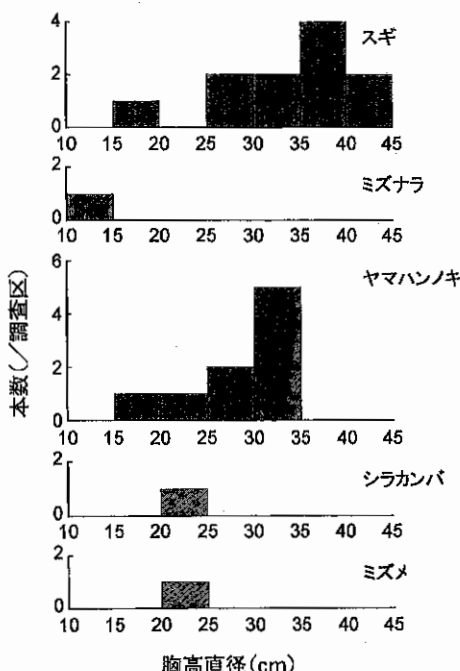


図-3 宮川調査地における上層木の胸高直径階分布

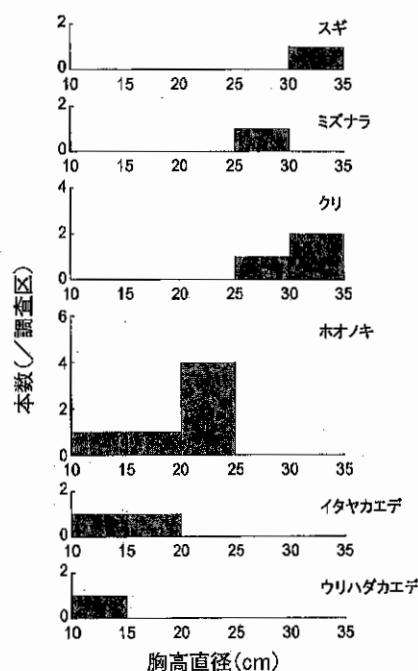


図-4 神岡Ⅰ調査地における上層木の胸高直径階分布

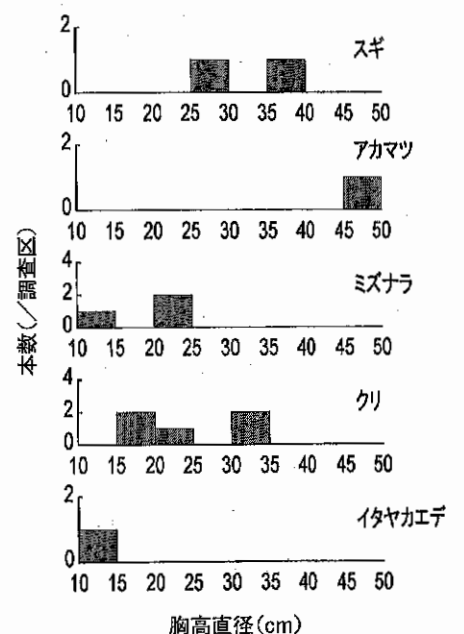


図-5 神岡Ⅱ調査地における上層木の胸高直径階分布

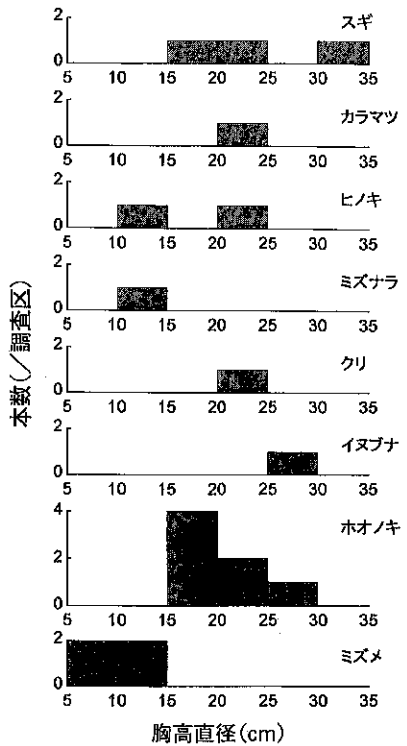


図-6 清見Ⅰ調査地における上層木の胸高直径階分布

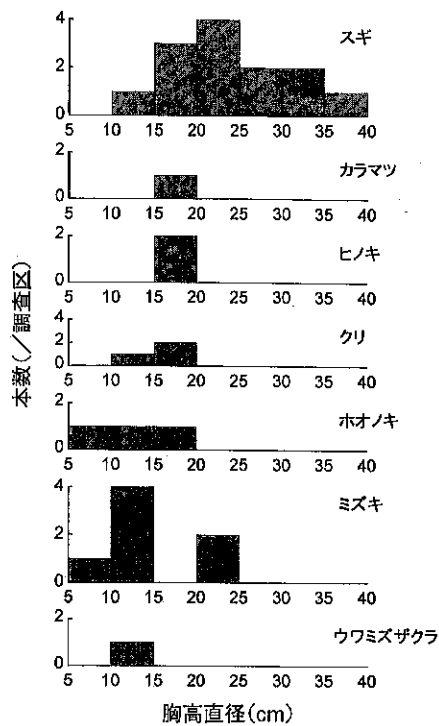


図-7 清見Ⅱ調査地における上層木の胸高直径階分布

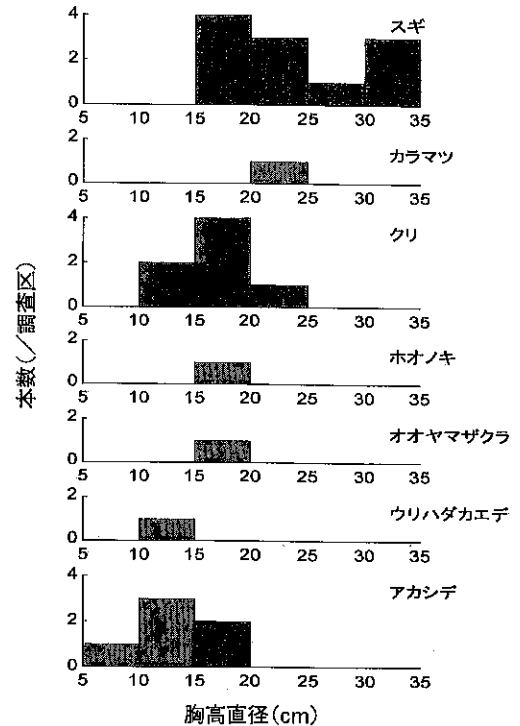


図-8 清見Ⅲ調査地における上層木の胸高直径階分布

スギと広葉樹の樹高階分布(図-2)および各林木の樹高と樹冠の位置との関係とを勘案し、各林分に対して高さに基づいた階層区分(上層・下層)を行った。宮川は樹高14m以上を上層とし、神岡Ⅰは樹高16m以上、神岡Ⅱは樹高14m以上、清見Ⅰと清見Ⅱ、清見Ⅲは樹高12m以上を上層とした。上層におけるスギと広葉樹の樹高の関係は、清見Ⅰを除いてスギの樹高が広葉樹の樹高より高い傾向にあった。

図-3～8は上層木の樹種別の胸高直径階分布である。宮川は、スギとヤマハンノキが優占し、ヤマハンノキの胸高直径は全体的にスギよりも小さかった(図-3)。神岡Ⅰでは、胸高直径はスギとクリ、ミズナラが大きく、本数はホオノキが多かった(図-4)。神岡Ⅱでは、アカマツの胸高直径が最も大きく、次いでスギとクリに胸高直径の大きい林木があった(図-5)。清見Ⅰでは、胸高直径の大きい林木はスギ、カラマツ、ヒノキ、クリ、イヌブナ、ホオノキであり、上層木の本数はホオノキが最も多かった(図-6)。清見Ⅱでは、胸高直径はスギが大きく、本数もスギが最も多かった(図-7)。清見Ⅲでは、胸高直径はスギが大きく、本数は多い順にスギ>クリ>アカシデであった(図-8)。各林分の上層に出現した広葉樹種数は、3～5種であった。

図-9は、各林分の林齢とスギ上層木の平均樹高の関係である。岐阜県多雪地帯のスギ人工林(岐阜県林政部, 1983)の地位級と比較すると、宮川は地位級5、清見Ⅰは地位級4、他の4林分は地位級3に相当した。

図-10には、各林分の林齢と上層木の立木密度の関

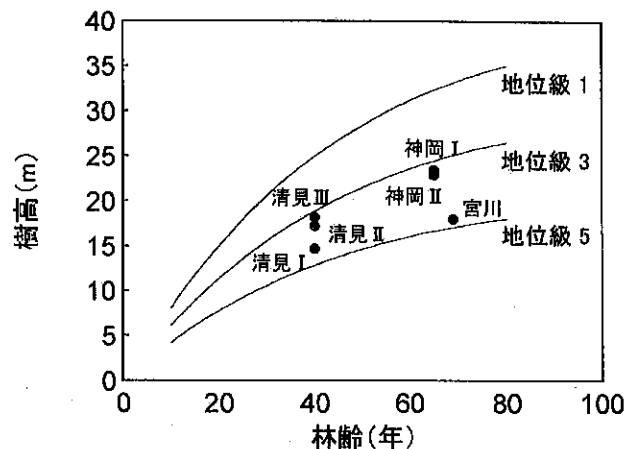


図-9 壮齢のスギ・広葉樹混交林の林齢とスギ上層木の樹高の関係

黒丸は調査地である。実線は、岐阜県多雪地帯におけるスギ人工林の林齢一樹高関係を示す。

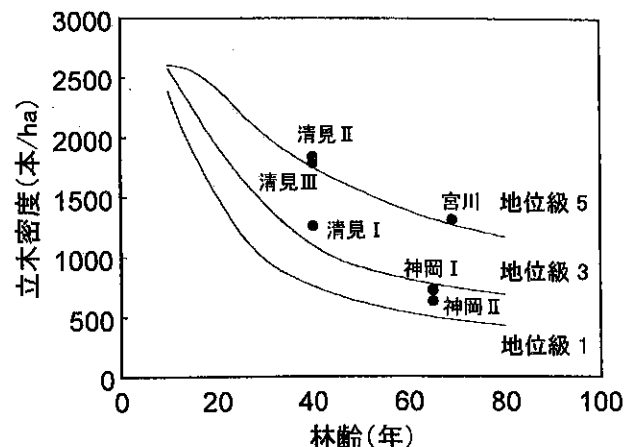


図-10 壮齢のスギ・広葉樹混交林の林齢と上層木の立木本数の関係

黒丸は調査地である。実線は、岐阜県多雪地帯におけるスギ人工林の林齢一立木密度関係を示す。

係を示す。林齢が同じか近い林分どうしを比較すると、清見Ⅱと清見Ⅲは清見Ⅰより立木密度が高く、宮川は神岡Ⅰや神岡Ⅱより立木密度が高かった。調査林分にはスギ以外の樹種が含まれるため直接的な比較はできないが、目安として岐阜県多雪地帯のスギ人工林（岐阜県林政部，1983）と比較すると、神岡Ⅱは地位級2に相当し、神岡Ⅰと清見Ⅰは地位級3、清見Ⅱと清見Ⅲと宮川は地位級5に相当した。

図-11は、林齢と材積の関係である。各林分の材積は301~506m³/haで、林齢の高い林分の材積が必ずしも大きいということではなかった。岐阜県多雪地帯のスギ人工林（岐阜県林政部，1983）と比較すると、清見Ⅱと清見Ⅲは地位級3より材積が大きく、残りの4林分は地位級3より材積が小さかった。また、岐阜県におけるブナ・ミズナラ型広葉樹林の地位〈中〉（岐阜県林政部，1992）と比較すると、6林分ともそれより材積が大きかった。

2. 林木の形質

スギと広葉樹（どちらも上層木のみ）の根元曲がりの大きさと幹の形状を表-2に示す。スギ、広葉樹ともに根元曲がりが最も大きかったのは、宮川であった。また、宮川の林木には「通直」がなく、「曲がり大」の割合も宮川が他の林分より大きかった。神岡Ⅰと神岡Ⅱは、本数は少ないものの全てのスギが「曲がり小」で、広葉樹は「通直」と「曲がり小」とで半数以上を占めた。清見Ⅰは、全部のスギが「通直」で、広葉樹は「通直」と「曲がり小」とで93%を占めた。清見Ⅱは、スギは「通直」と「曲がり小」とで半数以上を占めたが、広葉樹ではそれらが半数に満たなかった。清見Ⅲは、大半のスギが「通直」であり、広葉樹は「曲がり小」が多かった。

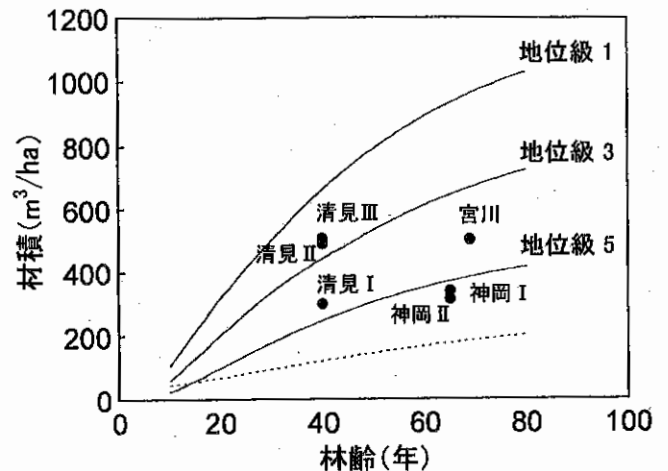


図-11 壮齢のスギ・広葉樹混交林の林齢と材積の関係

黒丸は調査地である。実線は、岐阜県多雪地帯におけるスギ人工林の林齢-材積関係を示す。点線は、岐阜県におけるブナ・ミズナラ型広葉樹林の地位〈中〉の林齢-材積関係を示す。

IV 考察

調査林分に生育するスギ以外の樹種の由来は、それらの天然分布と当該地域の施業状況からみて、カラマツとヒノキは植栽、アカマツと広葉樹は天然更新であると考えられる。カラマツやヒノキの植栽がスギと同時に植栽なのか補植なのかは不明である。現在のスギ上層木の根元曲がりはそれほど大きくない（表-2）ものの、スギの立木密度が低いこととスギの樹高階分布が2段林型を呈している（図-2）ことから、調査林分では雪圧害によるスギの消失や成長不良が発生したことが推察される。したがって、調査林分はスギ不成績造林地であるとみることができる。

表-2 上層木¹の根元曲がりの大きさと幹の形状

調査地	樹種	根元曲がり鉛直高 ² (cm)	根元曲がり水平長 ² (cm)	傾幹幅 ² (cm)	幹の形状 (%)			
					通直	曲がり小	曲がり中	曲がり大
宮川	スギ	134	46	—	0	27	64	9
	広葉樹	—	—	88	0	33	33	33
神岡Ⅰ	スギ	90	30	—	0	100	0	0
	広葉樹	—	—	48	31	38	23	8
神岡Ⅱ	スギ	50	10	—	0	100	0	0
	広葉樹	—	—	65	33	22	44	0
清見Ⅰ	スギ	20	3	—	100	0	0	0
	広葉樹	—	—	30	36	57	7	0
清見Ⅱ	スギ	70	15	—	54	38	8	0
	広葉樹	—	—	57	14	29	50	7
清見Ⅲ	スギ	40	9	—	82	18	0	0
	広葉樹	—	—	62	0	69	25	6

1: 樹高12~16m以上。調査地によって異なる。

2: 平均値で示す。

岐阜県飛騨地方の若齢（15～31年生）のスギ不成績造林地は、そのほとんどでスギ上層木の平均樹高が地位級5の樹高より低かった（横井・山口，1998）。これと比較すると、今回のスギ上層木の平均樹高（地位級3～5：図-9）は高かった。また、岐阜県白川村にある60年生のスギ・広葉樹混交林のスギ上層木の平均樹高が地位級2～3に相当した（横井・山口，2004）ことが報告されている。このように、スギ不成績造林地とみなせる林分のスギ上層木の平均樹高が若齢林分で低く、壮齢林分でそれより高かったのは、以下の理由によると考える。広葉樹が混交する不成績造林地において、若齢で上層木の立木密度が高いとき、あるいは下刈りや除伐によって広葉樹が除去されてからの経過年数が浅いときには、やや成長の悪いスギも上層木として存在する。これに対して、壮齢になって上層木の立木密度が減少し、また、広葉樹の樹高も十分に高くなったときに上層木として存在するスギは、少数の優勢なスギに限られる。したがって、今回の調査林分も、若齢でスギ上層木の本数が多かったときにはスギ上層木の平均樹高が現調査時よりも低く評価された可能性があるといえる。

このことから、若齢のスギ不成績造林地の中には、今回の調査林分のような林型に推移する可能性のあるものが存在すると考える。そこで、これらの混交林が有する機能について考察する。前出のスギ・広葉樹混交林（横井・山口，2004）は、主林木の樹種と形質や蓄積からみて木材生産林としての機能を備えている（横井・山口，2004）と評価されている。宮川を除く5林分は、クリ、ミズナラ、ホオノキ、ミズキなど市場価値の高い樹種が多く（図-4～8）、スギや広葉樹の形質が比較的良好であった（表-2）。また、この5林分は林分全体の材積が同齢のスギ人工林の材積に比較して特に劣るものではなく、同齢の広葉樹林の材積より大きかった（図-11）。したがって、これら5林分も、木材生産機能を備えていると評価することができる。

宮川は林木の形質が悪く（表-2）、広葉樹も市場価値のやや低いヤマハンノキが優占する（図-3）ことから、木材生産機能は低いといえる。ただし、樹高20mに達する高木林として成林していることから、環境保全機能には問題はないと考える。

これらのことからスギ不成績造林地の将来目標として調査林分をみると、宮川を除く5林分は木材生産機能を重視したときの目標林型に位置付けることができる。これら5林分は立地条件、スギの立木密度、構成樹種などが異なっている。スギ不成績造林地の構造や樹種構成が多様である（横井・山口，1998，2000）こ

とから、それらの目標林型として多様な森林の実例を挙げておくことは意義があると考え。一方、宮川は、スギと高木性広葉樹が混交するすることで環境保全的には問題のない森林が成立した例として位置づけることができる。

これらの例は、針広混交林タイプのスギ不成績造林地の将来の可能性を示すものである。こうした可能性を残すためにも、不成績造林地あるいは不成績化が危惧される造林地での画一的な広葉樹の除去は避けたい。

本研究の調査は、岐阜県寒冷地林業試験場（当時）の山口清氏と共同で行った。また、調査は農林水産省の補助試験「積雪地帯における環境保全林特性の解明」の一環として行った。ここに記して、謝意を表する。

引用文献

- 岐阜県林政部（1983）スギ人工林林分材積表・林分収穫予想表，93pp，岐阜県林政部。
- 岐阜県林政部（1992）広葉樹林分収穫表，37pp，岐阜県林政部。
- 長谷川幹夫・平英彰（2000）多雪地帯のスギ造林地に侵入した広葉樹の種組成構造の特徴，日林誌82：28-33。
- 石塚森吉・宇津木玄（1995）スギ不成績造林地における針広混交林化の実態，日林関東支論47：39-40。
- 小谷二郎（1990）積雪地帯における広葉樹林造成・改良技術，石川県林試研報21：1-13。
- 前田雄一（1992）鳥取県扇ノ山におけるスギ不成績造林地の現状と有用広葉樹の動態，森林立地34：43-49。
- 箕口秀夫（1994）豪雪地帯における植栽スギ・ブナ混交林の構造と成立過程，雪と造林10：22-28。
- 林野庁計画課（1970）立木幹材積表—西日本編—，319pp，日本林業調査会，東京。
- 横井秀一・山口清（1998）積雪地帯のスギ不成績造林地におけるスギと広葉樹の生育実態，森林立地40：91-96。
- 横井秀一・山口清（2000）積雪地帯におけるスギ不成績造林地の取扱い—スギと広葉樹の成長過程からみた施業案—，森林立地42：1-7。
- 横井秀一・山口清（2004）豪雪地帯のスギ人工林に由来する壮齢スギ・ミズナラ混交林の林分構造と成立過程，岐阜県森林研研報33：33-38。

資 料

広葉樹が混交するスギ不成績造林地における広葉樹の種組成*

横井秀一

キーワード：広葉樹, 種組成, 針広混交林, 不成績造林地

I はじめに

雪圧害が原因で生じたスギ不成績造林地は、広葉樹が混交する針広混交林になっていることが多い（小野寺, 1988; 横井, 2000）。スギ不成績造林地ではスギ造林木の消失や成長不良, 形質劣化によりスギ木材生産林は成林しない（横井・山口, 1998）が, 混交する広葉樹に市場価値の高い種が含まれるときはスギ・広葉樹混交あるいは広葉樹の木材生産林を目標とすることが可能である（長谷川, 2000; 横井・山口, 2000）。

したがって, 針広混交林タイプのスギ不成績造林地の将来性を評価したり, 取り扱いについての方針や方法を検討したりするうえで, そこに生育する広葉樹の種組成は重要な因子となる。針広混交林タイプのスギ不成績造林地に生育する広葉樹の種組成については, 個々の不成績造林地における報告事例は多いが, まとまった地域における種組成の特徴を調査した事例はみられない。

そこで, 岐阜県飛騨地方の針広混交林タイプの不成績造林地に出現する広葉樹の種組成の特徴について検討した結果を報告する。

II 方 法

1. 解析に用いた資料

解析に使用した資料は, 岐阜県飛騨地方のスギ不成績造林地の調査データ（横井・山口, 1998）のうち, 広葉樹が混交する27調査地のデータである。

これらの調査は, 1992～1993年に, 面積113～400㎡の方形区と方形区内に設置した帯状区（方形区面積の1/10～1/5）に対して行われた。方形区内では胸高直径5 cm以上の立木の毎木調査, 帯状区内では胸高直径2 cm以上5 cm未満の立木の毎木調査が行われている。それぞれの毎木調査では, 種名と胸高直径が調査

されている。調査地の林齢は15～31年で, スギの立木密度は601～2,588本/haであった。また, 調査地の標高は890～1,420m, 斜面の傾斜角は3～41度であった。

2. 解析方法

解析は, 胸高直径2 cm以上の広葉樹を対象とした。各調査地の種組成の比較には, 立木密度と胸高断面積合計による出現種の積算優占度および優占種への集中度を示すSimpson指数を使用した。

積算優占度は,

$$\text{積算優占度} = (\text{相対密度} + \text{相対胸高断面積合計}) / 2 \quad (1)$$

で計算される。ここで,

$$\text{相対密度} = \frac{\text{その種の立木密度}}{\text{全広葉樹の立木密度}} \quad (2)$$

$$\text{相対胸高断面積合計} = \frac{\text{その種の胸高断面積合計}}{\text{全広葉樹の胸高断面積合計}} \quad (3)$$

である。

また, Simpson指数は

$$\text{Simpson指数} = \sum (\text{出現種の積算優占度})^2 \quad (4)$$

である。

調査地間の類似度は, パーセント類似度（ホイットカー, 1979）によって求めた。

$$\text{パーセント類似度} = \sum (\text{ある種の調査地Aにおける積算優占度と調査地Bにおける積算優占度の小さいほう}) \quad (5)$$

* 本研究の一部は, 第112回日本林学会大会において発表した。

ここで、調査地Aおよび調査地Bは比較したい2つの調査地である。

III 結果

1. 出現樹種とその優占度

解析に用いた27調査地に出現した広葉樹とその出現率を表-1に示す。ここで、出現率はある種が出現した調査地数の全調査値数に対する割合である。出現した広葉樹は42種、そのうち高木性樹種は24種であった。

表-1 出現した広葉樹とその出現率

樹 種 ¹	出現率 (%)
ミズキ *	63.0
ミズナラ *	55.6
ウワミズザクラ *	44.4
ホオノキ *	37.0
バッコヤナギ *	37.0
コハウチワカエデ *	33.3
タニウツギ	33.3
ツノハシバミ	33.3
ウリハダカエデ *	29.6
キハダ *	29.6
ブナ *	25.9
コシアブラ *	25.9
オオバクロモジ	25.9
リョウブ	25.9
イタヤカエデ *	22.2
シラカンバ *	18.5
シナノキ *	18.5
ヤマウルシ	18.5
ミズメ *	14.8
アズキナシ *	14.8
マルバマンサク	14.8
タラノキ	14.8
ケヤキ *	11.5
キブシ	11.1
タムシバ	11.1
ウダイカンバ *	7.4
トチノキ *	7.4
サワグルミ *	7.4
ヤマモミジ *	7.4
ナナカマド	7.4
オヒョウ *	3.7
エゾエノキ *	3.7
ハウチワカエデ *	3.7
ナツツバキ *	3.7
アカミノイヌツゲ	3.7
ウリカエデ	3.7
コミネカエデ	3.7
ヌルデ	3.7
ハクウンボク	3.7
ヤブデマリ	3.7
ヤマグワ	3.7
ヤマボウシ	3.7

*: 高木性樹種。

出現率が最も高かった樹種はミズキ (63.0%) で、次いで高かったのはミズナラ (55.6%) であった。その他に30%以上の出現率を示した樹種は、ウワミズザクラ、ホオノキ、バッコヤナギ、コハウチワカエデ、タニウツギ、ツノハシバミであった。ブナの出現率は25.9%であった。

各調査地における広葉樹の出現種数は2~12種で、立木密度は826~21,830本/haであった。高木性広葉樹の出現種数は1~10種と調査地によりばらつき、6種が出現した調査地が最も多かった (図-1)。高木性広葉樹の立木密度は、551~11,641本/haであった。

図-2は、各調査地におけるSimpson指数の頻度分布である。全体として、指数の小さい調査地、すなわち特定の種への集中度の低い調査地が多かった。指数が0.7以上の調査地における優占種は、ミズナラあるいはミズキであった。

次に、高木性広葉樹の各樹種の積算優占度を合計した値 (積算優占度合計とする) の頻度分布を図-3に

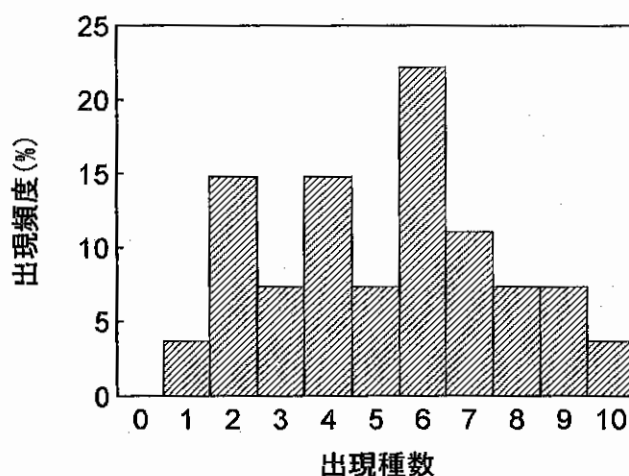


図-1 高木性広葉樹の出現種数の頻度分布

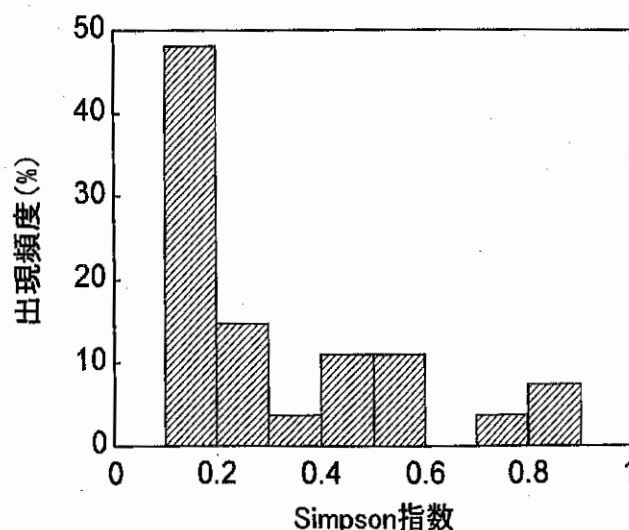


図-2 広葉樹における優占種への集中度の頻度分布

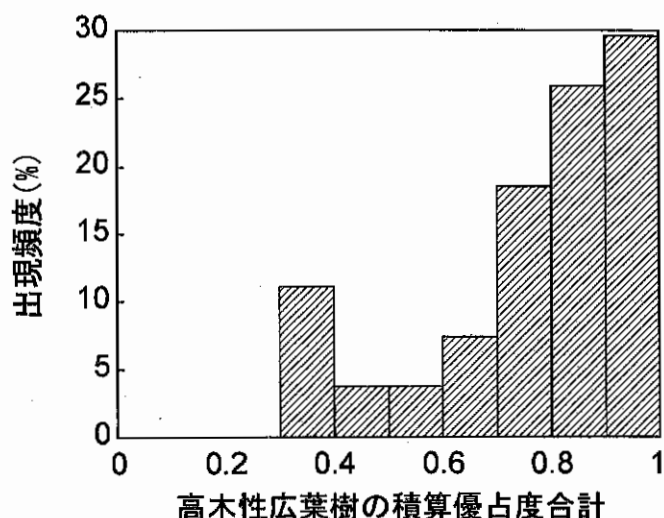


図-3 高木性広葉樹の積算優占度合計の頻度分布

示す。高木性広葉樹の積算優占度合計の大きい調査地、すなわち生育する広葉樹の主体が高木性広葉樹である調査地が多かった。

2. 調査地間の種組成の類似性

図-4は、2つの調査地間（全351組み合わせ）における広葉樹の種組成のパーセント類似度の頻度分布である。低い類似度の組み合わせほど数が多く、類似度0.6以上の組み合わせはわずかであった。類似度が0.6以上であった組み合わせは、ミズナラの積算優占度の高い調査地どうし、ミズキの積算優占度の高い調査地どうしの組み合わせであった。

IV 考 察

同じ針広混交林タイプのスギ不成績造林地であっても、広葉樹の種組成は調査地によってまちまちであった（図-4）。スギ不成績造林地における広葉樹の種組成には、①スギが植栽される前の森林の種組成やサイズ（立地や履歴が反映し、更新材料としての種子や株の存在に影響する；前田ら、1985）、②結実の豊凶に対する前生林分の伐採のタイミング、③前生稚樹や埋土種子の有無、④スギ植栽後の保育（更新した広葉樹に対する圧力；長谷川、1991、1998；横井・山口、2000）、⑤雪圧害によるスギの消失過程やその程度、などが影響すると考えられる。このうち①～③は広葉樹林伐採後に成立する二次林の種組成にも同じように影響する要因であるが、④と⑤はスギ造林地に特有の要因である。このように種組成に影響すると考えられる要因が多数あることが、スギ不成績造林地の広葉樹の種組成を多様化している理由の1つであると考えられる。また、①に関連して研究対象地域の広葉樹林に明らか

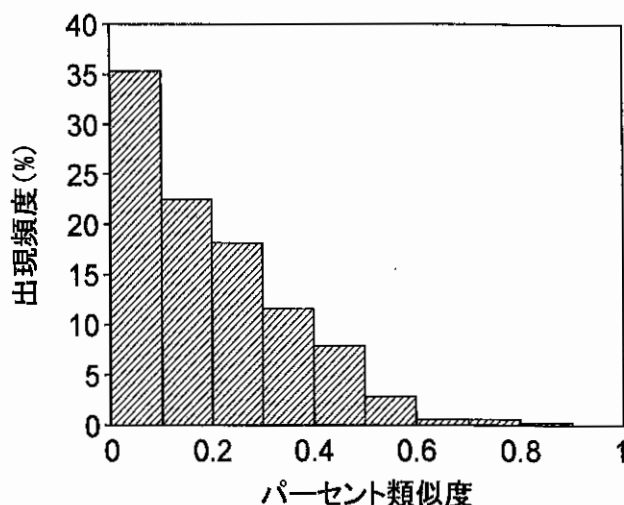


図-4 2つの調査地間における広葉樹の種組成の類似度の頻度分布

な優占種のない混生林が多い（戸田、1993）ことも、不成績造林地での種組成の多様化に影響していると推察される。このことは、また、多くの調査地に優占種がみられなかったことの原因であるとも考えられる。

互いの調査地の類似性が低いなか、ミズキやミズナラなど出現率の高い樹種も存在した。ミズナラの出現率が高かったのは、ミズナラの優占あるいは混生する二次林（旧薪炭林）を前歴とする調査地が多かったことによると考える。一方、ミズキをはじめとする出現率の高かった樹種は、研究対象地域の広葉樹林における常在度が高いことに加え、種子散布力や土中での種子の寿命などの更新特性が造林地に侵入するのに適している（長谷川・平、2000）種であると考えられる。

高木性広葉樹の積算優占度合計が大きい調査地が多かったことは、針広混交林タイプのスギ不成績造林地の多くがスギと広葉樹が混交する高木林、あるいは広葉樹の高木林へと移行する可能性が高いことを示唆している。したがって、これらの林型を針広混交林タイプのスギ不成績造林地の目標林型と考える（横井・山口、1988、2000）ことは妥当である。ただし、高木性広葉樹の組成が林分によって様々であったことから、目標林型が同じであっても各不成績造林地の今後の取り扱い方は構成樹種に応じたものにする必要があると考える。その一方で、高木性広葉樹の積算優占度合計の小さい調査地も存在した。これらは、スギの疎林に移行する可能性があると考えられる。

本研究に使用したデータは、岐阜県寒冷地林業試験場（当時）の山口清氏と共同で調査したものである。また、調査は農林水産省の補助試験「積雪地帯における環境保全林特性の解明」の一環として行った。ここに記して、謝意を表する。

引用文献

- 長谷川幹夫 (1991) スギ不成績造林地での下刈り, 除伐が広葉樹の定着に与える影響. 日林誌73: 375-379.
- 長谷川幹夫 (1998) 多雪地帯のスギ造林地に侵入したウダイカンバの消長に及ぼす下刈り, 除伐の影響. 日林誌80: 223-228.
- 長谷川幹夫 (2000) 不成績造林地の取り扱い. (雪国の森林づくり. 豪雪地帯林業技術開発協議会編, 189pp, 日本林業調査会, 東京). 121-156.
- 長谷川幹夫・平英彰 (2000) 多雪地帯のスギ造林地に侵入した広葉樹の種組成構造の特徴. 日林誌82: 28-33.
- 前田禎三・宮川清・谷本丈夫 (1985) 新潟県五味沢におけるブナ林の植生と跡地更新—スギ造林地の成績とブナの天然更新の提案—. 林試研報333: 123-171.
- 小野寺弘道 (1988) 多様な森林施業を考慮した多雪地帯の育林技術. 森林立地30: 24-30.
- 戸田清佐 (1993) 有用広葉樹林の育成技術に関する研究 (Ⅱ) 飛騨山地における林型区分とその立地環境. 日林中支論41: 71-74.
- ホイットカー, R.H. (1979) 生態学概説—生物群集と生態系— (宝月欣二訳). 363pp. 培風館, 東京.
- 横井秀一 (2000) 不成績造林地の現状と問題点. (雪国の森林づくり. 豪雪地帯林業技術開発協議会編, 189pp, 日本林業調査会, 東京) 89-119.
- 横井秀一・山口清 (1998) 積雪地帯のスギ不成績造林地におけるスギと広葉樹の生育実態. 森林立地40: 91-96.
- 横井秀一・山口清 (2000) 積雪地帯におけるスギ不成績造林地の取り扱い—スギと広葉樹の成長過程からみた施業案—. 森林立地42: 1-7.

資 料

組織培養によるハナノキのクローン増殖(Ⅱ)* —培養容器と糖濃度の違いによる発根の検討—

茂木靖和・坂井至通

キーワード：ハナノキ，組織培養，発根量，培養容器，糖

I はじめに

ハナノキ (*Acer pycnanthum* K.Koch) は東海地方のおもに湿地周辺の限られた場所に自生する日本固有の樹木である。近年のゴルフ場開発，宅地造成，自動車道の整備などの土地造成により自生地が消滅し，これと共に個体数も急速に減少してきている。また，一方で街路樹や公園樹などに近縁種のアメリカハナノキ (*Acer rubrum* L.) の植栽が行われ，ハナノキの遺伝的な汚染も懸念されている。ハナノキは実生繁殖 (日本植木協会，1991) が行われているが，自生種の保護，保全を考える場合，組織培養などによる純系種の保存が重要となる。

組織培養によりハナノキ苗を作出するには，材料の採取，殺菌，培養，順化，圃場での育成の過程を順に経る必要がある。林木における培養苗は多くの樹種でこのような過程を経て作出されている (最新バイオテクノロジー全書編集委員会，1989) が，詳細な検討がなされているのは培養の過程における発根の有無までである。近年組織培養による苗生産は林木でも実用化され始め，エゾヤマザクラなどで契約栽培が行われている (東ら，2004；佐藤，1999)。しかし，培養苗は高価なことから，生産コストの削減が求められており，順化以降の効率的な方法が必要となっている。

この順化成功の良否を決める条件の一つとして，順化に移す培養植物体の発根状態がある。苗畑から山出しされる苗木 (以下山出し苗) は，移植後の活着率が高く，その後の成長が旺盛で，寒害や病害などの諸害に耐えるものが良いとされ，形態的にはTR率が低く，細根量の発達したものの評価が高いとしている (塘，1965)。順化に移す培養植物体においても，順化における活着とその後の成長が課題となることから，その形態は山出し苗と同様の状態が適していると思われる。

そこで，本報告では効率的な順化方法を確立する一環として，5種類のサッカロース濃度と2種類の培養容器を組み合わせた10試験区を設定し，TR率が低く，細根量の多い培養植物体を作成するための培養条件を検討した。

II 実験方法

1. 材料

材料には，約2年間継代培養で維持してきた胚軸由来の培養シュートを増殖させて得た同一クローンの培養シュートを用いた。なお，胚軸培養に用いた種子，種子の保存方法，種子の殺菌方法，胚軸の摘出方法，継代培養方法，試薬は，茂木・坂井 (2004) と同一である。

2. 培地及び培養条件

(1) 液体培地

基本培地をWPとし，ホルモンフリー，糖として次に示すサッカロース量を加えて，pHを5.8に調整した液体培地を作成した。培地に加えるサッカロースの濃度は0g/l，5g/l，10g/l，15g/l，20g/lの5種類とした。

(2) 培養容器

ガラスを主体とする容器 (以下ガラス容器) とラップフィルムを主体とする容器 (以下ラップ容器) の2種類を用いた。

ガラス容器は，ガラス製のマヨネーズビン (直径60mm，高さ110mm) にポリプロピレン製の蓋を組み合わせて用いた。

ラップ容器は，針金を紙粘土で固定した枠組み (約70×70×110mm) にラップフィルム (日本生活協同組合連合会，東京，ポリメチルペンテン製，厚さ11μm)

* 本報告の一部は第53回日本林学会中部支部大会に発表した。

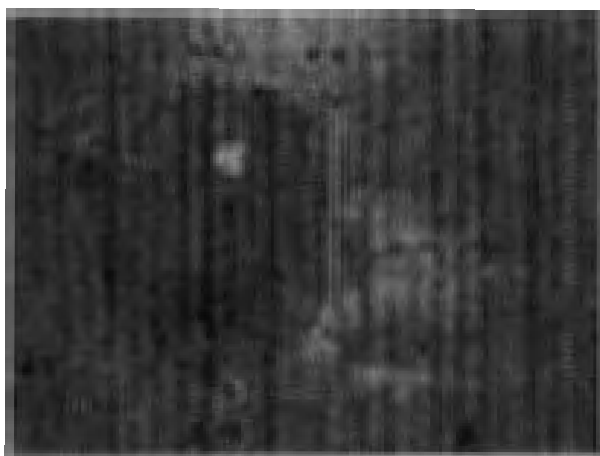


図-1 ラップ容器

で側面を4重に巻き付けた本体と4重にしたラップフィルムシート（約120×120mm）を本体頂部に密着させて四隅をステープラーで固定した蓋を作成して用いた（図-1）。

（3）培養容器への培地の設定

ガラス容器を用いる場合は、クリーンベンチ内でビンの中に支持体である25×50×20mmのフロリアライト（日消紡（株）、東京）を置床し、これに液体培地を約20ml加えて蓋をした。

ラップ容器を用いる場合は、クリーンベンチ内で本体の中にφ60mmの滅菌シャーレを設置し、この中にフロリアライトを置床して、これに液体培地を約20ml加えて蓋をした。

なお、液体培地、培養容器（蓋付き）、フロリアライトは、個別にオートクレーブを用いて120℃で15分間高圧滅菌したものを用いた。

（4）培養シュートの植え付け及び培養条件

培養シュートの植え付けは、クリーンベンチ内で茎頂を含み15～20mm程度に調整した培養シュートを培地に挿しつけることにより行った。1個の培地には1本の培養シュートを挿しつけた。

植え付け後の培養は、培養30日目までは、25℃、照度4000Lux、16時間日長の培養室で行った。培養30～120日目の間は、屋内の日当たりの良い窓際に設置した簡易ビニール温室で行った。この間は3月上旬～6月上旬で、簡易ビニール温室内の温度は13～36℃であった。

（5）給水

ラップ容器を用いた場合は、培養途中で給水を行った。

表-1 試験区とその表記

容器	サッカロース濃度				
	0g/l	5g/l	10g/l	15g/l	20g/l
ガラス	0M	5M	10M	15M	20M
ラップ	0R	5R	10R	15R	20R

培養20日目に第1回目の給水を行った。この時は、クリーンベンチ内で約10mlの滅菌水を給水した。その後は10～18日間隔で計5回、それぞれ約10mlの蒸留水を簡易ビニール温室外の屋内（有菌状態）で給水した。

3. 調査方法

（1）試験区の設定

5種類のサッカロース濃度（0g/l, 5g/l, 10g/l, 15g/l, 20g/l）と2種類の培養容器（ガラス容器、ラップ容器）を組み合わせた10試験区を設定し、各試験区の表記を表-1に示した。

（2）培養苗の生存率および発根率

培養30日目と120日目に培地の雑菌発生の有無を、培地からシュートを抜き取って発根の有無を、シュートを切断してその切り口から生死を確認した。また、雑菌発生数から雑菌発生率を、発根個体数から発根率を、生存個体数から生存率を次式により算出した。

供試数＝10個体／試験区／培養日数とした。

雑菌発生率＝雑菌発生数／供試数×100

生存率＝生存個体数／供試数×100

発根率＝発根個体数／供試数×100

（3）発根個体の生育状況調査

発根個体については、個体毎に根数、全根長、全根重、シュート伸長量、シュート重を測定した。

これらのうち根数、全根長、全根重については一次根と二次根に分けて測定した。今回、一次根はシュートから発生している根、二次根は根から発生している根とした。

シュート重については供試部、伸長部の葉の全量（以下全展開葉）、伸長部の茎（以下伸長茎）に分けて測定した。

なお、根重、シュート重については80℃で48時間乾燥させた絶乾重を測定した。また、根重とシュート重から次式によりTR率を算出した。

TR率＝シュート重／根重

表-2 培養状況

試験区	生存率(%)		発根率(%)		雑菌発生率(%)	
	30日	120日	30日	120日	30日	120日
0M	100	70	20	60	0	0
5M	100	80	10	60	0	0
10M	100	80	40	70	0	0
15M	100	80	50	70	0	0
20M	100	90	40	60	0	0
0R	50	10	10	0	0	80
5R	30	0	0	0	0	60
10R	90	60	20	40	0	70
15R	100	80	20	30	0	70
20R	100	70	60	60	0	50

Ⅲ 結 果

1. 培養苗の生存率および発根率

ガラス容器とラップ容器での生存率と発根率を比較するため、培養30日目と120日目の生存率、発根率、雑菌発生率を表-2に示した。

培養30日目の生存率は、ガラス容器を用いた試験区では、全個体が生存した。ラップ容器を用いた試験区では、サッカロース濃度5g/l以下で30~50%と低く、サッカロース濃度10g/l以上で90~100%と高かった。

培養120日目の生存率は、ガラス容器を用いた試験区では70~90%であった。ラップ容器を用いた試験区ではサッカロース濃度5g/l以下で0~10%と低く、サッカロース濃度10g/l以上で60~80%と高かった。

培養30日目の発根率は、ガラス容器を用いた試験区では、サッカロース濃度5g/l以下で10~20%と低く、サッカロース濃度10g/l以上で40~50%と高かった。ラップ容器を用いた試験区では、サッカロース濃度15g/l以下で0~20%と低く、サッカロース濃度20g/lで60%と高かった。

培養120日目の発根率は、ガラス容器を用いた試験区では、サッカロース濃度の違いにかかわらず60~70%であった。ラップ容器を用いた試験区では、サッカロース濃度5g/l以下で発根個体無く、サッカロース濃度10~15g/lで30~40%、サッカロース濃度20g/lで60%であった。

培養30日目の雑菌発生率は、全試験区で0%で

あった。

培養120日目の雑菌発生率は、ガラス容器を用いた試験区では0%で、ラップ容器を用いた試験区では50~80%であった。

2. 発根個体の生育状況

(1) 培養30日目

二次根は全試験区で発生していなかった。このため、根数、全根長、全根重は一次根の値である。

各試験区の発根個体における諸形質の平均値(表-3)は、根数が1.0~2.3本、全根長が3.0~48.0mm、全根重が0.1未満~1.1mg、シュート伸長量が0~5.0mm、伸長茎重が0~0.8mg、全展開葉重が1.0~7.8mg、TR率が21.0~235.0であった。

各形質について二元配置の分散分析を行ったところ、培養容器の違いとサッカロース濃度の水準間に有意な差はなかった。

(2) 培養120日目

各試験区の発根個体における諸形質の平均値(表-4)は、根数が6.8~45.8本、全根長が76.4~558.9mm、全根重が0.7~14.9mg、一次根数が2.8~4.5本、全一次根長が60.0~251.8mm、全一次根重が0.6~10.6mg、二次根数が4.0~41.3本、全二次根長が16.4~307.1mm、全二次根重が0.1未満~4.3mg、シュート伸長量が6.0~21.0mm、伸長茎重が0.7~7.4mg、全展開葉重が6.2~25.3mg、TR率が2.7~44.5であった。

表-3 培養30日目の発根個体における諸形質の平均値

区分	発根 個体数	根数	全根長	全根重	シュート 伸長量	伸長 茎重	全展開 葉重	TR率
	(個)	(本)	(mm)	(mg)	(mm)	(mg)	(mg)	
0M	2	2.0	48.0	1.1	4.0	0.8	4.8	21.0
5M	1	1.0	5.0	0.0*	5.0	0.0*	2.3	153.5
10M	4	2.3	39.5	1.1	4.3	0.7	7.8	92.5
15M	5	1.8	22.2	0.5	4.2	0.4	3.1	86.5
20M	4	1.0	8.5	0.4	2.0	0.1	1.0	106.2
0R	1	1.0	3.0	0.0*	0	0.0	5.2	235.0
10R	2	2.0	19.5	0.4	2.5	0.5	3.6	58.9
15R	2	2.0	34.5	0.1	3.0	0.1	3.6	74.1
20R	6	1.8	21.5	0.7	0.5	0.0*	1.2	51.5

0.0* : 0.1mg未満を示す。

表-4 培養120日目の発根個体における諸形質の平均値と検定結果

区分	発根 個体数	根数	全根長	全根重	一次 根数	全一次 根長	全一次 根重	二次 根数	全二次 根長	全二次 根重	シュート 伸長量	伸長 茎重	全展開 葉重	TR率
	(個)	(本)	(mm)	(mg)	(本)	(mm)	(mg)	(本)	(mm)	(mg)	(mm)	(mg)	(mg)	
0M	6	10.2	124.3	1.7	3.8	102.7	1.6	6.3	21.6	0.0*	7.0	1.7	9.2	44.5
5M	6	6.8	76.4	0.7	2.8	60.0	0.6	4.0	16.4	0.1	9.0	0.7	6.3	39.5
10M	7	15.0	227.1	3.0	3.9	155.7	2.4	11.1	71.4	0.6	14.7	2.5	11.5	8.2
15M	7	15.7	301.0	5.0	3.6	224.7	4.2	12.1	76.3	0.9	17.3	3.5	16.0	6.3
20M	6	9.7	146.7	2.2	3.3	118.7	2.0	6.3	28.0	0.2	8.5	1.5	6.2	7.7
10R	4	45.8	558.9	14.5	4.5	251.8	10.5	41.3	307.1	4.0	13.8	6.3	20.8	2.7
15R	3	31.3	427.7	14.9	4.3	220.3	10.6	27.0	207.3	4.3	21.0	7.4	25.3	3.9
20R	6	21.8	248.7	5.7	3.0	135.5	4.2	18.8	113.2	1.5	6.0	2.5	10.3	19.8
容器	—	**	**	**			**	**	**	**		**	*	
糖濃度	—		*	*		*	**		*		*	*	*	

*, ** : それぞれ5%, 1%水準で有意,

0.0* : 0.1mg未満を示す。

各形質について二元配置の分散分析を行ったところ、培養容器の違いについては根数、全根長、全根重、全一次根重、二次根数、全二次根長、全二次根重、伸長茎重が1%水準で、全展開葉重が5%水準で有意な差

があった。サッカロース濃度の水準間については全一次根重が1%水準で、全根長、全根重、全一次根長、全二次根長、シュート伸長量、伸長茎重、全展開葉重が5%水準で有意な差があった。

IV 考 察

ガラス容器を用いた試験区の発根率は、培養30日目にはサッカロース濃度が5g/l以下の試験区で低かったが、培養120日目には全試験区で高くなり、試験区間での差がほとんどなかった（表-2）。このことから、培養容器にガラス容器を用いる場合、サッカロース濃度は発根に要する時間的要因に対しては影響するが、最終的な発根率については大きな影響を及ぼさないと推測される。

一方、ラップ容器を用いた試験区の発根率は、サッカロース濃度が15g/l以下の試験区で、ガラス容器を用いた場合より低かった。特にサッカロース濃度が5g/l以下の試験区では、供試数のうち1個体しか発根しなかった（表-2）。これには、ガラス容器よりもラップ容器の試験区で、生存率が低かったこと、サッカロース濃度が5g/l以下では特に生存率が低かったこと（表-2）が影響している。また、培養120日目の発根率が低かった理由としては、ガラス容器を用いた試験区では雑菌の発生が無かったのに対し、ラップ容器を用いた試験区では培養120日目の雑菌発生率が60~80%と高かった（表-2）ことから、雑菌の発生による影響があると思われる。

次に、ラップ容器を用いた試験区で生存率が低かった理由としては、これらの試験区では培地の乾燥のため、培養途中に給水する必要があったことから、水分ストレスの影響が考えられた。また、サッカロース濃度が5g/l以下の試験区では10g/l以上の試験区よりも生存率が極端に低かった（表-2）ことから、ラップ容器を用いて培養シュートの生存率を高くするには、サッカロース濃度を10g/l以上にする必要があると推測された。

培養30日目の発根個体の諸形質は、培養容器の違いおよびサッカロース濃度の水準間に有意な差は無かった。これに対し、培養120日目の発根個体の諸形質は、培養容器の違いについては、根数、全根長、全根重、全一次根重、二次根数、全二次根長、全二次根重、伸長茎重が1%水準で、全展開葉重が5%水準で有意な差があった（表-4）。

これらのうち根に関係する諸形質の平均値は、ラップ容器を用いた試験区では、根数が21.8~45.8本、全根長が248.7~558.9mm、全根重が5.7~14.9mg、全一次根重が4.2~10.6mg、二次根数が18.8~41.3本、全二次根長が113.2~307.1mm、全二次根重が1.5~4.3mgであったのに対し、ガラス容器を用いた試験区では、根数が6.8~15.7本、全根長が76.4~301.0mm、全根重

が0.7~5.0mg、全一次根重が0.6~4.2mg、二次根数が4.0~12.1本、全二次根長が16.4~76.3mm、全二次根重が0.1未満~0.9mgで、全形質ともガラス容器よりもラップ容器を用いた試験区の水準の方が高かった。このことから、培養容器にはガラス容器よりもラップ容器を用いる方が、発根量、特に二次根（細根）量の多い個体が得られると考えられる。

シュート関係で有意な差のあった諸形質の平均値は、ラップ容器を用いた試験区では、伸長茎重が2.5~7.4mg、全展開葉重が10.3~25.3mgであったのに対し、ガラス容器を用いた試験区では、伸長茎重が0.7~3.5mg、全展開葉重が6.2~16.0mgで、両形質ともガラス容器よりもラップ容器を用いた試験区の水準の方が高かった。また、シュート伸長量は、培養容器の違いにより有意な差がなかった。これらのことから、培養容器にガラス容器よりもラップ容器を用いる方が、シュート伸長部の充実した個体が得られると考えられる。

田中ら（2001）はガス透過性に優れたポリメチルペンテン製のフィルムを素材とする培養容器（以下フィルム容器）と500ml三角フラスコ（ミリシール付きゴム栓、以下フラスコ容器）でシンビジウムを培養したところ、フィルム容器を用いた方が地上部生体重及び根重が重かったと報告している。また、培養容器内のエチレン濃度を測定したところフィルム容器の方がフラスコ容器よりもエチレン濃度が低かったと報告している（田中ら、2001）。エチレンは特殊な場合を除き成長の阻害や抑制に働くといわれている（勝見、1991）。このため、この濃度は高い方が成長に対して不利に働く。今回の発根した培養植物体も、ガラス容器で培養された場合は培養容器内にエチレンが蓄積したのに対し、ラップ容器を用いた場合は、容器の壁面からエチレンが放出され、培養容器内のエチレン濃度が高くならなかったことが推測される。このため培養を開始してから経過時間が長くなるにしたがい、ガラス容器よりもラップ容器で培養した個体の方が発根量が多く、シュート伸長部の充実したものが多いと考えられる。

培養120日目の発根個体の諸形質におけるサッカロース濃度の水準間については、全一次根重が1%水準で、全根長、全根重、全一次根長、全二次根長、シュート伸長量、伸長茎重、全展開葉重が5%水準で有意な差があった（表-4）。このことから、サッカロース濃度も発根個体の諸形質に影響を及ぼすと考えられる。

有意差のあったこれらの諸形質について、各試験区の平均値から培養容器ごとに順位をつけたところ、サッカロース濃度10g/lと15g/lの試験区は、両培養容器の試験区とも常に上位2位以内であった。また、これら以外の発根量とシュート成長に関係する諸形質につい

ても、各試験区の平均値から培養容器ごとに順位をつけたところ、多くの場合、同様のことがいえた。そこで、全発根個体を対象とした場合、培養容器の違いおよびサッカロース濃度の水準間に有意な差が無かったTR率について、サッカロース濃度10g/lと15g/lの試験区の発根個体に絞って、二元配置の分散分析を行った。その結果、サッカロース濃度の水準間では有意な差がなかったが、培養容器の違いについては1%水準で有意な差があった。この時のTR率は、ラップ容器を用いた試験区では2.7~3.9、ガラス容器を用いた試験区では6.3~8.2で、ガラス容器よりもラップ容器を用いた試験区の水準の方が低かった。このことから、培養容器をラップ容器とし、サッカロース濃度を10g/l又は15g/lとすることにより、TR率の低い個体を得られたと考えられる。この条件は、ラップ容器を用いた場合に生存率が高いと推測されるサッカロース濃度、および発根量、特に二次根（細根）量の多く、シュート伸長部の充実した個体を得られる培養容器に合致する点からも支持される。

引用文献

- 東眺史他（2004）べた掛け法を用いた培養植物の順化。
日林北支論52：51-53.
- 勝見允行（1991）植物のホルモン．118-123，裳華房，東京．
- 茂木靖和・坂井至道（2004）組織培養によるハナノキのクローン増殖．岐阜県森林研研報33：19-22.
- 最新バイオテクノロジー全書編集委員会（1989）木本植物の増殖と育種．269pp，農業図書，東京．
- 佐藤孝夫(1999)茎頂培養法によるチシマザクラ優良個体の大量増殖．北海道林試研報36：1-9.
- 日本植木協会（1991）緑化樹木の生産技術，第2集落葉広葉樹編．85-86，日本緑化センター，東京．
- 田中道男他（2001）高ガス透過性多層フィルムを素材とした培養システムにおけるシンビジウムクローン苗の生育．園学雑70別2：426.
- 塘隆男（1965）よい苗木の性質と施肥．（造林ハンドブック．坂口勝美・伊藤清三監修，935pp，養賢堂，東京）．232-236.

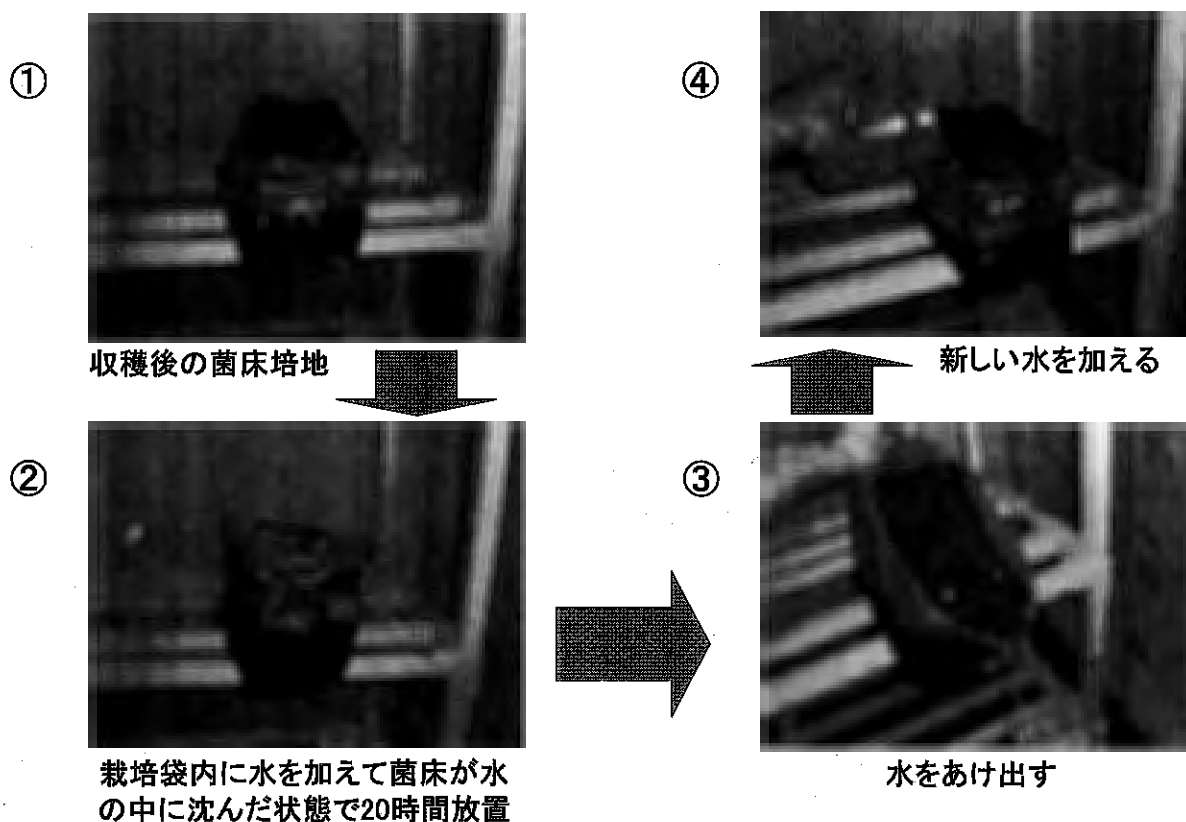


図-1 上面発生方式での浸水処理法

Ⅲ 結果と考察

1. キノコバエの防除効果

浸水処理後34日目のキノコバエ成虫数を図-2に示す。10菌床から羽化したキノコバエ成虫数は、対照区では297頭に対し、浸水区では71頭と少なかった。また、浸水処理後あげ出した水の中のキノコバエ幼虫は、10菌床で計445匹であった。これは、菌床を浸水するとキノコバエの幼虫が脱落し、菌床表層内の幼虫数が減少するという報告（石谷，1995）と一致しており、菌床を浸水することで菌床上面もしくは側面に棲息するキノコバエの幼虫を死亡させるとともに、その後袋内の水を新しい水と交換することで幼虫を洗い流すことができたためと考えられる。

以上のことから、上面発生方式での浸水処理は、キノコバエの幼虫を洗い流すことができ、キノコバエ成虫の発生密度を低下させる栽培技術と考えられた。

2. 子実体発生への影響

浸水処理後の子実体発生経過を図-3に示す。浸水区は、対照区に比べて早期に子実体が多く発生した。これは、浸水という物理的刺激により、菌床上面のシイタケの発生が促進されたことによると考えられる。しかし、浸水処理後50日を過ぎると両試験区とも発生

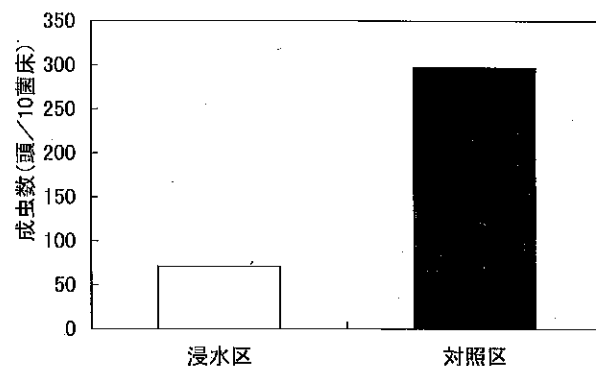


図-2 浸水処理後34日目のキノコバエ成虫数

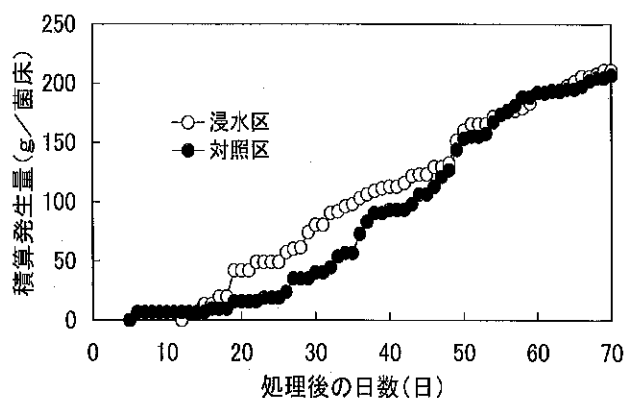


図-3 浸水処理後の子実体発生経過

資 料

シイタケの上面発生時に多発するキノコバエ類の浸水処理による防除*

井戸好美・大橋章博

キーワード：キノコバエ，菌床シイタケ，上面発生，浸水処理

I はじめに

岐阜県における菌床シイタケ栽培は、昭和63年頃から始まり、県北部を中心に農閑期作物として導入され、ハウス等で簡易に栽培できることから順調に生産量を伸ばしてきた。ところが近年、この栽培施設にクロバネキノコバエ類（以下、キノコバエ）が発生し、大きな問題となっている。しかし、このキノコバエを防ぐための化学農薬は登録がないことや、農薬が登録されたとしてもその使用は、シイタケの健康食材としてのイメージを損ねることから、生産者は化学農薬を使用しない防除技術の開発を強く望んでいる。

井戸ら（2003）はこれまでに、キノコバエ発生を抑制するには被害が多発する上面発生方式の給水方法が重要であると報告している。しかし、キノコバエの防除に関する研究は、天敵線虫製剤（岩澤，2000；岩澤，2001）や捕虫器（後藤ら，1995；坂田ら，1999）など薬剤や機器により、キノコバエの発生密度を低下させるという報告はあるが、上面発生方式の給水方法を変更するなど栽培技術での防除方法はほとんど検討されていない。この技術が確立できれば、栽培工程の一部を変更するだけでキノコバエ防除が可能となる。

そこで本報告では、上面発生方式の給水方法を常法の散水から栽培棚に置いた状態で浸水効果が得られる新たな浸水処理法に代えることによる、キノコバエの防除効果と子実体発生への影響を検討した。

II 試験方法

供試菌株は、北研603号菌（（株）北研）を用いた。培地は、粗いオガ粉（商品名ナバチップ，（有）飛騨菌床）と細かいオガ粉（広葉樹製材オガ屑）と培地添加物（フスマと米糠）を乾燥重量比で7:3:1に混合し、

水道水を加えて含水率を約65%（湿量基準）に調整した。この培地を片面に通気用フィルターを装着した2.5kg用のPP（ポリプロピレン）製栽培袋（（株）北研）に2.5kgずつ詰めて滅菌（98℃，4～5時間）し、種菌を接種した。培養は、国府町の菌床シイタケ栽培施設で2003年2月～8月の7ヶ月間行った。

発生管理は、栽培袋の上部をカットし、菌床を反転させて高温処理（27℃，10日間）後、菌床を正転させて給水した。その後、当研究所の簡易施設に移し、週に1回程度の散水を行い、シイタケを発生させた。

試験区は、2003年10月～12月の3ヶ月間の散水により、発生させたシイタケを収穫した後、2004年1月6日に栽培袋内に水を加えて菌床が水の中に沈んだ状態で20時間放置し、その後水をあけ出し再び新しい水を加えた（図-1）浸水区と週に1回程度の散水を発生期間（浸水処理後70日間）中行う対照区とした（各区10菌床）。試験に用いた菌床は、それぞれある程度密閉できる容器の中に入れて簡易施設内の栽培棚で管理し、羽化したキノコバエ成虫数と子実体の発生状況を調査した。

発生期間中の簡易施設内の温度は、12～14℃で12℃以下にならないように送風暖房機で調整した。後藤ら（1995）は、ツクリタケの栽培温度である17℃では、キノコバエが成虫になるまでに28日を要し、シイタケの栽培温度である13℃では、39日を要すると報告している。簡易施設内の温度は12～14℃であることから、キノコバエ成虫数は、浸水処理後34日目までに容器内で羽化した数を計数した。

また、子実体の発生状況は、シイタケが6～8分開きの時点で収穫し、生重量と発生個数および傘の直径を測定した。なお、子実体の規格は、傘の直径8cm以上を2L，6cm以上8cm未満をL，4cm以上6cm未満をM，3cm以上4cm未満をSとした。

* 本報告は、第54回日本木材学会において発表した。

表-1 子実体の発生状況(処理前と処理後)

試験区	発生重量(g)		発生個数(個)		個重(g/個)	
	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
浸水区	519.0±117.3	211.0±65.3	13.8±4.0	9.9±3.1	37.6±6.1	21.3±2.6
対照区	500.6±132.8	207.0±54.2	13.7±5.6	7.5±2.0	36.5±9.3	27.6±5.3

平均値±標準偏差, 値:1菌床当たり, n=10

発生期間:処理前;90日(10月~12月), 処理後;70日(1月~3月)

経過に差がなくなることから, シイタケの発生を促進する効果はなくなったと考えた。

子実体の発生状況を表-1に示す。浸水処理後の子実体の発生状況を比較すると, 1菌床当たりの発生重量は, 対照区では207gに対し, 浸水区では211gとほぼ同じであった。1菌床当たりの発生個数は, 対照区では7.5個に対し, 浸水区では9.9個と2.4個多かった。個重(シイタケ1個当たりの重量)は, 対照区では27.6gに対し, 浸水区では21.3gと6.3g少なかった。発生重量, 発生個数および個重についてU検定を行ったところ, 個重において両試験区間に有意な差がみられた($p<0.01$)。

また, 浸水処理後収穫した子実体の規格割合は, 対照区では規格L(傘径6~8cm)が全体の60%と最も高く, 規格M(傘径4~6cm)は36%であった(図-4)。一方, 浸水区では規格Mが全体の65%と最も高く, 規格Lは33%となり, 対照区に比べて傘径の小さいシイタケの割合が高くなった。シイタケは, 多量にあるいは集中的に発生すると小形になる(最新バイオテクノロジー全書編集委員会, 1992)といわれている。今回浸水区は, 浸水という物理的刺激により, 対照区に比べて短期間にシイタケが多く発生したことから, 傘径が小さくなったと考えられる。

以上のことから, 上面発生方式での浸水処理は, 子実体の発生重量には影響はないが, 収穫した子実体の傘径は小さくなることがわかった。

IV まとめ

キノコバエの防除技術を開発するため, 上面発生方式の給水方法を常法の散水から栽培棚に置いたまま浸水効果が得られる新たな浸水処理法に代えて栽培を行ったところ, キノコバエ幼虫を駆除する効果が高く, キノコバエ成虫の発生密度を低下させることができた。また, 子実体の発生重量には影響はないが, 傘径が小さくなることがわかった。

これらのことから, 新たな浸水処理法は, 子実体の

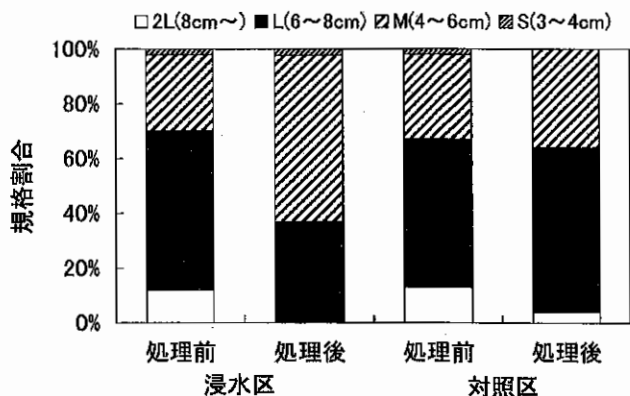


図-4 収穫した子実体の規格割合

傘径は小さくなるが, キノコバエの防除技術としては有効な手法であると考えられる。今後は, 浸水の回数や排水の方法などを検討し, 栽培現場に技術移転していきたいと考えている。

謝 辞

本研究を進めるに当たり, 菌床作成や培養管理では, 吉城きのこ生産出荷組合の方々に協力して頂いた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 後藤忠男・伊藤雅道(1995)きのこ菌床栽培の病原菌と害虫, 農林水産技術会議事務局・森林総合研究所:41-54.
- 井戸好美・大橋章博(2003)岐阜県の菌床シイタケ栽培施設におけるキノコバエ類の被害とその対策, 日本応用きのこ学会第7回大会講演要旨集, 90.
- 石谷栄次・伊藤雅道・大河内勇(1995)菌床シイタケ生産施設におけるツクリタケクロバネキノコバエ(*Lycoriella mali*)の被害(I)ー菌床表面での成虫・幼虫の徘徊と子実体の被害ー, 日林関東支論46, 137-138.
- 岩澤勝巳(2000)ツクリタケクロバネキノコバエに対する天敵線虫製剤の防除効果, 日林関東支論51:159-160.

- 岩澤勝巳（2001）菌床シイタケ栽培における天敵線虫
製剤によるクロバネキノコバエ類の防除効果，日
林関東支論52：157-158.
- 最新バイオテクノロジー全書編集委員会（1992）きの
この増殖と育種，307pp，農学図書，東京.
- 坂田勉・瀧謙治・荊尾ひとみ（1999）ナガマドキノコ
バエによるシイタケ子実体食害とその防除の試み，
森林応用研究8：225-226.

編集委員長 古 川 邦 明

編 集 委 員 井川原 弘 一

上 辻 久 敏

中 島 美 幸

水 谷 和 人

横 井 秀 一

平成17年3月31日

岐阜県森林科学研究所研究報告 第34号

岐阜県美濃市曾代 1128-1

発行所 岐阜県森林科学研究所

TEL (0575) 33-2585

印刷所 山興印刷株式会社

TEL (0583) 89-1414

