

下層植生が衰退したヒノキ人工林における間伐後5年間の 下層植生の種組成と植被率の変化*

渡邊仁志・横井秀一**・井川原弘一***

Changes of the species composition and cover ratio of
ground vegetation in Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) plantations
with poor undergrowth within 5 years after thinning*

Hitoshi WATANABE, Shuichi YOKOI** and Koichi IGAWAHARA***

ヒノキ人工林において、表土流亡の抑止に有効とされている下層植生の発達に及ぼす間伐の影響を検証するために、岐阜県南部の4林分(6調査区)に各6~21箇所の小方形区(1 m²)を設置し、間伐後5年間の下層植生の種組成と植被率の変化を調査した。間伐後、林内の相対散乱光(DIF)は大きくなり、草本層(地上高0.6m以下)の平均植被率は増加した。間伐5年後の平均植被率は、断面積間伐率が50%を超える間伐(強度間伐)や群状間伐を実施した調査区で、特に大きかった。ただし、植生発達の状況は、同じ調査区の中でも箇所によって違いがあり、どの小方形区でも一樣に植被率が高いわけではなかった。草本層植被率50%(表土流亡の抑止効果が特に高い)を目安とすると、部分的にはそれをを超える箇所があるが、全体ではそれに及ばない調査区が多かった。種組成は、間伐後の年数や調査区に関わらず、間伐後に出現した種(新規種)が多数を占めていた。一方、植被率は、間伐2年後には、すべての調査区で間伐前から存在した種(既存種)の占める割合が高かったが、間伐5年後には、新規種の割合が高い調査区もみられた。既存種や新規種が占める割合の違いには、間伐時に存在した下層植生の種類や埋土種子の有無が影響していると考えられる。下層植生が衰退したヒノキ人工林で間伐を実施することにより、下層植生が発達することが確かめられた。しかし、間伐後5年が経過し、DIFは間伐直後より低下した。一時的に発達した先駆樹種が衰退するなど、林内の光環境が悪化していることが推測される。

キーワード: ヒノキ人工林, 群状間伐, 強度間伐, 下層植生, 種組成, 植被率

I はじめに

林地の表土流亡を防止し表土を保全するうえで、林床の被覆は重要である(中野, 1973; 三浦, 2000)。林床の被覆物としては下層植生(岩川ら, 1987)や堆積リター(小林ら, 1979; 村井, 1976)などの報告がある。ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)人工林の場合、林床には堆積リターがほとんどないので、林床の被覆効果がより大きいのは下層植生である(三浦, 2000)。しかし、間伐が遅れて過密状態になったヒノキ人工林では、林冠の閉鎖にともなって下層植生が衰退しやすいことが知られている。また、下層植生に乏しい貧植生型の林床では、表土流亡の危険性が高いことが指摘されている(梶原ら, 1999; 渡邊ら, 2004)。このような林分ではヒノキの保育だけでなく、下層植生の発達

を期待した治山事業(例えば、保安林整備事業における本数調整伐)などが実施されている。しかし、下層植生が一度衰退してしまったヒノキ人工林においては、間伐によってそれが回復しない事例(中村, 1992; 深田ら, 2006; 横井ら, 2008)が報告されている。

その理由としては、間伐率の低さ、間伐以前の無植生状態の長期化、間伐間隔の開きすぎ(中村, 1992)や埋土種子の少なさ、間伐後の林内照度の不十分さ(横井ら, 2008)が指摘されている。ここで、林内がより明るくなるような間伐方法を工夫すれば、下層植生が回復しない原因のひとつ(間伐率の低さやそれにともなう林内の明るさ不足)を解決できると考えられる。そのための間伐手法としては、通常間伐(定性的な点状間伐)の手法をとりつつ間伐率を高くする(以下、「強度間伐」

* 本研究の一部は、日本生態学会第58回大会で発表した。

** 前: 岐阜県森林研究所, 現: 岐阜県立森林文化アカデミー

*** 前: 岐阜県森林研究所, 現: 岐阜県可茂土木事務所

表－1 調査地の概要

| 調査地 | 標高 (m) | 年降水量 ¹⁾ (mm) | 年平均気温 ¹⁾ (°C) | 斜面傾斜 (°) | 傾斜 方位 | 斜面 位置 | 林齢 ²⁾ (年) |
|-----|-----------|----------------------------|-----------------------------|-------------|----------|----------|-------------------------|
| 高富 | 80 | 1915.3 | 15.5 | 28 | 北東 | 下部 | 29 |
| 加子母 | 1090 | 2409.7 | 11.8 | 36 | 西 | 中部 | 33 |
| 上矢作 | 630 | 1768.5 | 12.8 | 33 | 東 | 中部 | 31 |
| 山岡 | 780 | 1768.5 | 12.8 | 20 | 南西 | 下部 | 42 |

1) 気象統計情報(気象庁, <http://www.jma.go.jp/>)による, 各調査地に最寄りの気象観測所(高富:岐阜気象観測所, 加子母:宮地気象観測所, 上矢作・山岡:恵那気象観測所)における平年値または準平年値である。

2) 調査開始時

表－2 各調査地の林分の概要

| 調査区 | 間伐率 (%) | | 本数密度 (本/ha) | | 平均胸高直径 (cm) | | 平均樹高 (m) | |
|-----------|---------|--------------------|-------------|------|-------------|--------------------|----------|--------------------|
| | 本数率 | 断面積率 | 間伐前 | 間伐後 | 間伐後 | 再調査時 ¹⁾ | 間伐後 | 再調査時 ¹⁾ |
| 高富・通常間伐区 | 38.1 | 28.2 ²⁾ | 1641 | 1016 | 19.4 | 20.1 | 14.7 | 15.8 |
| 高富・群状間伐区 | 34.0 | 27.0 | 1886 | 1245 | 17.5 | 18.0 | 13.9 | 15.0 |
| 加子母・通常間伐区 | 40.7 | 40.9 ²⁾ | 1598 | 947 | 22.3 | 24.0 | 17.5 | 18.7 |
| 加子母・群状間伐区 | 43.9 | 45.3 | 1334 | 749 | 23.6 | 25.6 | 18.2 | 19.4 |
| 上矢作・通常間伐区 | 50.0 | 52.3 ²⁾ | 1682 | 841 | 20.5 | 22.0 | 16.7 | 17.7 |
| 山岡・通常間伐区 | 46.0 | 38.8 ²⁾ | 2121 | 1145 | 20.7 | 21.8 | 18.0 | 19.4 |

1) 2009年または2010年

2) 伐根直径の測定値から推定した。

間伐率, 本数密度, および間伐後の平均胸高直径, 平均樹高は, 横井ら(2009)による。

とする)ことや, 林分のところどころを小集団で伐採し, 部分的に明るい箇所をつくり出す(以下, 「群状間伐」とする)ことが挙げられる。

筆者らは, 間伐(強度間伐, 群状間伐)が, 下層植生の発達に及ぼす影響を検証するために設置した調査地で, 間伐後の下層植生の変化を調査している。既報(横井ら, 2009)は, この調査地における間伐後の下層植生の発達過程から, 間伐後2年間の植生発達においては間伐前から存在した種への依存度が高いことを示し, 結論を出すことはできないとしながらも, これらの間伐手法が下層植生の発達に対して効果があることを示唆した。本研究では, その後の調査をもとに, 下層植生が衰退したヒノキ人工林における間伐後5年間の下層植生の種組成と植被率の変化を示し, 既報(横井ら, 2009)の結果もふまえて, 下層植生の発達に対するこれらの間伐の効果を考察する。

II 調査地および調査方法

1. 調査地の概況と間伐方法

調査地は, 岐阜県山県市大桑(旧高富地区; 以下, 高富とする), 中津川市加子母(以下, 加子母), 恵那市上矢作町(以下, 上矢作), 恵那市山岡町(以

下, 山岡)の計4箇所に設定した(表-1)。いずれの調査地も岐阜県南部にあり, 下層植生が衰退~やや衰退したヒノキ人工林を, 調査を開始する前後に間伐した林分である。

高富調査地と加子母調査地においては, 2005年の秋に調査区を設置し, その直後に間伐を実施した。これらの調査地には, それぞれに間伐方法の異なる2調査区(通常間伐区, 群状間伐区)を設置した。通常間伐区(高富:256m², 加子母338m²)では, 定性的な点状間伐の手法で間伐木を選定した。群状間伐区(高富:265m², 加子母427m²)では, 通常間伐区と同様に間伐木を選定した上で, 区内の中央付近の1箇所において, 数本のまとまり(伐採群とする)が伐採されるよう, 間伐木を追加した。伐採群の面積は, およそ20m²程度となった。上矢作調査地では2005年夏に, 山岡調査地では2003年から2004年にかけての冬に間伐を実施した林分に, 2006年春に調査区(上矢作・通常間伐区:321m², 山岡・通常間伐区:297m²)を設置した。

各調査区の林分の概要を表-2に示す。横井ら(2009)によると, 高富調査地と山岡調査地では, 小径木主体の伐り捨て間伐が行われた。また, 加子母調査地では, 全層間伐が行われたあと, 太めの木は収穫され小径木は林地に残置された(横

井ら, 2009)。上矢作調査地では, 太めの木を主体とする利用間伐が行われた(横井ら, 2009)。各調査地における間伐率は, 本数率で34.0~50.0%, 断面積率で27.0~52.3%であった。このうち, 通常間伐区における本数間伐率は38.1~50.0%(断面積間伐率28.2~52.3%)であり, 通常間伐区には, さまざまな間伐強度の調査区が含まれていた。なお, 群状間伐区の伐採群付近における部分的な間伐率は表-2に示された数値よりも高く, 伐採群から離れた箇所における間伐率は示された数値より低かった。

2. 調査方法

(1) 調査区の設置

各調査区において, 小方形区(1m×1m)をベルト状に連続して配置した。高富・通常間伐区では, 調査区の中央に, 長さ14mのベルトを等高線方向に設置した(14小方形区)。高富・群状間伐区では, 伐採群の中央で直交する2本のベルト(傾斜方向17m, 等高線方向17m)を十字型に設置した(33小方形区)。加子母・通常間伐区では, 調査区内の上部と下部に, 長さ10mのベルトを等高線方向に2本設置した(20小方形区)。加子母・群状間伐区では, 伐採群の中央で直交する十字型に, 2本のベルト(傾斜方向30m, 等高線方向23m)を設置した(52小方形区)。上矢作・通常間伐区では, 調査区内の上部(長さ12m)と下部(長さ9m)にベルトを等高線方向に設置した(21小方形区)。山岡・通常間伐区では, 長さ6mのベルトを傾斜方向に1本設置した(6小方形区)。

(2) 林床の光環境の測定

各小方形区において, Ishida(2004)に従って全天空写真を撮影し, 相対散乱光(標準曇天時, 以下DIFとする)を求めた。全天空写真の撮影には, デジタルカメラ(ニコン COOLPIX995)とフィッシュアイコンバーター(ニコン FC-E8)を使用した。DIFの計算には, RGBFisheye ver.2.01(Ishida, 2004)を用いた。全天空写真は, 高富調査地と加子母調査地では間伐前(2005年秋; 1小方形区おき)と間伐後(2006年秋; 全小方形区)および2010年秋(全小方形区)に, 上矢作調査地と山岡調査地では間伐後(2006年春; 全小方形区)と2010年秋(全小方形区)に撮影した。

(3) 下層植生の調査

各小方形区内で, 草本層(地上高0.6m以下), 低木層(地上高0.6mより上)の2階層に分布する維管束植物を対象に植生調査を行った。調査では, はじめに各小方形区のそれぞれの階層の植被率(百

分率)を測定し, さらに, 種類ごとに植被率を記録した。小方形区ごとに出現種の植被率を合計し, これを「積算植被率」とした。これらの調査は, 高富調査地と加子母調査地では, 2005年秋(間伐前), 2006年秋, 2007年秋, 2010年秋の計4回, 上矢作調査地と山岡調査地では, 2006年春, 2006年秋, 2007年秋, 2010年秋の計4回行った。

なお, これ以降, 本報告においては, 2006年春の調査時期を「2006年春」とし, それ以外の秋の調査時期は, それぞれ「2005年」, 「2006年」, 「2007年」, 「2010年」と表記する。

3. データ解析

加子母調査地は初回調査時に低木が散生していた。低木が含まれる小方形区は, 2005年(間伐前)の植被率が大きかった。本調査地における一連の調査では, 初回調査時の積算植被率が30%以上の小方形区を解析から除外した(横井ら, 2009)。

高富調査地では, 2006年の調査後に南東側に隣接するヒノキ林が間伐された。この間伐が比較的強度であり, かつ林分の境界付近が集団で伐採されたため, この林分との境界近くに設置した通常間伐区の光環境が, 調査地を設定した時点よりも明るくなった(横井ら, 2009)。本報告では, 通常間伐区のうち, この間伐の影響を強く受けたと考えられる林分境界付近の7小方形区を解析から除外した。

高富調査地と加子母調査地の群状間伐区では, 伐採群の中とそれ以外において, 光環境が大きくばらつき, 下層植生の回復状況にも差がみられた。本報告では, 便宜的に伐採群の中央(すなわち調査ベルトの交点とそれに近い13小方形区)を伐採群内, それ以外の小方形区を伐採群外とし, 群状間伐の効果の評価するために, 解析は伐採群内の小方形区で行った。

この結果, 解析に供した小方形区は, 高富調査地(通常間伐区: 7小方形区, 群状間伐区: 13小方形区), 加子母調査地(通常間伐区: 14小方形区, 群状間伐区: 12小方形区), 上矢作調査地(通常間伐区: 21小方形区), 山岡調査地(通常間伐区: 6小方形区)となった。

Ⅲ 結果

1. 林床の光環境の変化

各調査区におけるDIFの変化を表-3に示す。間伐前のDIFは, 高富調査地で2.24~2.30%, 加子母調査地で2.46~2.72%であった。間伐後のDIFは, 7.26~24.61%で, 同じ調査地内では通常間伐区よりも群状間伐区の方が値が大きかった。再調

表-3 各調査地におけるDIFの変化

| 調査区 | DIF (%) ¹⁾ | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------------|
| | 間伐前 | 間伐後 | 再調査時 ²⁾ |
| 高富・通常間伐区 | 2.24 ± 0.30 | 7.26 ± 0.70 | 9.20 ± 1.33 * |
| 高富・群状間伐区 | 2.30 ± 0.36 | 17.14 ± 2.40 | 16.61 ± 1.86 |
| 加子母・通常間伐区 | 2.72 ± 0.51 | 18.56 ± 2.89 | 10.85 ± 2.73 ** |
| 加子母・群状間伐区 | 2.46 ± 0.87 | 24.12 ± 2.10 | 17.38 ± 1.03 ** |
| 上矢作・通常間伐区 | | 24.61 ± 1.83 | 14.63 ± 5.45 ** |
| 山岡・通常間伐区 | | 13.94 ± 1.35 | 4.87 ± 0.18 ** |

1) 各調査区の平均値±標準偏差で示す。

2) 2010年秋。アスタリスクは、間伐後と再調査時の数値に有意差(Mann-WhitneyのU検定, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)があることを示す。

間伐前, 間伐後の数値は, 横井ら(2009)による。

査時(2010年)のDIFは, 4.87~17.38%であった。間伐後の結果と同様, 同じ調査地内では群状間伐区の方が値が大きかった(Mann-WhitneyのU検定, 高富調査地 $p < 0.05$, 加子母調査地 $p < 0.01$)。高富・通常間伐区を除き, 間伐後のDIFよりも再調査時のそれの方が小さかった。特に山岡・通常間伐区では, 高富調査地, 加子母調査地の間伐前に近い値にまで低下していた。

2. 植被率の変化

山岡調査地においては, 調査期間を通じて低木層のある小方形区はなかった。それ以外の調査地で低木層がみられた小方形区の状況は, 以下のとおりである。高富・通常間伐区(全7小方形区)では2007年に2区(植被率2%), 2010年に3区(植被率2~8%), 群状間伐区(全13小方形区)では2007年に3区(植被率1~12%), 2010年に13区(植被率0.5~65%)であった。2010年に植被率65%を記録したのは, コシアブラ(*Acanthopanax sciadophylloides*)が優占する小方形区であった。加子母・通常間伐区(全14小方形区)で低木層がみられた小方形区は, 2005年に5区(植被率2~22%), 2007年に2区(植被率2~4%), 2010年に12区(植被率4~50%)であった。2010年の植被率50%は, シロモジ(*Lindera triloba*)によるものであった。2007年より2005年の方が低木層が存在する小方形区が多かったり, その植被率が大きかったりしたのは, 間伐時に低木が伐採された影響である。同様に群状間伐区(全12小方形区)では, 2005年に3区(植被率1~4%), 2007年に3区(植被率0.5~4%), 2010年に7区(植被率5~90%)であった。2010年に植被率が高かったのは, コアジサイ(*Hydrangea hirta*)が優占する小方形区であった。上矢作調査地(全21小方形区)で低木層がみられた小方形区は, 2007年に5区(植被率1~50%), 2010年に13区(植被率1~30%)で

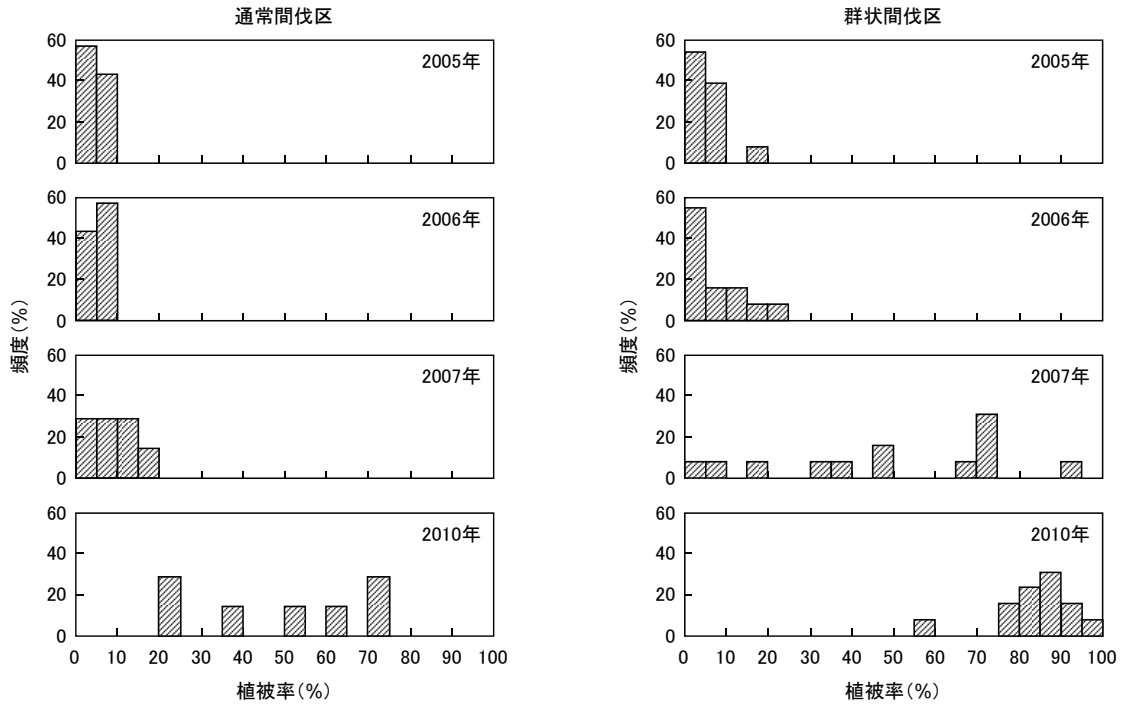
あった。2007年の植被率50%は, ニガイチゴ(*Rubus microphyllus*)によるものであった。

高富調査地における草本層植被率の頻度分布を図-1に示す。2005年の草本層植被率は, どちらの間伐区とも0~5%の頻度が最も高かった。2006年には, 2005年よりも植被率の高い小方形区が多くなり, 2007年には群状間伐区において, 植被率のばらつきが大きくなった。2010年には通常間伐区において2007年よりも植被率の高い小方形区が多くなり, そのばらつきが大きくなった。群状間伐区においては, 85~90%の頻度が最も高かった。草本層植被率は, 2007年と2010年において, 両間伐区で有意に異なった(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.01$)。

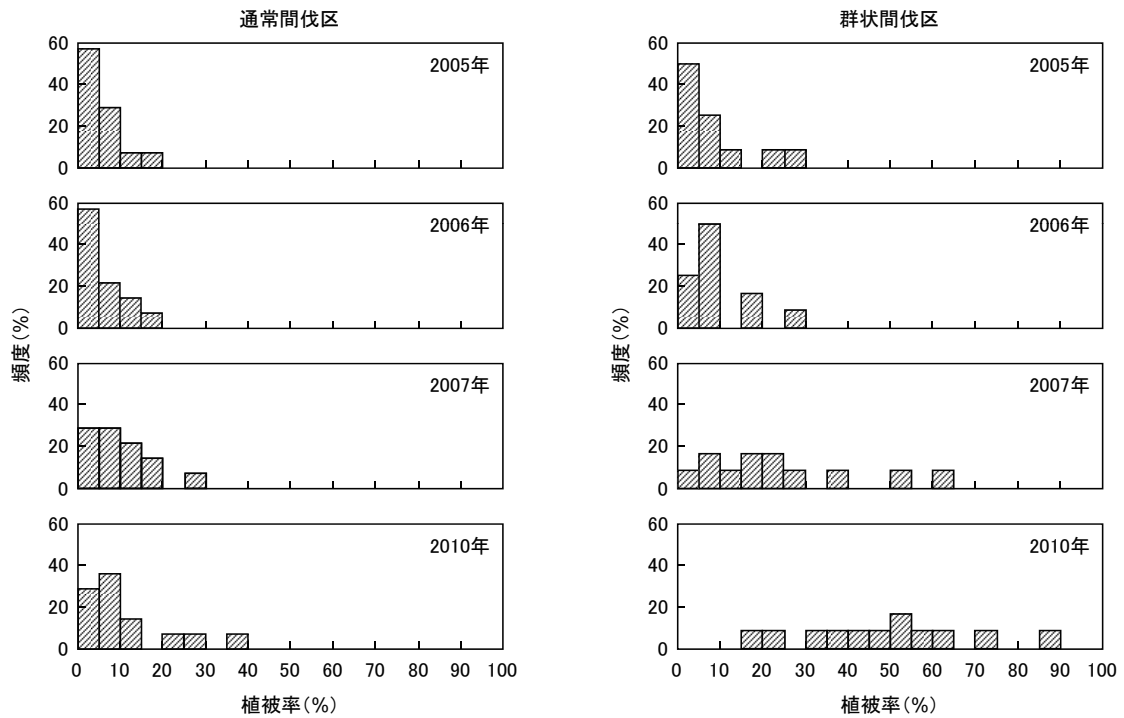
加子母調査地における草本層植被率の頻度分布を図-2に示す。2005年の草本層植被率は, どちらの間伐区とも0~5%の頻度が最も高く, その後は, 徐々に植被率の大きい小方形区が増加していった。2007年と2010年には群状間伐区で値のばらつきが大きくなった。2007年と2010年において, 通常間伐区の草本層植被率と群状間伐区のそれには, 有意な差が認められた(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.01$)。

上矢作調査地における草本層植被率の頻度分布を図-3に示す。草本層植被率は, 2006年春には0~5%の頻度が最も高く, 2006年(その年の秋)にはより植被率の大きい小方形区が出現した。続く2007年と2010年には, 値のばらつきが大きくなり, 部分的には草本層植被率が50%を超える小方形区もみられた。

山岡調査地における草本層植被率の頻度分布を図-4に示す。草本層植被率は, 2006年春にはすべての小方形区で0~5%であった。2006年には5~10%の頻度が高くなり, 2007年にはさらに植被率が大きい小方形区が増加した。2010年には20~25%の頻度が最も高かったが, それ以上の草本



図一 1 高富調査地における草本層植被率の頻度分析



図一 2 加子母調査地における草本層植被率の頻度分析

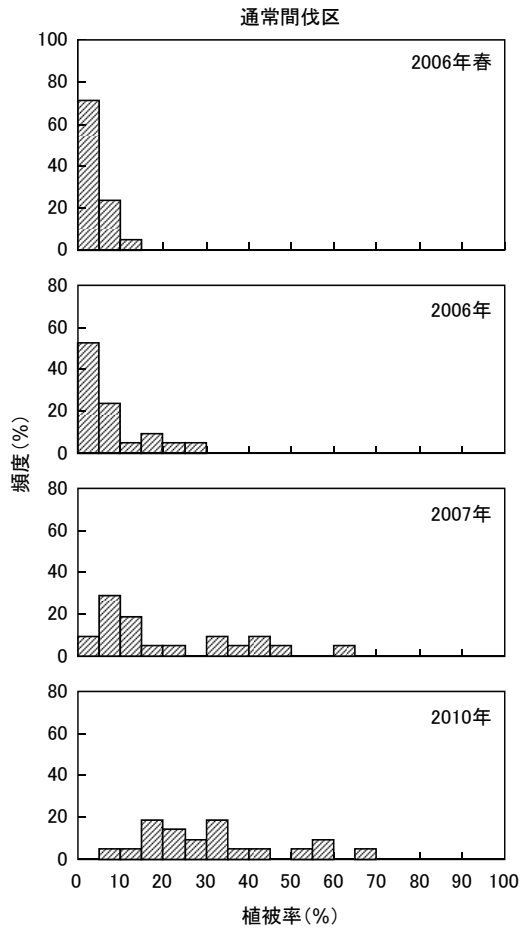


図-3 上矢作調査地における草本層
植被率の頻度分析

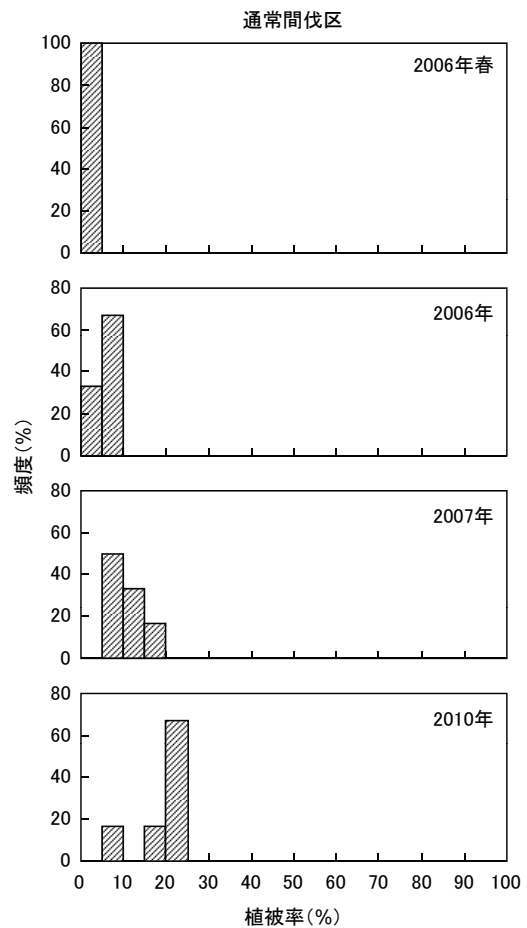


図-4 山岡調査地における草本層
植被率の頻度分析

層植被率をもつ小方形区はみられなかった。

初回調査時（2005年または2006年春）から2006年にかけて、各調査区における草本層植被率の平均（平均草本層植被率）は、どの調査区も緩やかに増加していた（図-5～7）。同じく、2006年から2007年にかけては、急増する調査区（高富・群状間伐区、加子母・群状間伐区）と緩やかなままの調査区（高富・通常間伐区、加子母・通常間伐区、上矢作・通常間伐区、山岡・通常間伐区）とがみられた（図-5～7）。続く2007年から2010年は、増加している調査区（高富・通常間伐区、高富・群状間伐区、加子母・群状間伐区）と緩やかに増加する調査区（加子母・通常間伐区、上矢作・通常間伐区、山岡・通常間伐区）とがあった（図-5～7）。2007年および2010年の平均草本層植被率は、群状間伐区が同じ調査地の通常間伐区よりも大きかった（図-5, 6）。

3. 出現種の変化

図-8には、2010年の調査時における各調査区の積算植被率の平均（平均積算植被率）を、その

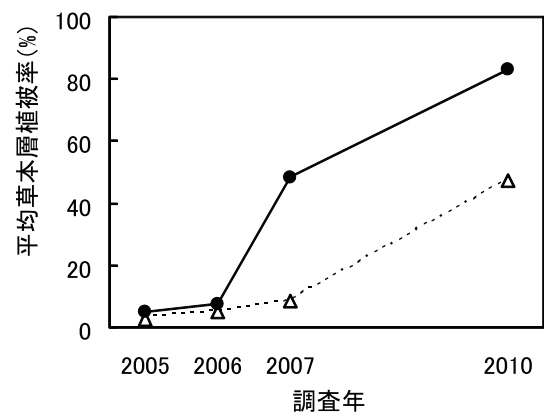
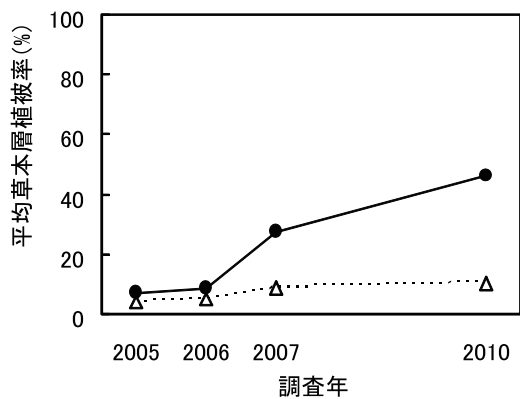
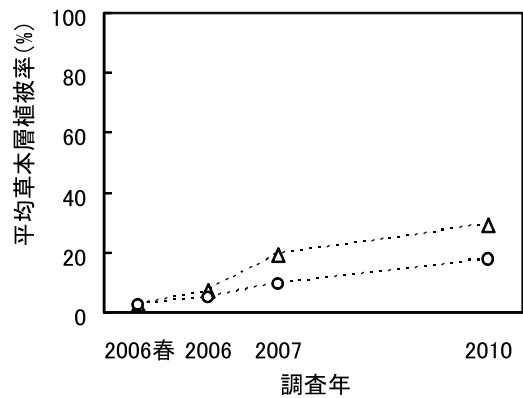


図-5 高富調査地における平均草本植被率
の変化

△は通常間伐, ●は群状間伐を示す。



図一六 加子母調査地における平均草本植被率の変化
△は通常間伐, ●は群状間伐を示す。



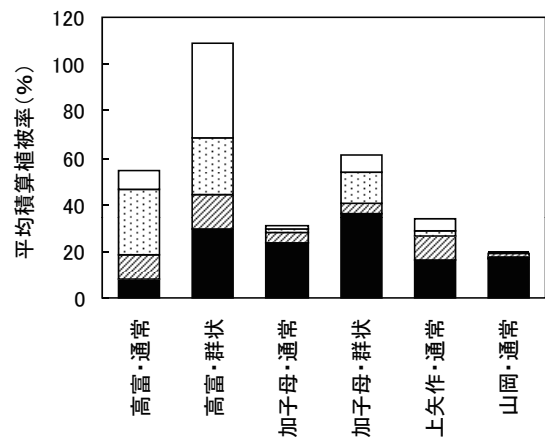
図一七 上矢作調査地と山岡調査地における平均草本植被率の変化
△は上矢作調査地, ○は山岡調査地を示す。

種が初めて出現した調査時期ごとに分けて示した。各調査区の平均積算植被率は、20.2~108.7%であった。加子母試験地の両間伐区と上矢作、山岡の通常間伐区は、初回調査時に存在した種の積算植被率が全体の半分以上を占めていた。高富・通常間伐区では2007年に初めて出現した種の方が、高富・群状間伐区では2010年に初めて出現した種の積算植被率の方が、初回調査時に存在した種のそれよりも大きかった。

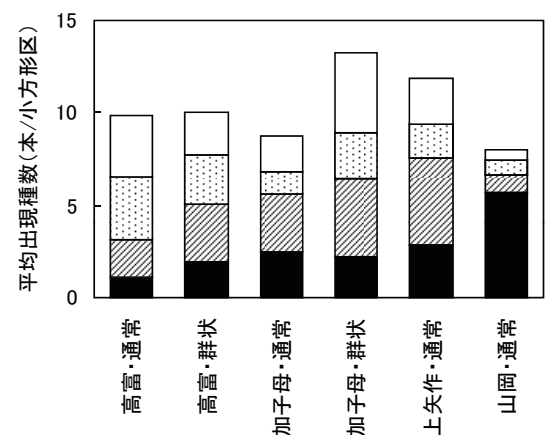
2010年の調査時点における各調査区の出現種数の平均（平均出現種数）を図一9に示した。各調査区の平均出現種数は、8.0~13.3種であった。山岡・通常間伐区では、初回調査時に存在した種が全体に占める割合が大きかったが、それ以外の調査地では小さかった。高富・群状間伐区、加子母・通常間伐区と上矢作・通常間伐区では、2006年に初めて出現した種の割合が最も大きく、高富・通常間伐区では2007年に、加子母・群状間伐区では2010年に初めて出現した種類の割合が最も大きかった。山岡・通常間伐区では、間伐後2成長期間が過ぎてから初回調査を実施したため、その時に出現した種が、間伐前から存在したものか間伐後に発生したものかは不明である。その他の調査地では、2010年の出現種の大半が間伐後に発生した種であるといえる。

2010年に記録された種をその小方形区の出現種として、調査区ごとに種ごとの出現率（調査区の中で解析の対象とした小方形区数に対する、その種が出現した小方形区数の割合）を求めた。表一4には、いずれかの調査区で出現率が30%以上であった種とその出現率を示した。

ヒノキ、アオハダ (*Ilex macropoda*)、ノブドウ (*Ampelopsis brevipedunculata* var. *heterophylla*)、リョウブ (*Clethra barbinervis*)、コシアブラの5



図一八 2010年の平均積算植被率
黒塗りは初回調査時に存在した種, 斜線は2006年に初めて出現した種, ドットは2007年に初めて出現した種, 白抜きは2010年に初めて出現した種を表す。



図一九 2010年の平均出現種数
図の凡例は、図一八に同じ。

表一 4 主な出現種の出現率

| 出現種 | 高富 | | | 加子母 | | | 上矢作 | 山岡 |
|-----------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | 通常間伐区 | 群状間伐区 | 通常間伐区 | 通常間伐区 | 群状間伐区 | 通常間伐区 | | |
| ヒノキ | 85.7 | 53.8 | 100.0 | 75.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| アオハダ | 85.7 (14.3) | 84.6 | 14.3 | 8.3 | 57.1 | 57.1 | 66.7 | 66.7 |
| ノブドウ | 28.6 | 30.8 | 21.4 | 91.7 | 19.0 | 19.0 | 33.3 | 33.3 |
| リヨウブ | 42.9 (28.6) | 23.1 (15.4) | 35.7 (14.3) | 58.3 | 4.8 | 4.8 | 100.0 | 100.0 |
| コシアブラ | 14.3 (14.3) | 23.1 (7.7) | 28.6 (35.7) | 8.3 (33.3) | 23.8 | 23.8 | 50.0 | 50.0 |
| チヂミザサ | ・ | 7.7 | 7.1 | 66.7 | 61.9 | 61.9 | 16.7 | 16.7 |
| コアジサイ | ・ | ・ | 85.7 (50.0) | 91.7 (41.7) | 33.3 | 33.3 | 50.0 | 50.0 |
| ヒメシダ属spp. | 42.9 | 84.6 (30.8) | 28.6 | 75.0 | ・ | ・ | ・ | ・ |
| オカトラノオ | ・ | ・ | 14.3 | 25.0 | 38.1 | 38.1 | 50.0 | 50.0 |
| シシガシラ | 14.3 | 15.4 (15.4) | ・ | 8.3 | ・ | ・ | 50.0 | 50.0 |
| タガネソウ | ・ | ・ | 35.7 | 91.7 | 38.1 | 38.1 | ・ | ・ |
| ソゴ | 28.6 | ・ | ・ | ・ | 42.9 | 42.9 | 66.7 | 66.7 |
| モミジイチョゴ | ・ | ・ | 21.4 | 83.3 | 14.3 | 14.3 | ・ | ・ |
| シロモジ | ・ | ・ | 50.0 (28.6) | 41.7 (33.3) | ・ | ・ | 16.7 | 16.7 |
| ニガイチゴ | 14.3 | 15.4 | ・ | ・ | 71.4 | 71.4 | ・ | ・ |
| コナラ | ・ | ・ | 21.4 | ・ | 33.3 | 33.3 | 16.7 | 16.7 |
| ヤマウルシ | 42.9 (14.3) | 23.1 (23.1) | ・ | ・ | 14.3 | 14.3 | ・ | ・ |
| コバノイシカグマ | 85.7 | 100.0 (38.5) | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| フユイチゴ | 100.0 | 100.0 (7.7) | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| タチツボスミレ | ・ | ・ | ・ | ・ | 90.5 | 90.5 | 16.7 | 16.7 |
| ヒサカキ | 100.0 (14.3) | 76.9 (15.4) | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ベニシダ | 28.6 | 61.5 (30.8) | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ヤマホトトギス | ・ | ・ | 42.9 (7.1) | 75.0 (33.3) | ・ | ・ | ・ | ・ |
| クサギ | ・ | 53.8 | ・ | 16.7 | ・ | ・ | ・ | ・ |
| クマイチゴ | ・ | ・ | ・ | 50.0 | 19.0 | 19.0 | ・ | ・ |
| ウワミズガク | 14.3 | 53.8 | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| チゴユリ | ・ | ・ | 28.6 (21.4) | 41.7 (41.7) | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ササクサ | 57.1 | 7.7 | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ウリカエデ | ・ | ・ | ・ | 16.7 | ・ | ・ | 33.3 | 33.3 |
| シハイスマレ | ・ | ・ | 50.0 (7.1) | 33.3 (8.3) | ・ | ・ | ・ | ・ |
| イワガラミ | ・ | ・ | 7.1 (7.1) | 66.7 (16.7) | ・ | ・ | ・ | ・ |
| スルデ | ・ | ・ | ・ | 8.3 | 33.3 | 33.3 | ・ | ・ |
| ヤブコウジ | 42.9 | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ヤマハハレ | ・ | 38.5 | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| オンドコロ | ・ | ・ | ・ | ・ | 38.1 | 38.1 | ・ | ・ |
| シヨウジョウバカマ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ | ・ |
| ウリハダカエデ | ・ | ・ | ・ | 33.3 | ・ | ・ | 33.3 | 33.3 |

いずれかの区に30%以上の出現率(調査区の中で解析の対象とした全小方形区数に対する、その種が出現した小方形区数の割合)で出現した種を示す。数値は、各区における2010年の出現率(%), 括弧内の数値は、間伐前(2005年)の調査時における出現率(%)を示す。

高富調査地のヒメシダ属sppは、ハリガネワラビ (*T. japonica*) または、ミドリヒメワラビ (*T. viridifrons*), その他の調査地においては、ハリガネワラビを示す。

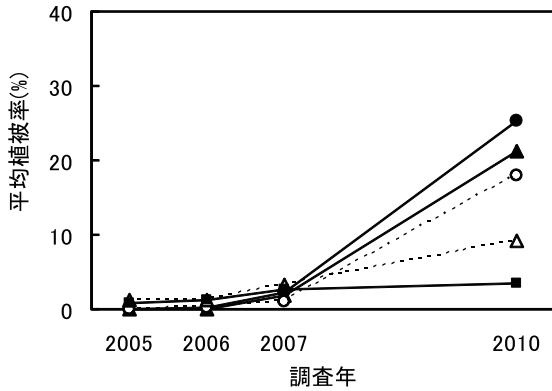


図-10 高富・通常間伐区における主な出現種の平均植被率の変化

●: フユイチゴ, ▲: コバノイシカグマ, ○: アオハダ, △: ヒサカキ, ■: リョウブを示す。

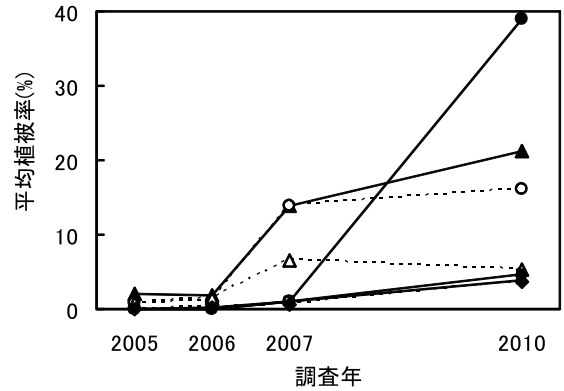


図-11 高富・群状間伐区における主な出現種の平均植被率の変化

●: フユイチゴ, ▲: コバノイシカグマ, ○: ヒメシダ属 spp. (ハリガネワラビまたはミドリヒメワラビ), △: ベニシダ, ■: コシアブラ, □: クサギ, ◆: アオハダを示す。

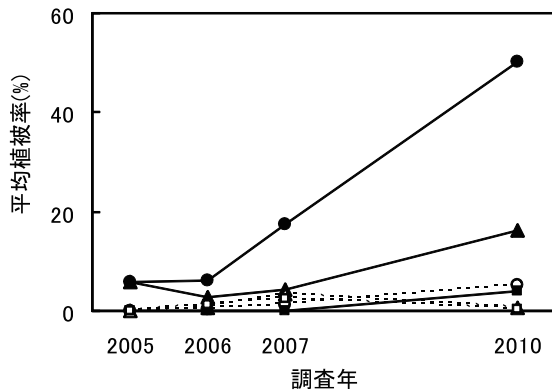


図-12 加子母・郡状間伐区における主な出現種の平均植被率の変化

●: コアジサイ, ▲: シロモジ, ○: タガネソウ, △: クマイチゴ, ■: ハリガネワラビ, □: タラノキを示す。

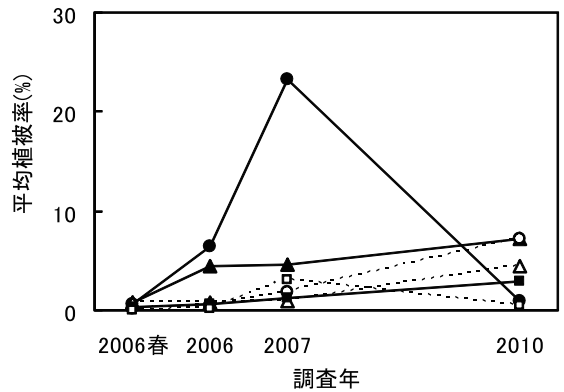


図-13 上矢作・通常間伐区における主な出現種の平均植被率の変化

●: ニガイチゴ, ▲: ヌルデ, ○: コアジサイ, △: ソヨゴ, ■: タラノキ, □: モミジイチゴを示す。

種は、すべての調査区に出現した（表-4）。ヒノキは、どの調査区においても、出現率50%を超えており、間伐前に調査を行った高富調査地と加子母調査地では、すべてが間伐後に出現した（表-4）。

高富調査地で出現頻度が高かったのは、ヒノキのほか、アオハダ、ヒサカキ (*Eurya japonica*)、フユイチゴ (*Rubus buergeri*) とシダ植物のヒメシダ属 (*Thelypteris* spp.)、コバノイシカグマ (*Dennstaedtia scabra*) であった（表-4）。このうち、シダ植物は、間伐前の出現率も比較的高かった（表-4）。

加子母調査地においては、リョウブ、コアジサイ、シロモジ、タガネソウ (*Carex siderosticta*)、

ヤマホトトギス (*Tricyrtis macropoda*)、シハイスマレ (*Viola violacea*) の出現率が高かった（表-4）。このうち、間伐前にも比較的高率で出現していたのは、コアジサイ、シロモジ、ヤマホトトギスであった（表-4）。

上矢作調査地においては、ニガイチゴ、アオハダ、タチツボスマレ (*V. grypoceras*)、チヂミザサ (*Oplismenus undulatifolius*) の出現率が高かった（表-4）。

山岡調査地においては、リョウブ、アオハダ、ソヨゴ (*I. pedunculosa*)、コシアブラ、コアジサイ、オカトラノオ (*Lysimachia clethroides*)、シシガシラ (*Blechnum niponicum*) の出現率が高かった（表-4）。

調査区のうち植生の発達が顕著だった小方形区における種組成と植被率の変化に注目するため、草本層植被率が50%以上を記録したことがある小方形区（高富・通常間伐区：4小方形区，高富・群状間伐区：13小方形区，加子母・群状間伐区：6小方形区，上矢作・通常間伐区：5小方形区）において，出現種ごとの植被率の平均（平均植被率）を調査区ごとに求めた。このうち代表的な種（平均植被率がおおむね3%以上を記録したところのある種）について，平均植被率の推移を図-10～13に示す。

高富・通常間伐区の平均植被率は，2005年から2007年にかけては，どの種もほとんど増加しなかった（図-10）。同じく，2007年から2010年にかけては，急激に増加する種（フユイチゴ，コバノイシカグマ，アオハダ）と緩やかに増加する種（ヒサカキ，リュウブ）とがあった（図-10）。

高富・群状間伐区においては，フユイチゴは，2007年までは非常に植被率が小さく，2010年にかけて急激に増加した（図-11）。コバノイシカグマやヒメシダ属は，2006年から2007年にかけて増加し，その後2010年にかけては緩やかに変化した（図-11）。

加子母・群状間伐区において，コアジサイとシロモジの平均植被率は，間伐時の刈り払いの影響を受けて低下したが，2006年から2010年にかけて増加した（図-12）。

上矢作・通常間伐区では，ニガイチゴ，モミジイチゴ（*R. palmatus* var. *coptophyllus*）の平均植被率が2006年春から2007年にかけて増加し，その後2010年にかけて減少した（図-13）。ヌルデ（*Rhus javanica* var. *roxburghii*），コアジサイ，ソヨゴ，タラノキ（*Aralia elata*）は，全期間を通じて緩やかに増加した（図-13）。

IV 考察

1. 種組成の変化

間伐後1年以上が経過してから調査を開始した山岡調査地では明らかではないが，それ以外の調査地では，2010年に出現した種の大半が，間伐後に発生した種であった（図-9）。同じ年の積算植被率の内訳をみると，高富調査地では，出現種数の場合と同様，間伐後に発生した種の占める割合が高く，加子母調査地と上矢作調査地では，間伐前（または間伐直後）から存在した種の割合が高かった（図-8）。積算植被率を種レベルで検討した場合，間伐後2年間の植生発達における間伐前から存在した種への依存度の高さ（横井ら，2009）が指摘されているが，その後3年間の結果では，

間伐前から存在した種への依存度は，調査地により違いが認められた。

間伐前に存在した種の植被率より間伐後に出現した種のそれが高かった高富調査地において，2010年に平均植被率が大きかった種は，両調査区に共通してフユイチゴとコバノイシカグマなどのシダ植物であった（図-10，11）。このうち，シダ植物は，間伐前の出現率も比較的高かった（表-4）。一方，フユイチゴは，間伐前には調査地内に存在しなかったか，存在していても非常にわずかであった（表-4，図-10，11）。また，フユイチゴの平均植被率が大きくなったのは，間伐直後ではなく，2007年の調査以降のことである（図-10，11）。フユイチゴの散布型は動物散布型であるが，その種子は埋土種子にもなる（竹下ら，1991）ことが報告されている。高富調査地における平均草本層植被率の変化（図-5）は，林内環境が生育に適した条件になったことにより，林内に存在したシダ植物が発達したことに加え，フユイチゴの埋土種子（あるいは動物散布種子）が，間伐をきっかけとして発芽し，間伐後3年目（2007年）以降に地上茎を匍匐させて急速に広がった過程と考えることができる。

間伐前に存在した種への依存度が高かった加子母・群状間伐区において，2010年に平均植被率が高かった種は，コアジサイとシロモジであった（図-12）。これらの種は，間伐前から林内に存在していたが，間伐時に刈り払われたものである。加子母調査地における平均草本層植被率の変化（図-6）は，間伐時に刈り払われた個体が，上層木の間伐による林内光環境の改善によって，萌芽により急速に発達した過程である。

加子母・群状間伐区と同様，間伐前に存在した種への依存度が高かった上矢作調査地では，2006年春から2007年にかけて増加したキイチゴ属（*Rubus* spp.）の2種（ニガイチゴ，モミジイチゴ）が，2010年には減少した（図-13）。キイチゴ類の埋土種子は長寿命であることが報告されており（Yokoyama and Suzuki, 1986），キイチゴ属のある種の埋土種子では，50年以上の発芽力と，好適な光環境になると速やかに発芽する性質（Harrington, 1972）が知られている。Suzuki（1992）は，間伐により相対照度が4%から27%に改善されたヒノキ人工林で，埋土種子に由来するモミジイチゴ個体群が間伐直後に著しく発達し，その後，林冠の再開鎖にともない衰退したことを報告している。ニガイチゴやモミジイチゴは，林冠閉鎖前の若齢人工林や林縁において優占する先駆樹種である（宮脇，1977）。それと同時に，地下茎を伸長させることにより林床の弱光条件でも生

育でき (Suzuki, 1987), 皆伐や間伐など林地の攪乱に備えることも可能である。また, この地上茎は短命であり, 通常2年で枯死して新しい地上茎と交代する (鈴木・前田, 1981) ことが知られている。調査時に生育状況を観察した結果, これらの種の植被率は, 地上茎が急速に伸長したことにより増加し, この地上茎が枯死した後, 新しい地上茎が発生しないことにより減少していた。つまり, 上矢作調査地におけるキイチゴ属の植被率の変化は, 先駆性と耐陰性とを備えたこれらの種が, 間伐による光環境の向上により, 一時的に埋土種子や地下茎から地上部を増加させた結果であると考えられる。

間伐後の植生発達における, 間伐前から存在した種への依存度の違いには, 間伐時に林内に存在した下層植生の種類や埋土種子の有無が影響していると考えられる。また, 人工林への広葉樹の侵入には, 過去の攪乱, 種子源からの距離, 植栽樹種, 林齢など様々な要因が関係している (長池, 2000) とされる。したがって, 間伐後の植生発達に大きな役割を果たす種は, ここで示した条件のほかにも, 林分の前歴, 施業履歴, 林分の周囲の状況など, 林分がもつ様々な要因により異なることが示唆される。

2. 下層植生の発達に対する群状間伐と強度間伐の効果

若齢～壮齢のヒノキ人工林において, 表土流亡を抑止する効果が高いのは, 林床植生 (地上高0.5mの範囲にある植生) である (三浦, 2000)。本報告の調査地において, 草本層 (地上高0.6m以下) の植被率は間伐後, どの調査区でも増加した (図-5～7, 図-14)。

高富調査地と加子母調査地における再調査時 (2010年) の DIF は, 同じ調査地内では群状間伐区が通常間伐区よりも有意に大きかった (表-3)。また, 高富調査地と加子母調査地の平均草本層植被率は, 群状間伐区が通常間伐区より常に大きく (図-5, 6), 2007年と2010年には, 両区の草本層植被率が有意に異なった (図-1, 2)。横井ら (2009) が指摘するとおり, 群状に間伐することでその部分の林床が明るくなり, 下層植生の増加につながったと考えられる。両調査地の群状間伐区では, 伐採群内 (伐採群の中央付近) の小方形区のみを解析の対象としていることに加え, 加子母調査地では, 間伐後 (2005年) の積算植被率が大きい小方形区を解析から除外しているため, この結果は調査地全体の状況を代表しているわけではない。しかし, 下層植生が衰退した林床においては, 通常間伐区よりも群状間伐区の方が植生発達が顕著であったといえる。

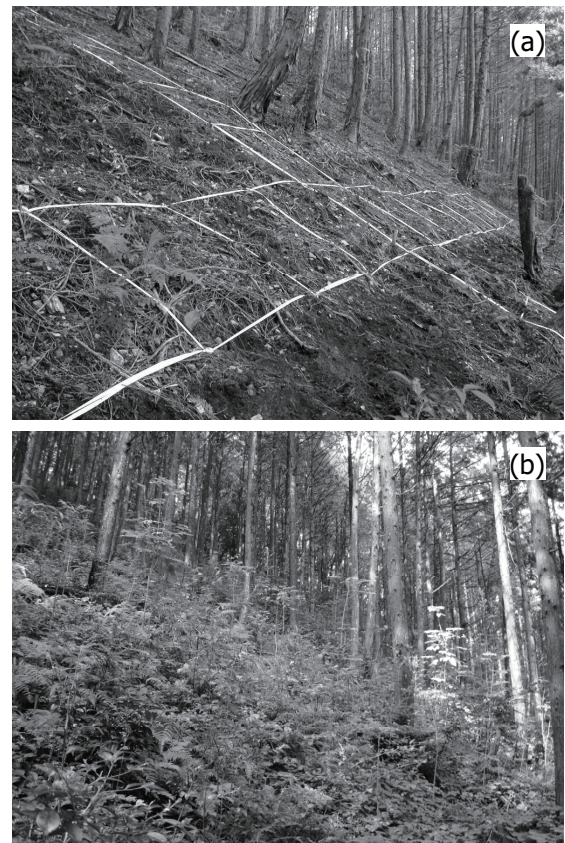


図-14 調査地における下層植生の変化

高富・郡状間伐区の伐採郡中央付近を撮影したもの。aは2005年 (初回調査時, 間伐前), bは2010年に撮影した。aの格子は小方形区のベルトである。

高富・通常間伐区における DIF は, 間伐後 (2005年) と再調査時 (2010年) で有意な差がみられなかった (表-3)。この調査区の中で隣接林分の強度間伐の影響が特に大きいと懸念される小方形区は解析から除いたが, この間伐の影響は解析対象とした小方形区にも及んでいると考えられる。そこで, 高富調査地を除いた通常間伐区において, 間伐率や DIF と平均草本層植被率とを比較した。まず, 2010年の平均草本層植被率をみると, 上矢作調査地では約30%で, 加子母調査地と山岡調査地では10～18%の間であった (図-6, 7)。一方, 断面積間伐率は, 上矢作・通常間伐区で52%であったのに対し, 加子母・通常間伐区と山岡・通常間伐区では40%前後であった (表-2)。また, 上矢作・通常間伐区の再調査時 (2010年) の DIF は, 山岡・通常間伐区や加子母・通常間伐区のそれに比べて大きかった (表-3)。加えて, 加子母・通常間伐区では, 上矢作・通常間伐区に比べて, 2010年の低木層植被率が大きい小方形区が多かったことから, 低木層による被圧が林床における樹木種の生存や成長の阻害要因 (Lorimer *et al.*, 1994 ;

島田ら, 2009) となっている可能性もある。これらのことから, 両者の平均草本層植被率の差は, 間伐率の違いと, その後の林冠閉鎖過程や低木層の植生発達に起因する光環境の差を反映していると考えられる。さらに, 集材による地表面の攪乱は林床植生の発達に寄与する(渡邊ら, 1998) ことから, 上矢作・通常間伐区における草本層の植生発達には, 利用間伐が行われたことによる地表攪乱が影響している可能性がある(横井ら, 2009)。

以上の結果から, 下層植生が衰退したヒノキ人工林においては, 通常の間伐手法のうち断面積間伐率で50%を超えるような「強度間伐」や, 林分の一部をとこところ群状に間伐する「群状間伐」を実施することによって, 方法によって程度の違いはあるものの, 下層植生が発達することが確かめられた。

しかし, 植生発達の状況は, 同じ調査区の中でも箇所によって違いがあった。草本層植被率のモードが85~90%であった高富・群状間伐区以外の調査区では, 平均草本層植被率が高かった調査区においても, 全ての小方形区で一様に植被率が高いわけではなかった。(図-1~4)。表土流亡を抑制する効果が高いのは, 草本層植被率が50%を超える林床である(渡邊ら, 2004)。この植被率を目安とすると, 部分的にはそれを超える箇所があるが, 全体ではそれに及ばない調査区が多かった。それに加えて, 間伐後5年が経過し, DIF は間伐直後より低下し, 5%以下になった調査地もみられた(表-3)。一時的に発達した先駆樹種(キイチゴ属)が衰退する事例がみられるなど, 林内の光環境が悪化していることが推測される。相対光強度が10%以上になると耐陰性の高い樹種の更新が可能であるが, 5%以下では大部分の樹種の更新がうまく進まない(小池・中静, 2004)とされている。今後, 林冠の閉鎖が進むにつれて林内がますます暗くなっていくことを考えあわせると, 一時的な植生回復だけをとりえて間伐効果を論じることが不十分である。下層植生を維持し, 表土流亡が発生しないようにヒノキ林を管理するために, 今後, 植生発達に対するこれらの間伐の効果の継続性を調査する必要がある。

謝辞

加子母森林組合, 恵南森林組合, 株式会社遠藤造林, 故武藤正雄氏および岐阜県恵那農林事務所林務課の関係諸氏には, 調査地の設置にあたって協力をいただいた。岐阜県森林研究所の竹内和敏所長, 中嶋守部長研究員, 杉山正典主任専門研究員(当時), 大洞智宏主任研究員(当時), 田中伸

治研究員には, 現地調査を手伝っていただいた。広島県立総合技術研究所・林業技術センターの佐野俊和副主任研究員には, 間伐後のシダ植物の動態についてご教示いただいた。ここに記して各位に深謝する。

引用文献

- 深田英久・渡辺直史・梶原幹弘・塚本次郎(2006) 土壤保全からみたヒノキ人工林の下層植生の動態と植生管理への応用. 日林誌88: 231-239.
- Harrington, J. F. (1972) Seed storage and longevity. *In* Seed biology (III). Kozlowski T. T.(eds.), 422pp, Academic Press Inc., New York, 145-245.
- Ishida, M. (2004) Automatic thresholding for digital hemispherical photography. *Can. J. For. Res.*34: 2208-2216.
- 岩川雄幸・井上輝一郎・酒井正治(1987) 山腹斜面のヒノキ林におけるリターおよび土砂の移動について(II), 移動量と立地因子との関係. 日林関西支講38: 53-56.
- 梶原規弘・塚本次郎・入田慎太郎(1999) ヒノキ人工林における下層植生のタイプと土壤侵食危険度との関係. 日林誌81: 42-50.
- 気象庁. 気象庁 Web サイト. 過去の気象データ検索(オンライン). <http://www.jma.go.jp/>(参照: 2010年12月3日).
- 小林忠一・岸岡孝・阿部敏夫・藤枝基久(1979) 植被・地被物(A₀層)の侵食防止効果について. 日林関西支講30: 198-200.
- 小池孝良・中静透(2004) 樹冠樹の共存機構. (樹木生理生態学. 小池孝良編, 280pp, 朝倉書店, 東京). 29-36.
- Lorimer, C. G., J. Chapman and W. D. Lambert (1994) Tall understory vegetation as a factor in the poor development of oak seedlings beneath mature stands. *J. Ecol.*82: 227-237.
- 三浦覚(2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価. 日林誌82: 132-140.
- 宮脇昭(編)(1977) 日本の植生. 535pp, 学習研究社, 東京.
- 村井宏(1976) 森林の状態と表面侵食, とくに地被物の効果について. 林業技術412: 8-11.
- 長池卓男(2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日林誌82: 407-416.
- 中村松三(1992) 雲仙山塊におけるヒノキ林の林分閉鎖と林床植生. 日林東北支誌44: 93-94.
- 中野秀章(1973) 森林の水土保持機能とその活用,

- わかりやすい林業研究解説シリーズ51. 72pp,
日本林業技術協会, 東京.
- 島田博匡・野々田稔郎 (2009) ヒノキ人工林内の
常緑低木が高木層処理後1年目の広葉樹侵入
に及ぼす影響. 日緑工誌35 : 154-157.
- Suzuki, W. (1987) Comparative ecology of *Rubus*
species (Rosaceae). I, Ecological distribution
and life history characteristics of three species,
R. palmatus var. *coptophyllus*, *R. microphyllus*
and *R. crataegifolius*. Plant Species Biol. 2 :
85-100.
- Suzuki, W. (1992) The formation and structure of
the *Rubus palmatus* var. *coptophyllus*
population developed after the thinning of a
Chamaecyparis obtusa plantation. J. Jpn. For.
Soc. 74 : 229-237.
- 鈴木和次郎・前田禎三 (1981) キイチゴ属群落の
形成と構造 (1), キイチゴ属3種の個生態に
よる解析. 日林論92 : 235-237.
- 竹下慶子・田内裕之・真鍋徹 (1991) 宮崎県綾町
の常緑広葉樹林における埋土種子集団. 日林
九支論集44 : 93-94.
- 渡邊仁志・井川原弘一・横井秀一 (2004) 土壌侵
食の危険性に対応したヒノキ人工林の下層植
生タイプの分類. 中森研52 : 263-266.
- 渡邊定元・奥野史恵・佐藤陽子 (1998) 無植被ヒ
ノキ人工林の列状間伐跡地に発生した植物種.
中森研46 : 133-136.
- 横井秀一・井川原弘一・渡邊仁志 (2008) 間伐後
3~5年が経過したヒノキ人工林の下層植生.
岐阜県森林研研報38 : 17-22.
- 横井秀一・井川原弘一・渡邊仁志 (2009) 下層植
生が衰退したヒノキ人工林における間伐後2
年間の下層植生の変化, 下層植生の発達に対
する群状の間伐と強度な間伐の効果. 岐阜県
森林研研報39 : 17-26.
- Yokoyama, T. and Suzuki, W. (1986) Germination
of *Rubus microphyllus* and *R. palmatus* var.
coptophyllus seeds buried in soil for ten
months. J. Jpn. For. Soc. 68 : 155-157.

資料

岐阜県七宗町の高齢ヒノキ林における林分構造および 個体の胸高直径と樹冠構造の関係*

横井秀一**・大洞智宏***・早川幸治****

キーワード：枝下高，ヒノキ高齢人工林，樹冠長，樹冠幅，樹高

I はじめに

各地で、戦後に植栽された針葉樹人工林の高齢化が進んでいる。人工林の高齢化は、収穫時の生産性の向上、森林が持つ環境保全機能の向上など、多くの面で好ましい。ただ、人工林の高齢化は単なる現象であり、このことをもって、短伐期施業から長伐期施業への転換が進んでいるとはいえない。長伐期施業への転換を図るには、目標林型を明確にすることと、その目標を達成させるための管理を実行することが必要である。

ここで、木材生産林としての目標林型は、どのようなサイズ・質の材をどれだけ収穫したいかという生産目標から考えることになる。生産目標が具体的であればあるほど、目標林型を具体的な姿で設定することができ、そこに到達させるための管理方法も具体的に検討することができる。このとき、実在する高齢林や高齢木の姿を明らかにして、目標に照らしてその評価をすることは、目標林型を具体的に設定するための一助になる。

しかし、高齢林の調査データは少なく、また、長伐期施業の目標設定に活用できるような情報の整理もなされていない。長伐期施業林の管理方法に関しても、調査データに基づいた十分な検討は行われていない。このため、高齢林の調査データを収集し、データの検討を進めることが必要となっている。これに応えるため、高齢なヒノキ人工林を調査し、その林分構造を示すとともに、それが長伐期施業（生産目標を大径木生産とする）の目標として適したものであるかどうかを評価した。ここで、長伐期施業における林分管理は間伐が主となり、間伐は樹冠管理技術であることから、樹冠構造（樹冠長と樹冠幅）に着目した検討を行った。

II 調査地と方法

1. 調査地の概要

調査は、岐阜県加茂郡七宗町大字七宗山にある中部森林管理局岐阜営林署管内の七宗国有林「大径材生産展示林」内の高齢ヒノキ林（1207林班ち小班）で行った。この展示林は、当該国有林内で明治22年から人工林施業が進められてきた中で、現存する唯一の初代人工林であり、それを保存する目的で設置されている。展示林は、大地形でみると山の東側斜面の中腹部に位置し、標高は450～520mである。当該林班では、1983年と2008年に間伐が行われているが、それ以前の間伐記録はない。

2. 調査方法

2006年、中部森林管理局森林技術センターによって0.22haの調査区（南東向き斜面、傾斜約25度）が設置され、ヒノキ植栽木の胸高直径（2cm括約）と樹高（1m括約）が測定された。このデータには、2008年の間伐時の選木が追記されている。

2008年の間伐時に作業道の開設により2006年設置の調査区の一部が失われたため、間伐後の2009年に、以前の調査区と大部分が重複するように新しい調査区（0.18ha）を設置し、ヒノキ植栽木の毎木調査を行った。調査項目は、胸高直径、樹高、枝下高（樹冠を構成する、最も低い位置の力枝の地上高）、枝張り（斜面に正対して上・下・左・右の4方向）である。上・下の枝張りを合計した値と左・右の枝張りを合計した値との相乗平均を求め、これを樹冠幅とした。また、樹高と枝下高の差を樹冠長とした。

さらに、2008年に間伐された新しい伐根の数と、1983年の間伐で伐採されたとみられる古い伐根

* 本研究は、第59回日本森林学会中部支部大会において発表した。

** 前：森林研究所，現：岐阜県立森林文化アカデミー

*** 前：森林研究所，現：岐阜県モノづくり振興課

**** 中部森林管理局森林技術センター

(1983年より前に記録に残っていない間伐が行われていれば、そのときの伐根を含む可能性あり)の数を調査した。2008年に間伐された個体の伐根から、直径が大きい伐根を6つ選び、根元位置(地上高約20cm)で円板を採取した。この円板は、林齢を推定するために年輪数を数えた。さらに、伐採高が高かった別の伐根2つから円板を採取した(地上高35cmと61cm)。こちらの円板は、幹の直径成長過程を知るために、4方向の半径について、1年輪ごとの髄からの長さを「読み取り顕微鏡」を用いて測定した。

III 結果

1. 間伐前と間伐後の林分構造

根元位置(地上高約20cm)で採取した円板の年輪数は、96, 97, 98, 98, 99, 99であった。また、地上高35cmで採取した円板の年輪数は96年、地上高61cmの円板の年輪数は95年であった。低い位置での年輪数には育苗中の年数が含まれている可能性を考慮し、調査林分における間伐時(2008年)の林齢は96年であると推定した。

2006年の胸高直径は、20~48cmで、34cmと36cmの出現頻度が高かった(図-1)。平均胸高直径は35.1cm、平均樹高は27.8mであった。このときの本数密度は577本/ha、林分材積は796m³/haであった。2008年の間伐では、小さい直径の個体が主に間伐された(図-1)。ただし、この間伐木には作業道開設の支障木が含まれていると考えられる。

2009年において、ヒノキ立木の本数密度は、439本/haであった。これに新しい伐根を加えた2008年の間伐前の推定本数密度は594本/haであった。この推定値は、2006年の調査データによる本数密度とほぼ同じであった。2008年の間伐前の推定本数密度に古い伐根を加えた本数密度は、989本/haであった。これは、1983年に行われた間伐の前に存在したヒノキ立木の本数密度であると推測される。

2009年のヒノキの樹高は20.8~32.6mで、29~30mの階級の出現頻度が高かった(図-2)。樹高23mを超える個体を上層木とすると、その平均樹高は28.0mであった。「岐阜県民有林・ヒノキ地位級別樹高成長曲線」(岐阜県林政部, 1992)では、地位級1(岐阜県民有林の地位級は5段階で、地位級1は最も成長がよい)における95年生林分の平均樹高は27.2mである。これと比較して、調査

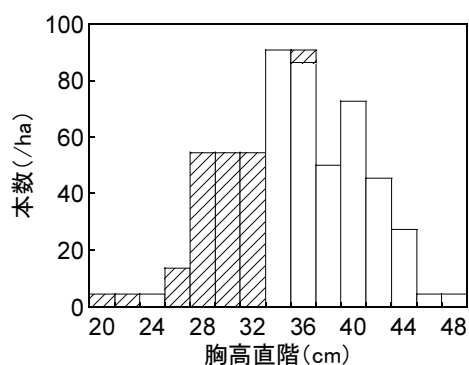


図-1 2006年における胸高直径階分布

胸高直径は2cm括約で測定されている。斜線部は2008年に間伐された個体を示す。

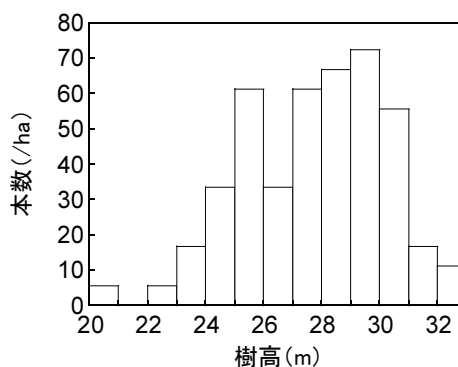


図-2 2009年における樹高階分布

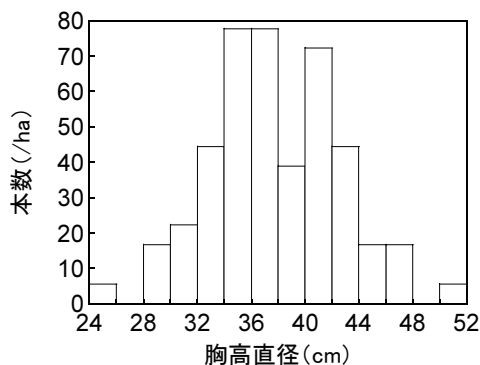


図-3 2009年における胸高直径階分布

林分は樹高成長の良いヒノキ林であることがわかった。

2009年のヒノキの胸高直径は24.7~50.2cmで、34~36cmと36~38cmの階級の出現頻度が高かった(図-3)。平均胸高直径は、37.9cmであった。

2. ヒノキの年輪幅の推移

年輪を測定した間伐木2個体は、円板採取部位の幹直径(樹皮なし)が36.7cmと28.4cmであった。図-1を参照すると、大きい方の個体は幹直径が平均的な個体、小さい方の個体はやや劣勢な個体

であったと考えられる。

どちらの個体も70年ほど前から直径成長が鈍化しはじめ、その後の成長曲線も凸型であった(図-4)。図-5に、この2個体の年輪幅の変化を示す。2個体とも、年輪幅の変化のしかたは、おおむね同調していた。年輪幅は、90~80年前が最も広く、そこから約60年前にかけて急激に狭くなっていき、その後は、広くなったり狭くなったりをくり返しながらか、大きな傾向として緩やかに狭くなっていった。大きい方の個体をみても、60年前から最近までの年輪幅は2 mm未満で、最近十数年間の年輪幅は1 mm未満であった。1983年(試料木の伐採から25年前)に行われた間伐の後の年輪幅は、間伐直後の数年間は狭くなり、その後の数年間はやや広くなり、その後は再び狭くなった。1983年以前にも、年輪幅が広がる時期が数回みられた。

3. ヒノキ個体の胸高直径と樹冠構造の関係

ヒノキ個体の樹高は、胸高直径が大きいほど高くなる傾向にあり(図-6)、両者の相関は有意であった($r=0.459$, $p<0.001$)。これに対し、枝下高と胸高直径との間には特別な関係はみられず、

胸高直径の大きさに関わらず、枝下高はその平均値(20.0m)を中心にばらついていた(図-6)。樹高と樹冠長には、有意な正の相関関係($r=0.364$, $p<0.01$)があった。

ヒノキ個体の平均樹冠長は7.9mで、樹冠長と胸高直径には正の相関($r=0.559$, $p<0.01$)が認められた(図-7)。平均樹冠長率(樹高に対する樹冠長の百分率)は28.4%で、樹冠長率と胸高直径の相関関係は有意($r=0.375$, $p<0.01$)であった(図-8)。平均樹冠幅は4.8mであり、樹冠幅と胸高直径にも正の相関($r=0.648$, $p<0.01$)が認められた(図-9)。また、樹冠長と樹冠幅の間にも正の相関関係($r=0.395$, $p<0.01$)があった(図-10)。

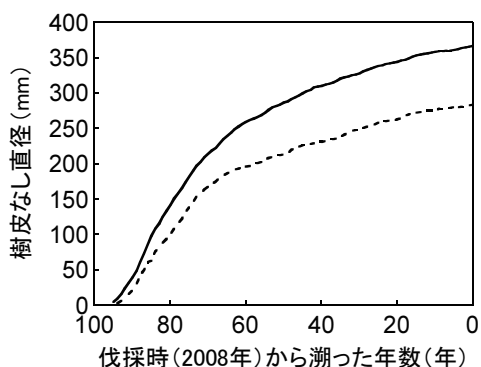


図-4 ヒノキ個体の幹直径の成長経過

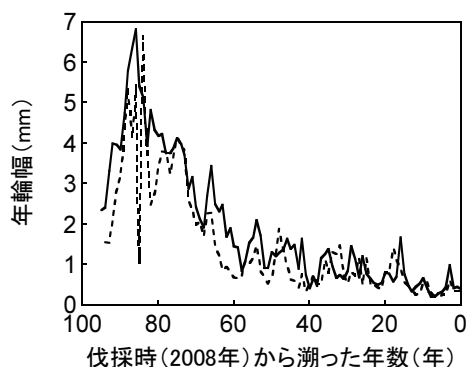


図-5 ヒノキ個体の年輪幅の変化

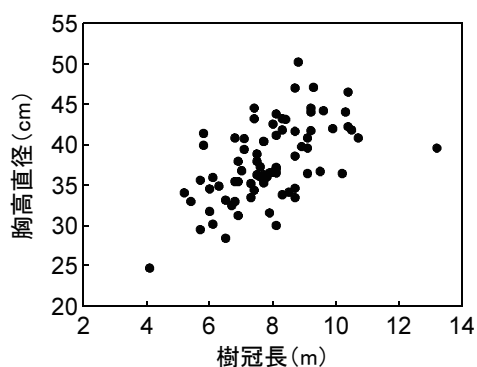


図-7 ヒノキ個体の樹冠長と胸高直径の関係

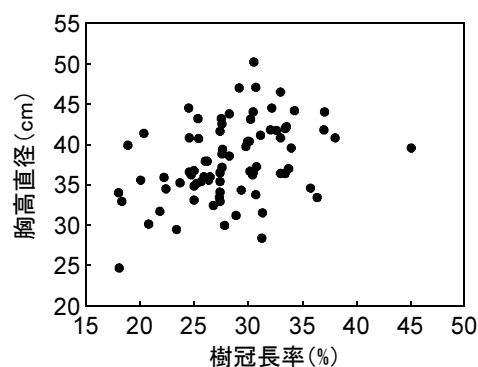


図-8 ヒノキ個体の樹冠長率と胸高直径の関係

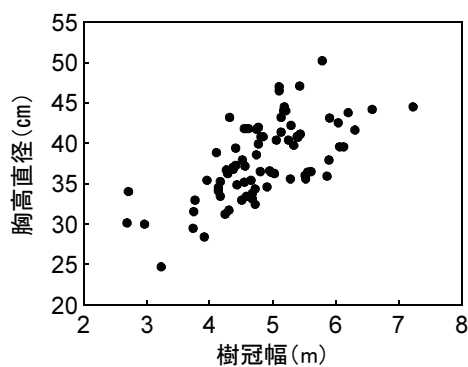


図-9 ヒノキ個体の樹冠幅と胸高直径の関係

IV 考察

1. 長伐期施業の目標としての評価

調査林分は、1983年の間伐より以前には間伐が行われていないとすると71年生時に本数密度が989本/ha、94年生時（平均樹高27.8m）に本数密度577本/ha、平均胸高直径35.1cm、林分材積796m³/haであった。これらの値と、施業履歴がわかっているか推定されている他の高齢ヒノキ林の値（近藤ら、2001；鈴木ら、2009；横井ら、2009）とを比較する（表-1）。熊本県の59年生時と69年生時に間伐が行われたヒノキ林（80年生）は、平均胸高直径28.6cmであった（近藤ら、2001）。この林分の本数密度は調査林分と同じくらいであったが、調査林分より平均胸高直径や林分材積が小さかった。これは、調査林分よりも林齢が若く、平均樹高も低いためであると考えられる。茨城県内にある100年生前後のヒノキ人工林の平均胸高直径は、31年生時に本数間伐率で45.4%（推定）の間伐が行われただけの七内区が37.5cm、35年生時と55年生時に間伐が行われた横道1区が39.7cm、55年生時に379本/haに本数密度を落とした岩谷区が44.3cm、約70年生時に3回目の間伐が行われて本数密度が318本/haになった内山区が40.1cm、86年生時に4回目の間伐が行われて本数密度が240本/haになった横道3区が40.3cmであった（鈴木ら、2009）。七内区を除く4区の本数密度は、調査林分の本数密度より低かった。岩谷区は、平均樹高と林齢が高いこともあり、林分材積は調査林分と同じくらいであり、平均胸高直径は調査林分より約9cm大きかった。横道1区・内山区・横道3区は、平均樹高が調査林分より低く、林分材積も調査林分より小さかったが、平均胸高直径は調査林分より5cm

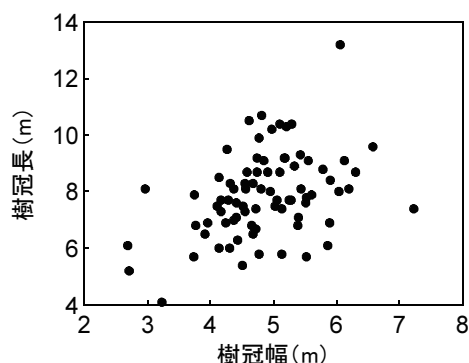


図-10 ヒノキ個体の樹冠幅と樹冠長の関係

ほど大きかった。これらの4林分では、本数は少ないながら、調査林分より太い材が生産できると考えられる。七内区は、調査林分より本数密度が高く、平均樹高も高いことから、調査林分よりも過密な状態にあると考えられる。それにもかかわらず平均胸高直径は調査林分より大きく、これには若齢時の強度な間伐が影響しているのかもしれない。岐阜県の90年生林分は、30年生ころに間伐が行われたあとは無間伐であったと推定され、調査林分に比べて本数密度が高く、平均胸高直径が小さかった。

年輪解析の結果からは、平均的な幹直径であるとみられる個体でも、60年前から最近までの年輪幅は2mm未満で、最近十数年間の年輪幅は1mm未満であった。熊本県で調査された84年生（586本/ha、59年生時と69年生時に間伐）のヒノキ（上層木・中層木）では、直径成長量が林齢80年前後で0.3～0.4cm/年であり、平均材積成長量は84年生の時点でもまだピークを迎えていなかった（近藤ら、2001）。この調査事例では林齢80年生前後で年輪幅が1.5mm以上であり、これと比較すると、今回の年輪測定木の年輪幅は狭かった。

表-1 ヒノキ高齢林分の調査事例

| 調査地名 | 林齢 (年) | 本数密度 (/ha) | 平均樹高 (m) | 平均胸高直径 (cm) | 林分材積 (m ³ /ha) | 出典 |
|--------|-----------|---------------|-------------|----------------|------------------------------|-----------|
| 熊本 立田山 | 80 | 586 | 21.4 | 28.6 | 407 | 近藤ら(2001) |
| 茨城 七内 | 95 | 843 | 28.3 | 37.5 | 1,299 | 鈴木ら(2009) |
| 横道1 | 105 | 465 | 22.7 | 39.7 | 603 | |
| 岩谷 | 105 | 379 | 29.3 | 44.3 | 794 | |
| 内山 | 100 | 318 | 22.5 | 40.1 | 452 | |
| 横道3 | 95 | 240 | 21.6 | 40.3 | 297 | |
| 岐阜 美並 | 90 | 952 | 25.0 | 30.4 | 901 | 横井ら(2009) |
| 岐阜 七宗 | 94 | 577 | 27.8 | 35.1 | 796 | 今回の調査林分 |

各文献から、平均樹高20m以上の林分のみを抽出した。

これらのことから、長伐期施業の生産目標が大径木生産であり、高齢になっても単木の材積成長が持続する林型を目標とするならば、調査林分の胸高直径は小さく、また最近の年輪幅も狭いといえる。その理由は本数密度が高いことにあると推察でき、大径材生産という目標に対しては、過去の間伐が不十分であったと考えられる。

2. ヒノキ個体の胸高直径と樹冠構造の関係

ヒノキ個体の樹高は胸高直径が大きい個体ほど高かったが、枝下高には胸高直径との特別な関係はみられなかった(図-6)。ヒノキ人工林において、同様の指摘(千葉, 2009; 横井, 2009)は多い。樹冠長と樹高に正の相関関係があったことから、調査林分内での樹冠長の大小は樹高の大小に依存することがわかる。

調査林分内において、胸高直径は、樹冠長や樹冠長率、樹冠幅と正の相関関係にあった(図-7~9)。樹冠長と樹冠長率を比較すると、胸高直径との相関関係が強かったのは樹冠長であった。これは、相対値である樹冠長率より絶対値である樹冠長の方が、より直接的に胸高直径の大きさに影響しているためであると考えられる。樹冠幅と胸高直径の相関関係も強かった。したがって、樹冠長や樹冠幅は、同一林分内で胸高直径の大きさを指標する因子であるといえる。

調査林分の樹冠構造(樹冠長や樹冠幅)は、過去の個体間競争が枝の枯れ上がりに反映して形成されたものである。調査林分では、71年生時に間伐が行われてから25年間は間伐が行われていないことから、現在の樹冠構造はこの25年間の競争の結果を強く反映している可能性が高い。2006年の時点において、この林分が大径木生産林としては本数密度が高すぎたと想定されたことは、71年生以降の577本/haという本数密度が大径木生産を目的とする場合には高すぎたことを示唆している。さらに、71年生ころの年輪幅は2 mm以下になっ

ており(図-5)、この年輪幅も十分に広いとはいえない。したがって、71年生時まで989本/haであったとみられる本数密度も高すぎたと考えてよい。70年前くらいから幹の直径成長に鈍りが始まった(図-4)ことから、そのころに間伐が必要であったことがうかがえる。

謝辞

本研究の調査にあたり、中部森林管理局森林技術センターには多大な便宜を図っていただいた。また、同森林技術センターの川添峰夫所長はじめ職員の方々には、調査にご協力いただいた。岐阜県立森林文化アカデミー学生の大橋孝司氏、加茂隆樹氏、二藤政毅氏には、伐根からの円板採取とその読み取りにご協力いただいた。ここに謝意を表す。

引用文献

- 千葉幸弘(2009)長伐期化への道筋を考える(II) 樹冠長を目安とした高齢林の管理. 森林技術 802: 11-17.
- 岐阜県林政部(1992)ヒノキ林分収穫表・林分密度管理図. 25pp. 岐阜県林政部.
- 近藤洋史・野田巖・堀靖人・今田盛生・吉田茂二郎(2001)立田山実験林における高齢ヒノキ林の成長解析. 日林九支研論集54: 37-40.
- 鈴木和次郎・池田伸・平野辰典・須崎智広・和佐英二・石神智生(2009)高齢級ヒノキ人工林の林分構造にみる間伐履歴の影響. 日林誌91: 9-14.
- 横井秀一(2009)ヒノキ大径木育成の指標としての枝下高. 山林1506: 28-36.
- 横井秀一・茂木靖和・渡邊仁志(2009)最近60年間無間伐の90年生ヒノキ人工林の林分構造と蓄積. 日本森林学会大会学術講演集120: A13.

資料

少花粉ヒノキ（岐阜県産精英樹：益田5号）のさし木における IBA 処理濃度が発根率・発根量に及ぼす影響

茂木靖和

キーワード：ヒノキ，少花粉，さし木，IBA，発根率，発根量，一次根，二次根

I はじめに

社会問題化しているスギ・ヒノキ花粉症に対する林木育種面からの対策として，花粉飛散量の多い年でもほとんど花粉を生産しない品種の利用がある。県内には，形質，成長を基に選抜されたヒノキ精英樹が31品種あり，このうちの2品種（益田5号，小坂1号）が2007年に独立行政法人森林総合研究所によって，花粉の少ない品種（少花粉ヒノキ）に認定された。

目的とする性質を受け継いだ個体を増殖するには，クローン増殖が適している（町田，1974）。さし木は，クローン増殖の中でもさし穂が十分に確保できれば簡単な操作で一度に多数の苗が得られるので，事業化に適した技術である。しかし，さし木苗の生産性に大きな影響を及ぼすさし穂の発根性については，樹種や品種によって劣るものがあり（町田，1974），ヒノキにおいても品種によって異なる（山崎ら，1992）ことが報告されている。本報告では，ヒノキのさし木で発根促進効果が報告されている IBA 液剤（福島，1988）の処理濃度の違いが，少花粉ヒノキ益田5号（岐阜県産精英樹）の発根率・発根量に及ぼす影響を調査した。

また，良い苗木の条件として，発根量が多いこと（塘，1965）があげられている。これらを客観的に評価するには，苗木の根を切断して重量を測定する，あるいは時間をかけて根の長さを測定するといった苗木に大きな負荷を伴う測定が必要である。これらの方法にかわる簡便な評価方法を見出すための基礎資料を得る目的で，今回測定した発根量の各項目間の関係を検討した。

II 材料および方法

1. 材料及びさし穂の調整

今回供試した益田5号（岐阜県産精英樹，少花粉ヒノキ）は，岐阜県白鳥林木育種事業地（岐阜県郡上市白鳥町中津屋）内の採種園で，採種用に育成されたものである。益田5号はこの採種園内に100個体以上配置されており，2009年7月28日にそのうちの15個体から荒穂を採取した。その後，基部から1/3程度の枝葉を直ちに除去し，基部を水平に切断して約15~20cm のさし穂に調整した。すべてのさし穂が調整されるまで切口を水道水に浸漬した。

2. IBA処理と試験区の設定

IBA 濃度の違いが発根に及ぼす影響を把握するため，市販の IBA 液剤（オキシベロン）を蒸留水で20，50，100，200mg/L に調整したものおよび蒸留水に，さし穂の切口を3時間浸漬した。各処理濃度の試験区名を IBA20区，IBA50区，IBA100区，IBA200区とし，蒸留水の試験区を IBA0 区とした。各試験区の供試数は20であった。

3. さし床およびさし付け方法

さし付けは2009年7月28日に行った。さし床には，縦17cm，横60cm，高さ17cm のプラスチック製のプランターに，細粒の鹿沼土を約13cm の深さまで詰めたものを用意し，さし付け前に充分灌水した。1プランター当たり20本のさし穂（同一試験区のもの）を，プランターの横方向へ約8cm 間隔で互い違いに3列配置し，深さ4~5cm でさし付けた。

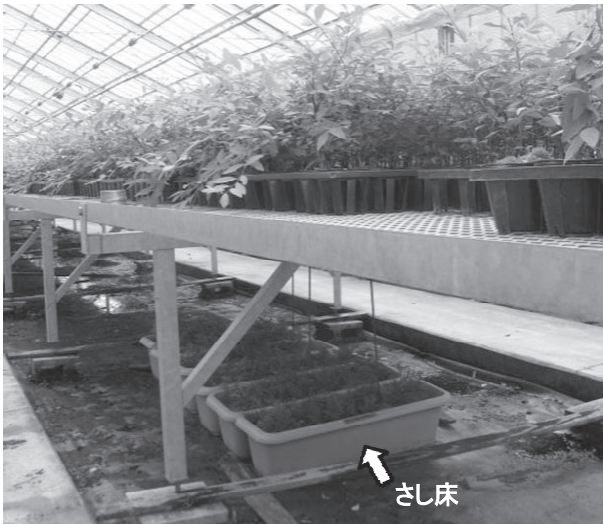


図-1 さし床の環境

4. さし床の環境条件

さし付け後、プランターは白鳥林木育種事業地内の相対光量子10%以下のガラス室架台の下に設置した(図-1)。

さし床への灌水は、架台上の植物に通常の灌水(培土の表面が乾き始めた時期にミストで約15分間散水)を行い、架台下へ滴下した水により行った。

5. 測定項目

(1) 掘り取り調査

2010年4月13日に掘り取りを行い、発根率および生存率を調査した。その後、各試験区の中から目視で発根量の多い4個体を選び、別の試験(移植後の活着および成長の把握、組織培養の供試材料用の苗)に利用した。残りの16個体を実験室に持ち帰り、冷蔵庫で保存した。

(2) 発根量の測定

冷蔵庫で保存した各個体について、2010年10月に発根量を測定した。測定に際して、細根の発達度合いを把握するため、すべての根をカッターナ

イフで一本ずつ根元から切断して、一次根と二次根に分けて本数を数えた(以下、根数とする)。このとき、さし穂から発生した根を一次根、根から発生した根を二次根とした。次に、すべての根を一本ずつまっすぐに伸ばして根長を定規で測定し、根長の合計値を求めた(以下、根の全長とする)。その後、根の全量を80℃で48時間乾燥後に重量を測定した(以下、根重とする)。

なお、発根しなかった個体については、根数、根の全長、根重とも0として評価した。

6. 発根量の各項目間の関係の検討

今回測定を行った一次根重、一次根数、一次根の全長、二次根重、二次根数、二次根の全長の各項目間の関係を検討するため、各項目間の Pearson の相関係数を求めた。

Ⅲ 結果と考察

1. 益田5号の発根性

生存率は、IBA200区では90%であったが、他の試験区では100%であった(表-1)。各試験区の発根率は、85~100%であった(表-1)。

表-1 IBA処理濃度の違いによる生存率および発根率

| 試験区 | 生存率 (%) | 発根率 (%) |
|--------|---------|---------|
| IBA0 | 100 | 95 |
| IBA20 | 100 | 100 |
| IBA50 | 100 | 90 |
| IBA100 | 100 | 95 |
| IBA200 | 90 | 85 |

福島(1988)は、ヒノキ精英樹10品種でさし木を行い、水に浸漬したさし穂を用いた時には、発根率が10%以下から80%程度であったと報告している。また、山崎ら(1992)は、ヒノキ9品種でさし木を行い、対照区の発根率が10%以下から90%以上の品種があったと報告している。益田5号

表-2 IBA処理濃度の違いによる一次根重、一次根数、一次根の全長、二次根重、二次根数、二次根の全長

| 試験区 | 一次根 | | | 二次根 | | |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | 根重 (mg) | 根数 (本) | 全長 (cm) | 根重 (mg) | 根数 (本) | 全長 (cm) |
| IBA0 | 34.3 ^{a*} | 25.3 ^a | 51.4 ^a | 9.3 ^a | 43.9 ^a | 29.9 ^a |
| IBA20 | 61.7 ^{ab} | 25.4 ^a | 59.6 ^a | 15.6 ^{ab} | 50.2 ^a | 33.5 ^a |
| IBA50 | 59.9 ^{ab} | 34.6 ^a | 80.7 ^a | 13.4 ^{ab} | 76.1 ^a | 43.1 ^{ab} |
| IBA100 | 85.8 ^b | 34.6 ^a | 96.4 ^a | 25.3 ^b | 95.4 ^a | 68.9 ^b |
| IBA200 | 70.0 ^{ab} | 31.1 ^a | 80.4 ^a | 13.9 ^{ab} | 64.0 ^a | 38.8 ^{ab} |

*異なるアルファベットは、Tukey検定の5%水準で有意であることを示す。

は、蒸留水に浸漬した IBA0 区においても発根率が95%と高かった（表-1）ことから、発根性の高い品種であると考えられる。

2. IBA処理濃度が発根量に及ぼす影響

IBA 処理濃度の違いによる発根量（一次根重、一次根数、一次根の全長、二次根重、二次根数、二次根の全長）の平均値を表-2に示した。

一元配置の分散分析の結果、一次根重、二次根重、二次根の全長において IBA 処理濃度間に5%水準で有意差がみられ、一次根の全長、二次根数における IBA 処理濃度間の有意確率は5.2~12.4%と低かった。IBA 処理は益田5号の発根量に影響を及ぼすと考えられる。

IBA100区においては、すべての項目で平均値が最も高く、一次根重と二次根重では IBA0 区との間に、二次根の全長では IBA0 区と IBA20区との間に5%水準で有意差がみられた（表-2）。IBA0 区ではすべての項目で平均値が最も低かったが、IBA100区以外の試験区との間には有意差がみられなかった（表-2）。また、IBA 処理濃度が0~100 mg/L では、一部（一次根重と二次根重の IBA20区と50区の間）を除き濃度が高くなると発根量が増加したが、200mg/L まで高くなると発根量が減少した。これらのことから、IBA100mg/L は今回試験した中で最も発根に適した濃度と考えられる。

3. 各試験区における一次根重、一次根数、一次根の全長、二次根重、二次根数、二次根の全長の各項目間の相関係数

各試験区における各項目間の相関係数は、IBA20 区における一次根数と二次根重および二次根の全

長との間、一次根の全長と二次根重との間を除き、1%または5%水準で有意であった（表-3）。

このことから、今回測定した1項目を調査することにより、他の項目の推測が可能と考えられる。これは、今回の項目の中で比較的測定しやすい一次根数を測定することにより、発根量および細根の発達度合いを簡易に評価できることを示唆している。

今後は、他の品種においても今回と同様の調査を行い、これらの関係が益田5号の品種特性であるのか、すべてのヒノキにあてはまることであるのかを明らかにする必要がある。

謝辞

本試験の実施にあたり、岐阜県林政課（当時）の井川原弘一氏、白鳥林木育種事業地の加藤竹利氏、田中豊彦氏に多大なご協力をいただいた。ここに記して、謝意を表する。

引用文献

- 福島勉（1988）島根県産精英樹の特性（Ⅱ）ヒノキ精英樹クローンのさし木発根性．島根林技研報39：7-12.
- 町田英夫（1974）さし木のすべて．250pp，誠文堂新光社，東京．
- 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．
- 山崎旬・山岡芳雄（1992）ヒノキ天然絞品種の発根特性．玉川大学農学部研報32：109~116．

表一三 各試験区における一次根重、一次根数、一次根の全長、二次根重、二次根数、二次根の全長の各項目間の相関係数

| IBA0区 | | | | | | |
|---------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 項目 | 一次根重 | 一次根数 | 一次根の全長 | 二次根重 | 二次根数 | 二次根の全長 |
| 一次根重 | | 0.826** | 0.911** | 0.861** | 0.844** | 0.840** |
| 一次根数 | | | 0.926** | 0.673** | 0.713** | 0.720** |
| 一次根の全長 | | | | 0.878** | 0.888** | 0.901** |
| 二次根重 | | | | | 0.980** | 0.982** |
| 二次根数 | | | | | | 0.984** |
| IBA20区 | | | | | | |
| 項目 | 一次根重 | 一次根数 | 一次根の全長 | 二次根重 | 二次根数 | 二次根の全長 |
| 一次根重 | | 0.533* | 0.677** | 0.731** | 0.638** | 0.686** |
| 一次根数 | | | 0.943** | 0.317 | 0.763** | 0.432 |
| 一次根の全長 | | | | 0.468 | 0.879** | 0.581* |
| 二次根重 | | | | | 0.698** | 0.971** |
| 二次根数 | | | | | | 0.817** |
| IBA50区 | | | | | | |
| 項目 | 一次根重 | 一次根数 | 一次根の全長 | 二次根重 | 二次根数 | 二次根の全長 |
| 一次根重 | | 0.816** | 0.938** | 0.916** | 0.929** | 0.934** |
| 一次根数 | | | 0.926** | 0.640** | 0.803** | 0.771** |
| 一次根の全長 | | | | 0.810** | 0.943** | 0.916** |
| 二次根重 | | | | | 0.897** | 0.935** |
| 二次根数 | | | | | | 0.973** |
| IBA100区 | | | | | | |
| 項目 | 一次根重 | 一次根数 | 一次根の全長 | 二次根重 | 二次根数 | 二次根の全長 |
| 一次根重 | | 0.651** | 0.904** | 0.832** | 0.830** | 0.863** |
| 一次根数 | | | 0.855** | 0.514* | 0.679** | 0.498* |
| 一次根の全長 | | | | 0.792** | 0.919** | 0.806** |
| 二次根重 | | | | | 0.897** | 0.984** |
| 二次根数 | | | | | | 0.914** |
| IBA200区 | | | | | | |
| 項目 | 一次根重 | 一次根数 | 一次根の全長 | 二次根重 | 二次根数 | 二次根の全長 |
| 一次根重 | | 0.868** | 0.946** | 0.851** | 0.866** | 0.895** |
| 一次根数 | | | 0.931** | 0.707** | 0.826** | 0.817** |
| 一次根の全長 | | | | 0.837** | 0.944** | 0.915** |
| 二次根重 | | | | | 0.918** | 0.958** |
| 二次根数 | | | | | | 0.965** |

*: Pearsonの相関係数が5%水準で有意であることを示す。

** : Pearsonの相関係数が1%水準で有意であることを示す。

資料

ハタケシメジの菌床埋設栽培試験

水谷和人

キーワード：ハタケシメジ, 菌床, 埋設, 野外栽培

I はじめに

ハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) は、土中に埋まった木材などを栄養として生活し、畑や道端、庭先など地面から株状になって発生するきのこである (今関・本郷, 1987)。我が国に広く分布する代表的な食用菌で、古くから高い市場性が期待されてきた。空調施設を使用したビン栽培は既に行われており、平成21年の全国生産量は1,791t (林野庁, 2010) である。しかし、生産量は増加しているものの、エノキタケの138,501t に比較するとまだ非常に少ない。ハタケシメジは美味しい食用キノコであるにもかかわらず、生産量が少ないのは、施設栽培が難しいことが大きな原因である。

一方、昨今は農産物直販所が増加し、天然物に対する要求も手伝って野外栽培によるキノコの需要が高まっている。野外栽培品は施設栽培品より高く販売できることから注目できる。また、野外でのキノコ栽培は初期投資が少なく済み、複合作目としても期待できる。ハタケシメジの野外栽培では菌床埋設栽培が行われており、これまでに栽培方法に関する報告がいくつかある (菅野・西井, 2001; 林野庁, 2005; 西井, 2010)。しかし、菌床埋設栽培は、埋設に係る作業性が悪く、埋設に使用するバーク堆肥が付着して品質が低下するなどの問題があり、菌床上面から形状の良い子実体を安定的に発生させる技術と、集中発生を防ぎ発生を分散させる技術の開発が必要とされている (西井, 2010)。野外栽培では、自然条件など外的要因が多いことなどから、生産技術を向上するためには種々の条件下で栽培試験を繰り返し行い、多くのデータの集積が必要である。そこで、ここでは山林や畑など自然を利用して最小限の手間やコストで安定的に栽培することを目的に、ハタケシメジの菌床を埋設する栽培方法について検討した。

本研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「関東・中部の中山間地域を活性化させる特用林産物の生産技術の開発」により実施した。

II 材料と方法

1. 試験に使用した菌株および菌床

試験に使用したハタケシメジは、市販菌床および自家生産した菌床とした。市販菌床は三重県松阪飯南森林組合で種菌に亀山1号を使って製造されたもので、重量は約2.5kg である。自家生産菌床は、当研究所で所有する菌株を使用して製造したもので、重量は2.25kg あるいは2.5kg である。

2. 試験地の概況

栽培試験を実施した試験地の概況を表1に示した。試験地は岐阜県内の4ヶ所で、加茂郡七宗町地内の林齢不明のスギ林 (以下、七宗スギ林)、郡上市大和町内の42年生のスギ林 (以下、郡上スギ林)、美濃市内の35年生スギ林 (以下、美濃スギ林)、美濃市内の裸地 (以下、美濃裸地) である。各試験地の標高は、七宗スギ林が230m、郡上スギ林750m、美濃スギ林130m、美濃裸地は110m である。美濃裸地は当森林研究所構内の苗畑に設定した試験地で、直射日光を避けるために遮光率90%の寒冷紗で試験地を被陰した。

表1 試験地の概況

| 埋設場所 | 標高 (m) | 現況 |
|-------|--------|---------------------|
| 七宗スギ林 | 230 | スギ林 (林齢不明), 山脚 |
| 郡上スギ林 | 750 | スギ林 (42年生), 山脚, 沢沿い |
| 美濃スギ林 | 130 | スギ林 (35年生), 山脚, 沢沿い |
| 美濃裸地 | 110 | 苗畑, 裸地 |

スギの林齢は、試験地を設定した時点 (2007年)。

3. 栽培試験

(1) 埋設方法別試験

バーク堆肥の施用, 防虫ネットの被覆の有無が

子実体発生におよぼす影響について検討した。試験区はパーク堆肥の施用，防虫ネットの被覆の有無の組み合わせで，表－２のとおりである。2006年9月9日に七宗スギ林内に60×120cm，深さ20cmの穴を3ヶ所掘って，ハタケシメジの市販菌床を袋から取り出し，菌床上面を削って各穴へそれぞれ10個ずつ菌床間を約5 cm あけて並べた。菌床は，掘り取った土，あるいはパーク堆肥（三重県松阪飯南森林組合，広葉樹由来）で厚さ約5 cm に被覆した。また，埋設場所は網目1 mm の防虫ネット（ダイオ化成（株）製サンシャイン S-2000，以下防虫ネットとする）のトンネル掛けをする区としない区を設定して，子実体の発生量や品質におよぼす影響を比較した。埋設後の管理は，発生予定地周辺を手刈りで除草する程度とした。調査は，菌床を埋設した2006年から2010年まで5年間行い，傘が八分開きくらいになった頃に子実体を株単位で採取し，採取位置，採取年月日を記録し，子実体の付着した土やパーク堆肥をきれいに落として生重量を測定した。

表－２ 試験区の種類

| 試験区名 | 埋め戻し材料 | 防虫ネットの有無 | 供試数 |
|-----------|--------|----------|-----|
| 土埋設+ネット | 掘り取った土 | あり | 10個 |
| 土埋設 | 掘り取った土 | なし | 10個 |
| パーク埋設+ネット | パーク堆肥 | あり | 10個 |

(2) 立地環境が異なる埋設場所別試験

埋設場所の立地環境の違いが子実体発生に及ぼす影響を把握するために，立地環境が異なる野外3ヶ所に，60×120cm，深さ20cm の穴を試験地ごとに2ヶ所ずつ掘って，市販菌床を2007年9月6～7日に埋設した。埋設はすべて掘った土で埋め戻し，各試験地とも防虫ネットをトンネル掛けする場所としない場所を設定した。埋設方法や防虫ネットの被覆はすべて（1）に準じて行った。試験地は郡上スギ林，美濃スギ林，美濃裸地で，菌床の供試数はいずれも各10個で，埋設後，子実体の発生状況（採取時期，発生量）を2007年から2009年まで調査した。

(3) 被覆材の種類別栽培試験

市販菌床を2008年9月22日に美濃スギ林に60×120cm，深さ20cm の穴を2ヶ所掘って埋設した。埋設は掘った土で埋め戻し，埋設地をヒノキチップあるいは広葉樹落葉で被覆した。ヒノキチップは県内の製材工場から入手し，広葉樹落葉は付近

の林内に落ちていた広葉樹の落葉を集めたもので，いずれも埋め戻した土の上に薄く被覆した。いずれも防虫ネットを掛けなかった。埋設後，被覆材の種類別に子実体の発生時期および発生量を2008年から2010年まで調査した（供試数は各区10個）。

(4) 菌床の材料別栽培試験

菌床材料にスギオガコおよび廃ホダを使用して，菌床材料の違いが子実体発生に及ぼす影響を検討した。スギオガコを使用した菌床の組成は，パーク堆肥（自然応用科学株式会社，針葉樹由来）：スギオガコ：米ヌカ＝5：5：2（容積比）で，同様に廃ホダ（トモエ物産，シイタケ廃ホダ）はパーク堆肥：廃ホダ：米ヌカ＝5：5：2（容積比）である。それぞれ材料を調整し，スギオガコの菌床は栽培袋に2.25kg を詰め，廃ホダの菌床は栽培袋に2.5kg を詰めた。いずれも120℃で120分間殺菌し，当研究所が所有する野生種4菌株（LED-6，9，10，12）と市販菌の亀山1号を接種して培養した。培養終了後の自家生産した菌床は，市販菌床とともに2008年9月13日に美濃裸地に60×600cm，深さ20cm の穴を掘って埋設し，掘った土で埋め戻して新鮮なコナラの落葉で表面を被覆し，更に寒冷紗でトンネル掛けをした。なお，市販菌床の一部は9月22日にも埋設した。供試数は市販菌床（9月13日埋設）が10個，市販菌床（9月22日埋設）が6個，他は各5個である。埋設後，子実体の発生状況（採取時期，発生量）を2008年から2010年まで調査するとともに，2008年に発生した子実体の一部を株ごと採取して，重量，本数，長さ，茎径を測定した。

(5) 菌株別の栽培試験

当研究所が所有する野生種9菌株（LED-5，6，7，9，10，11，12，13，14）と市販の亀山1号を，（4）に準じてパーク堆肥とスギオガコの材料で菌床を作成し，市販菌床とともに2009年9月16日に美濃裸地と美濃スギ林に埋設した。供試数は各5個（市販菌床のみ10個）。

4. 経営分析

ハタケシメジの市販菌床を52個購入して菌床埋設栽培を行い，直販所で販売して経営分析を行った。

Ⅲ 結果と考察

1. 栽培試験

(1) 埋設方法別試験

子実体は、培地を埋設した2006年の10月中旬から11月下旬に発生した(図-1)。埋設当年の発生量は、菌床10個当たり土埋設+ネット区が10,796g、土埋設区が8,595g、バーク埋設+ネット区が3,559gで、土埋設+ネット区が最も多かった。埋設2年目の発生は土埋設区にのみ5月下旬に615gの発生が見られた。秋の発生は埋設1年目に比較すると各試験区とも少なく、土埋設+ネット区が2,300g、土埋設区が2,418g、バーク埋設+ネット区が356gであった。3年目は各試験区ともほとんど発生せず、バーク埋設+ネット区で5月上旬に

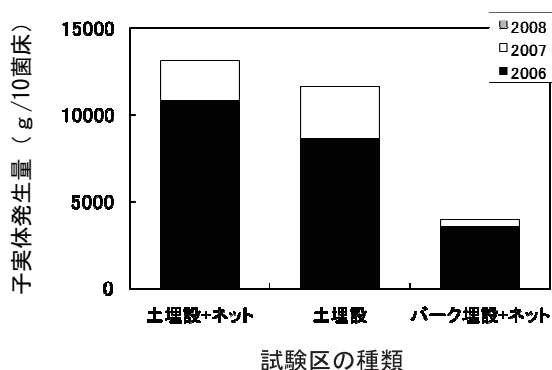


図-1 埋設方法別の子実体発生量

2006年9月9日埋設, 加茂郡七宗町, 子実体発生量は菌床10個の合計値

34gの発生のみであった。それ以降は発生が見られなかった。総発生量は最も多かったのが、土埋設+ネット区の13,097gで、菌床1個当たり1,310gであった。以下、土埋設、バーク埋設+ネットの順番であった。発生量の多く(74%以上)は埋設当年に発生した。

(2) 立地環境が異なる埋設場所別試験

調査を行った3年間の発生状況を防虫ネットの被覆の有無別に図-2に示した。防虫ネットなしの場合、子実体は菌床を埋設して1ヶ月半経過し

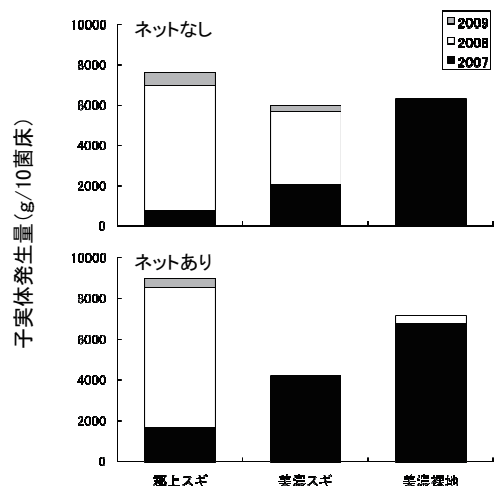


図-2 埋設場所別の子実体発生量

2007年9月6~7日埋設, 子実体発生量は菌床10個の合計値

た10月下旬から発生した。埋設1年目の発生量は埋設地によって大きく異なり、美濃裸地が最も多く、美濃スギ林、郡上スギ林の順であった。この原因の一つとして、埋設地の積算温度の影響が考えられるが、詳細は不明であり、さらなるデータの集積が必要である。2年目は春と秋に発生し、1年目の発生量が少ない場所で多く発生した。3年目の発生はほとんどなかった。埋設地によって発生時期は若干異なるが、3年間の総発生量は各埋設地で10菌床当たり5,983~7,598gで、発生量は郡上スギ林、美濃裸地、美濃スギ林の順であった。

防虫ネットを掛けた場合も、発生量は防虫ネットなしと同様の傾向を示した。3年間の総発生量は10菌床当たり郡上スギ林が8,964g、美濃スギ林が4,177g、美濃裸地が7,113gで、郡上スギ林が多かった。採取時期は防虫ネットを掛けた場合が、1週間程度早い傾向にあった。ハタケシメジは虫害を受けにくく、腐りにくいため、防虫ネットを掛けない場合でも、子実体が食害されることはほとんどなかった。しかし、降雨による土跳ねで子実体が汚れることが多いため、防虫ネットあるいは寒冷紗を掛けることは欠かせない。

(3) 被覆材の種類別栽培試験

埋設当年2008年の発生量は菌床10個当たりヒノキチップが7,131g、広葉樹落葉が4,562gであった(図-3)。埋設2年目以降の発生は全くなかった。被覆材は子実体への土の付着を軽減する目的であ

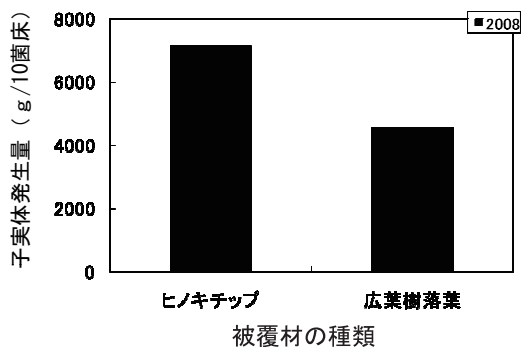


図-3 被覆材の種類別の子実体発生量

2008年9月22日埋設, 防虫ネット被覆なし, 子実体発生量は菌床10個の合計値

ったが、両資材とも発生した子実体には土が付着し、雨滴による土跳ねを防止効果は低かった。また、ヒノキチップは発生した子実体に巻き込む事例も観察され、これら資材の単独使用のみでは土跳ね防止する効果は期待できなかった。なお、広葉樹落葉で発生量が少なかったのは、前年以前の古い雑菌の多い落葉を使用したことが原因の一つではないかと考えている。

(4) 菌床の材料別栽培試験

いずれの試験区も子実体発生は埋設1年目に集中し、2年目の発生は少なく、3年目の発生はなかった(図-4)。3年間の総発生量は、野生種4菌株(LED-6, 9, 10, 12)と亀山1号と比較すると、LDE-10以外はすべてスギオガコの菌床が多かった。LDE-10についても単位重量比で比較すると、スギオガコ菌床が493 g/kg, 廃ホダ菌床が448 g/kgであり、全菌株でスギオガコの菌床が良好な成績を示したと判断できる。しかし、子実体

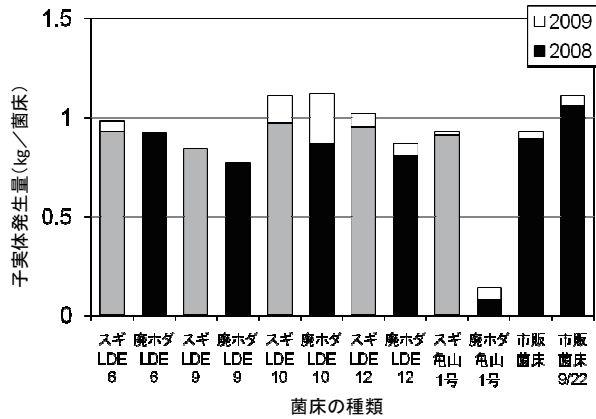


図-4 菌床材料別の子実体発生量

- ・菌床重量はスギオガコが2.25kg, 廃ホダが2.5kg, 市販菌床が約2.5kg
- ・菌床を2008年9月13日に美濃裸地に埋設(市販菌床9/22は同年9月22日)
- ・市販菌床は三重県産を購入, その他は菌床材料別(スギと廃菌床)に自家生産
- ・供試数は市販菌床9/22が6個, 同9/13が10個, 他は各5個
- ・菌床1個当たりの発生量を示す(採取時期は主に10月中旬~11月下旬)

表-3 菌床材料別の子実体形質

| 菌株 | スギオガコ | | | 廃ホダ | | |
|-------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|----------|
| | 個重(g/本) | 長さ | 茎径 | 個重(g/本) | 長さ | 茎径 |
| LED-6 | 19.1(401/21) | 101.2±17.5 | 13.0±4.15 | 22.8(502/22) | 108.1±15.8 | 14.2±3.5 |
| 9 | 10.6(633/60) | 102.2±28.6 | 8.4±2.4 | 14.1(577/41) | 125.7±29.2 | 10.2±3.5 |
| 10 | 9.3(430/46) | 58.1±13.7 | 10.7±3.6 | 27.8(555/20) | 112.1±12.0 | 19.1±5.3 |
| 12 | 18.3(493/27) | 91.1±28.4 | 12.3±4.8 | 35.4(460/13) | 96.7±23.3 | 22.4±8.2 |
| 亀山1号 | 11.6(809/70) | 91.3±16.0 | 12.6±3.5 | - | - | - |
| 市販菌床 | 9.0(443/49) | 61.8±18.8 | 8.2±3.0 | - | - | - |

2008年11月に採取した子実体の一部を調査, 亀山1号の廃ホダは未測, 市販菌床は9月13日埋設を対象



図-5 ハタケシメジの発生状況

2009年11月19日, 美濃裸地

の形質は表-3に示したとおり, 子実体1本の重量, 長さや茎径は, スギオガコと比較して廃ホダ菌床が大きい傾向にあった。

亀山1号を接種した廃ホダの菌床が他の菌床と比較して発生量が少なかったが, 野生種を接種した菌床の中では, LDE-10の発生量がスギオガコおよび廃ホダを混合した菌床とも最も多く, さらに市販菌床や亀山1号を接種した菌床と比較しても多かった。LED-6, 12を接種した菌床から発生した子実体は, 市販菌床や亀山1号を接種した菌床と比較して大型のものが多かった。また, LED-9は, 他のものに比較して子実体の色が白く, 発生時期も遅いことなどの特徴があった。市販菌床は9月13日埋設, 9月22日埋設で発生量が異なったが, 原因は不明である。

(5) 菌株別の栽培試験

美濃裸地では, 発生量は菌株 LDE-10と LDE-11が多く, 市販菌床の発生量に匹敵した(図-5, 6)。菌株 LDE-5, 7, 13, 14は子実体が全く発生しなかった。一方, 美濃スギ林に埋設した菌床からは子実体がほとんど発生しなかった(図-7)。

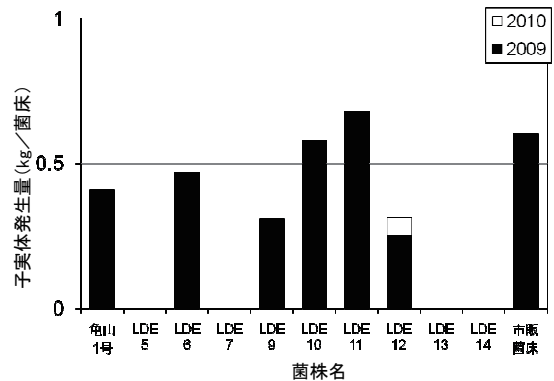


図-6 菌株別の子実体発生量(美濃裸地)

- ・菌床は美濃市裸地に2009年9月16日に埋設し, 寒冷紗でトンネル掛け
- ・市販菌床は三重県産の約2.5kg菌床を購入, その他はパークとスギを主材料に2.5kg菌床を自家生産(供試数は市販菌床10個, 他は各5個)
- ・菌床1個当たりの発生量を示す(採取時期は11月上旬~12月中旬)

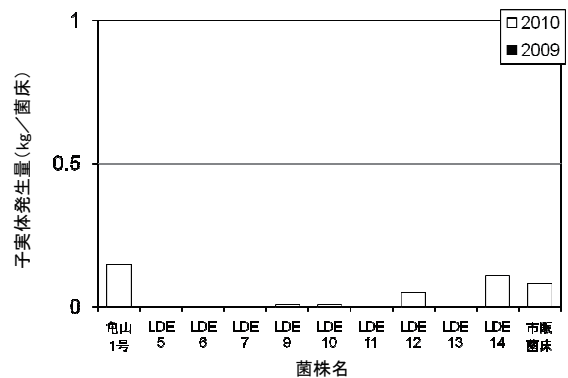


図-7 菌株別の子実体発生量(美濃スギ林)

- ・菌床は美濃市裸地に2009年9月16日に埋設し, 寒冷紗でトンネル掛け
- ・市販菌床は三重県産の約2.5kg菌床を購入, その他はパークとスギを主材料に2.5kg菌床を自家生産(供試数は市販菌床10個, 他は各5個)
- ・菌床1個当たりの発生量を示す(採取時期は10月中旬~11月下旬, 6月もあり)

2. 経営分析

経営分析を表-4に示した。市販菌床を52個購入して直販所で販売を行った結果、支出は45,890円、収入は菌床52個当たりの発生量が33.59kgで、売上げは67,180円であった。差引きは21,290円で、移動時間やガソリン代を考慮しないと、時給は567円/時間であった。直販所では2,000円/kgでよく売れたが、栽培化に向けては、菌床の輸送運賃が高いこと、子実体に付着した土やバーク堆肥をきれいにするのに時間がかかることが問題点としてあげられた。

表-4 ハタケシメジ菌床埋設栽培の収支計算

| |
|---------------------------|
| 支出:45,890円 |
| 菌床@350×52=18,200円 |
| 輸送運賃15,600円 |
| バーク堆肥1,990円 |
| 販売手数料10,100円 |
| 収入:67,180円 |
| 売上げ33.59kg×@2,000/kg |
| 差引:21,290円 時給@567円 |
| 菌床埋設6時間、収穫13.5時間、包装18.0時間 |

- ・市販菌床を52個購入して菌床埋設栽培を行い、直販所で販売した場合
- ・直販所への移動時間やガソリン代は考慮せず

IV 考察

市販菌床を使用して種々の条件下でハタケシメジの野外栽培試験を実施した。市販菌床の発生は埋設当年が多く、その後は少なくなる傾向にあり、3年目に発生することほとんどなかった。いずれも9月上旬に埋設を行うことで発生は概ね良好であったが、埋め戻しの際のバーク堆肥の施用(図-1)や広葉樹落葉の被覆(図-3)などの試験で発生量が少なかったり、2009年に美濃スギ林に埋設した場合はほとんど発生しなかった(図-7)。その原因については不明な場合が多く、明らかに

することができなかった。

ハタケシメジは虫害を受けにくく、腐りにくいいため、野外栽培に適したキノコであり、直販所でも高い値段でよく売れるキノコであった。しかし、栽培上の問題点として、市販菌床を他県から購入する場合は菌床の輸送運賃が高くなることや、子実体に付着した土などをきれいにするのに時間がかかることがあげられた(表-4)。輸送運賃の低減化のためには、購入菌床の数量を増加させることや菌床を自家生産、あるいは近場で生産することを検討する必要がある。また、子実体への土の付着は、防虫ネットあるいは寒冷紗の使用方法などの改良で、ある程度は減少が可能と考えられる。研究所で所有する菌株の中には、発生量が市販菌床に匹敵するもの(図-6)、発生時期や子実体の色など特徴のあるものがあつた。今後は、これらの菌株を組み合わせるなど、さらなる栽培方法の検討を進めることにより、長期間にわたる生産が可能となるなど実用化生産に向けた技術の開発につながるものと考えられる。

引用文献

- 今関六也・本郷次雄(1987)原色日本新菌類図鑑(1). 325pp, 保育社, 大阪.
- 西井孝文(2010)ハタケシメジ(*Lyophyllum decastes*)の菌床栽培法, 三重県林業研報(2), 35-42.
- 林野庁(2005)ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発, 119pp, 林野庁, 東京.
- 林野庁(2010)平成21年特用林産基礎資料, 林野庁, 東京.
- 菅野昭・西井孝文(2001)ハタケシメジ, 151pp, 農文協, 東京.

資料

シイタケ菌床栽培における栗殻の利用が子実体発生に及ぼす影響*

久田善純・水谷和人

キーワード：シイタケ，菌床栽培，基材，栗殻

I はじめに

岐阜県の東濃地域では、「栗きんとん」など、栗の果実を原料とした菓子製造業が盛んである。その製造時には、菓子の原料を得るために、栗の果実から可食部を取り出す工程がある。

栗の果実は、堅い皮と渋皮でできた果皮の部分と、その内部にある種子の部分で構成されている。果実の可食部とは、種子中の肥大した子葉（以下「栗果肉」という）である（岩瀬・大野，2004）。菓子の原料には、栗果肉を押しつぶして餡状態になったものを利用することが多いため、その採取時には、蒸した果実を半分に切断して鋼製ローラー等に投入し、栗果肉だけを圧搾する方法がとられている。その際、残渣として、果皮の部分と搾り取れなかった栗果肉との混合物（以下「栗殻」という）が排出される。

栗殻は、9月から11月の間に、同地域内で約500トン排出されており、その大半が廃棄されている。同地域では、資源の循環利用の推進等を目的に、栗殻を有効利用する方法を模索している。

現在、キノコの菌床栽培では、菌床の材料として、食品を加工する際の副産物が多く用いられている（寺嶋，2010）。

そこで本研究では、栗殻の用途開発の一手法として、キノコ菌床栽培の材料とする可能性を探るため、シイタケ (*Lentinula edodes*) 菌床の基材として利用した場合の子実体発生等への影響を調査した。

II 材料および方法

1. 菌床材料としての栗殻の利用が子実体発生に及ぼす影響

(1) 菌床の材料の調整

(ア) 基材

基材には、栗殻と、対照としてブナオガ粉を使用した。

a) 栗殻

栗殻は、岐阜県中津川市の菓子製造業者が排出した直後のものを入手し、85℃で48時間乾燥後、ウィレー粉砕機 (WM-3, 三田村理研工業㈱) で粉砕し、10mm メッシュのふるいにかけて通過したものを使用した。ふるい上に残ったものは、再度粉砕機に投入し10mm 以下に調整して併せて使用した。粒径は0.25mm 未満：0.25mm 以上0.50mm 未満：0.50mm 以上1.00mm 未満：1.00mm 以上2.00mm 未満：2.00mm 以上4.00mm 未満：4.00mm 以上10.00mm 未満が、重量比率で0.8%：1.5%：4.0%：15.8%：38.0%：39.9%である。

以下、「栗殻」とは、この粉砕物のことを指す。

b) ブナオガ粉

ブナオガ粉は、県内の木工家具製造業者が排出したブナの端材のうち樹皮を除いた部材を、心材と辺材を区別せずにオガ粉製造機 (11C-2, 森下機械㈱) で粉砕し、4 mm メッシュのふるいにかけて通過したものを使用した。粒径は0.25mm 未満：0.25mm 以上0.50mm 未満：0.50mm 以上1.00mm 未満：1.00mm 以上2.00mm 未満：2.00mm 以上4.00mm 未満が、重量比率で5.4%：18.5%：25.9%：20.5%：29.7%である。

(イ) 栄養体

栄養体には、フスマ（「四天王」，日清製粉㈱）を使用した。

(2) 菌床の調整

菌床の材料の組成を、ブナオガ粉：フスマ＝10：1（容積比；以下同じ）とする「対照区」と、栗殻：フスマ＝10：1とする「100%区」を設けた。上記の材料を攪拌後、含水率が63%になる量を

* 本研究の一部は、日本きのこ学会第14回大会（2010年9月）において発表した。

基準量として水（水道水）を少しずつ加えながら攪拌した。ただし、培地を手で握って水がしみ出る状態になった時点で、基準量以下であっても水を加えるのを止めた。

調整後の菌床をポリプロピレン製栽培袋（1.0～1.2kg 用、両側フィルター付き）に1.0kg 詰めて立方型（長辺13cm ×短辺10cm ×高さ10cm）に成形し、120℃で100分間殺菌した。

供試数は、対照区を5個、100%区を7個とした。

(3) 供試菌および栽培方法

殺菌後の菌床に、シイタケ種菌として北研600号（榊北研）を1菌床あたり約10g接種した。培養は、温度 $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $60.5 \pm 1.0\%$ 、暗黒の空調室で130日間行った。培養完了後の菌床は、栽培袋を除去（以下「除袋」という）して、温度 $15.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $95.0 \pm 5.0\%$ 、照度30～50ルクスの空調室内に移動し、全面栽培方式で80日間子実体の発生を管理した。

ただし、100%区の菌床は、除袋後20日目頃から菌床表面に雑菌が多量に発生したので、空調室の衛生確保のために、30日目から80日目までの期間は、岐阜県森林研究所構内にある発芽用施設（鉄骨造、屋根：スレート葺き、床面：コンクリート、窓あり、空調設備なし）内に移動して管理した。菌床の設置箇所は、発芽用施設の内部にポリスチレンフォーム保温板（スタイロフォーム、ダウ化工榊）で作設した囲い（間口2.8m、奥行き2.8m、高さ1.9m）の中とした。内部の湿度管理のために、床面に適宜散水を行った。同期間中の内部の平均温度は 16.4°C （日平均の最低日 11.1°C 、最高日 20.0°C ）、平均相対湿度は86.7%（日平均の最低日77.5%、最高日97.5%）であった。内部の光源は自然光のみとし、照度は、昼間約30ルクス、夜間0ルクスであった。

発生管理中は約15日ごとに10時間の浸水を計4回行い、1～5番発生まで子実体を発生させた。子実体は、傘の裏の膜が切れた時点で収穫した。

調査内容は、菌床の殺菌前のpH値、菌床の殺菌が終了してから15時間後のpH値と含水率、菌糸蔓延日数、子実体の個数、重量の測定とした。pH値は、対象の試料20gに蒸留水50gを加えて5分間攪拌したあと、上澄み液をpH測定器（HM-30V、東亜電波工業榊）で測定した。

2. 菌床材料中の栗殻の利用割合が子実体発生に及ぼす影響

(1) 菌床の材料の調整

(ア) 基材

基材には、栗殻と、対照として広葉樹のチップとオガ粉を使用した。

a) 栗殻

栗殻は、「II-1-(1)菌床の材料の調整」に記載のものを使用した。

b) 広葉樹チップ

広葉樹チップは、県内のチップ製造業者が菌床シイタケ用に市販しているものを使用した。樹種構成は、コナラ：その他広葉樹＝6：4～7：3である。製法は、樹皮を含めて長径15mm以下、短径10mm以下、厚さ約2mmにチップ化したものであり、粒径は0.25mm未満：0.25mm以上0.50mm未満：0.50mm以上1.00mm未満：1.00mm以上2.00mm未満：2.00mm以上4.00mm未満：4.00mm以上15.00mm未満が、重量比率で0.3%：1.8%：5.7%：9.7%：29.2%：53.3%である。

c) 広葉樹オガ粉

広葉樹オガ粉は、県内のオガ粉製造業者が菌床シイタケ用に市販しているものを使用した。樹種構成は、コナラ：その他広葉樹＝約6：4である。製法は、樹皮を含めて粒径4mm以下に粉碎したものであり、粒径は0.25mm未満：0.25mm以上0.50mm未満：0.50mm以上1.00mm未満：1.00mm以上2.00mm未満：2.00mm以上4.00mm未満が、重量比率で1.6%：12.3%：44.7%：35.6%：5.8%である。

(イ) 栄養体

栄養体には、フスマ（「四天王」、日清製粉榊）と、コメヌカ（米販店が精米した直後のもの）を使用した。

(2) 菌床の調整

菌床の材料の組成を、広葉樹チップ：広葉樹オガ粉：フスマ：コメヌカ＝50：50：10：5とする「対照区」と、栗殻：広葉樹チップ：広葉樹オガ粉：フスマ：コメヌカ＝25：25：50：10：5とする「25%区」、栗殻：広葉樹チップ：広葉樹オガ粉：フスマ：コメヌカ＝50：0：50：10：5とする「50%区」を設けた。

上記の材料を攪拌後、含水率が63%になる量を基準量として水（水道水）を少しずつ加えながら攪拌した。ただし、培地を手で握って水がしみ出る状態になった時点で、基準量以下であっても水を加えるのを止めた。

調整後の菌床をポリプロピレン製栽培袋（2.5～

3.0kg用、片側フィルター付き)に2.5kg詰めて立方型(長辺20cm×短辺13cm×高さ14cm)に成形し、120℃で100分間殺菌した。

供試数は、対照区を10個、25%区を8個、50%区を8個とした。

(3) 供試菌および栽培方法

殺菌後の菌床に、シイタケ種菌として北研600号(株北研)を1菌床あたり約15g接種した。培養は、温度 $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度 $60.5 \pm 1.0\%$ 、暗黒の空調室で120日間行った。培養完了後の菌床は、除袋してから岐阜県森林研究所構内にあるパイプハウス(間口3.6m、奥行き3.5m、高さ3.1m、床面：土)内に移動し、全面栽培方式で120日間(2010年1月8日から同年5月7日まで)子実体の発生を管理した。パイプハウスの表面部は遮光用シート(フリールフホワイト、遮光率85%、東罐興産株)1枚と保温シート(サニーコート、宇部日東化成株)2枚で3重に被覆した。内部の温湿度管理のため、パイプハウス中央部に園芸用電気温風機(SF-1008A、総和工業株)を設置して適宜加温(15°C 設定)し、床面に適宜散水を行った。同期間中の内部の平均温度は 13.5°C (日平均の最低日 7.9°C 、最高日 25.1°C)、平均相対湿度は96.2%(日平

均の最低日87.8%、最高日99.0%)であった。内部の光源は自然光のみとし、照度は、昼間の晴天時おおよそ2,000ルクス、曇天時おおよそ1,000ルクス、夜間0ルクスであった。

発生管理中は約24日ごとに10時間の浸水を計4回行い、1～5番発生まで子実体を発生させた。子実体は、傘の裏の膜が切れた時点で収穫した。

調査内容は、「II-1-(3)供試菌および栽培方法」に記載の内容、および子実体の傘径の測定とした。傘径は、直径1.5cm以上4.0cm未満をSサイズ、4.0cm以上6.0cm未満をMサイズ、6.0cm以上をLサイズとして集計した。

III 結果

1. 菌床材料としての栗殻の利用が子実体発生に及ぼす影響

菌床のpH値、および含水率を表-1に示す。

殺菌後の菌床のpH値は、対照区が5.05、100%区が4.57であった。100%区のpH値は対照区と比較して低かった。

菌床の含水率は、対照区が62.9%、100%区が55.1%であった。対照区は含水率の基準値に設定した

表-1 菌床のpH値および含水率

| 試験区 | 対照区 | 100%区 |
|--------|------|-------|
| pH値 | | |
| 殺菌前 | 5.77 | 4.85 |
| 殺菌後 | 5.05 | 4.57 |
| 含水率(%) | 62.9 | 55.1 |

表-2 菌糸蔓延日数および子実体の発生個数、発生重量

| 試験区 | 対照区 | 100%区 |
|------------|--------------|-------------|
| 菌糸蔓延日数(日) | 17.4 ± 1.1 | 27.6 ± 4.0 |
| 子実体発生個数(個) | 22.6 ± 5.0 | 8.0 ± 7.9 |
| 子実体発生重量(g) | 245.3 ± 20.2 | 80.1 ± 41.8 |

※数値は、1菌床あたりの平均値±標準偏差

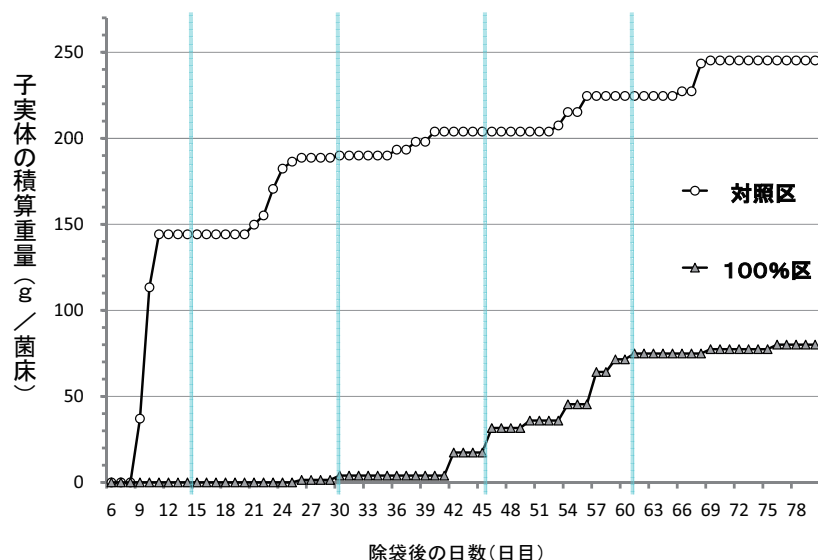


図-1 子実体の積算重量の経日推移

※除袋後15日目、30日目、46日目、61日目の縦線は、浸水処理の日を示す。

63%とほぼ同じ値であるが、100%区は基準値よりも約8%低かった。

菌床の菌糸蔓延日数、および子実体の発生個数、発生重量を表-2に示す。

菌糸蔓延日数は、対照区が17.4（平均値；以下同じ）日、100%区が27.6日であった。100%区は対照区よりも約10日長かった。

1菌床あたりの子実体の発生個数は、対照区が22.6個、100%区が8.0個、1菌床あたりの子実体の発生重量は、対照区が245.3g、100%区が80.1gであった。100%区は個数、重量ともに、対照区と比較して1/3程度であった。

収穫した子実体の積算重量の経日推移を図-1に示す。対照区では、除袋後9~11日目に最も多く収穫し、その後浸水処理のたびに数十gづつ収穫があった。対して、100%区では、除袋後26日目



図-2 除袋後23日目の菌床の外観
(左：対照区，右：100%区)

から少しづつ収穫が始まり、45~60日目に最も多く収穫があった。

除袋後23日目の菌床の外観の状態を図-2に示す。対照区では菌床表面の雑菌発生がほとんど観察されなかったのに対して、100%区では除袋後20日目頃から菌床表面に白色や緑色の雑菌が繁茂し、発生管理期間の終盤には菌床全体が雑菌に覆われてしまう状況が観察された。

表-3 菌床のpH値および含水率

| 試験区 | 対照区 | 25%区 | 50%区 | |
|--------|------|------|------|------|
| pH値 | 殺菌前 | 5.75 | 5.32 | 5.15 |
| | 殺菌後 | 5.05 | 4.92 | 4.77 |
| 含水率(%) | 63.2 | 59.2 | 57.9 | |

表-4 菌糸蔓延日数および子実体の発生個数、発生重量

| 試験区 | 対照区 | 25%区 | 50%区 |
|------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 菌糸蔓延日数(日) | 21.6 ± 1.8 ^A | 26.1 ± 3.0 ^B | 33.4 ± 2.3 ^C |
| 子実体発生個数(個) | 48.6 ± 9.5 ^A | 51.0 ± 9.0 ^A | 54.6 ± 9.0 ^A |
| 子実体発生重量(g) | 1,008.8 ± 53.4 ^A | 973.3 ± 27.6 ^A | 730.1 ± 101.2 ^B |

※数値は、1菌床あたりの平均値±標準偏差

※異なるアルファベット間に有意差あり(Steel-Dwass検定, $p < 0.05$)

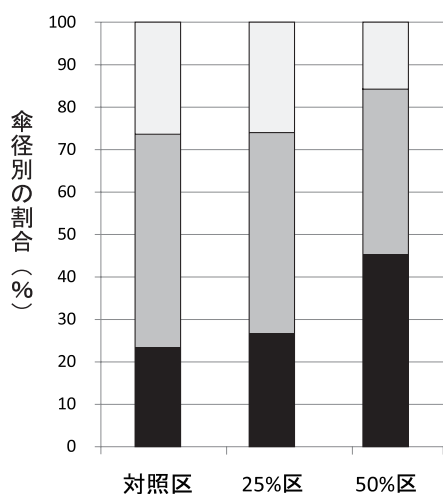


図-3 子実体個数の傘径別の割合

※S: 1.5cm以上4.0cm未満, M: 4.0cm以上6.0cm未満, L: 6.0cm以上

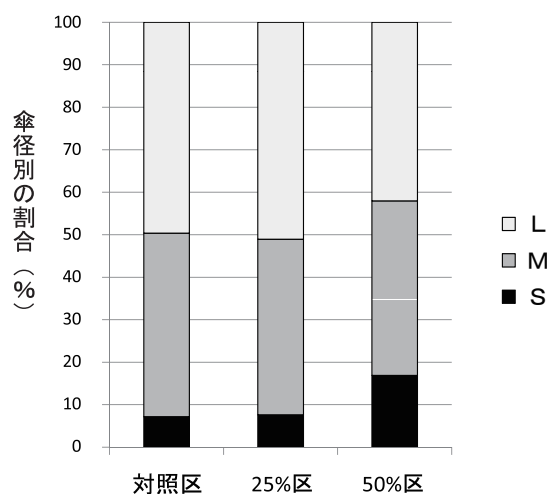


図-4 子実体重量の傘径別の割合

※S: 1.5cm以上4.0cm未満, M: 4.0cm以上6.0cm未満, L: 6.0cm以上

2. 菌床材料中の栗殻の利用割合が子実体発生に及ぼす影響

菌床の pH 値、および含水率を表-3 に示す。

殺菌後の菌床の pH 値は、対照区が5.05、25%区が4.92、50%区が4.77であった。pH 値は栗殻の割合が高い区ほど低かった。

菌床の含水率は、対照区が63.2%、25%区が59.2%、50%区が57.9%であった。対照区は含水率の基準値に設定した63%とほぼ同じ値であるが、25%区は基準値よりも約4%、50%区は約5%低かった。

菌床の菌糸蔓延日数、および子実体の発生個数、発生重量を表-4 に示す。

菌糸蔓延日数は、対照区が21.6日、25%区が26.1日、50%区が33.4日であった。対照区と比較して、25%区は約5日、50%区は約12日長かった。

1菌床あたりの子実体の発生個数は、対照区が48.6個、25%区が51.0個、50%区が54.6個であり、試験区間に有意差がなかった(Steel-Dwass 検定, $p > 0.05$)。

1菌床あたりの子実体の発生重量は、対照区が1,008.8g、25%区が973.3g、50%区が730.1gであった。対照区と25%区の間には重量に有意差がなかった(Steel-Dwass 検定, $p > 0.05$)が、50%区は他の2区と比較して重量が有意に少なかった(Steel-Dwass 検定, $p < 0.05$)。

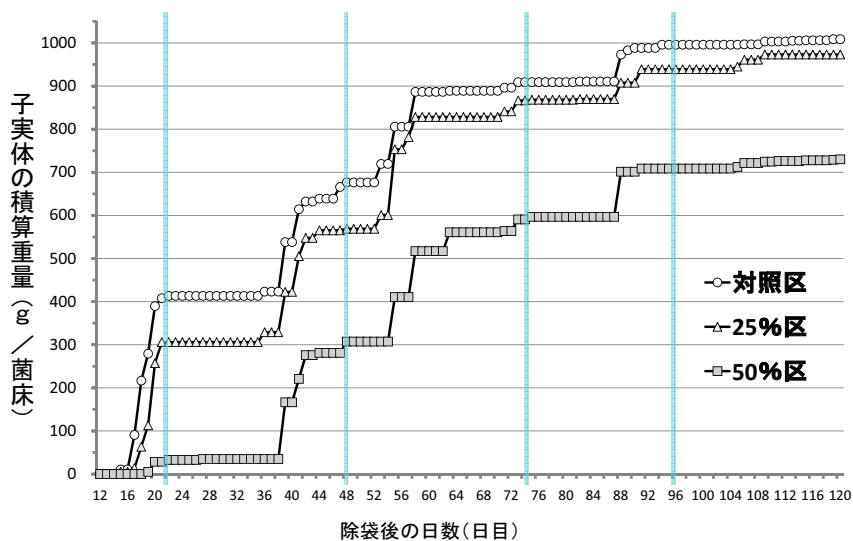


図-5 子実体の積算重量の経日推移

※除袋後22日目、48日目、75日目、96日目の縦線は、浸水処理の日を示す。



図-6 除袋後18日目の子実体発生の状況
(左: 対照区, 中央: 25%区, 右: 50%区)

子実体個数の傘径別の割合を図-3に、子実体重量の傘径別の割合を図-4に示す。50%区は、個数、重量ともに、他の2区と比較してSサイズの子実体の割合が多かった。

収穫した子実体の積算重量の経日推移を図-5に、除袋後18日目の子実体発生の状況を図-6に示す。25%区の積算重量は、1回目の浸水を行った22日目の時点では対照区の約7割の量であったが、発生管理終了時の120日目の時点では対照区と有意差がなかった(Steel-Dwass検定, $p > 0.05$)。50%区の積算重量は、22日目の時点では対照区の約1割の量であったが、120日目の時点では対照区の約7割の量になった。

また、菌床表面の雑菌の発生は、栗殻の割合が高い区ほど多くなる傾向が観察された。

IV. 考察

以上の結果により、シイタケ菌床栽培において、栗殻を菌床の基材に利用した場合、栗殻の利用割合によっては、基材に広葉樹のチップとオガ粉を利用した場合と同等の子実体発生量があることが確認された。一方で、菌床のpH値が低下すること、栗殻自体の吸水性が低く菌床作成時の含水率に影響することが確認された。また、菌糸蔓延日数が長くなり、子実体の発生時期も遅くなる傾向が確認された。

菌床のpH値の低下、吸水性の低下、菌糸蔓延日数の遅延については、他の菌床材料の配合等により改善する可能性があるため、今後は、本研究において対照区と同等の子実体発生量が得られた25%の栗殻利用を中心に、種々の基材、栄養体との組み合わせや配合比率の検討が必要と考える。

栗殻の材料としての特徴は、栗果肉が付着していることである。栗果肉中には、糖質、タンパク質、脂質、ビタミン類、ミネラル類等の成分が含まれており(香川, 2002)、子実体発生に必要な栄養分として利用される可能性がある。栗殻をヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)の菌床材料に利用した試験(久田・水谷, 2010)では、菌床の基材にスズオガ粉を100%使用する場合に対して、基材の25%を栗殻に置換した場合に子実体の発生量が増加し、栗殻中の成分に栄養体としての効果がある可能性が示されている。

本研究において、シイタケ菌床に栗殻を利用した場合にも、栗殻中の成分が栄養体として働いた

可能性はあるが、子実体発生量の増加は認められなかった。一方、栗殻を利用したシイタケ菌床は、発生管理中に雑菌が多く発生する傾向が観察された。シイタケ菌床では栄養分の添加量が多すぎる場合、発生処理後の菌床に雑菌が発生しやすいことが報告されている(㈱北研 食用菌類研究所, 2004)ことから、本研究においても、栗殻中の栄養分が加わることによって、菌床が栄養過多であった可能性が考えられる。よって、雑菌の発生を抑制する点からも、栗殻の利用割合および栄養体との配合比率について更なる検討が必要である。

今回、シイタケ菌床栽培において、栗殻が菌床の基材の一部として利用可能であることを示すことができた。今後は、シイタケ以外のキノコ目目の菌床栽培における栗殻利用時の特性を把握し、栗殻の有効利用に資するキノコ栽培技術の開発を進める必要がある。

本研究は、(独)科学技術振興機構の平成21年度「シーズ発掘試験」の支援を受けて実施した。

謝辞

本試験を実施するにあたり、岐阜県中山間農業研究所中津川支所の神尾真司専門研究員に、栗殻の入手についてご協力をいただいた。ここに記して深く謝意を表す。

引用文献

- 久田善純・水谷和人(2010) クリ殻を利用したヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)の菌床栽培. 第60回日本木材学会大会研究発表要旨集: 161
- ㈱北研 食用菌類研究所(2004) 全国産地別菌床能力比較試験(全国サンマッシュ生産協議会第18回全国大会研修会資料. 33pp, 全国サンマッシュ生産協議会・㈱北研, 栃木). 9
- 岩瀬徹・大野啓一(2004) 花と種子-果実と種子(野外観察ハンドブック 写真で見る植物用語. 189pp, 全国農村教育協会, 東京). 116
- 香川芳子(2002) 五訂日本食品標準成分表-一種実類(五訂食品成分表2002. 464pp, 女子栄養大学出版部, 東京). 58
- 寺嶋芳江(2010) きのご栽培の培地組成基材とその管理技術 1)多様化する培地材料の特徴と利用(2010年度版きのこ年鑑別冊 最新きのご栽培技術. 320pp, プランツワールド, 東京). 27-34