

岐阜県森林研究所

研 究 報 告

第 38 号

**Bulletin of the Gifu Prefectural
Research Institute for Forests**

岐阜県森林研究所

岐阜県美濃市

2009年3月

目 次

論 文

サンショウ栽培品種（タカハラサンショウ・アサクラザンショウ・ ブドウザンショウ）の成分比較研究	1
--	---

坂井 至通
中島 美幸

タカハラサンショウ組織培養苗木の増殖研究	11
----------------------	----

中島 美幸
上辻 久敏
坂井 至通

資 料

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—	17
--	----

横井 秀一
井川原弘一
渡邊 仁志

岐阜県におけるツキノワグマによる剥皮害の実態	27
------------------------	----

臼田 寿生

タカハラサンショウの挿し木における遮光の影響	31
------------------------	----

上辻 久敏
中島 美幸
坂井 至通

ホンシメジおよびシャカシメジ培地の林地埋設事例	35
-------------------------	----

水谷 和人
久田 善純
茂木 靖和

ムキタケの菌床栽培	41
-----------	----

久田 善純
井戸 好美
水谷 和人

論文

サンショウ栽培品種(タカハラサンショウ・アサクラザンショウ・
ブドウザンショウ)の成分比較研究

坂井至通・中島美幸*

Study on the comparison analysis of mono-terpenoids among three cultivated
Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.) fruits, as named Takahasanshou,
Asakurazanshou and Budhozanshou.

Yoshimichi SAKAI and Miyuki NAKASHIMA*

日本におけるサンショウ栽培は、古くから朝倉山椒(アサクラザンショウ)が棘のない優良品種として京都府、兵庫県などで栽培され、最近では、果実が大きく房状に着生する葡萄山椒(ブドウザンショウ)が和歌山県を中心に栽培されている。岐阜県では、飛騨地域の高原川流域で香辛料として高原山椒(タカハラサンショウ)が栽培されてきた。この3種の栽培品種について、テルペン系の主要香気成分リモネン、フェランドレン、シトロネラル、酢酸ゲラニルの含量差を比較し、栽培品種間の特徴を明らかにした。

3種の栽培品種は、それぞれ未熟期、成熟期、完熟期に分けて採取した。完熟期果実を乾燥させ、開裂後の果皮と種子の重量を計測したところ、ブドウザンショウは、実は大きく重い、水分含量も多かった。また、完熟期果皮の精油含量は、3種の栽培品種でほぼ同じであった。3種の栽培品種について未熟期(果実)、成熟期(果実)、完熟期(果皮)のテルペン系香気成分含量を測定した。タカハラサンショウ、アサクラザンショウ、ブドウザンショウはリモネン、フェランドレン、酢酸ゲラニルのテルペン系3成分の含量で特徴付けられ、特にタカハラサンショウは他の栽培品種に比べリモネンに対するフェランドレン含量(P/L比)が高かった。

3種栽培品種の成熟期果実を低温下(-10, 4および37℃)で4週間保存したとき、いずれも37℃では2週間目、4℃でも4週間目にカビが発生した。果実表面は黒く変色し、テルペン系3成分の含量も低下していた。また、完熟期果皮を105℃で加熱すると、およそ30分後からのテルペン系3成分の含量が急に低下した。60℃加熱では、30分から360分後に酢酸ゲラニル以外は徐々に減少したが、他成分は大きな含量変化はなかった。テルペン系成分は揮発性が高く、日干しなどによる採取後の調製による含量変化が懸念されたが、保存や加熱によってもP/L比は著しく変化せず、P/L比でタカハラサンショウと他の2栽培品種との選別が可能であった。

キーワード：タカハラサンショウ、アサクラザンショウ、ブドウザンショウ、香り成分、
フェランドレン/リモネン比、ガスクロマトグラフ分析

I はじめに

サンショウ(*Zanthoxylum piperitum* DC)はミカン科サンショウ属の落葉低木で日本の代表的な香辛料として使われ、北海道から本州、四国、九州の山地に自生している。サンショウの葉や実は、「田楽」、「鰻の蒲焼き」などの香り付けとして、果皮は「七味唐辛子」に利用されている。サンショウの栽培品種は、刺のない朝倉山椒(アサクラザンショウ)が古くから優良品種として京都府、兵庫県、大阪府奈良県などで栽培されており、最近では葡萄山椒(ブドウザンショウ)が和歌山県を中心に栽培されている。(相良, 2005) 岐阜県でも、古くから飛騨地域高原川流域でサンショウ栽培が行われ、江戸時代後期頃の飛騨の産物

を調査した「上宝村史」(上宝村史刊行委員会, 2005)や「斐太後風土記(ひだごふどき)」(富田, 1873)に、高山市上宝村の3箇村がサンショウの産地(特に今見村)として記載されている。また、江戸時代に飛騨郡代が将軍に今見村産物としてサンショウ(今見山椒)を献上したと記録されている。このため、岐阜県では平成17年に高原川流域で栽培されるサンショウを高原山椒(タカハラサンショウ)として岐阜県の栽培品種として認証した。タカハラサンショウは、他の栽培品種と比べ、実が小ぶりで大変香りが良いことが知られ、かつ長期保存が可能なことから、他地域のサンショウよりも高い評価を受けている。

サンショウの香気成分は、精油中の2~3%とされ、その主成分はジテルペンとモノテルペノイド

* 現所属：岐阜県可茂農林事務所

などがおよそ半分 (Jiang・Kubota, 2004 ; 飯島ら, 2002), 他に辛味成分の不飽和脂肪酸アミド (Yasuda ら, 1982 ; Kashiwada ら, 1997 ; Hashimoto ら, 2001) や抗酸化成分のフラボノイド配糖体 (Cho ら, 2003), ポリフェノール (山崎, 2002) など多種成分が含まれている。

今回, ガスクロマトグラフ分析 (GC分析) によるテルペン系揮発性香気成分の分析とガスクロマトグラフ/マススペクトル分析 (GC/MS分析) による成分同定を実施した。3種の栽培品種について, 採取時期 (未熟期, 成熟期, 完熟期) のテルペン系成分含量およびそれと関連する精油含量を測定した。また, テルペン系成分は揮発性が高いため, 日干しなどによる採取後の調製や, 保存や加熱による含量変化を検討した。果皮中のフェランドレン/リモネン比 (P/L比) を指標に比較したところ, タカハラサンショウが地域固有の栽培品種で, 他の栽培品種とは異なる特徴を持つ品種であることが明らかになった。

II 方法

1. 試料および調製

(1) 栽培品種のサンショウ調査木

タカハラサンショウの調査木は, 岐阜県高山市奥飛騨温泉郷地域 (栃尾, 一重ヶ根, 蓼之俣, 田頃家, 今見, 笹島の各地区) および本郷地域 (長倉, 双六, 宮原, 見座の各地区) に各5個体を設定した。アサクラザンショウの調査木は, 武田薬品工業株式会社福知山農場 (京都府福知山市) および京都薬草園 (京都府京都市), 三和町農家 (京都府福知山市三和町) に各5個体を設定した。ブドウザンショウの調査木は, 和歌山県有田郡有田川町清水地域 (栗生, 境川, 遠井の各地区) に各5個体を設定した。(図-1aおよびb)

(2) 採取時期 (未熟・成熟・完熟) 別の試料

タカハラサンショウ, アサクラザンショウ, ブドウザンショウそれぞれの栽培地の調査木から, 未熟期 (種子が白く乾燥しても果実が開裂しない6月頃), 成熟期 (種子が黒く乾燥しても果実が開裂しない8月頃), 完熟期 (果皮が赤味かかり種子は黒く, 乾燥により果実が開裂する10月頃) に分けて果実各約500gを採取した。調査木によっては各時期別に収穫できない試料があった。

未熟期の果実は緑黄色で, カミソリで容易に種子と果皮に切り分けることができ, 種子は白いことで未熟期とした。成熟期の果実は緑色で, カミソリで容易に種子と果皮に切り分けることができ, 種子は黒く, また日干しした時に種子が飛び出さない果実とした。完熟期の果実は深緑色で, カミソリで種子と果皮に切り分けなくても, 採取した後の日干しで容易に開裂し種子が飛び出す果実とし, 果皮色が赤みを帯びた果実も含めた。

(3) 保存試験用の試料

アサクラザンショウ, ブドウザンショウ, タカハラサンショウの成熟期の果実を乾燥しない状態で約50g取りシャーレに入れ, -10 , 4 , 37°C で4週間保存した。

(4) 加熱試験用の試料

アサクラザンショウ, ブドウザンショウ, タカハラサンショウの完熟期の果皮約50gをガラス瓶に取り, 加熱 (60°C と 105°C) による揮発性成分含量試験に供した。

(5) 市場品の試料

岐阜県高山市J Aひだ奥飛騨温泉郷でタカハラサン

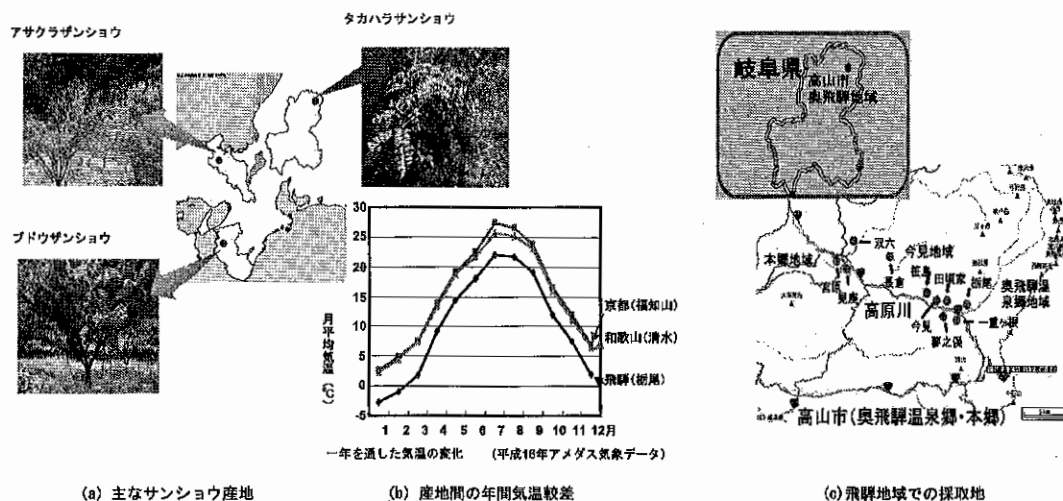


図-1 岐阜県産タカハラサンショウの採取地域

ショウ3検体を、JAひだ本郷で5検体の市場品を入手した。「青山椒」(熟した果実で日干しし種子を除いた果皮:3検体,本郷4,5および奥飛騨温泉郷3),「にぎり山椒」(熟した果実で日干ししても種のない果実:2検体,本郷3および奥飛騨温泉郷2),「赤山椒」(完熟して種子が自然に飛び出る頃の果皮:3検体,本郷1,2および奥飛騨温泉郷1)の等級別に区別されていた。アサクラザンショウは、JAたじま朝来営農センター(兵庫県養父郡朝来市和田山町)で3検体,ブドウザンショウは、JAありだ清水営農センター(和歌山県有田郡有田川町清水)5検体より入手した。

2. 試薬および機器

(1) 試薬

d-リモネン(99.0%以上), 1,8-シネオール(99.0%以上), (-)- β -シトロネロール(98.0%以上), (-)-シトロネラル(96.0%以上), β -カリオフィレン(90%以上), 酢酸リナリル(95.0%以上), オイゲノール(98.0%以上), イソイゲノール(異性体混合物, 97.0%以上), ボルネオール(95.0%以上), テルピネン-4-オール(95.0%以上), α -テルピネオール(95.0%以上), ネロリドール(cis-, trans-混合物, 97.0%以上), ゲラニオール(96.0%以上)は東京化成工業社製試薬特級を用いた。シトラール(cis-, trans-混合物, 95%以上), 酢酸ゲラニル(異性体混合物, 95%以上)はWako(株)社製試薬特級を用いた。 β -ミルセンは日本テルペン化学社からの分与品を用いた。 α -フェランドレン(95.0%以上)はシグマアルドリッチジャパン社製を用いた。高純度メタノール(ナカライテック社, 残留農薬(PCB試験用)メタノール濃縮5000;以下メタノール)を抽出用に用いた。

(2) 機器

GC分析装置は、Hewlett Packard 5580 systemを用い、カラムはHP-INNOWax column (30m $\times$ 0.25mm, 液層厚 0.25 μ m)を用いた。GC/MS分析装置は、島津GC17A QP5000システムを用い、カラムはHP-INNOWax column (30m $\times$ 0.25mm, 液層厚0.5 μ m)を用いた。精油定量は、6連式マントルヒータ(大科株式会社製, AF-6型)に精油定量器(キリヤマゲン社製)を取り付けて用いた。電子天秤は、ザルトリウス社製(BP211D-B, d=0.01mg (80g))を用いた。加熱試験は、強制循環式定温恒温器(ISUZU社製, SSR-115)を用い、保存試験は、-10 $^{\circ}$ C冷蔵庫(三菱電機社製, 冷蔵庫MBK-900), 4 $^{\circ}$ C冷蔵庫(サンヨー電気社製メディクールMPR-213F), 37 $^{\circ}$ C恒温器

(EYELA社製パーソナルインキュベータSLI-170D)をそれぞれ用いた。

3. サンショウの保存と加熱

(1) 自然乾燥による完熟期果皮の重量測定

タカハラサンショウ, アサクラサンショウ, ブドウザンショウそれぞれの調査木5個体から採取した完熟期果実について、室内で自然乾燥(10月頃)させ、開裂後の種子と果皮の重量を測定した。

(2) 保存温度の効果

タカハラサンショウ, アサクラサンショウ, ブドウザンショウそれぞれの調査木5個体から採取した成熟期果実を、-10, 4, 37 $^{\circ}$ Cに置き、形態(色, 香り, 開裂, カビなど)の変化を調査した。また、一週間毎に、約0.5gを採取してメタノール抽出し、テルペン系成分含量を測定した。試料は、105 $^{\circ}$ C(6時間)で乾燥し乾燥重量当たりの含量に換算した。

(3) 加熱による成分変化測定

タカハラサンショウ, アサクラザンショウ, ブドウザンショウそれぞれについて、約50gをガラス瓶に取り、60および105 $^{\circ}$ Cで6時間加熱し、10, 20, 30, 60, 120, 240, 360分毎に約0.5gを採取した。GC分析による揮発性成分含量の測定に用いた。成熟期果皮は、105 $^{\circ}$ C(360分)乾燥後重量を用い乾燥重量当たりの含量に換算した。また、別に約10gを秤量瓶に取り、採取時に秤量して加熱による水分減量を測定した。

4. 精油定量

精油定量は、各サンショウ粉末約30.0gを丸底フラスコ500mlに取り、蒸留水300mlを加えて精油定量器に着け試験を行った。

5. 成分分析

(1) 標準系列液の調製

リモネン, フェランドレン, シトロネラル, 酢酸ゲラニルの各約10mgを精密に秤り、メタノールでそれぞれ10mlとした。これらを1/10, 1/50, 1/100, 1/2500にそれぞれメタノールで希釈し標準系列液として用いた。

(2) 保持時間測定溶液の調製

2.1の各試薬約10mgを精密に秤り、メタノールでそれぞれ10mlとした。これらをメタノールで1/100希釈し保持時間測定溶液とし、GC分析で保持時間を測定した。また、GC/MS分析で各成分のマスペクトル

同定に用いた。

(3) サンショウ抽出液の調製

タカハラサンショウ、アサクラサンショウ、ブドウザンショウの未熟期、成熟期および完熟期の果実または果皮を乳鉢で潰した後、それぞれ約500mgを秤取り、遠沈管に入れ、メタノール10mLで2回抽出した。抽出後、3500r.p.m.で15分間遠心分離を行い、上清をろ過し、ろ液をメタノールで20mlとした。1/10に希釈しサンショウ抽出液とした。同様に市場品のサンショウ抽出液を調製した。

(4) ガスクロマトグラフ (GC) 分析条件

GC条件は、キャリアガスとしてHeガス (1.0mL/min)を用いた。カラム温度は 50℃で10min間保持した後、250℃まで 7.5℃/minで昇温し、250℃で10min保持して終了した。スプリット比 9:1。注入口温度 200℃とし 水素炎検出器 (FID) で検出した。サンショウ抽出液の各2μlを注入しGC分析した。

(5) ガスクロマトグラフ/マススペクトル (GC/MS) 分析条件

気化室温度250℃、初期温度100℃、初期保持時間 1.0分、7.5℃毎分で20分後に250℃まで昇温した。

キャリアガスにHeガス (62.1kPa) で全流量47.5 (ml/min)、インタフェース温度280℃、スキャンパラメータは走査質量範囲50.00~550.00m/e、検索はライブラリーファイルにNIST12.LIB-20を用いた。

(6) 含量計算およびフェランドレン/リモネン含量比 (P/L比) 算出方法

リモネン、フェランドレン、シトロネラール、酢酸ゲラニルについて、採取地区毎の調査木について採取時期別の試料および市販試料について含量を測定した。GC分析の標準系列のピーク面積から検量線を作成し算出した。保存試験では成熟果実を用いた時、種子と果皮を分けなかったため、乾燥果実当たり含量 (mg/g(D.Wt果実)) で表した。加熱試験は完熟果実の果皮当たり含量 (mg/g(D.Wt果皮)) で表した。フェランドレン含量は、β-フェランドレン標準品が入手できなかったため、異性体のα-フェランドレンのピーク面積を用いて算出した。

なお、フェランドレン/リモネン含量比 (P/L比) は、次式で計算した。

フェランドレン・リモネン含量比 (P/L比) =
フェランドレン含量 (mg/g(D.Wt果皮)) / リモネン含量 (mg/g(D.Wt果皮))

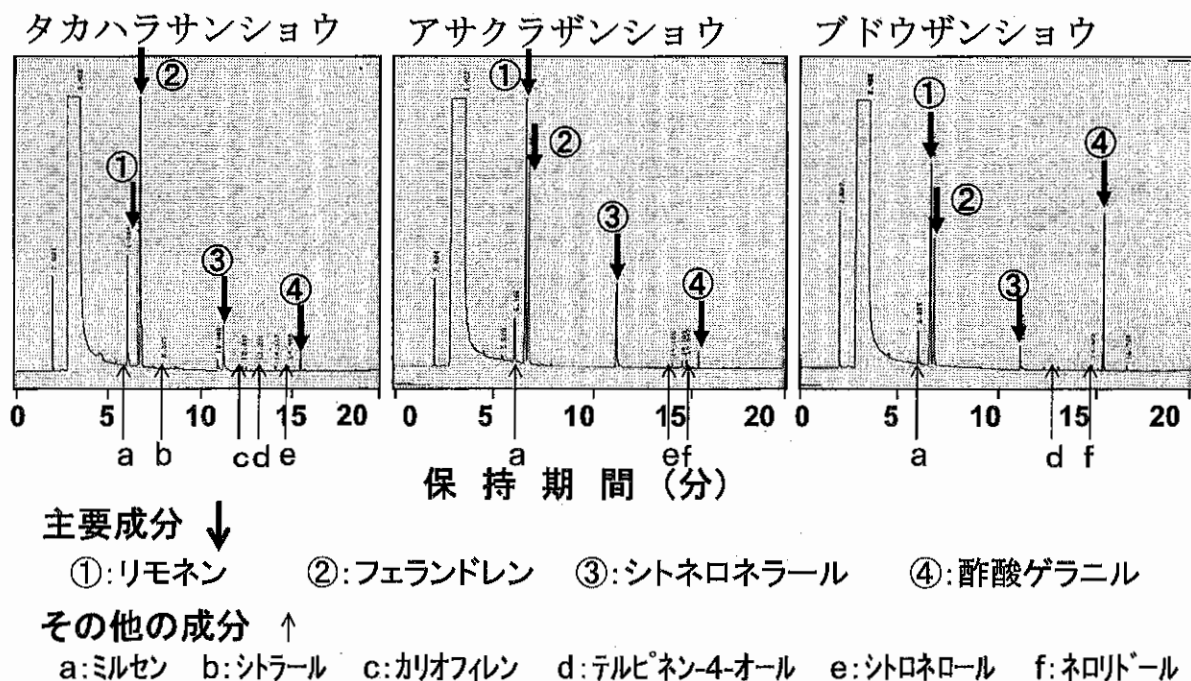


図-2 サンショウ栽培品種別のガスクロマトグラフ

Ⅲ 結果および考察

1. 完熟期の果皮と種子の重量変化

サンショウの完熟期（9月頃）果実（各n=30）を採取し、室内に放置すると種子が花糸を付けて果皮と別れる。これらを切り分けて自然乾燥し重量変化を測定した。さらに室内で26日間保存し、果皮と種子の重量変化を図-3に示した。

ブドウザンショウは、開裂後直後から26日後でも種子及び果皮重量はほとんど変化無かったのに対し、タカハラサンショウは種子及び果皮も徐々に重量が低下した。ブドウザンショウは成熟から完熟への期間が長く、開裂時には自然に失われる水分が少なく、一方タカハラサンショウは、夏期が冷温で完熟期間が短く（図-1(b)）水分が残ると思われた。アサクラザンショウもブドウザンショウと似た傾向を示した。果実重量は、ブドウザンショウ220mg、アサクラザンショウ135mg、タカハラサンショウ115mgとブドウザンショウが重く大きかった。タカハラサンショウは、他の栽培品種（アサクラザンショウ、ブドウザンショウ）に比べ、実が小ぶりで深い緑色をしていた。乾燥後の重量比はブドウザンショウ43%、アサクラザンショウ51%、タカハラサンショウ52.%で、ブドウザンショウは果実は大きい水分含量が高く、乾燥果皮率は3栽培品種（ブドウザンショウ42%、アサクラザンショウ41%、タカハラサンショウ40%）でほぼ同じであった。この結果から、ブドウザンショウがアサクラザンショウやタカハラサンショウより重い果実とされてきたのは、水分含量が多いためと考えられた。アサクラザンショウは、他の栽培品種（タカハラサンショウ、ブドウザンショウ）と比べ、収穫時期は、6月～8月上旬頃で、まだ実が小ぶりで深い緑色の未熟果実である。一方、ブドウザンショウやタカハラサンショウの収穫時期は10月～11月であり、熟した果皮の乾燥粉末（粉山椒）を調味料や香辛料の原料として出荷される。アサクラザンショウは、主に未熟期の果実を実ザンショウとして利用する他、漢方薬原料として完熟期の果実が市場に一部出回る。タカハラサンショウは完熟期の果実や果皮を香辛料原料として利用し、漢方原料としての市場品はほとんど無い。ブドウザン

ウ）に比べ、実が小ぶりで深い緑色をしていた。乾燥後の重量比はブドウザンショウ43%、アサクラザンショウ51%、タカハラサンショウ52.%で、ブドウザンショウは果実は大きい水分含量が高く、乾燥果皮率は3栽培品種（ブドウザンショウ42%、アサクラザンショウ41%、タカハラサンショウ40%）でほぼ同じであった。この結果から、ブドウザンショウがアサクラザンショウやタカハラサンショウより重い果実とされてきたのは、水分含量が多いためと考えられた。アサクラザンショウは、他の栽培品種（タカハラサンショウ、ブドウザンショウ）と比べ、収穫時期は、6月～8月上旬頃で、まだ実が小ぶりで深い緑色の未熟果実である。一方、ブドウザンショウやタカハラサンショウの収穫時期は10月～11月であり、熟した果皮の乾燥粉末（粉山椒）を調味料や香辛料の原料として出荷される。アサクラザンショウは、主に未熟期の果実を実ザンショウとして利用する他、漢方薬原料として完熟期の果実が市場に一部出回る。タカハラサンショウは完熟期の果実や果皮を香辛料原料として利用し、漢方原料としての市場品はほとんど無い。ブドウザン

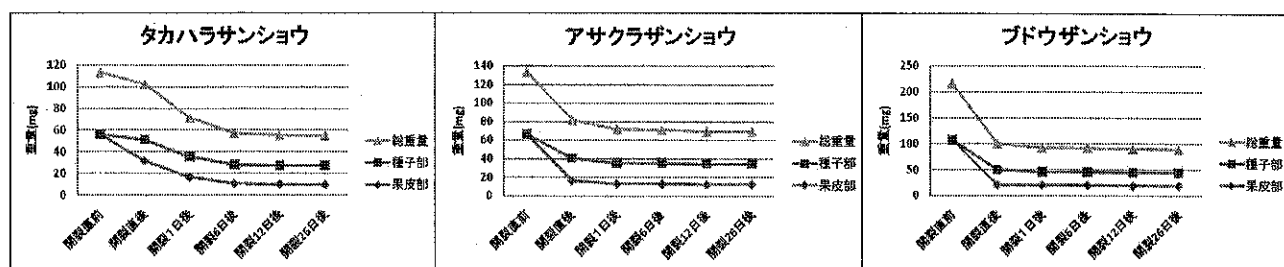


図-3 完熟期の果実（種子及び果皮）重量

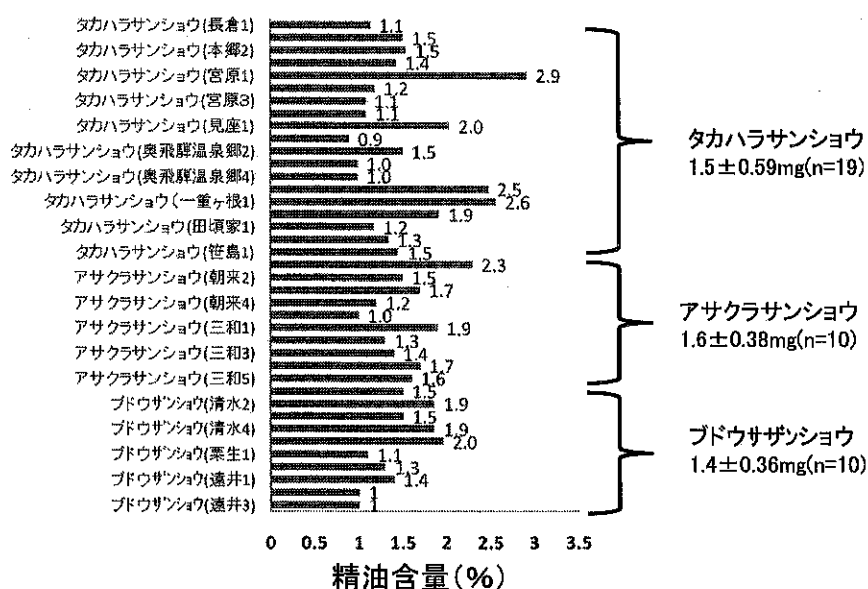


図-4 サンショウ果実の精油含量

シヨウは、漢方薬原料、調味料として利用されなど、栽培品種間でも利用目的が少し異なっている。ブドウザンシヨウは他より大実であるが、その分種子も大きく、重量だけで品質を良否を決めることはできないと思われる。

2. 精油含量

日本薬局方（日本公定書協会編，1999）にサンシヨウの精油含量は、「サンシヨウ果皮の粉末30.0gをとり、試験を行うときその量は1.0%以上である」と定められ、精油（揮発性成分を多く含む）には、消炎作用や利尿作用、駆風作用、健胃作用、食欲増進作用（小野，1997，Satoら，2003）などがあるため漢方薬原料として利用される。

3種栽培品種の完熟期果皮について精油含量を測定した結果を図-4に示した。精油含量は、3種の栽培品種でほぼ同じであった（タカハラサンシヨウ1.5ml，アサクラザンシヨウ1.6ml，ブドウザンシヨウ1.4ml）。精油含量が1.0%を満たさない完熟期の果皮が赤い「赤山椒」1検体（奥飛騨温泉郷1）あった。完熟期の果実を日干しして果皮を選別した「青山椒」の精油含量が高く、3%近い含量を示す個体もあった。「青山椒」は市場においても香りも高いとされ、精油にはテルペン系香気成分の多くが含まれるため漢方薬原料として利用するとき、精油含量は重要な指標となっている。

3. 栽培品種間の成分

サンシヨウの香気成分は、精油中の2~3%とされ、その主成分はジテンペンとモノテルペノイドがおよそ半分含まれている。他に、辛味成分として不飽和脂肪酸アミド、動脈硬化予防成分としてフラボノイド配糖体などの多種成分が含まれている。モノテルペノイドは、ミルセン、リモネン、フェランドレン、シトロネラール、シトロネロール、酢酸ゲラニル、ゲラニオールなどが、不飽和脂肪酸アミドは、 α -サンシヨール、 γ -サンシヨール、ヒドロキシ- α -サンシヨールなどが分離同定されている。産地の異なるサンシヨウ乾燥果皮の市場品について主要香気成分組成を比較（ヘッドスペース法）した結果、炭化水素で多いのはモノテルペン化合物のd-リモネン、 β -フェランドレン、 β -ミルセンなどとされ、ブドウザンシヨウにはゲラニオール、ゲラニール、酢酸ゲラニルなどゲラニル関連成分の含量割合が多く、タカハラサンシヨウはゲラニル関連成分がほとんど含まれず、シトロネロール、シトロネラール、酢酸シトロネリルなどシトロネロール関連成分の含量が多いと報告している（長谷川香料技術レポート，2005；飯島ら，2002）。

サンシヨウに含まれるテルペン成分の標準試薬を用いGC分析したところ、保持時間の早い順（RT：Retention Timeは保持時間を示し、単位は分で示す）に、酢酸リナリル（RT=6.5）、 β -ミルセン（RT=6.6）、イソオイゲノール（RT=6.8）、シトラール（RT=6.9）、d-リモネン（RT=7.0）、 α -フェランドレン（RT=7.2）、 β -シトロネラール（RT=11.3）、ボルネオール（RT=12.4）、シネオール（RT=12.6）、 β -カリオフィレン（RT=13.2）、テルピネン-4-オール（RT=13.3）、オイゲノール（RT=14.6）、 α -テルピネオール（RT=14.7）、 β -シトロネロール（RT=15.6）、酢酸ゲラニル（RT=16.8）、ネロリドール（RT=19.4）、ゲラニオール（RT=31.1）であった。これらのピークはGC/MS分析し、ライブラリーファイル（NIST12.LIB-20）のマスクロマトグラフと比較し一致率の高い成分をGC/MSで同定できたとした。GC/MS同定の結果、サンシヨウ果皮のメタノール抽出液中に検出されるRT=7.1のピークは、ライブラリーファイル（NIST12.LIB-20）の β -フェランドレン（RT=7.1）と一致し、 α -フェランドレン（RT=7.1）とほぼ一致したピークが検出された。しかし、 β -フェランドレンの標準品の入手が困難であったため、分子量の等しい α -フェランドレン（シグマアルドリッチジャパン社製の高純度（95.0%以上）を代用した。 β -フェランドレンと α -フェランドレンが、同一のピーク面積を与えるか今後の検討が必要である。

3栽培品種の成熟果実のGC分析結果を図-2に示した。d-リモネン（以下リモネン）、 β -フェランドレン（GC/MS成分同定、以下フェランドレン）、 β -シトロネロール（以下シトロネロール）、酢酸ゲラニルの順に5成分が主要成分として検出された。 β -ミルセンは、3種のサンシヨウ果皮に同程度の含量を示すため指標成分から除き、以下リモネン、フェランドレン、シトロネロール、酢酸ゲラニルの4成分を栽培品種間の特徴的成分とした。

タカハラサンシヨウ、アサクラザンシヨウ、ブドウザンシヨウの完熟期果皮のテルペン4成分含量を図-5に示した。タカハラサンシヨウはフェランドレンが他より含量が高く、一方アサクラザンシヨウとブドウザンシヨウではリモネン含量が高かった。同一の調査木から経年（最大3年）分析したところ、含量は年によって異なるが、4成分の含量比パターンは同じであった。

4. フェランドレン/リモネン比による栽培品種区別

図-5に示した3栽培品種間の4成分含量を、縦軸に成分含量、横軸に調査木とし、図-6に示した。それ

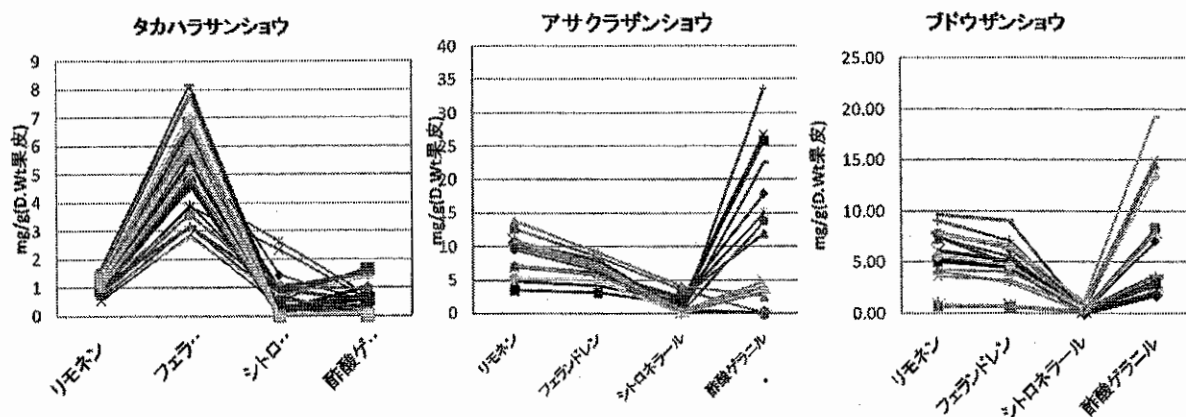


図-5 タカハラサンショウ、アサクラザンショウ、ブドウザンショウのテルペン4成分含量

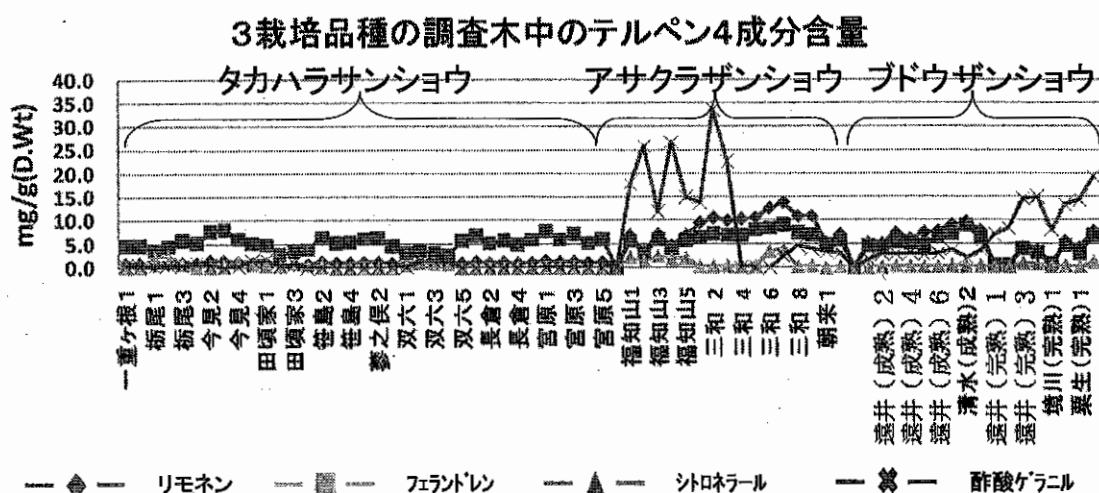


図-6 タカハラサンショウ、アサクラザンショウ、ブドウザンショウ各地区の調査木

それぞれの栽培品種内では、アサクラザンショウとブドウザンショウに、酢酸ゲラニル含量の高い個体が見られた。これら2品種に特異で、タカハラサンショウには酢酸ゲラニル含量の高い個体は見られなかった。しかし、栽培地区の間での違いを特徴付ける成分ではなかった。次に、タカハラサンショウは本郷地域と奥飛騨温泉郷地域に分け、約15個体の調査木についてP/L比を図-7に示した。P/L比は、タカハラサンショウ（本郷地域と奥飛騨温泉郷地域を含む）と他の2栽培品種を区別可能であることを示していた。

そこで、3栽培品種の調査木（各2地域よりそれぞれ5調査木）から未熟期、成熟期、完熟期に試料を採取し成分分析を行った。タカハラサンショウは本郷地域と奥飛騨温泉郷地域を合わせ（ $n=20$ ）、アサクラザンショウとブドウザンショウを合わせ（ $n=20$ ）のP/N比（平均値と標準偏差値）を図-8（a）に示した。タカハラサンショウは、未熟期、成熟期、完熟期と果実の成長が進むに従いP/N比の増加傾向が見られ、

未熟期および成熟期ではP/N比にバラツキが見られたが、完熟期ではほとんどバラツキが無くなった。これは、成長に伴いフェランドレンがリモネンより多く蓄積されることを示し、完熟期ではP/N比はほぼ一定になることを示している。また、逆のリモネン/フェランドレン比（L/P比：平均値と標準偏差値）を図-8（b）に示した。アサクラザンショウとブドウザンショウのL/P比では、リモネンがフェランドレン含量より多いことを示し、成熟期、完熟期の比はほとんど変化していなかった。

タカハラサンショウは他の栽培品種とP/L比が2.0のところ、未熟期、成熟期、完熟期と採取期に拘わらず区別可能なことを、また、L/P比では同じように0.5のところ、区別できることを示していた。

5. 保存および加熱による成分変化

タカハラサンショウ、アサクラザンショウ、ブドウザンショウそれぞれの成熟期果実について、-10、4、

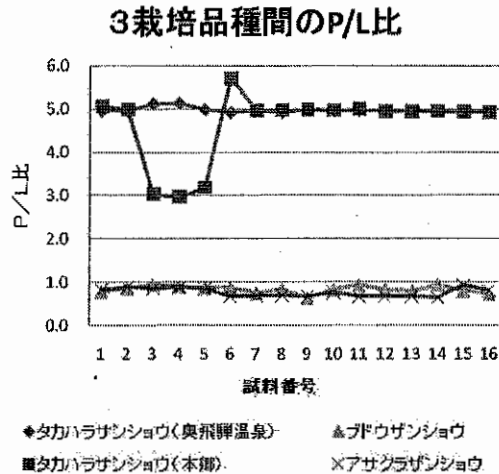


図-7 タカハラサンショウ, アサクラザンショウ, ブドウザンショウのP/N比

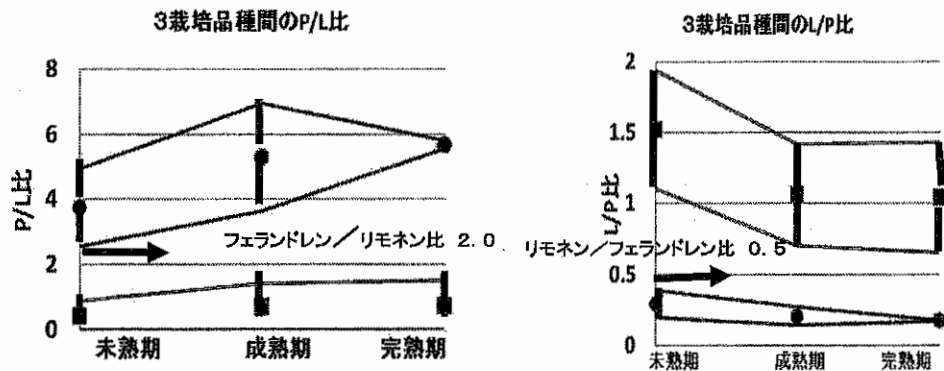


図-8 未熟期・成熟期・完熟期(タカハラサンショウ, アサクラザンショウ)のフェランドレン/リモネン比

37℃に置き、形態(色、香り、開裂、カビなど)の変化を調査した。いずれの成熟果実においても、37℃保存では、2週間程度経過すると果実が赤みを帯び(成熟果実は緑色)、果実が開裂した後もカビが発生した個体があった。さらに4週間を経過すると、果実は黒くなり全ての個体でカビ(白色)が発生した。果実の成分パターンも含量の低下が認められた。4℃保存においても3週間を経過すると成分含量の低下は認めなかったが、果実の色調変化とカビの発生が認められた。このことは、シャーレなど密閉された容器で保存すると、乾燥が妨げられ、品質低下が起こることを示していた。

また、図-9に示した様に、リモネンとフェランドレンを比較すると、アサクラザンショウとブドウザンショウではリモネンが高く、タカハラサンショウでは、フェランドレンが高いことが認められた。4℃で4週間、37℃で2週間の、リモネンとフェランドレン

を比較すると、アサクラザンショウ、ブドウザンショウ、タカハラサンショウの何れも変化が無かった。60℃、105℃加熱におけるGC分析を行い図-10に示した。加熱による成分変化では、タカハラサンショウでは、60℃でリモネン、フェランドレン、シトロネラル、酢酸ゲラニルのそれぞれの含量はほとんど変化がなかったが、105℃では30分後からリモネン、フェランドレンの減少が見られた。ブドウザンショウでは、60℃でも30分後からリモネン、フェランドレンの減少が見られた。105℃では30分後から著しく低下した。105℃でも30分程度は含量変化が無く、60℃では著しく低下しないことから、日干し乾燥での成分損失は少ないと思われる。

これらのことから、果皮採取後の保存(カビが発生する場合を除く)や加熱でアサクラザンショウ、ブドウザンショウ、タカハラサンショウの何れもリモネンとフェランドレン比への影響は無いと考えられた。

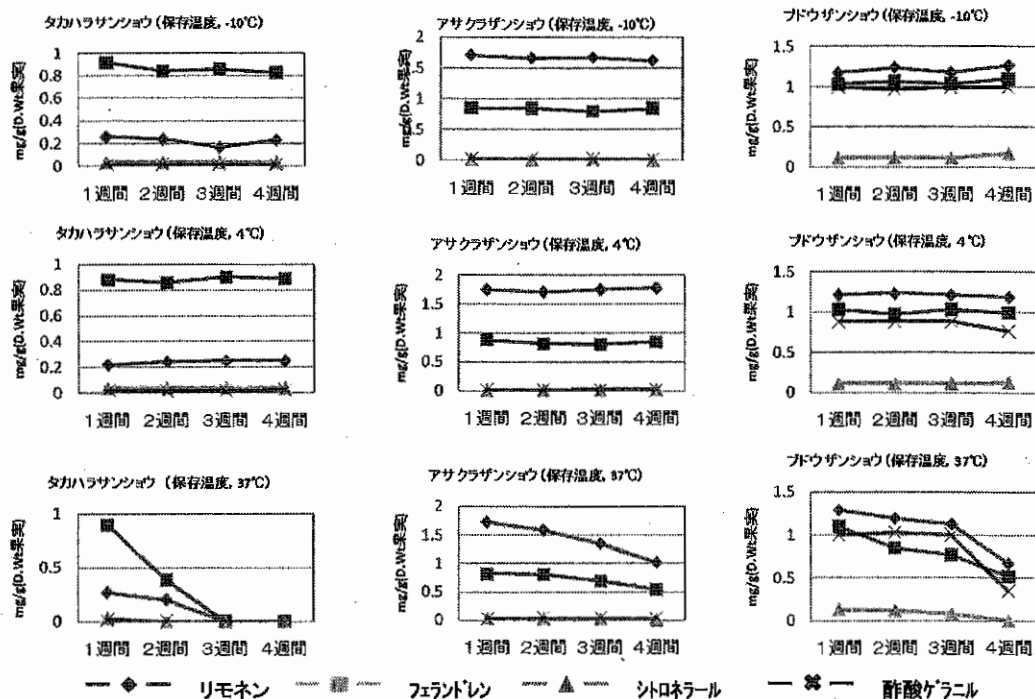


図-9 保存 (-10°C, 4°C, 37°C) におけるモノテルペン成分の変化

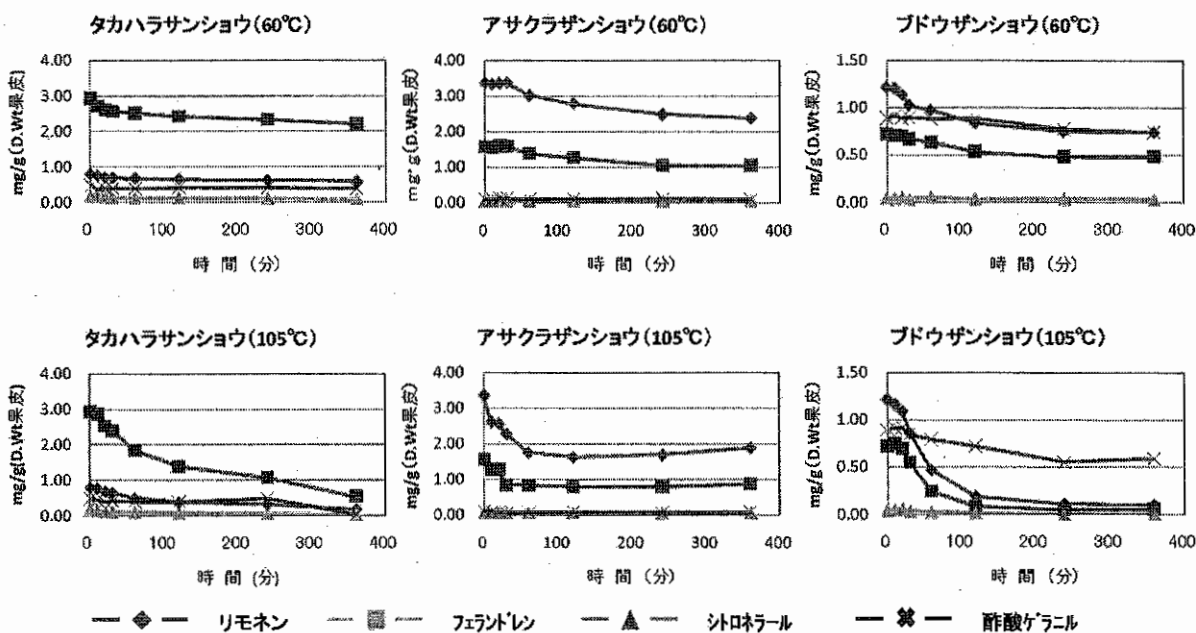


図-10 加熱 (60, 105°C) におけるテルペン含量変化

IV まとめ

岐阜県で古くから栽培されているタカハラサンショウは、香辛料業者との契約栽培が中心で、高原川流域で栽培されてきた。サンショウの品質に大きく影響する香り成分（テルペノイド）のガスクロマトグラフ分析の結果（リモネンとフェランドレンの含量比）は、

他の栽培品種（アサクラザンショウ、ブドウザンショウ）と区別できることを示していた。フェランドレン含量は、 β -フェランドレン標準品が入手できなかったため、保持時間が同じで異性体の α -フェランドレンのピーク面積を用いて算出した。今後サンショウから β -フェランドレンを単一成分として分離し、成分分析の正確性を担保する必要がある。

タカハラサンショウが地域固有の栽培品種

であることを示したが、アサクラザンショウ (*Zanthoxylum piperatum* f. *inermis*) との間ぐらいの刺のあるものをヤマアサクラザンショウ (*Z. piperatum* f. *brevispinosum*) と称することもあり、高原川流域で自生していたサンショウの中から、棘が無く香りの良いヤマアサクラザンショウを採取し継代栽培した品種と考えられる。日本薬局方では本種および同属植物の成熟した果皮で種子をできるだけ除いたものを漢方薬原料の山椒 (サンショウ) としている。タカハラサンショウを香辛料以外の利用拡大を図るため、精油含量、香り成分含量の高い品種の選別が重要となる。今後は、流域に自生する自生サンショウを調査し香り成分含量を指標として優良な母樹選定していくことで、高品質のタカハラサンショウ栽培に寄与できると思われる。

謝辞

調査木の設定に当たりご協力いただいた、武田薬品工業株式会社京都薬用植物園兼福知山農園渡辺斉園長、JAありだ清水営農センター裕佳永センター長並びに北林利樹調査役、JAひだ奥ひだ支店舟坂登己雄支店長、JAひだ本郷支店森脇安郎課長、高原山椒生産組合竹腰藤年副組合長の各位に深謝します。また、ガスクロマトグラフ/マススペクトル分析にご協力いただいた、岐阜県保健環境研究所・食品安全検査センター白木康一センター長並びに菅原吉規主任研究員に深謝します。

引用文献

- Cho, E.J., Yokozawa, T., Rhyu, D.Y., Kim, S.C., Shibahara, N., Park, J.C. (2003) Study on the inhibitory effects of Korean medicinal plants and their main compounds on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, *Phytomedicine* 10:544-551.
- 長谷川忠崇著 (1829)・岡村利平解説 (1909) 飛州志、魚果物菜穀こう地名類—今見山椒—. 岐阜県郷土資料刊行会, 57pp.
- Hashimoto, K., Satoh, K., Kase, Y., Ishige, A., Kubo, M., Sasaki, H., Nishikawa, S., Kurosawa, S., Yakabi, K., Nakamura (2001) Modulatory effect of aliphatic acid amides from *Zanthoxylum piperatum* on isolated gastrointestinal tract, *Planta Med.* 67:179-181.
- 長谷川香料技術レポート (2005) 特集サンショウ, No.20, 長谷川香料工業 (株).
- 飯島 (関和) 陽子・諸井千春・萩原修・久保田紀久江 (2002) 日本食品科学工学会誌49:320-326.
- Jiang, L., Kubota K. (2004) Differences in the volatile components and their odor characteristics of green and ripe fruits and dried pericarp of Japanese pepper (*Xanthoxylum piperatum* DC.), *J. Agric Food Chem.* 52:4197-4203.
- 上宝村史刊編 (2005) 上宝村史上巻, 津野滄洲 (1873) 産物狂歌詠, 特産物—今見山椒—. 上宝村史刊行委員会, 305pp.
- Kashiwada, Y., Ito, C., Katagiri, H., Mas, I., Komatsu, K., Namba, T. and Ikeshiro, Y. (1997) Amides of the fruit of *Zanthoxylum* spp., *Plant chemist.* 44:1125-1127.
- 日本公定書協会編 (1999) サンショウ, D-300D-303, 生薬総則.
- 小野欄山 (1997) 本草綱目—山椒:7-10.
- 相良嘉美 (2005) バンザイ・サンショウ. 香料No. 227:39-45.
- Satoh, K., Kase, Y., Yuzurihara, M., Mizoguchi, K., Kurauchi, K. and Ishige, A. (2003) Effect of Dai-kenchuto on the delayed intestinal propulsion induced by chlorpromazine in mice, *J. of Ethnopharmacology* 86:37-44.
- 富田礼彦 (1873) 斐太後風土記 (巻之十五吉城郡高原郷今見村, 蘆田伊人編 (2002) 大日本地誌大系第二巻 (2002) 斐太後風土記. 雄山閣, 97.
- 山崎栄次 (2001) 山椒果実由来の抗酸化物質について. 三重県科振センター工業研究部報告25:7-12.
- 山崎栄次 (2002) サンショウ果実由来のポリフェノールについて (第2報) —ポリフェノールによるタンパク質糖化反応抑制効果に関する研究—. 三重県科振センター工業研究部報告26:1-5.
- Yasuda, I., Takeya, K. and Itokawa, H. (1982) Distribution of unsaturated aliphatic acid amides in Japanese *Zanthoxylum* species, *Phytochemist.* 21:1295-1298.

論文

タカハラサンショウ組織培養苗木の増殖研究

中島美幸*・上辻久敏・坂井至通

Tissue culture investigation of the Takaharasanshou plant for seedling of cultivated Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC.)

Miyuki NAKASHIMA, Hisatosi KAMITSUJI and Yoshimichi SAKAI

岐阜県高山市の高原川流域は、古くから「今見山椒」の産地としてサンショウ栽培が盛んであった。現在、サンショウの栽培品種は朝倉山椒（アサクラザンショウ）、葡萄山椒（ブドウザンショウ）が広く知られているが、岐阜県産のサンショウは、高原山椒（タカハラサンショウ）として栽培されるようになった。最近、タカハラサンショウ成木や接ぎ木苗の立ち枯れが発生して深刻な苗木不足に陥り、優良苗木の大量生産技術確立が要望されていた。

このため、組織培養法を検討した結果、炭素源としてトレハロースを用いたWP培地にベンジルアミノプリン(BAP)を添加することでシュート増殖に成功し、また、新規発根剤4-Cl-IAAによる浸漬処理で良好な発根を示した。3種の発根剤について培地への直接添加と浸漬処理を比較したところ、処理方法の違いにより発根率を高める効果やその有効濃度が異なることが分かった。培養容器内で成長した幼植体（苗木）を移植するとき、発根部分に付着する寒天やゲランガムが細菌繁殖の場となるため除去する必要がある。しかし、流水などで寒天やゲランガムを除去する場合、細根・毛根も切り除いてしまうため、継代培養物を発根剤（1ppm IBA）添加しフロリアライトを支持体としたWP培地で培養した。これにより移植可能なサンショウ苗木の量産化が可能となった。

キーワード：タカハラサンショウ、組織培養、クローン苗木、発根剤

I はじめに

サンショウ (*Zanthoxylum piperitum* DC) はミカン科サンショウ属の落葉低木（約3m）で、葉柄の基部に1対の刺があり、果実は、食用、香辛料のほか生薬原料として利用される。雌雄異株で、春、黄緑色の花を咲かせた後に雌株のみ実をつける。古くから刺のない「朝倉山椒（アサクラザンショウ, *Z. piperitum* f. *inerme*）」が優良品種として京都府、兵庫県等で栽培され（大沢, 1986）、近年は房状に大実をつける「葡萄山椒（ブドウザンショウ）」（佐々木, 1971；伊沢, 1972）が和歌山県などで栽培されるようになった。サンショウ栽培における品種・系統種の多くは、アサクラザンショウを基本に改良されてきた（内藤, 1986）。一方、岐阜県奥飛騨地域に流れる高原川流域で栽培されてきたサンショウは、「今見山椒」（津野, 1783；長谷川, 1829；富田, 1873）として歴史も古く、郷土の気候風土が育んだ「飛騨・美濃伝統野菜」として、平成17年に「高原山椒（タカハラサンショウ）」と認証された。

タカハラサンショウは、他の栽培品種に比べ、実が小ぶりで深い緑色をし、大変香りが良く、かつ長期保存が可能なおよそから調味料や香辛料の原料として出荷される。岐阜県飛騨地域のサンショウ栽培は、およそその栽培面積22.5ha、生産者戸数380戸で、香辛料業者との契約栽培が中心で年間20t近く生産されている。

近年、タカハラサンショウ成木や接ぎ木苗に凍害の影響で立ち枯れが発生し、深刻な苗木不足となっている（中島・坂井, 2007）。これまで立ち枯れの対策として、接ぎ木苗の台木にヤマザンショウ（松浦ら, 1999）、カラスザンショウおよびフユザンショウ（前田ら, 2005）などを用いて苗木生産の改良が重ねられ、タカハラサンショウにおいても検討が進められている。しかし、接ぎ木法は採穂数の確保、熟練した技術や経験が求められ、苗木大量生産法としては限界があった。そのため、優良苗木の効率的大量生産法としてサンショウ苗木の生産技術の確立が求められ、組織培養によるクローン増殖を検討した。

植物個体のクローン増殖法は既に多くの成書（福井・山田, 1985；最新バイオテクノロジー全書編集

* 現所属：岐阜県可茂農林事務所

員会, 1989) にまとめられているが, サンショウでは培地の褐変化, カルスのガラス化などが発生し, 容易に増殖できなかった。これまでに炭素源としてトレハロースを用いたWP培地にベンジルアミノプリン(BAP)を添加することでシュート増殖に成功した(中島・坂井, 2006, 2008)が, 継代培養物の発根及び移植に適した支持体の選別(茂木・坂井, 2004, 2005)などの問題点が残されていた。今回, 継代培養物に新規発根剤(片山・景山, 2000)を用いた発根促進, 移植に適した支持体の利用を検討し, タカハラサンショウ苗木の大量生産を可能としたので報告する。

II 方法

1. 材料

平成17年6月に, 岐阜県高山市奥飛騨温泉郷で栽培されているタカハラサンショウ成木の当年枝(2006年)から採取した腋芽を用いた。切り口を濡れた紙で包み, さらにアルミホイルを巻き保冷庫に入れて搬入した。

2. 試薬および機器

(1) 試薬及び試料溶液の調製

殺菌剤は, 70%エタノール及び次亜塩素酸ナトリウムを用いた。植物ホルモン剤として, 多芽体誘導には, ベンジルアミノプリン(BAP: Wako製)とジベレリン(GA_3 : Wako製)を, 発根には, インドール酪酸(IBA: Wako製), 4-Chloroindole-3-acetic acid (4-Cl-IAA: (株)東海化成製) および, 5,6-Dichloroindole-3-acetic acid (5,6- Cl_2 -IAA: (株)東海化成製)をそれぞれ使用した。植物ホルモン溶液は, 各試薬を水に溶解して, IBA (0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0ppm), BAP (0.0, 0.2ppm) と GA_3 (0.0, 0.5, 1.0 ppm) をそれぞれ調製した。培地の支持体には0.2%ゲランガム(Wako製)を使用した。

(2) WP培地及びホルモン添加培地の調製

WP基本培地に0.2%ジェランガムを添加した培地に2%炭素源とホルモン溶液を添加した。炭素源種はトレハロース, スクロースを使用した。植物ホルモン溶液はBAP (0.0, 0.2ppm), GA_3 (0.0, 0.5, 5.0ppm) を添加した。

(3) 育苗条件

育苗室の条件を培養温度22℃, 照度4000lux, 16時間日長として培養した。

3. クローン苗木培養方法

(1) 外植体の殺菌処理

採取した枝から腋芽毎に外植体を切り取り, 70%エタノール1分間処理後, 1%次亜塩素酸ナトリウム溶液で6分間浸漬して殺菌処理を行った。

(2) シュート増殖法

腋芽から切り出した幼芽は, WP培地を基本培地としBAP (0.0, 0.2ppm) と GA_3 (0.0, 0.5, 1.0ppm) の2種類の植物ホルモンと2% スクロースまたは2% トレハロースを糖質とし2%ゲランガムを添加したWP培地上に外植体を置床した。初代培養を48日間行ったのちの生育状態を観察した。2代培養では, 初代培養で得られた状態の良いシュートをBAP 0.2ppm, 0.2%ゲランガム, スクロースまたはトレハロースを2%添加した2種類のWP培地で30日間培養して生育状態を観察し, 初代培養とも併せてサンショウのクローン増殖について検討した。

(3) 発根法

発根試験には, ホルモン0.2ppm BAP, 炭素源2%トレハロースを添加したWP培地にて培養(22℃, 照度4000lux, 16時間日長)し, 不定芽を形成した増殖物を同条件の培地において, 継代培養した個体を用いて発根剤と発根についての条件検討は, 2%トレハロースを糖質としたWP培地に, IBA (0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0ppm) をホルモン条件とし, それぞれの処理区について10本ずつ発根培養を行った。

(4) 支持体の選択

サンショウ組織培養物の順化に適する支持体を検討するために, 固形状支持体であるフロリアライト(サンエイ製)を用いた場合におけるサンショウ組織培養物の生育への影響を調査した。培養は200ml容培養ビンあたり縦2.5cm×横5cm×高さ2cmの大きさにカットしたフロリアライトに培養液を20ml添加して試験した。シュート長と生存率は120日目に測定した。比較対照としてゲル状支持体であるゲランガムを用いた。

(5) 測定と選別

増殖に関するホルモンと糖の影響に関する試験では, 初代培養48日, 二代培養30日目に生存数, 不定芽形成数およびシュート伸長量を測定した。発根剤種の効果に関しては, 培養開始後80日目に, シュート伸長量, 発根率を測定した。生存数, 不定芽形成数, シュート伸長量で最適条件を選別した。

Ⅲ 結果および考察

1. シュート増殖の検討

サンショウ腋芽を用いた組織培養における培地の条件を検討した結果を図-1に示した。初代培養では、BAP 0.2ppm、2%トレハロースを加えたWP培地において、5.2倍の増殖率を示した。また、2代培養でも、同一の培地で多芽体の形成が見られたことから、サンショウ増殖培養には、BAP 0.2ppm、2%トレハロースを加えたWP培地を用いて継代し、個体数を増殖した。

2. 発根剤の検討

サンショウ組織培養における発根剤の種類と添加方法の影響を検討するためにIBAと4-Cl-IAAおよび5,6-Cl₂-IAAの3種の発根剤を培地に添加した場合の組織内容物の生存率と発根についての結果を図-2に示した。IBA 0.5ppmおよび1.0ppm処理区において、培養40日目それぞれ20%、40%の発根率が得られ、120日目には70%となった。このことから、サンショウ組織培養における発根条件としては、WP培地にIBAを0.5~1.0ppm用いるのがよいと考えられた(中島ら, 2006)。培地へ発根剤を添加した試験では、IBAを添加した条件においてすべての添加濃度(1~20ppm)で発根が認められた(図-2)。特に1~5ppmのIBAの添加濃度において発根率が高く100%であった。一方、培地へ発根剤を添加せず、培地へ挿し付け前に組織培養物を発根剤溶液に浸漬処理した試験区では、5~10ppmの4-Cl-IAA溶液に浸漬処理した条件で100%の発根率であった(図-3)。4-Cl-IAAおよび5,6-Cl₂-IAAとの比較では(図-3)、4-Cl-IAAによる浸漬処理が良好な発根を示した。発根剤の種類と処理方法により発根への影響が異なることが観察された。

ゲランガムを用いた組織培養条件では、120日目までに枯死個体は発生せず、IBA濃度依存的に発根率が上昇する傾向が認められた。ホルモン濃度2ppm以上では、発根率が高いが組織培養物が褐変化し、組織培養物の生育には不適と考えられた。3種の発根剤について培地への直接添加と浸漬処理を比較したところ、処理方法の違いにより発根率を高める効果やその有効濃度が異なることが分かった。この培養容器内で成長した幼植体(苗木)を苗畑などの室外で移植栽培するときには、発根部分に付着する寒天やゲランガムが土壤細菌の発育要因となるため除去する必要がある(茂木・坂井, 2005)。

3. 支持体の検討

移植用苗木を生産するためには、順化、鉢揚げが必要である。これまで培地上での幼植体は、支持体としてゲランガムを使用し増殖条件を検討したが、ゲル状支持体として用いた培養では移植用に使用できないため、ゲランガム培地で発根した幼植体を取り出し、フロリアライトなど幼根を強く支持する育成用の培地に再移植する必要がある。また、移植に伴う幼根の損傷を回避することは困難なため、発根した組織培養物の根を損傷させずに順化を行うためにフロリアライトなど固形の支持体を用いた組織培養物の育成が考えられる。支持体への発根剤添加はゲランガム培地での有効濃度と異なる可能性がある。そこでゲランガム培地に添加して効果を示したIBAを直接フロリアライトに添加した場合と同様の効果を得ることができるのか検討した。固形状支持体であるフロリアライトを用いた条件下でサンショウ組織培養物の発根を促すIBA添加による生存率への影響を比較し、その結果、ゲランガムを支持体として用いた条件よりも、固形状支持体フロリアライトを用いた培養条件では、IBAを添加した

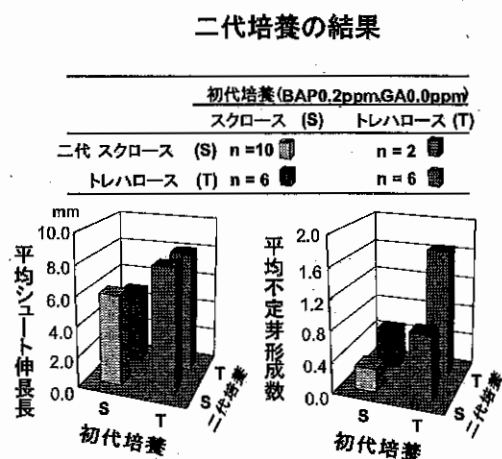
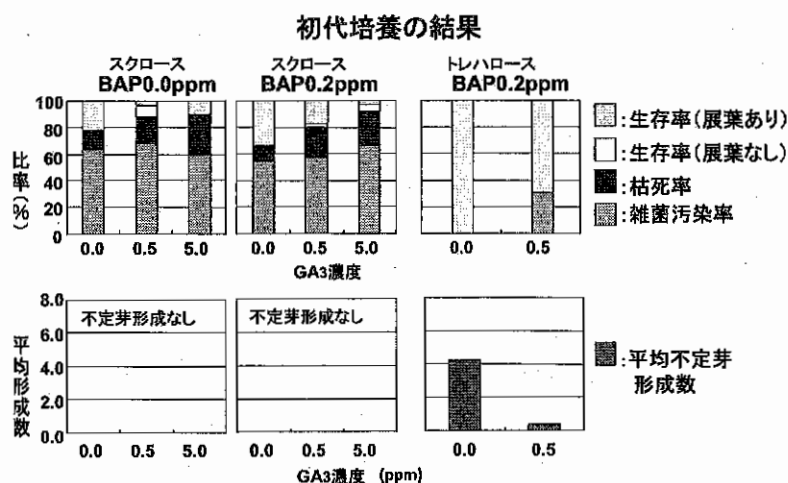


図-1 組織培養における多芽体の形成条件

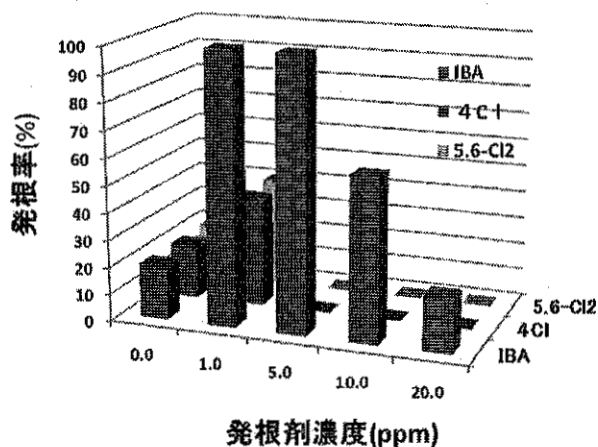


図-2 組織培養物の発根における発根剤培地添加の影響

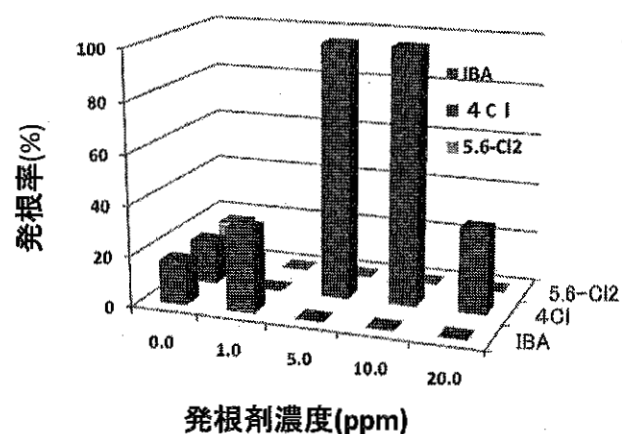


図-3 組織培養物の発根における発根剤浸漬処理の影響



IBA添加による影響
無添加 1ppm添加
支持体:フロリアライト
図-4 移植可能なクローン苗木

培養物で枯死が認められた。ゲル状支持体ゲランガムを用いた場合、120日目の組織培養物の生存率は100%である。支持体としてフロリアライトを用いた条件においては、IBA無添加条件では、ゲランガムを用いた場合と同じく生存率100%であった。しかし、フロリアライトを用いた培養物にIBA添加するとゲランガムを用いた場合と異なり、生存率が低下する傾向を示した。1ppm IBA を添加した条件では、生存率92%であり、IBA無添加条件に近い生存率を示し、移植可能な優良クローン苗木(図-4)を得た。

IV まとめ

最近、タカハラサンショウ成木や接ぎ木苗の立ち枯れが発生し、深刻な苗木不足となり優良個体のクローン増殖技術の確立が望まれていた。木本植物の組織培

養成功例を基本とし、サンショウの増殖条件を検討した結果、炭素源としてトレハロースを用いたWP培地にBAPを添加することでシュート増殖に成功した。さらに、新規発根剤4-Cl-IAAによる浸漬処理が良好な発根を示した。発根剤(1ppm IBA)を添加したフロリアライト支持体で継代培養物の培養も成功し、移植可能なサンショウ苗木の量産化が可能となった。

謝 辞

本研究において新規発根剤(4-Chloroindole-3-acetic acidおよび5,6-Dichloroindole-3-acetic acid)を提供していただきました株式会社東海グローバルグリーン景山英治社長に深謝致します。

引用文献

- 福井三郎・山田康之(1985)植物培養細胞の変異と選抜。講談社サイエンティフィク。
- 長谷川忠崇著(1829)・岡村利平解説(1909)飛州志、魚果物菜穀こう地名類-今見山椒-。岐阜県郷土資料刊行会、57pp。
- 伊沢凡人編(1972)庭先に植える薬草・薬木の作り方・使い方。pp167-168、家の光協会。
- 片山政人・景山英治(2000)特開2001-233713および2001-233714、植物発根誘導剤とその処理方法。
- 前田隆昭・米本仁巳・萩原進(2005)台木の違いがブドウサンショウの枯死率と生長に及ぼす影響。園学研4(2):203-206。
- 松浦克彦(1999)カラスザンショウおよびフユザンショウ:ひょうご農技102。

- 茂木靖和・坂井至通(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.
- 茂木靖和・坂井至通(2005)組織培養によるハナノキのクローン増殖(II)ー培養容器と糖濃度の違いによる発根の検討ー. 岐阜県森林研研報34, 27-32.
- 内藤一夫(1986)農文協特産シリーズ53, サンショウー実・花・木ノ芽栽培ー. pp30-38, 農山漁村文化協会.
- 中島美幸・坂井至通(2006)優良サンショウ苗の効率的な増殖方法に関する研究ー立ち枯れの原因究明と組織培養による増殖法の検討ー. 中森研54: 47-48.
- 中島美幸・坂井至通(2007)優良サンショウ苗の効率的な増殖方法に関する研究ーサンショウの耐凍性についてー. 中森研55: 13-14.
- 中島美幸・上辻久敏・坂井至通(2008)タカハラサンショウの挿し木・組織培養における発根剤の影響. 園学研7別1, 08[P果樹]: 317.
- 最新バイオテクノロジー全書編集委員会編(1989)木本植物の増殖と育種. 農業図書
- 佐々木一郎(1971)アサクラザンショウ, ブドウザンショウの栽培と利用. 植物研究雑誌46(5): 160-164.
- 富田礼彦(1873)斐太後風土記(卷之十五吉城郡高原郷今見村, 蘆田伊人編(2002)大日本地誌大系第二卷(2002), 斐太後風土記, 雄山閣, p97.
- 津野滄洲(1783)産物狂歌詠, 特産物ー今見山椒ー. 上宝村史刊行委員会, 305pp.
- 大沢章(1986)山菜栽培全科, 有望53種. pp148-159, 農山漁村文化協会.

資 料

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——

横井秀一・井川原弘一**・渡邊仁志***

キーワード：群状間伐，強度間伐，草本層植被率

I はじめに

間伐が遅れて過密状態になったヒノキ人工林は、下層植生が貧弱になる。下層植生が衰退すると、表土流亡の危険性が高くなる（梶原ら，1999；渡邊ら，2004）。このため、下層植生を発達させるためにも間伐が必要であるとされ、下層植生の発達を目的とした公共事業（例えば、保安林整備事業における本数調整伐）なども行われている。しかし、間伐が行われたヒノキ林で、必ず下層植生が発達するとは限らない（中村，1992；深田ら，2006；横井ら，2008）。

間伐されたヒノキ林に下層植生が発達しない理由として、中村（1992）は、間伐率が低いこと、間伐以前に無植生状態が長く続いていたこと、間伐間隔があきすぎていたことが考えられるとし、横井ら（2008）は、下層植生が衰退したヒノキ林では埋土種子が少ないこと、下層植生の発達に対して間伐後の林内の明るさが十分でないことが考えられるとしている。ここで、その理由が間伐率の低さや林内の明るさ不足にあるとすれば、林内がより明るくなるような間伐を行えば、下層植生の発達が期待できることになる。間伐後の林内を明るくするには、間伐率を高くする（「強度な間伐」とする）ことの他に、間伐のときにところどころを小集団で伐採する（「群状間伐」とする）ことによって、部分的に明るい箇所をつくり出すという手法も考えられる。前者は林床全体に、後者は部分的にでも下層植生を発達させることで、表土流亡の危険性を低くすることができると考えられる。

本研究は、ヒノキ人工林における群状間伐と強度な

間伐の、下層植生の発達に対する効果を検証する目的で実施した。本報告では、間伐後2年間の下層植生の変化を示し、下層植生の発達に対するこれらの間伐の効果を検討する。

II 調査地と方法

1. 調査地と間伐方法

調査地は、岐阜県山県市（旧高富町地区；以下、高富とする）、中津川市加子母（以下、加子母とする）、恵那市上矢作町（以下、上矢作とする）、恵那市山岡町（以下、山岡とする）の4ヶ所に設置した（表-1）。どの調査地も、下層植生が衰退～やや衰退したヒノキ人工林を間伐した林分である。

高富調査地と加子母調査地では、2005年秋に調査区を設置し、その直後に間伐が実施された。この2調査地には、それぞれ、通常間伐区（高富：256m²，加子母：338m²）と群状間伐区（高富：265m²，加子母：427m²）を1区ずつ設置した。どちらの区とも、まず、定性的な点状間伐の手法で間伐木が選木された（図-1a）。その上で群状間伐区では、区内の中央付近の1ヶ所において、数本のまとまり（「伐採群」とする）が間伐されるよう、間伐木を追加して選んだ（図-1b）。上矢作調査地は、2005年夏に間伐が実施された林分に、2006年春に調査区（上矢作・通常間伐区，321m²）を設置した。山岡調査地は、2003年から2004年にかけての冬に間伐が実施された林分に、2006年春に調査区（山岡・通常間伐区，297m²）を設置した。ここで、「通常間伐」は「群状間伐」に対して使用する名

* 本研究の一部は、第119回日本森林学会大会で発表した。

** 現所属：岐阜県林政課

*** 現所属：岐阜県モノづくり振興課

表-1. 調査地の概要

調査地	標高 (m)	斜面方位	斜面傾斜角 (度)	林齢 (年)
高富	60	北東	28	29
加子母	1090	西	36	33
上矢作	630	東	33	31
山岡	780	南西	20	42

称とし、間伐強度については考慮しないこととする。

各調査区の林分と間伐の概要を表-2に示す。各調査区における間伐率は、本数率で34.0～50.0%，断面積率で27.0～52.3%であった。なお、群状間伐区においては、伐採群付近の部分的な間伐率は示された数値よりも高く、伐採群から離れた箇所での間伐率は示された数値よりも低い。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、本数率より断面積率が小さかった。加子母調査地では、全層的に間伐

木が選木され、太めの木は収穫され、小径木は林地に残置された。上矢作調査地では、太めの木主体の利用間伐が行われた。

2. 調査方法

(1) 調査区の設定

各調査区において、幅1mのベルト状に小方形区(1m×1m)を連続して配置し、下層植生を調査した。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、伐採群の中央付近を交点とする十字型に、2本のベルト(傾斜方向17m、等高線方向17m)を設置した(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2本を等高線方向に設置した(20小方形区)。加子母・群状間伐区では、伐採群の中央付近で交わる十字型に、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、調査区内の上部に12mのベルト、下部に9mのベルトを等高

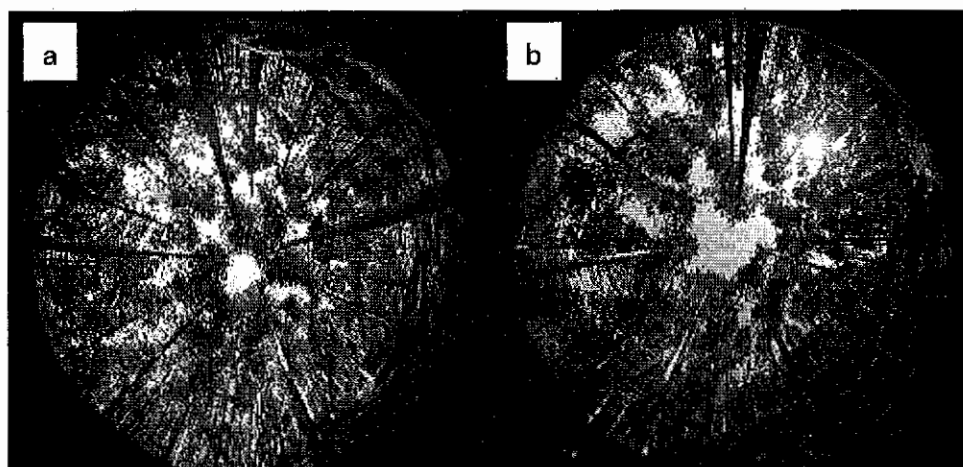


図-1. 加子母調査地における間伐後の林冠
aは通常間伐区、bは群状間伐区(伐採群の直上)である。

表-2. 各調査区の林分および間伐の概要

調査区	本数密度(本/ha)		間伐率(%)		平均胸高直径(cm)		平均樹高(m)	
	間伐前	間伐後	本数率	断面積率	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後
高富・通常間伐区	1641	1016	38.1	28.2 *	17.9 *	19.4	—	14.7
高富・群状間伐区	1886	1245	34.0	27.0	16.6	17.5	13.6	13.9
加子母・通常間伐区	1598	947	40.7	40.9 *	22.3 *	22.3	—	17.5
加子母・群状間伐区	1334	749	43.9	45.3	23.9	23.6	18.2	18.2
上矢作・通常間伐区	1682	841	50.0	52.3 *	21.0 *	20.5	—	16.7
山岡・通常間伐区	2121	1145	46.0	38.8 *	19.2 *	20.7	—	18.0

※: 伐根直径の測定値から推定した。

線方向に設置した（21小方形区）。山岡・通常間伐区では、6mのベルト1本を傾斜方向に設置した（6小方形区）。

（2）林床の光環境の調査

各小方形区において、石田（2005）の方法に従い全天空写真を撮影し、相対散乱光（SOC）を求めた。全天空写真の撮影には、ニコン製のデジタルカメラ「COOLPIX995」とフィッシュアイコンバーター「FC-E8」を使用した。SOCの計算に用いたソフトウェアは、「RGBFisheye」（石田，2005）である。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小方形区おきに撮影）と間伐後（2006年秋；全小方形区で撮影）に、上矢作調査地と山岡調査地では間伐後（2006年春；全小方形区で撮影）に撮影した。

（3）下層植生の調査

植生は、各小方形区において、地上高0.6m以下を草本層、0.6mより上を低木層とし、それぞれの層の植被率（百分率）を測定した。さらに、出現した維管束植物について、種ごとに最大高と植被率（百分率）を測定した。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年秋に行い、上矢作調査地と山岡調査地では2006年春、2006年秋、2007年秋に行った。

なお、これ以降、2006年春の調査時期はそのまま「2006年春」と表記し、秋の調査時期は、それぞれ「2005年」、「2006年」「2007年」と表記する。

3. 調査地設置後の環境の変化

高富調査地は、南東側に隣接するヒノキ林が2006年の調査後に間伐された。この間伐が強めであり、かつ、林分の境界付近に集団で伐採された箇所が発生したため、林分境界近くに設置した通常間伐区の林床の光環境が試験地設定時よりも明るくなった。

4. 解析におけるデータの除外

加子母調査地は、低木が散生しており、低木が含まれる小方形区は、間伐前（2005年）の植被率が大きかった。本報告では、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。これは、1）下層植生が衰退した箇所について間伐後の植生発達過程を知りたいこと、2）サイズの大きな低木が間伐時に伐られたこと（一時的な植被率の低下と、その後の萌芽再生による植被率の増加が発生）による。ただし、積算植被率30%という境界値は、便宜的に決めたもの

表-3. 間伐前後のSOC

調査区	SOC(%) *	
	間伐前	間伐後
高富・通常間伐区	2.4 ± 0.51	8.0 ± 1.76
高富・群状間伐区	2.5 ± 0.49	15.2 ± 2.84
加子母・通常間伐区	2.7 ± 0.51	18.6 ± 2.89
加子母・群状間伐区	2.8 ± 0.83	23.6 ± 2.59
上矢作・通常間伐区	—	24.6 ± 1.83
山岡・通常間伐区	—	13.9 ± 1.35

*: 平均値±標準偏差で示す。

である。この結果、加子母・通常間伐区は14小方形区、加子母・群状間伐区は36小方形区が解析の対象となった。

III 結果

1. 林床の光環境

間伐前のSOCは、高富調査地で2.4～2.5%、加子母調査地で2.7～2.8%であった（表-3）。間伐後のSOCは、8.0～24.6%で、同じ調査地内では通常間伐区より群状間伐区でSOCの値が大きかった（表-3）。

2. 植被率の変化

高富調査地の草本層植被率は、どちらの間伐区とも、2005年には0～5%の頻度が最も高かった（図-2）。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年にはさらに植被率の高い小方形区が出現し、植被率のばらつきが大きくなった（図-2）。各調査年において、通常間伐区の草本層植被率と群状間伐区のそれに、有意差はなかった（U-検定、 $p > 0.05$ ）。高富調査地で低木層がみられたのは、2005年は群状間伐区に1区（植被率2%）、2007年は通常間伐区に4区（植被率2～13%）、群状間伐区に8区（植被率1～12%）であった。

加子母調査地の草本層植被率は、両間伐区とも2005年には0～5%の頻度が最も高く、その後は、徐々に植被率の大きい区が増えていった（図-3）。2006年と2007年において、草本層植被率は通常間伐区と群状間伐区で有意に異なった（U-検定、2006年： $p < 0.05$ 、2007年： $p < 0.01$ ）。加子母調査地で低木層がみられたのは、通常間伐区は2005年に5区（植被率2～22%）、2007年に2区（植被率2～4%）、群状間伐区は2005年に5区（植被率1～10%）、2007年に7区（植被率1～6%）であった。2007年より2005年で低木層が存在した区が多かったり、低木層植被率が高かったり

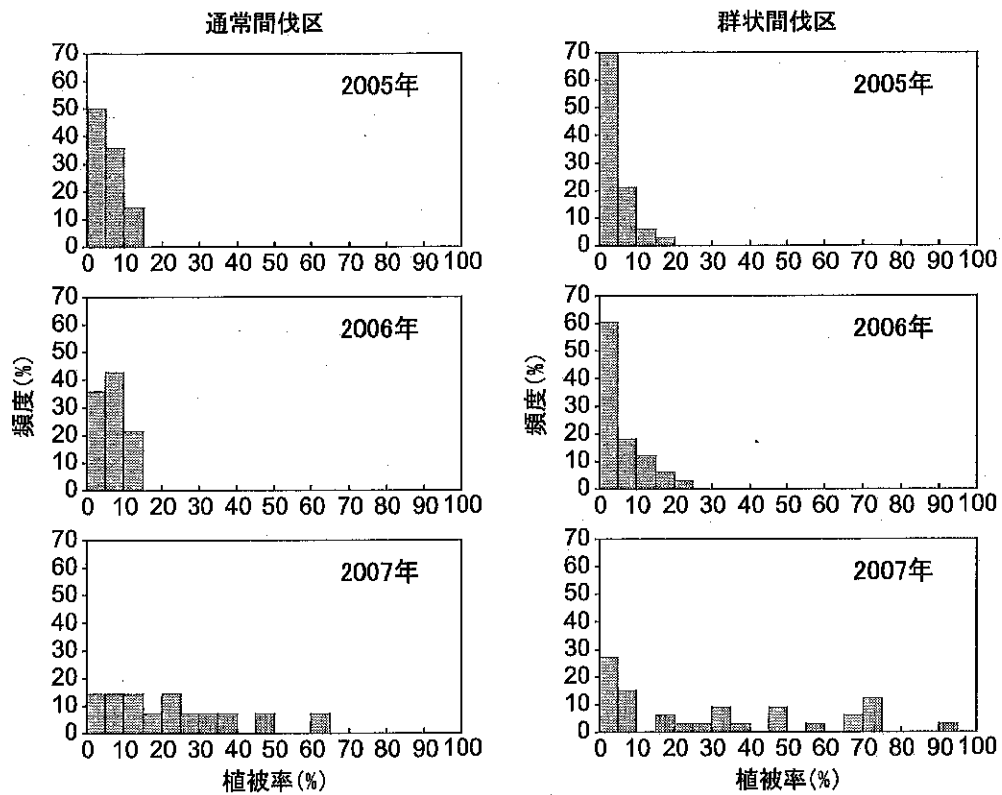


図-2. 高富調査地における草本層植被率の頻度分布

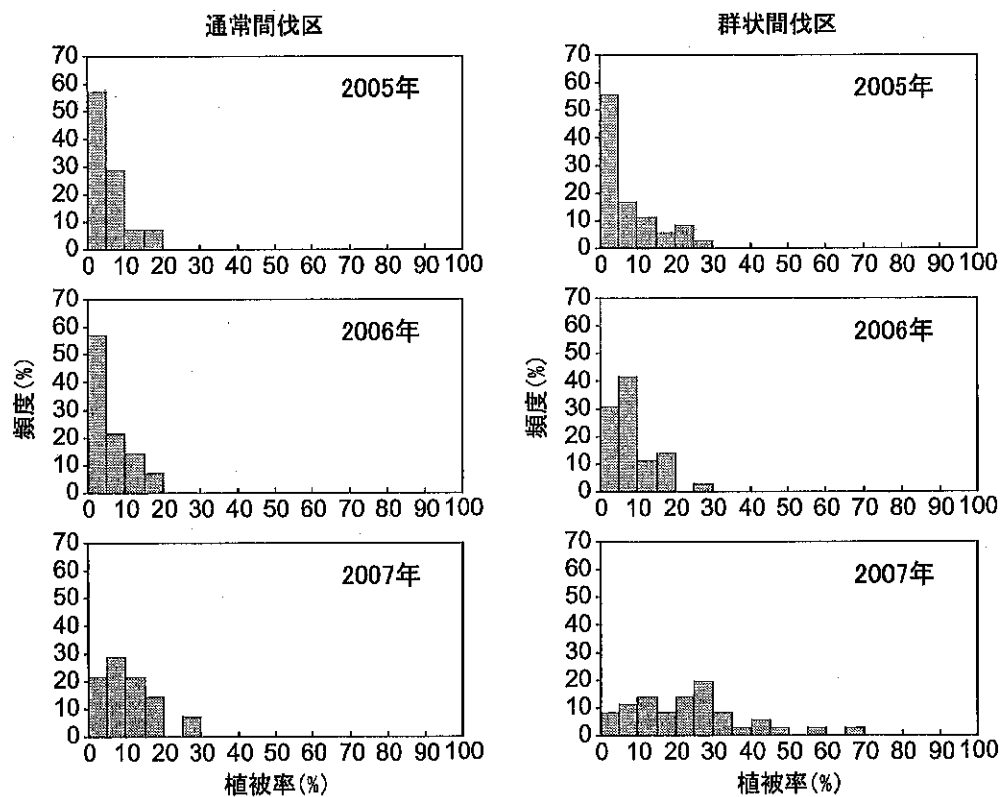


図-3. 加子母調査地における草本層植被率の頻度分布

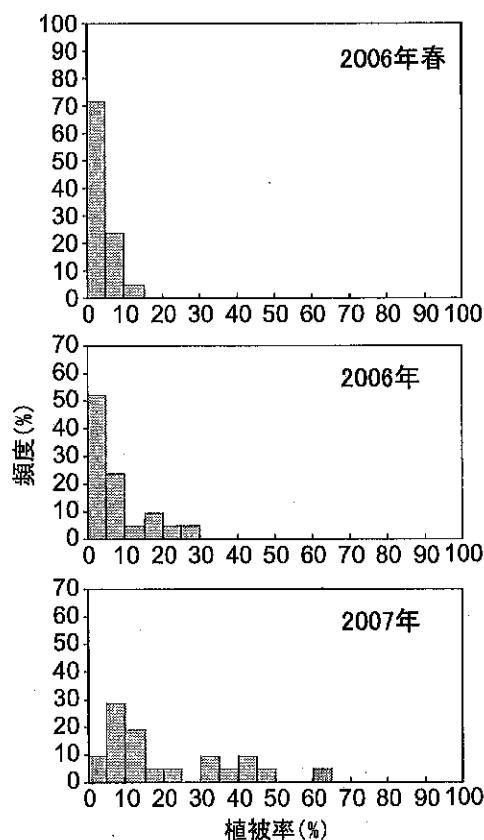


図-4. 上矢作調査地における草本層植被率の頻度分布

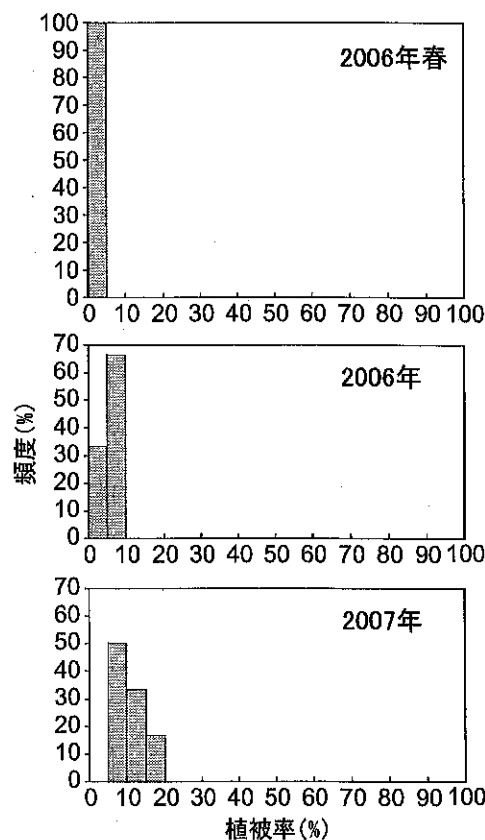


図-5. 山岡調査地における草本層植被率の頻度分布

したのは、間伐時に低木が伐採された影響である。

上矢作調査地の草本層植被率は、2006年春には0～5%の頻度が最も高く、その年の秋にはより植被率の大きい小方形区が出現し、2007年には0～5%の頻度が低下して、さらに植被率の大きい小方形区が出現した（図-4）。上矢作調査地で低木層がみられた小方形区は、2007年に5区（植被率1～50%）であった。低木層植被率50%は、ニガイチゴによるものであった。

山岡調査地の草本層植被率は、2006年春にはすべての小方形区が0～5%であったが、その年の秋には5～10%の頻度が高くなり、2007年にはより植被率の大きい小方形区が増えた（図-5）。しかし、2007年においても、草本層植被率が20%以上の小方形区はみられなかった（図-5）。山岡調査地では、低木層のある小方形区は全調査期間を通じてみられなかった。

平均草本層植被率の増加過程は、初回調査時（2005年または2006年春）から2006年にかけては、どの区も緩やかであった（図-6～8）。同じく2006年から2007年にかけては、急激に増加する区（高富・通常間伐区と高富・群状間伐区、加子母・群状間伐区、上矢作・通常間伐区）とそうでない区（加子母・通常間伐区と山岡・通常間伐区）とがあった（図-6～8）。2007年

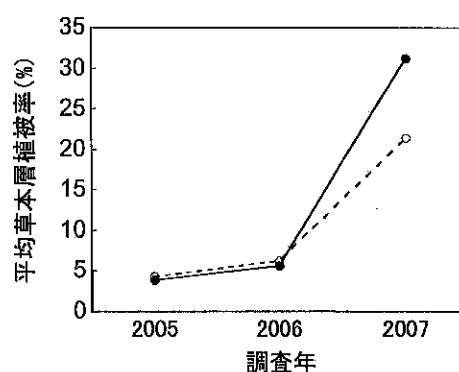


図-6. 高富調査地における平均草本層植被率の変化
○は通常間伐区、●は群状間伐区を示す。

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-6、7）。

初回調査時の草本層植被率と2007年の草本層植被率には、高富・通常間伐区と高富・群状間伐区、加子母・群状間伐区、上矢作・通常間伐区で、有意な正の相関（ $p < 0.05$ または $p < 0.01$ ）が認められた（図-9）。

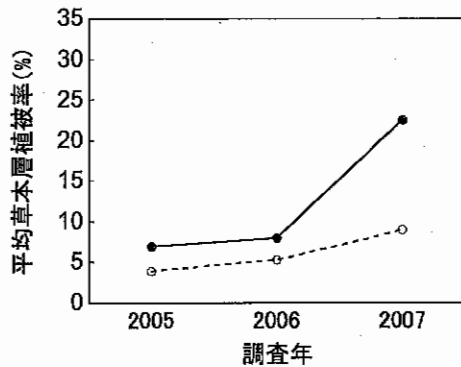


図-7. 加子母調査地における平均草本層植被率の変化
○は通常間伐区、●は群状間伐区を示す。

間伐前と間伐後におけるSOCと草本層植被率の関係を図-10に示す。間伐前と間伐後を一緒にして計算すると、SOCと草本層植被率には有意な正の相関が認められた ($r=0.664$, $p<0.05$)。

3. 群状伐採の影響

高富・群状間伐区と加子母・群状間伐区において、便宜的に、調査ベルトの交点とそれに近い計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する。2007年の草本層植被率、草本層植被率の2005から2007年への増加量(植被率増加とする)、2006年のSOCを、伐採群内と伐採群外および通常間伐区で比較する。

高富調査地では、伐採群内は草本層植被率、積算植被率増加、SOCのいずれもが、伐採群外および通常間伐区より大きかった(Steel-Dwass検定, $p<0.05$) (図-11)。伐採群外と通常間伐区とは、SOCで有意な差があった(Steel-Dwass検定, $p<0.05$)が、草本層植被率と植被率増加では有意差がみられなかった(Steel-Dwass検定, $p>0.05$) (図-11)。

加子母調査地では、草本層植被率、植被率増加、SOCのいずれについても、伐採群内と伐採群外とに有意差がなく(Steel-Dwass検定, $p>0.05$)、これらと通常間伐区の間にはそれぞれ有意差が認められた(Steel-Dwass検定, $p<0.05$) (図-11)。

4. 出現種

2007年における各調査区の平均積算植被率は、11.9~34.7%であった(図-12)。どの調査区においても、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(図-12)。高富・通常間伐区では、2006年に初めて出現した種の積算植被率より2007年に初めて出現した種の積算植被率が大きかったが、

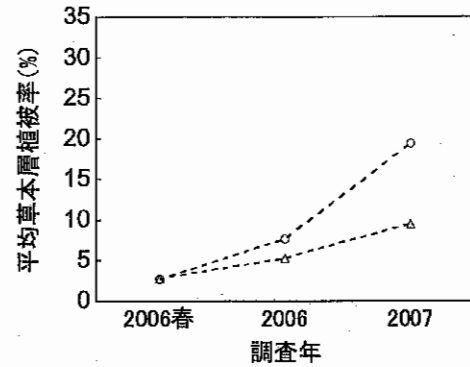


図-8. 上矢作調査地と山岡調査地における平均草本層植被率の変化
○と上矢作調査地、△は山岡調査地示す。

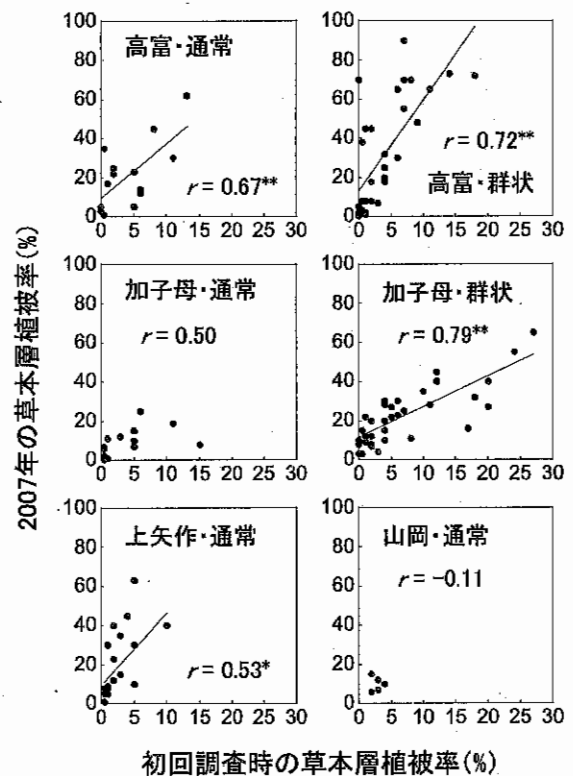


図-9. 初回調査時と2007年の草本層植被率の関係

*は $p<0.05$, **は $p<0.01$ で有意な相関があることを示す。図中の直線は、回帰直線を示す(有意な相関関係が認められたもののみ)。

それ以外の区では、2006年に初めて出現した種の積算植被率のほうが大きかった(図-12)。

2007年における各調査区の平均出現種数は、9.7~14.0種であった(図-13)。初回調査時に存在した種の全体に占める割合は、山岡・通常間伐区では大きかったが、それ以外の調査地では小さかった(図-

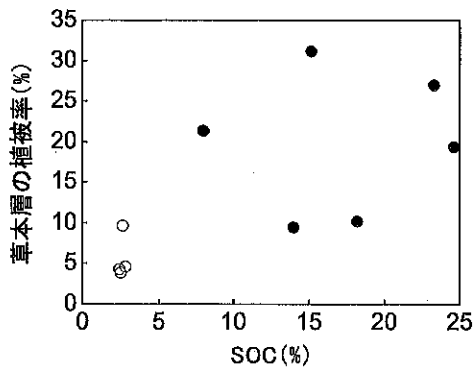


図-10. SOCと草本層植被率の関係
○は間伐前（2005年）のSOCと植被率の関係（高富調査地と加子母調査地），●は間伐後（2006年）のSOCと2007年の植被率の関係（全調査地）を示す。

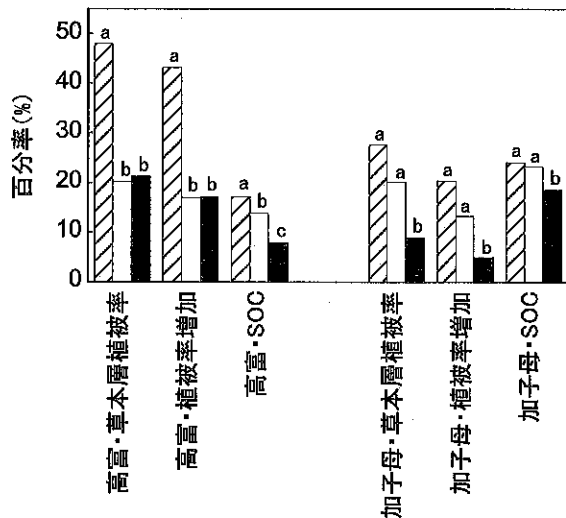


図-11. 群状間伐区における伐採群内と伐採群外および通常間伐区における平均草本層植被率、平均植被率増加、平均SOC

草本層植被率は、2007年の値である。植被率増加は、2007年の草本層植被率と2005年の草本層植被率の差である。SOCは、間伐後（2006年の値である）。斜線は群状間伐区の伐採群内（調査ベルトの交点付近の13小方形区）、白抜きは群状間伐区の伐採群外（伐採群内以外的小方形区）、黒塗りは通常間伐区を示す。それぞれの項目内で、同じアルファベットが記されているのは、有意差がない（Steel-Dwass検定、 $p \geq 0.05$ ）ことを示す。

13)。高富・通常間伐区と高富・群状間伐区では、2007年に初めて出現した種の割合が最も大きく、加子母・通常間伐区と加子母・群状間伐区、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かった（図-13）。山岡・通常間伐区では、間伐

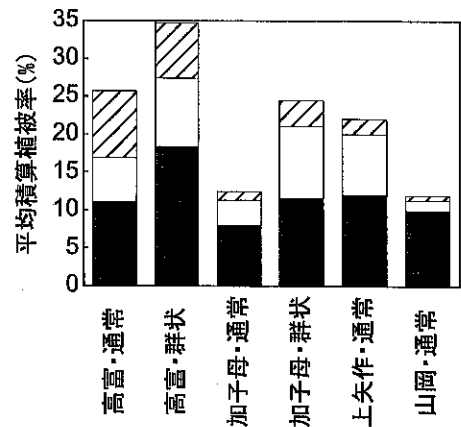


図-12. 2007年の平均積算植被率
黒塗りは初回調査時に存在した種、白抜きは2006年に初めて出現した種、斜線は2007年に初めて出現した種を示す。

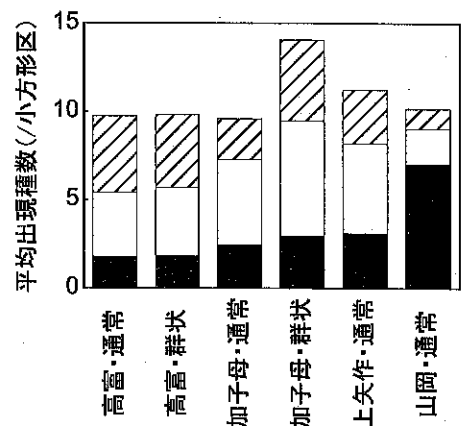


図-13. 2007年の平均出現種数
黒塗りは初回調査時に存在した種、白抜きは2006年に初めて出現した種、斜線は2007年に初めて出現した種を示す。

後2成長期間が過ぎてから初回調査が行われているため、初回調査時に出現した種が、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。山岡・通常間伐区の他は、2007年の出現種の大半が間伐後に発生した種であることがわかる。

各小方形区について、3回の調査で1度でも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（全小方形区数に対するその種が出現した小方形区数の百分率）を求めた。いずれかの調査区で出現率30%以上であった種について、種名と出現率を表-4に示す。

すべての調査区に出現した種は、ヒノキ、アオハ

ダ、コシアブラ、ノブドウ、タラノキ、リョウブの6種であった(表-4)。ヒノキは、どの調査区においても、100%かそれに近い出現率で、間伐前に調査が行われている高富調査地と加子母調査地では、そのすべ

てが間伐後の調査での出現であった(表-4)。

高富調査地で出現頻度が高かったのは、樹木種ではアオハダ、ヤマウルシ、ウワミズザクラ、アカメガシワ、ヒサカキ、つる植物のノブドウ、フユイチゴ、シ

表-4. 主な出現種の出現率

種 名	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	群状間伐区		
ヒノキ	100.0	100.0	94.7	100.0	100.0	100.0
アオハダ	85.7 (14.3)	87.9 (3)	5.3	8.2 (4.1)	47.6	83.3
コシアブラ	28.6 (14.3)	15.2 (6.1)	68.4 (26.3)	53.1 (28.6)	28.6	50.0
ノブドウ	64.3	60.6	26.3	81.6 (2.0)	28.6	50.0
タラノキ	14.3	27.3	47.4	91.8	23.8	16.7
リョウブ	28.6 (14.3)	39.4 (15.2)	26.3 (5.3)	51.0 (2.0)	4.8	100.0
ヤマウルシ	57.1 (7.1)	66.7 (18.2)	15.8	28.6	23.8	.
サルトリイバラ	14.3 (7.1)	12.1 (9.1)	31.6	8.2 (2.0)	4.8	.
チヂミザサ	.	30.3	5.3	28.6 (2.0)	57.1	16.7
ヌルデ	.	6.1	10.5	49	33.3	16.7
ウワミズザクラ	57.1	27.3	15.8	.	.	.
ソヨゴ	21.4	9.1	.	.	28.6	66.7
タチツボスミレ	.	3 (3.0)	5.3	4.1	71.4	.
コアジサイ	.	.	68.4 (47.4)	79.6 (53.1)	14.3	33.3
クマイチゴ	.	.	57.9	79.6	19.0	16.7
オカトラノオ	.	.	10.5	20.4	33.3	83.3
アカマツ	.	.	5.3	2.0	9.5	33.3
アカメガシワ	42.9	78.8	.	.	9.5	.
タカノツメ	35.7 (28.6)	3	.	.	4.8	.
ニガイチゴ	21.4	15.2	.	.	71.4	.
トコロ	7.1	6.1	.	.	42.9	.
ヤマゲワ	7.1	3	.	.	47.6	.
シンガシラ	21.4 (14.3)	36.4 (24.2)	.	.	.	33.3
タガネソウ	.	.	31.6	53.1	33.3	.
モミジイチゴ	.	.	15.8	57.1 (2.0)	9.5	.
シロモジ	.	.	52.6 (47.4)	38.8 (30.6)	.	16.7
アカシデ	.	.	36.8	34.7	.	.
イワガラミ	.	.	10.5 (5.3)	59.2 (22.4)	.	.
クルマバハグマ	.	.	36.8 (15.8)	20.4 (12.2)	.	.
コバノイシカグマ	78.6	60.6 (33.3)	.	.	.	.
ハリガネウラボ	21.4	63.6 (27.3)	.	.	.	.
ヒサカキ	42.9 (14.3)	63.6 (15.2)	.	.	.	.
フユイチゴ	92.9 (14.3)	42.4 (3.0)	.	.	.	.
コジキイチゴ	35.7	33.3	.	.	.	.
ベニシダ	14.3 (7.1)	39.4 (24.2)	.	.	.	.
シハイスミレ	.	.	52.6 (5.3)	59.2 (4.1)	.	.
チゴユリ	.	.	31.6 (21.1)	75.5 (61.2)	.	.
モミジハグマ	.	.	52.6 (31.6)	59.2 (53.1)	.	.
ヤマホトトギス	.	.	31.6 (5.3)	59.2 (28.6)	.	.
コナラ	.	.	.	4.1 (4.1)	33.3	33.3
ヒメハギ	.	.	.	.	33.3	.
フモトスミレ	.	.	.	.	33.3	.
ショウジョウバカマ	.	.	.	.	.	50.0
シライトソウ	.	.	.	.	.	33.3

いずれかの区に出現率(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)30%以上で出現した種を示す。数値は、各区における出現率(%), カッコ内の数値は、間伐前(2005年)の調査時における出現率を示す。

ダ植物のシシガシラ、コバノイシカグマ、ハリガネワラビ、ベニシダであった（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）。

加子母調査地で出現頻度が高かったのは、樹木種ではコシアブラ、タラノキ、リョウブ、コアジサイ、クマイチゴ、シロモジ、つる植物のノブドウ、草本種ではシハイスミレ、チゴユリ、モミジハグマ、ヤマホトトギスであった（表-4）。このうち、ノブドウ、タラノキ、リョウブ、クマイチゴ、シハイスミレは間伐前の出現率が低く、他の種は間伐前も出現率が比較的高かった（表-4）。

上矢作調査地では、樹木種はニガイチゴ、アオハダ、ヤマグワ、草本種はチヂミザサ、タチツボスミレ、トコロの出現頻度が高かった（表-4）。

山岡調査地では、樹木種のアオハダ、コシアブラ、リョウブ、ソヨゴ、つる植物のノブドウ、草本種のオカトラノオ、ショウジョウバカマの出現頻度が高かった（表-4）。

IV 考察

林内において、表土流亡の抑止効果が高いのは、地表付近の植生である（三浦，2000）。草本層植被率は、どの調査区も間伐後に増加した（図-6～8）。

高富調査地の草本層植被率は、通常間伐区も群状間伐区もほぼ同じように増加した（図-6）。2007年の平均草本層植被率は群状間伐区で大きかった（図-6）が、両区の草本層植被率にはいずれの年も有意差はなかった。しかし、群状間伐区内を伐採群内と伐採群外とに分けて検討すると、間伐後のSOCと草本層植被率、植被率増加は、群状間伐区の伐採群内が、伐採群外や通常間伐区より大きかった（図-11）。群状に間伐することで、その部分が明るくなり、下層植生が増加したと考えられる。

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-7）、間伐後の2006年と2007年は、両区の草本層植被率が有意に異なった。この調査地では、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ので、ここに示した結果が調査地全体を代表するものではない。しかし、下層植生が衰退していた部分での植生発達、通常間伐区よりも群状間伐区のほうが旺盛であったことは確認できた。群状間伐区で、伐採群内と伐採群外とに積算植被率やその増加、SOCに有意な差はみられなかった（図-11）。この調査地では、断面積間伐率が群状間伐区で大きく、間伐後のSOCも群状間伐区が大きかった（表-2，3，図-11）。加子母調査地は高富調査地よりも林木のサイズが大きい（表-2）ことから、加

子母・群状間伐区では群状間伐の影響がより広い範囲に及び、そのために区内（伐採群内と伐採群外）に差が生じなかった可能性が考えられる。

隣接林分の間伐の影響が懸念される高富調査地を除いて、通常間伐区の2007年の平均草本層植被率を見ると、上矢作調査地が約20%とやや大きく、加子母調査地と山岡調査地は10%以下と小さかった（図-7，8）。加子母・通常間伐区と山岡・通常間伐区の断面積間伐率は40%前後であるのに対し、上矢作・通常間伐区のそれは52%であった（表-2）。両者の植被率の差は、間伐率の差を反映していると考えられる。また、渡邊ら（1998）は、集材による地表の攪乱が林床植生の発生に寄与するとしている。上矢作・通常間伐区で植生発達がより進行したのは、間伐が強度であったことに加え、集材が行われたことによる地表攪乱も影響している可能性がある。

間伐時から1年以上が経過して調査を開始した山岡調査地は明らかではないが、それ以外のどの調査地においても、2007年の出現種は間伐後に初めて出現した種が大半を占めた（図-13）。しかし、同じ年の積算植被率の内訳（高富調査地、加子母調査地）では、間伐前から存在した種の占める割合が高かった（図-12）。個体レベルでの追跡をしていないので、間伐前に存在した種のなかに、間伐後に発芽した個体がどれだけ含まれるかは不明である。しかしながら、種レベルでみると、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といえるであろう。

2007年の平均草本層植被率が高かった区は、どの小方形区も一様に植被率が高いわけではなく、小方形区ごとの植被率は大きくばらついた（図-2～5）。植被率50%を目安とすると、平均値ではそれに及ばないが、部分部分ではそれを超える箇所のあることがわかる（図-2～5）。このような区でも、2006年には、草本層植被率が30%以上の小方形区はみられなかった。下層植生の発達への間伐の効果が顕著になるのは、間伐後2年目以降であると考えられる。したがって、下層植生の発達に対する間伐効果の評価は、少なくとも間伐から2年が経過してから行う必要があるといえる。

この時点で最終的な結論を出すことはできないが、ここに示された結果からは、断面積間伐率50%を超える「強度な間伐」、通常の間伐に加え群状に伐採する部分をところどころにつくる「群状間伐」のどちらにも、下層植生発達に対する効果のあることがうかがえた。しかし、どちらの方法も、林分の現存量が大きく減少し、間伐後の林分材積成長量も小さくなることによって、将来の収穫量が小さくなることが懸念される。

謝辞

加子母森林組合，恵南森林組合，遠藤造林，および
恵那農林事務所林業課には，調査地の設置で協力をい
ただいた。岐阜県森林研究所の杉山正典主任専門研究
員と大洞智宏主任研究員には，現地調査を手伝ってい
ただいた。謹んで謝意を表する。

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
植生管理の応用．日林誌88：231-239.
石田仁（2005）RGBFisheyeマニュアルー森林内の光
環境をデジタル全天写真から自動計算するアプリ
ケーション・ソフトー．URL [http://www1.gifu-](http://www1.gifu-u.ac.jp/~ishidam/)
[u.ac.jp/~ishidam/](http://www1.gifu-u.ac.jp/~ishidam/)

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壌侵食危険度と
の関係．日林誌81：42-50.
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.
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.
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37：17-22.

資料

岐阜県におけるツキノワグマによる剥皮害の実態

臼田寿生

キーワード: ツキノワグマ, 造林木, 剥皮害, クマハギ

I はじめに

ツキノワグマ(以下, クマ)による造林木の剥皮(以下, クマハギ)は, 森林所有者に経済的な損失をもたらすばかりか, 森林の管理意欲を大きく減退させる。また, 剥皮の程度が大きい場合には造林木は枯死に至り, これによる森林機能の低下も懸念される。

岐阜県におけるクマハギ被害(以下, 被害)については, 本巣市根尾地区(旧本巣郡根尾村)の調査結果が報告されている(杉浦ら, 1994; 安江, 2000)。しかし, 県内全域における被害の実態は不明な点が多い。そこで, 被害防除対策の基礎資料とするため, 県内を対象とした被害実態調査を実施した。

II 調査方法

1. 被害分布調査

県内の被害分布を明らかにするため, 現地確認などにより被害箇所を調査した。なお, 今回の調査対象区域は県内全域という広範囲であるため, 合併前の旧市町村単位(2003年3月時点)での被害発生状況を把握することとした。

被害箇所の把握は, 県森林整備課が市町村などからの報告に基づき毎年取りまとめている「森林被害報告年報」(1981年度~2007年度)で行った。しかし, この報告の中にはシカによる剥皮をクマハギと誤認している事例があると思われる。このため, 2007年および2008年に被害報告箇所の現地確認を行い, 被害木の幹に残る歯形や樹皮片などからクマハギであるか否かを判定した。なお, すべての被害報告箇所を現地で確認することは多大な労力を要するため, 県内を県農林事務所の管内ごと(岐阜, 大垣, 揖斐, 中濃, 郡上, 可茂, 東濃, 恵那, 下呂, 飛騨の10地域)に区分し, それぞれの管内の被害報告箇所のうち1箇所以上で現地確認を行った。これにより, クマハギと判定できた場合には, 同一管内でクマハギが報告されている旧市町村においてもクマハギが発生していると判定した。

2. 被害林分調査

被害林分調査は, 被害分布調査で把握した被害箇所のうち, 被害箇所数が多かった旧根尾村から4林分, 旧河合村から5林分を抽出し, 調査林分ごとに立木密度, 平均傾斜, 斜面方位, 舗装道路からの直線距離を調査した。さらに, 調査林分ごとに被害の有無を問わず50~100本の立木を抽出し, 樹種, 胸高直径, 被害の有無, 樹幹の被害方向(山側, 谷側, 斜面上側から見て右側, 斜面上側から見て左側), 被害部位の高さ, 枯死の有無, 多年被害の有無を調査した。なお, 被害部位の高さの記録については, 調査林分内の代表的なもののみとした。これらの調査は2007年8月~11月に行った。現地調査の結果から, 調査林分ごとの「平均胸高直径」, 「被害本数率(%)」, 「枯死本数率(%)」および被害木における「樹幹の方向別被害発生頻度(%)」を算出した。

III 結果と考察

1. 被害分布調査

2008年12月までに被害が確認できた地域を図-1に示した。岐阜県では大垣, 可茂, 東濃を除く地域で被害が確認され, クマが生息するといわれている(環境省自然環境局生物多様性センター, 2004)ほとんどの地域において被害が発生していることがわかった。なお, 大垣地域の一部では, クマハギの可能性のある被害地も確認されたが, この地域ではシカによる剥皮害も多く見られ, 歯形などの明確なクマハギの痕跡が確認できなかったため, クマハギとは判定しなかった。しかし, これらの剥皮害はクマハギの可能性もあることから, 今後も経過観察していく必要がある。

被害が確認できた樹種は, 県内人工林の主要樹種であるスギおよびヒノキが大半であったが, 一部では天然のカラマツやモミの被害も確認できた。

地域別の被害特性については, 岐阜, 揖斐, 恵那, 飛騨の4地域において, 幹の全周を剥皮され枯死に至る激しい被害が確認された。なお, 一部には全周を剥

皮されていなくても枯死しているものも見られた。一方、中濃、郡上、下呂といった県中央部の地域では、樹幹の斜面山側での被害が目立ち、全周剥皮による枯死木は確認できなかった。このような地域による剥皮特性の違いについては、八神（2001）がクマの生息環境の違いや生息するクマの習性に関するものと思われると報告している。この点については、今後検証していく必要がある。

2. 被害林分調査

(1) 林分状況および立地環境と被害状況の関係

被害発生林分調査箇所の概要を表-1に示した。舗装道からの直線距離については、最小で50m、最大で1,700mとばらつきが見られ、被害発生との明瞭な関係は認められなかった。これは、クマハギが発生する林分は車道から離れた奥地林であると報告した斉藤（1996）の結果とは異なる傾向を示した。

林分状況および立地環境と被害状況の関係については、今回の調査のみでは調査林分数などの情報量が不十分であり、今後より詳細かつ多くの被害林分データを収集した上で慎重に解析する必要がある。また、被害分布調査で明らかとなった地域による剥皮特性の違いを考慮すると、さらにデータを蓄積して地域ごとで解析することも必要である。

(2) 被害本数率と枯死本数率の関係

被害本数率と枯死本数率の相関係数は0.81 ($p < 0.01$) で、被害本数率が高い林分ほど枯死本数率が高くなる傾向が見られた。八神（2003）は枯死木が1～2本にとどまれば被害初期である可能性が高く、5本以上まとまって出現したときには、すでにその周辺木は防護が手遅れと言っていいほど被害が進んでいることを報告している。今回の調査結果は、これとほぼ同様の結果となった。このため、立ち枯れ木が見られた箇所については速やかに防除対策を行う必要がある。

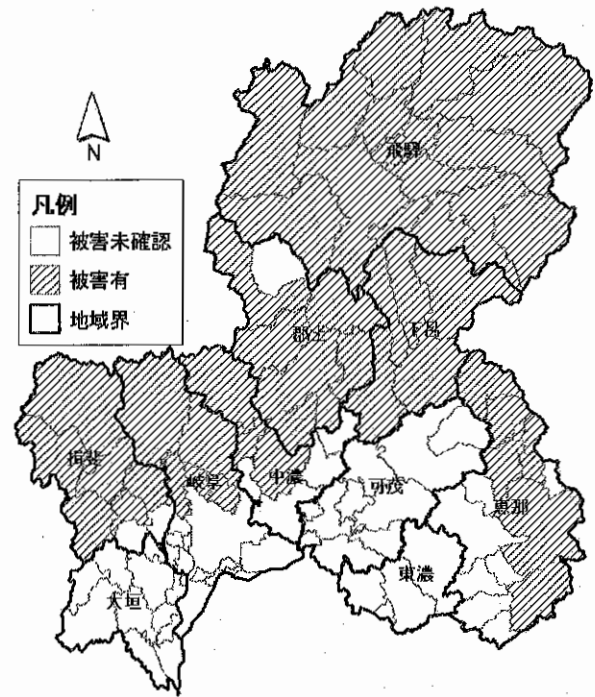


図-1. 被害分布図

(3) 多年被害

一度剥皮した個体を次年度以降に再び剥皮する多年被害は、調査箇所全体の約6割を占める6林分で確認された。この結果から、一度被害を受けた林分では再び被害が発生する可能性があることが示された。この結果は、大泉ら（1994）、安江（2000）、八神（2003）の報告と同様の結果であった。

(4) 胸高直径と被害発生との関係

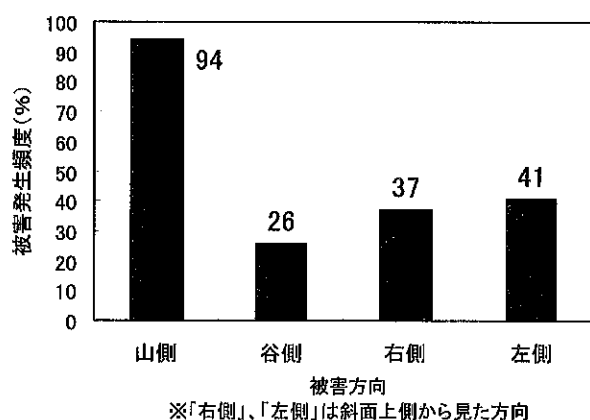
調査林分ごとの無被害木と被害木の平均胸高直径を表-2に示した。これをもとに胸高直径と被害発生との関係について分析した結果、全ての調査林分において無被害木より被害木の平均胸高直径が有意に大きかった（Mann-Whitney検定, $p < 0.05$ ）。この結果から、直

表-1. 被害発生林分調査箇所の概要

NO	調査場所	樹種	平均胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	平均傾斜 (°)	斜面方位	舗装道か らの距離 (m)	調査本数	被害率 (%)	枯死率 (%)	多年被害 有無
1	本巣市根尾高尾	スギ	21.5	1600	23	北	1700	50	66	22	有
2	本巣市根尾高尾	スギ	27.3	1200	23	北東	1510	100	73	16	有
3	本巣市根尾下大須	スギ、ヒノキ	24.5	1600	30	北西	250	100	27	3	有
4	本巣市根尾東板屋	スギ、ヒノキ	19.7	1800	35	南	100	50	72	10	有
5	飛騨市河合町保	スギ	26.8	600	35	南東	50	50	36	0	有
6	飛騨市河合町保	スギ	25.2	1400	35	北	50	50	14	0	無
7	飛騨市河合町保	スギ、ヒノキ	23.8	1400	35	北西	100	50	18	0	有
8	飛騨市河合町保	スギ、ヒノキ	17.5	1400	35	北東	150	50	48	0	無
9	飛騨市河合町保	スギ	20.3	1600	35	西	800	50	28	0	無

表－2. 無被害木と被害木の平均胸高直径

NO	調査場所	平均胸高直径±標準偏差(cm)	
		無被害木	被害木
1	本巢市根尾高尾	19.4±3.4	22.6±3.7
2	本巢市根尾高尾	24.9±3.7	28.2±4.0
3	本巢市根尾下大須	23.0±5.6	28.7±5.1
4	本巢市根尾東板屋	16.6±2.4	20.9±2.5
5	飛騨市河合町保	24.6±3.0	30.8±3.9
6	飛騨市河合町保	24.6±5.6	28.7±4.9
7	飛騨市河合町保	22.3±5.9	30.8±2.0
8	飛騨市河合町保	15.3±2.7	19.9±3.2
9	飛騨市河合町保	19.4±2.5	22.6±2.0



図－2. 樹幹の方向別被害発生頻度

径成長が大きい優勢な個体ほど被害を受けやすい傾向が示された。これにより、クマハギは森林所有者にとって深刻な問題であることが理解できる。

(5) 単木ごとの被害部位

被害木における樹幹の方向別被害発生頻度は、立木の山側が94%と最も高かった(図－2)。なお、谷側の発生頻度は26%と最も低く、被害地によっては、斜面の下側から見ただけでは被害を確認できない場合もある。このため、被害を確認する際には、必ず斜面の上側からも確認する必要がある。また、幹の全周を剥皮される全周被害は被害木全体の22%に発生していた。

単木ごとの被害部位は、大半が地上高0～0.5m程度からその上部であった。また、剥皮高は、高いもので地上3mを超えていた。これらの結果は、材として最も重要な一番玉の価値の低下に影響を与えることを示している。なお、被害形跡から、剥皮は地際から上部へ向かって行われていることが確認できた。

以上の結果から、樹幹の被害方向については山側での被害発生が大半を占めており、山側を重点的に保護

することで被害の大半を防ぐことができる可能性が示唆された。また、剥皮は地際を起点として行われていることから、被害を防ぐためには地際を確実に保護することが重要である。単木ごとの保護の範囲については、防除の確実性を考慮すると、地際を起点とする1m以上の高さまでを保護することが望ましい。

現在、岐阜県では、ポリエチレンテープを樹幹に巻き付ける「テープ巻」を主体とした被害防除対策が行われているが、防除の効果や効率を高めるためには、これらの被害特性を考慮した被害防除対策の実施と防除技術の開発に努めていく必要がある。

謝辞

有限会社根尾開発の小澤建男氏と小澤健司氏、國六株式会社の原宙市氏と山本隆史氏、本巢市役所の中野竜洋氏、岐阜県森林研究所の大橋章博氏には現地調査で協力いただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 環境省自然環境局生物多様性センター(2004)種の多様性調査哺乳類分布調査報告書:1-213.
- 大泉雅春・荒井正美(1994)ツキノワグマによるスギ立木の剥皮害. 山形県林試研報23:21-25.
- 斉藤正一(1996)山形県におけるツキノワグマによるスギ剥皮害発生林分の立地環境と薬剤・資材による防除の可能性. 林業と薬剤138:1-9.
- 杉浦孝蔵・小澤建男(1994)クマによるスギ・ヒノキ造林木の被害が林業経営に及ぼす影響ー岐阜県根尾地方における民有林の事例ー. 日林論105:563-566.
- 八神徳彦(2001)クマ剥ぎによる立ち枯れ木の発生状況と地域差. 石川県林試研報32:26-29.
- 八神徳彦(2003)石川県におけるクマ剥ぎ被害軽減に向けたとりくみ. 石川県林試研報34:36-41.
- 安江純一(2000)根尾村におけるクマ被害の防除活動. 森林防疫49:161-166.

資 料

タカハラサンショウの挿し木における遮光の影響

上辻久敏・中島美幸*・坂井至通

キーワード：サンショウ，挿し木，クローン苗

I はじめに

サンショウ (*Zanthoxylum piperitum* DC.) は、ミカン科の雌雄異株の落葉性低木である。特用林産物として食用、薬用に広く利用されており、栽培現場では、一般的に雌株を実サンショウ、雄株を花サンショウと呼んでいる。岐阜県高山市（旧上宝村）では、約40年前から実サンショウの栽培が盛んに行われているが、5～6年前から苗木の枯死が頻発し（中島ら，2006），安定生産にむけてサンショウ栽培者からは枯れの原因究明と効率の良い苗木の生産方法の確立が要望されていた。一般的に、サンショウ栽培用の苗木作りには、接ぎ木や挿し木による栄養繁殖が適すると考えられる。これまで、接ぎ木処理では技術的な経験と台木の育成が必要とされ、サンショウの主な生産地である兵庫県や和歌山県においては生存率の高い台木の選定について（前田ら，2005）検討が行われてきている。しかし、旧上宝村においては、冬期の気温差が激しく凍害に関して接ぎ木苗が弱いことが示されている（中島ら，2007）。一方、サンショウの成木は分枝数が多く、挿し木を行う場合において十分な数の穂木を確保することができる。また、挿し木条件が確立されれば特別な技術がなくとも一般的に使用できる比較的簡易な方法である。そこで接ぎ木法に代わる効率的なクローン苗生産条件の確立を目指して、成木から得た当年枝を用いた挿し木を検討した。

II 材料と方法

1. 材料と挿し木方法

供試材料として、高山市上宝町で栽培されているサンショウの成木から2008年6月末に採取した当年枝を使用した。採取した枝は、挿し穂の調整時まで、水に浸したケイドライ（クレシア製）で茎の切断部を覆い外側をアルミホイルで包み、クーラーボックスで保存し

た。挿し穂は、10～14cmの茎長に調整し、複葉を3枚残して摘葉し、プランターに鹿沼土と赤玉土を同じ割合で混合した培土をいれ、挿し穂を挿し付けた。

(1) 試験区

3種の遮光条件と3種の発根剤処理を組み合わせた以下の9処理区について苗畑と温室で試験した。各試験区あたり挿し穂数12～15本とした。

- 1) 無遮光条件＋発根剤処理（葉面散布処理，浸漬処理，水処理）
- 2) 半面遮光条件＋発根剤処理（葉面散布処理，浸漬処理，水処理）
- 3) 全面遮光条件＋発根剤処理（葉面散布処理，浸漬処理，水処理）

苗畑試験では、朝と夕方1日2回スプレーによる散水を行った。温室試験では、21℃以上の室温条件において温室の窓を開き、温室内の温度を調節した。また散水は、日中2時間半ごとに5回ミストにより行った。

(2) 遮光条件の設定

アーチ状にした長さ180cmの支柱に遮光率50%の黒色寒冷紗を2枚重ねにして、クリップで固定した中にプランターを置いて遮光した（図－1）。アーチ状の支柱をすべて寒冷紗にて覆った条件を全面遮光区とした。寒冷紗にて半面だけ遮光し、開口部を作った条件



図－1. 遮光処理の様子

* 現所属：岐阜県可茂農林事務所

を半面遮光区とした。半面遮光条件では、遮光面を西側にし、東側の開口部から午前中に太陽光が差し込むように設置した。また、対照として、無遮光区を設定した。

(3) 発根剤処理区の設定

発根剤は市販されているオキシベロン（バイエル社製）を用いた。発根剤処理には、オキシベロンに含まれるインドール酪酸濃度を基準に蒸留水で20ppmに希釈した溶液を使用した。発根剤処理方法は、葉面散布処理と浸漬処理にて行った。葉面散布処理区は、IBA濃度20ppmに希釈した発根剤溶液をスプレーで挿し穂の葉面に均一に散布し、培土に挿し付けた。一方、浸漬処理区は、葉面散布処理区と同じく20ppmに希釈した発根剤溶液に挿し穂の茎の下部約2cmを3時間浸漬させた後、培土に挿し付けた。発根剤処理の比較対照として、発根剤の代わりに水にて処理した水処理区を設定した。

(4) 挿し木の生存と発根評価

挿し木後1ヶ月ごとの生存の有無について、複葉が緑色であることと新芽の存在および茎の褐変化により評価した。試験開始から3ヶ月後にすべての処理区の挿し穂を抜き取り、挿し穂の茎長と根元径をノギスにて測定した。発根率は、根部を水洗して発根の有無を視覚的に評価し、各処理区ごとの供試数における発根個体数の割合から求めた。発根した根量を表すため、抜き取り個体は室内で1ヶ月間乾燥させた後、根を切り取り重量を測定した。

III 結果

1. 遮光による挿し穂の生存率への影響

水処理区における挿し穂の生存率を図2に示す。苗畑試験では、1ヶ月目から2ヶ月目にかけて各処理区の生存率に差が認められはじめた。3ヶ月後に、無遮光区では、生存率が8%まで減少したが、半面遮光区と全面遮光区では、生存率はそれぞれ77%、60%であった。無遮光と比較して、全面遮光または半面遮光処理を行うことで、サンショウ挿し穂の生存率が向上する傾向が認められた。一方、温室試験では1ヶ月目の時点ですでに処理区ごとの生存率に大きな差が認められた。3ヶ月後の結果では、無遮光区は、生存個体が確認されなかった。半面遮光区で挿し穂の生存率が36%、全面遮光区では、挿し穂の生存率は20%であった。3ヶ月後の温室試験では苗畑試験よりも全体的に低い生存率であったが、無遮光よりも遮光処理を行うことで生存率が向上する傾向であった。また、生存率を上げる効果は、苗畑と温室試験ともに全面遮光よりも半面遮光が高かった。

2. 発根剤処理による挿し穂の生存率への影響

無遮光条件下における発根剤処理区別の生存率を図3に示す。苗畑試験では試験開始から2ヶ月目にかけて、水処理区と葉面処理区および浸漬処理区ともに生存率が減少した。葉面散布処理区では2ヶ月目の時点で挿し穂の生存は確認されなかった。3ヶ月後、生存個体が存在した水処理区と浸漬処理区では、それぞれ挿し穂の生存率は8%と7%であった。苗畑試験では発根剤処理による生存率の向上は認められなかった。一方、温室試験では1ヶ月目に葉面散布処理区と浸漬処理区がそれぞれ69%、54%であったのに対し、水処

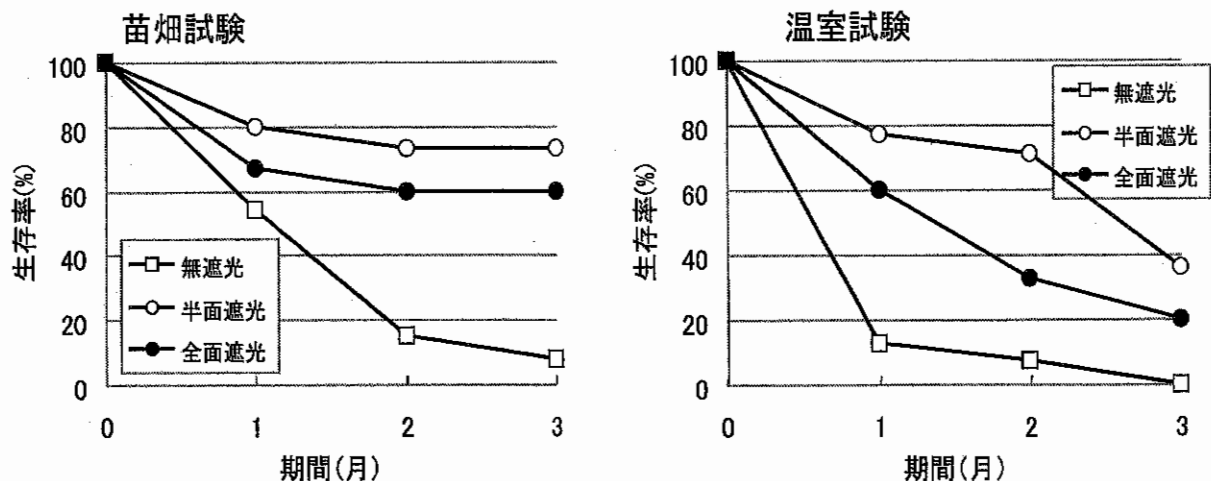


図-2. 水処理区における生存率への遮光の影響

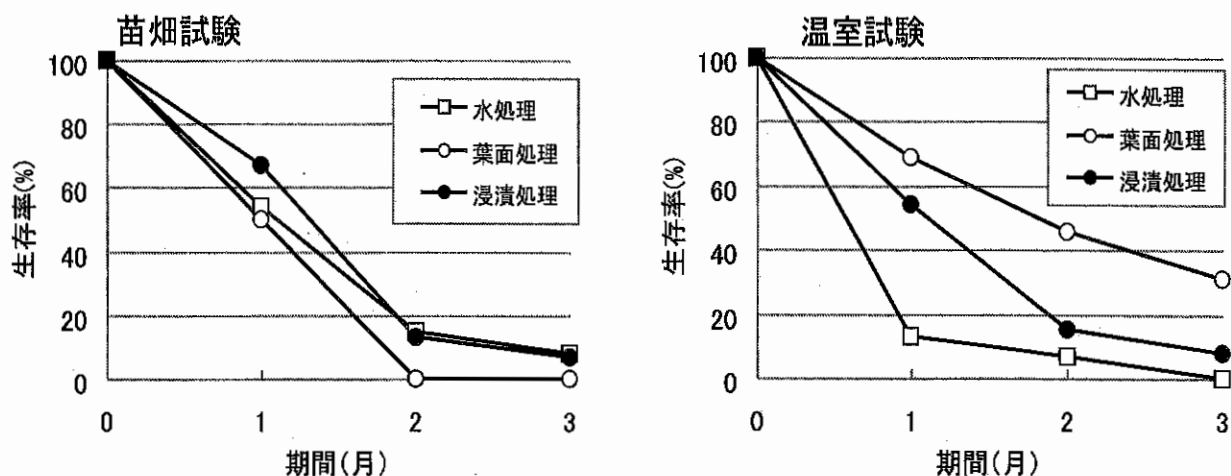


図-3. 無遮光条件下における生存率への発根剤の影響

理区では13%まで生存率が減少した。2ヶ月目には葉面散布処理区よりも浸漬処理区での生存率の減少が大きく、3ヶ月後の生存率は、葉面散布処理区で31%、浸漬処理区で8%であった。水処理区では、生存個体が確認されなかった。温室試験では、発根剤処理を行うことで、3ヶ月間における生存率が向上し、その効果は浸漬処理区よりも葉面散布処理区が高かった。

3. 遮光と発根剤処理による挿し穂の発根率への影響

全9処理区の発根率と根重量を表-1に示す。苗畑試験において、無遮光処理区の発根率（0～7%）より遮光処理区の発根率（23～85%）が高い傾向が認められた。苗畑試験の全処理区において、発根した挿し穂はすべて生存していた。発根剤処理を行うことで水処理

区より発根率が高まる処理区が存在したが、半面遮光区の葉面散布処理区と全面遮光区の浸漬処理区では、発根剤を処理することで水処理区よりも発根率が低下する処理区が存在した。一方、温室試験では、無遮光区の発根率（8～15%）よりも遮光した処理区で、発根率（13～57%）が高い傾向が認められた。苗畑試験と異なり、発根しても枯死している挿し穂が存在した。半面遮光処理において水処理より発根率が高まる発根剤処理区はなかった。全面遮光処理区では、水処理区の発根率よりも葉面散布処理区と浸漬処理区の発根率が高かった。全処理区において挿し穂の茎長や根元径に関して処理区ごとの有意な差は認められなかった（*t*検定、1%有意水準）。

IV 考察

苗畑試験と温室試験共に、遮光処理を行うことで生存率と発根率が向上する傾向が認められた。遮光処理の効果には、葉温上昇の防止（佐々木ら、2002）、葉枯れの防止および脱順化の防止（上村ら、1987）、水分保持の向上や強風からの植物体の保護など様々な効果が考えられる。本試験でのサンショウ挿し木における生存率の向上への遮光処理の効果についても複合的な効果があったと考えられる。

また、遮光処理と発根剤処理を複合で行った処理区について、苗畑試験では、遮光処理単独よりも発根率が上昇した処理区（半面遮光・浸漬処理区、全面遮光・葉面散布処理区）が存在した。また逆に、遮光と発根剤処理を複合で行うことにより発根率が減少する処理区（半面遮光・葉面散布処理区、全面遮光・浸漬処理区）が存在した。発根剤処理による発根率への影響に関して一貫した傾向が認められなかった。

表-1. 発根への遮光と発根剤処理の影響

苗畑試験						
遮光	発根処理	供試数 (本)	挿し穂長 (cm)	挿し穂根元径 (mm)	発根率 (%)	根重量 (mg)
無遮光	水	13	12.4	2.4	0	0
	葉面	14	13.8	2.8	0	0
	浸漬	15	10.7	2.2	7	11.3
半面遮光	水	15	12.3	2.6	73	107.8
	葉面	13	13.9	3.1	23	44.5
	浸漬	13	10.5	2.7	85	84.2
全面遮光	水	15	12.2	2.3	60	74.3
	葉面	13	13.2	2.7	70	67.9
	浸漬	14	11.1	2.2	29	108.4

温室試験						
遮光	発根処理	供試数 (本)	挿し穂長 (cm)	挿し穂根元径 (mm)	発根率 (%)	根重量 (mg)
無遮光	水	15	11.6	2.8	0	0
	葉面	13	12.1	2.9	15	9.9
	浸漬	13	10.3	2.4	8	18.2
半面遮光	水	13	12.7	2.5	57	46.3
	葉面	14	13.8	3	21	11.9
	浸漬	13	11.5	2.4	46	18
全面遮光	水	15	12.6	2.4	13	0.8
	葉面	15	12.3	2.7	47	67.3
	浸漬	12	10.7	2.6	50	7.1

遮光することで、温室試験より苗畑試験で、生存率と発根率が高い処理区が多く存在した。この結果に関して、両試験の散水条件が大きく異なることが挿し木の生存と発根に影響した可能性が考えられる。温室試験では日中2時間半おきに散水されるのに対して、苗畑試験では朝夕2回の散水である。サンショウの自生地は、山野の谷沿いの傾斜地に多く見られる（内藤，1986）。谷沿いは流水があるので乾燥の心配が少ない。また傾斜があるので水が停滞せず通気性も良い。水分を要求する一方で雨量は少ない方が成長がよいなどサンショウは根が繊細でありこのような条件でないと生育しづらいことが知られている。当年枝を挿し穂として用いたサンショウの挿し木では、寒冷紗による遮光で植物体の温度上昇を軽減し、散水条件とのバランスに関して苗畑の方が、サンショウの水管理に適していたと考えられる。本試験において、苗畑で半面遮光処理を行うことで水処理だけでも73%の発根率で発根個体を得ることができた。さらに同条件下、発根剤を浸漬処理することで、発根率85%で発根個体を得ることができた。この原因については様々な因子の関与が予想されるが、寒冷紗による遮光処理は、サンショウ挿し木苗の生産にとって有効な方法である。

引用文献

- 上村隆策・加賀屋博行・田村保男（19987）夏秋ミョウガの安定生産技術－葉枯れ防止と品質向上のための遮光栽培について－．東北農業研究40：333-334.
- 前田隆昭・米本仁巳・萩原進（2005）台木の違いがブドウサンショウの枯死率と成長に及ぼす影響．園芸学研究4(2)：203-206.
- 内藤一夫（1986）サンショウ-実・花・木の芽栽培．9-21pp 農文協，東京．
- 中島美幸・坂井至通（2006）優良サンショウ苗の効率的な増殖法に関する研究－立ち枯れの原因究明と組織培養に関する増殖法の検討－．中部森林研究54：47-48.
- 中島美幸・坂井至通（2007）優良サンショウ苗の効率的な増殖法に関する研究-サンショウの耐凍性について．中部森林研究55：13-14.
- 中島美幸・上辻久敏・坂井至通（2008）タカハラサンショウの挿し木・組織培養における発根剤の影響．園学研7別冊1：317.
- 佐々木英和・今田成雄・小田雅行（2002）遮光処理によるキャベツの葉温低下と脱順化の抑制．園芸学研1(2)：133-136.

資 料

ホンシメジおよびシャカシメジ培地の林地埋設事例*

水谷和人・久田善純・茂木靖和

キーワード：菌根性キノコ、ホンシメジ、シャカシメジ、培地埋設、林地

I はじめに

近年、ホンシメジを始めとする菌根性キノコの多くは、その発生環境の悪化により発生量が減少している（河合，1998）。発生量が減少する原因は、腐植層が厚く堆積して土壌が過度に富栄養化したことなどが指摘されている（衣川，1982）。発生量の減少を食い止めるためには、子実体の発生に適した条件を把握するとともに、人為的に発生させる技術の開発が必要である。

ホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) はアカマツやコナラと共生する外生菌根菌で、我が国に広く分布する代表的な食用キノコである。林地でホンシメジを発生させる研究は、樹木の整理伐、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が実施されている。このうち、培地の埋設はキノコ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），現時点では子実体を人為的に発生させる最も効果的な方法と考えられる。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。このため、種々の条件

下で培地を埋設し、埋設後の子実体発生を長期的かつ継続的に観察して、確実かつ継続的に発生させる条件を把握することが必要である。

シャカシメジ (*Lyophyllum fumosum*) は、ホンシメジと同様に我が国に広く分布する代表的な食用キノコで、アカマツやコナラなどの混生林に発生する外生菌根菌である。しかし、ホンシメジとは異なり、林地への培地埋設などによってキノコが発生した報告はないため、子実体発生技術の開発が必要である。

そこで、岐阜県内のアカマツやコナラが混生する林地5ヶ所にホンシメジとシャカシメジの培地を埋設し、埋設後の子実体発生の有無、あるいは埋設した培地の状況について調査した結果を報告する。

II 調査地と方法

1. 試験地

試験地は、岐阜県美濃市、高山市一之宮町、加茂郡八百津町内のアカマツやコナラなどが生育する5ヶ所の林地である（表-1）。これらの林地には、周辺林内も含めていずれもホンシメジの発生情報はない。ここに2000、2005、2006年、尾根付近の南～南西斜面に試験地を設定した。美濃市C以外の試験地では、試験地の設置時あるいはその前年に林内の整理伐、下層木

表-1. 試験地の概況

場所	主な樹種	設置年	試験地面積	傾斜	斜面方位	試験区（整備実施年）
美濃市A	アカマツ・広葉樹	2000年	20×20m (400㎡)	30°	南西	環境整備(2000), 未整備
美濃市B	アカマツ・広葉樹	2000年	10×10m (100㎡)	25°	南西	環境整備(2000)
美濃市C	広葉樹	2006年	10×10m (100㎡)	30°	南	未整備
一之宮町	アカマツ	2005年	12×12m (144㎡)	15°	南西	環境整備(2005), 未整備
八百津町	アカマツ	2005年	12×12m (144㎡)	20°	南西	環境整備(2004)

環境整備は林内の整理伐、下層木の除去、A0層の除去。

* 本研究の一部を、第56回日本森林学会中部支部大会（2008年10月）において発表した。

表-2. 試験地の概況

場所	土壌pH	土壌型	斜面位置	堆積様式	地質	海拔	相対照度
美濃市A	4.2~4.7	rB _B	尾根下	残積土	チャート	200	16.3~24.5%
美濃市B	5.1~4.8	rB _D (d)	尾根下	残積土	チャート	160	17.5%
美濃市C	4.1~4.7	rB _D (d)	山腹中部	葡行土	チャート	170	7.0%
一之宮町	4.6~5.0	B _D (d)	尾根下	残積土	溶結凝灰岩	1,000	13.3%
八百津町	4.4~4.8	B _B	尾根下	残積土	泥岩	300	22.4%

土壌pHは層位別に測定（調査は2007年12月）、照度は2007年10~11月に測定。

表-3. 培地の埋設年月と埋設ヶ所数

場所	埋設年月	ホンシメジ		シャカシメジ	
		環境整備	未整備	環境整備	未整備
美濃市A					
	2000.3~4	40	20	—	—
	2001.2	9	—	—	—
	2002.2	16	—	—	—
	2006.4	—	10	—	10
	2007.5	2	3	2	3
美濃市B					
	2001.2	16	—	—	—
	2002.2	16	—	—	—
	2006.6	3	—	3	—
美濃市C					
	2007.6	—	6	—	6
一之宮町					
	2006.12	10	10	5	5
	2007.4	7	7	7	7
	2007.6	4	4	4	4
八百津町					
	2007.1	6	—	6	—
	2007.4	14	—	14	—
	2007.6	6	—	6	—

埋設したヶ所数を示す（通常は1穴に培地1個を埋設（一部2~3個あり））。一部にアカマツ苗木を植栽。

の除去、A₀層除去などの環境整備を行った。

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は主にLSH-17を、シャカシメジはLFU-8を接種した。接種後、21℃、60%RH、暗黒条件下で培養し、培養後は埋設時まで約5℃で冷蔵保存した。林内への埋設時の穴の大きさは概ね直径20cm、深さ20cm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。この穴に培地を1個（一部は2~3個）置き、掘り返した土で埋め戻して、さらに落葉で被覆した。

各試験地の概況を表-2、培地埋設の年月および埋設ヶ所数を表-3に示した。培地の埋設ヶ所数は林地5ヶ所で合計ホンシメジが209ヶ所、シャカシメジが

82ヶ所である。各試験地の詳細は以下のとおりで、林内の手入れは試験地設定以降行っていない。

(1) 美濃市A

アカマツ、コナラ、アラカシ、アベマキなどが混交する林分で、アカマツはマツノザイセンチュウ病による枯損が進行している。試験地は尾根付近の南西斜面（傾斜30°、海拔200m）に位置し、土壌型はrB_B型で、環境整備区と未整備区に区分している。培地は2000年3~4月、2001年2月、2002年2月にホンシメジを、2006年4月、2007年5月にはホンシメジとシャカシメジを埋設した。

(2) 美濃市B

尾根部の南西斜面（傾斜25°、海拔160m）に位置するアカマツ、スラッシュマツが混交する林分で、rB_D(d)型土壌である。培地は2001年2月、2002年2月にホンシメジを、2006年6月にはホンシメジとシャカシメジを埋設した。

(3) 美濃市C

中腹の平衡斜面（傾斜30°、海拔170m）に位置し、アベマキ、アラカシ、ツバキ、ソヨゴなどの広葉樹に、アカマツが100本/ha程度に点在する。土壌型はrB_D(d)型で、地表にはA₀層が6~10cmと厚く堆積する。ホンシメジ、シャカシメジを2007年6月に埋設した。

(4) 高山市一之宮町

試験地は尾根部に近い傾斜約15°の南西向き斜面に位置する。海拔は1,000m、土壌型はB_D(d)型で、アカマツの上木本数は約3,500本/ha、林床にはクマイザサが発生する。2006年12月、2007年4月および同年6月の3回に分けて時期別にホンシメジとシャカシメジを埋設した。

(5) 加茂郡八百津町

海拔300mの尾根部に近い傾斜約20°の南西向き斜面で、土壌型はB_B型、アカマツは約3,100本/haで、そ

の他ソヨゴ、ヒサカキが優占する。2004年4月に環境整備施業が行われており、試験地設定時の林床にはアカマツ実生が発生する。高山市一之宮町と同様に2007年1月、同年4月および6月の3回に分けて時期別にホンシメジとシャカシメジを埋設した。

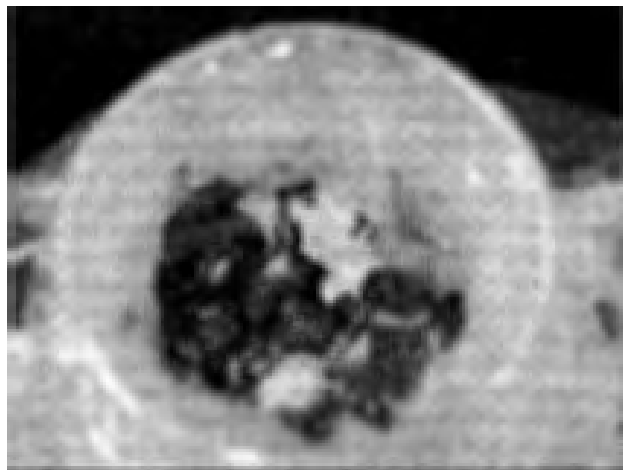


図-1. 袋内で発生したシャカシメジ幼子実体

2. 調査方法

調査はホンシメジ、シャカシメジが発生するとされる9月下旬から12月上旬に概ね1～2週間に1回程度とし、培地を埋設した後の子実体発生の有無を、また子実体が発生した場合はその位置および子実体の形態を2008年12月まで観察した。

なお、試験地設定時には試験地内の樹木位置図、2007年10月～11月に照度測定、2008年12月に土壌調査を行った。また、一部の培地を掘り取って肉眼観察するとともに、pH、含水率、根重量を測定した。

Ⅲ 結果と考察

1. 供試した菌株の性質

ホンシメジLSH-17、シャカシメジLFU-8を接種した培地の蔓延および原基形成の状況を表-4に示した。蔓延日数はホンシメジが約40日、シャカシメジはホンシメジの約1.35倍にあたる約54日を要した。シャカシメジは一部の培地に幼子実体を形成した(図-1)。

表-4. 培地の蔓延および原基形成の状況

培地の種類	供試数	蔓延培地	蔓延に要した日数	幼子実体形成
ホンシメジ	69個	69/69	39.7日±3.55	0/69
シャカシメジ	40個	40/40	53.7日±4.73	3/40

蔓延日数は平均値±標準偏差。

表-5. ホンシメジの子実体発生状況

場所 埋設年月日	埋設ヶ所数	発生ヶ所数（培地埋設後の年数別）									
		1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	
美濃市A											
2000.3～4	環境整備	40	1	9	2	0(1)	2(2)	0	0	0(1)	0(1)
	未整備	20	0	3	3(1)	2	1(1)	0	0	0	0
2001.2	環境整備	9	0	1	1	0	0	0	0	0	
2002.2	環境整備	16	0	5	5	0	0	0	0		
2006.4	未整備	10	0	0	0						
2007.5	環境整備	2	0	0							
	未整備	3	0	0							
美濃市B											
2001.2	環境整備	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002.2	環境整備	16	0	1	2	2	0	0(2)	1(1)		
2006.6	環境整備	3	0	0	0						
美濃市C											
2007.6	未整備	6	0	0							
一之宮町											
2006.12	環境整備	10	0	0							
	未整備	10	0	0							
2007.4	環境整備	7	0	0							
	未整備	7	0	0							
2007.6	環境整備	4	0	0							
	未整備	4	0	0							
八百津町											
2007.1	環境整備	6	0	0							
2007.4	環境整備	14	0	0							
2007.6	環境整備	6	0	0							

発生ヶ所数は培地を埋設したヶ所のうち子実体が発生したヶ所数。

()は培地から離れて発生したヶ所数。

一之宮の2006年12月埋設の当年発生は2007年とした。

ホンシメジLSH-17は、本培地では子実体が発生しなかったが、広葉樹と大麦を主体とした培地では子実体を形成している（水谷，2008）。ホンシメジとシャカシメジで子実体が発生する培地材料が異なる原因は不明であるが、いずれも宿主植物のない純粹培養下でも子実体を形成する性質の菌株であった。

2. 各試験地の子実体発生状況

各試験地の子実体発生状況は以下のとおりである（表-5，6）。

(1) 美濃市A

子実体が発生したのは、2000，2001，2002年にホンシメジ培地を埋設した場所であった（図-2）。水谷（2005）は、既に2000年3～4月に埋設した培地からの5年間は、環境整備区と未整備区に5年継続して子実体が発生したことを示した。その後、環境整備区では2007年および2008年に子実体が培地から離れた位置に1～2株発生した。これらは埋設してから8年目，9年目にあたり，量は少ないが長期にわたって発生が継続している。2001，2002年に埋設した場所からの子実体発生は，ともに埋設2年および3年目の2年間に集中し，その後の発生は見られていない。2006および2007年に埋設した場所からは，ホンシメジおよびシャカシメジとも発生がなく，2002年以前に埋設したホンシメジとは状況が異なった。

発生した子実体のほとんどは，埋設した培地の真上に位置しており，埋設3年目以降には培地から離れた位置にも発生している。子実体は試験地内において斜面の位置や環境整備の有無に関係なく広く分散して発生しており（図-2），発生位置に特定の傾向は見られなかった。

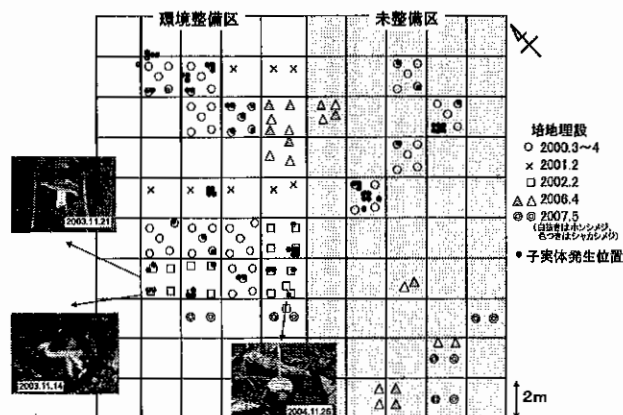


図-2. 培地の埋設位置と子実体発生（美濃市A）

(2) 美濃市B

子実体は2002年にホンシメジ培地を埋設した場所からのみ発生した（図-3）。2001年にホンシメジ，2006年にホンシメジおよびシャカシメジを埋設した場所からの発生はなかった。子実体は埋設7年目にも発生が確認できたが，本試験地でも美濃市Aと同様に子実体の発生位置に明確な特徴は見られなかった。

(3) 美濃市C

2007年埋設のホンシメジ，シャカシメジは，ともに埋設2年目まで子実体の発生は見られなかった。

(4) 高山市一之宮町

2006～2007年に時期別に3回に分けて埋設したホンシメジとシャカシメジ培地には，いずれも埋設2年目まで子実体が発生しなかった。

(5) 加茂郡八百津町

子実体は埋設2年目までホンシメジ，シャカシメジとも発生していない。

3. 試験地間の比較と埋設培地の掘り取り

今回，試験を実施した5ヶ所の試験地は，尾根付近（美濃市Cは中腹）に位置する南～南西向き斜面の乾性土壌で，アカマツやコナラが優占するホンシメジやシャカシメジの発生に適すると考えられる場所である（藤田，1988；小川，1992）。

ホンシメジでは培地を埋設した林地5ヶ所のうち子実体が発生したのは，美濃市Aおよび美濃市Bの2ヶ所のみであった。いずれの試験地も子実体が発生したのは2002年以前に埋設した場所で，同じ試験地内の2006年あるいは2007年に培地を埋設した場所には，2008年の秋までに子実体は発生しなかった。今回の調

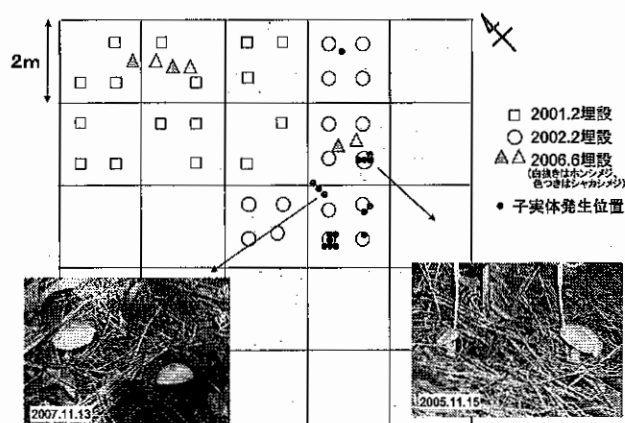


図-3. 培地の埋設位置と子実体発生（美濃市B）

査では、試験地間でホンシメジの発生有無に違いが見られたが、発生した試験地は、発生しない試験地と比較して土壌型、土壌pH、地質などに大きな違いはなかった（表-2）。また、発生した試験地内でも埋設年によって発生する場合と発生しない場合があること、発生位置に特定の傾向が見られないことにより、子実体の発生に適した条件は明らかにできなかった。

シャカシメジは、培地を2006、2007年に埋設しているが、いずれも子実体の発生がなく（表-6）、発生に適した試験地の条件は不明であった。

2006、2007年に埋設した培地は、シャカシメジと同様に、ホンシメジも子実体が全く発生しなかったため、美濃市C、一之宮町、八百津町の3ヶ所で2007年に埋設したホンシメジおよびシャカシメジ培地の掘り取りを行った（表-7）。

表-6. シャカシメジの子実体発生状況

場所 埋設年月日	埋設 ヶ所数	発生ヶ所数(埋設後の年数別)		
		1年	2年	3年
美濃市A				
2006.4 未整備	10	0	0	0
2007.5 環境整備	2	0	0	
未整備	3	0	0	
美濃市B				
2006.6 環境整備	3	0	0	0
美濃市C				
2007.6 未整備	6	0	0	
一之宮町				
2006.12 環境整備	5	0	0	
未整備	5	0	0	
2007.4 環境整備	7	0	0	
未整備	7	0	0	
2007.6 環境整備	4	0	0	
未整備	4	0	0	
八百津町				
2007.1 環境整備	6	0	0	
2007.4 環境整備	14	0	0	
2007.6 環境整備	6	0	0	

発生ヶ所数は埋設したヶ所のうち子実体が発生したヶ所数。
一之宮の2006年12月埋設の当年発生は2007年とした。

表-7. 埋設培地の掘り取り調査結果

場所 埋設年月	ホンシメジ				シャカシメジ			
	pH	含水率	根率	色	pH	含水率	根率	色
美濃市C								
2007.6	5.0	23.6	7.5	—	5.6	26.0	1.1	—
一之宮町								
2006.12	5.3	31.0	1.0	++	5.7	32.8	0.8	—
2007.4	5.1	31.5	0.8	++	5.7	35.4	0.9	—
2007.6	4.8	31.2	3.2	++	5.4	38.6	0.7	—
八百津町								
2007.1	5.9	17.8	3.3	+	5.6	20.0	3.8	—
2007.4	5.5	21.1	4.4	+	5.2	20.9	1.2	—
2007.6	4.9	24.3	3.0	+	5.6	28.7	2.2	—

美濃市Cは未整備区、他は環境整備区（培地各1個を供試）
根率は根重量／掘り取った培地重量×100%
培地色は白色程度（++：白い、+：若干白い、—：白くない）

ホンシメジの場合、一之宮町と八百津町の培地は、埋設後約1年半を経過しても多少白味を帯びていた。一方、美濃市Cの培地は内部が白色を呈せず、菌糸の絡みつきもなく、死滅している可能性が高いと感じられた。一之宮町と八百津町に埋設した培地内には、たくさんのアカマツの根が侵入して細く激しく枝分かれしており、アカマツとの菌根合成の可能性が示唆された。ホンシメジ培地を林地に埋設したこれまでの事例では、子実体が埋設2年以内に発生する場合が多く（水谷ら、1995；阿部・富樫、1999；河合、1999；大槻・岡田、2003；藤堂、2005；水谷、2005）、本試験で2006年あるいは2007年に培地を埋設した場所では埋設後2年を経過しても子実体発生に至っていないが、一之宮町と八百津町では菌根合成の可能性があり、継続した調査が必要と考えられた。

シャカシメジの場合、3試験地とも内部が白色を呈する培地は存在せず、菌糸の絡みつきもなく、死滅している可能性が高いと感じられた。培地内へ侵入するアカマツの根は枝分かれすることはなく、埋設時期が異なっても状況は同じであった。この原因は、シャカシメジの培地がホンシメジに比較して雑菌に対する抵抗力が弱いのか、あるいは菌根合成ができないためなのか不明である。林地に埋設した菌株のホンシメジ LSH-17、シャカシメジLFU-8は、いずれも宿主植物のない純粋培養下でも子実体を形成する性質である。埋設した培地の長期保存、さらには子実体発生に対して樹木がどの程度影響するのかわからない。コナラ苗木との共生により子実体が発生した事例（藤堂、2003）などを踏まえると、コナラ林への培地埋設など、さらにいろいろな条件下で調査する必要があると考えられた。

今回、埋設したホンシメジ、シャカシメジの培地はイノシシと思われる獣害により一部掘り返された。一之宮町および八百津町では、その被害率は約8%であり、場所によっては獣害対策も必要と考えられた。

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(1988)ホンシメジの人工栽培に成功。京都の林業No. 352：2-3。
藤田徹・中村善剛・上家祐(1998)ホンシメジ林地栽培試験（I）—子実体形成試験—。森林応用研究7：101-104。
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。
河合昌孝(1997)ホンシメジ培養菌糸体のアカマツ林

道水を加え、含水率65%の培地を調整し、120℃で60分間滅菌後に供試菌株の菌糸体を接種し、培養したものをオガ粉種菌として供試した。

2. 供試材料の調整

(1) 培地基材

a) 県内野生菌株の選抜試験

ブナのオガ粉は、県内の木工家具製造業者A社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森下機械㈱製11C-2型オガ粉製造機で粉碎した後、4mmメッシュのふるいにかけ通過したものを使用した。

b) 菌床シイタケ栽培施設を利用した栽培試験

広葉樹チップは、県内のチップ製造業者B社が、県内から伐採された広葉樹材（樹種構成は、コナラ：その他広葉樹＝6：4～7：3）を、樹皮を含めて長径8～10mm、短径5～8mm、厚さ約1mmにチップ化したものを使用した。

広葉樹オガ粉は、県内のオガ粉製造業者C社が、県内から伐採された広葉樹材（樹種構成は、コナラ：その他広葉樹＝約6：4）を樹皮を含めて粒径約1mm以下に粉碎したものを使用した。

(2) 培地添加物

フスマは日清製粉㈱製のものを使用した。コメヌカは県内農業協同組合が精米時に排出したものを使用した。

3. 栽培試験

(1) 県内野生菌株の選抜試験

菌床栽培に適する系統を選抜するため、系統別の栽培試験を行った。

培地は、培地基材のブナオガ粉に培地添加物のフスマを容積比10：3の割合で混合したものに、水道水を加え含水率65%に調整後、ポリプロピレン製800mlの栽培ビンに約520g（ビンの重量約64gを含む）ずつ詰めて接種孔（穴径18mm）を1箇所あけ、120℃で90分

間滅菌した。冷却後、調整したオガ粉種菌を1ビン当たり約5g接種した。培養は、温度 $21.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60.5 \pm 1.0\%$ の暗黒室で76日間行った。発生操作は菌掻き（平掻き）を行い、ビン口に水道水を注いで1時間放置後に残った水を棄て、温度 $15.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $95.0 \pm 5.0\%$ 、照度30～50ルクスの室内に移動した。ビン口部分の培地表面に子実体の原基が形成され、原基の高さが1mmになった時点でビンを約 60° の角度に傾けて子実体を成長させた。1番発生の子実体を収穫後すぐに同様の発生操作を行い2番発生を促した。調査は、子実体の傘が8分開きになった時点で行い、発生操作後に1番発生の子実体を得るまでの日数を「発生所要日数（日）」として、子実体の傘と柄を合わせた生重量を「子実体収量（g）」として、子実体の傘径2cm以上のものの個数を「発生個数（個）」として測定した。供試数は1系統4～5本とした。

(2) 菌床シイタケ栽培施設を利用した栽培試験

菌床シイタケ栽培施設を利用した栽培技術を確認するため、発生操作方法別の栽培試験を行った。

供試菌はPSE-3とした。培地は、広葉樹チップ：広葉樹オガ粉：フスマ：コメヌカを乾燥重量比7：3：0.5：0.5の割合で混合したものに、水道水を加え含水率を約65%に調整後、フィルター付きのポリプロピレン製栽培袋に2.5kgずつ詰め、20cm×14cm×13cmの立方型に成形し、接種孔（穴径18mm）を2箇所あけ、100℃で5時間滅菌した。冷却後、2008年2月27日に調整したオガ粉種菌を培地の表面（20cm×13cmの面、以下「接種面」という）全体に接種した。接種後の培地を飛騨市古川町の菌床シイタケ生産者の施設に搬入して、接種面が上を向く方向に置き（図-1の(a)）、シイタケ培地と同じ場所で培養管理を行った。なお、本試験の培地の組成は、同施設内で栽培に用いられるシイタケ培地の組成と同じである。

2008年10月9日（培養225日目）、培地を接種面が垂直になるように置き換え（図-1の(b)）、その状態で原基を形成させた。

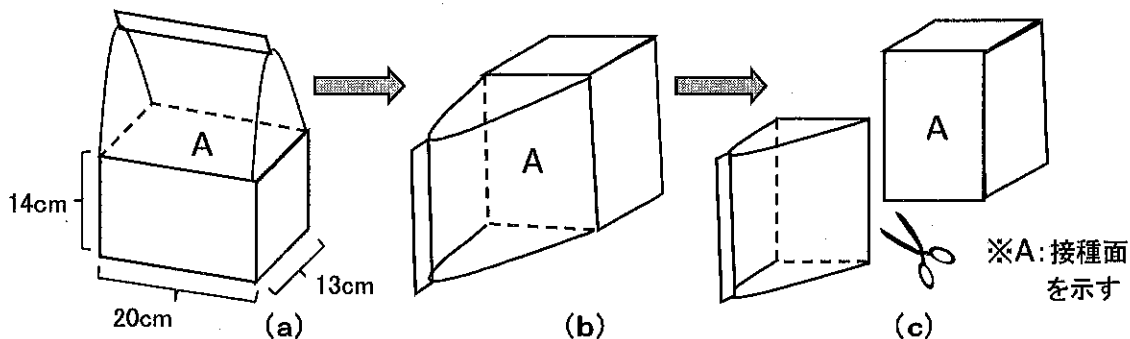


図-1. 試験に供する菌床の形状および置き方、袋カットの方法

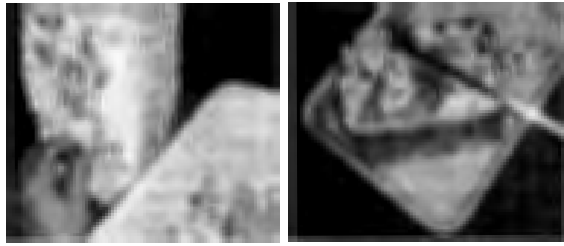


図-2. 芽つみの作業 図-3. 菌掻きの作業

原基形成後2008年10月24日に、栽培袋の培地と接していない部分を切り取り（図-1の(c)）、接種面を露出させた。同日、試験区を発生操作方法的の違いにより3区に分け、そのままの状態で子実体発生まで管理する区（以下「カットのみ区」という）（供試数は10個）、接種面にある原基を全て手でつまみ取る区（図-2、以下「芽つみ区」という）（供試数は5個）、接種面を5～10mm程度掻き取る区（図-3、以下「菌掻き区」という）（供試数は5個）を設置した。

露出した培地表面に対する散水は行わないが、「菌掻き区」に対してのみ、菌掻きした培地表面の乾燥を防ぐことを目的として、菌掻き後約3週間、切り取った袋部分を培地に覆いかぶせた。

調査は、子実体の傘が8分開きになった時点でを行い、子実体の傘と柄を合わせた生重量を「子実体収量(g)」として測定した。1番目の発生を収穫した後、接種面を露出させたまま次の発生を待った。

また、5月中旬から12月中旬までの施設内の温度、湿度の変化を調ディアドディ製TR-72U型温湿度データロガーで記録した。

III 結果と考察

1. 県内野生菌株の選抜試験

系統別の子実体発生状況を表-1に示す。供試した8系統全てで子実体が発生した。子実体の発生回数はPSE-2、PSE-8は1回であったが、他の6系統は2回であった。子実体の総収量は、PSE-3が111.2（平均値；以下同じ）g、PSE-7が110.3g、PSE-10が108.5gであり、3系統で100gを超える収量があった（3系統間に有意差なし、Steel-Dwass検定、 $p > 0.05$ ）。以下、子実体収量の多い3系統を比較すると、発生所要日数は、PSE-7が65.6日、PSE-10が59.4日であるのに対し、PSE-3が45.2日であり最も短かった（PSE-3はPSE-7、PSE-10に対して有意差あり、Steel-Dwass検定、 $p < 0.05$ ）。子実体の総個数は、PSE-7が8.6個であり、PSE-10の18.6個に対し有意に少なかった（Steel-Dwass検定、 $p < 0.05$ ）。PSE-3の総個数は18.2個であり、PSE-7の総個数、PSE-10の総個数に対し有意差はなかった（Steel-Dwass検定、 $p > 0.05$ ）。

菌床栽培に適する系統としては、子実体の発生量が多く、かつ発生所要日数が短いPSE-3が最も優良であることが分かった。

表-1. 系統別の子実体発生状況

菌株	1番発生			2番発生		総収量 (g)	総個数 (個)	供試数 (本)
	発生所要日数 (日)	子実体収量 (g)	発生個数 (個)	子実体収量 (g)	発生個数 (個)			
PSE-2	47.0±1.2	20.8±4.7	5.8±1.7	—	—	20.8±4.7	5.8±1.7	4
PSE-3	45.2±1.9	79.5±18.3	9.6±4.3	31.7±10.9	8.6±2.2	111.2±14.1	18.2±5.2	5
PSE-4	47.4±2.2	70.0±8.8	10.0±4.5	26.7±11.4	5.2±1.5	96.7±6.1	15.2±3.3	5
PSE-5	42.5±0.6	29.4±9.3	7.3±1.3	25.1±7.2	5.8±2.2	54.5±9.8	13.0±2.2	4
PSE-7	65.6±3.1	80.1±9.4	3.4±1.7	30.2±10.6	5.2±2.7	110.3±10.5	8.6±3.0	5
PSE-8	80.5±6.9	10.2±4.5	4.5±1.7	—	—	10.2±4.5	4.5±1.7	4
PSE-9	45.0±1.9	53.7±10.1	6.2±0.8	18.9±8.2	5.0±2.1	72.6±13.0	11.2±2.0	5
PSE-10	59.4±2.5	72.9±8.6	10.4±1.1	35.6±9.2	8.2±2.8	108.5±15.1	18.6±3.2	5

平均値±標準偏差、—:未発生

発生個数は、傘径2cm以上の子実体の個数

発生所要日数は、発生操作後1番発生の子実体を収穫するまでの日数

表-2. 菌床シイタケ栽培施設を利用した栽培（2.5kg菌床）における子実体発生状況

発生操作 の方法	1番発生		2番発生		総収量 (g)	供試数 (個)
	収穫日 (月/日)	子実体収量 (g)	収穫日 (月/日)	子実体収量 (g)		
カットのみ区	11/13	310.5±18.3	12/4	316.9±60.0	627.4±73.9	10
芽摘み区	11/13	520.8±45.5	12/4	293.4±43.3	814.2±44.1	5
菌掻き区	11/26	677.4±45.8	12/19	154.6±43.6	832.0±25.0	5

平均値±標準偏差、菌株：PSE-3

2. 菌床シイタケ栽培施設を利用した栽培試験

発生操作別の子実体発生結果を表-2に示す。総収量は、カットのみ区が627.4g、芽つみ区が814.2g、菌掻き区が832.0gとなり、カットのみ区が芽つみ区、菌掻き区と比較して有意に少なかった（Steel-Dwass検定、 $p < 0.05$ ）。芽つみ区と菌掻き区との間に有意差はなかった（Steel-Dwass検定、 $p > 0.05$ ）。

1番発生の収穫日は、カットのみ区、芽つみ区は11月13日で発生操作後20日目であり、菌掻き区は11月26日で発生操作後33日目であった。菌掻き区は接種面の菌糸が回復してから原基が形成されたため、その分子実体の発生が遅くなった。1番発生の子実体を収穫後、2番発生の子実体を収穫するまでの日数は、カットのみ区、芽つみ区が21日間、菌掻き区が22日間ではほぼ同じだった。3番発生は、カットのみ区、芽つみ区内の一部の菌床で確認されたが少量（1～20g/1菌床）だった。12月下旬以降、新たな子実体の発生はなかった。

子実体の形状は、カットのみ区では接種面の真ん中部分で密生した原基同士がつぶれ合い、傘が変形したり矮小化したものが多く発生した（図-4）。芽つみ区では傘の変形は少ないが、一部で子実体同士が癒着して株状になった（図-5）。菌掻き区では接種面の真ん中部分の傘の変形は少ないが、接種面の縁部分では子実体同士の癒着が多くあり、子実体が塊状になったものがあった（図-6）。子実体同士の癒着は、原基形成が集中した箇所に多くあり、原基はそれぞれ独立して形成されているが、子実体が成長するにつれて軸や傘部分がくっつき合って起こると思われる。11月13日（発生操作後20日目）時点の観察で、菌掻き区の原基形成は接種面の縁部分に特に多いことを確認しており、多くの子実体が重なって癒着したと考えられる（図-7）。

菌床シイタケ栽培施設内の温度、湿度の変化を図-8に示す。培養期間中の最高気温は32.9℃、最低気温は10.1℃であった。9月下旬に最低気温が10℃近くになって以後、施設内の加温を行い、施設内の気温は $16.0 \pm 4.5^\circ\text{C}$ で推移した。9月下旬から11月下旬まで、施設内の散水を行い、施設内の湿度は80～99%RHで推移した。11月下旬以降はシイタケの栽培棚を棚ごとビニール掛けして保湿した期間があり、施設内の散水が減少したため湿度は64～99%RHで推移した。

同施設の温度と湿度の推移は、菌床シイタケ栽培に適した環境管理を行った結果であるが、試験区のムキタケは良好に子実体が発生した。よって、菌床シイタケ栽培施設を利用してムキタケ栽培を行うことが可能であることが分かった。ただし、2番発生の終了時点で接種面はかなり乾燥しており、このことが3番発生

の発生不良の一因となった可能性も考えられるため、接種面の保湿対策の検討が必要である。

原基形成は10月中旬から確認された。発生操作時（2008年10月24日）、栽培袋内に最初に形成された原基は、接種面に密生し、手で触れるだけで容易に脱落するものであった。このため、「芽つみ区」で原基を



図-4. カットのみ区の子実体発生状況

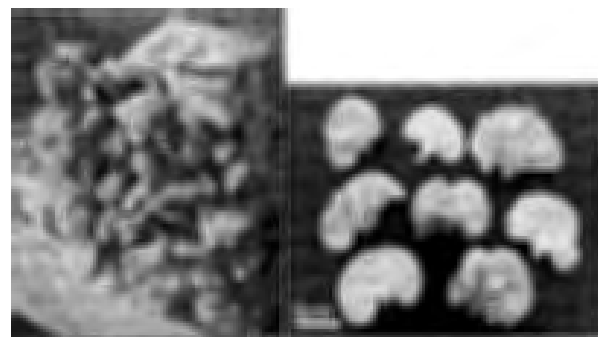


図-5. 芽つみ区の子実体発生状況

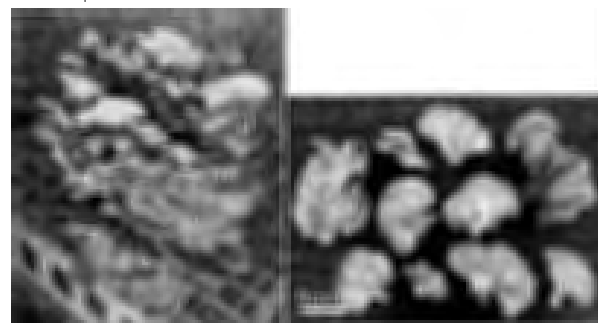


図-6. 菌掻き区の子実体発生状況

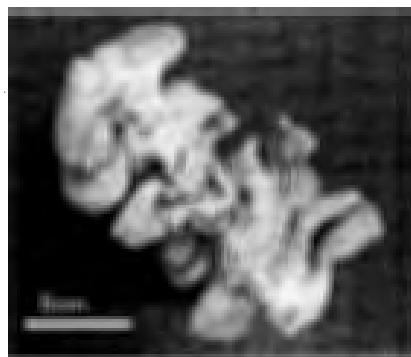


図-7. 子実体同士が癒着した状況（菌掻き区）

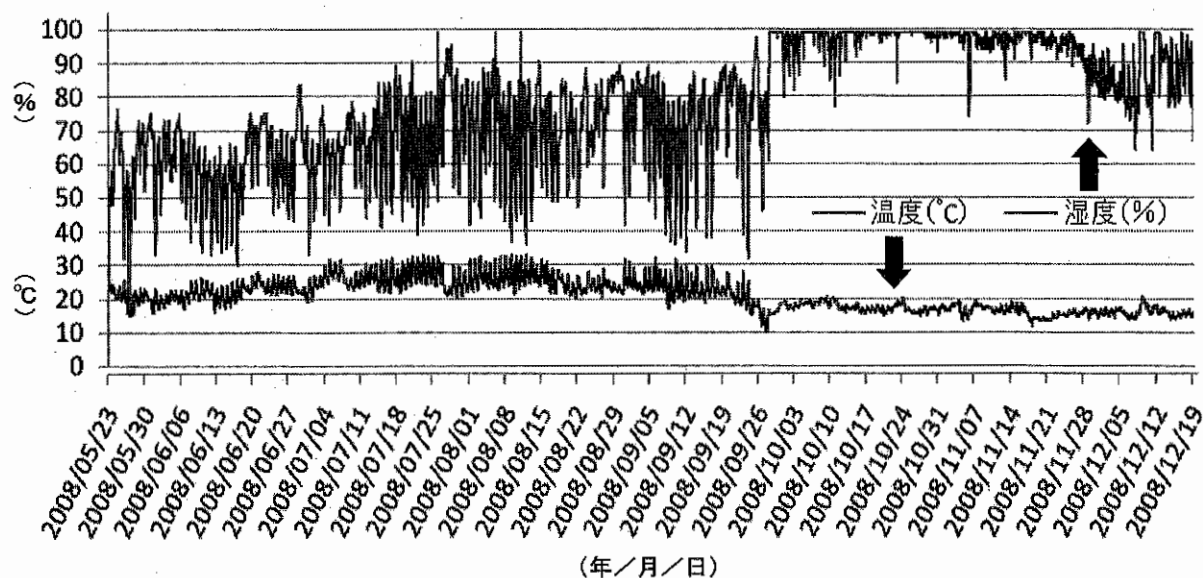


図-8. 試験地（菌床シイタケ栽培施設）の温湿度変化

つみ取る作業は、「菌掻き区」で菌掻きを行う作業と比較して容易だった。

以上により、菌床シイタケ栽培施設を利用してムキタケ栽培を行う場合、菌床シイタケ培地をそのまま利用でき、培養管理を菌床シイタケと同じスケジュールで行えることが分かった。発生操作は、栽培袋をカットするだけよりも、袋内で密生した原基を手でつみ取るか菌掻きにより除去し、新たな原基形成を促した方が、収量が多くなることが分かった。実際には、菌掻きを行うよりも原基を手でつみ取るだけの方が労力が少なく済むため、栽培時の発生操作としては「芽つみ」が適すと考えられる。

課題としては、子実体の発生が一時期に集中し12月中旬で発生が終了してしまったこと、癒着して塊状になった子実体があり、見栄え上商品性を低下させる可能性があること、発生操作後から接種面の乾燥が進行し、新たな原基形成の妨げとなる可能性があることが挙げられる。今後は、発生操作後に新たに形成された原基についても、原基が集中している箇所は適宜芽をつみ取って「間引き」を行うこと、収穫直後から次の原基形成までの間は、菌床に袋掛け等をして保湿することにより、形質の良好な子実体を長期間収穫する方法を検討する必要がある。

謝辞

本試験を実施するにあたり、飛騨市古川町のシイタケ生産者である清水則好氏に、菌床シイタケ栽培施設内に試験箇所を提供していただいた。ここに記して深く謝意を表する。

引用文献

- 井戸好美（2006）菌床シイタケ栽培施設を利用したクリタケ栽培．日本きのこ学会第10回大会講演要旨集：78.
- 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄編著（1988）ハラタケ類．（山溪カラー名鑑日本のきのこ．623pp, 山と溪谷社, 東京）．114-115.
- 伊東英武（1990）ムキタケの栽培．林産試だより（北海道立林産試験場）1990(5)：14-16.
- 伊東英武・押切靖（1986）ムキタケのオガクズ栽培．林産試だより（北海道立林産試験場）1986(3)：9-10.
- 伊東英武・瀧澤南海雄・中村米松・押切靖（1989）ムキタケの栽培．林産試験場報（北海道立林産試験場）3(2)：18-25.
- 蒲原邦行（1996）地域特産物として活用したいムキタケの栽培技術①．農耕と園芸51(12)：190-192.
- 蒲原邦行（1997）地域特産物として活用したいムキタケの栽培技術②．農耕と園芸52(1)：210-212.
- 蒲原邦行（1997）特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—. 佐賀県林業試験場業務報告書平成8年度版：49-55.
- 蒲原邦行（1998）特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—. 佐賀県林業試験場業務報告書平成9年度版：32-38.
- 蒲原邦行（1999）ムキタケの菌床栽培について（Ⅱ）—簡易施設による発生試験—. 日本林学会九州支

- 部研究論文集52:131-132.
- 蒲原邦行(1999)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成10年度版:34-42.
- 蒲原邦行(2000)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成11年度版:39-47.
- 蒲原邦行(2001)ムキタケの菌床栽培について(Ⅲ)—クヌギ鋸屑を利用したムキタケの栽培—.日本林学会九州支部研究論文集54:183-184.
- 蒲原邦行(2001)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成12年度版:25-32.
- 蒲原邦行(2002)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成13年度版:29-34.
- 蒲原邦行・桑原康成・石松誠(1998)ムキタケの菌床栽培について(Ⅰ).日本林学会九州支部研究論文集51:163-164.
- 蒲原邦行・村上重幸・時本景亮・永守直樹(2006)ムキタケの交配系と担子孢子形成. Rep. Tottori Mycol. Inst. 44:60-65.
- 蒲原邦行・時本景亮(2001)ムキタケ菌株の材腐朽、菌糸成長および子実体形成能力について. 木科学情報(日本木材学会九州支部)8(1):10-11.
- 蒲原邦行・時本景亮(2004)ムキタケにおけるトリコデルマ強耐性菌株の選抜. 木材学会誌50(3):183-192.
- 蒲原邦行・時本景亮(2006)ムキタケ菌床栽培の実用化のための栽培条件の検討. 日本きのこ学会誌14(1):19-27.
- 川島祐介(2001)野生きのこ遺伝資源の保存と栽培技術の研究(2)ヤマブシタケ・ムキタケ栽培試験. 群馬県林業試験場業務報告平成12年度版:74-75.
- 川島祐介(2002)野生きのこ遺伝資源の保存と栽培技術の研究(2)ヤマブシタケ・ムキタケ栽培試験. 群馬県林業試験場業務報告平成13年度版:90-91.
- 川島祐介(2008)野生きのこの菌株保存と新きのこ栽培技術の開発(1)ムキタケ(白色系)栽培試験及びニオウシメジ培養試験. 群馬県林業試験場業務報告平成19年度版:42-43.
- 川島祐介・国友幸夫(1999)ムキタケ等野生きのこの栽培試験. 群馬県林業試験場研究報告6:35-40.
- 国友幸夫(1992)野生きのこの栽培試験. 群馬県林業試験場業務報告平成3年度版:24-25.
- 国友幸夫(1993)菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良1ムキタケ菌床栽培. 群馬県林業試験場業務報告平成4年度版:15.
- 国友幸夫(1994)菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良1ムキタケ菌床栽培. 群馬県林業試験場業務報告平成5年度版:11.
- 国友幸夫(1995)菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良(1)ムキタケ菌床栽培. 群馬県林業試験場業務報告平成6年度版:17.
- 国友幸夫(1996)菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良(1)ムキタケ菌床栽培. 群馬県林業試験場業務報告平成7年度版:57.
- 国友幸夫(1997)野生きのこの栽培試験. 群馬県林業試験場業務報告平成8年度版:54.
- 永守直樹(2003)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成14年度版:35-38.
- 永守直樹(2003)ムキタケ選抜菌株の試験栽培について. 木科学情報(日本木材学会九州支部)10(4):24-25.
- 永守直樹(2004)特用林産物の栽培手法に関する調査研究—ニュータイプきのこ資源の利用と生産技術の開発—.佐賀県林業試験場業務報告書平成15年度版:36-39.
- 永守直樹(2005)特用林産に関する研究(2)ムキタケの簡易施設栽培試験. 佐賀県林業試験場業務報告書平成16年度版:35-38.
- 永守直樹(2006)特用林産に関する研究(2)ムキタケの簡易施設栽培試験. 佐賀県林業試験場業務報告書平成17年度版:32-34.
- 永守直樹(2007)ムキタケの簡易施設栽培について. 九州森林研究60:146-148.
- 永守直樹(2007)特用林産に関する研究(2)ムキタケの簡易施設栽培試験. 佐賀県林業試験場業務報告書平成18年度版:41-46.
- 永守直樹(2008)特用林産に関する研究(2)ムキタケの簡易施設栽培試験. 佐賀県林業試験場業務報告書平成19年度版:36-38.
- 大森清寿・小出博志編(2001)キノコ栽培の実際・ムキタケ(キノコ栽培全科. 258pp, 農山漁村文化協会, 東京). 149-152.
- 林野庁経営課特用林産対策室(2008)その他のきのこの生産量(平成19年特用林産基礎資料. 113pp, 農林水産省林野庁, 東京). 89-90.
- 津田格・堀啓太郎(2005)岐阜県における天然きのこの利用実態. 日本きのこ学会第9回大会講演要旨集:86.

平成21年3月24日

岐阜県森林研究所研究報告 第38号

発行所 岐 阜 県 森 林 研 究 所
岐阜県美濃市曾代1128-1
TEL (0575) 33-2585

印刷所 ㈱ も と す い ん さ つ
TEL (058) 328-4529



この研究報告の本文は、古紙配合率70%再生紙を使用しています。
(表紙は古紙配合率70%の再生紙です。)