

島根林技研報  
Bull. Shimane Pref.  
For. Res. Cent.

# 島根県林業技術センター 研究報告

BULLETIN OF  
THE SHIMANE PREFECTURE  
FOREST RESEARCH CENTER

No. 54  
2003



島根県林業技術センター

# 目 次

## 論文

有用広葉樹のさし木増殖 (II)

—ブナとケヤキのさし木増殖—

..... 福 島 勉..... 1

## 論文

広葉樹の組織培養における外植体の試験管内への無菌的取り込み方法の検討

..... 福 島 勉..... 7

## 論文

ヒトツバタゴの増殖

..... 福 島 勉.....25

## 論文

ブナ, ミズナラ造林におけるニホンノウサギ, ネズミ類による被害実態と被害回避試験

..... 金 森 弘 樹・河 井 美紀子・羽 原 純 二・周 藤 成 次・西 信 介

扇 大 輔・井ノ上 二 郎・陶 山 大 志.....35

## 短報

トラップを用いたスギカミキリの捕獲による脱出消長調査

..... 周 藤 成 次.....45

## 短報

ヒノキ漏脂病の発病と材質劣化の調査例

..... 陶 山 大 志・周 藤 成 次.....51

## 短報

小型多機能機械を活用した間伐作業例

..... 堀 江 俊 輔.....57

## 資料

木材チップ敷設による温度特性・水分特性の検討

..... 後 藤 崇 志・池 渕 隆・中 山 茂 生・福 間 厚.....65

### 表紙写真

繊維方向に細かく粉砕  
したチップ(左)と一般  
的な形状のチップ(右)

(P 70 から)

## 論文 有用広葉樹のさし木増殖(Ⅱ) — ブナとケヤキのさし木増殖 —

福島 勉

### Cutting Propagation in Broad-Leaved Trees (Ⅱ) — Experiment of cutting in *Fagus crenata* and *Zelkova serrata* —

Tsutomu FUKUSHIMA

#### 要 旨

ブナ25年生木とケヤキ9, 20年生木からのさし木増殖を試験した。3月に硝酸銀, インドール酪酸 (IBA), およびナフタレン酢酸 (NAA) で処理してガラス温室内にさし付けた。ブナは硝酸銀処理後オーキシン処理によって発根したが, 発根率はきわめて低率であった。ケヤキはIBA処理によって根数が増加し, 伸長成長が促進されたが, 発根率は低率であった。

#### I はじめに

ブナ (*Fagus crenata* Blume) とケヤキ (*Zelkova serrata* Mak.) は, 広葉樹資源として重要な樹種であり, 優良木からの苗の大量増殖が期待されている。しかし, 種子の豊凶差の変動が大きい上に, 種子の長期保存の方法についても明らかでなく (5), 苗木の安定供給の障害となっている。しかも, ブナ, ケヤキともさし木増殖がきわめて困難とされ (7), 両樹種のさし木増殖は実用化に至っていない。これまでさし木増殖についてのいくつかの報告 (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10) があるものの, そのほとんどは幼齢木を試験材料にしたもので, わずかにブナでは橋詰 (3) と睨ら (6) が, またケヤキでは石井 (4) が高齢木からのさし木について報告しているに過ぎない。また, 筆者 (2) はブナ成木からのクローン増殖を目的として組織培養を試みたが, 植物体の再生には特定の母樹で成功しているのみで, 順化, 野外植栽には至っていない。そこで, 両樹種についてさし木増殖の可能性について試験したところ, いくつかの知見を得たので報告する。報告に当たってケヤキの試験材料を提供いただいた元島根県林業技術センター所長加茂久雄氏, 本稿の校閲を賜った元島根県林業技術センター所長周藤靖雄博士に感謝する。

#### II 試験材料と試験方法

##### 1. ブナ

1997年3月18日島根県林業技術センター見本園に植栽されている推定樹齢約25年生木1個体から荒穂を採取した。この個体はこれまでに唯一組織培養によって植物体が再生した成木である (2)。さし穂の長さは約10cm長として冬芽を3~4個付け, 切り口は斜め切りとした。前年伸長枝に頂芽を付けた天ざし, 側芽のみの管ざしが混在したが, 試験に当たってはとくに区別しなかった。発根促進処理はつぎの5処理で, 各30本ずつ供試した。

- ①水道水24時間浸漬後NAA0.4%粉剤粉衣。
- ②IBA0.02%液24時間浸漬。
- ③硝酸銀0.1%液24時間浸漬後NAA0.4%粉剤粉衣。
- ④硝酸銀0.1%液8時間浸漬後IBA0.02%液16時間浸漬。
- ⑤水道水24時間浸漬 (対照)。

浸漬処理はさし穂基部約1cmを葉液または水に浸漬した。そして, 3月19日ガラス温室内でまき土をさし床とし, 案内棒を使用してさし穂の約3分の1が土中に隠れるようさし付けた。灌水はミスト装置によって8時~17時に30分間隔で1分間ずつ行った。褐変枯死して腐敗し始めたさし穂は抜き取って除去した。1998年3月11日掘

り取って発根の有無と発生した一次根の本数を調査した。

## 2. ケヤキ

1997年3月20日島根県林業技術センター緑化樹木園に植栽されている9年生木と20年生木各3本から荒穂を採取した。そして前年に伸長した枝を約10cm長に切り、さらにさし付け部分の切り口を斜めに切ってさし穂とした。さし穂は側芽を2～3個付けて頂芽を切除した管さしをした。発根促進処理はインドール酪酸（IBA）とナフタレン酢酸（NAA）を使用し、つぎの3処理を行った。処理はさし穂基部約1cmを薬液または水道水に浸漬した。

① IBA 0.01%液に20時間浸漬。

②水道水に20時間浸漬した後、NAA 0.4%粉剤を粉衣。

③水道水に20時間浸漬（対照）。

さし付け本数は9年生木がそれぞれ80, 30, 54本, 20年生木が各処理30本で、特定の母樹のさし穂が特定の処理に片寄らないようあらかじめ無作為にさし穂を混合した。3月21日ブナの場合と同様にガラス温室内のまき土にさし付け、管理をした。そして、1998年3月11日掘り取って、発根の有無、発生した一次根の本数および苗長を調査した。

## III 試験結果

### 1. ブナ

さし付け1か月後から冬芽が展開し始めたが、展開しないさし穂は枯死し、その後葉を展開したさし穂も徐々に褐変枯死するものが多くなった。発根は硝酸銀で前処理したもののみにみられたが、IBA処理で4本、NAA処理で2本発根したにすぎなかった。また、さし穂から直接発生した一次根の本数も1本か2本に過ぎず、二次根（側根）の量も少なかった（表-1）。

### 2. ケヤキ

9年生木からさし穂を得たものはいずれの処理でも発根し、NAA処理で50%、対照でも25%が発根した。しかし、一次根はIBA処理でもっとも多く発生して平均10本で、しかも二次根も発達した。NAA処理と対照は一次根本数は5本以下で、いずれの根も軟らかくて折れやすく、側根はほとんど発生しなかった。6月下旬から

伸長成長を始め、苗長の平均は20～25cmで、発根促進処理とくにIBA処理したものの成長が良好であった（図-1）。発根しなかったものは7月頃から急激に褐変して腐敗し始めた。

20年生木からさし穂を得たものでは、発根したさし穂はIBA処理が2本、対照が3本で発根率は10%以下と低かったが、無処理でも発根したことが注目された。一次根の本数はIBA処理で多く、側根も多く発生したが、対照は発根しても根系が貧弱であった。6月下旬頃からさし穂上部の腋芽が2～3個展開して、茎が葉を展開しながら急速に伸長して約1mの苗長に達するものもあった（図-2）。発根しなかったものは5月中旬から褐変し始め、7月にはほとんどが腐敗した。

## IV 考察

橋詰（3）と嘸ら（6）はブナ成木からのさし木発根を報告した。本試験の結果でもブナ成木からのさし木でも発根することを認めたが、その発根率は低く、根数も少なかった。一方、ケヤキのさし木は9年生木からさし穂を得たものでは比較的良好に発根したが、20年生木では発根がみられたもののきわめて低率であった。石井（4）も高齢木のさし木は発根率が低いことを報告している。

植物成長調節物質のうちIBAやNAAなどのオーキシンはさし木の発根促進効果があり、硝酸銀や過マンガン酸カリは発根阻害物質の徐去効果がある（7）。本試験で、両樹種ともIBAとNAA処理は発根率を高める効果が明らかでなかったものの、ケヤキではIBA処理によって根の本数と伸長量が増加し、ブナでは硝酸銀処理によって少数ながらも発根を認め、これらの効果があったものとする。また、近年発根促進方法としてブナのさし穂採取前の枝の針金巻き絞め処理と環状剥皮などの効果（9）、ケヤキさし穂の前処理にキトサン浸漬の効果（8）なども報告されており、これらは要検討課題である。

多くの樹種では樹齢だけでなく母樹やクローンによってさし木の発根能力に差があることが知られている（7）。本試験でブナは1個体のみを供試し、ケヤキは計6個体からさし穂を採取したものの混合して供試したので、発根能力の個体差を比較することはできなかった。この点についても今後の検討課題である。

表-1 ブナさし木の発根率と一次根本数

処 理	発根率 (%)	一次根本数
I B A	0	-
N A A	0	-
硝酸銀+I B A	13.3	1.5
硝酸銀+N A A	6.7	2.0
対 照	0	-

本試験において、ブナとケヤキのさし木増殖の効率はきわめて低く、実用化には上記した検討事項を考慮する必要がある。筆者(2)の実験によると、ブナの組織培養では冬芽1個から1年間で70本以上の植物体生産が可能であった。したがって、優良木のクローン増殖には接ぎ木や組織培養による方法の検討も必要と考える。

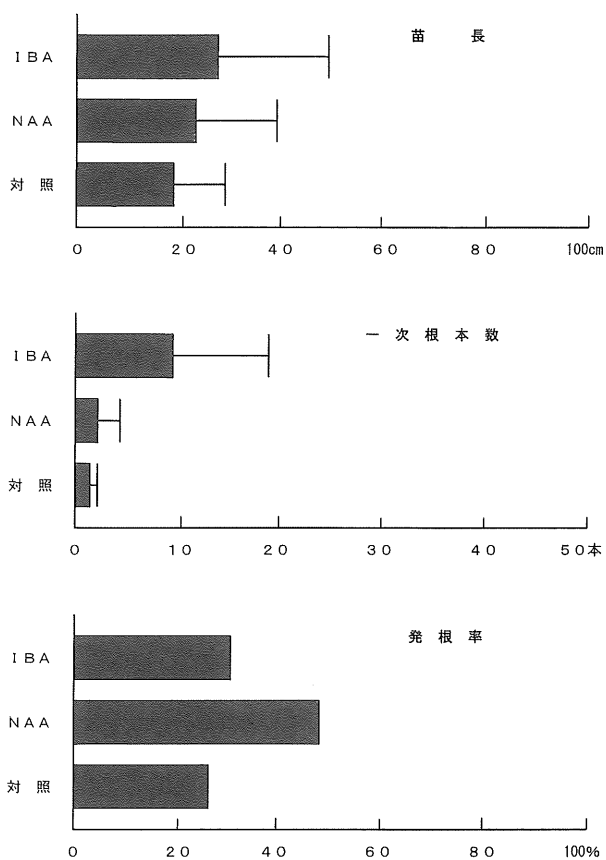


図-1 ケヤキ9年生木さし木の発根率, 一次根本数および苗長

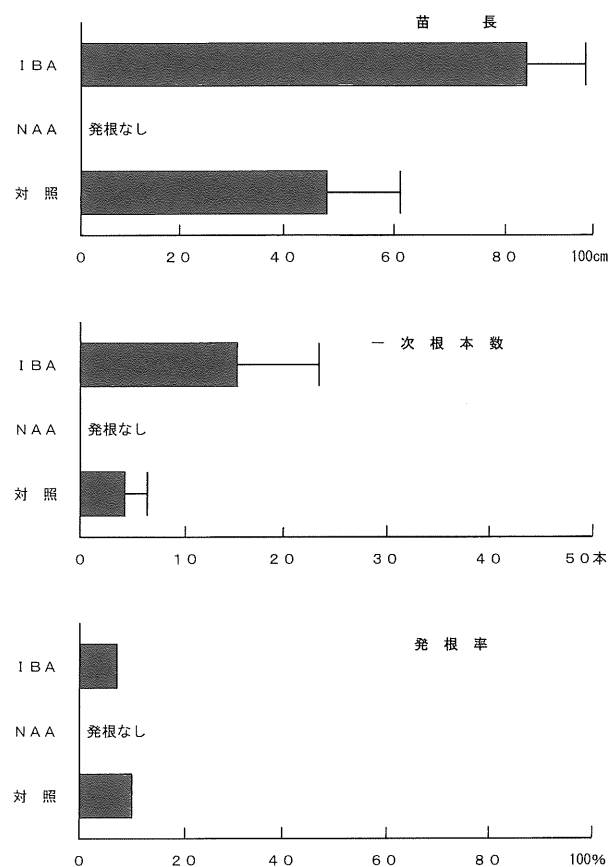


図-2 ケヤキ20年生木さし木の発根率, 一次根本数および苗長

## 引用文献

- (1) 有岡利幸：ケヤキのさし木の試み. 林業技術634 : 28~30, 1995
- (2) 福島 勉：ブナの組織培養—成木冬芽の培養による植物体再生—. 島根林技研報44 : 1~6, 1993
- (3) 橋詰隼人：有用広葉樹のさし木による増殖. 林業技術448 : 15~18, 1979
- (4) 石井幸夫：ケヤキの無性繁殖とそれによって得られた苗木の開花結実特性. 日林誌63 : 372~376, 1981
- (5) 勝田 柁・森 徳典・横山敏孝：日本の樹木種子（広葉樹編）, 410pp, 林木育種協会, 東京, 1998
- (6) 啜 芳孝・植木忠二・綱田良夫：ブナのさし木試験. 「林木の育種」特別号 : 14~16, 1978
- (7) 森下義郎・大山浪雄：さし木の理論と実際, 367pp, 地球出版, 東京, 1972
- (8) 佐々木義則・井上唯師：ケヤキの播種及びさし木における水溶性キトサン処理の影響. 日林九支研論文集54 : 71~72, 2001
- (9) 竹内 久・小川農人・本江一郎・片岡寛純：鉄筋結束器を用いたブナ挿し木前処理. 日林論106 : 273~274, 1995
- (10) 土屋 寧：密閉床によるブナ養苗試験について. 89回日林論 : 177~178, 1978

Cutting Propagation in Broad-Leaved Trees (II)  
— Experiments of cuttings in *Fagus crenata* and  
*Zelkova serrata* —

Tsutomu FUKUSHIMA

Summary

Cutting propagation was experimented in 25-year-old *Fagus crenata*, 9-year-old and 20-year-old *Zelkova serrata*. Collected cuttings were planted in greenhouse after promotivetreatment for rooting in March. The rate of rooted cuttings was very low in both species, although cuttings were rooted by AgNO<sub>3</sub> and auxin treatments in *F. crenata*, and the number of primary roots were increased and the the elongation growth was promoted by IBA treatment in *Z. serrata*.

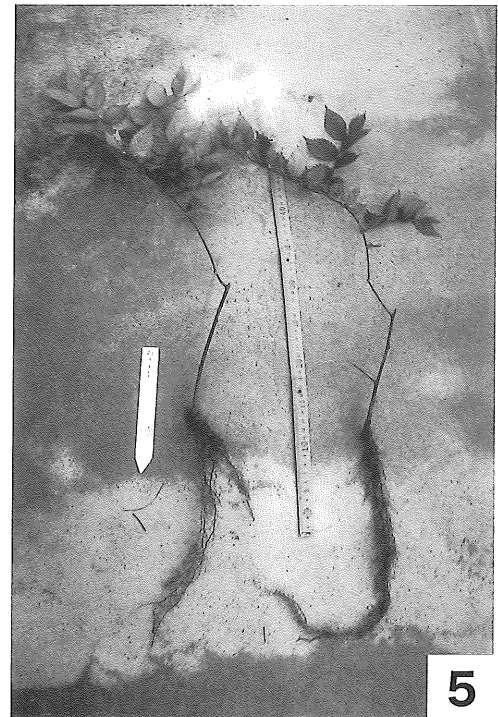
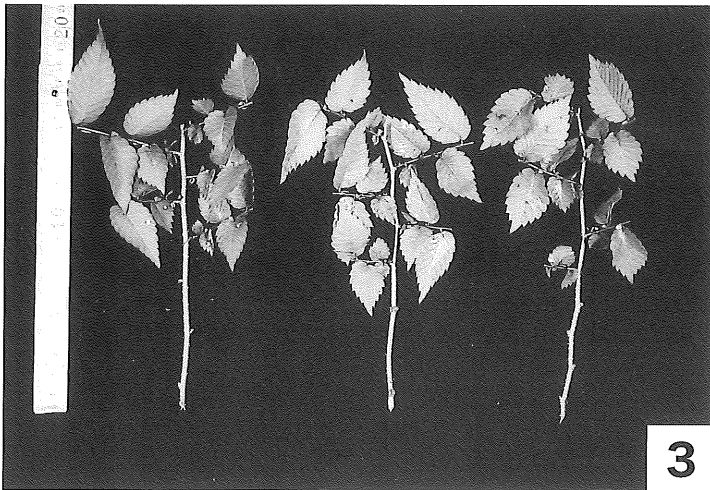
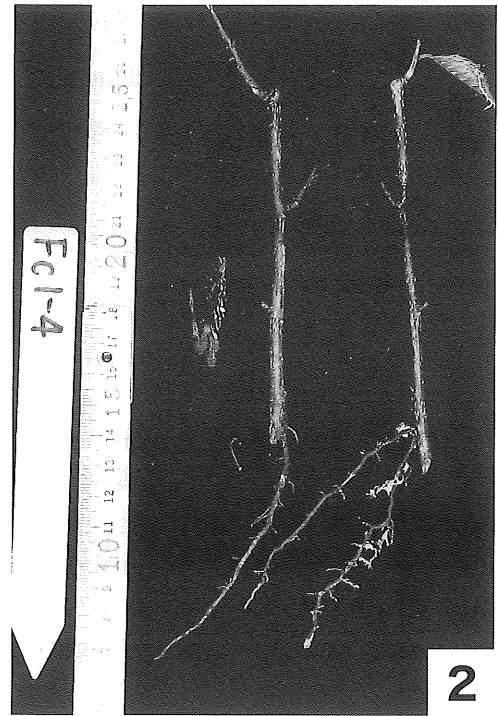
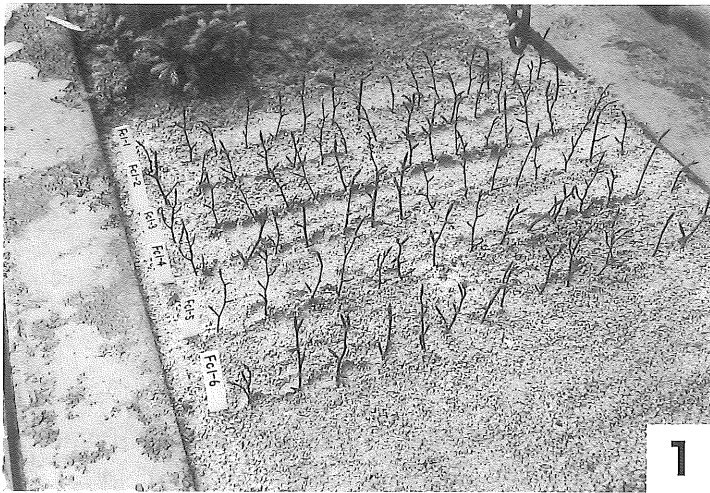


写真-1 : ブナのさし木  
- 2 : ブナの発根  
- 3 : ケヤキのさし穂

- 4 : ケヤキのさし木  
- 5 : ケヤキの発根



## 論文 広葉樹の組織培養における外植体の試験管内への無菌的取り込み方法の検討

福 島 勉

Primary Culture in Broad-Leaved Trees  
— Suitability of Four Kinds of the Explants to *in vitro* and Establishment of those Explants in Culture Strain —

Tsutomu FUKUSHIMA

### 要 旨

90樹種について、(1)新しく伸長したシュートの腋芽(新梢腋芽)、(2)切り枝を水さしして発生したシュートの腋芽と頂芽(水さし枝)、(3)冬芽および(4)新梢の樹皮を剥いだもの(剥皮枝条)の4種類の外植体を試験管内の培地に植え付けた。新梢腋芽は45樹種で、水さし枝は36樹種で、冬芽は13樹種で、また剥皮枝条は9樹種で初代培養がそれぞれ可能であった。そして、これまでにを行った試験の結果と合わせて71樹種の初代培養を確立した。新梢腋芽と水さし枝は培養での成長が良好で、冬芽と剥皮枝条は外植体の貯蔵が可能であった。しかし、新梢腋芽と冬芽は雑菌汚染が多く、水さし枝は外植体の得られないものがあり、また剥皮枝条は不定芽の発生が少なかった。

### I はじめに

広葉樹の増殖は実生とさし木が一般的である。しかし、実生では①種子の豊凶差が大きかったり長期貯蔵が困難なため、種子の安定した確保の困難なものがある、②発芽率の低いものがある、③播種の時期に限られる、さらに④目的とする形質が後代に伝わらないなどの短所がある。一方、さし木は遺伝的形質がそのまま伝えられるものの、①発根の困難な樹種がある、②さし木の時期が限定される、③多数のさし穂を確保する必要がある等の問題がある。これに対し、組織培養では培養を継続しながら必要に応じて植物体を再生し、苗木を急速大量増殖することが可能である。

組織培養による増殖ではいくつかの段階を経る必要があるが、佐藤(17, 18)は樹木の組織培養を①初代培養(材料の無菌的確保)、②継代培養(シュートの増殖)、③発根培養(幼植物体再生)および④順化(試験管外での成長)の四つの段階に分け、59樹種(品種)について組織培養による増殖の可能性についての試験をした。また、Murashigeが植物の組織培養を①無菌培養の確立、

②大量繁殖および③土壌への移植の準備の三つの段階に分けて多数の植物で組織培養技術を開発したことを内宮(19)は紹介した。

しかし、これらの第一番目の段階において、組織培養の出発材料である外植体は野外に生育している樹木に直接求めなければならないため、外植体の種類や採取時期などによって培地に対する反応が異なり、また雑菌除去がきわめて困難な場合がある。これまで初代培養の試験は培地組成に関するものがほとんどで、外植体の選択や無菌化方法についての報告は少ない(15)。そこで、広葉樹の組織培養技術を開発するための最初の段階として、有菌状態にある樹木から無菌下での培養を定着させる試験を行った。すなわち、①春から初夏に新しく伸長した枝の腋芽(以下新梢腋芽と呼ぶ)、②切り枝を水さしして新たに伸長したシュートの腋芽と頂芽(以下水さし枝と呼ぶ)、③冬芽および④新梢の樹皮を剥いだもの(以下剥皮枝条と呼ぶ)の4種類を外植体として試験管内の培地に植え付けて初代培養し、外植体の種類の適否について試験した。

表-1 供試樹種

科	種	新梢腋芽	水さし枝	冬芽	剥皮枝条
くるみ Juglandaceae	ノグルミ <i>Platycarya strobilacea</i>		○	○	
かばのき Betulaceae	オオバヤシャブシ <i>Alnus sieboldiana</i>				○
	ミズメ <i>Betula grossa</i>		○		○
	シラカンバ <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>			○	
ぶな Fagaceae	クリ <i>Castanea crenate</i>	○			
	クヌギ <i>Quercus acutissima</i>	○			○
	ナラガシワ <i>Quercus aliena</i>	○			
	ミズナラ <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	○	○	○	
	コナラ <i>Quercus serrata</i>	○	○		
	ブナ <i>Fagus crenata</i>	○	○		○
	イヌブナ <i>Fagus japonica</i>		○	○	
にれ Ulmaceae	ムクノキ <i>Aphananthe aspera</i>		○		
	エノキ <i>Geltis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	○	○		○
	アキニレ <i>Ulmus parvifolia</i>		○		○
くわ Moraceae	イヌビワ <i>Ficus erecta</i>	○	○		
かつら Cercidiphyllaceae	カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i>	○	○		○
あけび Lardibalanceae	アケビ <i>Akebia quinata</i>	○			
めぎ Bereridaceae	メギ <i>Berberis thunbergii</i>	○			
	ナンテン <i>Nandina domesyca</i>		○		
ろうばい Calycanthaceae	ロウバイ <i>Chimonantus praecox</i>	○	○		
もくれん Magnoliaceae	サネカズラ <i>Kadsura japonica</i>		○		
	コブシ <i>Magnolia kobus</i>		○	○	
	ホオノキ <i>Magnolia obovate</i>			○	○
くすのき Lauraceae	クロモジ <i>Lidera nmbellata</i>		○		
	ハマビワ <i>Litsea japonica</i>	○			
ゆきのした Saxifragaceae	ツルアジサイ <i>Hydrangea petiolaris</i>	○	○	○	
ばら Rosaceae	ザイフリボク <i>Amelanchiwe asiatica</i>	○	○		
	カリン <i>Chaenomeles sinensis</i>	○			
	ヤエヤマブキ <i>Kerria japonica</i> cv. <i>piena</i>	○			
	カマツカ <i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	○			
	ウワミズザクラ <i>Prunus grayana</i>	○	○		
	ヤマザクラ <i>Prunus jamasakura</i>		○	○	○
	サトザクラ <i>Prunus lannesiema</i>	○	○		
	ササバザクラ <i>Prunus leveilleeana</i> cv. <i>Sasabe-Zakura</i>	○			
	ソメイヨシノ <i>prunusx yedoensis</i> cv. <i>yedoensis</i>	○			
	ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>				○
	ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i>	○	○		○
まめ Leguminosae	フジ <i>Wisteria floribunda</i>		○	○	
	ネムノキ <i>Albizia julibrission</i>	○	○		○
とうだいぐさ Euphorbiaceae	アカメガシワ <i>mallotus japonicus</i>	○	○	○	○
	ナンキンハゼ <i>Sapium sebiferm</i>				○
にがき Simaroubaceae	ニワウルシ <i>Ailanthus altissima</i>		○		
せんだん Mielaceae	センダン <i>Meria azedarach</i> var. <i>subtipinnata</i>	○	○		○
うるし Anacardiaceae	ヌルデ <i>Rhus javanica</i>		○		
もちのき Aquifoliaceae	タラヨウ <i>Ilex latifolia</i>		○		
にしきぎ Celastraceae	ニシキギ <i>Euonymus alatas</i>	○			
	コマユミ <i>Euonymus alatas</i> f. <i>ciliatodentatus</i>		○		
	マサキ <i>Euonymus japonicus</i>	○			
	マユミ <i>Euonymus sieboldianus</i>		○		
かえで Aceraceae	ウリカエデ <i>Acer crataegifolium</i>	○	○		
	カラコギカエデ <i>Acer ginnala</i>		○		
	イタヤカエデ <i>Acer mono</i>		○		○
	イロハモミジ <i>Acer palmatum</i>	○	○		
	ウリハダカエデ <i>Acer ruffinerve</i>	○	○	○	
とちのき Hippocastanaceae	トチノキ <i>Aesculus turbinata</i>			○	

表-1 供試樹種(続き)

科	種	新梢腋芽	水さし枝	冬芽	剥皮枝条
またたび Actinidiaceae	マタタビ <i>Actinidia polygama</i>		○		
つばき Theaceae	ナツツバキ <i>Stewartia pseudo-camellia</i>	○		○	
いいぎり Flacourtiaceae	イイギリ <i>Idesia polycarpa</i>	○	○		
ぐみ Elaeagnaceae	ナツグミ <i>Elaeagnus multiflora</i> form. <i>orbiculata</i>		○		
	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i>	○	○		○
みそはぎ Lythraceae	サルスベリ <i>Lagerstomia indica</i>		○		
うこぎ Araliaceae	コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	○	○		
	タカノツメ <i>Evodiopanax innovans</i>	○	○		
みずき Cornaceae	アオキ <i>Aucuba japonica</i>	○			
	クマノミズキ <i>Cornus brachypoda</i>	○	○		○
	ミズキ <i>Cornus controversa</i>	○	○		
	ヤマボウシ <i>Cornus kousa</i>	○	○		○
	サンシュユ <i>Cornus officinalis</i>	○	○		○
つつじ Ericaceae	ネジキ <i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	○	○	○	○
	サイコクミツバツツジ <i>Rhododendron nudipess</i>		○		
	ナツハゼ <i>Vaccinium oldhamii</i>	○	○		
りょうぶ Ciethraceae	リョウブ <i>Clethra barbinervis</i>		○		
はいのき Symplocaceae	サワフタギ <i>Symplocos chnensis</i> var. <i>leucocara</i> . <i>pilpsa</i>		○		
えごのき Styracaceae	ハクウンボウ <i>Styrax obassia</i>	○	○		
	エゴノキ <i>Styrax japonica</i>		○		
もくせい Oleaceae	ヒトツバタゴ <i>Chionanthus retusus</i>	○	○		○
	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i>	○			
	キンモクセイ <i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	○			
くまつづら Verbenaceae	ムラサキシキブ <i>Callicarpa japonica</i>	○			○
	ヤブムラサキ <i>Callicarpa molis</i>		○		
	クサギ <i>Clerodendron trichotmum</i>		○		○
すいかざら Caprifoliaceae	スイカズラ <i>Lonicera japonica</i>	○	○		
	ガマズミ <i>Viburnum dilayatum</i>	○	○	○	○
	オオカメノキ <i>Viburnum furcatum</i>		○		
	コバノガマズミ <i>Viburnum erosum</i>	○	○		○
	カンボク <i>Viburnum oplus</i> var. <i>calvescens</i>	○	○	○	○
	ヤブデマリ <i>Viburnum plicatum</i> var. <i>tomentisum</i>		○		○
	ゴマギ <i>Viburnum sieboldii</i>		○	○	
	ミヤマガマズミ <i>Viburnum wrightii</i>		○	○	○
	タニウツギ <i>Weigera hortensis</i>	○			

また、組織培養による増殖を実生やさし木などの従来からの増殖方法に加えて増殖技術の一方法として一般化するためには、できるだけ多くの樹種について技術開発する必要がある。その基礎資料を得るため、90樹種を対象として組織培養の可能性について試験したので、これらの試験結果をも合わせて報告する。報告に当たって、文献の御教示をいただいた元森林総合研究所組織培養研究室長佐藤 亨博士、供試材料の提供をいただいた元島根県林業技術センター所長加茂久雄氏、本報の校閲を賜った元島根県林業技

術センター所長周藤靖雄博士に感謝する。

## II 試験材料と試験方法

### 1. 供試材料

試験は1997年8月から2001年8月に実施した。表-1に示す36科、90樹種を供試したが、建築用だけでなく緑化用、観賞用、工芸用、薬用などに供される樹種も対象として試験した。供試材料は八束郡宍道町の島根県林業技術センター構内のほか島根県内の山野、公園や民家等

表-2 基本培地の組成

組 成 物	改変MS	WPM
KNO <sub>3</sub>	950mg/ℓ	-
KH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	825	400
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	990
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	-	556
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	440	96
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	370	370
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170	170
Na <sub>2</sub> -EDTA <sup>a)</sup>	37.3	37.3
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	27.8	27.8
MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	22.3	22.3
ZnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	8.6	-
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	-	8.6
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.2	6.2
KI	0.83	-
NaMoO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.25	0.25
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.025	0.25
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.025	-
グリシン	2.0	2.0
塩酸チアミン	0.1	1.0
ニコチン酸	0.5	0.5
塩酸ピリドキシン	0.5	0.5
ミオ・イノシトール	100	100
ショ糖	30,000	20,000
寒天	8,000	8,000
pH	5.8	5.4

a) エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム

に植栽または自生した樹木からも採取した。供試木の樹齢は苗木から幼齢木、成木と広範囲であり、また複数の個体から試料を採取した樹種もあったが、これらは混合して供試し、本試験では樹齢と個体差についての考慮はとくにしなかった。

## 2. 新梢腋芽

51樹種について、4～5月に10～20cm長の新梢を採取してポリエチレン袋に入れて実験室内に持ち帰り、ただちに供試または袋に入れたまま冷蔵庫で貯蔵した。貯蔵したものは1週間以内に供試した。試料採取に当たっては、2日以上降雨が認められなかった時に行った。新梢は腋芽を中心に0.5～1.0cm長に茎軸を切断して、これに葉柄の一部を付け、互生のものはいわゆるY字型の、また対生のものはW字型の小片を作成した。外植体の表面殺菌には、まず70%エタノールに小片を1分間浸漬してガラス棒でかんはんし、ついでTween#20を微量滴下した有効塩素1%の次亜塩素酸ナトリウム液中でかくはん器を使用して15分間行った。続いて滅菌水で3回洗浄した後、滅菌ろ紙上に広げて風乾した。乾燥後、表面殺菌で傷んだ茎軸と葉柄の切り口を切除して、試験管内の培地に植え付けた。これら外植体の表面殺菌と試験管

内の培地への植え付け作業はクリーンベンチ内で行った。

培養に使用した基本培地は広葉樹の組織培養に一般的に使用される表-2に示す硝酸塩濃度を1/2に希釈した改変MS培地(13)とWPM培地(12)の2種類の培地で、これにベンジルアミノプリン(BAP)1.0mg/ℓを添加した。なお、予備試験で適する培地がすでに明らかになった樹種はどちらか一方の培地を使用した。培養は25℃、1日16時間5,000lux白色蛍光灯照明の培養室または人工気象器内で4～8週間行った。

## 3. 水さし枝

成長休止期の10～3月に67樹種から長さ20～40cm、直径0.5～3cmの1～3年生枝を採取し、基部を切り返して腰高シャーレに水さしした。これを23～25℃、500lux白色蛍光灯連続照明のインキュベーター内に置き、冬芽の展開とシュート伸長および不定シュートの発生・伸長を促した。そして、5cm以上伸長したシュートを適宜採取し、腋芽と頂芽を外植体として供試した。シュート伸長が不良で外植体が少数しか得られなかった樹種、またはまったく得られなかった樹種は水さし2か月後、5cm長未満のシュートをもすべて採取して供試した。腋芽は茎軸と葉柄の一部を付けた0.5～1.0cm長のY字型またはW字型小片に、また頂芽は0.5cm長の茎軸を付けたI字型小片に調整した。なお、腋芽と頂芽は区別せず混合して供試した。その後の表面殺菌、植え付け、培地および培養条件は新梢腋芽の場合と同様に行った。

## 4. 冬芽

成長休止期の10～2月に18樹種から冬芽を付けた小枝を採取し、ポリエチレン袋に入れたまま冷蔵庫で貯蔵して、1か月以内に供試した。冬芽に約5mm長の枝を付けた小片に分割し、表面殺菌は70%エタノールに小片を2分間浸漬してガラス棒でかんはんし、ついでTween#20を微量滴下した有効塩素1%の次亜塩素酸ナトリウム液中でかくはん器を使用して20分間行った。続いて滅菌水で3回洗浄した後、滅菌ろ紙上に広げて風乾した。乾燥後、実体顕微鏡下で芽鱗を除去し、さらに外側を覆っている葉数枚をも除去した。ついで、枝の樹皮を剥いで木部を1～2mm冬芽に付けたものを外植体とし、BAP1.0mg/ℓとジベレリン酸(GA<sub>3</sub>)1.0mg/ℓを添加した改変MS培地とWPM培地に植え付けた。これらの作

業はクリーンベンチ内で行った。なお、頂芽と仮頂芽の区別はせず、混合して供試した。培養環境条件は新梢腋芽の場合と同様に設定し、6～8週間培養した。

#### 5. 剥皮枝条

6～7月、30樹種から長さ10～15cm、直径3mm以上の新梢を採取してポリエチレン袋に入れて実験室に持ち帰り、そのまま冷蔵庫で貯蔵し、1か月以内に供試した。葉と葉柄をともに取り除き、枝全体を70%エタノールに5分間浸漬して表面殺菌し、滅菌ろ紙上で風乾した。そして、樹皮を形成層に達するまで剥いていわゆる剥皮枝条とし、これを約1cm長に分割したものを培地に垂直に植え付けた。この時上下が逆にならないよう注意した。使用した培地はBAP2.0mg/lを添加した改変MS培地とWPM培地である。以上の作業はクリーンベンチ内で行った。なお、外植体は節を含む部分と含まない部分とがあったが、両者の区別をせず、混合して供試した。培養環境条件は新梢腋芽の場合と同様に設定し、8週間培養した。

### III 試 験 結 果

#### 1. 新梢腋芽

新梢腋芽からの初代培養の結果を表-3に示した。供試した51樹種のうちエノキ、アカメガシワおよびガマズミの3樹種はほとんどの外植体が雑菌汚染され、またイヌビワ、カリン、ヤエヤマブキ、ウワミズザクラ、イイギリ、コバマガズミおよびカンボクの7樹種は約半数の外植体が雑菌汚染されたが、その他の樹種の雑菌汚染は少なかった。

雑菌汚染を免れた外植体は多くの樹種で植え付け1～2週間後から腋芽がふくらみ、3週間後頃から葉が展開し始めた。そして、45樹種は継代培養に移植可能な培養株が得られた。さらに、34樹種は3～4週間後展開した腋芽からシュートが伸長し、長さ3～4cmに達するものもあった。このうちロウバイ、クマノミズキ、ミズキ、サンシュユ、ハクウンボク、ムラサキシキブおよびカンボクの7樹種は1個の腋芽から複数のシュートが伸長してマルチプルシュートを形成した。継代培養可能な培養株が得られた外植体の割合は5～100%と樹種間に大きな差があったが、35樹種は半数以上の外植体が継代培養可能であった。しかし、ウワミズザクラとソメイヨシノ

は培養中にすべて褐変枯死し、またエノキ、イロハモミジ、イイギリおよびキンモクセイは外植体が生存したものの、8週間後でも腋芽に変化はみられなかった。

継代培養可能な培養株が得られた45樹種について培養に適する基本培地を比較すると、カツラなど26樹種は改変MS培地が適し、さらにイヌビワなど8樹種は改変MS培地とWPMの両方とも適し、合わせて37樹種で改変MS培地が培養に適する培地であった。一方、WPM培地のみが適したのはクリなどブナ科の6樹種とアキグミであった。多くの樹種は改変MS培地では葉が大型で、葉色も緑色が濃く、シュートの成長も良好であったが、WPM培地では葉が細長く、葉縁が黄色から褐色に変色するものがみられた。なお、アカメガシワ、ニシキギ、コシアブラおよびガマズミは培養に適する培地が明らかでなかった。

#### 2. 水さし枝

水さしした切り枝の多くは1～2週間後から冬芽のふくらみや不定芽が発生、続いてシュートが伸長し始め、約1か月後には10cmに達するものもあった。ミズナラ、ネムノキ、クマノミズキなどはシュートの発生と伸長が良好で、多くの外植体を得ることができた。しかし、表-4に示すようにミズメなど18樹種は芽が展開せず、またブナなど8樹種は芽が展開したもののシュートが伸長せず、いずれも外植体を得ることができなかった。したがって、切り枝を水さしした67樹種中41樹種について組織培養をした。なお、水さし中に切り枝からカンボクとサワフタギは開花し、イヌビワとサネカズラは発根した。

初代培養の結果を表-5に示した。ニワウルシ、ガマズミ、オオカメノキおよびゴマギの4樹種は50%以上の外植体が雑菌汚染されたが、全体的に汚染率は低く、22樹種はまったく汚染されなかった。雑菌汚染を免れた外植体の多くは新梢腋芽の場合と同様に芽のふくらみに続いて葉が展開し、さらにシュートが伸長するものもあった。初代培養の結果、36樹種で継代培養可能な培養株が得られた。このうち24樹種は展開した芽からシュートが伸長し、カツラ、ロウバイ、クマノミズキ、ミズキ、サワフタギ、ハクウンボク、カンボクおよびヤブデマリの8樹種はマルチプルシュートを形成した。継代培養可能な培養株の得られた外植体の割合は10～100%と樹種間差が大きかったが、28樹種では50%以上の外植体が継代

表-3 新梢腋芽の初代培養結果

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
クリ	WPM	18	0(0)	7(39)	5s <sup>b)</sup> (28)
クヌギ	WPM	32	1(3)	9(29)	9s(29)
ナラガシワ	改変MS	10	0(0)	0(0)	0(0)
	WPM	10	0(0)	10(100)	5(50)
ミズナラ	WPM	30	1(3)	24(83)	20s(69)
コナラ	WPM	22	2(9)	20(100)	18s(90)
ブナ	WPM	56	0(0)	49(88)	36s(64)
エノキ	改変MS	10	9(90)	1(11)	0(0)
	WPM	10	10(100)	—	—
イヌビロ	改変MS	12	6(50)	3(50)	3s(50)
	WPM	12	7(58)	4(80)	4s(80)
カツラ	改変MS	30	1(3)	29(100)	23s(79)
	WPM	30	0(0)	29(97)	20s(69)
アケビ	改変MS	11	0(0)	10(91)	5s(45)
	WPM	12	0(0)	10(83)	5s(42)
メギ	改変MS	24	0(0)	24(100)	24s(100)
	WPM	22	0(0)	22(100)	22s(100)
ロウバイ	改変MS	10	1(10)	9(100)	9ms(100)
	WPM	10	1(10)	9(100)	9s(100)
ハマビロ	改変MS	8	0(0)	4(50)	2(25)
	WPM	8	0(0)	5(63)	3(38)
ザイフリボク	改変MS	10	0(0)	10(100)	7s(70)
	WPM	10	0(0)	10(100)	6s(60)
カリン	改変MS	10	4(40)	5(83)	4(67)
	WPM	10	5(50)	0(0)	0(0)
ヤエヤマブキ	改変MS	10	6(60)	4(100)	3s(75)
	WPM	10	4(40)	6(100)	5s(83)
カマツカ	改変MS	20	2(10)	18(100)	13s(72)
	WPM	20	1(5)	17(89)	14s(74)
ウワミズザクラ	改変MS	22	9(41)	0(0)	0(0)
	WPM	22	8(36)	0(0)	0(0)
サトザクラ	改変MS	10	1(10)	9(100)	6(67)
	WPM	11	2(18)	9(100)	7(78)
ササベザクラ	改変MS	12	0(0)	11(92)	11s(92)
ソメイヨシノ	改変MS	20	0(0)	0(0)	0(0)
ウラジロノキ	改変MS	34	4(12)	28(93)	6s(20)
	WPM	34	0(0)	26(87)	4(11)
ネムノキ	改変MS	10	1(10)	9(100)	2s(22)
	WPM	10	4(40)	5(83)	0(0)
アカメガシワ	改変MS	10	10(100)	—	—
	WPM	10	9(90)	1(100)	1(100)
センダン	改変MS	6	0(0)	6(100)	6s(100)
	WPM	6	0(0)	6(100)	6(100)
ニシキギ	改変MS	10	2(20)	6(75)	6s(75)
	WPM	10	7(70)	2(67)	2s(67)
マサキ	改変MS	9	0(0)	9(100)	8(89)
ウリカエデ	改変MS	10	0(0)	8(80)	4s(40)
	WPM	10	0(0)	10(100)	5s(50)
イロハモミジ	改変MS	28	2(7)	8(31)	0(0)
	WPM	10	1(10)	9(100)	0(0)
ウリハダカエデ	改変MS	17	0(0)	17(100)	14s(82)
	WPM	17	1(6)	16(100)	10s(63)
ナツツバキ	改変MS	26	1(4)	22(88)	22s(88)
	WPM	26	1(4)	23(92)	23s(92)
イイギリ	改変MS	10	4(40)	4(67)	0(0)
	WPM	10	6(60)	2(50)	0(0)
アキグミ	改変MS	9	1(11)	3(38)	1(13)
	WPM	9	3(33)	6(100)	4s(67)
コシアブラ	改変MS	6	1(17)	5(100)	2s(40)
	WPM	6	4(67)	1(50)	0(0)
タカノツメ	改変MS	7	2(29)	5(100)	5(100)
	WPM	7	0(0)	7(100)	4(57)
クマノミズキ	改変MS	12	0(0)	8(75)	8ms(75)
	WPM	12	4(33)	4(50)	4s(50)

表-3 (続き)

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
ミズキ	改変MS	12	3(25)	7(78)	7ms(78)
	WPM	12	1(8)	7(64)	7ms(64)
ヤマボウシ	改変MS	41	1(2)	40(100)	40s(100)
	WPM	43	2(5)	41(100)	41s(100)
サンシュユ	改変MS	26	7(27)	19(100)	18ms(100)
	WPM	26	8(31)	18(100)	18ms(100)
ネジキ	改変MS	25	7(28)	18(100)	12s(67)
	WPM	25	6(24)	19(100)	12s(63)
ナツハゼ	改変MS	10	6(60)	4(100)	4(100)
	WPM	10	1(10)	9(100)	0(0)
ハクウンボク	改変MS	18	3(17)	14(93)	14ms(93)
	WPM	17	3(18)	13(93)	13s(93)
ヒトツバタゴ	改変MS	33	14(42)	2(11)	1(5)
	WPM	34	3(9)	6(19)	3(10)
イボタノキ	改変MS	10	1(10)	7(78)	3s(33)
	WPM	10	2(20)	5(63)	2(25)
キンモクセイ	改変MS	16	0(0)	16(100)	0(0)
	WPM	16	0(0)	16(100)	0(0)
ムラサキシキブ	改変MS	16	2(13)	14(100)	9ms(64)
	WPM	16	1(6)	15(100)	6s(40)
スイカズラ	改変MS	17	0(0)	17(100)	17s(100)
	WPM	17	0(0)	17(100)	17s(100)
ガマズミ	改変MS	20	18(90)	0(0)	0(0)
	WPM	20	19(95)	1(100)	1(100)
コバノガマズミ	改変MS	10	5(50)	5(100)	4(80)
	WPM	10	6(60)	4(100)	3(75)
カンボク	改変MS	20	15(75)	5(100)	4ms(80)
	WPM	20	14(70)	6(100)	6ms(100)
タニウツギ	改変MS	10	3(30)	7(100)	7s(100)
	WPM	10	4(40)	6(100)	6s(100)

- a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合。  
 b) 初代培養から継代培養へ移植可能な外植体の数。  
 c) s: シュート伸長のみられたもの。ms: マルチプルシュート形成したもの。

表-4 水さし枝からシュート採取のできなかった樹種

原因	樹種名
水さし枝から開芽せず	ミズメ, イヌブナ, ムクノキ, コブシ, クロモジ, ツルアジサイ, ザイフリボク, ウロミズザクラ, ヌルデ, タラヨウ, コマユミ, マユミ, カラコギカエデ, トチノキ, イイギリ, アキグミ, コシアブラ, タカノツメ
開芽したものの, シュートが伸長せず	ブナ, アキニレ, イヌビロ, イタヤカエデ, ナツツバキ, アオキ, ヤマボウシ, ヤブムラサキ

培養可能であった。一方、ノグルミ、ナンテンおよびヒトツバタゴは全部の外植体が褐変枯死し、ナツグミとサンコクミツバツツジは外植体が生存したものの、培養期間中に変化はみられなかった。

培養に使用した基本培地は36樹種中、エノキ、カツラなど15樹種で改変MS培地が適し、ウラジロノキなど4

樹種でWPM培地も適した。一方、WPM培地の方が良好だったのはミズナラなど4樹種のみであった。適する培地の傾向は新梢腋芽の場合とほぼ同様であったが、ハクウンボクのみは新梢腋芽で改変MS培地が適したのに対し、水さし枝ではWPM培地の方が良好であった。なお13樹種では適する培地が明らかでなかった。

表-5 水さし枝からの頂芽と腋芽の初代培養結果

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
ノグルミ	改変MS	10	0(0)	0(0)	0(0)
	WPM	10	0(0)	0(0)	0(0)
ミズナラ	WPM	38	0(0)	26(68)	12(32)
コナラ	WPM	20	0(0)	16(80)	10(50)
エノキ	改変MS	15	0(0)	15(100)	15s <sup>3)</sup> (100)
	WPM	15	0(0)	11(73)	11s(73)
カツラ	改変MS	14	0(0)	9(64)	9ms(64)
	WPM	14	0(0)	6(43)	6ms(43)
ナンテン	改変MS	12	0(0)	0(0)	0(0)
ロウバイ	改変MS	9	0(0)	9(100)	9ms(100)
	WPM	9	2(22)	7(100)	7ms(100)
サネカズラ	改変MS	7	0(0)	4(57)	2s(29)
ヤマザクラ	改変MS	20	0(0)	20(100)	18s(90)
サトザクラ	改変MS	20	1(5)	17(85)	17s(85)
ウラジロノキ	改変MS	12	0(0)	12(100)	6(50)
	WPM	9	3(33)	6(100)	6(100)
フジ	改変MS	9	0(0)	9(100)	6(67)
ネムノキ	改変MS	39	1(3)	32(84)	13s(34)
	WPM	39	1(3)	35(92)	4s(11)
アカメガシワ	改変MS	21	7(3)	8(57)	5s(36)
	WPM	20	7(4)	8(62)	6s(46)
ニワウルシ	改変MS	11	6(55)	5(100)	3s(60)
	WPM	11	5(45)	6(100)	5s(83)
センダン	改変MS	8	2(25)	6(100)	6(100)
ウリカエデ	WPM	8	0(0)	8(100)	8(100)
	改変MS	8	0(0)	8(100)	8(100)
イロハモミジ	改変MS	11	0(0)	1(9)	1(9)
	WPM	11	0(0)	1(9)	1(9)
ウリハダカエデ	改変MS	8	0(0)	8(100)	8(100)
	WPM	7	0(0)	7(100)	6(86)
マタタビ	改変MS	12	0(0)	11(92)	5(42)
	WPM	12	0(0)	10(83)	8s(67)
ナツグミ	改変MS	13	0(0)	8(62)	0(0)
	WPM	13	0(0)	10(77)	0(0)
サルスベリ	改変MS	7	0(0)	7(100)	5s(71)
	WPM	7	1(14)	6(100)	6(100)
クマノミズキ	改変MS	22	0(0)	17(77)	17ms(77)
	WPM	18	2(11)	13(81)	13s(81)
ミズキ	改変MS	16	1(6)	12(80)	11ms(73)
	WPM	17	1(6)	13(81)	13ms(81)
サンシュユ	改変MS	8	2(25)	6(100)	4s(67)
	WPM	10	2(20)	8(100)	0(0)
ネジキ	改変MS	18	0(0)	18(100)	11(61)
	WPM	18	0(0)	18(100)	12s(67)
サイコクミツバツツジ	改変MS	8	0(0)	4(50)	0(0)
	WPM	8	0(0)	4(50)	0(0)
ナツハゼ	改変MS	32	0(0)	23(72)	1(3)
	WPM	32	0(0)	19(59)	2(6)
サワフタギ	改変MS	13	0(0)	10(77)	5ms(38)
	WPM	12	0(0)	8(67)	3ms(25)
ハクウンボウ	改変MS	8	0(0)	8(100)	0(0)
	WPM	8	0(0)	8(100)	8ms(100)
エゴノキ	改変MS	36	7(19)	27(89)	25(86)
	WPM	10	1(10)	9(100)	9(100)
ヒトツバダコ	改変MS	15	0(0)	0(0)	0(0)
	WPM	15	0(0)	0(0)	0(0)



表-5 (続き)

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
クサギ	改変MS	10	4(40)	2(33)	2(33)
	WPM	8	0(0)	8(100)	8s(100)
スイカズラ	改変MS	8	0(0)	8(100)	8(100)
	WPM	8	0(0)	8(100)	8(100)
ガマズミ	改変MS	15	12(80)	1(33)	1(33)
	WPM	13	10(77)	1(33)	1(33)
オオカメノキ	改変MS	10	6(60)	6(100)	6(100)
	WPM	10	4(40)	4(100)	4s(100)
コバノガマズミ	改変MS	12	6(50)	6(100)	3s(50)
	WPM	12	3(25)	9(75)	6s(67)
カンボク	改変MS	21	0(0)	18(86)	16ms(76)
	WPM	21	0(0)	20(95)	19ms(90)
ヤブデマリ	改変MS	17	4(24)	12(92)	12ms(92)
	WPM	16	3(19)	13(100)	13ms(100)
ゴマギ	改変MS	10	5(50)	5(100)	5s(100)
	WPM	9	5(56)	4(100)	4s(100)
ミヤマガマズミ	改変MS	12	0(0)	10(83)	8s(67)
	WPM	12	1(8)	10(91)	10s(91)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合。

b) 初代培養から継代培養へ移植可能な外植体の数。

c) s: シュート伸長のみられたもの。ms: マルチプルシュート形成したもの。

### 3. 冬芽

冬芽からの初代培養の結果を表-6に示した。外植体の雑菌汚染は樹種による差が大きく、供試した18樹種のうちイヌブナとホオノキはまったく汚染されなかったが、フジとガマズミは全部の外植体が汚染された。その他の樹種はナツツバキとカンボクで約70%が汚染された以外は50%以下の汚染率であった。

雑菌汚染を免れた外植体の多くは植え付け2週間後頃から芽がふくらみ、徐々に展開し始めた。冬芽は新梢腋芽と水さし枝に比べて成長が緩慢であったが、シュートが2~3cm伸長するものもあった。そして、13樹種では継代培養可能な培養株が得られた。とくにシラカンバ、コブシ、ツルアジサイ、ナツツバキ、ネジキ、カンボクおよびミヤマガマズミの7樹種は雑菌汚染を免れた外植体の80%以上が継代培養可能であった。しかし、ミズナラとトチノキは全部の外植体が褐変枯死し、イヌブナはすべての外植体が生存したものの、芽が展開しなかった。

基本培地はシラカンバとヤマザクラで改変MS培地が、ノグルミなど7樹種で両培地が適し、新梢腋芽と水

さし枝の場合とほぼ同様の傾向を示したが、ネジキのみはWPM培地が適した。

### 4. 剥皮枝条

剥皮枝条からの初代培養の結果を表-7に示した。供試した30樹種のうちナナカマドとガマズミの外植体は約半数が雑菌に汚染されたが、全体的に汚染率は低く、9樹種はまったく汚染されなかった。雑菌汚染を免れた外植体の多くは植え付け2週間後頃からカルスが発生し、3~4週間後には外植体全体を覆った。そして、カツラなど9樹種は5週間後頃から外植体表面頃から不定芽が生じ始め、6~7週間後には芽が展開した。カツラ、ネムノキ、リョウブおよびカンボクは展開した芽からシュートが0.5~2cm伸長し、さらにカツラとリョウブはマルチプルシュートを形成した。しかし、供試した樹種の中で21樹種は不定芽が発生せず、このうちオオバヤシャブシ、クヌギ、ブナおよびウラジロノキは全部の外植体が枯死した。なお、カンボク、サネカズラおよびミヤマガマズミは外植体に花芽が混入し、培養中に開花がみられた。

剥皮枝条の培養に適する基本培地が明らかだったのは

表-6 冬芽の初代培養結果

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
ノグルミ	改変MS	8	4(50)	4(100)	2(50)
	WPM	9	5(56)	3(75)	1(33)
シラカンバ	改変MS	25	2(4)	23(100)	19(83)
	WPM	20	5(25)	0(0)	0(0)
ミズナラ	改変MS	14	0(0)	14(100)	0(0)
	WPM	14	0(0)	14(100)	0(0)
イヌブナ	改変MS	10	5(50)	5(100)	5(100)
	WPM	10	0(0)	10(100)	10(100)
ホオノキ	改変MS	30	0(0)	30(100)	26s <sup>c)</sup> (87)
	WPM	32	0(0)	32(100)	27s(84)
ツルアジサイ	改変MS	13	1(8)	12(100)	12s(100)
	WPM	13	1(8)	11(92)	11s(92)
ヤマザクラ	改変MS	22	5(23)	16(94)	10(59)
	WPM	9	9(100)	—	—
アカメガシワ	改変MS	9	9(100)	—	—
	WPM	9	9(100)	—	—
ウリハダカエデ	改変MS	12	2(17)	10(100)	2(17)
	WPM	12	0(0)	12(100)	4(33)
トチノキ	改変MS	18	3(17)	15(100)	3(20)
	WPM	18	3(17)	15(100)	4(27)
ナツツバキ	改変MS	9	0(0)	0(0)	0(0)
	WPM	20	15(75)	5(100)	5s(100)
ネジキ	改変MS	20	12(60)	7(88)	7s(100)
	WPM	16	0(0)	12(75)	9(56)
ガマズミ	改変MS	16	4(25)	12(100)	12(100)
	WPM	9	9(100)	—	—
カンボク	改変MS	9	9(100)	—	—
	WPM	17	9(53)	8(100)	8s(100)
ゴマギ	改変MS	12	10(83)	2(100)	2(100)
	WPM	10	4(40)	6(100)	6(100)
ミヤマガマズミ	改変MS	10	4(40)	4(67)	4(67)
	WPM	11	4(36)	7(100)	7(100)

- a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合。  
 b) 初代培養から継代培養へ移植可能な外植体の数。  
 c) s: シュート伸長のみられたもの。

5樹種に過ぎず、ネムノキとクサギはMS改変培地が、またカツラ、アカメガシワおよびリョウブはWPM培地が適したが、このうちカツラとクサギは水さし枝の場合と異なった。

#### IV 考察

本試験では90樹種を対象として、新梢腋芽、水さし枝、冬芽および剥皮枝条の4種類の外植体が初代培養に適するかどうかを検討した。その結果をまとめて表-8に示したが、表には筆者(2, 3, 4, 5, 6)が別の試験で行ったヤマザクラの新梢腋芽、ミズメの新梢腋芽と冬芽、ブナの冬芽、ナナカマドの新梢腋芽、水さし枝、冬芽、リョウブの水さし枝と冬芽、ケヤキの新梢腋芽、水さし枝、冬芽および剥皮枝条の結果を加えて、全部で91

樹種について示した。その結果、71樹種で初代培養を確立することができた。

新梢腋芽は樹木の組織培養に最も一般的に使用される外植体で、取り扱いも容易であるが、採取時期が4, 5月に限られ、降雨直後に採取すると雑菌汚染が発生しやすい欠点がある(14)。本試験でも降雨直後の外植体採取は避けたものの雑菌汚染が多く生じ、とくにアカメガシワやガマズミ属のように星状毛のある樹種は汚染が著しい傾向があった。しかし、雑菌汚染を免れた外植体の芽展開率は高く、初代培養での成長もきわめて良好であり、組織培養に用いる外植体として適すると考える。

水さし枝の雑菌汚染は少なかったものの、樹種によっては切り枝からシュートが伸長せず、外植体の得られないものがあった。外植体の芽展開率と成長は良好で、水

表-7 剥皮枝条の初代培養結果

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染外植体数(汚染率%)	生存外植体数(生存率% <sup>a)</sup> )	芽展開外植体数 <sup>b)</sup> (展開率% <sup>a)</sup> )
オオバヤシヤブシ	改変MS	7	2(29)	0(0)	0(0)
	WPM	7	0(0)	0(0)	0(0)
ミズメ	改変MS	20	0(0)	20(100)	0(0)
クヌギ	WPM	20	0(0)	0(0)	0(0)
ブナ	WPM	20	0(0)	0(0)	0(0)
エノキ	改変MS	7	2(29)	5(100)	0(0)
	WPM	7	1(14)	6(100)	0(0)
アキニレ	改変MS	7	0(0)	1(14)	0(0)
	WPM	7	1(14)	0(0)	0(0)
カツラ	改変MS	9	2(22)	4(57)	2(29)
	WPM	9	2(22)	6(86)	2ms <sup>c)</sup> (29)
ホオノキ	改変MS	19	1(5)	16(89)	1(6)
	WPM	19	1(5)	16(89)	2(11)
ヤマザクラ	改変MS	20	0(0)	20(100)	0(0)
ナナカマド	改変MS	10	5(50)	4(80)	1(20)
	WPM	10	5(50)	5(100)	1(20)
ウラジロノキ	改変MS	7	0(0)	0(0)	0(0)
	WPM	7	0(0)	0(0)	0(0)
ネムノキ	改変MS	17	0(0)	16(94)	7s(41)
	WPM	17	2(12)	15(100)	1s(7)
アカメガシワ	改変MS	12	0(0)	12(100)	2(17)
	WPM	12	0(0)	12(100)	4(33)
ナンキンハゼ	改変MS	9	3(33)	6(100)	0(0)
	WPM	9	1(11)	8(100)	0(0)
センダン	改変MS	7	0(0)	4(57)	0(0)
	WPM	7	0(0)	3(43)	0(0)
イタヤカエデ	改変MS	9	0(0)	9(100)	0(0)
	WPM	9	0(0)	9(100)	0(0)
アキグミ	改変MS	9	4(44)	0(0)	0(0)
	WPM	9	2(22)	2(29)	1(14)
クマノミズキ	改変MS	20	4(20)	7(44)	0(0)
	WPM	20	2(10)	6(33)	0(0)
ヤマボウシ	改変MS	13	3(23)	7(70)	0(0)
	WPM	14	3(21)	7(64)	0(0)
サンシュユ	改変MS	18	1(6)	15(100)	0(0)
	WPM	16	4(25)	12(100)	0(0)
ネジキ	改変MS	10	0(0)	10(100)	0(0)
	WPM	10	2(20)	6(75)	0(0)
リョウブ	改変MS	9	1(11)	6(86)	6ms(86)
	WPM	9	1(11)	6(86)	6ms(86)
ヒトツバタゴ	改変MS	28	2(7)	9(32)	0(0)
	WPM	27	4(15)	7(26)	0(0)
ムラサキシキブ	改変MS	7	0(0)	7(100)	0(0)
	WPM	7	0(0)	7(100)	0(0)
クサギ	改変MS	7	0(0)	7(100)	3(39)
	WPM	7	2(29)	0(0)	0(0)
ガマズミ	改変MS	9	5(56)	4(100)	0(0)
	WPM	9	5(56)	4(100)	0(0)
コバノガマズミ	改変MS	9	3(33)	6(100)	0(0)
	WPM	9	3(33)	6(100)	0(0)
カンボク	改変MS	18	1(6)	1(6)	1s(6)
	WPM	18	4(22)	5(36)	1s(7)
ヤブデマリ	改変MS	9	2(22)	5(71)	0(0)
	WPM	9	2(22)	7(100)	0(0)
ミヤマガマズミ	改変MS	9	0(0)	9(100)	0(0)
	WPM	9	0(0)	9(100)	0(0)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合。

b) 初代培養から継代培養へ移植可能な外植体の数。

c) s: シュート伸長のみられたもの。ms: マルチプルシュート形成したもの。

表-8 広葉樹の初代培養の可否と基本培地の適否

科	種	新梢腋芽	水さし枝	冬 芽	剥皮枝条
くるみ	ノグルミ	— <sup>a)</sup>	×C <sup>b)</sup>	○(MS・WP) <sup>c)</sup>	—
かばのき	オオバヤシャブシ	—	—	—	×B
	ミズメ	○(MS)	×D	◎(MS)	×B
	シランカンバ	—	—	◎(MS)	—
ぶな	クリ	○(WP)	—	—	—
	クヌギ	○(WP)	—	—	×B
	ナラガシワ	○(WP)	—	—	—
	ミズナラ	○(WP)	○(WP)	×B	—
	コナラ	◎(WP)	○(WP)	—	—
	ブナ	○(WP)	×D	◎(WP)	×B
	イヌブナ	—	×D	×C	—
	ムクノキ	—	×D	—	—
にれ	エノキ	×A	◎(MS)	—	×C
	アキニレ	—	×D	—	×B
	ケヤキ	△B (MS)	△B (MS)	△B (MS)	△B (MS)
	イヌビワ	○(MS・WP)	×D	—	—
くわ	カツラ	◎(MS)	◎(MS)	—	△C (WP)
あけび	アケビ	○(MS)	—	—	—
めぎ	メギ	◎(MS)	—	—	—
	ナンテン	—	×C	—	—
ろうばい	ロウバイ	◎(MS)	◎(MS)	—	—
	サネカズラ	—	△B C	—	—
	コブシ	—	×D	◎(MS・WP)	—
くすのき	ホオノキ	—	—	◎(MS・WP)	△C
	クロモジ	—	×D	—	—
	ハマビワ	○(MS)	—	—	—
ゆきのした	ツルアジサイ	—	×D	◎(MS・WP)	—
	ザイフリボク	○(MS・WP)	×D	—	—
ばら	カリン	○(MS)	—	—	—
	ヤエヤマブキ	◎	—	—	—
	カマツカ	◎(MS)	—	—	—
	ウワミズザクラ	×B	×D	—	—
	ヤマザクラ	◎(MS)	◎(MS)	○(MS)	×C
	サトザクラ	◎(MS)	◎(MS)	—	—
	ササベザクラ	◎(MS)	—	—	—
	ソメイヨシノ	×B	—	—	—
	ナナカマド	◎(MS)	◎(MS)	△B (MS)	△A C
	ウラジロノキ	△C (MS)	◎(MS・WP)	—	×B
まめ	フジ	—	◎(MS)	×A	—
	ネムノキ	△C (MS)	○(MS)	—	○(MS)
とうだいぐさ	アカメガシワ	△A	○(MS)	△B	○(WP)
	ナンキンハゼ	—	—	—	×C
にがき	ニワウルシ	—	○	—	—
せんだん	セندان	◎(MS)	◎(MS・WP)	—	×B C
うるし	ヌルデ	—	×D	—	—
もちのき	タラヨウ	—	×D	—	—
にしきぎ	ニシキギ	○	—	—	—
	コマユミ	—	×D	—	—
	マサキ	◎(MS)	—	—	—
	マユミ	—	×D	—	—
かえで	ウリカエデ	○(MS)	◎(MS)	△C	—
	カラコギカエデ	—	×D	—	—
	イタヤカエデ	—	×D	—	×C
	イロハモミジ	×C	△C (MS)	—	—
	ウリハダカエデ	◎(MS)	◎(MS・WP)	△C (MS・WP)	—

表-8 広葉樹の初代培養の可否と基本培地の適否(続き)

科	種	新梢腋芽	水さし枝	冬芽	剥皮枝条
とちのき	トチノキ	—	×D	×B	—
またたび	マタタビ	—	○(WP)	—	—
つばき	ナツツバキ	◎(MS・WP)	×D	○(MS・WP)	—
いいぎり	イイギリ	×B C	×D	—	—
ぐみ	ナツグミ	—	×C	—	—
	アキグミ	○(WP)	×D	—	△B
みそはぎ	サルスベリ	—	◎(MS)	—	—
うこぎ	コシアブラ	△C	×D	—	—
	タカノツメ	◎(MS)	×D	—	—
みずき	アオキ	—	×D	—	—
	クマノミズキ	◎(MS)	◎(MS)	—	×B C
	ミズキ	◎(MS・WP)	◎(MS・WP)	—	—
	ヤマボウシ	◎(MS)	×D	—	×B C
	サンシュユ	◎(MS)	○(MS)	—	×C
つつじ	ネジキ	◎(MS・WP)	○	◎(WP)	×C
	サイコクミツバツツジ	—	×B C	—	—
	ナツハゼ	△C (MS)	×C	—	—
りょうぶ	リョウブ	—	◎(MS・WP)	○(MS・WP)	◎(WP)
はいのき	サワフタギ	—	○(MS)	—	—
えごのき	ハクウンボク	◎(MS)	◎(WP)	—	—
	エゴノキ	—	◎(MS)	—	—
もちのき	ヒトツバタゴ	△B (MS)	×B	—	×B C
	イボタノキ	△C (MS)	—	—	—
	キンモクセイ	×C	—	—	—
くまつばら	ムラサキシキブ	○(MS)	—	—	×C
	ヤブムラサキ	—	×D	—	—
	クサギ	—	◎(WP)	—	○(MS)
すいかずら	スイカズラ	◎(MS)	◎(MS・WP)	—	—
	ガマズミ	×A	△A	×A	×A C
	オオカメノキ	—	△A	—	—
	コバノガマズミ	○A (MS)	○(MS・WP)	—	×C
	カンボク	○(MS・WP)	◎(MS)	○(MS・WP)	△B
	ヤブデマリ	—	◎(MS・WP)	—	×C
	ゴマギ	—	○(MS・WP)	—	—
	ミヤマガマズミ	—	◎(MS・WP)	○	×C
	タニウツギ	○(MS・WP)	—	—	—

a) 初代培養の可否：◎容易，○可能，△困難だが可能，×困難，—供試せず。

b) 困難な原因：A雑菌汚染，B外植体褐変枯死，C開芽せず(外植体生存)，D外植体得られず(水さし枝)。

c) 適する培地：(MS)；改変MS培地が適する，(WP)；WPM培地が適する，(MS・WP)；両培地で可能，無印；不明。

さし枝は新梢腋芽とともに組織培養の出発材料として優れていると考える。伊東と松尾(10, 11)はクヌギの丸太を水さしし，これから発生，伸長した萌芽枝を用いることによって外植体採取の周年化技術を開発した。しかし，伐採時以外は丸太の入手は困難であり，また貴重木の場合直径の大きい枝の採取も困難である。本試験では

直径0.5～3cmの枝を供試したものの，シュートが伸長したことから，切り枝を水さしして外植体採取する方法も組織培養に適用できることが明らかになった。本試験では成長休止期に切り枝を採取したが，クヌギの丸太では成長期でもシュートが発生，伸長することが報告されており(10)，本試験に供試した樹種でも成長期に切

り枝を水さしした場合の試験をする必要がある。また、本試験では枝に着生した冬芽が展開してシュートを伸長する場合と不定芽が発生、伸長する場合がみられたが、シュートの発生活起源と培養効率の関係については明らかでなかった。

冬芽は外植体の採取可能な期間が長く、しかも一度に多数の外植体を得ることができたが、樹種によっては新梢腋芽と同様に雑菌汚染が著しく、また芽鱗を除去する操作が煩雑で植え付け効率が低い上に、培養での成長は新梢腋芽と水さし枝に比べて遅かった。井出と山本 (9) は枝上での冬芽の着生部位によって培養時のシュート伸長の異なることを報告した。本試験では芽の展開と成長について、芽の種類、すなわち頂芽、仮頂芽および側芽による差異、また仮頂芽の着生部位の上下による差異についての検討はしなかったため、この点については今後の検討課題である。

剥皮枝条は斎藤 (16) がポプラ類とミツマタで、井出と斎藤 (8) がシラカンバで新しく開発した培養方法である。この方法を適用したところ、簡便な表面殺菌によっても雑菌汚染が少なかったものの、外植体からの芽の発生、展開が少なく、培養効率はかなり低かった。剥皮枝条を適用できる樹種は限られたが、前報 (5, 6) で不定芽の発生を認めなかったナナカマドとリョウブで芽の発生と展開を認めたことが注目され、このほかにも培養可能な樹種があると考えられるので、追試によってさらに培養可能な樹種を明らかにしたい。また、本試験では詳細な検討をしなかったが、植え付ける剥皮枝条の部位に節の部位を含む場合と含まない場合とで不定芽の発生が異なることも考えられ、検討課題として残った。

つぎに、複数の樹種を供試した科について試験結果を科ごとに比較した。かばのき科ではオオバヤシャブシの培養はできなかったが、ミズメとシラカンバは冬芽からの培養が容易であった。ぶな科は7樹種を試験したが、イヌブナの培養が困難であったほかはいずれも新梢腋芽からの培養が可能であった。冬芽はブナでは容易であったが、ミズナラとイヌブナでは芽が展開しなかった。剥皮枝条は2樹種で試験したが、培地の褐変が著しく、その後外植体も褐変枯死した。にれ科はエノキで水さし枝からの培養が容易であったが、ムクノキとアキニレは培養困難であった。ケヤキは4種類の外植体とも培養が可

能であったものの、培養中に外植体全体がカルスに覆われて褐変枯死に至るものが多かった。めぎ科はメギの新梢腋芽からの培養は容易であったが、ナンテンは褐変枯死して培養を継続できなかった。もくれん科はコブシとホオノキで冬芽からの培養が容易であったが、サネカズラは培養中に褐変枯死するものが多く、生存しても芽を展開しなかった。くすのき科はクロモジとハマビワを供試したが、ハマビワの培養が可能であった。ゆきのした科はツルアジサイが冬芽から、またザイフリボクが新梢腋芽から培養できたが、両樹種とも水さし枝からはシュートが伸長せず、外植体を得られなかった。

ばら科は最多の10樹種を供試した。多くの樹種で新梢腋芽と水さし枝から初代培養が容易であったが、ウワミズザクラとソメイヨシノは外植体がカルスに覆われ褐変枯死した。剥皮枝条は供試樹種数が少なかったが、ナナカマドで不定芽を展開した。まめ科は2樹種とも水さし枝から培養でき、さらにネムノキは新梢腋芽と剥皮枝条からも可能であったが、培養中にシュートからの落葉が多くみられた。とうだいぐさ科のアカメガシワは4種類の外植体全部で可能であったが、新梢腋芽は雑菌汚染が著しかった。ナンキンハゼは培養できなかった。にしきぎ科はニシキギとマサキで新梢腋芽から培養可能であったが、コマユミとマユミは水さし枝からシュートが伸長しなかった。かえで科は5樹種を供試した。ウリカエデとウリハダカエデは新梢腋芽と水さし枝が比較的容易に培養できた。うごぎ科はタカノツメの培養が容易であった。

みずぎ科はアオキを除く落葉樹種で新梢腋芽から容易に培養できた。水さし枝もクマノミズキ、ミズキおよびサンシュユで可能であったが、剥皮枝条は褐変枯死が多く、生存しても不定芽を発生しなかった。つつじ科は3樹種を供試したが、ネジキで比較的容易であったものの、ナツハゼは新梢腋芽でわずかに芽が展開し、サイコクミツバツツジは褐変枯死が多かった。えごのき科の2樹種は培養が容易であった。もくせい科は新梢腋芽から落葉樹種のヒトツバタゴとイボタノキでわずかに培養できたが、常緑樹種のキンモクセイは困難であった。くまつづら科の3樹種はムラサキシキブで新梢腋芽から、クサギで水さし枝と剥皮枝条からそれぞれ培養が比較的容易であった。すいかずら科は9樹種を供試した。全部の樹種で培養が可能であり、とくに水さし枝からはガマズミと

オオカメノキを除き比較的容易であった。一方、カンボクはいずれの外植体からも培養することができた。このように樹種によって外植体の適否は異なり、しかも同じ科に属しても培養可能な樹種と困難な樹種のあることが注目されたが、多くの樹種では4種類の外植体のうちいずれかの外植体から培養することが可能であった。

多くの樹種では加齢とともに培養効率が低下し(1)、また一般に同一樹種でも品種や個体によって培養効率に差のあることが知られている。本試験で母材料は苗木、幼齡木および成木から採取し、しかも複数の個体から採取したものを混合して供試したので、試験の結果からこれらの点について明らかにすることはできなかった。

樹木の芽の休眠と解除は樹種、温度や日長などに影響される(7, 13)が、本試験では外植体の採取可能な時期の範囲についての検討はしなかった。外植体の採取時期が拡大できれば、年間を通して外植体を得ることもできる。また、供試した外植体のうち冬芽と剥皮枝条は短期間ではあったが、冷蔵庫での貯蔵が可能であったことから、長期間貯蔵できれば必要に応じて取り出して植え付けることができる。したがって、外植体の採取時期と貯蔵可能な期間についての検討も必要である。

本試験で培地組成については粗い試験のみを行い、詳細な検討はしなかった。すなわち、基本培地は広葉樹の組織培養によく使用される硝酸塩濃度を1/2に希釈した改変MS培地とWPM培地の2種類を用いたが、樹種、外植体によって適する培地は異なり、またどちらの培地にも反応しない場合もあった。添加する植物成長調整物質も1種類の組合せしか準備しなかったため、これらの点については別途検討したい。

オオバヤシャブシなど20樹種では培養が確立できず、また外植体の未供試のものも多数残ったため、表-8を完全に埋めることはできなかった。この空白部分を埋めるとともに、第2段階以降の継代培養、植物体再生、野外植栽等の試験も合わせて今後の課題である。

## 引用文献

- (1) Bonga, J. M. : Clonal propagation of mature trees : problems and possible solutions. *In* Cell and tissue culture in forestry. 249~271, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1987
- (2) 福島 勉 : ヤマザクラの腋芽培養による植物体再生. 101回日林論 : 477~478, 1990
- (3) ——— : ミズメの組織培養—冬芽と腋芽の培養による植物体再生—. 島根林技研報43 : 1~10, 1992
- (4) ——— : ブナの組織培養—成木腋芽の培養による植物体再生—. 島根林技研報44 : 1~6, 1993
- (5) ——— : 組織培養によるナナカマドの増殖. 林木の育種「特別号」 : 11~16, 1998
- (6) ——— : リョウブ成木からの組織培養による植物体再生. 島根林技研報50 : 9~16, 1999
- (7) 畑野健一・佐々木恵彦(編) : 樹木の生長と環境. 383pp, 養賢堂, 東京, 1987
- (8) 井出雄二・斎藤 明 : 組織培養によるシラカンバの大量増殖法. 林木の育種139 : 21~24, 1986
- (9) 井出雄二・山本茂弘 : ウダイカンバとダケカンバの冬芽の培養による植物体の再生—培養開始時期および冬芽の枝上での位置の影響—. 東大演報85 : 27~42, 1991
- (10) 伊東祐道・松尾文昭 : クヌギ丸太からの萌芽発生の制御—温度調節による萌芽発生の通年化—. 39回日林関西支講 : 25~28, 1988
- (11) ———, ——— : クヌギの組織培養による増殖—成木丸太由来の萌芽枝を用いた培養の試み—. 39回日林関西支講 : 229~232, 1988
- (12) Lloyd, G. and McCoun, B. : Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use shoot tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 30 : 421~427, 1981
- (13) Murashige, T. and Skoog, F. : A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 15 : 473~497, 1962
- (14) 永田 洋・中島敦司・万木 豊 : 樹木の芽の休眠(I). 三重大演報18 : 17~42, 1994
- (15) 最新バイオテクノロジー全書編集委員会(編) : 木本植物の増殖と育種. 269pp, 農業図書, 東京, 1989
- (16) 斎藤 明 : 組織培養による栄養繁殖の一事例—剥皮枝条の試験管内サシキ—. 林木の育種129 : 12~18,

1983

育種183 : 25~29, 1997

(17) 佐藤 亨 : 樹木の組織培養による増殖研究報告書.  
166pp, 秩父小野田(株)つくば研究所, 茨城, 1995

(19) 内宮博文 : ムラシゲ教授と植物組織培養. 農業お  
よび園芸76 : 879~882, 2001

(18) ——— : 広葉樹類の組織培養による増殖. 林木の

## Primary Culture in Broad-leaved Trees

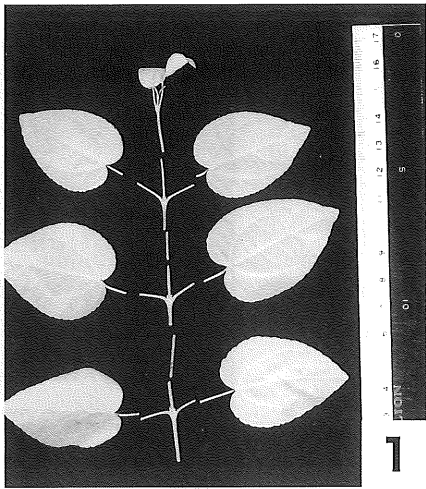
— Suitability of Four Kinds of the Explants to *in vitro*  
and Establishment of those Explants in Culture Strain —

Tsutomu FUKUSHIMA

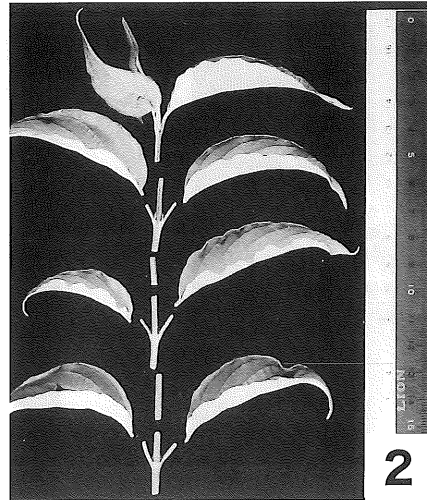
### Summary

Four kinds of explants, namely, (1) axillary buds on current shoots (axillary buds), (2) terminal and axillary buds on the shoots developing from branches dipped in water (branches), (3) winter buds and (4) twigs without barks (twigs) were cultured in 90 broad-leaved tree species. Axillary buds, branches, winter buds, and twigs were successfully cultured *in vitro* in 45, 36, 13, and 9 tree species respectively. Adding past results to this result, primary culture techniques were established in 71 tree species. Contamination broke out frequently in axillary buds and winter buds, and small number of adventitious buds occurred in twigs, although axillary buds and branches grew successfully *in vitro*, and it was possible to store explants in winter buds and twigs.

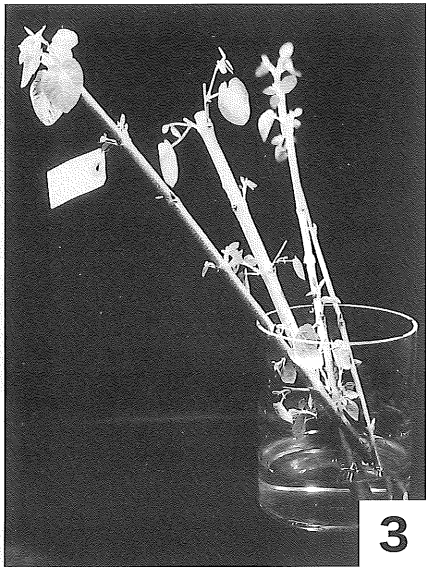




1



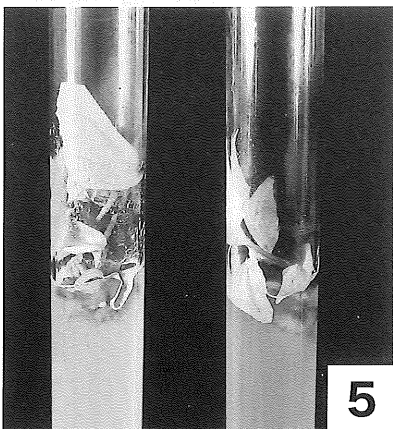
2



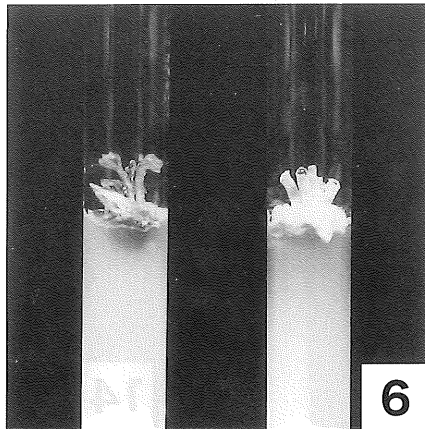
3



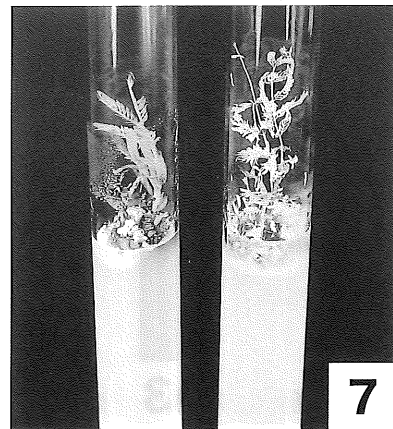
4



5



6



7

写真-1 : 新梢 (カツラ)

- 2 : 新梢 (クマノミズキ)

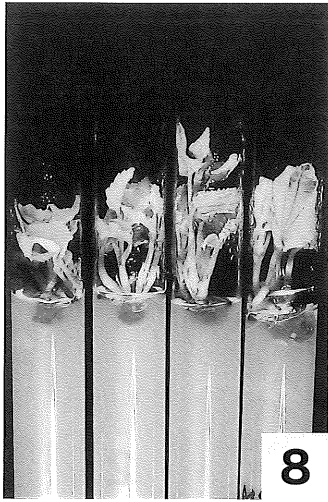
- 3 : 水さし枝 (カツラ)

- 4 : 水さし枝 (ニワウルシ)

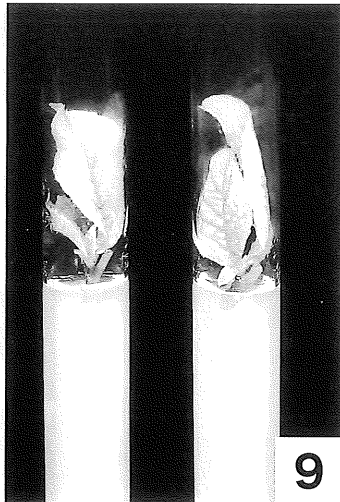
- 5 : 腋芽培養 (アカメガシワ)

- 6 : 雑菌汚染 (アカメガシワ)

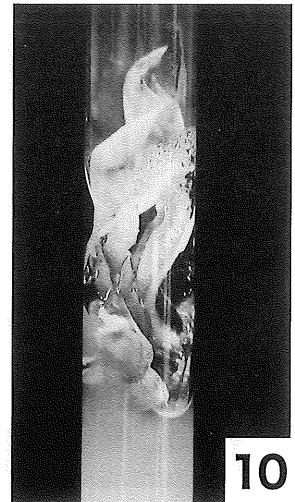
- 7 : 腋芽培養 (ネムノキ, 右 : 落葉現象)



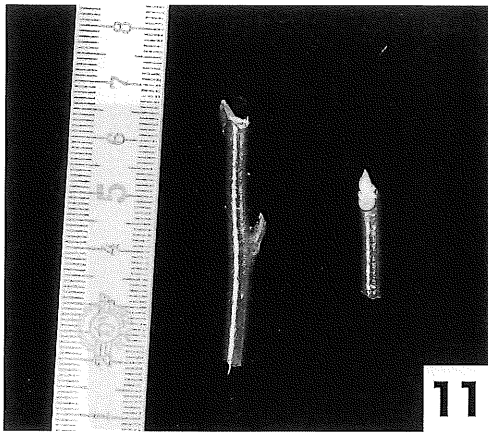
8



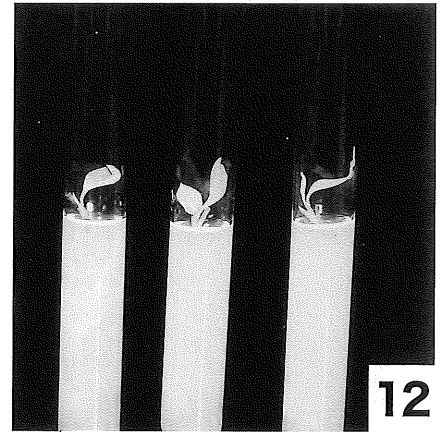
9



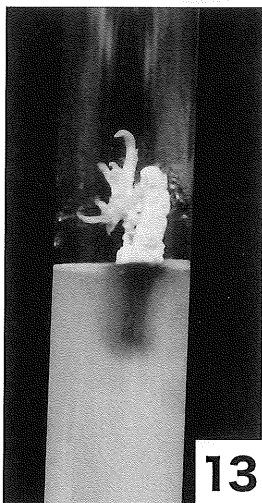
10



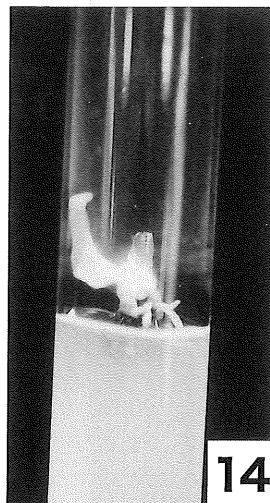
11



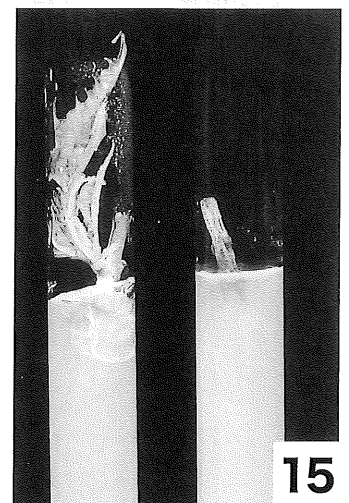
12



13



14



15

写真-8 : 腋芽培養 (カツラ)

- 9 : 腋芽培養 (ナツツバキ)

- 10 : 冬芽培養 (ホオノキ)

- 11 : 冬芽 (ネジキ, 右: 芽鱗除去)

- 12 : 冬芽培養 (ネジキ)

- 13 : 剥皮枝条培養 (カツラ)

- 14 : 剥皮枝条培養 (アキグミ)

- 15 : 剥皮枝条培養 (カンボク)

## 論文 ヒトツバタゴの増殖

福 島 勉

Propagation of *Chionanthus retusus* Lindl. et Paxt.

Tsutomu FUKUSHIMA

### 要 旨

ヒトツバタゴの実生、さし木、接ぎ木および組織培養による増殖を試みた。本種は隔年に開花結実し、種子の貯蔵は少なくとも1年半可能であった。4月に播き付けた種子は翌年の春発芽し、これは貯蔵した種子でも同様であった。実生苗の育苗は比較的容易で、発芽後1~2年で充実した苗木が得られた。接ぎ木はクローン増殖に有効であり、3月だけでなく接ぎ穂を貯蔵すれば7月の接ぎ木も可能であった。さし木は発根せず、組織培養では再生植物体を得ることができなかった。試験管内の培地に種子を置床するとただちに発根と発芽をし、発芽までの期間短縮の可能性を示した。

### I はじめに

ヒトツバタゴ (*Chionanthus retusus* Lindl. et Paxt.) はもくせい科 (Oleaceae) ヒトツバタゴ属の落葉広葉樹で、ナンジャモンジャとも通称されている。本種は中国、朝鮮、台湾に分布するが、日本国内では長崎県対馬地方、愛知県と岐阜県にまたがる地域 (東濃地方) に自生するのみであり、貴重な樹種であることからこれらは天然記念物に指定されている (4, 11, 12)。また、絶滅危惧種Ⅱ類に入っており、その保護が必要とされている (4)。一方、本種の集散花序が樹木全体に一斉開花するさまは壮観で美しく、花に芳香性があるので最近では庭園樹や公園樹としても広く植栽され、苗木の需要も高まっている。

本種の増殖は実生が一般的 (12) で、対馬地方では苗木生産が行われている (4) もの、開花結実特性、種子の採取・貯蔵および育苗技術については不明な点が多く、またさし木や接ぎ木による増殖も可能 (11) とされるが、その技術は確立されていない。そこで、増殖方法について試験していくつかの知見を得たので報告する。報告に当たって、一連の試験のきっかけと助言を与えていただくとともに文献の便宜を図っていただいた元島根県林業技術センター所長加茂久雄氏、本稿の校閲を賜った元島根県林業技術センター所長周藤靖雄博士に感謝す

る。

### II 試験材料と試験方法

#### 1. 開花結実と種子の品質調査

1996年から2001年に開花結実調査をし、採取した種子の精選と貯蔵を行った。八束郡宍道町の林業技術センター緑化木苗畑の植栽木から過去に数回開花を確認した1個体を調査木として選定し、開花時期と開花量、結実時期と結実量を目測で観察した。調査木は1977年10月松江市の城山公園の植栽木から採取した種子を1978年4月に播き付け、育苗、定植したもので、調査時の樹齢は20年生前後であった。調査木は3本株立ちし、樹冠幅8m、最も大きな樹幹は樹高7m、胸高直径15cmであった。

青黒く成熟した果実は枝から直接採取、または落下したものを採集し、ただちに果実の重量と粒数を測定した。果実は外果皮と中果皮を除去して種子を取り出して内果皮の表面を水洗し、種子の重量、体積及び粒数を測定した。また、種子100個を無作為に取り出してナイフで切断し、充実状態を調査した。種子は湿った砂と混合し、ポリエチレン袋に入れて大型冷蔵庫で貯蔵した。また、1999年に採取した種子は砂と混合せずそのままポリエチレン袋に入れて貯蔵する方法も行った。

## 2. 実生

### 1) 播種試験

1997年と1999年に採取した種子を翌年4月と翌々年4月苗畑に播き付けた。種子は48時間水に浸漬した後ホームマイ水和剤(チウラム・チオファネートメチル水和剤)を粉衣し、1㎡当たり300または400粒を播き付けた。2000年には内果皮を除去して播種する方法も行った。播種床の施肥は基肥として有機肥料と単質肥料を窒素32.6g/㎡、リン酸36.4g/㎡およびカリ27.3g/㎡施用した。そして、播種翌年の4月に目測によって発芽状況を調査し、同年の9~10月に掘り取って苗高と根元直径を測定した。

### 2) 床替試験

1998年に播種して得られた苗(以下播種苗と呼ぶ)と開花結実調査木の落下種子から1999年樹下に発芽した苗(以下山引苗と呼ぶ)を2000年4月に床替した。床替密度は1㎡当たり16本で計96本ずつを植栽した。基肥は有機肥料と単質肥料を窒素21.5g/㎡、リン酸34.9g/㎡およびカリ23.9g/㎡、追肥は7月に単質肥料を窒素5.0g/㎡とカリ7.9g/㎡を施用した。そして、1成長期を経過した10月に掘り取って苗高と根元直径を測定した。

## 3. さし木

1999年3月下旬と6月上旬開花結実調査木の樹幹に発生した前年生または当年生不定枝を採取した。枝の頂芽を除去して10~15cm長に切り分けてさし穂とする管さしを行った。6月に採取したものは下部1/3の葉を除去して葉を2~4枚残し、上部の葉も大きいものは先端部1/3を切除した。さし穂は基部を斜めに切ってインドール酪酸(IBA)0.01%液に24時間浸漬し、対照は水にさし穂基部を24時間浸漬した。さし付け本数はそれぞれ30本ずつを供試し、ガラス室内のまさ土にさし付けた。灌水はミスト装置によって8時から17時に30分間隔で1分間行った。さし付け後さし穂の変化を観察し、枯死したものは掘り取って発根の有無を調査した。

## 4. 接ぎ木

### 1) 春接ぎ木

2001年3月下旬開花結実調査木の充実した枝を採取して接ぎ穂とし、直ちに接ぎ木した。1999年に播種して育苗した1回床替2年生苗127本を台木とし、これを掘り

あげて揚げ接ぎの要領で行った。苗高30cm以上あるものは主軸を切断し地際から20~30cmの主軸側面にナイフで斜めに切り込みを入れ、冬芽を1個付けて約3cm長に切断して基部をくさび型に削った接ぎ穂を挿入する腹接ぎを行った。接ぎ木部は粘着性フィルムを巻きつけて接ぎ穂を台木に固定した。そして、乾燥防止のため空気穴を開けたポリエチレン袋で接ぎ木部と接ぎ穂を覆って定植し、台木の上部と側面を被陰材で日覆いをした。4月下旬からポリエチレン袋の穴を徐々に大きくし、5月中旬完全に除去した。また、日覆いは6月上旬に除去した。

### 2) 夏接ぎ木

2001年6月上旬1回床替2年生苗を1本ずつ計20本を直径30cmのビニールポットに移植し、これを台木にして7月下旬居接ぎの要領で接ぎ木した。接ぎ穂は春接ぎ木で採取したものを枝のままポリエチレン袋に入れて冷蔵庫で貯蔵したものである。1本の台木に2~3か所腹接ぎをするとともに、9本の台木は苗高40~50cmの位置で頂部を切断して、縦に切り込みを入れてここに接ぎ穂を挿入する割接ぎもした。したがって、1本の台木に計2~4か所接ぎ木した。接ぎ木操作は春接ぎ木と同様に行い、ポットのまま日陰に置いて上部を被陰した。その後9月中旬までに徐々にポリエチレン袋をはずし、日覆いも除去した。

## 5. 組織培養

### 1) 成木からの培養

試験材料は開花結実調査木から採取した。まず、1998年5月中旬新梢を採取してただちに供試した。腋芽を中心に茎軸を約1cm長に切断し、これに葉柄の一部を付けたY字型の薄片を作った。これを5分間超音波洗浄した後、Tween#20を滴下した有効塩素1%の次亜塩素酸ナトリウム液中で15分間かくはんして表面殺菌した。薄片は滅菌水で3回洗浄し、滅菌ろ紙上に広げて風乾した。乾燥後、表面殺菌で傷んだ茎軸と葉柄の切り口を切除して培地に植え付けた。基本培地はMurashigeとSkoog(5)の培地の硝酸塩を1/2に希釈した改変MS培地とLloyd(2)のWPM培地で、これにベンジルアミノプリン(BAP)1.0mg/lを添加した。培養は25℃、1日16時間5,000lux白色蛍光灯照明の培養室で6週間行った。

### 2) 苗木からの培養

1998年に播種し、1999年4月に発芽した苗3本を直径

16cmのワグネルポットに移植して実験室内に置いた。同年8月下旬腋芽の付いた主軸と枝を採取して外植体を得た。外植体は3個体を混合して供試した。外植体の調整、表面殺菌、および初代培養の培地組成は成木の場合と同様に行い、初代培養は8週間行った。つぎに、初代培養で展開した腋芽を新梢から切り取って初代培養と同組成の培地に移植し、継代培養を6週間行った。培養中の環境条件は成木の場合と同様に行った。

### 3) 種子からの培養

1997年10月開花結実調査木から果実を採取し、外果皮と中果皮を除去して内果皮の表面を水洗いした。内果皮を付けたまま10分間超音波洗浄し、続いてTween #20を滴下した有効塩素1%の次亜塩素酸ナトリウム液中で15分間かくはんして表面殺菌し、滅菌水で3回洗浄して滅菌ろ紙上で風乾した。種子は内果皮を付けたまま試験管内の培地に横向きに置床した。培地はBAP1.0mg/lを添加した改変MS培地とWPM培地を使用し、3週間培養した。ついで、発根と発芽を始めた種子の根を約1cm長に切りつめて同組成の培地を入れたやや大型の培養フラスコに移植してさらに5週間1回目の継代培養をした。伸長したシュートは葉を付けた約5mm長の小片に分割し、BAP1.0mg/lを添加した改変MS培地に移植した。その後4週間間隔でシュート基部に生じたカルスを切除して2回同組成の培地に培地に移植し、2回目から4回目の継代培養を計12週間した。そして、2cm以上伸長したシュートを1cm長に分割して発根培地に移植した。発根培地は無機塩類を1/2に希釈し、ショ糖を1/3に減じた改変MS培地にインドール酪酸 (IBA) 1.0mg/lを添加したものをを用いて8週間行った。以上の培養条件は成木の場合と同様に行った。

## III 試験結果

### 1. 開花結実と種子の品質調査

1997年、1999年および2001年は開花量が多く、多数結実したが、1996年と1999年はまったく開花しなかった。2000年はわずかに開花がみられたが、結実は認められなかった。開花はいずれの年も5月上旬から始まって中旬に満開となり、下旬までみられた。果実は9月下旬頃から青黒く熟し始め、10月上旬から中旬にかけてすべて熟した。10月中旬から果実は落下し、11月上旬まで続いた。

表-1 ヒトツバタゴの開花結実

調査年	開 花	結 実
1996	— <sup>a)</sup>	—
1997	++	++
1998	—	—
1999	++	++
2000	+	—
2001	++	++

a) —: なし, +: 少, ++: 多

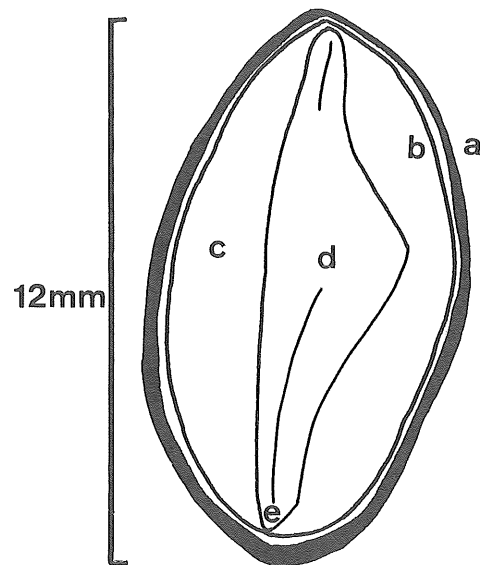


図-1 ヒトツバタゴの種子の縦断面

a: 内果皮, b: 種皮, c: 胚乳, d: 子葉, e: 幼根

1999年の4月には1997年の秋に落下した種子から多数の発芽苗が調査木の樹冠下にみられた。なお、1999年の結実時には地面にシートを広げて果実を採取したので、2001年には発芽苗はほとんどみられなかった。

本種の果実は外側から外果皮、果肉に当たる中果皮があり、その内側に硬い内果皮で覆われた種子があった。種子を切断すると、種子は薄い種皮で覆われており、その中に厚い胚乳に包まれた子葉を認めた(図-1)。内果皮を合わせた種子の大きさは長さ10~14mm、直径7~9mmであった。

種子の得られた3か年の精選結果には若干の年変動が

表-2 ヒトツバタゴの種子精選

採種年	果実		種		子 <sup>a)</sup>	
	1g当たり粒数 (粒/g)	千粒重 (g/千粒)	1g当たり粒数 (粒/g)	10当たり粒数 (粒/10)	千粒重 (g/千粒)	充実率 (%)
1997	1.0	977	3.1	588	326	90
1998	1.1	948	3.2	599	316	85
2001	1.0	1020	2.9	557	340	94
平均	1.0	982	3.1	536	327	90

a) 内果皮を含む

表-3 ヒトツバタゴの播種試験

採種年	種子の貯蔵方法	播種年	内果皮の処理	播種密度 (粒/m <sup>2</sup> )	発芽年	発芽率	成立本数 (本/m <sup>2</sup> )	得苗率 <sup>b)</sup> (%)	平均苗高 (cm)	平均根元直径 (mm)
1997	湿砂混合低温	1998	+ <sup>b)</sup>	400	1999	++ <sup>c)</sup>	200	50	22(7~39) <sup>d)</sup>	—
1997	湿砂混合低温	1999	+	400	2000	+	84	21	17(3~41)	5(3~8)
1999	湿砂混合低温	2000	+	300	2001	++	126	42	22(5~60)	5(1~11)
1999	湿砂混合低温	2000	—	300	2001	±	6	2	41(9~56)	11(9~14)
1999	湿砂混合低温	2001	+	300	2002	+	81	27	18(2~46)	4(2~6)
1999	保湿低温	2001	+	300	2002	+	54	18	25(4~46)	5(3~8)

a) 播種粒数に対する得られた苗木の割合

b) -: 内果皮除去, +: 内果皮付き

c) ±: 10%以下, +: 10~30%, ++: 30~60%

d) 範囲

みられた。2001年は果実、種子とも千粒重が大で、10当たりの粒数は少なく種子は大きかった。一方、1999年は千粒重は軽く、10当たりの粒数が多かった。種子の充実率は平均90%であったが、年変動がみられ、2001年は高く1999年は低かった（表-2）。また、種子の重量、体積と充実率との間に正の相関関係がみられた。充実していない種子はすべて胚と胚乳が腐敗していた。

## 2. 実生

### 1) 播種試験

いずれの播種年もその年にはまったく発芽を認めず、翌年の3月下旬頃から地上に胚軸が現れて葉を展開しながら茎が伸長し始めた。5月上旬までにはほぼ発芽が出そろったが、苗畑での発芽率は60%以下であった。発芽した苗の枯損はわずかで、ほとんどが生存した。種子の貯蔵方法は湿砂と混合して貯蔵したものと砂と混合しないで湿気を保ったまま貯蔵した2種類を比較したが、発芽率には差がみられず、得苗率で前者がやや高かった。1年半貯蔵した種子は半年貯蔵した種子に比べて発芽率が低下し、得苗率も40~60%に低下したが、苗木の成長には大きな差は認められなかった。むしろ採種年、種子の

処理の間よりも同じ播種年、同じ処理内での苗木の大きさの変異が大きく、定植の可能な苗木が得られた一方、さらに床替え育苗に必要な苗木もあった。なお、内果皮を除去して播種したものは発芽率が低く、得られた苗木もわずかであったが、苗木の密度が低下したため成長は良好であった（表-3）。この処理区の未発芽部分の土壌を掘って種子の状態を調査したところ、種子は腐敗していた。

### 2) 床替え試験

播種苗、山引苗とも1成長期の間には苗高は約2倍、根元直径は約10倍に成長し、播種苗のほとんど全部と山引苗の大半が定植可能な大きさとなった（表-4）。病害と虫害はみられず、山引苗に枯損がわずかにみられたのみであった。

## 3. さし木

3月にさし付けたものは冬芽から葉を展開することなくすべて枯死した。6月さしはさし付け2週間後頃から葉が枯れて脱落し始め、その後新しい葉の展開もみられずすべて枯死した。枯死したさし穂を掘りあげて観察したところ、いずれも腐敗して発根は認められなかった。

表-4 ヒトツバタゴの床替試験

苗木の種類	床替時 (4月)		1 成長期経過後 (10月)		
	苗 高 (cm)	根元直径 (mm)	生存率 (%)	苗 高 (cm)	根元直径 (mm)
播 種 苗	30 (19~46) <sup>a)</sup>	1 (3~6)	100	59 (24~101)	10 (5~15)
山 引 苗	18 ( 9~41)	1 (2~5)	97	36 (11~ 89)	8 (3~12)

a) 範囲

#### 4. 接ぎ木

##### 1) 春接ぎ木

2001年6月に28%の接ぎ穂が生存し、活着したものと思われたが、その後粘着性フィルムの脱落に伴って接ぎ穂にも脱落するものがあり、9月には17%の活着率であった(表-5)。接ぎ木部位を観察すると、台木と接ぎ穂に癒合組織がほとんど発達していなかった。なお、2002年9月に活着状態を再調査したところ、前年9月に活着していたものはすべて枝が伸長して葉を展開していた。

##### 2) 夏接ぎ木

2001年9月の時点では活着の有無を確認することができなかった。2002年4月ポットに植栽したまま接ぎ木苗を日なたに移動し、接ぎ木から約1年後の同年9月活着状態を調査した。割接ぎの活着率は33%、腹接ぎの活着率は全部を込みにした場合26%であったが、接ぎ木が1か所でも活着した台木の本数率は45%と高くなった。割接ぎと腹接ぎの活着率について統計処理をしたが、両者に有意な差は認められなかった(表-6)。いずれの接ぎ木も春接ぎ木と同様接ぎ木部位の癒合組織の発達がきわめて不良で、未活着の接ぎ穂のほとんどが台木から脱落していた。

#### 5. 組織培養

##### 1) 成木からの培養

新梢腋芽は外植体の約半数が雑菌汚染されたが、水さし枝から採取した外植体はまったく汚染されなかった(表-7)。雑菌汚染されなかった外植体は植え付け2週間後頃から腋芽がふくらみ始めたが、同時に培地に接した部位からカルスが発達して外植体を覆い、その後徐々に褐変した。全部の外植体が褐変枯死して腋芽の展開みられず、培養を継続することはできなかった。

表-5 ヒトツバタゴの接ぎ木 (春接ぎ木)

接ぎ木本数	活着本数 (活着率%)	
	2001年6月	2001年9月
127	35 (28)	22 (17)

表-6 ヒトツバタゴの接ぎ木 (夏接ぎ木)

台木No.	割 接 ぎ (活着の有無)	腹 接 ぎ (活着数/接ぎ木数)
1	○ <sup>a)</sup>	2 / 2
2	○	1 / 3
3	○	1 / 2
4	×	2 / 2
5	×	1 / 3
6	×	0 / 2
7	×	0 / 2
8	×	0 / 2
9	×	0 / 2
10	—	1 / 2
11	—	1 / 2
12	—	1 / 2
13	—	1 / 2
14	—	0 / 2
15	—	0 / 2
16	—	0 / 2
17	—	0 / 2
18	—	0 / 2
19	—	0 / 2
20	—	0 / 2

a) —: 未実施, ×: 未活着, ○: 活着

表-7 ヒトツバタゴ成木からの初代培養

外植体	培地	外植体数	雑菌汚染外植体数	生存外植体数
新梢腋芽	改変MS	30	16	0
	WPM	30	15	0
水さし枝	改変MS	10	0	0
	WPM	10	0	0

表-8 ヒトツバタゴ苗木からの組織培養

培養段階	培地	培養数 <sup>a)</sup>	雑菌汚染数 <sup>a)</sup>	生存数 <sup>a)</sup>	芽展開数 <sup>a)</sup>
初代培養	改変MS	10	0	3	3
	WPM	12	0	12	9
継代培養	改変MS	3	—	0	0
	WPM	9	—	0	0

a) 初代培養は外植体数, 継代培養は培養株数。

## 2) 苗木からの培養

雑菌汚染はまったくみられず, 両培地とも植え付け1週間後頃から腋芽が膨らみ始め, 3~5週間後には葉を展開した。しかし, シュートの伸長はみられなかった。改変MS培地では成木の場合と同様カルスが発達して褐変枯死する外植体が多かったが, カルス被覆を免れた外植体はWPM培地に比較して大きく濃緑色の葉を展開した。展開した芽を切り取って継代培養したが, 両培地とも徐々に褐変枯死した(表-8)。

## 3) 種子からの培養

種子の雑菌汚染は全体で15%であった。雑菌汚染を免れた種子は置床1週間後頃から内果皮に亀裂が生じて子葉が展開し始め, 続いて2週間後幼根が伸長した。幼根を切りつめて移植した1週間後幼芽から胚軸が伸長し始め, 3週間後シュートが伸長した。このシュートを分割してさらに継代培養を続けた。12週間の培養をしたが, 成長はきわめて遅く, 培養株全部が生存したもののシュートが伸長したのは2株のみであった。発根培地に移植した4本のシュートはいずれも基部にカルスが発達したのみで, 培養期間中に発根は認められなかった(表-9)。

## IV 考 察

ヒトツバタゴの開花結実特性や種子の精選に関する報

告は見当たらないが, 本試験で6年間調査した結果, 隔年に開花結実することが明らかになった。もくせい科に属する樹種の多くは種子が小型で, 千粒重が100g以下である(I)が, 本種は300g以上あり, もくせい科の樹種では大型の種子をつけることが注目された。発芽率と得苗率がやや低下したものの, 種子は湿った砂と混合してポリエチレン袋に入れて, 冷蔵庫で貯蔵すれば少なくとも1年半の貯蔵が可能であった。しかし, 種子の切断調査で約90%の種子が充実していたが, 苗畑での発芽率はかなり低く, したがって得苗率も50%以下と低かったことから, 発芽低下の原因についての究明が必要である。また, 種子を採取した年によって種子の重量, 大きさおよび充実率に若干の差があった。調査は3か年に過ぎなかったが, 種子の重量・体積と充実率との間に正の相関関係がみられたことから, 発芽能力と関係があることも考えられ, 調査例数を増やして検討したい。

本試験の結果, 実生による増殖は得苗率が低かったものの, 病害, 虫害はみられず, 成長も良好で1~2年で定植可能な苗木が得られ, 本種の育苗は比較的容易であった。また, 種子の貯蔵が可能であったので, 毎年実生苗を得ることも可能であった。しかし, 採取した種子を翌年4月に播きつけても発芽は翌年の春であり, さらに1年貯蔵して翌々年4月に播きつけても発芽はその翌年



表-9 ヒトツバタゴ種子からの組織培養

培養段階	培地	培養数 <sup>a)</sup>	雑菌汚染数 <sup>a)</sup>	展開数 <sup>a)</sup>	シュート伸長数 <sup>a)</sup>
初代培養 (発芽培養)	改変MS	10	2	6 <sup>b)</sup>	—
	WPM	10	1	8	—
継代培養 (1回目)	改変MS	6	—	3	3
	WPM	8	—	2	2
継代培養 (2~4回目)	改変MS	8	—	—	2

a) 初代培養と継代培養1回目は種子数, 継代培養2~4回目は培養株数。

b) 初代培養は子葉の展開, 継代培養1回目は本葉の展開。

の春であり, 貯蔵による発芽までの期間短縮効果は認められなかった。落下した種子からの自然状態での発芽もその翌々年の春であったことから, 取り播きした場合でも同様と考えられる。本種の種子を取り播きした場合, 半年から1年半貯蔵してした場合, いずれも一回夏を経過した秋に発根し, つぎの年の春に発芽することが報告されている(9)が, 本試験でも同様の結果が得られた。また, 内果皮を除去して播種した場合発芽率が低下する(9)が, 本試験でもほとんどが腐敗して発芽した種子はわずかで, しかも発芽は翌春であった。したがって発芽までの期間短縮が今後の課題である。なお, 本試験において試験管内では採取直後の種子からでも発根と発芽を認めたことから, 条件によっては早期に発芽することが考えられ, 発芽促進処理を考える上で手がかりとなると考える。

従来本種は雌雄異株と図鑑等には記載されてきたが, 太田(8, 9)は本種の雌雄性を調査した結果両性花株と雄株が存在し, 雌株は発見できなかったことを報告した。両性花株と雄株の性表現をもつ植物種を雌性両性花株と呼び, これはきわめてまれな例とされる(7)が, 本種はこの可能性が高い(9)。しかも, 本種の開花は雄株が両性花株よりも美しい(8)が, 一方種子を得るためには両性花株が必要である。実生苗の外観から花性を判別するのは困難であるので, 本試験では両性花株成木(加茂久雄氏による花の解剖結果で雌しべと雄しべがともに確認された)からのさし木, 接ぎ木および組織培養によるクローン増殖を試みた。もくせい科に属する多くの樹種はさし木が容易である(5)が, 本試験で本種

のさし木は発根することなく枯死した。また, 組織培養も初代培養での褐変枯死が著しく, 培養を続けることができなかった。本試験では1個体のみを供試しただけであったので, 個体数を増やしてさらに試験したい。

接ぎ木は活着率が低かったものの苗木を得ることができた。樹木の接ぎ木の適期は3月頃のものが多い(3)が, 本試験で7月に接ぎ木した場合にも可能であり, しかも春の接ぎ木よりも好成績であったことが注目された。また, 1本の台木に複数接ぎ木した場合活着苗の割合が高くなったので, 台木1本に数か所接ぎ木する方法は有効と考える。本試験の結果から, さし木と組織培養は困難であったので, クローン増殖する場合は接ぎ木による方法が当面は確実な方法である。しかし, 他の樹種でみられるような接ぎ木部位の癒合組織の発達がきわめて不良であり, 粘着性フィルムで固定しても接ぎ穂の脱落するものが多く, 台木の切り込み部もほとんど癒合しないまま残った。台木に接ぎ木する位置の適否についても明らかにできなかった。したがって, 接ぎ木の時期, 接ぎ木する台木の部位, 癒合促進剤の使用など多く検討する点がある。

前述のように成木からの組織培養は困難であったが, 性別の明らかでない苗木と無菌発芽種子からの組織培養を試みたところ, 前者は継代培養中に褐変枯死し, 後者は発根培地に移植しても発根せず, いずれも植物体再生までに至らなかった。しかし, 成木に比べて若い材料からでは組織培養の可能性が得られたので, 今後培養を阻害する要因を明らかにし, 組織培養による増殖方法を開発したい。

## 引用文献

- (1) 勝田 征・森 徳典・横山敏孝：日本の樹木種子（広葉樹編），410pp，林木育種協会，東京，1998
- (2) Lloyd, G. and McCoun, B. :Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use shoot tip culture, Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc. **30**:421~427, 1981
- (3) 町田英夫（編）：接ぎ木のすべて，295pp，誠文堂新光社，東京，1979
- (4) 牧 雅之：日本の絶滅危惧シリーズ（4）－ヒトツバタゴ－. 林木の育種**204**：33~34, 2002
- (5) 森下義郎・大山浪雄：さし木の理論と実際，367pp，地球出版，東京，1972
- (6) Murashige, T. and Skoog, F. :A revised medium for rapid growth and biomass ayswith tobacco tissue culture. *Physiol Plant***15**:473~497, 1962
- (7) 二村典宏：性の決定－動物と植物，樹木での研究の展開－. 林木の育種**204**：25~30, 2002
- (8) 太田敬久：ヒトツバタゴの雌雄性. 椋山女学園大学研究論集**14**：179~191, 1983
- (9) ————：ヒトツバタゴの発生形態学（予報）－花芽形成から種子発芽まで－. 椋山女学園大学研究論集**22**：315~329, 1991
- (10) ————・石岡孝吉：ヒトツバタゴ自生地の地質学的概査ならびに自生地がごく限定されることと地質との対応について. 椋山女学園大学研究論集**21**:263~275, 1990
- (11) 最新園芸大辞典編集委員会（編）：最新園芸大辞典第1巻. 487pp，誠文堂新光社，東京，1968
- (12) 有用広葉樹の知識編集委員会（編）：有用広葉樹の知識－育てかたと使いかた－. 514pp，林業科学技術振興所，東京，1985

Propagation of *Chionanthus retusus* Lindl. et Paxt.

Tsutomu FUKUSHIMA

Summary

It was attempted to propagate by seedling, cutting, grafting and tissue culture in *Chionanthus retusus*. This speace bloomed and fluted biennially, and it was possible to store seeds a period of one year and a half at least. Sowed seeds in April germinated in next spring. Seedling grew favorably and planting stocks were obtained in 1 to 2 years after sowing. Grafting was possible in both March and July, although plant was not obtained in cutting and tissue culture. Seeds germinated soon *in vitro*, so that it was suggested to be able to reduce the term until germination.

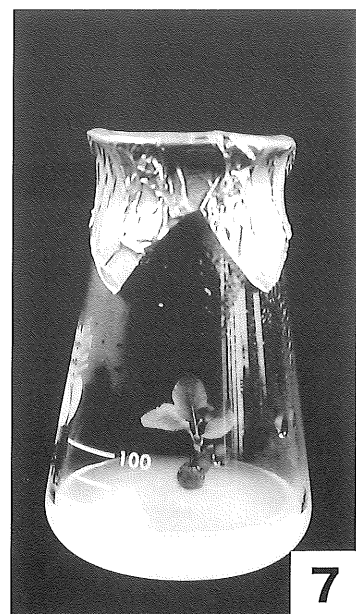
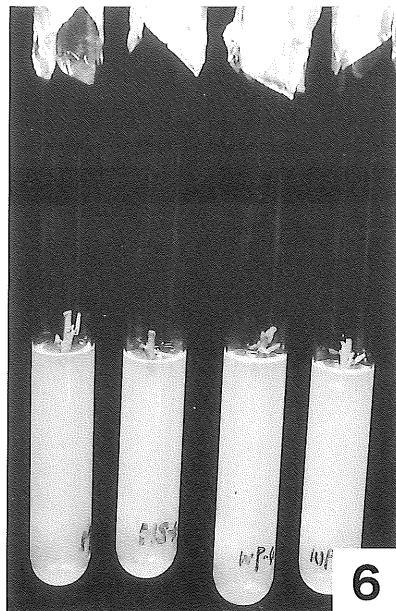
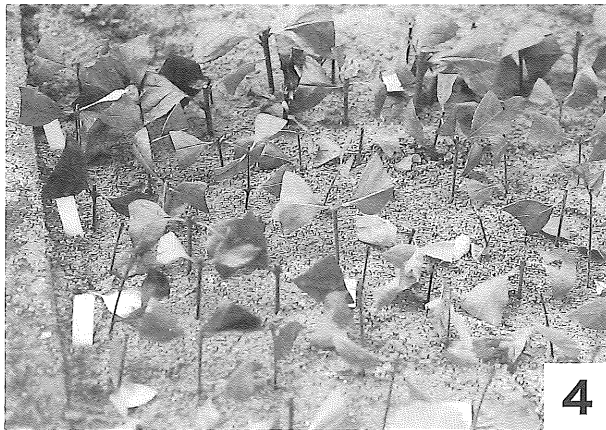
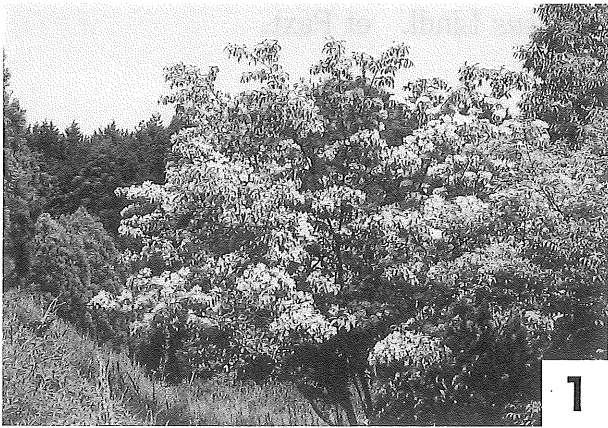


写真-1 : ヒツバタゴの開花 (両性花株)

- 2 : 種子 (肉果皮付き)

- 3 : 実生苗 (播種翌春)

- 4 : さし木

- 5 : 接ぎ木 (a : 割接ぎ, b : 腹接ぎ)

- 6 : 新梢腋芽の組織培養

- 7 : 培養容器内での発芽

## 論文 ブナ、ミズナラ造林におけるニホンノウサギ、 ネズミ類による被害実態と被害回避試験

金 森 弘 樹・河 井 美紀子\*・羽 原 純 二\*・周 藤 成 次  
西 信 介\*\*・扇 大 輔\*・井ノ上 二 郎・陶 山 大 志

Damage Occurrences Caused by the Japanese Hare and Small Rodents to Saplings  
and Seeds of Beech and Oak and Their Control

Hiroki KANAMORI, Mikiko KAWAI, Junji HABARA, Seiji SUDO,  
Nobusuke NISHI, Daisuke OGI, Jiro INOUE, and Hiroshi SUYAMA

### 要 旨

1995~2001年、島根県の冷温帯地域の匹見と赤来において、ブナ、ミズナラを植栽または種子を直播きして、ニホンノウサギ、ネズミ類の被害実態とその被害回避試験を行った。匹見ではノウサギによる切断型と剥皮型被害がブナ植栽木の85%、ミズナラ植栽木の55%に発生した。植栽木にポリプロピレンネット（商品名パークガード）をグラスファイバー製の支柱を用いて設置したところ、ノウサギによる林木被害を軽減できた。赤来ではスミスネズミによる根元の摂食害がミズナラ植栽木の30%に発生し、またネズミ類によってミズナラの直播き種子のすべてを摂食または持ち去られた。ネズミ類によるミズナラの種子被害を塩ビ筒法と金網法によって回避できた。

### I はじめに

ブナ (*Fagus crenata*)、ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) などの落葉広葉樹林は、水源涵養機能など高い公益的機能が期待され、またツキノワグマなどの野生動物の生息地としても重要である (1)。しかし、これらの落葉広葉樹林は近年の針葉樹の拡大造林によって減少しており、今後は人工的な再生も必要と考えられる。しかし、これらの広葉樹を造林した場合には、ニホンノウサギ (*Lepus brachyrus*) やネズミ類の被害が問題となる場合がある (4, 6, 7)。そこで、1995~2001年、島根県の2調査地において、ブナとミズナラを植栽または種子を直播きして、これらの獣類による被害実態とその被害回避法について検討した。

なお、本調査は1995~1999年に実施された林業情報システム化事業「冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立」の中で行った。

### II 調査地と調査方法

1995~2001年、調査は匹見町七村（写真-1）と赤来町小田（写真-2）の標高850~1,000mのブナ、ミズナラなどが上層木を占める場所で行った。匹見では1995年9月に台風などで倒れた不良木を伐倒・除去し、ブナ、ミズナラ、トチノキ、キハダなどを残した。1995年11月にミズナラ、ブナの2年生苗木を各200本と100本を樹下植栽した。植栽地は下刈り区と放置区をほぼ半分ずつ設定し、下刈り区では1998年と2001年を除いて毎年夏期に下刈りを1回行い、放置区では下刈りは行わなかった。赤来では1996年11月に匹見と同様に不良木を伐倒・除去してミズナラ、ハウチワカエデなどを残し、ミズナラ2年生苗木を200本を樹下植栽した（表-1）。ここでは調査期間中は下刈りを行わなかった。

調査期間中の調査地付近の積雪は、匹見（匹見気象観測所）、赤来（赤名気象観測所）では積雪期間は12月下旬~3月下旬、最深積雪は匹見24~65cm、赤来41

\*元 島根県林業技術センター \*\*現 鳥取県林業試験場

表-1 調査地と植栽木

No.	調査地	場所	植栽樹種	植栽年月	面積 (ha)	標高 (m)	方位・ 傾斜度	上層木
1	匹見	匹見町七村	ブナ, ミズナラ	1995.11	0.2	1000	E・30°	ブナ・ミズナラ・トチノキ
2	赤来	赤来町小田	ミズナラ	1996.11	0.2	850	S・35°	ブナ・ミズナラ

～69cmであった。匹見に簡易積雪計を設置したが、最深積雪は1.5m以上と推測した。

## 1. 被害実態調査

### 1) ノウサギ, ネズミ類による林木被害

匹見では1995年11月に植栽された林木を1996年5月から2001年11月までの春期と秋期の合計10回調査を行った。また、赤来では1996年11月に植栽された林木を1997年5月から2000年4月までのおもに春期に合計5回調査を行った。調査は植栽木の全木について、配置図を作成し、樹高、地際直径、被害の有無、被害を認めるものは被害型を調査した。切断型被害は切断枝数、切断部の高さを、また剥皮型被害は剥皮部の高さ、長さおよび幹全周に対する割合を記録した。

### 2) ネズミ類による直播き種子被害

1996年11月、赤来においてミズナラ種子の直播き試験区を設定した。試験区は1㎡で、ばら蒔き(Ao層の下)(100粒/㎡)、ばら蒔き+覆土(深さ3cm)(100粒/㎡)、竹筒内(蓋なし、覆土あり)(3粒×9か所/㎡)、深植え(深さ10cm)(3粒×9か所/㎡)の4処理を6回繰り返して設定した。種子を埋めた場所に割り箸を挿して目印とした。1997年5月に種子の発芽の有無の確認と種子の堀り取り調査を行った。

1997年9月29日～10月2日、赤来に生息するネズミ類の種とその生息密度を把握するため、5m間隔の格子状にネズミ捕獲器(商品名パンチュウトラップ)を27か所に各2個ずつの合計54個を1,200㎡に設置した。そして、3晩連続でネズミ類の捕獲調査を行った。餌はピーナッツと短冊に切ったサツマイモを使ったが、毎日交換した。

## 2. 被害回避試験

### 1) ノウサギによる林木被害の回避試験

1998年11月、匹見のブナ33本、ミズナラ67本にポリプロピレンネット(商品名パークガード)を設置した。また、無設置木171本を対照木とした。ネット

は積雪によって倒伏しても回復可能なグラスファイバー製支柱を1～3本と変えて苗木を囲むように設置した。ここでは下刈り区と放置区をほぼ半分ずつ設定した。調査は1999年4月から2001年11月までの春期または秋期に合計4回を行った。調査は林木の被害調査と同様に被害の有無、被害型および被害程度を記録した。

### 2) ネズミ類による直播き種子の被害回避試験

#### 【試験-I】

1998年12月、赤来において30cmに切断した塩化ビニールパイプ(直径5.5cm)をハンマーで地中に約15cm打ち込み、パイプ内にミズナラまたはクリ種子各1個ずつ入れて覆土した。塩ビ筒は蓋の無いものと15mm四方の格子の蓋をつけたものを各50本ずつ設置した。ポリエチレン製の防風ネット(編み目サイズ5mm)にミズナラまたはクリ種子を各1個ずつ包んで100個を地表に置いて約3cm覆土した。ネットは割り箸を地中に挿して固定した。忌避剤のチウラムペースト剤(商品名ヤシマレント)をミズナラ50個、クリ50個の種子表面に塗布して地中約3cmに埋めた。また、対照区としてミズナラ60個、クリ60個を地中約3cmに埋めた。これらの4処理は斜面上、中、下部に分けて設定した。1999年4月と5月に種子の発芽の有無の確認と種子の堀り取り調査を行った。

#### 【試験-II】

1999年11月、赤来において塩化ビニール筒の蓋の格子サイズを10mm、7.5mm、5mmおよび2.5mmの4種類を各25本ずつを地中に打ち込み、筒内にミズナラ種子を各1個ずつ入れて覆土した。編み目サイズの違う2種類の金網(編み目10mm、5mm)でミズナラ種子を各1個ずつ包んで地表に置いて覆土した。金網は割り箸を地中に挿して固定した。また、対照区としてミズナラ75個を地中に埋めた。これらの4処理は斜面上、中、下部に分けて設定した。2000年4月と6

月に発芽の有無と種子の掘り取り調査を行ったが、発芽したものは芽への摂食害の有無を記録した。

### III 調査結果と考察

#### 1. 被害実態調査

##### 1) ノウサギによる林木被害

匹見では植栽6年後のノウサギの累積被害率は、ブナ84%、ミズナラ54%に達したが、赤来のミズナラでは11%に留まった。ノウサギ被害は匹見の70%、赤来の90%は植栽後の3年間に発生し、とくに冬期を中心とした時期に多かった(表-2)。

ノウサギの被害は、ブナ、ミズナラのいずれも主軸または側枝の切断型被害が多数を占めた。植栽後2年目までは主軸の切断が多かったが、3年目以降は樹高生長に伴って側枝切断の割合が増えた。また、主軸と側枝の剥皮型被害もわずかに認めた(写真-3~5)。主軸を加えた切断型被害木1本当たりの平均切断枝数は、ブナが4本とミズナラの2本に比べてt検定の結果、有意に多かった(表-3)。主軸切断部の平均の高さは、赤来のミズナラが60cmと匹見の31~36cmに比べて有意に高かった(表-4)。これは赤来では積雪上からの被害が多く、匹見では積雪の少ない時期の被害が多かったためと考える。匹見の主軸を地際に近い場所で切断されたものでは、枯死したものをわずかに認めた。また、剥皮型被害木の剥皮部の長さは、匹見のブナ1~15(平均4.5)cm、ミズナラ1~36(平均8.3)

cm、赤来のミズナラ1~12(平均6.0)cmであり、有意な差は認めなかった。剥皮部の高さは、いずれの調査地、樹種でも平均17(剥皮下部)~29(剥皮上部)cm程度の高さであり、有意な差を認めなかった。また、幹全周に対する剥皮部の割合はほとんどが1/2程度であり、調査時には剥皮された部位の60%は巻き込み癒合し、残りも癒合が進行していた。なお、下刈り区と放置区間ではノウサギの被害率に差をほとんど認めなかった。山田(10)はヒノキ植栽時の林床植生量を2~4倍に増加させると、植栽後1~2年間に発生するノウサギ被害を1/3~1/10に低減できると報告した。しかし、本調査では下層植生量の多い放置区でも下刈り区と同程度の被害が発生し、このような効果を認めなかった。これは両調査地のおもな下層植生がササ類であったため、ノウサギの餌としての価値が低かったことが一因と考える。

匹見のノウサギによる被害木と無被害木の生長状態を比べると、2001年11月にはブナ、ミズナラのいずれも無被害木は被害木に比べて樹高、地際直径のいずれも有意に大きく生長した(図-1, 2)。また、下刈り区と放置区を比較すると、地際直径、樹高のいずれもブナでは差を認めなかったが、ミズナラではいずれも放置区に比べて下刈り区では大きく生長した。

なお、各調査時にいずれの調査地でもノウサギの糞を確認できた。

表-2 ノウサギによる林木被害

調査地	樹種	調査本数	被害本数*									
			1996.5	96.9	97.5	97.9	98.4	98.11	99.4	00.4	00.11	01.11
匹見	ブナ	92	11	31	53	53	71	72	75	77	77	77
	ミズナラ	207	5	18	54	69	96	105	106	112	112	112
赤来	ミズナラ	209	-**	-	0	-	13	13	20	22	-	-

\* 累積被害本数。 \*\* 未植栽または未調査。

表-3 ノウサギ被害木1本当たりの切断枝数

調査地	樹種	調査本数	被害木1本当たりの切断枝数		
			最小	最大	平均±標準偏差
匹見	ブナ	77	1	10	4.0±2.2 <sup>a</sup>
	ミズナラ	48	1	5	2.0±1.1 <sup>b</sup>
赤来	ミズナラ	8	1	5	2.3±1.3 <sup>b</sup>

異なる英数字間では有意な差があることを示す。

表-4 ノウサギ被害木の主軸切断部の高さ

調査地	樹種	調査本数	主軸切断部の高さ		
			最小	最大	平均±標準偏差
匹見	ブナ	43	11	52	31.4±10.2 <sup>a</sup>
	ミズナラ	85	3	87	35.9±15.6 <sup>a</sup>
赤来	ミズナラ	5	39	80	60.0±17.3 <sup>b</sup>

異なる英数字間では有意な差があることを示す。

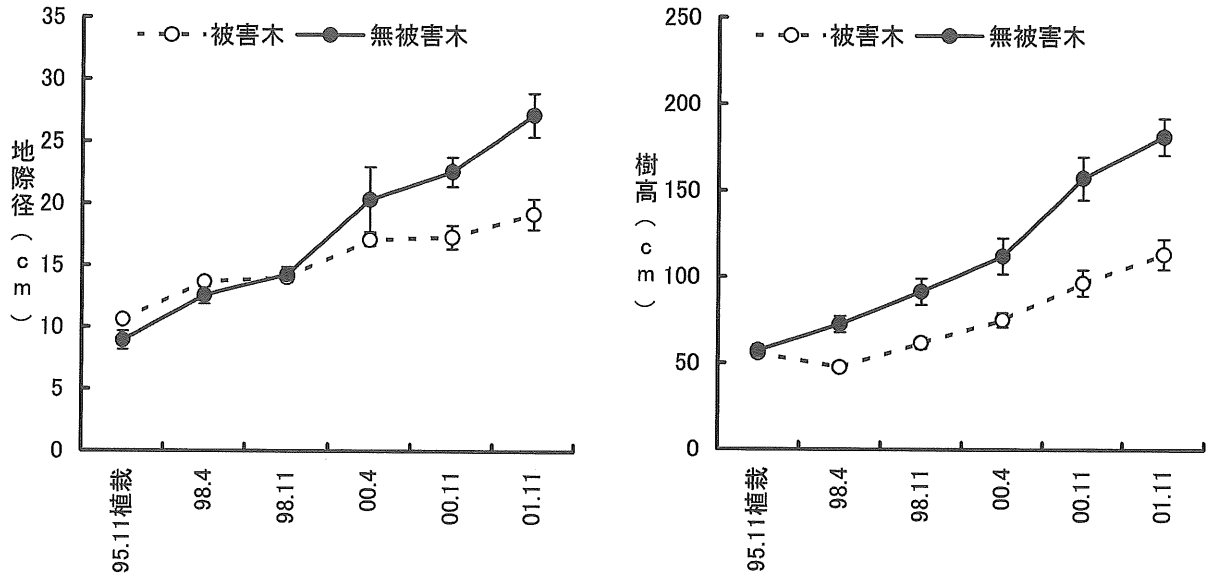


図-1 ブナの生長(匹見)

垂直線は標準誤差を示す。

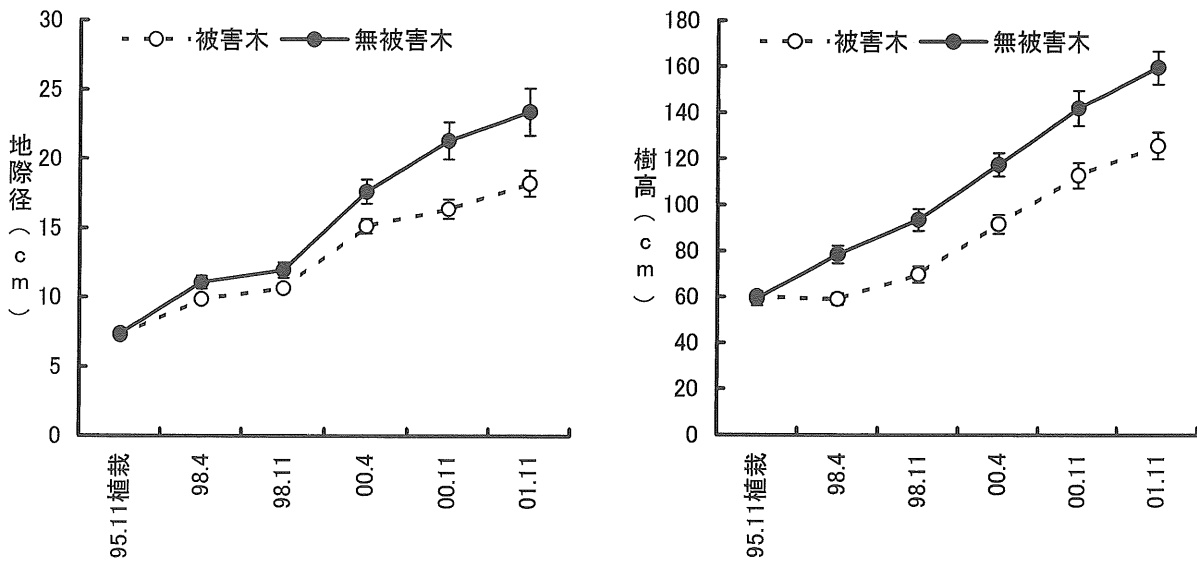


図-2 ミズナラの生長(匹見)

垂直線は標準誤差を示す。



## 2) ネズミ類による林木被害

ネズミ類の被害率は、匹見ではブナ1%、ミズナラ5%と少なかったが、赤来では28%と多く発生した。この被害は、11月に植栽後の初めての冬期を中心とした時期にそのほとんどが発生した(表-5)。

ネズミ類はミズナラの根部を激しく摂食しており、被害木の60%が積雪・融雪によって斜面下方へ抜けていた(写真-2)。本調査によって、本県の冷温帯地域においてブナ、ミズナラの苗木を植栽した場合には、ノウサギまたはネズミ類による被害が大きな成林阻害要因になることが分かった。しかし、場所によってノウサギ被害が多い場合とネズミ被害が多い場合があった。今後、これらの生息密度や他の餌植物の量などとの関係を検討する必要がある。

## 3) ネズミ類による直播き種子被害

いずれの処理区でも、すべてのミズナラ種子がネズミ類によって摂食または持ち去られた(表-6)。掘り取り調査の結果、種子の皮が残存していた場合があったが、これはネズミ類が摂食した種子の食いかすと考えた。ただし、持ち去られたミズナラ種子は、ネズミ類がすべてを摂食したのかは不明である。ネズミ類は種子散布者とも考えられており(1, 2, 6)、これらの種子の一部が別の場所で発芽している可能性もあると考える。本調査によって、本県においてミズナラの種子を直播きをした場合には、ネズミ類による被害が大きな成林阻害要因となることが分かった。北海道や

東北などでも同様の種子被害が報告されている(6, 9)。ネズミ類は地中深くに埋めたミズナラ種子を探知できることが分かったが、この探知は臭いによる可能性が高いことを近年、鎌田・齊藤(3)がエゾアカネズミを使った実験によって明らかにした。

赤来での捕獲調査の結果、スミスネズミ(*Eothenomys smithii*)4頭と食虫目のジネズミ(*Crocidura dsinezumi*)1頭を捕獲できた(写真-6)。ここでのスミスネズミの生息密度は33頭/haで多いと推定された。したがって、ミズナラの根部の摂食害はスミスネズミによると判断した。しかし、直播きしたミズナラの種子を摂食または持ち去ったと考えたアカネズミ(*Apodemus speciosus*)とヒメネズミ(*Apodemus argenteus*)はまったく捕獲できなかった。この原因については不明である。北海道でもエゾヤチネズミ(*Clethrionomys rufocanus*)によって、ミズナラ根部の摂食害が出ることがあるという(6)。

## 2. 被害回避試験

### 1) ノウサギによる林木被害の回避試験

対照区では、調査3年後の累積被害率が30%に達した。樹種別の被害率をみると、ミズナラ22%に比べてブナは53%と被害発生が多かった。これに対して、ポリプロピレンネット設置区では対照区よりも被害発生はやや少なかったが、いずれの支柱本数でも最終的に19~23%の被害が生じ、対照区との間に有意な差を認めなかった(表-7, 写真-7)。ネット設置区の被害率を樹

表-5 ネズミ類による林木被害

調査地	樹種	調査本数	被害本数*										
			1996.5	96.9	97.5	97.9	98.4	98.11	99.4	00.4	00.11	01.11	
匹見	ブナ	92	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	ミズナラ	207	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10
赤来	ミズナラ	209	-**	-	51	-	57	57	58	58	-	-	-

\* 累積被害本数。 \*\* 未植栽または未調査。

表-6 ネズミ類による直播き種子の被害

試験区	調査種数	発芽種子数
ばら蒔き (Ao層の下)	600	0
ばら蒔き (覆土3cm)	600	0
竹筒内 (蓋なし, 覆土)	162	0
深植え (深さ10cm)	162	0

1 m<sup>2</sup>×6か所の合計。

種別にみると、ブナ14%、ミズナラ22%であり、ミズナラは対照区の被害率と差がなかったが、ブナは被害が少なかった。これはミズナラは側枝がネットの編み目から外側に伸長して、これをノウサギによって摂食された場合が多かったためである。ただし、いずれの樹種でもネット設置区では、主軸の切断害はほとんど認めなかったことから、ネット設置によって実質的な被害である主軸の切断は回避できたと考えた。また、下刈り区と放置区間には、ノウサギの被害率に差をほとんど認めなかった。なお、ネットと支柱は積雪によって倒伏しても回復していた。

## 2) ネズミ類による直播き種子の被害回避試験

### 【試験-I】

対照区のミズナラとクリの種子は、ネズミ類によってほとんどが摂食または持ち去られた。同様に、円ビ筒、防風ネットおよび忌避剤のいずれの処理区でもほとんどの種子を摂食または持ち去られて、被害回避効果はまったく認めなかった。塩ビ筒はネズミ類が上方から登って侵入したと考えられ、15mm四方の格子の蓋を付けたものでも侵入された。なかには蓋の格子の一部を噛られたものも認めた。したがって、蓋の格子が15mm四方のメッシュサイズではネズミ類は通過できることが分かった。防風ネットはすべてがネズミ類によって噛み切れられ、種子を摂食または持ち去られた。また、忌避剤を塗布したものもまったく被害を回避で

きなかった(表-8)。ただし、持ち去られた種子をネズミ類が摂食したかどうかは不明である。

### 【試験-II】

対照区のミズナラ種子はすべてが摂食または持ち去られた。これに対して、塩ビ筒はいずれの格子サイズの蓋でもネズミ類の侵入を阻止できた(写真-8)。わずかに被害を受けたものは蓋の格子を噛られて侵入された。したがって、蓋の格子サイズが10mm以下ならばネズミ類の侵入を防止できると考えた。金網法では、編み目が10mmのものでは多くの種子を編み目の外側から摂食された(写真-9)。しかし、編み目が5mmのものではネズミ類の摂食を防ぐことができた(表-9, 写真-10)。ただし、6月の調査では摂食を回避できた種子のうち、塩ビ筒法と金網法の編み目10mmのものでは、被害を回避できた種子から出芽を認めなかったものは8~25%に留まったのに比べて、金網法の編み目5mmのものでは40%が種子から出芽を認めず、細かい編み目が出芽を阻害した可能性があった。しかし、出芽できたものは3年後の調査で苗木が1.2mにまで生長し、対照区のものと同様の生育状態に大差は認めなかった。北海道、東北および中国山地では、堅果から発芽した稚苗をネズミ類によって激しく摂食される場合があるという(2, 5, 6, 8)。しかし、本試験では種子から出芽した芽へのネズミ類による摂食害はまったく認めなかった。

表-7 ノウサギによる林木被害の回避試験

	ネット設置区												対照区			
	支柱1本(54)*				2本(35)				3本(11)				(171)			
	99.4	00.4	00.11	01.11	99.4	00.4	00.11	01.11	99.4	00.4	00.11	01.11	99.4	00.4	00.11	01.11
被害本数**	5	8	8	10	3	5	5	8	0	1	1	2	29	44	46	50
(%)	(9)	(15)	(15)	(19)	(9)	(14)	(14)	(23)	(0)	(9)	(9)	(18)	(17)	(26)	(27)	(29)

\* 調査本数。 \*\* 累計被害本数。

表-8 ネズミ類による直播き種子被害の回避試験(I)

	塩ビ筒法		防風ネット	忌避剤	対照区
	蓋なし	蓋格子サイズ15mm			
調査個数	50	50	100	150	120
被害個数	48	44	100	149	119
(%)	(96)	(88)	(100)	(99)	(99)

供試種子: ミズナラ, クリ。

表-9 ネズミ類による直播き種子被害の回避試験(II)

	塩ビ筒法				金網法		対照区
	蓋格子サイズ10mm	7.5	5	2.5	編み目10mm	5	
調査個数	25	25	25	25	75	75	75
被害個数	0	1	2	0	67	4	75
(%)	(0)	(4)	(8)	(0)	(89)	(5)	(100)

供試種子: ミズナラ。

### 引用文献

- (1) 藤森隆郎・由井正敏・石井信夫: 森林における野生生物の保護管理—生物多様性の保全に向けて—。255pp, (株)日本林業調査会, 1999
- (2) Ida, H. and Nakagoshi, N: Gnawing damage by rodents to the seedlings of *Fagus crenata* and *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* in a Sasa grassland-deciduous forest series in southwestern Japan. *Ecol. Res.* 11: 97~103, 1996
- (3) 鎌田由美子・齊藤 隆: エゾアカネズミ (*Apodemus speciosus*) の埋土種子探索行動. 日本哺乳類学会 1997年度大会講演要旨集, p150, 1997
- (4) 金森弘樹・扇 大輔: ニホンノウサギによる広葉樹造林木の被害例. 森林応用研究 6: 143~146, 1997
- (5) 北畠琢郎・梶 幹男: ブナ・ミズナラ移植実生の生残過程における捕食者ネズミ類の生息地選択の影響. 日林誌82(1): 57~61, 2000
- (6) 中田圭亮: 広葉樹育成ガイド—ミズナラ林の造成技術 V—3 ミズナラの獣害と防除方法. 北海道立林業試験場(監修), 150~156, 1998
- (7) 西 信介・井上牧雄: 鳥取県で発生した野ネズミ類による造林木被害. 日林学術講110: 705, 1999
- (8) 大住克博・桜井尚武・斉藤勝郎: ミズナラ稚樹の成立過程に関する研究(IV) 上木伐採後2年間の前生稚樹の成長. 日林論96: 365~366, 1985
- (9) 桜井尚武・斉藤勝郎: ミズナラ稚樹の成立過程に関する研究(I)—落下種子の消失とその要因について—. 日林論94: 363~364, 1983
- (10) 山田文雄: 林床植生改変によるノウサギのヒノキ造林木食害に対する防止効果. 森林防疫40: 84~88, 1991

# Damage Occurrences Caused by the Japanese Hare and Small Rodents to Saplings and Seeds of Beech and Oak and Their Control

Hiroki KANAMORI, Mikiko KAWAI, Junji HABARA, Seiji SUDO,  
Nobusuke NISHI, Daisuke OGI, Jiro INOUE, and Hiroshi SUYAMA

## Summary

From 1995 to 2001, damage occurrences caused by the Japanese hare and small rodents to saplings and seeds were examined and control experiments were conducted at beech (*Fagus crenata*) and oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) stands in Hikimi and Akagi, Shimane Prefecture. Eighty five percent and 55% of all the saplings in *F. crenata* and *Q. mongolica* var. *grosseserrata*, respectively, were browsed and debarked by the Japanese hare. Good preventive effects of covering saplings with nets (Barkguard<sup>®</sup>) were obtained against injury. Thirty percent of all the saplings were gnawed away at the root by Smith's red-backed vole, and all the seeds were fed and carried away by small rodents in *Q. mongolica* var. *grosseserrata*. Good preventive effects of covering seeds with shelters made of polyvinyl chloride resin and with wire nets were obtained against feeding.

写真-1~5

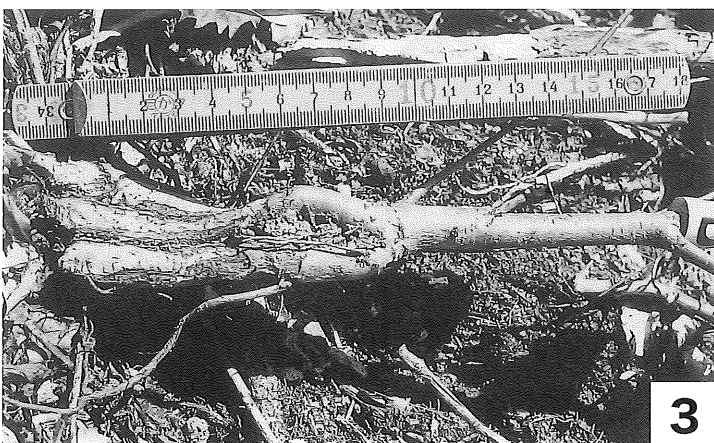
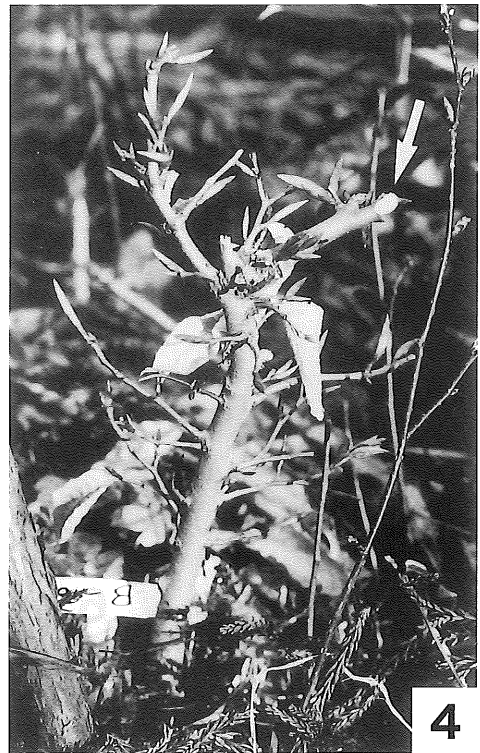


写真-1：匹見調査地

— 2：赤来調査地

— 3：スミスネズミによって根部を食害されたミズナラ（赤来）

— 4：ノウサギによって主軸を切断されたブナ（矢印）（匹見）

— 5：ノウサギによって主軸を切断され、幹を剥皮されたミズナラ（匹見）

写真-6～10

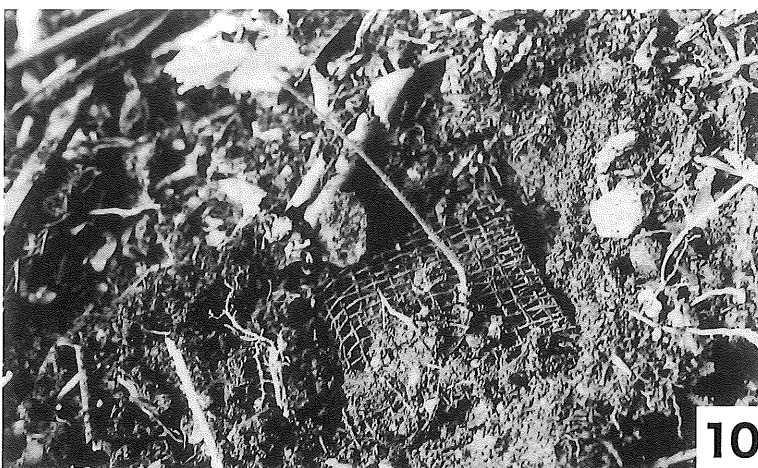
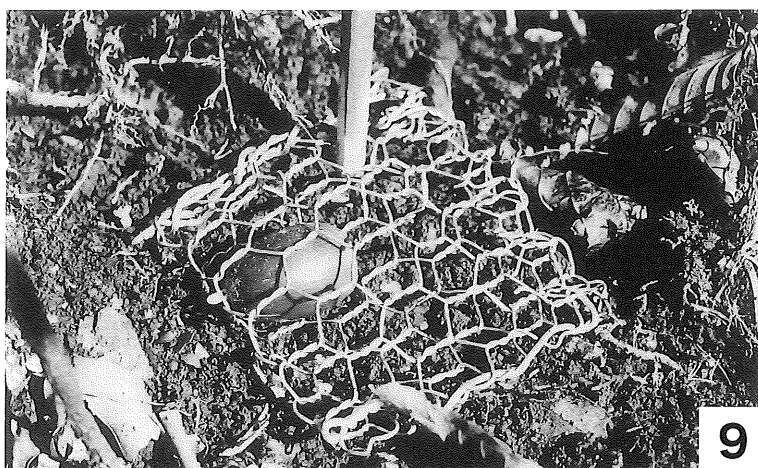
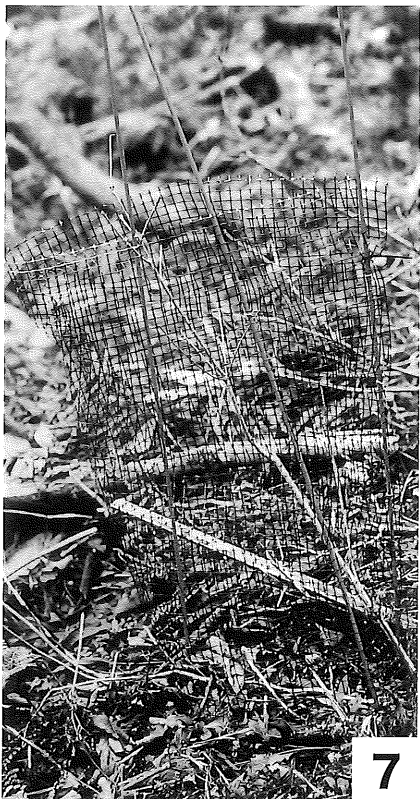


写真-6：パンチュウトラップで捕獲したスミスネズミ（赤来）

—7：ミズナラに設置した支柱3本のネット（匹見）

—8：ネズミ類の被害を回避するために設置した蓋のメッシュサイズを変えた塩ビ筒（赤来）

—9：ミズナラ種子を包んだ編み目10mmの金網（赤来）

—10：編み目5mmの金網から発芽・伸長したミズナラ（赤来）

## 短報      **トラップを用いたスギカミキリの捕獲による 脱出消長調査**

周 藤 成 次

Seasonal Capture of the Cryptomeria Bark Borer with Traps Related with the Adult Emergence

Seiji SUDO

### 要 旨

1. スギカミキリの脱出消長を捕獲トラップを用いて推定した。
2. スギカミキリの捕獲開始日は3月中旬，累積捕獲数50%日は3月下旬～4月上旬，捕獲終了日は4月下旬～5月上旬であった。雄は雌に比較して捕獲は早くから始まった。
3. 脱出前と開始日の2～3月の気温が低温である年には捕獲が遅れた。
4. スギカミキリ捕獲個体の体長と体重の変異は大きかった。

### I は じ め に

スギ・ヒノキの樹幹を加害してその材質を著しく劣化させるスギカミキリ (*Semanotus japonicus* LACORDAIRE) を防除するためには，加害木からの成虫脱出時期を知ることが重要である。従来，本虫の脱出時期は網室内に加害木の丸太を入れて調査された。しかし，この方法では直接被害林で調査が行えないことが不便である。本成虫は脱出後，樹皮の割れ目など暗い場所に潜む性質がある(3, 4, 5)。この性質を利用して樹幹にトラップを仕掛けて捕獲することで被害林分の脱出消長を推定することを試みた。また，捕獲消長と気温との関係を検討した。なお，この調査は県単独事業である「気象・病虫鳥獣害の発生動態・予察と管理技術に関する調査」で実施した。

### II 調 査 方 法

1997年～2001年の5か年間，島根県宍道町宍道にある島根県林業技術センター構内の29年生スギ林分，0.64ha内で調査した。2002年3月現在，平均胸高直径は18cm，平均樹高は11.7mである。この林分は20年生時にはすでに被害を認めており，現在被害率約50%，被害木の樹幹

にはスギカミキリ幼虫の加害痕である「ハチカミ」が多数生じ，また成虫脱出孔も多数認められる。

スギカミキリ捕獲用トラップは防水加工した黒色画用紙に山形の折れ目を付けて作成して，これを樹幹に両面テープと画鋸で固定した(図-1)。スギカミキリ被害木を50本選び，地上1～1.5mの樹幹表面の2方向にトラップを1個ずつ取り付け付けた。トラップ設置木は毎年同一木とした。

3月上旬～5月中旬トラップ内の空間に潜んだスギカミキリ成虫を1～3日間隔で捕獲して，雌雄別にその数を記録した。また，成虫は捕獲日に体長と体重を計測した。気象の資料は松江気象台の測定値を用いた。

### III 調 査 結 果

#### 1. 捕獲の消長

スギカミキリ成虫捕獲数は毎年91～135頭で5か年間で計540頭を捕獲した。雄の捕獲数は287頭，雌は253頭で性比は0.41～0.5と雄をやや多く捕獲した(表-1)。

成虫の捕獲開始は2000年では3月21日と3月下旬であったが，その他の年は3月10～15日の3月上～中旬であった。累積捕獲数50%日は1997年，1998年および2001

年は3月29日～31日の3月下旬であったが、1999年と2000年は4月2日と5日の4月上旬であった。捕獲終了日は1997年と1998年は4月21日と24日の4月下旬であったが、1999年と2001年は5月7日と5月10日の5月上旬、2000年は5月12日の5月中旬であった。捕獲期間は1997年が43日で最も短く、ついで1998年が45日、2000年が53日、2001年が54日であり、1999年が最も長くて60日であった。また、1999年は捕獲が連続する累積捕獲5%～95%期間も1999年は51日と他の年の23～34日に比べて長かった(表-2, 図-2)。

捕獲状況を雌雄別にみると、1998年には雌を雄より2

日早く捕獲したが、他の年では雄を雌より5～14日早く捕獲した。また、いずれの年でも、雄は雌に比べて、累積捕獲数50%日と終了日は早かった(図-2)。

## 2. 気温と発生予察

1997～2001年1～4月の平均気温を5か年の平均値と比較した。1998年は概して温暖で、2000年は寒冷であり2～3月連続して他の年より低温で経過した。温暖な1998年の捕獲開始日と50%捕獲日は他の年と比べて早期ではなかった。一方寒冷であった2000年は捕獲開始日、50%捕獲日ともに他の年に比べ遅れた。

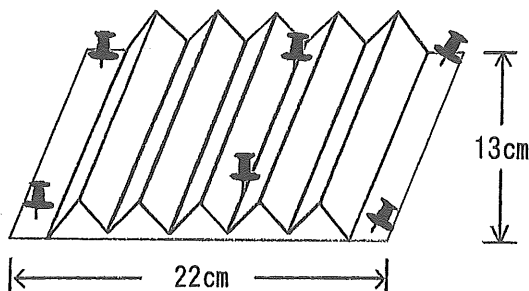


図-1 スギカミキリ捕獲用トラップ

表-1 スギカミキリ雌雄別の捕獲数

調査年	雄	雌	計	性比
1997年	50頭	41頭	91頭	0.45
1998	63	61	124	0.49
1999	67	68	135	0.50
2000	58	40	98	0.41
2001	49	43	92	0.47
計	327	285	612	0.47

表-2 スギカミキリの捕獲状況

調査年	捕獲開始日	5%捕獲日	50%捕獲日	95%捕獲日	捕獲終了日	捕獲期間	5～95%捕獲期間
1997年	3/10	3/14	3/31	4/16	4/21	43日	34
1998	3/11	3/19	3/31	4/15	4/24	45	28
1999	3/12	3/17	4/02	5/06	5/10	60	51
2000	3/21	3/28	4/05	4/19	5/12	53	23
2001	3/15	3/22	3/29	4/23	5/07	54	33



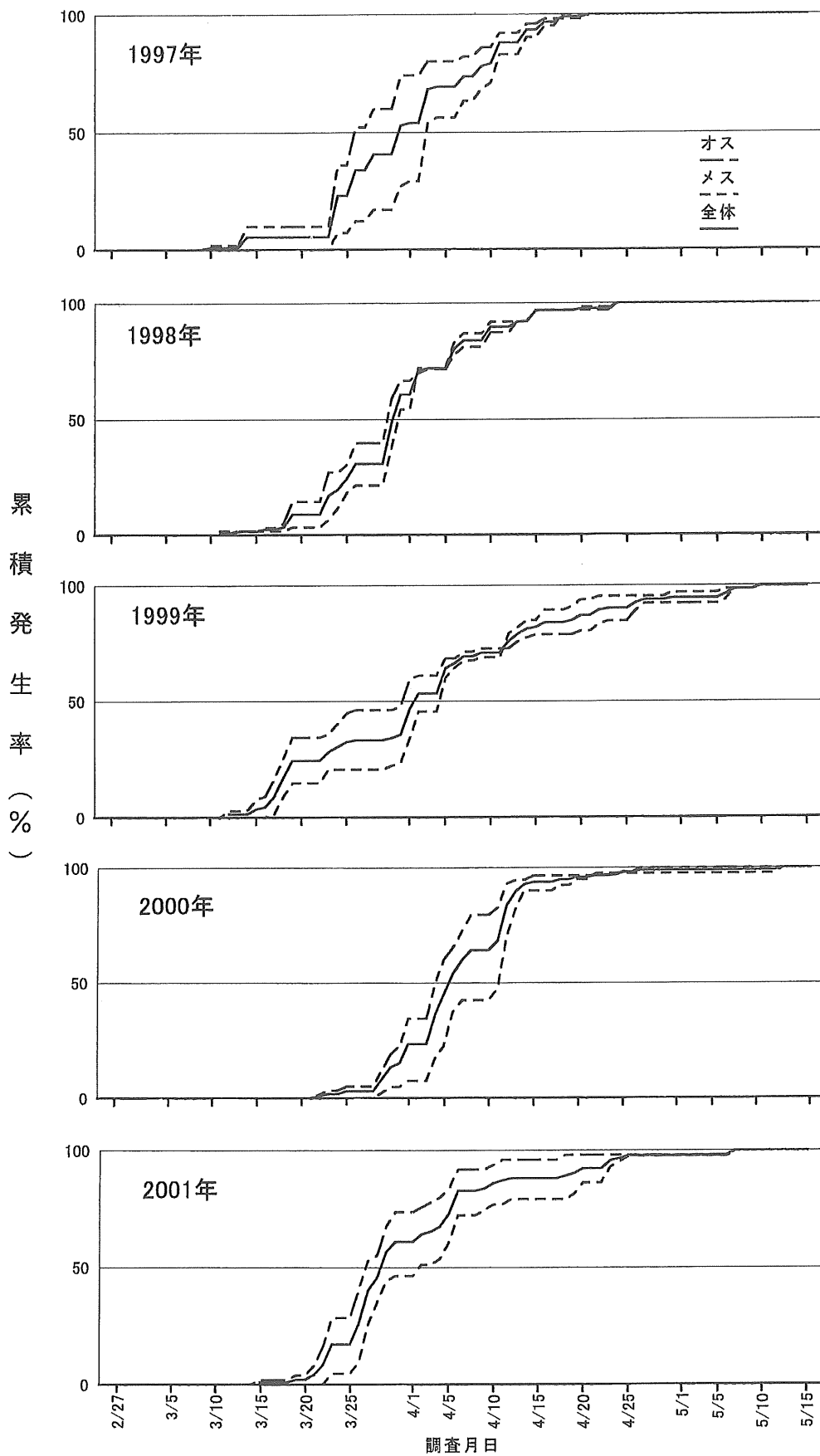


図-2 スギカミキリ成虫の発生消長(1997～2001年)

表-3 1～4月の月平均気温と平均値との差(°C)

調査年	1月	2	3	4
1997年	4.2(-0.4)	4.3(-0.4)	8.7(0.4)	12.7(-0.6)
1998	4.7(0.1)	6.3(1.6)	8.6(0.3)	15.2(1.9)
1999	5.3(0.7)	4.5(-0.2)	8.9(0.6)	12.9(-0.4)
2000	5.0(1.3)	3.6(-1.1)	7.5(-0.8)	12.7(-0.6)
2001	3.7(-0.9)	5.0(0.3)	7.7(-0.6)	13.2(-0.1)
平均値	4.6	4.7	8.3	13.3

小林(2)は本虫の休眠覚醒日を2月27日、発育零点を平均気温4.4°Cとした場合、それ以降の積算温度244日度が50%脱出日を示すとした。そこで、これに従い各年の積算温度を算出して、脱出開始日と累積捕獲数50%日の温量を求めた。開始日の温量は35.9～53.3日度で平均46.3日度であった。また、累積捕獲数50%日の温量は124.2～160.4日度で平均139.2日度と244日度に比べて少ない温量であった(表-4)。2001年には開始日、50

%捕獲日ともにその温量は最も小さかったが、50%捕獲日が他の年に比べて最も早かった。

### 3. 体長と体重

捕獲した成虫の体長、体重は雌が大きかった。平均体長は雄19mm、雌22mm、平均体重は雄240mg、雌400mgであった。なお、測定値は個体間で大きな差があり、体長は雄12.8～22.7mm、雌15.4～29.9mm、また体重は雄70～410mg、雌70～730mgであった(表-5)。

表-4 捕獲開始・累積捕獲数50%日の温量

調査年	開始日	50%日
1997年	53.3日度	142.9
1998	43.3	137.0
1999	47.9	160.4
2000	51.2	131.3
2001	35.9	124.2
平均	46.3	139.2

表-5 捕獲個体の体長と体重

調査年	供試数		体長(mm)						体重(mg)					
			雄			雌			雄			雌		
	雄	雌	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
1997年	50	41	—	—	—	—	—	—	140	390	240	180	720	400
1998	63	61	12.8	22.7	19.1	16.0	29.9	23.3	70	370	242	200	730	399
1999	67	68	15.8	21.3	18.5	16.1	25.6	22.1	140	410	240	130	620	381
2000	61	43	16.2	21.4	18.9	18.9	25.8	22.6	100	400	246	250	710	427
2001	50	44	15.5	21.9	18.9	15.4	26.4	21.6	130	380	244	70	510	347

#### IV 考 察

スギカミキリ成虫の捕獲開始は3月中旬、50%捕獲日は3月下旬～4月上旬、捕獲終了日は4月下旬～5月上旬、捕獲期間は40～60日であった。井ノ上(1)は脱出消長について調査して、島根県における網室内寄生木からの開始3月中～下旬、終了4月下旬、最盛期4月上～中旬、脱出期間は25～40日と報告した。これと比較して本調査では、捕獲開始日と50%捕獲日はやや早かったものの、捕獲終了日は遅くなり、また捕獲期間は15～20日長くなった。この原因はトラップ捕獲のため脱出後日数が経過した個体を捕獲したためと考える。

トラップを用いた方法によってスギカミキリ加害林内でスギカミキリ成虫の脱出消長の概略を推定することは可能であると考えられる。しかし、前述したように捕獲期間が若干長期化することは考慮に入れる必要がある。また、実施に当たっては多数の成虫捕獲が必要であろう。

スギカミキリの性比は同じか、やや雄が多いという報告がある。今回の調査でもやや多く雄を捕獲し、雄の捕獲が雌より早く始まり、また50%捕獲日も早かった。井ノ上、細田ら、奥田の報告でも雄が雌より早く脱出すると述べられている。

1～4月の月平均気温と捕獲との関係で2月、3月の平均気温が低かった2000年で脱出が遅れたが、2月と捕獲開始前の3月上～中旬の低温が脱出の遅れに関係したと推察する。

小林はスギカミキリの有効積算温量を244日度とした

が、今回調査では50%脱出日の平均積算温量は139日度でこれよりも約100日度少なかったが、その理由については不明である。

各調査年の脱出開始日、50%脱出日の積算温量は調査年を通して大きな差はなかった。

本県低標高では、スギカミキリの防除方法の1つである材内成虫を薬剤や焼却等で殺虫する立木の伐倒駆除は遅くとも成虫脱出前の2月末、遅くとも3月上旬までに実施する必要がある。また、カミキリホイホイなどトラップによる捕殺は、捕獲期間であった3月上旬～5月中旬まで設置する必要がある。

#### 引 用 文 献

- (1) 井ノ上二郎：島根県におけるマツノマダラカミキリ、スギカミキリの脱出消長とその気象条件との関係、島根林技研報36, 1～8, 1985
- (2) 小林一三：スギカミキリとヒメスギカミキリ成虫の休眠と材からの脱出の温度条件、日林論95, p 491～492, 1984
- (3) 小林富士雄：スギ・ヒノキのせん孔性害虫、全国林業普及協会、東京、p26～69, 1986
- (4) 柴田叡一：スギカミキリ成虫を捕獲するためのバンド法について、森林防疫33, p 30～35, 1984
- (5) 吉田隆夫・近藤 聡：京都府におけるスギカミキリの生態と防除〔Ⅲ〕、日林関西支講38, p 299～302, 1987

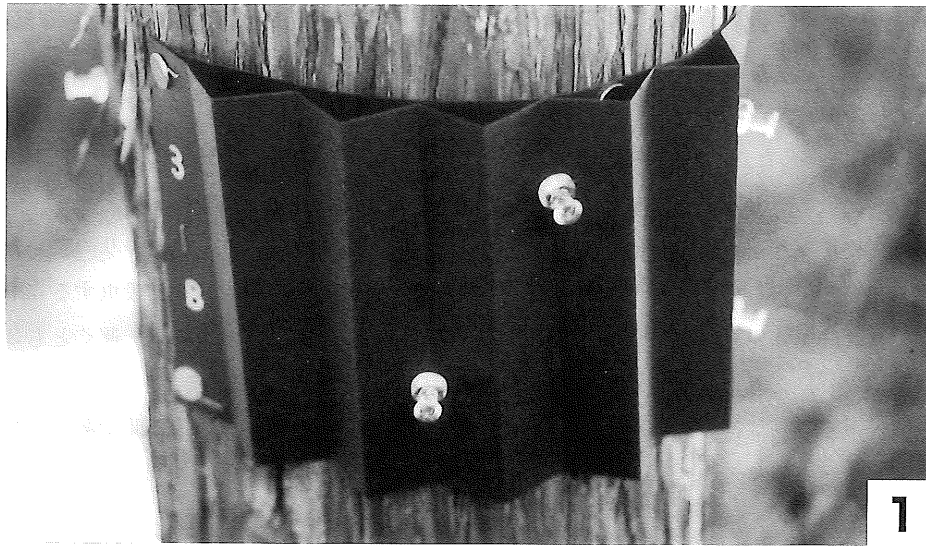


写真-1 : 黒画用紙で作成したスギカミキリ捕獲用トラップ

- 2 : スギ生立木に取り付けたトラップ

- 3 : トラップ内のスギカミキリ成虫

## 短報 ヒノキ漏脂病の発病と材質劣化の調査例

陶山大志・周藤成次

### Symptom development of the Resinous Stem Canker and Wood Deterioration in *Chamaecyparis obtusa*

Hiroshi SUYAMA and Seiji SUDO

#### 要 旨

島根県東部のヒノキ若齢林4林分で漏脂病の被害調査を行った。発病率は60~69%に達して激害であり、また3林分では樹幹の変形する患部が32~46%と高率に生じた。いずれの林分でも枝打ちがほとんど行われておらず、患部は枯枝の基部または枯枝が脱落した跡に多数生じた。患部は樹幹の地際から4mまでの部位に多数生じ、この部位で樹幹の変形する患部の割合も大きかった。患部の解剖調査の結果、樹幹の形成層が壊死して肥大成長が停止する患部が多数生じ、これらでは樹幹の変形と同時に木部の変色が広範囲に生じ、また腐朽が生じる場合もあり、著しい材質劣化が生じた。

#### I はじめに

島根県におけるヒノキ漏脂病の被害実態については、周藤・金森(4)と周藤ら(5)が1990~1992年、県下全域において調査を行い、本病がヒノキ若齢造林地に普遍的に発生して、ときに激害を与えていることを報告した。本病の病徴は樹幹に生じた患部から多量に樹脂が流出するのがひとつの特徴であるが、しばしばこの患部の形成層が壊死して樹幹の肥大成長が停止して樹幹が変形する。周藤・金森(4)、大国(1)および扇ら(2)は発病木の材質劣化状態を調査して、肥大成長の停止した患部での材の著しい変形や広範囲に及ぶ変色と腐朽を認めている。このような材質劣化は本病の経済的損失を与えるものとして注目すべきである。

そこで、本病の被害林での発病とそれに伴って生じる材質劣化との関係を調査して、実質的な被害を検討した。まず、ヒノキ漏脂病が発生した4林分において被害実態を調査した。また、うち2林分において発病木を伐倒し、患部を解剖して材質劣化状態を調査した。

なお、調査をするにあたりご協力いただいた前専門技術員(益田農林振興センター)の大国隆二氏と出雲農林

振興センター林業課の方々に厚くお礼を申し上げる。

#### II 調査方法

2001年7月、島根県東部に位置する吉田村で1林分、佐田町で3林分、計4林分で調査を行った。これらの林分は標高160~370mに位置し、23~29年生の若齢林である。各林分の面積は0.1~11haであったが、1林分あたり100本または50本を調査木とした(表-1)。各調査木について被害の有無、患部の数、患部の高さおよび患部の形態を調査した。患部の形態については現在樹脂が流出し樹幹の変形が認められないもの(樹脂流出)、流出が停止して変形が認められないもの(樹脂流出停止)、流出して樹幹が変形しているもの(樹脂流出+樹幹変形)、流出が停止して変形しているもの(樹脂流出停止+樹幹変形)に分類した。また、すべての調査木の胸高直径を測定し、数本について樹高を測定した。

2001年9月に吉田調査林、2002年2月に佐田-1調査林においてそれぞれ3本と6本、計9本を伐倒した後、樹幹を10cm間隔で鋸断した。患部の中心の高さ、肥大成長停止による樹幹の変形の有無とその長さ、木部の変

表-1 調査林概況

調査林	場 所	標高 (m)	面積 (ha)	地 形		林齢 (年生)	樹高 (m)	調査本数
				方位	傾斜(°)			
吉田	吉田村後谷	370	11.1	南東	35	24	11	100
佐田-1	佐田町佐津目	280	1.1	北東	5	29	14	100
佐田-2	佐田町八幡原	210	0.4	東	25	23	11	100
佐田-3	佐田町下橋波	160	0.1	南東	10	24	13	50

表-2 被害概況

調査林	調査本数	発病本数(%)	患部数	発病木1本当たりの患部数
吉田	100	69(69)	289	4.2
佐田-1	100	60(60)	242	4.0
佐田-2	100	66(66)	107	1.6
佐田-3	50	34(68)	124	3.6

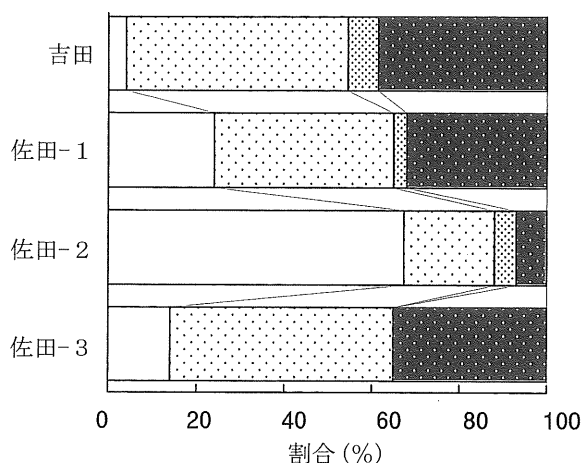


図-1 患部の形態

- 樹脂流出
- ▨ 樹脂流出+樹幹変形
- ▤ 樹脂流出停止
- 樹脂流出停止+樹幹変形

色と腐朽の有無を調査した。また、肥大生長が停止した患部については、停止後の年数を計測した。

### III 調査結果

#### 1. 被害報告

調査した4林分の発病率は60~69%に達して激害であった。また、発病木1本あたりの平均患部数は佐田-2では1.6個であったものの、他の3林分では3.6~4.2個であり多数の患部が生じていた(表-2)。

樹脂が流出し変形が認められない患部(樹脂流出)は佐田-2では68%と高率であり、吉田では4%、佐田-1では24%、佐田-3では14%であった。一方、樹幹

の変形を伴った患部(樹脂流出+樹幹変形と樹脂流出停止+樹幹変形)は、佐田-2では12%と低率であったが、吉田では46%、佐田-1では32%、佐田-3では35%と高率を占めた(図-1)。

患部は地際部から最高5~7mまで生じていた。多数の患部は吉田では3mまで、佐田-1では1~4m、佐田-3では2~3mに生じていた。また、患部が多数生じたこれらの低い位置で樹幹の変形が生じた患部の発生率が高い傾向があった(図-2)。

いずれの林分においても発病木は健全木に比べて胸高直径が大きい傾向があった。佐田-2では患部数5個以上の激害木が4個以下の軽害木に比べて直径が大きかったが、他の林分では発病程度と直径の間に差を認めなかった(図-3)。

いずれの林分も枝打がほとんど行われておらず、本病の患部が枯枝の基部または枯枝が脱落した跡に多数生じていた。吉田調査林では枯枝が樹幹の地上約1.0mの低い位置まで多数残っていた(写真-1, 2)。また、佐田-1では約2.0m、佐田-2および佐田-3では約1.5mまで枯枝が多数残っていた。

#### 2. 患部の解剖調査

吉田、佐田-1の調査林とも、患部が枯枝の基部または枯枝の脱落痕を中心に形成されていることを確認した(写真-3)。

吉田調査林では調査した10患部のうち9患部で樹幹の形成層が壊死して肥大成長が停止していた。肥大成長

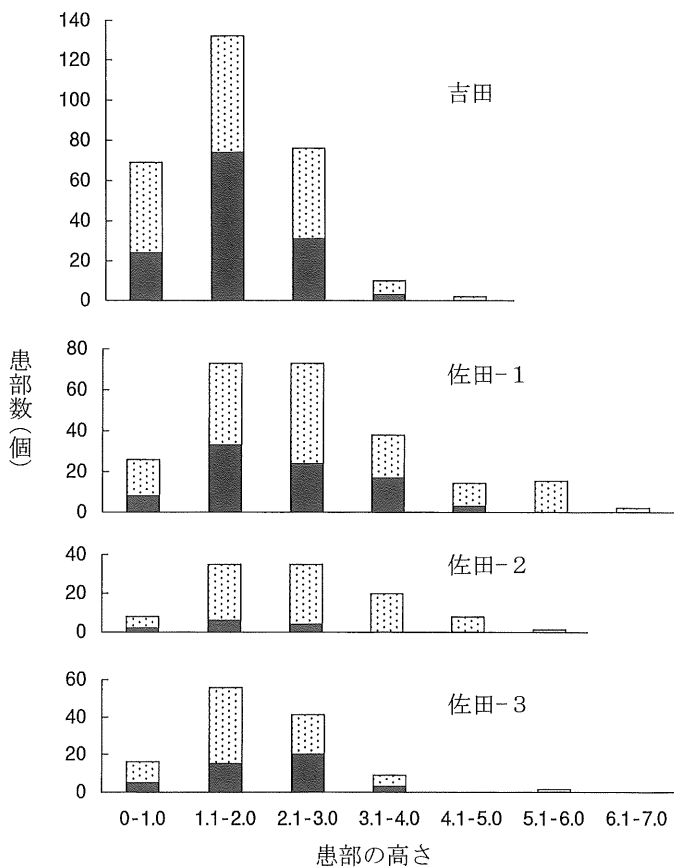


図-2 高さ別の患部数

■ 変形した患部 □ 変形のない患部

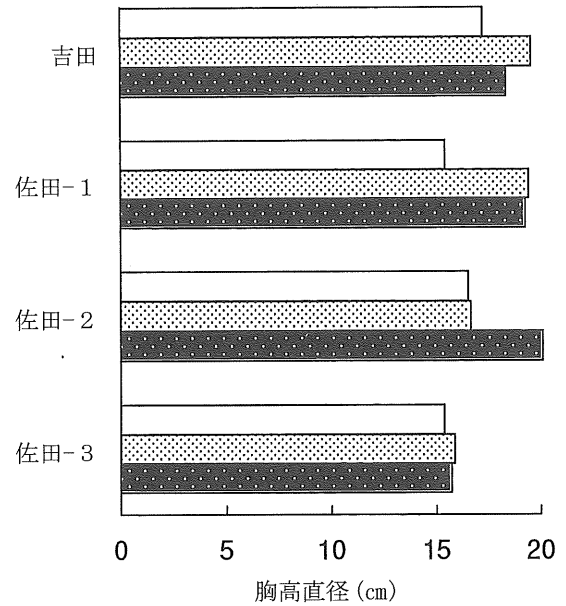


図-3 健全木と発病木の胸高直径

□ 健全木  
 □ 発病木-患部数 1~4  
 ■ 発病木-患部数 5以上

停止後の調査時までの年数は3~9年で、樹幹変形の垂直方向への長さは0.2~2.8mで1m以上に及ぶ場合が3患部あった。患部が低い位置で肥大成長停止後の年数が古く、高い位置では新しい傾向であった。また、これら大形の患部では樹幹周囲の1/2~2/3に変形が及ぶ場合もあった。すべての肥大成長停止患部で木部に変色が認められ、患部の位置から上下に拡大していた。これらの変色は複数の患部から生じたものが連続することもあった。また1患部では腐朽が生じていた。

佐田-1 調査林では調査した17患部のうち13患部で樹幹の形成層壊死して肥大成長が停止していた。肥大成長停止後の調査時までの年数は4~13年で、樹幹変形の垂直方向への長さは0.2~3.7mで1m以上に及ぶ場合が7患部あった。すべての肥大成長停止患部で木部に変色が認められ(写真-4)、患部の位置から上下に拡大していた。また3患部では腐朽が生じていた(写真-5、表-3)。

### III 考察

調査林は発病率60~69%と高率に達し、また発病木当たりの患部数も多数生じていて激害林であった。周藤ら(5)は島根県のヒノキ248林分で本病の被害実態を調査して、調査林の約85%に被害発生を認め、発病率10%以下の被害程度が軽微な林分が高率を占めたが、発病率がより高率な林分もあり、発病率51%以上のきわめて激甚な2林分も生じていることを報告している。

調査した3林分では樹幹の変形した患部が32~46%と高率を占めた。一方、若齢の1林分では樹幹の変形した患部は12%と低率であり、現在樹脂の流出中の患部が高率を占めた。扇ら(2)は島根県の5林分で本病の被害推移について調査を行い、患部からは多くの場合2~3年継続して樹脂が流出して停止すること、また樹幹が変形する患部は漸次増加することを報告した。したがって、現在樹脂流出中の患部は今後肥大成長が停止し、樹幹の変形した患部に推移すると考える。すなわち、発病後年

表－3 発病木の解剖調査結果

調査林	調査林 No.	患部 No.	患部の高さ	肥大成長停止	肥大成長 停止後の年数	樹幹変形 の長さ	変色	腐朽
吉田	1	1	0.2m	+	9	0.5m	+	－
		2	0.4	+	6	1.0	+	－
	3	2	2.0	+	4	1.2	+	－
		1	0.3	+	9	0.7	+	+
		2	2.4	+	5	2.8	+	－
		3	2.4	+	4	0.9	+	－
		4	3.3	+	3	0.3	+	－
		5	4.5	+	3	0.6	+	－
6	4.7	+	3	0.2	+	－		
	7	5.0	－(樹脂流出のみ)		－	－	－	－
佐田－1	1	1	0.1	+	13	3.7	+	+
		2	0.2	+	6	0.9	+	－
	2	2	1.0	+	4	2.2	+	－
		3	2.1	－	－	－	－	－
		4	2.5	－	－	－	－	－
		5	3.4	－	－	－	－	－
		6	4.5	－	－	－	－	－
		3	1	1.2	+	7	1.1	+
	3	2	1.5	+	9	2.0	+	－
		4	1	1.7	+	10	0.3	+
	4	2	2.2	+	4	0.2	+	－
		3	2.5	+	8	1.3	+	－
		4	4.1	+	7	0.7	+	－
	5	5	4.5	+	6	0.8	+	－
		1	0.7	+	7	1.2	+	－
	6	1	1.3	+	9	1.3	+	+
		2	1.4	+	7	0.7	+	+

数を経るにつれ、このような外見上の変形が増加して目立つことになる。

林木の肥大成長と発病との関係については、発病木が健全木にくらべて胸高直径が大きかった。この傾向については古くから多数の報告がある(2, 3, 6, 7)が、その理由については不明である。

解剖調査の結果、患部の形成層が壊死したために生じる肥大成長の停止、ひいては樹幹の変形をきたした患部が調査木では高率に発生していた。また、これらの樹幹の変形は1m以上の広範囲に及ぶ場合もあった。樹幹が変形した患部ではすべて材の変色が生じ、ときに腐朽も生じている。この材変色は患部の位置から上下に拡大し、複数の患部から生じたものが連続することもあつた。

これらの変色や腐朽は、樹幹の変形した患部が増加し、また拡大するにつれ、さらに拡大すると考える。本病の病徴のひとつの特徴は患部からの樹脂の多量の流出であるが、これに伴って生じる樹幹の変形、材の変色および腐朽による材質劣化を実質的な被害として注目すべきである。

患部は地際から4m以下で多数形成され、この部位で樹幹の変形する患部の割合も大きかった。この部位は丸太の1番玉に相当することから、その経済的損失が大きいことを再確認した。

今回調査した林分はいずれもほとんど枝打無実施で、患部の多くは枯枝の基部に生じていた。周藤ら(5)は枝打の不実施の場合その枯枝基部から患部が生じること、



また不適切な枝打が本病を誘発すると報告した。本病の被害を回避するには適切な枝打ちの実施がきわめて重要であると考える。

#### 引用文献

- (1) 大国隆二：島根県におけるヒノキ漏脂病の被害と材質劣化. 森林防疫44：187～193, 1995
- (2) 扇 大輔・周藤靖雄・金森弘樹：ヒノキ漏脂病の被害推移と材質劣化. 島根林技研報49：39～50, 1998
- (3) 川上忠士・三上 進：23年生ヒノキ人工林における漏脂症状. 日林東北支誌36：261～263, 1984
- (4) 周藤靖雄・金森弘樹：島根県におけるヒノキ漏脂病の被害解析と病因究明. 島根林技研報41：31～50, 1990
- (5) 周藤靖雄・金森弘樹・井ノ上二郎：島根県におけるヒノキ漏脂病の被害実態. 島根林技研報45：17～25, 1994
- (6) 矢田 豊・石田 清・杉浦孝蔵・清水正明：多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究 (IV) -漏脂病激害木の樹幹解析-. 99回日林論：538～536. 1993
- (7) 山谷孝一・加藤亮助・森麻須夫・後藤和秋：東北地方におけるヒノキ人工林の育成状態と造林上の問題点. 林試研報325：1～96, 1984

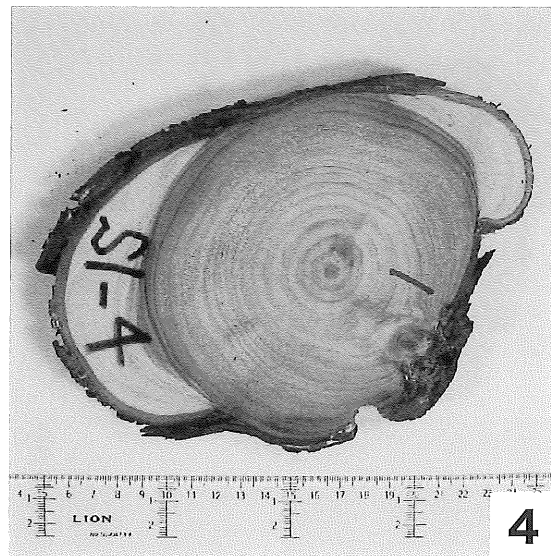
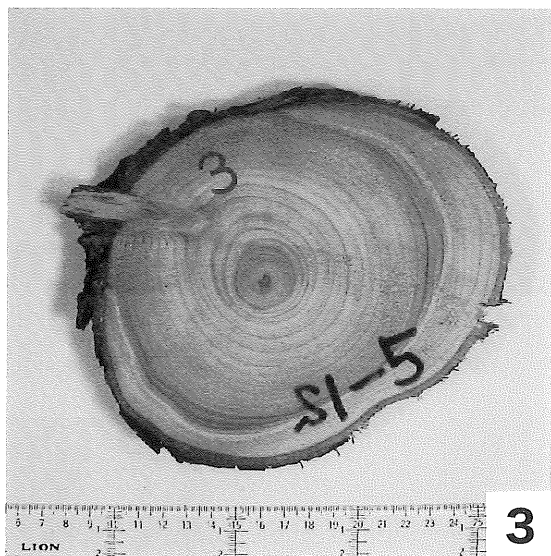
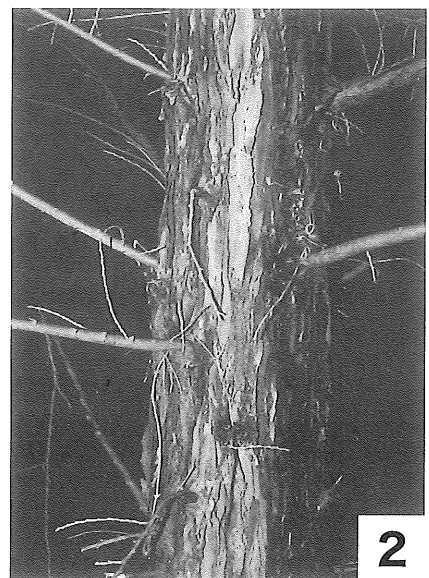


写真-1 : 枝打の行われていない調査林 (吉田)

- 2 : 枯枝の基部と枯枝の脱落した跡に形成された樹脂の流出する患部 (吉田)
- 3 : 枯枝の基部を中心に形成された患部 (佐田-1)
- 4 : 肥大成長停止部に形成された木部の変色 (佐田-1)
- 5 : 肥大成長停止部に形成された木部の腐朽 (佐田-1)

## 短報 小型多機能機械を活用した間伐作業例

堀江俊輔

### Thinning Operation Case with the practical use of Small-Sized

Syunsuke HORIE

#### 要 旨

バケット容量0.15m<sup>3</sup>クラスの小型ベースマシンに、全旋回型グラップル付きバケットとスイングヤーダウインチを装備した「小型多機能機械」による簡易作業路開設作業及び間伐材集材作業事例の調査を行った。作業路開設作業ではグラップル付きバケット特有の作業能力を使って必要な土工能力を得ていること、グラップル機能が伐根処理等で多用され非常に役立つことを確認した。集材作業では生産性はタワーヤーダに劣るものの、幅員2m程度の作業路からの集材作業が可能であり架設撤去が短時間でできることから、簡易作業路上から短スパンの索張りを繰り返していく方法が適していると考えられた。本機の特徴は使用機械の台数、作業人員を最小限に抑え、簡易作業路を自力で効率的に開設しながら迅速に集材作業を移動、展開できる点にあり、大型高性能林業機械の導入が困難な林分において有効だと考える。

#### I はじめに

間伐期を向かえた本県では間伐作業の機械化を促進するため、林業労働力確保支援センターによる貸付事業等によって高性能林業機械が積極的に導入されているが、タワーヤーダ、プロセッサに交じって、小型バックホウベースマシンにグラップル付きバケットとスイングヤーダウインチを装備した機械（以降「小型多機能機械」と呼ぶ）が相継ぎ導入されている（写真-1）。

小型多機能機械は、グラップル付きバケットによって、掘削作業に加えて支障木処理や伐根処理が可能になることから作業路開設工事で能力を発揮すると予想される。またグラップル付バケットは材の極積・積込作業等にも使用できるよう設計されている。加えてスイングヤーダウインチを使って簡易索張による集材作業も行うことができる。複数の機能を兼ね備えた、これまでに無いタイプの林業機械である。

そこで本研究では、簡易作業路開設作業及び間伐材集材作業における小型多機能機械の活用事例を調査し、機械の作業特性を把握するとともに活用方法について検討した。

本調査は大型プロジェクト研究開発推進事業課題「機械化作業システムに適合した森林施業法の開発」で実施した。調査にご協力いただいた益田農林振興センターおよび美都森林株式会社の皆様に厚くお礼申し上げます。

#### II 調査方法

##### 1. 作業状況

##### 1) 使用機械

調査した機械は、0.15m<sup>3</sup>クラスの建設用ベースマシン（EX-45・日立建機（株））に全旋回型グラップル付きバケット（MSE-15ZR・松本システムエンジニアリング（株））とスイングヤーダウインチ（MSE-23SDU・松本システムエンジニアリング（株））を装備する小型多機能機械である。本機は美都森林株式会社（美濃郡美都町）が平成11年8月に導入した。

全旋回型グラップル付きバケットは、従来のバケットにグラップル機能と旋回機能が付加されている。バケット作業はバケットの内側にフォークを収納させた状態で行う（写真-2）。グラップル作業ではフォークを開閉させることによってつかみ作業を行う（写真-3）。

本体ブームの下面に取り付けられたスイングヤーダウインチ（写真－４）は、中心にメインドラム（ホールライン巻取）、メインドラムの横にサブドラム（ホールバックライン巻取用）が装備され、ハイリード式の索張りを行う。集材距離が100m以内での使用に限定される。ウインチのインターロック機構は、メインドラムを巻き取る際、サブドラムに一定のブレーキがかかる方式となっている。またベースマシンのブーム、アームをタワーとして使用することで4 m程度のタワー高を確保する。

## 2) 調査地

調査は島根県美濃郡美都町大字山本にある美都森林（株）の間伐作業地で行った。

簡易作業路開設作業及び間伐材集材作業の調査地の概要を表－1、2に示す。

簡易作業路開設作業の調査は、平成13年7月、調査地内の林内斜面中腹で行われた開設作業の一部を対象に行った（写真－5）。

集材作業の調査は、平成14年2月、調査地内で山、谷両側を簡易作業路に挟まれた区域にプロットを設定し、上げ荷、下げ荷の両方向について行った（写真－6、7）。

## 3) 作業手順

簡易作業路開設作業は、予めチェーンソーを使って支障木の伐倒作業を行い、次に小型多機能機械が主にグラップル付きバケットを使って行った。

集材作業は、集材に先行してチェーンソーを使って単木間伐を行った。また伐採と同時に林内で枝払、玉切作業も行った。次に小型多機能機械が幅員2 mの簡易作業路上を移動しながら、間伐林分にできた隙間を利用してハイリード式による索張を繰り返した。下げ荷ではプロ

ット谷側の作業路上から放射状にスパン長63～77mの索を4線、上げ荷ではプロット山側の作業路上から放射状に、スパン長30mと60mの索を2線張った（図－1）。

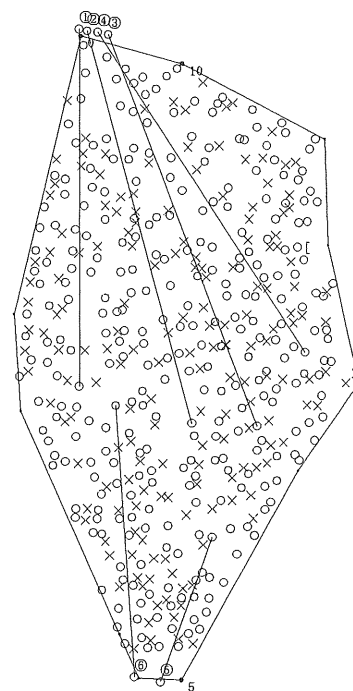
## 4) 作業員数

簡易作業路開設作業は、オペレーター1人で行った。

集材作業は、オペレーター1人、荷掛手1人の計2人で行った。また架設撤去作業も元柱付近1人、先柱付近1人の計2人で行った。

## 2. 調査概要

作業現場において作業環境・作業手段・作業量を把握するとともに、作業状況をビデオで撮影し、その再生映像を用いて作業内容の分析を行った。



図－1 集材作業の調査プロット

表－1 簡易作業路開設作業調査地の地況・林況

平均傾斜 (度)	土質	樹種	林齢 (年生)	立木密度 (本/ha)	平均伐根径 (cm)
38	砂質土 (一部礫交土)	スギ	35	1,260	28

表－2 集材作業調査地の地況・林況・間伐率

プロット面積 (ha)	平均傾斜 (度)	樹種	林齢 (年生)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	間伐方式	間伐率 (%)
0.37	30	ヒノキ	35	18	23	1,260	単木間伐	36

### III 調査結果と考察

#### 1. 簡易作業路開設作業

開設された簡易作業路の概況と作業能率を表-3に示す。開設作業を要素別に分けると、土工(掘削・敷ならし・締固め・転圧・移動)と障害物除去作業(伐根処理・材処理・枝条処理・その他)に分けられた。所要時間の内訳は図-2のとおりで、伐根処理(写真-6)が25%で最も多く、次に掘削作業(写真-7)が23%であった。

全作業時間におけるグラップル付きバケットの使用機能割合は、バケット機能が68%、グラップル機能が23%、未使用が9%であった。要素作業別のグラップル付きバケット使用状況を図-3に示す。掘削・敷ならし・締固め作業はすべてバケット機能で行ったが(写真-8)、敷ならし、締固め作業の半分はバケットの開口部を前方に向けて使用した(写真-9)。また伐根処理の1/3、材処理、枝条処理ではグラップル機能を使用した。伐根処理ではバケット機能とグラップル機能を交互に使って伐根を引き抜き作業路谷側に土留めとして埋め込んだ(写真-10)。1株の処理には平均3分27秒を要した。

グラップル付きバケットはバケット容量が少なく、またバケット先端爪はバケットとグラップルの両機能を持たせるため特殊な形状をしているが、土工専用爪ほど鋭利ではない。したがって土を運ぶ、土を掻く能力は通常のバケットとは異なる。しかし開口部を前方に向けてのバケット作業など特異な作業方法を交えて必要な土工を行うことができた。またグラップル機能も多用されており、伐根、伐採木処理等を非常に容易にしていた。

このように小型多機能機械の装備するグラップル付きバケットを使用することによって、簡易作業路開設作業が省力化できた。

表-3 簡易作業路開設作業の状況

調査延長 (m)	幅員 (m)	線形	勾配 (%)	平均切土高 (m)	作業能率 (m/時)
34	2	ほぼ直線	20	1.9	12.4

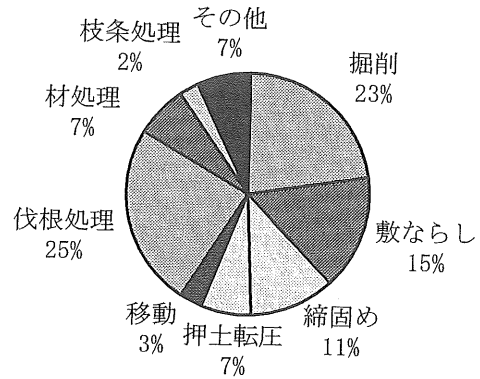


図-2 作業路開設作業の要素作業と所要時間割合

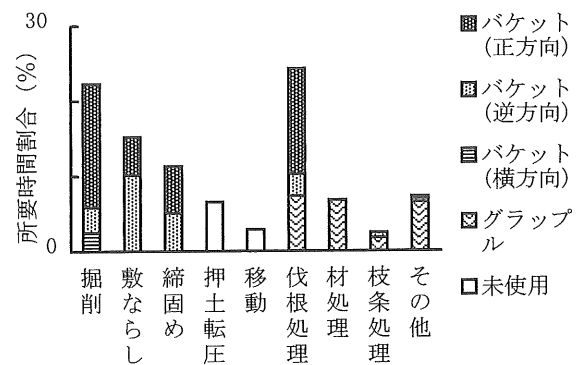


図-3 作業要素別グラップル付バケット使用機能割合

#### 2. 間伐材集材作業

##### 1) 架設撤去作業

架設撤去作業の状況を表-4に示す。架設作業では、間伐林分の隙間を利用して索張りを行ったため、索を通す隙間を見つける作業に余分な時間を費やしたが、それでも70m程度のスパンを20分弱で架設することができた。また撤去時間は3~6分で済んだ。

架設作業は、本体側では、オペレータが適切な場所に小型多機能機械を移動し、排土板をおろして本体を固定

表-4 架設撤去作業の状況

索番号	集材方向	索張方式	スパン長 (m)	架設時間 (分)	撤去時間 (分)
1	下げ荷	ハイリード	63	12.5	4.1
2	下げ荷	ハイリード	71	19.4	2.9
3	下げ荷	ハイリード	77	19.2	3.0
4	下げ荷	ハイリード	70	19.2	3.0
5	上げ荷	ハイリード	30	7.9	2.9
6	上げ荷	ハイリード	53	11.2	5.7

し、引き回し作業に合わせてホールバックラインを送り出す操作を行った。先柱側では、先柱等へのガイドブロックの取り付け、ホールバックラインの引き回し作業、ホールラインとの連結作業を行った。なお2本の索がスパン途中で交錯するのを防ぐため、ホールラインより数メートル離れたスパンの中間位置にもガイドブロックを取り付け、ホールバックラインはそのブロックを通して先柱に引き回した(図-4)。撤去作業は、ラインを連結する搬器と、先柱等のガイドブロックを取り外して各ラインを巻き取った。

小型多機能機械はベースマシンの自重によって集材木の荷重を支持するため、タワーヤードのように控え索による補強作業が不要である。また索の引き回し作業ではリードロープを使用しないで直接ワイヤを引き回すことからタワーヤードに比べて大幅に架設時間が短縮できることがわかった。ただし下げ荷の架設は、重量のあるワイヤを斜面上方に向けて運搬する必要があり、スパンが長くなるほど、あるいは傾斜が急になるほど作業者の負担が大きく、作業は困難になる。

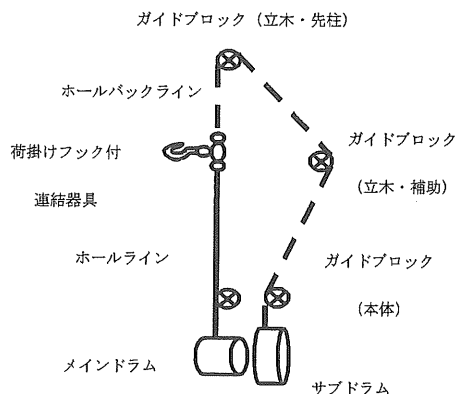


図-4 索張方式(ハイリード式)

## 2) 集材作業

下げ荷集材は、合計77サイクルの集材作業を観測し、集材量は本数343本、材積26.2m<sup>3</sup>(4m材(51%), 3m材(43%), 2m材(6%), 平均末口径(14cm))であった。

上げ荷集材は、合計21サイクルの集材作業を観測し、集材量は本数61本、材積3.6m<sup>3</sup>(4m材(49%), 3m材(46%), 2m材(5%), 平均末口径(12.5cm))であった。

集材作業を要素別に分けると、索上げ、空搬器走行、

索下げ、荷掛け、荷上げ、実搬器走行、荷直、荷下、荷外しに分けられた。その所要時間の内訳を図-5に示す。なお要素作業のうち荷直作業は実搬器走行途中に荷がかりが発生した場合にのみ行った作業である。

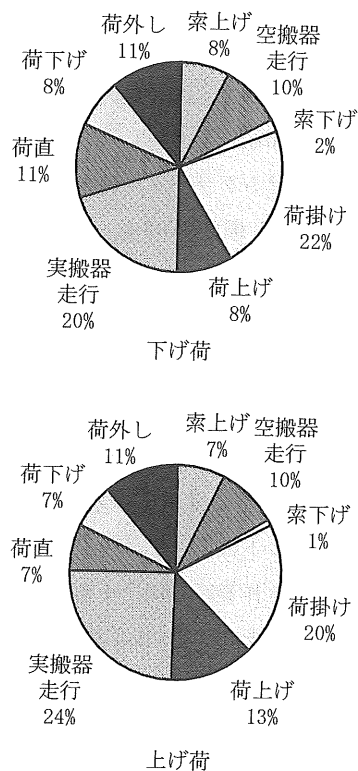


図-5 要素作業と所要時間割合

ここでは小型多機能機械の作業特性を調べる観点から、特に実搬器走行、荷直作業に多くの時間を費やした点に注目した。

空搬器走行の平均速度は、下げ荷で1.36m/秒、上げ荷で1.34m/秒であったのに対し、実搬器走行の平均速度は下げ荷で0.69m/秒、上げ荷で0.56m/秒であり、空搬器走行と比較して下げ荷で50%、上げ荷で42%にまで減少した。所要時間割合でも実搬器走行には空搬器走行の2倍以上の時間を要している。この原因は、間伐林分の隙間を使った索張りであり立木への接触や荷がかりに細心の注意を払って集材する必要があったことに加え、下げ荷においては自重で滑走してしまう荷のコントロールに苦労したこと、ハイリード式索張りであることから、上げ荷作業においては鼻上げ高が確保できず、立木に加え、伐根、枝条、地表の凹凸などにも注意を払う必要があったこと、また上げ荷作業では集材作業中の荷がかりによって転倒する危険性があることか

ら、慎重に作業を行う必要があったことが考えられる。

障害物はウインチ操作と合わせて、旋回動作、ブーム動作を行うことによってある程度回避することができたが、それでも実搬器走行中に発生する荷がかりによって度々作業が中断し、所要時間割合でも荷直作業には全作業時間の下げ荷で11%、上げ荷で7%の時間を費やした。荷がかりの発生率（荷がかり発生サイクル数/全サイクル数）は、上げ荷が38%、下げ荷が25%であったが、荷がかり発生サイクルにおける荷直し所要時間は、上げ荷で平均44秒、下げ荷で平均164秒であった。これは、上げ荷では荷がかりが生じやすいものの、かかった荷を谷側に逆送してすぐに外すことができたが、下げ荷では荷を山側に向けて逆送するのが困難であり、荷直作業に手間取ったためだと考えられる。

したがって作業方法の改善によって集材途中の障害物を少なくすることができれば、集材作業能率がさらに向上する可能性がある。具体的な方法としては、索張時に地表の凹凸を考慮し、荷上経路上にある障害物（伐根・枝条等）は作業前に除去しておく、索張箇所を追加伐採等によって荷の軌道を確保する、などが有効だと考える。

なお小型多機能機械では集材木をウインチで引き寄せた後、本体の旋回、ブーム、アームの屈伸によって作業路上に荷をおろすことが可能であった。また作業路上に集積スペースが確保できなかったため、作業路上におろした材をグラップル付きバケットを使って作業路谷側斜面に移動・集積することも可能であった。さらに現地の集材方法に合わせ、グラップル付バケットを使って作業路の部分的な拡張、荷卸土場の確保、本体の転倒防止のための路面整形、旋回スペース確保のための法面掘削なども

行った。

このような小型多機能機械の作業能力は、簡易作業路上という限られたスペースで集材作業を行うのに非常に好都合であった。

### 3) 集材作業能率と労働生産性

各スパンの集材作業状況と集材作業能率を表-5に示す。各スパンの架設撤去作業を除く集材作業能率は2.8~3.8m<sup>3</sup>/時であった。集材方向によって集材距離、集材量に大きな差があり単純な比較はできないが、下げ荷が上げ荷より高能率であった。似通った作業条件でタワーヤードを使用した事例(1)では、架設撤去を除く集材作業能率が上げ荷で7.9m<sup>3</sup>/時、下げ荷で7.7m<sup>3</sup>/時であったと報告されている。この事例と比較した場合、最も作業能率の高いスパンでもタワーヤードの50%程度の作業能率であったことがわかる。

次に架設撤去作業を含めた集材作業の労働生産性を求めた。調査プロット内での集材作業の労働生産性は下げ荷が8.64m<sup>3</sup>/人日、上げ荷が6.05m<sup>3</sup>/人日であった。タワーヤードの事例(1)では架設撤去作業を含めた集材作業の労働生産性が7.00m<sup>3</sup>/人日であったことから大きな差ではない。これは小型多機能機械の架設撤去作業が短時間でできたこと、作業人員が2人であったこと（タワーヤードは3人~4人）に起因している。

なお伐木造材作業を含めた作業全体の労働生産性は、伐木造材作業の労働生産性が4.34m<sup>3</sup>/人日であったことから、下げ荷が2.89m<sup>3</sup>/人日、上げ荷が2.53m<sup>3</sup>/人日であった。

表-5 集材作業の状況

索番号	集材方向	集材方式	集材回数 (回)	平均集材距離 (m)	平均横取幅 (m)	平均集材本数 (本)	平均処理材積 (m <sup>3</sup> )	平均処理時間 (秒)	作業能率 (m <sup>3</sup> /時)
1	下げ荷	短幹	24	44.8	1.5	4.2	0.31	338	3.3
2	下げ荷	短幹	16	49.7	1.5	4.9	0.37	349	3.8
3	下げ荷	短幹	20	45.4	1.4	4.3	0.35	403	3.1
4	下げ荷	短幹	16	45.5	0.9	4.6	0.33	336	3.5
5	上げ荷	短幹	7	19.0	2.5	2.6	0.13	164	2.9
6	上げ荷	短幹	14	38.0	1.5	3.1	0.20	256	2.8

#### IV お わ り に

本調査により、小型多機能機械の作業特性の一端を把握することができた。

簡易作業路開設作業ではグラップル付きバケットが非常に有効であることを確認した。集材作業では作業能率の大幅な向上は望めないものの、幅員2 m程度の作業路を使った上げ荷、下げ荷両方の集材作業が可能であり、架設撤去が短時間で行えることから、作業路上から短スパンの索張りを繰り返していく作業方法が適していると考えられた。

本機の特徴は、使用機械の台数、作業人員を最小限に抑さえ、簡易作業路を自力で効率的に開設しながら迅速

に集材作業を移動、展開できる点にある。特に大型高性能林業機械の導入が困難な林分での作業が可能になると考えられるが、どのような現場に投入すべきか作業コストを含めた検討が今後必要である。

また小型多機能機械が小型軽量であるため、特に集材作業中の転倒など安全面での不安が残る。したがって安全確保のための作業方法の検討も今後必要だと考える。

#### 引 用 文 献

- (1) 西 政敏・石橋公雄：間伐作業におけるタワーヤーダとプロセッサの集材・造材作業例，島根県林技研報51：55～62，2000





1



2



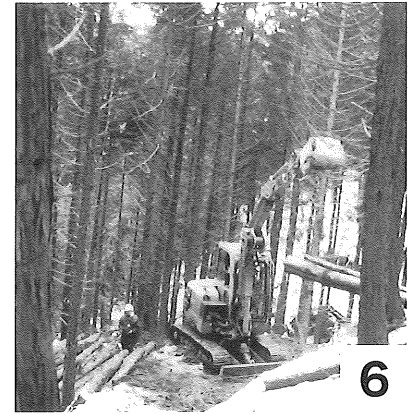
3



4



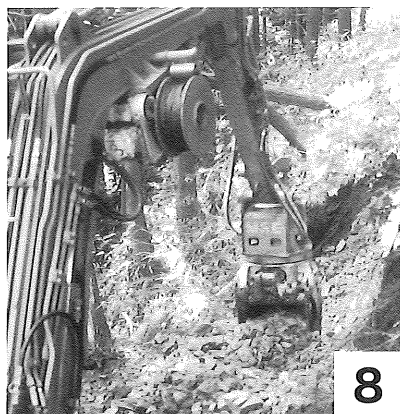
5



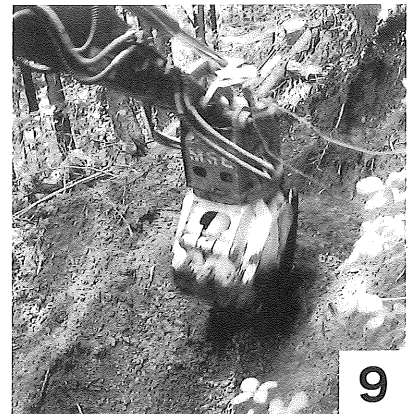
6



7



8



9



10

写真-1：小型多機能機械

- 2：グラップル付きバケット
- 3：グラップル機能
- 4：スイングヤーダウインチ
- 5：簡易作業路開設状況
- 6：集材作業状況（下げ荷）
- 7：集材作業状況（上げ荷）
- 8：バケット作業
- 9：バケット作業（逆方向）
- 10：グラップル作業（伐根処理）

## 資料 木材チップ敷設による温度特性・水分特性の検討

後藤 崇志・池 渕 隆・中山 茂生・福間 厚\*

### 要 旨

スギ中小径材や製材端材などを原料とし、それらを繊維方向に細かく粉砕した木材チップを製造した。そして、温度特性、水分保持特性などについて試験を行うとともに、敷設箇所の現地調査から木材チップの敷設効果を検討した。その結果を下記に示す。

1. 木材チップを厚さ約10cmで敷設すると、地際部分での温度変化が極めて小さくなった。
2. 繊維方向に細かく粉砕した木材チップは、一般的な形状の木材チップよりも高い吸水性と保水性を有していた。
3. 敷設後数年経過した箇所では、木材チップ表層は紫外線劣化が認められたが内層部分では認められず、また腐朽の発生なども生じていなかった。
4. 強風によって、木材チップ敷設表層部分の乾燥した木材チップの飛散がわずかに見られた。
5. 木材チップ層の厚さ、また敷設後に飛来してくる植物の除草管理などが必要であると考えられた。

### I はじめに

近年、木材を軸とする循環型社会の構築に向けた法整備が進められている。

平成12年11月、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」いわゆる「建設リサイクル法」が施行された。この中で、平成22年度までに木材のリサイクル率を95%に引き上げる数値目標が盛り込まれ、木材をチップ化して木質ボードや堆肥などの原料として再利用する基本方針が定められている(1)。しかし、平成7年度のリサイクル率が約40%であったことから、新たなリサイクル製品の開発が早急に求められるものと予想される。

また、平成12年9月には「廃棄物の処理及び清掃に関する法律及び産業廃棄物の処理に係る特定施設の整備の促進に関する法律の一部を改正する法律」が施行されており、廃棄物の焼却(野焼き)が原則禁止となっている。

このような背景のもと、木材のさらなる利用拡大とともに、木材の再資源化技術とその利用方法の開発が求められている。

そこで、本研究ではスギ製材端材などを繊維方向に細かく粉砕した木材チップ(以下、チップと記す)の利用方法の開発を目的として、各種の特性を調査してチップ敷設の実用性について検討を行った。利用方法のひとつであるマルチング材としての利用を考え、温度特性と水分保持特性を検討するとともに、チップの飛散や腐朽の発生などを検討するため県内各地の敷設箇所において経時調査を行った。

なお、この研究は株式会社大田緑地と共同して行ったものであり、既報(2)の一部を含んでいる。

### II 試験方法

#### 1. 材料

チップは、主にスギ中小径材や製材端材などを原料とし、それらを樹木粉砕機によって繊維方向に細かく粉砕したものを用いた(写真-1)。一般的な形状の木材チップと比較して、繊維状に細くなるまで粉砕されているのが特徴で、その大きさは長さ20mm、厚さ1mm程度のもので大半を占めていた(3)。

\*株式会社 大田緑地

## 2. 温度特性試験

チップ敷設層の温度特性は、チップを一定面積で敷設してその敷設箇所の表層、地際、そして敷設していない土壌部分の温度を経時的に測定して比較検討した。

平成12年8月中旬、チップを当センター構内で日当たりと風通しがよい場所に敷設した。敷設寸法は2.5m×2.5m（面積6.25㎡）、厚さは約15cmとし、敷設後には飛散を防ぐため散水処理を行った（写真－2）。その後、約2週間放置したが、温度測定時のチップの厚さは約10cmに自然に圧縮されて飛散もない安定した状態であった。

温度測定は平成12年9月に約1ヵ月間実施した（写真－3）。温度の測定には、温度記録計（TABAI ESPEC社製 THERMO RECORDER RT-10型、及びティアンドデイ社製 Thermo recorder おんどとりTR-71S型）を使用した。

温度の測定箇所は、図－1に示すようにチップ敷設層の中央付近で、①チップ表層、②チップ地際、③土壌中（深さ約3cm）の3カ所とした。①～③について各2カ所ずつ温度を測定し、それらの平均値を求めた。③の土壌中については、目視で観察したところ黄褐色で土性は埴質壤土、堅密度は堅であった。なお、気温を温湿度自記記録計（株式会社佐藤計量器製作所製 Sigma II）により測定した。

## 3. 水分特性試験

写真－1に示した2種類のチップを約5日間水浸せきして飽水状態に調整した。これらのチップは、それぞれ15cm角で深さ5cmの金網に入れ、温度30℃、相対湿度44%、平衡含水率8%に設定した恒温恒湿器（TABAI ESPEC社製 PR-4S [H] (W)型）の中に約5日間放置した。そし

て、適時重量を測定して含水率を算出し、チップの形状の違いによる含水率減少経過について比較検討した。

## 4. チップ敷設箇所の現地調査と敷設チップの含水率測定

平成13年3月時点にチップが敷設されていた県内約10カ所について、敷設後のチップの状態を観察するため現地調査を行った。

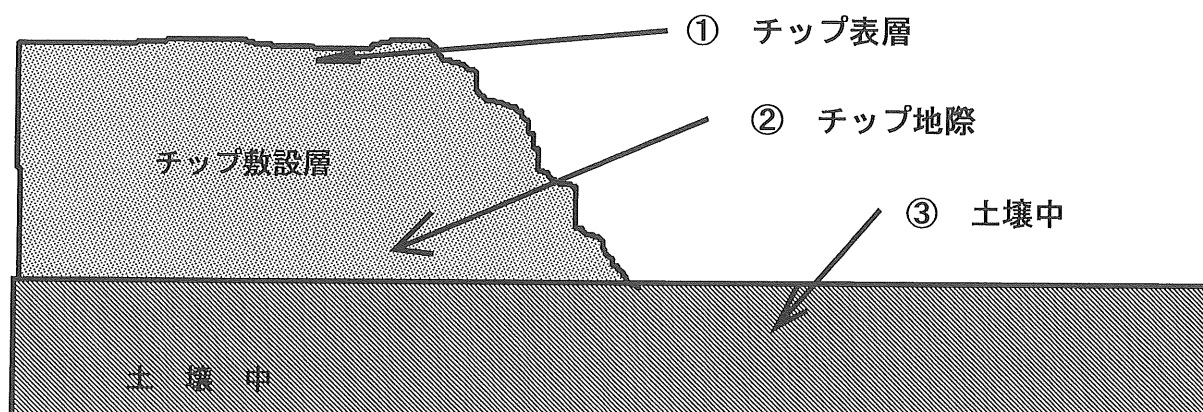
チップ敷設層の厚さを鋼尺定規で測定して施工時からの厚さの変化を調査し、また材色の変化を目視で観察した。加えて、周囲への飛散状況、地際部分の腐朽状況、植物などの発生状況について調査した。保水状態については、チップ敷設層で表層の乾燥した部分と内層で湿潤な部分を目視により区別し、それぞれの試料を採取して全乾法により含水率を測定した。

# III 結果と考察

## 1. 温度特性試験

温度特性試験結果について、最も温度変化が大きかった平成12年9月21日の結果を示す（表－1）。

チップ表層、チップ地際、そして土壌中の平均温度は、気温よりも5℃程度高くなった。特にチップ表層は、最高最低温度差が他の測定箇所よりも著しく大きくなり、また温度データの標準偏差も大きくなることが分かった。これは、チップ表層付近は気温をはじめとして太陽光や風などの影響を直接的に受けているためと考えられる。チップ地際は、温度データの標準偏差と最高最低温度差が最も小さくなった。これは、チップが木材由来の材料であり熱伝導率が小さいため(4)、チップ敷設層が10cm程度であれば地際部分は気温などの影響を受けな



図－1 温度特性試験におけるチップ敷設層の温度測定箇所

表-1 温度変化が最大となった日の測定結果

測定箇所	平均温度 (°C)	標準偏差	最高最低温度差 (°C)
気 温	20.7	5.6	18.0
チップ表層	26.9	10.1	32.8
チップ地際	25.1	0.9	2.8
土 壤 中	25.2	3.1	9.7

くなるためと考えられる。別に温度測定を実施したところ、厚さ10cmのチップ敷設層について深さ5cm付近の温度を測定した結果、チップ地際と同様に温度変化が小さくなる結果が得られている。

また、塩崎(5)らはカラマツチップを敷設してチップ層の下で地表面下5cm部分の温度変化を測定した結果、地温の変動が緩慢になるとともに、その変動は遅延することを認めている。したがって、チップ表層では気象などの影響を受けて温度変化が大きくなりやすいが、チップ敷設層で深さ5cm付近からチップ地際、そして地際から約5cmの土壌中部分にかけては、チップの熱伝導率が小さいために、高い断熱性と保温性を有して温度変化が小さくなるものと思われる。

次に、9月21日前後の温度変化の様子を示す(図-2)。チップ表層と土壌中の温度変化は、気温の変化に伴って大きく変動する様子が見られた。土壌の表面温度につい

ては測定していないが、チップ表面と同様に太陽光などの影響によって大きく変化しているものと思われる。チップ地際では夜間に気温が低下しても温度は低下しておらず、全体的な温度変化は3°C以下に抑えられている様子が認められた。これは、前述のとおりチップの原料が木材であるため熱伝導率が小さい特性を有すること、加えて供試したチップが一般的な形状のチップと異なり繊維状であるため、チップ同士が密に絡み合っチップ敷設層全体として多くの空隙を形成しさらに熱伝導率が小さくなるためと考えられる。この温度特性については、さらなる検討によって農園芸分野での応用が期待できるものと思われる。

## 2. 水分特性試験

恒温恒湿器内におけるチップの含水率の減少経過を示す(図-3)。

まず、飽水時含水率を比較すると、繊維方向に粉碎し

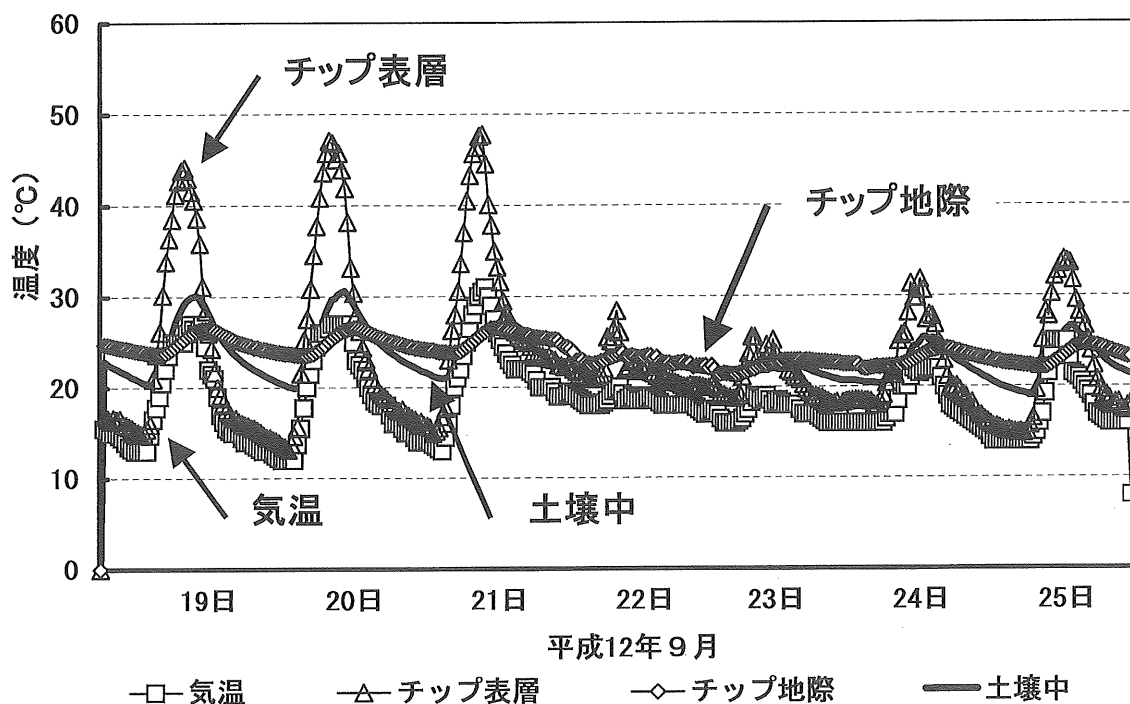
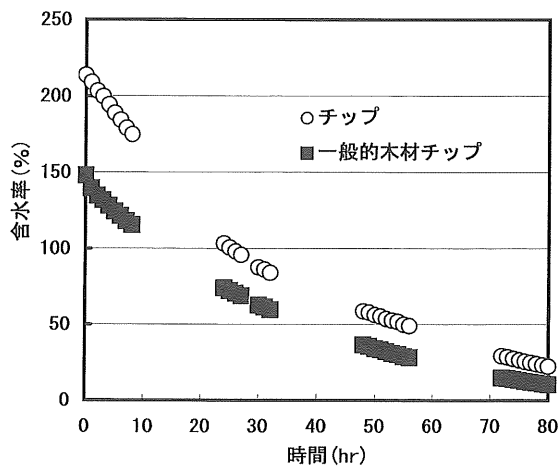


図-2 チップ敷設層の温度測定結果

たチップは214%、一般的な形状のチップが148%であり、繊維方向に粉碎したチップは高い吸水能を有することが分かった。そして、時間の経過とともに含水率は低下しているが、常にチップのほうが一般的な形状のチップよりも含水率が高く、80時間後の含水率はチップが22.3%、一般的な形状のチップが10.4%であった。一定の水分蒸発環境下においては、繊維方向に粉碎したチップが平衡含水率に達する時間が長くなる傾向が認められたことになる。これは、繊維方向に粉碎することによってチップの表面積が増大してチップ自体が吸水しやすい性質を有するとともに、チップ間の空隙における吸水能が一般的な形状の木材チップより大きくなる形状効果によるためと考えられる。



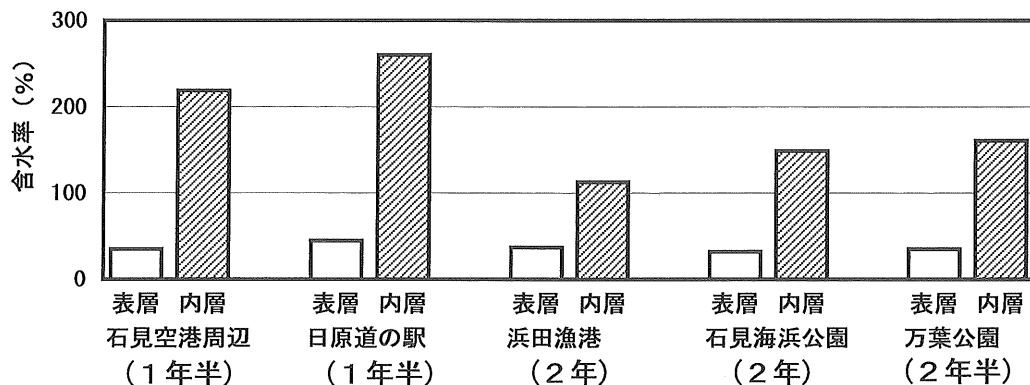
図一 3 形状が異なる 2 種類のチップの平衡含水率までの含水率減少

### 3. チップ敷設箇所の現地調査と敷設チップの含水率測定

チップが敷設されている県内約10カ所で、敷設後の状況変化を調査した。その結果、チップ敷設層の厚さは施工時の厚さと大差はなく5~10cm前後を保っていた。しかし、人通りが激しくなる場所では土壌面の露出が認められた箇所があった。チップの飛散状況については、著しい飛散は認められなかったが、当センター構内での観察結果では、強風によって表層付近の乾燥チップの飛散がわずかに見られた(写真-4)。チップは細かい繊維状で、表層から内層までそれらが密に絡みあって安定しているが、強風によって表層付近の乾燥したチップがわずかに飛散することが分かった。したがって、施工後もその箇所の用途に合わせた維持管理が必要であるものと考えられる。

材色と保水状態については、表層は紫外線劣化により灰色を呈して乾燥していたが、内層は経過年数に関係なく木材本来の材色を呈し水分を含んでいる様子が認められた(図-4、写真-5)。なお、調査前の天候は曇りもしくは晴れであり、降雨による急激な含水率増加はなかったと思われる。含水率は、チップ表層で30%程度、チップ内層で100~250%程度でありチップ内層部分は長期にわたって湿潤状態を保っていることが分かった。

雑草等の発生状況については、チップの敷設厚さ10cm程度であればチップ敷設層下からの植物発生を抑制できる傾向が認められたが、飛来してきたものについては著しい根の伸長が認められた(写真-6)。したがって、飛来してきた植物は定着前に除草する必要がある。しかしながら、植物の根の伸長が良く植物の定着には有効で



図一 4 県内におけるチップ敷設箇所の表層チップと内層チップの含水率  
注) ( )内年数は、チップ敷設後の経過年数を示す。

あると思われる。そこで、草生緑化が必要なスキー場やキャンプ場などでは、種子を混ぜて敷設すれば早期の植被が可能になるものと予想でき、さらなる用途開発が期待できる。

腐朽状況については、これまでの調査箇所の中で最も年数が経過した箇所は約5年であったが、特に腐朽の発生が認められた箇所はなかった。チップ地際部分は湿潤状態で、土壌条件によってはチップが黒褐色を呈する箇所も見られたことから、今後継続的な調査により腐朽の発生時期を確認しておく必要がある。

#### IV おわりに

木材の再資源化技術とその利用方法の開発を目的として、木材チップの敷設効果を検討するために温度特性試験、水分特性試験、そしてチップ敷設箇所の現地調査と敷設チップの含水率測定を行った。

その結果、チップ敷設箇所では地際付近の温度変化が小さくなり、チップ敷設層からその下の土壌中にかけて温度変化が小さくなるものと考えられた。また、チップは高い吸水能を有し、加えて敷設されたチップの内層部分は長期にわたって高い含水率を保持していることが分かった。これらの温度特性と水分特性については、農園芸分野での応用を期待するところであるが、用途に合わ

せてさらに詳細に検討する必要がある。

敷設箇所の現地調査から、強風によるチップ敷設層表面で乾燥チップのわずかな飛散、また飛来植物の発生が認められたことから、施工後の維持管理は必要不可欠であると考えられた。今後、継続的な調査によって敷設箇所の変化を観察するとともに、腐朽の発生時期を究明し、チップの耐朽性を明らかにすることが必要である。

#### 引用文献

- (1) 日刊木材新聞社：木材イヤーブック Annual Market report 2001. 74pp, 日刊木材新聞社, 東京都, 2001
- (2) 後藤崇志：スギチップの新用途！スキー場への敷設による融雪抑制効果の検討. 林業技術725：36～37, 2002
- (3) 西野吉彦・田中千秋・後藤崇志・福間厚：チップの敷設によるスキー場の融雪防止. 木材工業56：621～623, 2001
- (4) 高橋 徹・中山義雄 編：木材科学講座3物理 第2版, 45～47, 海青社, 京都, 1995
- (5) (財) 林業科学技術振興所編：ウッドチップ新用途－こんなに役立つ木のチップ－. 102～107, 太平社, 東京, 1999



1



2



3



4



5



6

写真-1 : 繊維方向に細かく粉碎したチップ (左) と  
一般的な形状のチップ (右)  
- 3 : チップ敷設層の温度測定  
- 5 : チップ内層の保水状態の観察

- 2 : チップ敷設後の散水処理  
- 4 : チップ表層部分での乾燥チップの飛散  
- 6 : 飛来植物の根の伸長

島根県林業技術センター研究報告第54号

平成15年1月印刷

平成15年1月発行

島根県林業技術センター

島根県八束郡宍道町大字宍道1586 (〒699-0401)

電話 0852 - 66 - 0301

印刷所 株式会社武永印刷



