

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

ISSN 0910-9471

BULLETIN
OF THE
SHIMANE PREFECTURE FOREST RESEARCH CENTER
No. 44
March 1993

島根県林業技術センター研究報告

第44号

平成5年3月

SHIMANE PREFECTURE FOREST RESEARCH CENTER
SHINJI, SHIMANE, JAPAN

島根県林業技術センター

島根県宍道町

目次

論文

ブナの組織培養——成木冬芽の培養による植物体再生——

……………福島 勉 …… 1

論文

ミズメの組織培養における個体差

……………福島 勉 …… 7

論文

針葉樹の組織培養——スギ，ヒノキ，アカマツおよびクロマツ類の培養の試み——

……………福島 勉 …… 13

論文

島根県における松くい虫被害様相の解析

……………周藤靖雄・金森弘樹・井ノ上二郎 …… 27

論文

島根県におけるキツキ類によるマツノマダラカミキリの捕食実態と誘致増殖の試み

……………金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄 …… 41

論文

県産スギ材の林内乾燥——乾燥前処理としての葉枯らしの効果——

……………池淵 隆・錦織 勇 …… 51

表-1 基本培地の組成

組 成 物	WPM	1/2WPM	改変MS
KNO ₃	—	—	950
KH ₄ NO ₃	400mg/l	200	825
KSO ₄	990	495	—
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	556	278	—
CaCl ₂ · 2H ₂ O	96	48	440
MgSO ₄ · 7H ₂ O	370	185	370
KH ₂ PO ₄	170	85	170
Na ₂ -EDTA ^{a)}	37.3	18.65	37.3
FeSO ₄ · 7H ₂ O	27.8	13.9	27.8
MnSO ₄ · 4H ₂ O	22.3	11.15	22.3
ZnSO ₄ · 4H ₂ O	—	—	8.6
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8.6	4.3	—
H ₃ BO ₃	6.2	3.1	6.2
KI	—	—	0.83
NaMoO ₄ · 2H ₂ O	0.25	0.125	0.25
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.25	0.125	0.025
CoCl ₂ · 6H ₂ O	—	—	0.025
グリシン	2.0	—	2.0
塩酸チアミン	1.0	1.0	0.1
ニコチン酸	0.5	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	100
ショ糖	20000	10000	30000
寒天	8000	7000	8000

a) エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム

0.02mg/lおよびインドール酪酸 (IBA) 0, 0.02mg/lを添加した培地で初代培養した。培養は5週間行った。

初代培養で展開した芽を継代培養してマルチプルシュートを誘導した。芽の基部に生じたカルスを切除して、BAP0.5, 1.0, 2.0mg/lとNAA0, 0.02mg/lを添加したWPM培地と改変MS培地に移植した。そして、4~6週間隔で同形成の培地に移植し、21週間で計4回継代培養した。移植時に基部のカルスを切除し、また長さ2cm以上のシュートを切り取って収穫シュートとし、その本数と長さを計測した。

つぎに、この収穫シュートから再度マルチプルシュートを誘導した。収穫シュートを5cm長の節付き小片に分割し、BAP0.2, 0.5, 1.0mg/lとNAA0, 0.02mg/lを添加したWPM培地に植え付けた。そして、4~5週間隔で展開芽からのマルチプルシュート誘導と同じ方法で移植し、14週間で計3回継代培養した。

収穫シュートからの不定根誘導には、無機塩類濃度を通常の半分に希釈した1/2WPM培地 (表-1) を基本培地とした。まず、IBA0.02, 0.5, 1.0, 2.0mg/lとNAA0.02, 0.5, 1.0, 2.0mg/lを添加した培地で2週間培養した。そして、一部のシュートを、オーキシンを含まず活性炭無添加または5g/l添加の1/2WPM培地へ移植し、さらに4週間培養した。計6週間の発根培養後、シュートからの発根状態とシュートの葉色を観察した。

以上の培養は約5000luxの白色蛍光灯の1日16時間照射下、約25°Cの恒温室で行なった。

III 試 験 結 果

初代培養の結果を表-2に示すように、外植体の雑菌汚染率は全体の1.6%と低率であった。植え付け1週間後から芽が膨らみ、2週間後から葉を展開し始めた。WPM培地、改変MS培地ともGA₃無添加培地では、芽が膨らみ始めた段階で成長が止まり、展開しないものが多かった。一方、GA₃添加培地では70%以上が展開し、NAAまたはIBAの添加によって90%以上が展開した。さらに、NAA添加培地では、展開した芽の中央からシュートの伸長するものがあつた。また、WPM培地では展開した葉が緑色であったが、改変MS培地では葉緑部の褐変するものが多かった。

展開した芽を移植して継代培養すると、シュートが伸長、分岐し、マルチプルシュートを形成した。そして、長さ2cm以上のシュートを切り取って培養を続けると、新たなシュートが発生した。表-3に示すように、21週間の継代培養で得られた収穫シュート数は、いずれのBAP・NAA水準ともWPM培地が改変MS培地よりも多かった。また、改変MS培地ではシュート先端の褐変が著しく、枯死する株もあつた。BAP濃度は3水準を比較したが0.5mg/lの添加で収穫シュート数が最も多く、濃度が高くなるにつれ短いシュートが多数発生し、収穫シュート数が減少した。また、NAAの添加によって収穫シュート数が増加し、シュート長も長くなった。

収穫シュートを分割した節付き小片の植え付け2週間後から節の部分膨らみ、4週間後から葉を展開し始めた。そして、2回目の継代培養でシュートが伸長、分岐し、再度マルチプルシュートを形成した。表-4に示すように、14週間の培養で得られた収穫シュート数はBAP0.2または0.5mg/l添加のNAAを含まない培地で多かった。一方、BAP1.0mg/l

表-2 初代培養での冬芽展開

基本培地	BAP (mg/ℓ)	GA ₃ (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	IBA (mg/ℓ)	外植体数	雑菌汚染数	生存数 (生存率%) ^{a)}	芽展開数 (展開率%) ^{a)}
WPM	1.0	0	0.02	0	18	0	18 (100)	9 (50)
"	1.0	0	0	0.02	8	0	8 (100)	0 (0)
"	1.0	0.5	0	0	24	0	24 (100)	18 (75)
"	1.0	0.5	0.02	0	26	1	23 (92)	23 (92)
"	1.0	0.5	0	0.02	16	0	15 (94)	15 (94)
改変MS	1.0	0	0.02	0	18	0	7 (39)	6 (33)
"	1.0	0	0	0.02	8	0	5 (63)	0 (0)
"	1.0	0.5	0	0	24	0	20 (83)	17 (71)
"	1.0	0.5	0.02	0	26	2	24 (100)	24 (100)
"	1.0	0.5	0	0.02	16	0	16 (100)	16 (100)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-3 継代培養での収穫シュート

基本培地	BAP (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)	平均シュート長 (cm)
WPM	0.5	0	8	8 (100)	0~14 (3.6)	2.3
"	0.5	0.02	13	12 (92)	1~20 (8.3)	2.7
"	1.0	0	15	14 (93)	0~8 (2.0)	2.1
"	1.0	0.02	12	12 (100)	0~13 (4.9)	2.3
"	2.0	0	7	7 (100)	0~3 (0.6)	2.0
"	2.0	0.02	7	7 (100)	0~5 (1.6)	2.4
改変MS	0.5	0	8	6 (75)	0~1 (0.3)	2.0
"	0.5	0.02	8	7 (88)	0~9 (2.3)	2.1
"	1.0	0	8	7 (88)	0~1 (0.3)	2.0
"	1.0	0.02	8	8 (100)	0~3 (1.5)	2.1
"	2.0	0	8	6 (75)	0~1 (0.1)	2.0
"	2.0	0.02	7	5 (71)	0~1 (0.1)	2.0

添加培地では短いシュートが多数発生し、収穫シュート数が少なかった。また、NAA添加培地ではカルス化が著しく、株全体がカルスに覆われるものもあった。

発根培養の結果を表-5に示した。オーキシンの添加培地に植え付けて3週間後からシュート基部に不定根が発生し始め、6週間後には側根の少ない1~4本の太い根が伸長した。しかし、オーキシン添加培地でそのまま培養を続けると、葉色が黄変し、シュート頂部の褐変の生じるものもあり、発根率は60%以下にとどまった。一方、活性炭添加培地へ移植したものは60%以上の発根率で、しかも緑色の葉色を呈し、シュートが伸長したが、無添加培地へ移植した

ものは発根率が低く、葉が黄変した。オーキシンの濃度を比較すると、移植しない場合はIBAとNAAを0.5mg/ℓずつ添加した培地で発根率が高かったが、活性炭添加培地へ移植した場合は明らかな差が認められなかった。

以上の培養試験の結果から、冬芽を外植体とした場合の増殖効率を試算した。表-6に示すように、46週間の培養で冬芽1個から得られる再生植物体数は74本であった。

IV 考 察

穂積ら(5)はブナ6年生木の剥皮枝条から不定芽を誘導し、植物体を再生したが、培養中の褐変が

表-4 マルチプルシュート再誘導による収穫シュート

BAP (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)	平均シュート数 (cm)
0.2	0	12	12 (100)	2~7 (3.5)	2.4
0.2	0.02	12	12 (100)	0~6 (1.9)	2.3
0.5	0	12	11 (100)	0~7 (3.1)	2.4
0.5	0.02	12	11 (100)	0~7 (2.6)	2.5
1.0	0	12	12 (100)	0~4 (0.6)	2.2
1.0	0.02	12	12 (100)	0~5 (1.1)	2.1

表-5 シュートからの不定根誘導

前培地		移植しない			活性炭培地へ移植			無添加培地へ移植		
IBA (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	葉色	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	葉色	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	葉色
0.02	2.0	20	5 (25)	黄	0	—	—	0	—	—
0.02	1.0	29	9 (31)	黄	24	16 (67)	緑	0	—	—
0.5	0.5	45	27 (60)	黄	27	17 (63)	緑	16	7 (44)	黄
1.0	0.02	30	9 (30)	黄	24	17 (71)	緑	0	—	—
2.0	0.02	20	8 (40)	黄	0	—	—	0	—	—

著しく、大量増殖には至らなかった。一方、外国産ブナでは、これまでにオウショウブナの胚培養によって植物体再生が報告されている(1,3)のみで、ブナ属の組織培養は困難と位置付けられ(7)、成木からの再生例は見当たらない。

本試験の結果、ブナ20年生木の冬芽を外植体として培養し、マルチプルシュートを誘導することによって大量増殖することに成功した。そして、46週間の培養で外植体1個から74本の再生植物体が得られると試算した。しかし、筆者が先に報告したミズメの例(4)に比べて増殖効率は約10分の1と低率であり、さらに改良が必要である。

本試験では、培養に適する基本培地とこれに添加する植物成長調節物質等を主として検討した。初代培養と継代培養でWPM培地と硝酸塩濃度を半減した改変MS培地を比較したが、初代培養での冬芽展開はほぼ同率であったものの、改変MS培地では展開した葉に褐変が生じた。また、継代培養ではWPM培地でシュートが多く形成されたが、改変MS培地では培養物の褐変枯死が生じた。したがって、ブナの培養にはWPM培地が改変MS培地よりも適すると考える。

植物の組織培養における器官の分化と形成には、一般に植物成長調節物質が重要な働きをもつ。本試験の結果、初代培養での冬芽展開には、BAP、GA₃およびオーキシンが必要であったが、これらの添加

濃度は試験しなかったため、最適濃度について検討する必要がある。また、継代培養でのマルチプルシュート誘導では、BAPを0.2~0.5mg/ℓ添加した時、収穫シュートが最も多く得られた。したがって、継代培養でのBAP濃度はこの範囲が適当と考える。一方、NAAの添加によって展開した冬芽からのマルチプルシュート形成は促進されたが、収穫シュートからのマルチプルシュート再誘導ではカルス化が著しく、シュート形成が抑制された。このようにNAAの効果については相反する結果であったので、さらに詳細な検討が必要である。

発根培地へのオーキシン添加最適濃度は明らかでなかったが、オーキシン添加培地で培養した後、活性炭添加培地に移植すると、発根率が高められ、しかも健全なシュートが形成された。活性炭を培地に添加すると、培地中に浸出した成長阻害物質を吸収して培養物の褐変を防ぎ、また培地中へ入る光を遮って発根を促進する効果がある(2)。本試験でも活性炭のもつこのような性質の効果があったものとする。

本試験での外植体採取は10月下旬の1回のみであったが、ブナの冬芽は8月から翌年4月まで長期間着生しているため、この時期以外の採取についても検討する必要がある。また、本試験では再生植物体の順化は行なわなかった。さらに、供試木は1個体のみであったため、他の個体に本試験の培養方法が適用できるかどうかは不明である。これら未検討の点

表-6 冬芽1個から46週間の培養で得られる再生植物体数

①初代培養 ^{a)} 冬芽展開率	②継代培養 ^{b)} 収穫シュー ト数(平均)	③収穫シュートの節数 (1cm当たり節数×平均 シュート長)	④マルチプルシュート再誘導 ^{c)} 収穫シュート数 (平均)	⑤不定根誘導 ^{d)} 発根率 (%)	再生植物体数 (①×②×③ ×④×⑤)
100	8.3	1.33×2.7	3.5	71	74.1

a) 5週間 b) 21週間 c) 14週間 d) 6週間

は今後の課題である。

引用文献

- (1) AHUJA, M.R. : *In vitro* induction of organogenesis in juvenile and mature beech. *Silvae Genetica* **33** : 241~242, 1984
- (2) BONGA, J.M. : Tissue culture techniques. *In* Tissue culture in forestry, 4~35, Martinus Mijhoff Publishers, Dordrecht, Boston and Lancaster, 1982
- (3) CHALPA, V. : European hardwoods. *In* Cell and tissue culture in forestry Vol.3, 224~246, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Boston and Lancaster, 1987
- (4) 福島 勉 : 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

- (5) 穂積佳子・山本福寿・橋詰隼人・ブナ新条の節間組織の培養による幼植物体誘導. 日林関西支講 **41** : 136~138, 1990
- (6) LLOYD, G. and McCOWN, B. : Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use shoot tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* **30** : 421~427, 1981
- (7) McCOWN, D. D. and McCOWN, B. H. : North American hardwoods. *In* Cell and tissue culture in forestry Vol.3, 247~260, Martinus, Nijhoff Publishers, Dordrecht, Boston and Lancaster, 1987
- (8) MURASHIGE, T. and SKOOG, F. : A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant*, **15** : 473~497, 1962

Tissue Culture of *Fagus crenata*

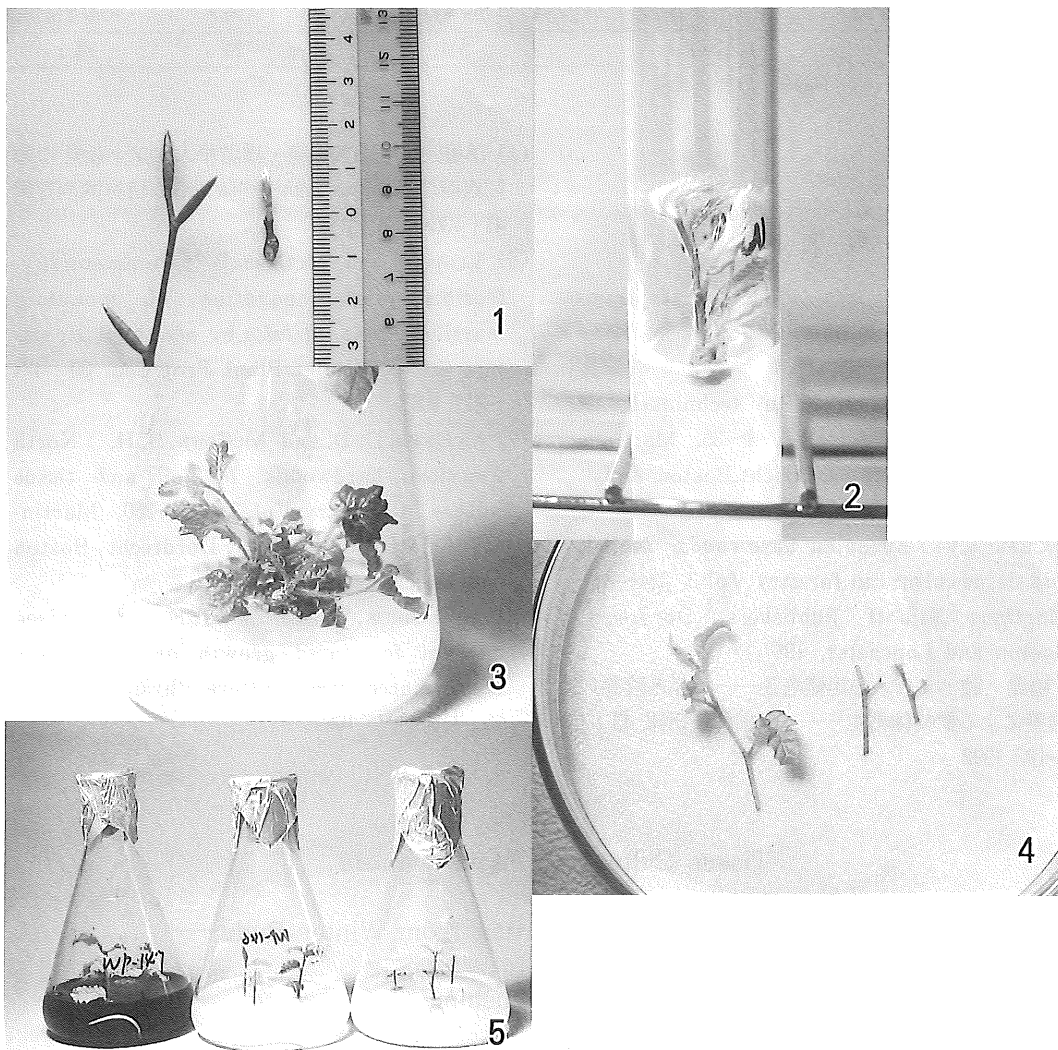
—*In vitro* Plantlets Regeneration from Winter Buds—

Tsutomu Fukushima

Summary

Fagus crenata BLUME was examined for plantlet regeneration *in vitro* from winter buds of a 20-year-old tree. The buds sprouted on medium containing BAP, GA and auxin. They were transplanted to medium containing BAP and NAA and multiple shoots developed. Shoots developed again from short nodal segments separated from the multiple shoots on medium containing BAP. WPM was most effective for propagation in the primary culture and the subculture. These harvested shoots were cultured on 1/2WPM containing auxin and transplanted on 1/2WPM containing charcoal. These shoots rooted and plantlets were obtained. It was estimated that 74 plantlets could be obtained from an explant in 46 weeks.

写真



- 1 : 冬芽 (右側は芽鱗を剥いだもの)
- 2 : 冬芽の展開
- 3 : マルチプルシュート
- 4 : 収穫シュートと節付き小片
- 5 : 発根 (左から活性炭添加, オーキシン添加, 無添加の各培地)

論文 ミズメの組織培養における個体差

福島 勉*

Individual Variations in Tissue Culture of *Betula grossa*

Tsutomu FUKUSHIMA

要 旨

ミズメ1年生苗5個体と30~40年生木4個体の組織培養を改変MS培地で比較検討した。初代培養での冬芽展開には個体差が認められなかったが、継代培養での収穫シュート本数に個体差が認められた。また、オーキシン無添加培地でのシュートからの発根率は個体差がきわめて大きかったが、オーキシンの添加によって発根率と根数が増加し、個体差が認められなくなった。なお、腋芽は外植体として適さなかった。

I はじめに

先に筆者はミズメ (*Betula grossa* SIEB.) の冬芽と腋芽を外植体として培養し、マルチプルシュート誘導による大量増殖を報告した(2)。しかし、12年生木1個体のみを供試したため、この方法が他の個体にも適用できるかどうかは明らかでなかった。また、将来は遺伝的に優良な個体を選抜し、それを母材料とする種苗生産が考えられるが、このためには複数の個体での比較試験や、高齢木からの増殖試験が必要である。そこで、本試験では1年生苗と30~40年生木の各数個体から外植体を採取して培養し、いくつかの知見を得たので報告する。

本報告のとりまとめに当たり、供試苗を提供していただいた島根県立農業大学の加茂久雄教授に感謝する。

II 材料と方法

培養試験には表-1に示す基本培地を使用し、また白色蛍光灯(約5000lux)の1日16時間照射下、約25°Cの恒温室で培養した。

1. 実生苗からの培養

1991年3月5日と6日、八束郡宍道町の島根県林業技術センター育苗試験圃場で養成された1年生実生苗5個体(S1~S5)から冬芽を付けた枝を採

取し、冬芽培養試験に供した。その後、これらの苗をワグネルポットに移植してガラス室内に置き、5月9日と17日に腋芽を付けた新梢を採取し、腋芽培養試験に供した。

冬芽の表面殺菌は、冬芽に約5mm長の枝を付けた小片に分割し、70%エタノールに1分間浸漬後、ツイーン20を滴下した1%次亜塩素酸ナトリウム溶液で15分間かくはんして行った。また、腋芽に表面殺菌は、腋芽に葉柄の一部と約1cm長の茎を付けたY字型小片に分割し、70%エタノールに1分間浸漬後、ツイーン20を滴下した0.1%塩化第二水銀水溶液で10分間かくはんして行った。いずれも表面殺菌後、滅菌水で3回洗浄し、滅菌ろ紙上で風乾した。そして、冬芽は実体顕微鏡下で芽鱗を剥いで芽を露出させ、これに枝の木部を0.5mm付けたものを、また腋芽付き茎小片は殺菌で傷んだ茎と葉柄の切り口を切除したものをそれぞれ外植体として培地に植え付けた。

初代培養の培地はMS培地(4)の硝酸塩を半減したもの(MSI)を基本培地とし、6-ベンジルアミノプリン(BAP)0.5mg/lを添加した。冬芽の培養では、さらにジベレリン酸(GA₃)0.5mg/lを添加した。初代培養は4週間行なった。

初代培養で展開した芽は移植して継代培養した。冬芽は基部のカルス切除して、また腋芽は茎から切り取って、BAP1.0mg/lを添加したMS1培地に移

表-1 基本培地の組成

組成物	MS1	MS2
KNO ₃	950mg/ℓ	475
NH ₄ NO ₃	825	412.5
CaCl ₂ ・2H ₂ O	440	220
MgSO ₄ ・7H ₂ O	370	185
KH ₂ PO ₄	170	85
Na ₂ -EDTA ^{a)}	37.3	18.65
FeSO ₄ ・7H ₂ O	27.8	13.9
MnSO ₄ ・4H ₂ O	22.3	11.15
ZnSO ₄ ・4H ₂ O	8.6	4.3
H ₃ BO ₃	6.2	3.1
KI	0.83	0.415
NaMoO ₄ ・2H ₂ O	0.25	0.125
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.025	0.0125
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.025	0.0125
グリシン	2.0	-
塩酸チアミン	0.1	0.4
ニコチン酸	0.5	-
塩酸ピリドキシン	0.5	-
ミオ・イノシトール	100	100
ショ糖	30000	15000
寒天	8000	7000

a)エチレンジアミン四酸二ナトリウム

植した。冬芽由来株は5週間後同組成の培地に移植し、10週間で計2回継代培養した。また、腋芽由来株は4~5週間隔で同組成の培地に移植し、14週間で計3回継代培養した。移植時に基部のカルスを切除し、また長さ2cm以上のシュートを切り取って収穫シュートとし、その本数と長さを計測した。なお、個体S5の腋芽は初代培養で展開しなかったため、継代培養できなかった。

つぎに、継代培養を続けて得られた収穫シュートからの不定根誘導を試験した。発根培地はMS1培地の無機塩類濃度を1/2に希釈し、さらに有機組成を改変したもの(MS2)を基本培地とした。これにインドール酪酸(IBA)無添加または0.2mg/ℓを添加した。4週間培養し、発根したシュート本数と根数を計数した。

2. 成木からの培養

1991年10月15日と16日、那賀郡金城町波佐と美濃郡匹見町紙祖で、推定樹齢30~40年生の4個体(M1~M4)から冬芽を付けた約20cm長の枝を採取した。そして、ポリエチレン袋に入れて約5℃の冷蔵庫で貯蔵した。

1~2週間後、取り出して培養試験に供した。冬芽に約5mm長の枝を付けた小片に分割し、70%エタノールに1分間浸漬後、ツイーン20を滴下した1%次亜塩素酸ナトリウム溶液で15分間かくはんして表面殺菌した。つぎに、滅菌水で3回洗浄し、滅菌ろ紙上で風乾した。そして、芽鱗を剥いで芽を露出させ、枝の木部を0.5mm付けたものを外植体として培地に植え付けた。初代培養の培地はBAP1.0mg/ℓ、GA₃0.5mg/ℓおよびナフトレン酢酸(NAA)無添加または0.002mg/ℓを添加したMS1培地を用い、5週間培養した。

ついで、初代培養で展開した冬芽は基部のカルスを切除して移植し、継代培養した。MS1培地を基本培地とし、BAP1.0mg/ℓとNAA無添加または0.002mg/ℓを添加した。その後5~6週間隔で同組成の培地に移植し、16週間で計3回の継代培養を行った。移植時に基部に生じたカルスを切除し、また長さ2cm以上のシュートを切り取って収穫シュートとし、その本数と長さを計測した。

収穫シュートからの不定根誘導は、収穫シュート

表-2 実生苗個体の初代培養での芽展開

個体	冬 芽				腋 芽			
	外植体数	雑菌汚染数	生存数 (生存率%) ^{a)}	芽展開数 (展開率%) ^{a)}	外植体数	雑菌汚染数	生存数 (生存率%) ^{a)}	芽展開数 (展開率%) ^{a)}
S 1	12	2	10 (100)	10 (100)	20	0	14 (70)	14 (70)
S 2	12	6	6 (100)	6 (100)	20	0	11 (55)	10 (50)
S 3	12	6	6 (100)	6 (100)	20	0	8 (40)	5 (25)
S 4	12	5	7 (100)	7 (100)	20	0	17 (85)	15 (75)
S 5	12	1	11 (100)	11 (100)	20	0	1 (5)	0 (0)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-3 実生苗個体の継代培養での収穫シュート

個体	冬芽由来株			腋芽由来株		
	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)
S 1	10	10 (100)	5~10 (7.7)	14	0 (0)	0
S 2	6	6 (100)	4~17 (8.1)	10	7 (70)	0~12 (4.0)
S 3	3	3 (100)	0~2 (1.0)	5	5 (100)	0~2 (1.0)
S 4	5	5 (100)	2~10 (5.4)	14	8 (57)	0~2 (0.7)
S 5	11	11 (100)	8~23 (14.5)	0	—	—

表-4 実生苗個体の発根培養

個体	IBA	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	平均 根数
S 1	0	10	6 (60)	1.5
"	0.2	10	8 (80)	3.3
S 2	0	10	0 (0)	—
"	0.2	10	8 (80)	3.3
S 3	0	10	10 (100)	2.5
"	0.2	10	10 (100)	4.1
S 4	0	10	10 (100)	2.5
"	0.2	10	10 (100)	4.3
S 5	0	10	3 (30)	1.3
"	0.2	10	10 (100)	3.8

の多数得られた個体M1を用いて試験した。MS2培地にIBA1.0mg/lを添加した培地にシュートを植え付け、4週間後と8週間後に発根したシュート本数と根数を計数した。

III 試験結果

1. 実生苗からの培養

冬芽、腋芽とも植え付け1週間後から膨らみ始め、続いて葉を展開した。表-2に初代培養の結果を示すように、冬芽は雑菌汚染が著しく、全体の42%が汚染されたが、汚染を免れたものは5個体ともすべて展開した。一方、腋芽はまったく雑菌汚染されなかったものの、外植体の褐変が著しく、S5はほとんどの外植体が枯死した。また、腋芽の展開率は最高でも75%に留まり、S5はまったく展開しなかった。

継代培養ではシュートが伸長、分岐し、冬芽由来

株は1回目の継代培養で、また腋芽由来株は2回目の継代培養でマルチプルシュートを形成した。表-3に継代培養の結果を示すように、冬芽由来株は褐変枯死が発生せず、全個体で収穫シュートが得られたが、平均本数は1.0~14.5本と個体差が大きく、分散分析の結果でも有意差が認められた。一方、腋芽由来株は培養中の褐変枯死が著しく、S1は全部の株が枯死した。その結果、平均シュート本数は4.0本以下で、S1と初代培養で腋芽の展開しなかったS5の2個体は収穫シュートが得られなかった。なお、分散の結果、個体間に有意差が認められなかった。

発根培地への収穫シュート移植1週間後からシュート基部に不定根の発生を認めた。発根培養の結果を表-4に示すように、IBA無添加培地では発根率0~100%と個体差がきわめて大きく、分散分析でも有意差が認められた。一方、IBA添加培地では全個体が80%以上の発根率を示し、しかも根数が増加した。なお、分散分析の結果、個体間に有意差が認められなかった。

2. 成木からの培養

外植体の雑菌汚染は全体の20%に留まった。植え付け1週間後から芽が膨らみ、3週間後から葉を展開し始めた。表-5に初代培養の結果を示すように、M2の冬芽展開率が約90%であったものの、他の3個体は全部の冬芽が展開した。なお、個体間に有意差は認められなかった。培地へのNAAの添加によって外植体基部にカルスが発達したが、冬芽の展開に効果は認められなかった。

展開した芽を継代培養すると、シュートが伸長、分岐し、2回目の継代培養でマルチプルシュートを形成した、表-6に継代培養の結果を示すように、4個体の平均収穫シュート数は2.0~6.5本で、分散分析の結果、個体間に有意差が認められた。なお、NAA無添加培地では全部の株が生存したが、NAA

表-5 成木個体の初代培養での冬芽展開

個体	BAP (mg/ℓ)	GA ₃ (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	外植体数	雑菌汚染数	芽展開数 (展開率%) ^{a)}
M 1	1.0	0.5	0	40	3	37 (100)
〃	1.0	0.5	0.002	40	2	38 (100)
M 2	1.0	0.5	0	20	11	8 (89)
〃	1.0	0.5	0.002	20	6	13 (93)
M 3	1.0	0.5	0	10	4	6 (100)
〃	1.0	0.5	0.002	10	2	8 (100)
M 4	1.0	0.5	0	10	2	8 (100)
〃	1.0	0.5	0.002	10	2	8 (100)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-6 成木個体の継代培養での収穫シュート

個体	BAP (mg/ℓ)	NAA (mg/ℓ)	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)
M 1	1.0	0	12	12(100)	1~ 9(5.5)
〃	1.0	0.02	10	10(83)	0~ 9(3.1)
M 2	1.0	0	9	9(100)	1~ 4(2.0)
〃	1.0	0.02	6	4(67)	0~14(3.3)
M 3	1.0	0	10	10(100)	0~15(4.4)
M 4	1.0	0	11	11(100)	1~11(6.5)

添加培地ではカルスの発達が著しく、カルスから褐変が生じ、枯死する株もあった。

発根培地に移植したM1の収穫シュートは、2週間後からシュート基部に不定根の発生を認めた。しかし、発根培養の結果を表-9に示すように、8週間後でも発根率は59%で、根の本数も平均3本に留まった。

IV 考 察

組織培養による苗木生産を実用化するためには、培養の難易に個体差のあることは好ましくない。しかし、初代培養、継代培養および発根培養において、個体差のあることがクヌギ(3, 5, 6, 7, 8)とヤマザクラ(1)で報告されている。本試験の結果、ミズメの培養でも個体差のあることがわかった。すなわち、冬芽を外植体とした培養で、実生苗、成木と

も初代培養での芽展開には個体差が認められなかったが、継代培養での収穫シュート本数は個体差が大きかった。また、発根培養については実生苗のみ個体間の比較をしたが、オーキシン無添加培地では発根率の個体差が大きかったものの、IBAの添加によって個体差が縮小された。したがって、継代培養での個体差の解消が今後の課題である。

将来は遺伝的に優良な個体を選抜し、それを母材料として増殖することが考えられるが、そのためには高齢木を対象とした培養をする必要もある。本試験で発根培養をしたのは1個体のみであったが、30年生以上の個体から植物体を再生することができ、樹齢の高い個体からの増殖が可能であることがわかった。

12年生木を供試した前報(2)で、腋芽を外植体とした場合、冬芽に比べて増殖効率がかなり低かっ

表-7 成木個体の発根培養

個体	IBA (mg/ℓ)	供試シュート数	4週間後		8週間後	
			発根シュート数 (発根率%)	平均根数	発根シュート数 (発根率%)	平均根数
M 1	1.0	22	9 (41)	2.1	13 (59)	3.0

た。本試験でも、腋芽は培養中の褐変枯死が著しく、しかも収穫シュート本数がきわめて少なかった。したがって、ミズメの組織培養に使用する外植体としては、冬芽が腋芽よりも適すと考える。また、本試験では、培地へのNAAの添加について若干の検討をした。しかし、低濃度の添加にもかかわらず、培養物のカルス化が著しく、さらには褐変枯死に至る場合もあり、成長促進の効果は認められなかった。

引用文献

- (1) 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
- (2) ————：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
- (3) 伊東祐道：クヌギの組織培養による増殖(Ⅱ)シュートの発根に対するオーキシン要求度のクローン間差. 100回日林論：501~503. 1989
- (4) MURASHIGE, T. and SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant.* 15: 473~497, 1962
- (5) 佐々木義則・正山征洋：林木の組織培養に関する研究(I)クヌギ組織培養における個体差の発現. 日林九支研論集 41：63~64, 1988
- (6) ————・—————：林木の組織培養に関する研究(Ⅲ)クヌギの継代培養における個体、培地組成および培養環境の影響. 日林九支研論集 42：57~58, 1990
- (7) ————・—————：林木の組織培養に関する研究(Ⅳ)クヌギの培養シュートの発根における個体、培地組成及び培養環境の影響. 日林九支研論集 43：59~60, 1990
- (8) 山本茂弘・井出雄二：組織培養によるクヌギの増殖——実生および成木萌芽枝のえき芽の培養による増殖——静岡林技研報 17：43~58, 1989

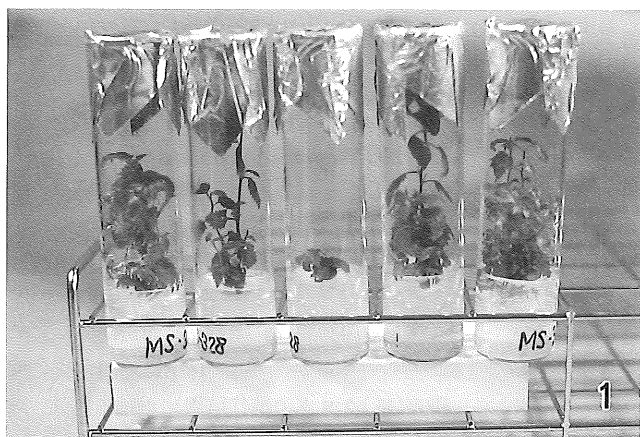
Individual Variations in Tissue Culture of *Betula grossa*

Tsutomu FUKUSHIMA

Summary

Individual variations between, materials five seedling of one-year-old and four trees of 30 to 40-year-old *Betula grossa* SIEB were examined for *in vitro* plantlet regeneration. Winter and axillary buds were cultured on modified MS medium. Number of harvested shoots was varied with the individuals of seedlings and trees in the subculture, though no differences were found in sprouting buds. Rooting rate extremely varied with the individuals on the medium auxin in the rooting culture. Rooting, rate and number of roots increased on the medium containing auxin and no differences were not found with the individuals. Axillary buds were not suitable as explants for the propagation.

写 真



1, 2 : 実生苗由来のマルチプルシュート (S1~S5)
3 : 成木由来のマルチプルシュート (M1~M4)

論文 スギ, ヒノキ, アカマツおよびクロマツの組織培養

福島 勉*

Tissue Culture of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*,

Pinus densiflora and *P. thunbergii*

Tsutomu FUKUSHIMA

要 旨

針葉樹4樹種の組織培養による増殖を試験した。スギは苗木, 接ぎ木台木萌芽枝および成木の茎端, ヒノキは成木の茎端, またアカマツとクロマツは芽生えの幼芽と苗木の冬芽をそれぞれ外植体とした。各樹種ともサイトカニン添加培地で外植体から不定芽を生じ, これを活性炭添加培地へ移植して継代培養するとシュートに伸長した。そして, 収穫シュートは発根培地で植物体を再生したが, 培養効率はきわめて低かった。

I はじめに

島根県の造林樹種として重要なスギ (*Cryptomeria japonica* D.DON), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.), アカマツ (*Pinus densiflora* SIEB.et ZUCC.) およびクロマツ (*P.thunbergii* PARL.) は林木育種事業によって精英樹, 気象害抵抗性木, 病虫害抵抗性木等の優良個体が選抜, 育成されて来た。これらの増殖は挿し木または実生によって行われているが, そのためには広大な採種園または採種圃を造成しなければならない。しかし, 挿し穂や種子が大量に採取できるようになるまで長期間を必要とし, しかも挿し木の発根不良, 着果の周期性, 種子の発芽不良等のため, 苗木の安定生産の障害となっている。また, 母樹の優良な遺伝的形質をそのまま利用するには無性繁殖が効果的であるが, 挿し木はスギの一部のクローンを除いて困難であり, 接ぎ木も増殖効率が悪く, 実用的でない。このような増殖上の問題点の解決のため, 近年組織培養による急速大量増殖が注目されている。そこで, 筆者は針葉樹4樹種の組織培養を試み, いくつかの知見を得たので報告する。

II スギの培養

1. 材料と方法

培養は表-1に示した基本培地を使用し, 白色蛍光灯(約5000lux)の1日16時間照射下, 約25°Cの恒温室で行った。なお, これらの条件はヒノキ, アカマツおよびクロマツについても同様に行った。

1) 苗木と接ぎ木台木萌芽枝からの培養

八束郡宍道町の島根県林業技術センター育苗試験圃場で養成された2年生実生苗1個体と同センターのクローン集植所に植栽されている接ぎ木18年生木1個体の台木に発生した萌芽枝を材料とした。1990年4月23日, 約20cm長の枝を採取し, 白色蛍光灯(約500lux)24時間照射下, 約25°Cの恒温器内で水ざしした。そして, 5月2日新梢の茎端約1cm長を採取し, 70%エタノールに30秒浸漬後, ツイーン20を滴下した0.1%塩化第二水銀水溶液で10分間かくはんして表面殺菌した。滅菌水で3回洗浄した後, 滅菌ろ紙上で風乾し, 滅菌時に褐変した茎端基部を切除して植え付けた。

初代培養は6-ベンジルアミノプリン(BAP)2.0mg/lを添加したWPM培地(29)とWS培地(40)で9週間行った。そして, 活性炭5g/lを添加した同培地に移植したが, その後8~10週間隔で移植し,

*現 島根県出雲農林事務所

表-1 培養に使用した基本培地の組成

組成物	WPM 400mg/L	変更WPM	WS	CD	変更CD	LP	変更LP	GD	変更GD	DCR	SH	AE
NH ₄ NO ₃	—	200	50	800	800	400	200	—	—	400	—	1200
KNH ₄	—	—	170	340	340	1800	900	1000	500	340	2500	1900
NH ₄ H ₂ PO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—
K ₂ SO ₄	990	495	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca(NO ₃) ₂ ・4H ₂ O	556	278	611.59	980	980	1200	600	—	—	556	—	—
CaCl ₂ ・2H ₂ O	96	48	—	—	—	—	—	150	75	85	200	180
MgSO ₄ ・7H ₂ O	370	185	1564.49	370	370	360	180	250	125	370	400	370
KH ₂ PO ₄	170	85	—	170	170	270	135	—	—	140	—	340
Na ₂ SO ₄	—	—	425	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KCl	—	—	140	65	65	—	—	300	150	—	—	—
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	200	100	—	—	—
NaH ₂ PO ₄ ・H ₂ O	—	—	45.5(2H ₂ O)	—	—	—	—	90	45	—	—	—
Na ₂ HPO ₄	—	—	—	—	—	—	—	30	15	—	—	—
Na ₂ -EDTA ^{a)}	37.3	18.65	—	37.3	37.3	40	20	37.3	18.65	37.3	20	19
FeSO ₄ ・7H ₂ O	27.8	13.9	—	27.8	27.8	30	15	27.8	13.9	27.8	15	14
Na-Fe-EDTA ^{b)}	—	—	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MnSO ₄ ・4H ₂ O	22.3	11.15	9.0(H ₂ O)	16.9(H ₂ O)	16.9(H ₂ O)	1.0	0.5	10(H ₂ O)	5.0(H ₂ O)	29.43	20	2.2
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	8.6	4.3	5.69	8.6(4H ₂ O)	8.6(4H ₂ O)	8.6	4.3	3.0	1.5	8.6	1.0	—
Zn-EDTA ^{c)}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₃ BO ₃	6.2	3.1	3.2	6.2	6.2	6.2	3.1	3.0	1.5	6.2	5.0	4.05
KI	—	—	1.6	0.83	0.83	0.08	0.04	0.75	0.375	0.83	1.0	0.75
Na ₂ MoO ₄ ・2H ₂ O	0.25	0.125	—	0.25	0.25	0.25	0.125	0.25	0.125	0.25	0.2	0.025
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.25	0.125	—	0.025	0.025	0.025	0.0125	0.25	0.125	0.25	0.2	0.0025
CoCl ₂ ・6H ₂ O	—	—	—	0.025	0.025	0.025	0.0125	0.25	0.125	0.025	0.2	0.0025
NiCl ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025	—	—
L-グルタミン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4
グリシン	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0
塩酸チアミン	1.0	1.0	—	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	2.0	5.0	5.0
ニコチン酸	0.5	0.5	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.5	5.0	2.0
塩酸ピリドキシン	0.5	—	0.1	—	—	—	—	0.1	—	5.0	0.5	1.0
アラニン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05
塩酸システイン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02
L-アルギニン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
ロイシン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
フェニールアラニン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
L-チロシン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L-セリン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ミオ・イノシトール	100	100	10	100	100	100	100	10	10	200	100	100
シヨ糖	20000	10000	20000	30000	15000	30000	30000	20000	10000	30000	30000	30000
寒天	8000	7000	8000	8000	7000	8000	8000	8000	7000	8000	8000	8000

a) エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム b) エチレンジアミン四酢酸ナトリウム c) エチレンジアミン四酢酸亜鉛

26週間に計3回の継代培養を行った。移植時に1cm以上伸長したシュートを切り取って収穫シュートとし、また培養物の基部に形成されたカスを切除した。

収穫シュートからの発根培養には、改変WPM培地を使用し、インドール酪酸 (IBA) 0, 2.0, 5.0mg/l, ナフタレン酢酸 (NAA) 0, 0.1mg/lおよびリボフラビン0.5mg/lを添加した。この培地で3週間培養した後、活性炭5g/lを添加した同培地に移植して7週間培養した。

つぎに、苗木からの培養で再生した植物体の順化を行った。幼植物体3本(平均6cm長)を培養容器から取り出して、根に不着した寒天を洗い落とし、パーミキュライトとピートモスを混合して詰めたワグネルポットに植え付けた。全体をポリエチレン袋で覆って、人工気象器(約10000lux白色蛍光灯1日16時間照射, 照射時25°C, 消灯時20°C)内に置いた。順化は1991年3月12日から開始し、袋に穴を徐々に開けた。4週間後、袋を除去して人工気象器から出し、ポットに植えたまま屋外に置いた。

2) 成木からの培養

島根県林業技術センターのクローン集植所に植栽されている島根県産精英樹2クローン(大田3号, 邑智4号), 耐陰性精英樹1クローン(桑名1号(40), 天然スギ優良木1クローン(波佐201号)および在来品種3クローン(カワイダニ, アイチA・B(10))の計7クローンを供試した。1991年4月19日, 約20cm長の枝を採取し, 苗木の場合と同じ方法で水ざしした。そして, 5月17, 18日新梢から1cm長の茎端を採取した。表面殺菌は70%エタノールに1分間浸漬後, ツイン20を滴下した0.1%塩化第二水銀水溶液で15分かたくはんして行った。滅菌水で3回洗浄した後, 滅菌ろ紙上で風乾し, 褐変した茎端基部を切除して植え付けた。

初代培養はBAP2.0mg/lを添加したWPM培地で7週間行った。そして, 初代培養で発生した不定芽からシュートを誘導するため, 活性炭5g/l, IBA 0.02mg/lまたは無添加の3種類の同培地に移植して13週間継代培養した。

つぎに, 継代培養で1.5cm以上伸長したシュートを切り取って収穫シュートとし, これからシュートを再誘導する試験と不定根を誘導する試験を行った。シュート再誘導には, 収穫シュートを1.5~2.0cm長に分割し, BAP2.0mg/lを添加したWPM培地で12週間培養した後, 活性炭5g/lを添加した同培地に移

表-2 スギ苗木と台木の茎端からのシュート誘導

材料	基本培地	外植体数	収穫シュート数 (平均)
苗木	WPM	8	0~19 (9.3)
"	WS	8	0~8 (2.5)
台木	WPM	8	0~10 (2.9)
"	WS	8	0

表-3 スギ苗木と台木由来の収穫シュートからの不定根誘導

材料	IBA (mg/l)	NAA (mg/l)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)
苗木	0	0	18	6 (33)
"	2.0	0.1	18	6 (33)
"	5.0	0.1	11	5 (45)
台木	0	0	4	0 (0)
"	2.0	0.1	3	0 (0)
"	5.0	0.1	5	1 (20)

植して7週間培養した。不定根誘導には改変WPM培地を基本培地とし, これにIBA0.5, 2.0mg/l, NAA 0.02mg/lおよびリボフラビン0.5mg/lを添加した培地で4週間培養した後, 活性炭5g/lを添加し同培地に移植してさらに4週間培養した。また, 対照として活性炭添加培地のみで8週間培養した。

2. 試験結果

1) 苗木と接ぎ木台木萌芽枝からの培養

外植体の雑菌汚染と褐変枯死はまったく認められなかった。植え付け4週間後から葉腋に不定芽が発生し始め, 活性炭添加培地へ移植するとシュートが伸長した。そして, 移植時に収穫シュートを切除して培養を続けると, 新たな不定芽が生じ, これがシュー

表-4 スギ成木茎端からの不定芽発生

クローン	外植体数	雑菌汚染数	不定芽発生数 ^{a)} (発生率%)
大田3号	20	0	18 (90)
邑智4号	20	0	20 (100)
桑名1号	14	0	10 (100)
波佐201号	20	1	18 (95)
カワイダニ	20	0	19 (95)
アイチA	20	0	19 (95)
アイチB	20	0	19 (95)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-5 スギ成木茎端からのシュート伸長

クローン	活性炭 5g/l		IBA 0.02mg/l		無 添 加	
	供試株数	収穫シュート数 (平均)	供試株数	収穫シュート数 (平均)	供試株数	収穫シュート数 (平均)
大田3号	10	0~2 (0.4)	8	0	0	—
邑智4号	10	0	5	0	5	0
桑名1号	8	0~4 (0.8)	5	0~1 (0.2)	5	0~1 (0.2)
波佐201号	14	0~3 (0.8)	3	0	0	—
カワイダニ	9	0~6 (1.6)	5	0	5	0~1 (0.2)
アイチA	9	0	5	0	5	0
アイチB	8	0~3 (0.6)	4	0~2 (0.5)	4	0~1 (0.3)

表-6 スギ成木収穫シュートからのシュート再誘導

クローン	供試株数	収穫シュート数 (平均)
大田3号	8	0~2 (0.5)
桑名1号	5	0~4 (2.2)
波佐201号	4	0~3 (0.8)
カワイダニ	13	0~3 (0.8)
アイチB	4	0~4 (2.5)

トに伸長した。表-2に35週間の培養で得られた収穫シュート数を示した。苗木由来株、台木由来株ともWPM培地でシュートが多く得られたが、WS培地では、針葉の黄変するものが多く、シュート数も少なかった。また、苗木由来株は台木由来株よりシュート数が多く得られた。なお、継代培養中に株基部から不定根を生じるものもあった。

発根培養開始2週間後からシュート基部が肥大し始め、活性炭添加培地に移植後不定根を生じた。10週間の発根培養の結果を表-3に示すように、苗木由来シュートはオーキシン無添加培地で発根したものの、添加培地でも発根率は45%に留まった。一方、台木由来シュートはIBA5.0mg/l添加培地で1本のシュートが発根したにすぎなかった。また、順化を試みた植物体3本はすべて生存し、屋外に出してから6ヵ月後、苗長30cm、根元直径4mmに成長した。なお、45週間の培養で外植体1個から得られる幼植物体数は苗木から4.2本、台木から0.6本と試算した。

2) 成木からの培養

雑菌汚染は外植体1個で生じたにすぎなかった。植え付け4週間後から葉腋に不定芽が発生し始め、表-4に示すように、7週間後には7クローンとも90%以上の茎端が不定芽を生じた。そして、シュ-

ト伸長培地に移植5週間後からシュートが伸長し始め、13週間後には5cm以上に伸長するシュートもあった。表-5に示すように、大田3号など5クローンは収穫シュートが得られたが、邑智4号とアイチAはシュートが伸長しなかった。また、活性炭添加培地はIBA添加培地と無添加培地よりもシュートが多く得られた。しかし、株当たりの収穫シュート数は多くても2本未満に留まった。

収穫シュートからシュートを再誘導するため、分割したシュートをBAP添加培地に植え付けると、4週間後から葉腋に不定芽が発生し始めた。そして、活性炭添加培地移植4週間後にはシュートが伸長した。19週間の培養結果を表-6に示すように、供試した全部のクローンで収穫シュートが得られ、とくに桑名1号とアイチBでは株当たり2本以上のシュートが得られた。

発根培養の結果を表-7に示すように、オーキシン無添加培地ではまったく発根しなかった。一方、オーキシン添加培地ではシュートから不定根が生じたものの、桑名1号、カワイダニおよびアイチBの発根率は約50%に留まり、また大田3号と波佐201号は10%以下にすぎなかった。発根した再生植物体はシュートが伸長し、5~7cmに達した。なお、28週間の培養で外植体1個から得られる幼植物体数は最多のカワイダニで0.7本と試算した。

3. 考 察

佐藤(38,39)は芽生えの一部、永野ら(33)は若齢木の茎端、また石川(21,22)と宮本ら(32)は成木の茎端を外植体として培養し、植物体を再生した。本試験でも、培養効率は低かったものの、苗木、接ぎ木台木萌芽枝および成木の茎端を外植体として培養し、植物体を再生することができた。さらに、苗木由来の再生植物体は比較的容易に順化することが

表-7 スギ成木からの発根培養

クローン	IBA 0.5mg/l, NAA 0.02mg/l		IBA 2.0mg/l, NAA 0.02mg/l		無 添 加	
	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)
大田3号	0	—	12	1 (8)	0	—
桑名1号	12	4 (33)	12	6 (50)	12	0 (0)
波佐201号	13	0 (0)	17	1 (6)	7	0 (0)
カワイダニ	11	2 (18)	11	5 (45)	7	0 (0)
アイチB	21	3 (4)	23	12 (57)	12	0 (0)

できた。

しかし、成木から培養した場合、初代培養での不定芽発生にはクローン差がなかったものの、継代培養でのシュート増殖と発根培養ではクローン差が生じ、植物体を再生できなかったクローンもあった。培地中の植物成長調節物質に対する反応に品種差のあることが報告されている(31)が、このような本試験の結果からもスギの培養の難易にクローン差のあることが考えられる。なお、苗木由来株は接ぎ木台木由来株よりも培養効率が高かったが、各1本ずつの供試であったので、この差が加齢によるものか、または個体差によるものか明らかでなかった。

一般に林木の組織培養では、外植体の雑菌汚染が著しく、初代培養の障害となる。この対策として、スギの培養では宮本(30)が切り枝を室内で水さしし、新しく発生した茎端を外植体とすることによって、容易に無菌化できることを報告した。本試験でも、この方法によって雑菌汚染の少ない外植体が得られることを再確認した。

WPM培地を基本培地とした場合、シュートが多く得られたが、WS培地では針葉の黄変が生じ、シュート数も少なかった。したがって、試験した2種類の培地では、WPM培地がスギの培養に適すと考える。本試験では基本培地への添加物質の詳細な検討をしなかったが、活性炭の添加によって収穫シュート数が増加した。これは活性炭のもつ成長阻害物質吸収作用(6)が働いたものと考ええる。また、発根培養ではオーキシンの添加によって発根率が高められたことから、不定根誘導にオーキシンが有効と考える。

III ヒノキの培養

1. 材料と方法

島根県産精英樹の能義1号、松江署1号、松江署2号、仁多4号、邑智5号および川本署1号の計6クローンを供試した。1990年4月13日、島根県林業技術センターのクローン集植所に植栽されている挿し木4~6年生木から約20cm長の枝を採取し、スギの場合と同様な方法で水さした。5月8日~10日、伸長した新梢から約1.5cm長の葉端を採取し、70%エタノールに1分間浸漬後、ツイーン20を滴下した1%次亜塩素酸ナトリウム溶液で15分間かくはんして表面殺菌した。ついで、滅菌水で3回洗浄し、滅菌ろ紙上で風乾した後、殺菌で褐変した葉端基部を切除して植え付けた。

初代培養と継代培養にはCD培地(7)を基本培地とした。まず、BAP2.0mg/lとNAA0.005mg/lを添加した培地で9週間初代培養し、不定芽を発生させた。つぎに、シュートを伸長させるため、活性炭5g/l、NAA0.005mg/lまたは無添加の3種類の培地に移植して、13週間継代培養した。そして、長さ2.0cm以上のシュートを収穫シュートとした。

さらに、収穫シュートからシュートを再誘導する

表-8 ヒノキ葉端からの不定芽発生

クローン	外植体数	雑菌汚染数	不定芽発生数 (発生率%) ^{a)}
能義1号	32	1	28 (90)
松江署1号	61	2	59 (100)
松江署2号	40	4	33 (92)
仁多4号	20	0	20 (100)
邑智5号	20	0	18 (90)
川本署1号	20	0	20 (100)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-9 ヒノキ葉端からのシュート伸長

クローン	活性炭 5g/l		NAA 0.005mg/l		無 添 加	
	供試株数	収穫シュート数 (平均)	供試株数	収穫シュート数 (平均)	供試株数	収穫シュート数 (平均)
能義1号	9	0~6 (3.6)	4	0~3 (1.3)	4	0~4 (1.5)
松江署1号	10	0~9 (3.6)	5	0~4 (1.6)	5	0
松江署2号	9	0~5 (3.0)	4	0~1 (0.3)	4	0
仁多4号	10	1~11 (6.4)	5	1~3 (1.8)	5	0~2 (1.5)
邑智5号	10	0~4 (1.1)	4	0~2 (0.5)	4	0~1 (0.5)
川本署1号	10	1~11 (5.0)	5	0~3 (0.8)	5	0~2 (0.6)

ため、松江署1号の収穫シュートを1.0cm長に分割し、BAP、キネチンまたはゼアチンのいずれか1種類のサイトカイニン2.0mg/lとNAA0.005mg/lを添加したCD培地に植え付けた。12週間培養した後、活性炭5g/lを添加した同培地に移植し、23週間培養した。

発根培養はショ糖と寒天の濃度を希釈した改変CD培地を基本培地とした。IBA3.0mg/l、NAA0.1mg/lおよびリボフラビン0.5mg/lを添加した培地で4週間培養した後、活性炭5g/lを添加した培地に移植して11週間培養した。また、対照として活性炭添加培地のみで15週間培養した。

2. 試験結果

初代培養の結果を表-8に示した。外植体の雑菌汚染は3クローンで認めたが、汚染率は10%以下であった。植え付け5週間後から葉腋部に不定芽が生じ始め、9週間後には全クローンで外植体の90%以上に不定芽が発生した。そして、移植して継代培養すると、6週間後からシュートが伸長し始めた。表-9に示すように、収穫シュート数は各クローンとも活性炭添加培地で最も多かった。クローンを比較すると、仁多4号と川本署1号は平均5本以上のシュートが得られたが、邑智5号は約1本に留まり、クローン差があった。一方、NAA添加培地と無添加培地では、各クローンともシュート数が少なく、褐変する株もあった。

収穫シュートを分割し、サイトカイニン添加培地に植え付けると、葉腋部に不定芽が発生した。これを活性炭添加培地に移植すると、再びシュートが形成された。35週間の培養の結果を表-10に示すように、サイトカイニンの種類による収穫シュート数の差は認められなかった。

発根培養の結果を表-11に示すように、オーキシン無添加培地で低率ながら3クローンで発根した。

表-10 ヒノキ松江署1号のシュート再誘導

サイトカイニン	供試株数	収穫シュート数 (平均)
BAP	18	0~4 (1.5)
キネチン	13	0~4 (1.5)
ゼアチン	18	0~3 (1.3)

しかし、オーキシン添加培地ではまったく発根しなかった。なお、37週間の培養で外植体1個から得られる幼植物体数は最多の仁多4号で2.1本と試算した。

3. 考 察

ヒノキの組織培養では、芽生えの一部(4,18)、苗木の葉端(7,15,16)および成木の葉端(2,3,20)を外植体として植物体再生が報告されている。本試験でも、精英樹の葉端を培養して植物体を再生したが、培養効率はきわめて低かった。今後、苗条原基誘導(34,35)などによる大量増殖の開発が必要である。

継代培養でのシュート伸長に、井出ら(16,17)はIBAまたは活性炭の添加が、また石井ら(20)はNAAの添加が効果のあることを報告した。本試験では、活性炭を添加した場合にシュートが多く得られた。スギの場合と同様、活性炭のもつ成長阻害物質吸収作用(6)がヒノキの培養でも働いたものと考ええる。

オーキシンは一般に不定根の発生を促進する作用がある。しかし、本試験ではオーキシン添加培地でまったく発根しなかった。したがって、オーキシンの種類と濃度について詳細な検討が必要である。

表-11 ヒノキシートの発根培養

クローン	オーキシン添加 a)		無 添 加	
	供試シュート数	発根シュート数	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)
能義1号	10	0	9	3 (33)
松江署1号	10	0	15	0 (0)
松江署2号	10	0	4	0 (0)
仁多4号	10	0	12	4 (33)
邑智5号	10	0	13	0 (0)
川本署1号	10	0	15	1 (7)

a) IBA 3.0mg/l, NAA 0.1mg/l

IV アカマツとクロマツの培養

1. 材料と方法

1) 芽生えからの培養

島根県林業技術センターの採種園で1989年10月に採取した精英樹自然交配種子を供試した。約5℃の滅菌水に20時間浸漬した種子を70%エタノールに2分間浸漬した後、1%次亜塩素酸ナトリウム溶液で10分間かくはんした。つぎに、滅菌水で3回洗浄した後、10%過酸化水素水で10分間かくはんして表面殺菌し、滅菌ろ紙上で風乾した。そして、植物成長調節物質を含まないWS培地に置床し、発芽させた。

4週間後、芽生えから胚軸と子葉の一部を付けた幼芽を切り取って、BAP3.0mg/lを添加したLP培地(1)、無機塩類濃度を希釈した改変LP培地、GD培地(39)およびAE培地(5)に植え付けた。7週間後、活性炭5g/lを添加した同培地に移植し、12週間培養した。そして、発生したシュートを切り取って、母株とともに再度BAP添加培地に移植して9週間培養し、続いて活性炭添加培地で12週間培養した。このようにして、40週間培養した後、得られたシュートから不定根を誘導した。発根培養には改変GD培地を基本培地とした。IBA5.0mg/l, NAA0.1mg/lおよびBAP0, 0.02mg/lを添加した培地で4週間培養した後、活性炭5g/lを添加した同培地に移植し、さらに10週間培養した。

2) 苗木からの培養

島根県林業技術センター育苗試験圃場で養成された精英樹3~4年生苗木から、1989年10月19日と27日に冬芽を採取し、ポリエチレン袋に入れ約5℃の冷蔵庫で貯蔵した。なお、供試個体が片寄らないよう、採取した冬芽は無作為に混合した。

貯蔵した冬芽は1週間以内に供試した。約2cm長

表-12 アカマツ・クロマツ幼芽からのシュート誘導

樹種	基本培地	外植体数	生存数	収穫シュート数 (平均)
アカマツ	LP	33	14	0~20 (4.2)
"	改変LP	17	14	0~10 (2.9)
"	GD	10	10	5~14 (5.6)
"	AE	10	0	0
クロマツ	LP	19	7	0~20 (2.0)
"	改変LP	8	4	0~9 (1.8)
"	GD	8	4	0~7 (0.8)
"	AE	8	4	0

の冬芽を70%エタノールに2分間浸漬後、Tween 20を滴下した0.1%塩化第二水銀水溶液で20分間かくはんして表面殺菌した。滅菌水で3回洗浄後、滅菌ろ紙上で風乾した。つぎに、芽鱗を剥いで芽を露出させ、これを厚さ5mmの円盤状に分割した。そして、BAP5.0mg/lを添加したLP培地、改変LP培地、GD培地、DCR培地(11)、SH培地(36)およびWS培地に外植体を水平に置床した。継代培養は7~11週間隔で5~6回移植し、計52週間行った、移植時にシュートを切り取って収穫シュートとした。なお、この時不定芽の発生した株は活性炭添加培地に、また不定芽を認めない株はBAP5.0mg/l添加の培地に移植した。

発根培養には改変GD培地を基本培地とした。IBA5.0mg/l, NAA0.1mg/lおよびBAP0, 0.02mg/lを添加した培地で6~7週間培養した後、活性炭無添加または5g/l添加の同培地に移植し、8週間培養した。

2. 試験結果

1) 芽生えからの培養

種子の発芽率はアカマツ71%、クロマツ93%で、雑菌汚染は認められなかった。芽生えの幼芽をBAP添加培地に植え付けて4週間後から多数の不定芽が発生し始めた。そして、活性炭添加培地へ移植すると、シュートが伸長し、マルチプルシュートを形成した。収穫シュートと母株を再度BAP添加培地へ、続いて活性炭添加培地へ移植して継代培養すると、再びマルチプルシュートを形成した。40週間の培養で得られたシュート数を表-12に示すように、いずれの培地でもアカマツがクロマツより多かった。また、アカマツはGD培地で、クロマツはLP培地でシュートが多く得られたが、AE培地では両樹種とも褐変枯死が著しく、シュートはまったく得られなかった。なお、改変LP培地では両樹種ともシュートに伸長しない不定芽が多く、しかも黄変する株が多かった。

発根培地に植え付けたシュートは基部が膨らみ、

カルスを形成した。そして、活性炭添加培地に移植すると不定根を生じた。14週間の発根培養の結果を表-13に示すように、両樹種ともBAP無添加培地での発根率が高く、またクロマツの発根率がアカマツより高かった。なお、54週間の培養で幼芽1個から得られる幼植物体数はアカマツ3.0本、クロマツ1.5本と試算した。

2) 苗木からの培養

外植体の約20%が雑菌に汚染された。植え付け4週間後から側面の葉原基が膨らみ始め、不定芽が発生した。初代培養の結果を表-14に示すように、アカマツは外植体の褐変枯死が多かったが、不定芽の発生はクロマツとほぼ同率であった。また、LP培地でクロマツの不定芽発生率がやや高かったほかは、各培地の発生率は40~60%の範囲で、顕著な差はなかった。

活性炭添加培地に移植して継代培養すると、不定芽は初生葉状の針葉を展開し、シュートを形成した。シュートを切除した株を再度BAP添加培地へ、続

表-13 アカマツ・クロマツ幼芽由来シュートの発根培養

樹種	IBA (mg/l)	NAA (mg/l)	BAP (mg/l)	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)
アカマツ	5.0	0.1	0	48	26 (54)
"	5.0	0.1	0.02	45	15 (33)
クロマツ	5.0	0.1	0	23	17 (74)
"	5.0	0.1	0.02	32	18 (56)

表-14 アカマツ・クロマツ冬芽からの不定芽発生

樹種	基本培地	外植体数	雑菌汚染数	生存数 (生存率%) ^{a)}	不定芽発生数 (発生率%) ^{a)}
アカマツ	LP	16	2	11 (79)	8 (57)
"	改変LP	36	9	17 (63)	12 (44)
"	GD	56	11	30 (67)	23 (51)
"	DCR	40	14	12 (46)	12 (46)
"	SH	16	2	8 (57)	6 (43)
"	WS	20	2	12 (67)	8 (44)
クロマツ	LP	17	1	15 (94)	12 (75)
"	改変LP	37	12	21 (84)	12 (48)
"	GD	57	11	37 (80)	27 (59)
"	DCR	39	7	27 (84)	17 (53)
"	SH	17	1	10 (63)	8 (50)
"	WS	20	2	18 (100)	8 (44)

a) 雑菌汚染を免れた外植体数に対する割合

表-15 アカマツ・クロマツ冬芽のシュート伸長

樹種	基本培地	供試株数	生存株数 (生存率%)	収穫シュート数 (平均)
アカマツ	LP	4	1 (25)	0
"	改変LP	9	3 (33)	0~5 (1.0)
"	GD	12	7 (58)	0~41 (9.3)
"	DCR	12	4 (33)	0~15 (4.3)
"	SH	5	1 (20)	0~25 (5.0)
"	WS	5	0 (0)	0~11 (4.2)
クロマツ	LP	6	0 (0)	0
"	改変LP	11	2 (18)	0~4 (0.4)
"	GD	20	6 (30)	0~7 (1.1)
"	DCR	12	2 (17)	0~3 (0.3)
"	SH	6	0 (0)	0
"	WS	3	0 (0)	0

表-16 アカマツ・クロマツ冬芽由来シュートからの発根培養

樹種	前培地の添加物			移植培地の 添加物	供試シュート数	発根シュート数 (発根率%)
	IBA (mg/l)	NAA (mg/l)	BAP (mg/l)			
アカマツ	5.0	0.1	0	無添加	31	2 (6)
"	5.0	0.1	0.02	"	26	0 (0)
クロマツ	5.0	0.1	0	無添加	16	4 (25)
"	5.0	0.1	0.02	"	13	5 (38)
"	5.0	0.1	0	活性炭	8	4 (50)
"	5.0	0.1	0.02	"	6	2 (33)

いて活性炭添加培地へ移植すると新たなシュートを生じた。52週間の継代培養の結果を表-15に示した。培養中の株は基部から褐変してこれが徐々に上部に移行するものが多く、1~2回目の継代培養での枯死が著しかった。しかし、この時期に褐変枯死を免れた株の多くは52週間後まで生存した。両樹種ともGD培地での生存率が最も高く、しかも収穫シュート数も多かった。一方、LP培地では両樹種とも、またSH培地とWS培地のクロマツではまったくシュートが得られなかった。また、アカマツでは40本以上のシュートが得られた株もあったが、クロマツでは最多でも7本に留まり、まったくシュートの得られない株が多かった。

発根培地に移植したシュートは基部が膨らみ、カルスを形成した。そして、活性炭添加または無添加培地へ移植すると不定根を生じたが、表-16に示す

ように、アカマツの発根率はきわめて低く、一方クロマツの発根率も25~50%に留まった。なお、活性炭の効果は明らかでなかった。74週間の培養で外植体1個から得られる幼植物体数を試算すると、アカマツ0.3本、クロマツ0.4本であった。

3. 考 察

アカマツとクロマツの組織培養は多く報告されているが、いずれも成熟胚(8,19,24,25,26,27)または芽生えの一部(12,28)を外植体としたものである。KIM(23)はアカマツ成木の冬芽からシュートを発生させたが、植物体再生に至っていない。一方、外国産マツでは、ラジアータマツ成木の冬芽からの植物体再生が報告されている(13,14)。本試験では、アカマツとクロマツの芽生えのほか、苗木の冬芽から植物体を再生することに成功した。したがって、冬芽が外植体として利用できることがわかったので、

今後は成木での試験が必要である。

本試験で、不定芽とシュートの誘導に種々の基本培地を比較検討した。芽生えからの培養では、アカマツはLP培地とGD培地で、またクロマツはLP培地でシュート数が多かった。一方、苗からの培養では、両樹種とも不定芽の発生はLP培地で多かったが、シュートの伸長はGD培地で良好であった。このように外植体の種類と培養の段階によって適する培地の異なることが注目された。なお、AE培地、SH培地およびWS培地は培養物の褐変枯死が著しく、培養に適さないと考える。

また、芽生え、苗木とも収穫シュート数はアカマツが多かったが、発根率はクロマツが高く、培養の段階によって樹種間に差のあることも注目された。

V お わ り に

本試験によってスギ、ヒノキ、アカマツおよびクロマツの培養系を確立することができた。すなわち外植体から不定芽を発生させ、続いてシュートを伸長させた。そして、このシュートからは不定根を誘導して植物体を再生でき、また再度シュートを発生させることも可能であった。

また、本試験において広葉樹の培養と異なるいくつかの特徴も見られた。まず第一に、培地に対する培養物の反応が認められるまで時間がかかり、しかもその後の成長も緩慢であった。第二に、培養物からの不定芽発生とシュート伸長を同一培地で同時に誘導できなかった。すなわちサイトカイニン添加培地で不定芽を発生させ、これを活性炭添加培地に移植することによってシュートを伸長させる必要があった。これらの点はいずれも培養効率を低下させる原因となっているので、改良が今後の課題である。

本試験で、スギとヒノキは4月に切り枝を採取し、またアカマツとクロマツは10月に冬芽を採取してそれぞれ外植体を得たのみで、他の時期には採取しなかった。また、スギの苗木由来の再生植物体で順化を試みたのみで、詳細な順化試験は行わなかった。これらの未検討の点も今後の課題である。

引 用 文 献

- (1) AITKEN-CHRISTIE, J. : Clonal propagation, gymnosperms. *In Cell culture and somatic cell genetics of plants*, Vol. I, 82~85, Academic Press Inc., London, 1984
- (2) 天野孝之 : ヒノキの組織培養による増殖 (II)

15~16年生葉条を用いた場合. 日林関西支講 39 : 249~252, 1988

- (3) ————・酒谷昌孝 : ヒノキの葉条培養による増殖. 奈良林試研報 16 : 31~33, 1986
- (4) ————・————— : ヒノキの組織培養による大量増殖 (I) 子葉を用いた場合. 奈良林試研報 17 : 19~25, 1987
- (5) ARNOLD, S. von, and Eriksson, T. : *In vitro* studies of adventitious formation in *Pinus contorta*, *Can. J. Bot.* 59 : 870~874, 1981
- (6) BONGA, J. M. : Tissue culture techniques. *In Tissue culture in forestry*, 4~35, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1982
- (7) CAMPBELL, R. A. and DURZAN, D. J. : Induction of multiple buds and needles in tissue culture of *Picea glauca*. *Can. J. Bot.* 53 : 1652~1657, 1975
- (8) FUKUDA, T., FUJII, Y. and KANAMITSU, K. : Production of resistant pine plantlets against the nematode disease through tissue culture techniques I. *Mokuzai Gakkaishi* 35 : 1139~1143, 1989
- (9) 福島 勉 : スギ精英樹クローンの成長に及ぼす人工庇陰の影響. 島根林試研報 35 : 11~16, 1984
- (10) ————・井ノ上二郎・周藤靖雄・金森弘樹 : ズギカミリ加害に対するスギ抵抗性判別法の検討. 島根県林技研報 37 : 27~34, 1986
- (11) GUPTA, P. K. and DURZAN, D. J. : Shoot multiplication from mature trees of Douglasfir and sugar pine. *Plant Cell Reports* 4 : 177~179, 1985
- (12) 引田裕之 : 組織培養によるマツのザイセンチュウ抵抗性アカマツの増殖——稚苗組織片からの不定芽の形成——. 99回日林論 : 467~468, 1988
- (13) HORGAN, K. : *Pinus radiata*. *In Cell and tissue culture in forestry* Vol. 3, 128~145, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1987
- (14) ———— and HOLLAND, L. : Rooting micropropagated shoots from mature radiata pine. *Can. J. For. Res.* 19 : 1309~1315, 1989
- (15) IDE, Y. and YAMAMOTO, S. : Adventitious root formation on *in vitro* micro cuttings of hinoki. *J. Jpn. For. Soc.* 68 : 296~298, 1986

- (16) 井出雄二・山本茂弘：ヒノキの試験管内微小サシキにおける小枝葉の伸長. 97回日林論：443～444, 1986
- (17) ————・—————：ヒノキの試験管内微小さし木における活性炭及びNADP添加の効果. 35回日林中支論：5～7, 1986
- (18) ISHII, K. : *In vitro* plantlet formation from adventitious buds on juvenile seedling of hinoki cypress. *Plant cell, Tissue and Organ Culture* 7 : 247～255, 1986
- (19) ———— : *In vitro* plantlet formation from mature embryo of Japanese black pine. *J. Jpn. For. Soc.* 70 : 278～282, 1988
- (20) 石井克明・吉岡 寿・瀧尻富士雄：ヒノキ成木よりの組織培養による個体の増殖. 100回日林論：523～542, 1989
- (21) ISHIKAWA, H. : *Cryptomeria*. In *Biotechnology in agriculture and forestry 1*, Trees I, 316～321, Soringer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986
- (22) 石川広隆：組織培養法を用いた林木の不定器官の発生促進の関する研究. *林試研報* 343 : 119～153, 1987
- (23) KIM, J. and PARK, J. : Shoot formation in culture of mature *Pinus densiflora*. *Res. Rep. Inst. For. Gen. Korea* 23 : 123～127, 1987
- (24) 近藤禎二・九島宏道：アカマツの胚培養. *林木の育種特別号* : 24～26, 1987
- (25) ————・—————：クロマツの胚培養(Ⅱ) 培地検討. 99回日林論：453～454, 1988
- (26) ————・—————：クロマツの胚培養(Ⅲ) 活性炭の培地への添加による芽の伸長効果. 99回日林論：455～456, 1988
- (27) ————・—————：クロマツ芽生えからの不定芽の誘導. *林木の育種特別号* : 9～10, 1989
- (28) ————・—————・黄 鈞：クロマツの胚培養(Ⅰ)不定芽の分化, 39回日林関東支論：103～104, 1987
- (29) LLOYD, G. and McCOWN, B. : Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel by use of shoot tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 30 : 421～427, 1981
- (30) 宮本健治・白川 正：スギの小枝葉を用いた試験管内増殖. *日林関西支講* 39 : 237～240, 1988
- (31) ————・—————：スギの小枝葉を用いた試験管内増殖Ⅱ材料別増殖培地条件の検討. *日林関西支講* 40 : 342～345, 1989
- (32) ————・—————：スギの小枝葉を用いた試験管内増殖Ⅲ発根培地条件の検討. *日林関西支講* 41 : 128～131, 1990
- (33) 永野正造・岡島秀典・菅原俊明：スギ切枝からの不定芽誘導による器官培養. *日林東北支誌* 42 : 246～247, 1980
- (34) 大竹清美：組織培養によるヒノキの増殖(Ⅰ) 苗条原基法の可能性. *日林東北支誌* 41 : 242～243, 1989
- (35) ————：組織培養によるヒノキの増殖(Ⅱ) 苗条原基培養におけるホルモンの影響. *日林東北支誌* 42 : 244～245, 1990
- (36) REILLY, K. J. and WASHER, J. : Vegetative propagation of radiata pine by tissue culture, *Plant formation from embryonic tissue. N. Z. J. For. Soc.* 7 : 199～206, 1977
- (37) 佐藤 亨：スギ稚苗の組織片からの不定芽の誘導による幼植物体の再生. *日林誌* 68 : 389～392, 1986
- (38) ————：樹木の器官・カルス培養の基礎的研究. *森林総研研報* 360 : 35～119, 1991
- (39) SOMMER, H. E., BROWN, C. L. and KORMANIC, P. P. : Differentiation of plantlets in long-leaf pine tissue cultured *in vitro*. *Bot. Gaz.* 136 : 196～200, 1975
- (40) WOLTER, K. and SKOOG, F. : Nutritional requirements of *Fraxinus* callus cultures. *Amer. J. Bot.* 53 : 263～269, 1966

Tissue Culture of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*,

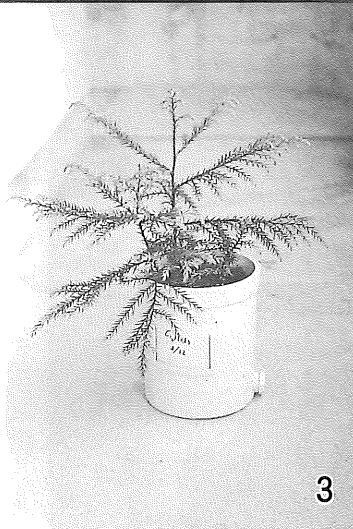
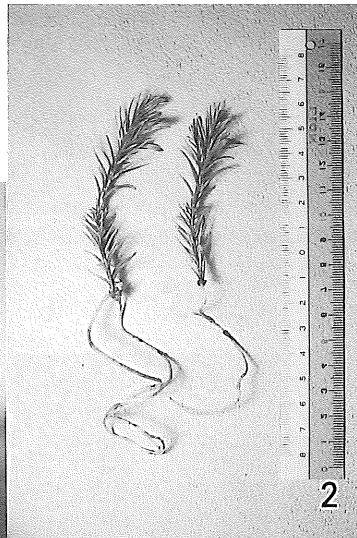
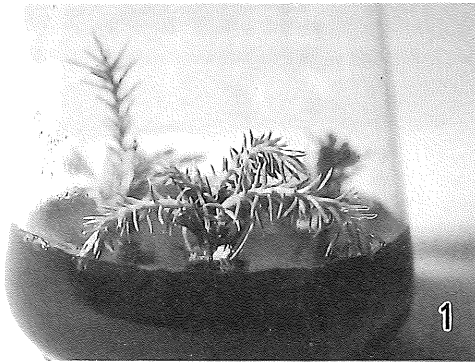
Pinus densiflora and *P.thurbergii*

Tsutomu FUKUSHIMA

Summary

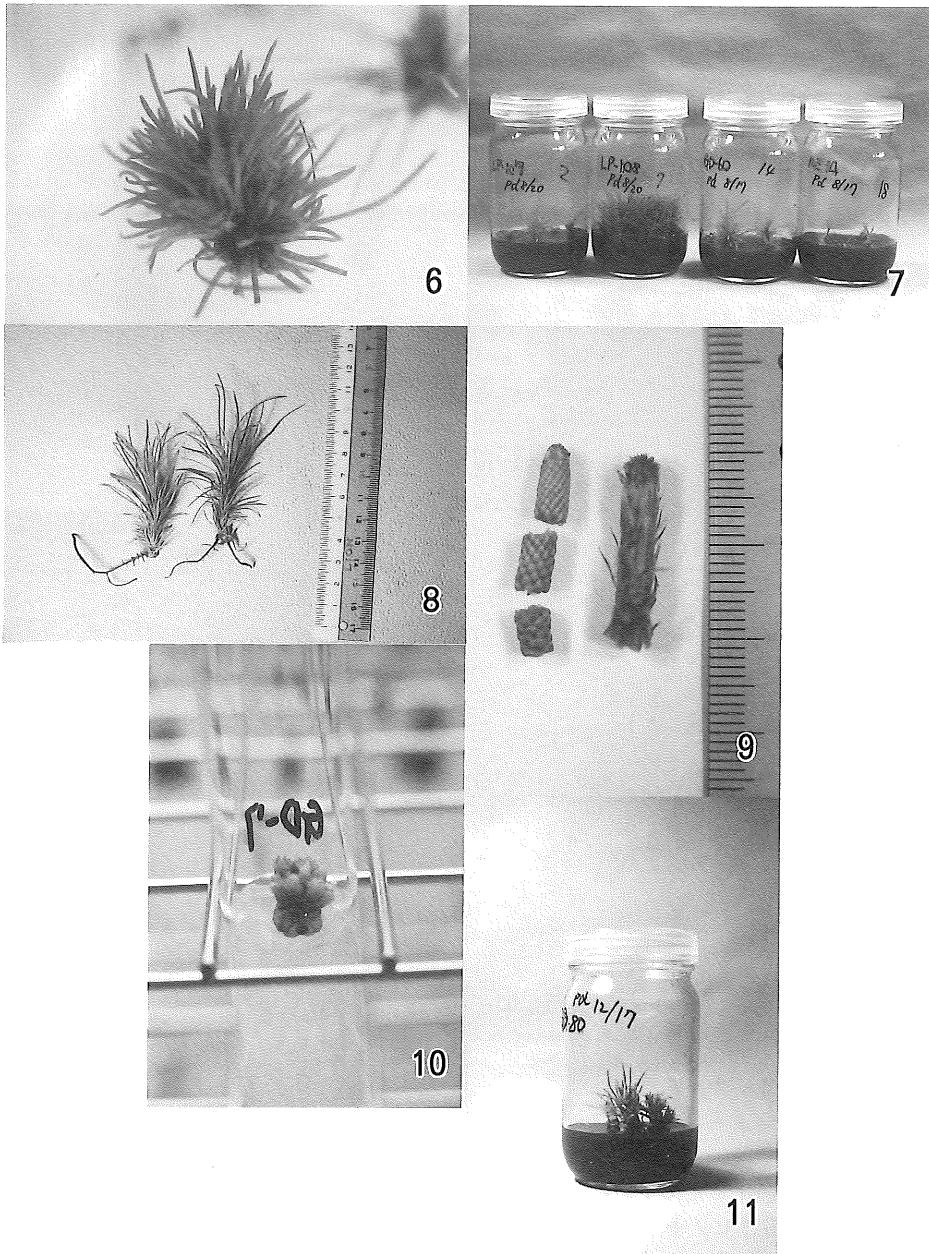
Attempts were made to obtain *in vitro* plantlets of four coniferous tree species, *Cryptomeria japonica* D.DON, *Chamaecyparis obtusa* ENDL., *Pinus densiflora* SIEB.et ZUCC.and *P.thunbergii* PARL. Explants utilized for the propagation were as follows : shoot tips from a seedlings, a root stock sprout and mature trees in *C.japonica*, shoot tips from mature trees in *C.obtusa*, and pulmules from aseptically germinated seedlings and winter buds of seedlings in *P.densiflora* and *P.thunbergii*. Adventitious buds were induced from all the explants utilized on medium containing cytokinin in the primary culture. These buds were transplanted to medium containing charcoal and shoots elongated from buds. Multiplication rate, however, was extremely low in all the species examined.

写 真



- 1～3 : スギ
1 : シュート形成
2 : 発根
3 : 順化した再生植物体
4, 5 : ヒノキ
4 : シュート形成
5 : 発根

写 真



6～8 : アカマツ芽生えからの培養

6 : シュート形成

7 : 継代培養

(左から改変LP, LP, GD, AEの各培地)

8 : 発根

9～11 : アカマツ冬芽からの培養

9 : 冬芽

10 : 不定芽の発生

11 : シュート形成

論文

島根県における松くい虫被害様相の解析

周 藤 靖 雄・金 森 弘 樹・井ノ上二郎

Analysis of Infestation of the Pine Wilt Disease in Shimane Prefecture

Yasuo SUTO, Hiroki KANAMORI and Jiro INOUE

要 旨

1991年現在で島根県における過去の松くい虫被害推移は市町村別に5つの型に分けられた。各被害型についてマツ林の存立状態と気象条件の環境との関連を検討した。海岸部では本被害が最盛期にあるか最盛期を経過して減少傾向にあったが、内陸部ではほとんど発生しないか急増が抑制されていた。海岸部ではマツ林面積が高率でかつ連続的に分布し、また夏季には内陸部に比べて高温で降水量が少なかった。このような環境が本被害の激化を助長したと考える。隠岐島では本土の海岸部と同様な環境条件にあるが、一部では激化の途次にあり、一部では微害を保っていた。1986-1988年、松くい虫微害の3林分で当年枯死したマツを処理してその被害激化を抑制する効果を再検討した。毎年枯死木を焼却、くん蒸または薬剤散布をして材内のマツノマダラカミキリ幼虫を駆除した。被害は年々減少して駆除の効果が実証できた。完全に被害が終息しなかったのは、周辺の無防除の被害林からのカミキリ成虫の飛来によるものと考えた。1989-1991年、県下の海岸部と隠岐島の22町村において、近辺のマツ林より被害程度が著しく微害な50林分選抜した。これらのほとんどではカミキリ成虫後食予防のための薬剤散布を主とする各種の防除が実施されており、これらが本被害が微害で経過した原因と考えた。

I は じ め に

島根県においてマツ類の枯死木からマツノザイセンチュウ [*Bursaphelenchus xylophilus* STEINER & BUHRER] NICKLE, 以下「線虫」と略記]が検出されたのは1971年のことであり、続いて1973年には本線虫が枯死木から脱出したマツノマダラカミキリ [*Monochamus alternatus* Hope, 以下「カミキリ」と略記]成虫に保持されて伝搬されることを確認した(10)。この松くい虫被害(マツ類材線虫病)の発生の確認時以降約20年を経過したが、この間本被害は県下で急速に拡大・激化した。被害初期(1971-1974年)の被害状況や1980年までの被害推移についてはすでに報告した(5)。アカマツ・クロマツは島根県における重要な林業樹種であり、今後ともその管理には松くい虫対策が重要課題となる。将来適正な防除指針を立てるに当たっては、過去の被害様相を種々な方法を用いて分析することによって多くの知見が得られるであろう。そこで、本

研究ではまず県下各地方の被害推移を類型化してその環境条件との関連を検討した。ついで、微害林での枯死木発生状態を調査し駆除の効果を再検討した。さらに、海岸寄りの激害地帯において微害林を選択してそれらが残存した原因を検討した。

なお、本調査は1986-1988年度国庫助成課題「松の年越し枯れ等新症状を踏まえた被害拡大防止技術の開発」の中課題「微害地における駆除効果の実証」(本論文Ⅲ)、また1989-1991年度国庫助成研究課題「マツ枯損激化抑止技術」の中課題「微害マツ林の特性の把握」(本論文ⅡとⅣ)で実施したものである。本研究への参加を許された林野庁研究普及課研究企画官鈴木一生氏と森山忠一氏、ご指導をいただいた森林総合研究所森林動物科長野淵輝博士と滝沢幸雄氏に厚くお礼を申し上げる。また、松くい虫被害・防除量についての資料を提供していただいた島根県農林水産部造林課森林保護係にもお礼を申し上げる。

II 島根県における松くい虫被害推移の類型

1. 調査方法

被害量については島根県農林水産部造林課の資料を用いた。この資料を含め、普通松くい虫の被害量は材積で示される。本研究では古田 (I) が全国の被害推移の分析に採用したように、被害材積の対数で図示して分析した。この表現法をとれば、「変化の大きさ」が容易に理解できるからである。たとえば、被害少量に地域でも被害大量の地域と同様に被害推移の大きさをグラフの折れ線の傾きによって比較することができる。まず、島根県全体に被害量の推移を検討した。ついで、各市町村別の被害量の推移を類型化して検討した。

被害発生に関与する環境条件としてマツ林の存立状態と気象条件を市町村別に検討した。前者についてはマツ林の存立割合（被覆度、現存率）を示すものとして①マツ林面積/市町村の全面積、またマツ林の連続性を示すものとして②マツ林面積/林野面積を求めた（県造林課の資料による）。②については、この値が厳密にはマツ林の連続性を示すとはいえない場合がある。マツ林面積が小さければ、連続して分布していてもこの値は小さくなるからである。しかし、市町村単位の比較的狭い面積単位での検討であり、また概略の傾向を把握できるものとしてこの値を採用した。後者については各市町村に所在する気象観測所の観測値から③MB指数（月平均気温が15°Cを超える月について月平均気温値-15°Cの合計値）(6) と④7・8月の降水量 (4) の10年間（1968-1977年）の平均値を求めた。なお、当町村に観測所がない場合には、近隣の立地的に類似した町村の観測所の値で代用した。そして、各要因についてつぎの段型を設定した。

マツ林面積/全面積とマツ林面積/林野面積

{	10%以下	A
	11-20%	B
	21-30%	C
	31-40%	D
	41%以上	E

MB指数

{	25以下	a
	26-30	b
	31-35	c
	35-40	d
	41-45	e

7・8月の降水量

{	501-550mm	a
	451-500mm	b
	401-450mm	c
	351-400mm	d
	350mm以下	e

2. 調査結果

1) 県全体での被害量の推移

被害は1978-1981年の4年間に著しく増加して1981年には被害量は80,000m³に達した。以後1988年までの7年間は80,000-110,000m³の被害最盛期が続いた。1989年には明らかな減少の傾向が見られ、以後大きな増減はない（図-1）。

従来島根県においても本被害に対して各種防除対策がとられてきた。本稿に記した被害推移はできうる限りの防除を実施した上でのものである。既往の防除の概略を述べればつぎのとおりである。まず、MEP剤やNAC剤による予防薬剤散布（空中散布）であるが、1974年から実施され、その面積は被害量とともに増大して被害ピーク時の1985年には最高の18,700ha、その後も17,200-17,400haで実施されている。枯死木を伐倒してのマツノマダラカミキリの駆除処理については、被害初期には被害量に応じて増加して、1981-1983年には各年43,000-45,000m³を処理している。しかし、その後労力不足などから防

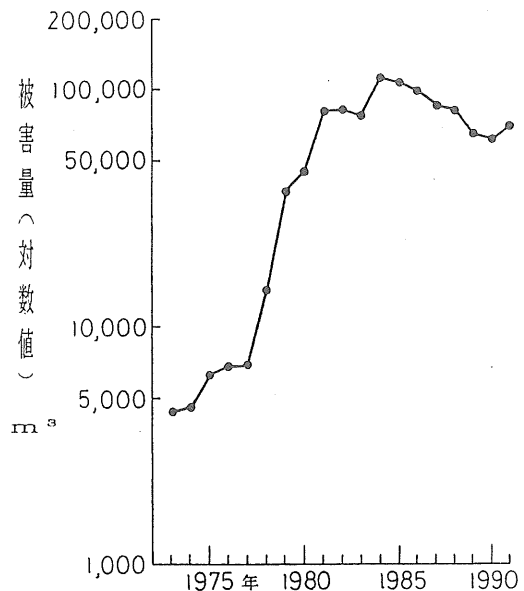


図-1 島根県全体での被害量の推移

除量は減少して、1991年には22,000m³に留まっている。この駆除処理の方法については、MEP剤などの薬剤散布と焼却が主体であるが、1988年からはカーバム剤によるくん蒸も実施されており、1992年には4,000m³がこれによって処理されている。さらに、1980年からはガンノズルスプレーによる枯死木（立木）に対するMEP剤の駆除散布が実施され、1988年には最高の13,000m³、1992年には8,000m³を処理している。

2) 被害推移の型

島根県下の各市町村における各年の松くい虫被害材積を対数グラフで図示した。そしてその年経過に応じた変化のパターンを次の5型に類別し、これを「被害型」と呼ぶことにした（図-2）。

I：ほとんど発生しない、または1980年代後半から発生したが急増しない。

II：1980年代後半に急増したが、1980年代後半以降は横ばい。

III：1970年代後半に急増し、1980年代前半は横ばい、1980年代後半以降は減少。

IV：1970年代後半に急増して、1980年代前半以降は横ばい。

V：1980年代前半以降急増中。

なお、いずれの型にも若干傾向を異にする場合があったが、それらは一括して細分しなかった。

3) 被害型の分布

これらの被害型を地域別にみるとつぎのとおりであった（図-3）。

I-内陸最奥部と隠岐島の一部。7町村。

II-内陸部。11町村。

III-海岸沿いまたは海岸寄り。25市町村。

IV-海岸沿い、海岸寄りまたは内陸部。12市町村。

V-隠岐島の一部。4町村。

4) 環境条件と被害型

これら環境条件の段階と被害型の関連はつぎのとおりであった（表-1）。

本土の被害型IとIIについては、マツ林の面積率と連続性は低く、夏季は低温多雨であった。これに対して、隠岐島の被害型Iではマツ林の面積率と連続性は高く、夏季は高温少雨であった。被害型IIIとIVでは夏季に高温少雨であるのが共通しているが、マツ林の面積率と連続性についてはIIIでは多様であったがIVでは低かった。隠岐島に限られる被害型Vはマツ林の面積率と連続性は高く、夏季に高温少雨であった。

3. 考 察

島根県においてこの20年間にようやく松くい虫被害が激化に至った理由を考察した。まず、県下に広面積・多量のマツ林が分布したためである。すなわち、島根県の民有林面積は1991年度末現在約489,000haであるが、このうちアカマツとクロマツがそれぞれ81,000ha、19,000haで計100,000ha、全体の20%を占める（県造林課編森林計画資料より）また、人工林のうちマツ類の占める割合は33%であり、全国的にみて香川、岩手県について大きい（1990年農林業センサスより）。さらに、島根県は日本海沿いに海岸線が約200kmにも及ぶが、とくにこの海岸沿いではマツ類が連続的に分布している。したがって、病原体である線虫とその媒介者であるカミキリの宿主が豊富であり被害がきわめて発生し易い状況にあるといえる。

つぎに、すでに詳しく報じた(5)が、1973年と1978年に被害は著しく拡大・激化した。これら両年の夏季は高温少雨であり、こうした気象環境が被害激化の契機となったと考える。なお、その後の年は必ずしも発生に適した気象条件でなかったにもかか

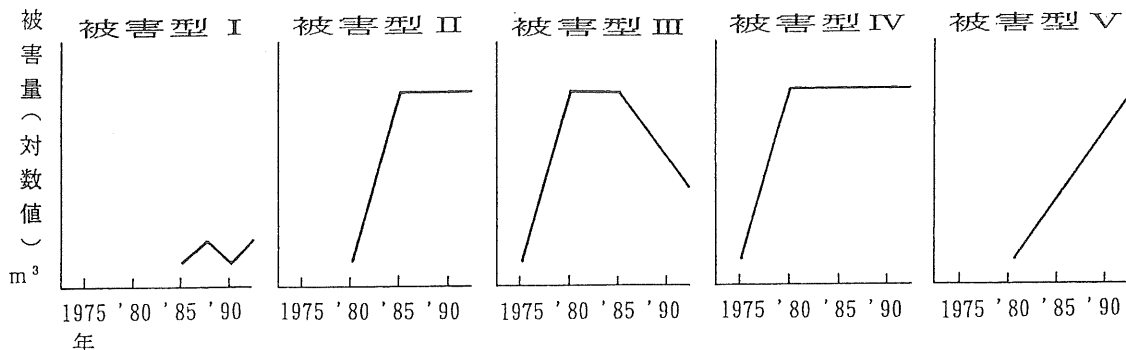


図-2 被害型

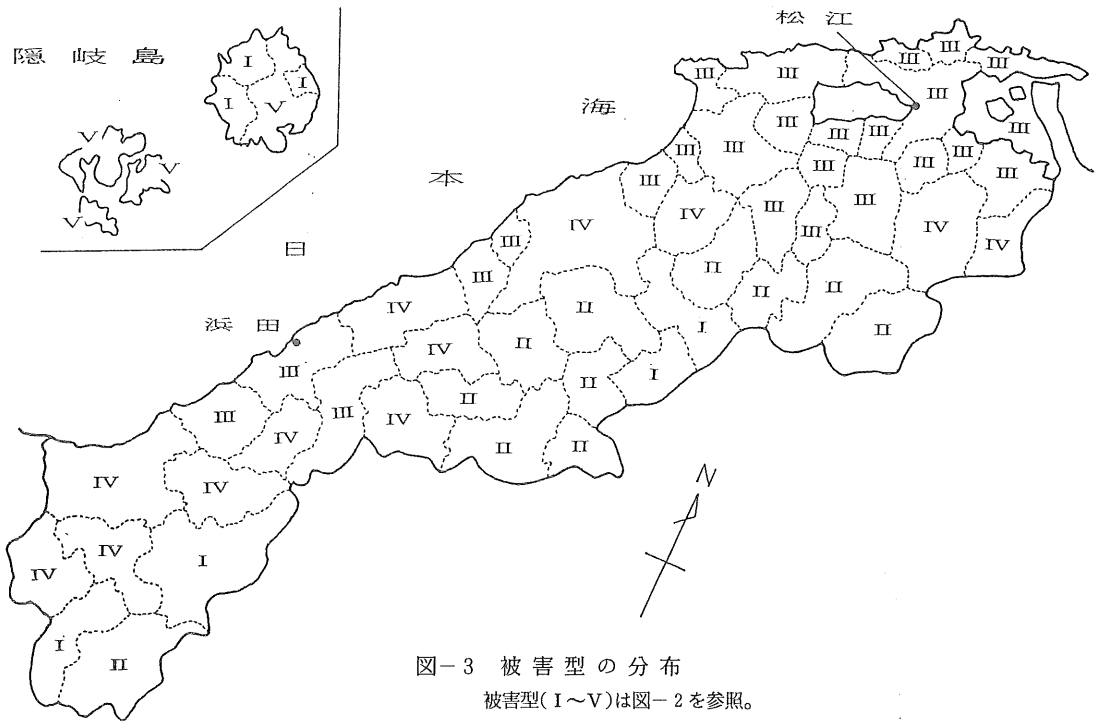


図-3 被害型の分布
被害型(I~V)は図-2を参照。

表-1 被害型と環境条件

被害型	マツ林の面積率と連続性		気象条件
I	本土	A-B ^{a)}	a-c ^{b)}
	隠岐	C-D	c-e
II		A-C	(a) b-d
III	(A)	B-E	(b) c-e
IV		A-C(D)	(a, b) c-e
V		C-E	c-e

a) b) 本文を参照

わず被害は激化した。高温少雨によって被害量が多くなると駆除もれの枯死木も多くなり、翌年夏季の低温多雨も被害の軽減に影響を及ぼし難くなったと考える。

さらに、1981-1988年の被害ピーク時の被害は主として本土側の海岸沿いの市町の被害によるものであったことも注目すべきである。後述するようにこれらでは山間部に比べて夏季は高温少雨であり、しかも感受性のクロマツが分布したことが急速で激甚な被害をもたらしたと考える。

島根県の市町村別の被害推移は5つの被害型に分

けられた。この各被害型と環境条件との関連を分析したが、本土と隠岐島では被害様相がかなり異なる。すなわち、本土では環境条件が被害発生に好適な市町村ではすでに最盛期が継続しているか最盛期を經過して減少傾向にある。隠岐島はいずれの町村も環境条件は被害発生に好適であり、またほとんど感受性のクロマツ林であるが、一部では被害激化の途次にあり、また一部では現在までのところ微害を保っている。つまり、隠岐島においては被害の激化が本土側の海岸部に比べて遅く現れている。駆除による防除努力、そして孤立した立地条件のゆえに枯死木

の人為的移動が妨げられたことなどによって、急速な激化が抑止できたと考える。なお、現在激化の最中である隠岐島島前地方における1986年までの被害状況については遠田(9)が詳報している。

各被害型別に今後の防除対策を考察したい。被害型ⅠとⅡは「微害地帯」といえる。このうち隠岐島では気象条件が被害拡大に好適であるため、本被害の急増を防ぐために徹底した拡大防止(駆除)を行う必要がある。被害型ⅢとⅣでの微害林に対しては、周囲の伝染源となる枯死木がかなり多量に残存する限りは予防薬剤散布を継続すべきであろう。そうした枯死木は駆除処理も同時に行うよう努めることが重要である。被害型Ⅴでは今後Ⅲに転じるよう予防薬剤散布を中心とした防除を行う必要がある。

Ⅲ 松くい虫被害微害林での枯死木発生とカミキリ類駆除効果の実証

1. 調査方法

調査は島根県東部山間の仁多町と隠岐島島前の海士町と知夫村の3林分において実施した(表-3)。いずれも調査開始時点で松くい虫被害は1%以下の微害であった。なお、仁多・西ノ島町山林では当林からそれぞれ200, 300mの近隣に、また海士調査林では隣接して松くい虫被害マツ林があったが、その被害程度は当調査林と同程度であった。仁多・海士調査林では1986-1988年の3年間、また西ノ島調査林では1987-1988年の2年間調査を継続した。

各年3-5月と10-11月、調査時までには発生した新しい枯死木数を優勢木と胸高直径10cm以下の小径木に分けて調査した。この優勢木はその枯死の症状から松くい虫被害と判定したが、小径木については松くい虫被害によるか被圧枯死か判断できない場合があった。仁多調査林ではいずれの年にも雪折木が生じたので、その数と折れた位置を調査した。なお、調査開始時(仁多・海士調査林は1986年10月、西ノ島調査林は1987年10月)にはいずれの林分でもカミキリの脱出孔の認められる前年以前の古い枯死木が

あったが、これらは調査数から除外した。

枯死木は伐倒して樹幹の胸高、枝下(力枝が付着している下部)、枝中(樹冠の中央部)、梢端の各部位、また太枝についてそれぞれ長さ1mに玉切った。それぞれの丸太については剥皮・割材してカミキリ寄生の有無と程度を調査した。また、各調査木樹幹の1-3か所から径1cmのドリルで木くずを約10-20g採集した。これからベールマン法で線虫を分離して、検出程度を記録した。

調査の終了した枯死木のカミキリの寄生している部位については、焼却、MEP剤の散布またはNCS剤によるくん蒸の処理を行った。

2. 調査結果

1) 枯死木発生経過

いずれの調査林においても、小径木を含む枯死木は年を経るにつれ減少した。海士・西ノ島調査林では優勢木のみについてみても減少した。しかし、枯死木がまったく発生しないまでには至らなかった。(図-4)。仁多調査林では毎年雪折木——冠雪書による幹折れが生じた。地上5-11mの部位で折れた場合が多かったが、5m以下の部位で折れたものもあった。折れた部位が樹幹に付着している場合と脱落している場合があった。折れ残った樹幹には枝葉がまったくまたはほとんど付着していなかった。

調査枯死木優勢木の枯死時期を調査年間の合計でみると、仁多調査林では10-12月が最も多く、ついで8-9月が多く、10-12月は少数であった。海士調査林ではすべて8-11月に枯死したが、調査時期の関係から夏・秋の枯死の区別を明確にすることができなかった。西ノ島調査林では、全枯死木の80%が8-10月に枯死した。(表-3)

2) カミキリ寄生率と線虫分離率(表-3)

調査枯死優勢木のうちカミキリ寄生木の割合をみると、仁多調査林では枯死時期によって寄生木率が異なり、8-9月枯死木では90%であったが、10-12月枯死木では40%、1-5月枯死木には寄生を認めなかった。海士調査林では全調査寄生の70%にカ

表-2 調査林

場 所	標高 (m)	地 形	面積 (ha)	樹 種	林 齢 (年生)	平均胸高 直径(cm)	平均樹高 (m)
仁多郡仁多町大内原	300-320	丘陵地・南斜面	1.0	アカマツ	15-25	16	14
隠岐郡海士町菱浦	80	平地	0.5	クロマツ	15	15	12
〃 西ノ島町美田	20-130	山腹・北斜面	4.0	クロマツ	30	19	17

ミキリが寄生していた。西ノ島調査林では8-10月の枯死木の90%にカミキリが寄生していたが、11-12月の枯死木については調査できなかった。また、線虫を分離した木の割合をみると、仁多・西ノ島調

査林では90%、海士調査林では70%を占めた。小径枯死木のうちカミキリ寄生木の割合をみると、仁多、海士、西ノ島調査林でそれぞれ40、10、30%を占めた。また、海士調査林の小径枯死木の全部、

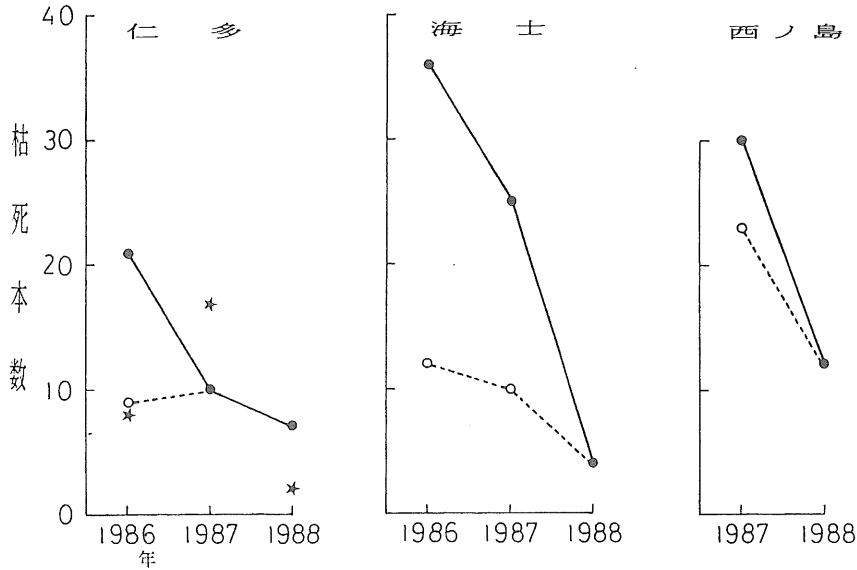


図-4 枯死木の発生経過
●優勢木+小径木, ○優勢木のみ, ★雪折れ木。

表-3 枯死木数とカミキリ類寄生・線虫分離木数

調査林	枯死木の種類	枯死時期	枯死木数	カミキリ類寄生木数	線虫分離木数
仁多	優勢木	8-9月	8	7 (/ 8) ^{a)}	8 (/ 8)
		10-12月	13	4 (/ 13)	11 (/ 13)
	小径木	1-5月	5	0 (/ 5)	5 (/ 5)
		—	12	5 (/ 12)	—
		—	27	21* ^{a)} (/ 21)	13 (/ 13)
海士	優勢木	8-9月	13	9 (/ 13)	10 (/ 13)
		10-11月	13	8 (/ 12)	8 (/ 12)
	小径木	—	39	5 (/ 39)	5 (/ 5)
西ノ島	優勢木	8-10月	22	16 (/ 17)	17 (/ 17)
		11-12月	6	—	—
	小径木	1-3月	5	—	—
			7	2 (/ 7)	6 (/ 7)

a) の数字は調査本数

b) カラフトヒゲナガカミキリ。他はマツノマダラカミキリ。

西ノ島調査林の小径枯死木のほとんどから線虫を分離した。

仁多と海士の調査林ではカミキリは主として枝下、枝中および梢端部に寄生しており、胸高や枝への寄生はほとんど認めなかった。西ノ島調査林では枝下、枝中、梢端ばかりでなく枝にもしばしば寄生していたが、胸高にはまったく寄生を認めなかった。線虫は調査木のいずれの部位からも検出された場合が多かったが、分離数の多少については一定の傾向を認めなかった。

仁多調査林での雪折木の80%にカミキリ類が寄生していた。これらの寄生木の一部を持ち帰り、翌年5月に脱出した成虫の形態を調査した。その結果これらはカラフトヒゲナガカミキリ (*Monochamus saltuarius* GEBLER, 以下「カラフト」と略記) と同定された。カラフトの寄生は折れた樹幹の上方(折れた先端部)、下方(折れた基部)の両方に認める場合、どちらか一方に認める場合があった。また、調査木のほとんどから線虫を分離した。

なお、前述したように各年調査終了後カミキリ駆除処理を行ったが、薬剤散布またはくん蒸した丸太からは翌春カミキリ類の脱出を認めなかった。したがって、いずれの方法でも完全に駆除できた。

3. 考 察

本調査を行った松くい虫微害林においては、枯死木数は調査年間で減少した。これは調査した枯死木はすべてなんらかの方法で駆除処理をしたことによると考える。すなわち、駆除効果が実証されたことになる。しかし、新しい枯れをまったく無くすることはできなかった。近隣の無防除地からのカミキリの飛来・線虫の伝染によるものと考えられる。

いずれの調査林でも枯死の全部またはほとんどが8-12月の年内に生じた。海士調査林では8-10月の枯死がほとんどであったが、仁多調査林では枯れのピークが遅れて10-12月であった。仁多は海士に比べて山間の高標高地であるため枯れが遅れたかも知れない。なお、1981-1984年島根県海岸寄りの激害地における調査結果では、枯死の多くは8-9月に生じていた(2)。

本調査では枯死木を優勢木と小径木に分けて調査した。これらの多くからは線虫を分離し、また優勢木に比べれば低率ではあるがカミキリの寄生を認めた。したがって、これらが松くい虫被害であることを確認した。したがって、小径木を被圧木と速断して防除の際放置することは危険である。

カミキリはいずれの調査林でも枯死木の上方面の枝下、枝中および梢端に主として寄生していた。樹齢が高く木が大きい西ノ島調査林では太枝にもしばしば寄生を認めたが胸高には無寄生であったことに注目した。木が大きくなるほどカミキリの寄生は樹幹上方に集中することは、筆者ら(2)が別の調査ですでに指摘した。

仁多調査林では雪折木がかなり生じたが、その多くにカラフトヒゲナガカミキリの寄生を認めた。このカミキリの成虫もマツノザイセンチュウを保持することが滝沢・庄司(7)、滝沢(8)の報告などで知られている。本調査ではカラフトが寄生した雪折木の多数から線虫を分離した。雪折れによって衰弱または枯死したこれらにカラフトの成虫が産卵し、その際に線虫が移植されたものとする。カラフトが雪害木を産卵対象木として生活していることは福井県でも知られている(3)。しかし、滝沢(8)も指摘しているように、カラフトが本被害の発生にどの程度関与しているかは明らかでない。ひいては、このようなカラフトの寄生した雪折木を林内に放置することの可否は厳密には決めかねない。しかし、枯死が雪折によるか否か決めかねる場合もあり、また枯死木中のカミキリ幼虫がマツノマダラカミキリかカラフトか同定することが一般には困難であるので、実際はこれら雪害木も駆除処理すべきであろう。

V 松くい虫激害地帯での微害林の存続とその原因

1. 調査方法

1989-1991年、島根県全域でつぎの基準で松くい虫の微害林を選抜した。すなわち、その周辺または隣接したマツ林には激害が生じているが、それらと比較して明らかに微害を維持している林を選抜微害調査林とした。1989年は県東部、1990年は西部、1991年は隠岐島を調査対象とした。なお、本調査では、上記した基準の微害林のすべてを選抜したわけではなく、そのいくつかの例として選抜したに過ぎない。

選抜した被害林については、松くい虫被害による主として当年の枯死木の発生率(被害率)とその分布状態を調査した。調査林の地況として地形と面積、林況として樹種、林齢、樹高および胸高直径を記録した。また、周辺の林相と本被害の発生状況についても観察した。以上の調査事項はいずれも目測した。調査林の標高を地形図から読み取った。調査林でのMB指数を最も近い気象観測所の観測値から標高差

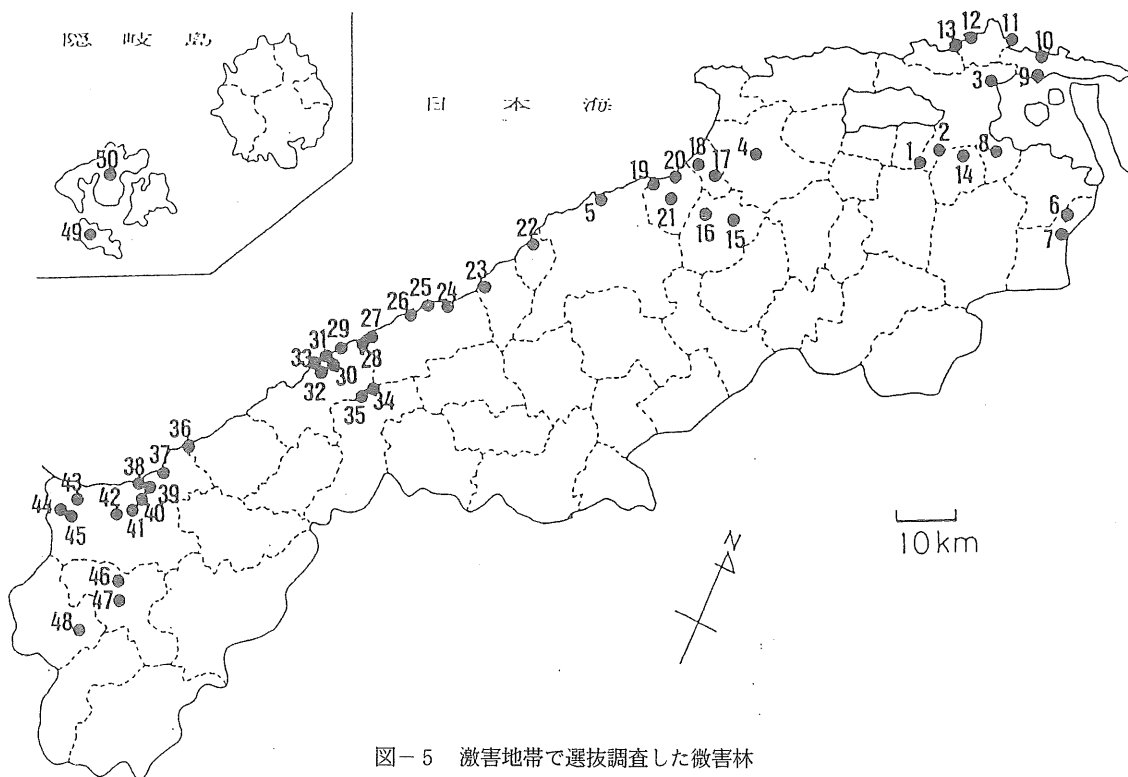


図-5 激害地帯で選抜調査した微害林

1	松江 (1)	松江市東忌部町	26	江津 (3)	江津市渡津町
2	八雲 (1)	八雲村平原	27	" (4)	" 波子
3	松江 (2)	松江市上本庄町邑生	28	" (5)	" "
4	出雲 (1)	出雲市朝山町	29	浜田 (1)	浜田市国分町
5	大田 (1)	大田市久手町波根西	30	" (2)	" 生湯町
6	伯太 (1)	能義郡伯太町安田中	31	" (3)	" "
7	" (2)	"	32	" (4)	" "
8	東出雲 (1)	八束郡東出雲町出雲郷	33	" (5)	" 浅井町
9	美保関 (1)	" 美保関町下宇部尾	34	金城 (1)	那賀郡金城町七条
10	" (2)	" " 北浦	35	" (2)	" "
11	" (3)	" " 笠浦	36	三隅 (1)	" 三隅町岡見
12	島根 (1)	" 島根町野波	37	益田 (1)	益田市久城町中須町
13	" (2)	" " 大芦	38	" (2)	" 高津町持石
14	八雲 (2)	" 八雲村東岩坂	39	" (3)	" " 松ヶ丘
15	佐田 (1)	簸川郡佐田町宮内	40	" (4)	" 飯田町廿子
16	" (2)	" " 八幡平	41	" (5)	" 内田松原
17	湖陵 (1)	" 湖陵町三部	42	" (6)	" 中垣内梨ヶ平
18	" (2)	" " 大池	43	" (7)	" 戸田町宮田
19	多伎 (1)	" 多伎町口田儀	44	" (8)	" 飯浦二見
20	" (2)	" " 久村	45	" (9)	" 有田
21	" (3)	" " 多伎	46	日原 (1)	鹿足郡日原町野口
22	仁摩 (1)	邇摩郡仁摩町宅野町	47	" (2)	" 滝元
23	温泉津 (1)	" 温泉津町福光	48	津和野 (1)	" 津和野町耕田
24	江津 (1)	江津市後地町	49	知夫 (1)	隠岐郡知夫村知夫
25	" (2)	" 浅利町	50	西ノ島 (1)	" 西ノ島町美田

表-4 調査微害マツ林の地況, 林況および気象

調査林	海拔高 (m)	地 形	面積 (ha)	樹 種	林 齢	MB指数
松 江(1)	150~230	丘陵地上部	30	アカマツ (天然)	20~30	33~36
八 雲(1)	100~150	"	20	" (")	30~40	36~38
松 江(2)	40~ 80	"	10	クロマツ (人工)	20	39~40
出 雲(1)	150~240	山頂部	10	クロ・アカ(天然)	30	29~32
大 田(1)	40~ 60	丘陵地上部	10	クロマツ (")	30~40	36
伯 太(1)	20~ 50	"	5	アカマツ (")	30~50	35~36
" (2)	20~ 60	丘陵地	5	" (")	30~50	35~36
東出雲(1)	20~ 50	丘陵地上部	5	" (")	30	40
美保関(1)	20~ 60	丘陵地	10	クロマツ (人工)	20	40~41
" (2)	20~ 80	"	20	" (")	20	34~36
" (3)	10~ 30	半島部上部	5	" (")	25	36
島 根(1)	100~240	山頂部	30	" (")	15	28~33
" (2)	60~140	丘陵地上部	10	" (")	20	32~35
八 雲(2)	100~160	丘陵地下部	10	アカマツ (天然)	20~30	36~38
佐 田(1)	460~530	山頂部	5	" (")	30~50	17~19
" (2)	200~280	"	10	クロマツ (")	10~20	26~29
湖 陵(1)	40~ 90	丘陵部	20	アカマツ (")	20~40	34~36
" (2)	20~ 40	"	40	クロマツ (")	20~50	39~40
多 伎(1)	80~150	山頂部	30	" (")	50	33~35
" (2)	40~ 50	丘陵地	20	" (")	30~70	39
" (3)	200~250	山頂部	10	" (")	30	32~33
仁 摩(1)	20~ 60	丘陵部	3	" (人工)	10	38~39
温泉津(1)	40~110	丘陵地上部	5	" (天然)	30~40	34~36
江 津(1)	10~ 20	丘陵地	30	" (人工)	20	42
" (2)	0~130	半島部上部	20	" (")	20	38~43
" (3)	10~ 60	丘陵地	3	" (")	15	41~42
" (4)	20~ 60	"	2	" (天然)	25~30	41~42
" (5)	10~ 50	平地	20	クロマツ (人工)	20	41~42
浜 田(1)	20~ 40	丘陵地	10	" (")	30	39
" (2)	40~100	"	3	クロ・アカ(")	20	36~39
" (3)	20~ 40	半島部上部	2	クロマツ (")	30	39
" (4)	50~100	丘陵地	5	" (")	15	36~38
" (5)	20~110	丘陵地上部	3	アカマツ (天然)	20	36~39
金 城(1)	200~260	丘陵地	10	" (")	20~30	30~32
" (2)	210~240	"	2	" (人工)	30	31~32
三 隅(1)	80~260	山頂部	10	" (天然)	20~40	29~35
益 田(1)	0~ 10	平地	3	クロマツ (人工)	50	39
" (2)	20~ 60	丘陵地	10	" (")	20	37~39
" (3)	20~ 40	"	5	" (")	30	38~39
" (4)	10~ 60	丘陵地上部	10	アカマツ (")	40	37~39
" (5)	40~ 80	丘陵地	10	" (")	20	36~38
" (6)	130~250	山腹部	5	" (")	30	30~35
" (7)	40~240	山頂部	30	クロマツ (")	25	31~38
" (8)	180~300	山腹部	10	アカマツ (天然)	20	29~33
" (9)	160~280	山頂部	8	クロマツ (人工)	30	29~33
日 原(1)	100~180	"	2	アカマツ (")	25	39~42
" (2)	280~500	山腹部	5	" (天然)	20	28~35
津和野(1)	490~690	"	5	" (人工)	20	21~25
知 夫(1)	40~170	丘陵地上部	250	クロマツ (")	30	29~33
西ノ島(1)	40~290	丘陵地北~北西斜面	40	" (")	20~30	27~33

を考慮して算出した。すなわち、観測所の各月の平均気温から観測所との標高差100mについて0.6℃を加減してその調査林での値を求めた。15℃を越える月の値から15℃を減じてその値を累計した。さらに、調査林の過去5年間の本被害に対する防除作業の種類を管轄事務所の記録から調査した。

2. 調査結果

22市町村において50林分を微害林分として選抜した。選抜微害地では松くい虫被害による当年の枯死木は認めないか1%以下の微害に留まった。一方、当微害林の周辺または隣接するマツ林では累積の枯死率は約30-90%に達した(写真)。

いずれの林分とも海岸寄りの激害地帯、Ⅱの調査では被害型Ⅲ、ⅣまたはⅤの市町村に分布した(図-5、図-4を参照)。

調査被害林の地況、林況および気象(MB指数)の環境を表-4に示したが、調査林の標高は0-690mの範囲にあり、ほとんどが標高300m以下に位置した。また、ほとんどが丘陵地の上部や山頂にあった。面積は10-30haの場合が多かった。樹種はアカマツが19林分、クロマツが29林分、アカマツとクロマツの混交林が2林分であり、人工林が28林分、天然林が22林分であった。樹齢は多くが30-40年生の範囲にあった。MB指数は多くの林分では30-40の範囲にあった。2林分(No.15, 48)では25以下であっ

た。

過去の防除状況を見ると、6林分を除いてはなんらかの防除が実施されていた。なかでも予防薬剤散布と伐倒駆除薬剤散布はそれぞれ70%、40%の林分において実施されていた(表-5)。

3. 考察

本調査によって島根県の海岸寄りの松くい虫激害地帯においてもほとんど発病を認めない微害林があることを確認した。このように微害林が残存する原因であるが、調査林では予防薬剤散布を主とするなんらかの防除手段が実施されていた。すなわち、激害地帯でも適当な防除を行えば顕著に発病の激化と拡大を阻止できることは明らかである。

調査林の10%(6林分)では防除が過去に実施されていなかった。1林分(No.48)では標高が高く(490-690m)、またMB指数が低かった(21-25)ことが発病阻止要因と考える。他の5林分の微害林としての残存理由は明確ではなかった。

V 総合考察

本研究では、まず島根県における過去の松くい虫被害推移を市町村別に5つの被害型に分けて検討した。各市町村が該当したその被害型になった理由は、その市町村のマツ林の存立状態と気象条件に大きく依存していた。そして、各被害型別に今後の防除指

表-5 過去の防除状況

実施した防除法の種類(組み合わせ)					駆除薬剤 空中散布	実施林分数
予防薬剤 空中散布	伐倒 -薬剤散布	伐倒 -くん蒸	伐倒-破碎	伐倒-焼却		
○						13
○	○					6
○		○				1
○			○			1
○					○	5
○	○	○				1
○	○		○			1
○	○				○	3
○	○	○	○		○	2
	○					7
				○		1
					○	3
						6
防除無実施						

針の概要を推することができた。

しかし、この被害型の区分はきわめて大まかなものである。たとえば、過去に激害が生じたまたは現在激化中の地帯であっても、防除が成功してマツ林がきわめて軽微のまま残存している場合がある（IVに詳述）。また、激害地でもさまざまな被害程度—ほとんどのマツが枯れた林、枯れがある時点からは激化しない林などがある。また、微害地でもほとんど枯れが発生しない林、毎年少数ずつ枯れる林などがある。それはなにに起因するのか。きわめて興味深い事実である。また、被害をより精密に解析するためには、もっと小さい面積の単位で検討する必要がある。そして、本被害の発生に関与すると考えられる地形などの立地的要素、森林の構成などの林況、天敵の生息状況などの生物的要素、防除経過—これらを総合的に検討してみる必要がある。

つぎに、松くい虫被害激害地帯—IIの研究での被害型Ⅲ、IVおよびVの市町村に残存した微害マツ林分を調査して、その残存理由を検討した。その結果、予防薬剤散布を主とするなんらかの防除の実施がマツ林残存の大きな理由となっていると考えた。このようなマツ林の今後はどのように管理してゆくべきか—予防薬剤散布をいつの時点まで続けるべきかなどについては、今後実証に基づく具体的方法を確立する必要がある。最後に、微害林分での枯死木発生とカミキリ駆除処理の効果をみたが、枯死木を毎年適当に処理すれば被害が減少できることを確証できた。被圧木と混同しやすい小径木の処理も重要であることがわかった。しかし、当林分で完全に駆除を行っても、次年新たに近隣の無防除林から飛来したカミキリによる伝染に由来すると推察される

被害が発生した。したがって、駆除はその地域全体で実施すべきであることを再確認した。

引用文献

- (1) 古田公人：森林をまもる。pp.86-95, 培風館, 1984
- (2) 井ノ上二郎・周藤靖雄・金森弘樹：島根県におけるマツ類の枯死時期別マツノマダラカミキリ寄生状況。森林防疫 37:106-110, 1988.
- (3) 井上重紀：福井県におけるマツのセンザイセンチュウの分布とマツ林の枯損。福井総合グリーンセンター林試報 7:1-19, 1984
- (4) 小林一三：気象の年次変化と松くい虫被害のやすさ—鳥取県と岡山を例として—。日林関西支講 31:236-238, 1980
- (5) 周藤靖雄：島根県における松くい虫被害の推移とその防除。森林防疫 31:224-227, 1982
- (6) 竹谷昭彦・奥田素男・細田隆治：マツの激害型枯損木の発生環境—温量からの解析。日林誌 57:169-175, 1975
- (7) 滝沢幸雄・庄司次男：岩手県におけるカラフトヒゲナガカミキリの分布とその材線虫媒介の可能性。森林防疫 31:4-6, 1982
- (8) 滝沢幸雄：カラフトヒゲナガカミキリの生態とそのマツのザイセンチュウ媒介。森林防疫 37:2-6, 1988
- (9) 遠田 博：隠岐島島前地方における松くい虫の防除。森林防疫 37:216-219, 1988
- (10) 山田栄一・周藤靖雄：島根県におけるマツノザイセンチュウおよびマツノマダラカミキリの実態調査。島根林試研報 26:26-46, 1976

Analysis of infestation of the Pine wilt disease
in Shimane Prefecture

Yasuo SUTO Hiroki KANAMORI and Jiro INOUE

Summary

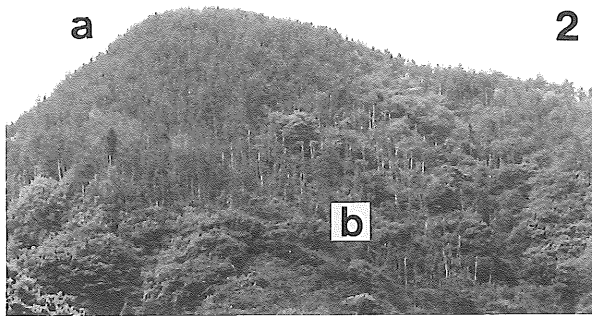
Damage of the Pine wilt disease caused by the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, was classified into five types based on intensification and spread of the disease by cities, towns and villages in Shimane Prefecture. Relationships between these types and environmental factors, distribution of pines (*Pinus densiflora* and *P. thunbergii*) and climatic conditions, were examined. The infestation of the disease has reached the peak or has passed the peak in the coastal region of the prefecture, while it has not occurred or has been at low level in the inland region. In the former region, many pine stands distribute in succession and higher temperature and less precipitation are recorded in summer season. These environmental conditions were considered to accelerate the infestation of disease. In the Oki Islands, the disease has been progressed in some towns and villages or it has been prevented in some other districts, though the environmental conditions are similar to the coastal region of prefecture.

In 1986-1988, control effects of removing dead pine trees completely on preventing the infection were examined in three pine stands which were in the primary stage of the infestation. The Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, which is vector of the pine wood nematode, were destroyed by burning or fumigating the dead trees and spraying insecticides onto them. As the results of these managements, newly infected trees decreased year by year and the control effects were clearly recognized. The disease, however, was not completely controlled, because the beetles flew to the examined stands from the pine stands where no control measures were applied.

In 1989-1991, 50 pine stands where the infestation degree was especially slighter than that of stands near those were selected in 22 cities, towns and villages distributing in the coastal part and the Oki Islands. Some controls, mainly aerial spray of insecticide to prevent maturation feeding of the Japanese pine sawyer, were managed in these stands and these were considered to be a main reason of preventing the disease.



1



2



b

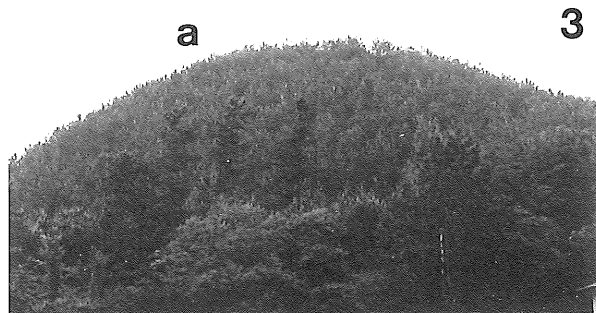
写 真

松くい虫激害林(b)に隣接する微害林(a)

1 : 出雲市朝山町, 1990年4月撮影

2 : 多伎町多伎, 1990年5月撮影

3 : 仁摩町宅野, 1991年5月撮影



a

3

論文 島根県におけるキツツキ類によるマツノマダラカミキリの 捕食実態と巣箱による誘致増殖の試み

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄

Woodpeckers Predation on the Japanese Pine Sawyer in Dead Pine Tree and Try to Attract them for Breeding by Nest Boxes in Shimane Prefecture

Hiroki KANAMORI, Jiro INOUE and Yasuo SUTO

要 旨

1989~1992年、島根県東部の4調査林において、キツツキ類の生息状態とそれらによるマツノマダラカミキリ幼虫の捕食実態を調査した。すべての調査林でコゲラとアオゲラの生息を認めた。カミキリの捕食率は10%程度以下の低率の場合が多かった。しかし、捕食率が50%以上に及ぶこともあり、このような場合にはカミキリの生息密度低下に役割を果たしていると考えられる。また、2調査林では巣箱架設によるキツツキ類の誘致増殖の可能性も検討した。1調査林で10%の巣箱が営巣またはねぐらとして使用されたに留まった。

I はじめに

島根県における松くい虫被害(マツ類材線虫病)は海岸部での発生はピークを過ぎたと推察するが、主として内陸部では依然軽微な被害が継続している。被害拡大・激化の効率的な阻止は、本被害防除上のひとつの課題である。このような微害林での防除に、天敵としてキツツキ類が利用できる可能性がある。すなわち、東北地方においてアカゲラ(*Dendrocopos major hondoensis*)がマツノマダラカミキリ(*Monochamus alternatus*, 以下カミキリと略記)の幼虫を顕著に捕食していることが確認された(2,4,7)。また、井上(3)は岡山県でのキツツキ類によるカミキリの高率の捕食を観察している。本研究では、まず島根県でのキツツキ類の生息状態とそれらによるカミキリ幼虫の捕食実態を調査した。また、被害マツ林内に巣箱を架設してキツツキ類が誘致増殖できないかを試みた。

本研究では、1989~1991年度国庫助成普及情報システム化事業「マツ枯損の激化抑止技術」の1課題として実施した。本研究への参加を許された林野庁研究普及課鈴木一生前企画官、森山忠一企画官と御

指導頂いた森林総合研究所森林生物部森林動物科野淵輝前科長、滝沢幸雄科長に厚くお礼申し上げる。

II 調査方法

調査は1989年5月~1992年11月、島根県東部の4か所——松江市西忌部町、大原郡加茂町岩倉、仁多郡仁多町城山および平田市別所町で実施した。調査区画は20~35haとした(表-1)。いずれもコナラ、クヌギなどの落葉広葉樹が混じた15~40年生の、アカマツ天然林のほか、スギ林、ヒノキ林および竹林を含んだ。松くい被害の累積被害率は松江・仁多・平田では1%、加茂は5%程度であった。

キツツキ類の生息状態を知るために、繁殖期である5~6月と幼鳥定着期後の11~12月にライセンスを実施した。各調査地に設置したセンサスルートの距離は、松江900m、加茂1300m、仁多1400m、平田1000mであった(図-1)。これらのルートを午前中に片道30~50分で往復した。ルート左右50m以内に出現したキツツキ類を含むすべての鳥の種類と羽数を、双眼鏡による観察と鳴声から判定した。

各調査林において、毎年3~4月に前年8~10月に枯死したアカマツを伐倒して、カミキリ幼虫寄生

の有無とキツキ類によるカミキリ幼虫捕食痕の有無を調査した。カミキリ寄生木は八束郡穴道町にある島根県林業技術センターに運搬して網室内に入れ、カミキリ成虫脱出後の7～8月にカミキリ捕食数を調べた。剥皮してカミキリ成虫脱出孔の数とキツキ捕食痕の位置と数を記録した。キツキ捕食痕は割材してカミキリ蛹室への到達の有無を確認した。なお、キツキ類によるカミキリ幼虫の捕食率は、 $\text{捕食数} / (\text{成虫脱出孔} + \text{捕食数}) \times 100$ で算出した。

松江・仁多調査林には、1989年8月に巣箱を架設した。巣箱はセンサスルートに沿って松江約30m、仁多約40mの間隔に各30個架設した。それらはコナ

ラ、クヌギ、ヤマザクラなどの地上約4mの樹幹上に架設した。巣箱は鈴木・由井(6)の試作した「板製入口式巣箱」でスギ板で作製した。巣箱の大きさは高さ40cm、幅8cm、奥行き11cmの屋根付きである。入口はキツキ自身に掘らすように少し削ったのみである(写真-10)。架設後、ラインセンサスの際などに巣箱のねぐらとしての使用や営巣の有無を観察した。

表-1 調査林

調査林	所在地	標高(m)	傾斜方位	樹種	面積(ha)
松江	松江西市忌部町開拓地	420~450	SE	アカマツ・落葉広葉樹(天然)	20
加茂	大原郡加茂町岩倉	130~280	E	〃, タケ	20
仁多	仁多郡仁多町城山	410~580	NW	〃, スギ	35
平田	平田市別所町別所	100~430	W	〃, スギ	20

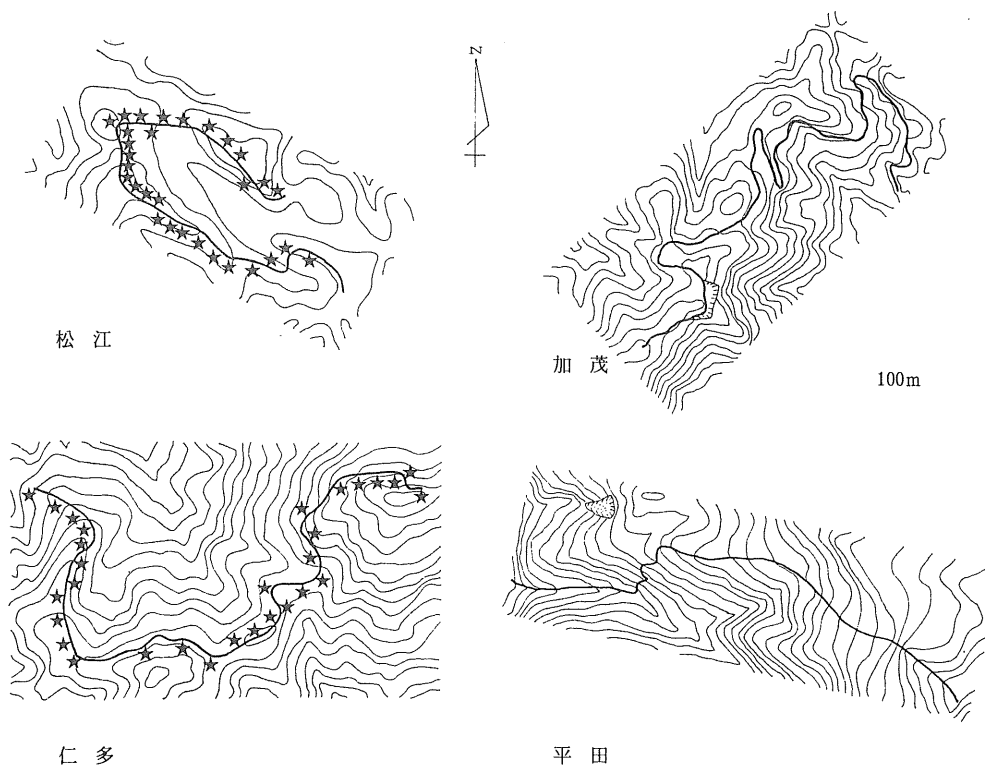


図-1 調査林

— : ラインセンサスルート ★ : 巣箱架設地
図の範囲が調査区画。

III 調査結果

1. キツツキ類の出現羽数

ラインセンサスの結果、いずれの調査地でもコゲラ (*Dendrocopos kizuki nippon*)と、少数ではあるがアオゲラ (*Picus awokera awokera*) の生息を認めた (写真-1)。1時間当りの出現羽数は松江 0~1.6羽, 加茂0.5~2.5羽, 仁多0~2.1羽, 平田0~1.7羽であり、いずれの調査林とも同程度の生息密度であった。また、秋期が春期よりも出現羽数がやや多かった (表-2)。他につぎの26種類の鳥類を確認した。ハシブトガラス (*Corvus leuillantii japonensis*), ハシボソガラス (*C. corone orientalis*), イカル (*Eophona personata personata*), マヒワ (*Carduelis spinus*), コカラヒワ (*Chloris sinica minor*), ウソ (*Pyrrhula pyrrhula griseiventris*), ミヤマホオジロ (*Emberiza elegans elegans*), ホオジロ (*E.*

cioides ciopsis), カシラダカ (*E. rustica latifascia*), メジロ (*Zosterops palpebrosa japonica*), シジュウカラ (*Parus major minor*), ヤマガラ (*P. varius varius*), エナガ (*Aegithalo caudatus trivirgatus*), ヒヨドリ (*Hypsipetes amaurotis amaurotis*), サンショウクイ (*Pericrocotus roseus divaricatus*), サンコウチョウ (*Terpsiphone atrocaudata atrocaudata*), キビタキ (*Muscicapa narcissina narcissina*), ウグイス (*Cettia diphone cantans*), アカハラ (*Turdus chrysolaus chrysolaus*), ツグミ (*T. naumanni eunomus*), ツバメ (*Hirundo rustica gutturalis*), ホトトギス (*Cuculus poliocephalus poliocephalus*), キジバト (*Streptopelia orientalis orientalis*), アオバト (*Sphenurus sieboldii sieboldii*), キジ (*Phasianus colchicus tokkaidi*), ヤマドリ (*P. soemmerringii scintillans*)。春期にはヒヨドリ, シジュウカラ,

表-2 キツツキ類の出現羽数

調査林	調査時期	出現羽数		
		アオゲラ	コゲラ	計
松江	1989年春	0	2	2 (1.3) ^{a)}
	秋	0	2	2 (1.6)
	1990年春	0	0	0 (0)
	秋	0	2	2 (1.1)
	1991年春	1	2	3 (1.6)
	秋	0	0	0 (0)
加茂	1989年春	0	2	2 (1.3)
	秋	0	2	2 (1.6)
	1990年春	1	1	2 (0.5)
	秋	0	2	2 (0.9)
	1991年春	0	2	2 (1.1)
	秋	0	5	5 (2.5)
仁多	1989年春	0	2	2 (1.7)
	秋	0	3	3 (2.1)
	1990年春	0	0	0 (0)
	秋	0	4	4 (1.7)
	1991年春	3	0	3 (1.2)
	秋	1	3	4 (1.3)
平田	1989年春	1	3	4 (1.7)
	秋	0	0	0 (0)
	1990年春	1	1	2 (0.8)
	秋	0	0	0 (0)

a) 1時間当たりの出現羽数。

ホオジロなどが、秋にはエナガ、ヒヨドリ、ツグミなどが多くを占めた。

キツツキ類が大きく穿孔した「樹洞木」が、松江ではアカマツ枯死木、ヤマザクラ、クヌギ、コナラなど10本、加茂ではアカマツ枯死木10本、仁多ではアカマツ枯死木3本、また平田ではスタジイ2本に生じていた(表-2, 3)。これらは営巣またはねぐらとして使用されたと推測した。

2. キツツキ類による

マツノマダラカミキリの捕食

1991年には松江、加茂では3本以下が枯死したに留まったが、それ以外の調査林・年では10~13本が枯死した。平田ではいずれの年にも枯死木は発生しなかった。カミキリの寄生は枯死木が発生した調査林ではいずれの年にも認められ、枯死木の半数以上に寄生している場合が多かった。これらのカミキリ寄生木の半数以上でキツツキ類によるカミキリの捕食が認められる場合もあったが、まったく捕食されていない場合もあった(表-3)。材内へ穿入したカミキリのうちキツツキ類によって捕食されたものの割合(捕食率)は、枯死木が発生した調査林ではいずれの年にも10%程度以下の場合が多かった。しかし、松江の1989年には約30%、仁多の1991年には約50%にも及ぶ場合があり注目した(表-4)。

各枯死木における捕食率は10%以下の低率の場合が1/4あったが、50%以上の高率の場合が約半数

を占め、最高80%にも達する場合があり、捕食は特定の枯死木に集中する傾向があった(表-5)。

捕食のための穿孔はカミキリの蛹室上からと幼虫穿入孔上から行なわれており、蛹室上からの場合が約90%を占めた。捕食痕は樹幹の縦方向に長い円形であり、長さ0.5~3.0cm、幅0.5~1.0cmであった。捕食痕の深さは蛹室上からの場合が1.0~3.0cm、幼虫穿入孔上からの場合が0.5~1.0cmであった。捕食は樹幹上部、中部、下部いずれでも行なわれていた。また、樹幹外部から見える捕食痕のうち約20%は蛹室に達しておらず、必ずしも捕食していなかった。なお、これからの捕食痕がコゲラ、アオゲラいずれのものかは明確に区別できなかった(写真-4~8)。

3. 巣箱による誘致増殖の試み

巣箱の利用は松江では認めたが、仁多では認めなかった。松江では架設約1年半後の1990年12月に1巣箱につつき痕を認め、1992年5月には3巣箱に初めて大きな穿孔を認めた。1992年11月にはつつき痕のあるものが9巣箱に増えた。穿孔した3巣箱のうち1巣箱には営巣痕を認めたが、他の2巣箱には認めず、ねぐらに使用されたと推測した(表-6)。なお、穿孔した入口の大きさは、営巣痕を認めたものが縦7.0×横6.5cmの円形穴、ねぐらに使用された2巣箱は縦7.0×横4.0cmの三角形穴と縦5.0cm×横3.5cmの円形穴であった(写真-11~13)。

表-3 キツツキ類によるマツノマダラカミキリの捕食本数

調査林	年	枯死本数	カミキリ寄生本数	カミキリ捕食本数
松江	1989	10	5	2
	1990	10	6	5
	1991	1	1	1
加茂	1989	10	7	1
	1990	11	5	1
	1991	3	1	0
仁多	1989	13	2	0
	1990	11	9	4
	1991	10	9	6
平田	1989	0	—	—
	1990	0	—	—

表-4 キッツキ類によるマツノマダラカミキリの捕食数

調査林	年	カミキリ成虫 脱出孔数	キッツキ類によるカミキリ捕食数(%)		
			幼虫穿入孔上から	蛹室上から	計
松江	1989	17	0	6	6 (26) ^{a)}
	1990	205	15	15	30 (13)
	1991	182	1	13	14 (7)
加茂	1989	71	0	2	2 (3)
	1990	20	0	1	1 (5)
	1991	0	0	0	0 (-)
仁多	1989	48	0	0	0 (0)
	1990	349	4	2	6 (2)
	1991	156	11	166	177 (53)

a) カミキリ捕食数/(カミキリ成虫脱出孔数+カミキリ捕食数)×100。

表-5 1 枯死木当たりの捕食率本数

調査年	調査本数	捕食率		
		10%未満	10~49%	50%以上
1989年	3	0	0	3
1990年	10	4	4	2
1991年	7	1	2	4
合計	20	5	6	9

表-6 巣箱の利用

調査地		巣箱の利用個数						
		1989年		1990年		1991年		1992年
		12月	5月	12月	5月	12月	5月	11月
松江	つつき痕	0	0	1	1	2	3	9
	穿孔	0	0	0	0	0	3	3 ^{a)}
仁多	つつき痕	0	0	0	0	0	0	0
	穿孔	0	0	0	0	0	0	0

a) うち1巣箱には営巣痕あり。

IV 考 察

本調査によって、島根県においても松くい虫被害林にコゲラ、アオゲラの生息とこれらキツキ類によるマツノマダラカミキリ幼虫の捕食を確認した。しかし、材内へ穿入したカミキリ数に対する捕食されたものの割合は10%以下の低率の場合が多かった。ただし、捕食率が50%以上にも及ぶこともあり、このような場合にはカミキリの密度低下に役割を果たしていると考えられる。

五十嵐(2)、加茂谷・藤岡(4)、由井ら(7)は、東北地方ではアカゲラによるカミキリ捕食が高率であることを報告した。また藤岡ら(1)、中村ら(5)は東北地方ではアカゲラによるカミキリ捕食は材内幼虫だけでなく、約20~50%の樹皮下幼虫も捕食していることを報告した。また、井上(3)はカミキリ寄生木を林内に架設する方法でキツキ類の捕食状況を調査した。その結果、鳥取県東部での調査ではいずれも捕食をほとんど認めなかったが、岡山県北部での調査では樹皮下幼虫、材内幼虫いずれも捕食され、材内幼虫の捕食率は約30~90%に及んだ。なお、この岡山県の調査林で認めたキツキ類はアオゲラ、アカゲラ、オオアカゲラ(*Dendrocopos leucotos stejnegeri*)であったという。

由井ら(7)はキツキ類によるカミキリ捕食率の全国各地でのデータを集め、捕食率はキツキ類の種類、密度やマツノマダラカミキリ密度が影響すると述べた。すなわち、松くい虫被害軽害地(カミキリ生息密度が低い地域)で捕食力の強力なアカゲラの密度が高ければ、捕食率は高い傾向がある。本調査地はいずれも松くい虫被害軽害地であったが、アカゲラの生息は認めなかった。このことが捕食率が概して低い要因のひとつと考える。

今後マツ林の管理に当たっては、このようなキツキ類の捕食行動を十分利用できるようにキツキ類の生息場所である森林の構成に配慮して(たとえば「樹洞木」になるような大径の広葉樹を残すなど)生息密度を高める必要があると考える。

鈴木・由井(6)は巣箱による誘致増殖について、

「入口式」(丸太の上部に円形穴をうがったもの)、「中空式」(丸太を縦割りし、実際の巣のように入口と内部を掘り、再び重ね合わせたもの)、「オガクズ式」(中空式の空洞内部から入口までオガクズを詰めたもの)の3つのタイプの巣箱を架設してキツキ類の利用を検討し、いくつかの巣箱に営巣、ねぐら使用を認めた。そして、巣箱の架設は応急措置として、広葉樹の中・大径木を欠いた林へのキツキ類の誘致増殖に大いに役立つと述べた。本試験では1調査林の1巣箱に営巣としての利用を、2巣箱にねぐらとしての使用を認めたに過ぎなかった。なお、鈴木・由井も架設当初2年間には利用されなかったと報告し、本調査の結果と一致した。本試験では、利用された巣箱はわずかであり、またこのことによるカミキリ捕食率の変動については解明できなかった。

引 用 文 献

- (1) 藤岡 浩・榎原 寛・五十嵐豊・鎌田直人：キツキ類によるマツノマダラカミキリ樹皮下幼虫の捕食率について。日林東北支誌 43, 153~154, 1991
- (2) 五十嵐正俊：キツキ類によるマツノマダラカミキリ越冬幼虫の捕食。91回日林論, 363~364, 1980
- (3) 井上牧雄：付け加えたマツノマダラカミキリの野鳥による被捕食量調査(I. 幼虫の被捕食量)。日林関西支誌 35, 170~173, 1984
- (4) 加茂谷常雄・藤岡 浩：秋田県におけるマツノマダラカミキリ——キツキ類による越冬幼虫の捕食——。日林東北会誌 33, 187~189, 1981
- (5) 中村充博・鈴木祥悟・由井正敏：アカゲラによるマツノマダラカミキリ樹皮下幼虫の捕食について。日林東北支誌 43, 159~160, 1991
- (6) 鈴木祥悟・由井正敏：キツキ類による人工巣の利用。林試東北支場たよりNo.299, 4 pp, 1986
- (7) 由井正敏・鈴木一生・山家敏雄・五十嵐正俊：キツキ類の生息密度とマツノマダラカミキリの捕食率。96回日林論, 525~526, 1985

Woodpeckers Predation on the Japanese Pine Sawyer in Dead Pine Tree and Try to Attract them for Breeding by Nest Boxes in Shimane Prefecture

Hiroki KANAMORI, Jiro INOUE and Yasuo SUTO

Summary

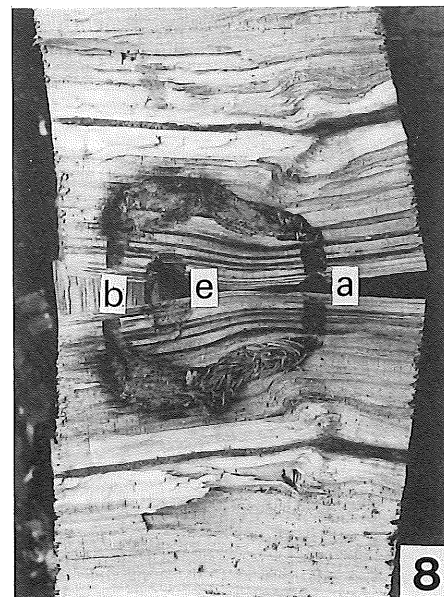
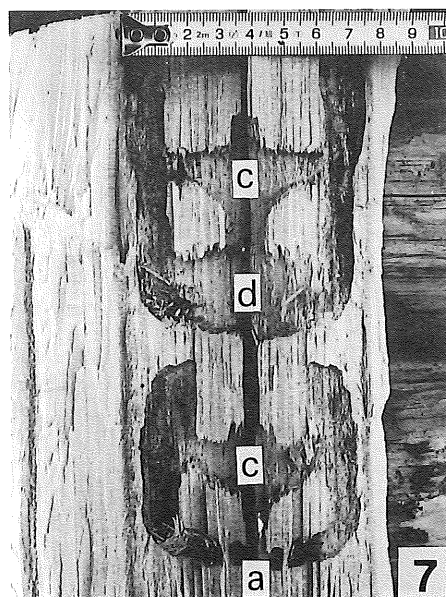
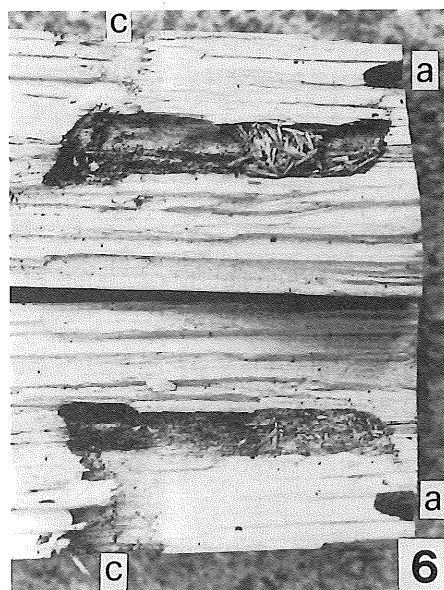
In 1989-1992, density of woodpeckers and their predation on the Japanese pine sawyer (*Monochamus alternatus*) in dead pine trees were investigated in four stands of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) in Shimane Prefecture, Japan. Honshiu Pigmy woodpecker (*Dendrocopos kizuki nippon*) and Japanese Green woodpecker (*Picus awokera awokera*) inhabited in all the stands. Ten percent and below larvae of the pine sawyer was generally preyed to the woodpeckers. In some cases 50% and over of them was preyed and the woodpeckers predation was considered to control the density of the pine sawyer. Effects of nest boxes on attract the woodpeckers for their breeding were examined in two pine stands. Ten percent of the nest boxes hung on trees were utilized by woodpeckers for building their nest or roost in one stand.

写 真-1~4



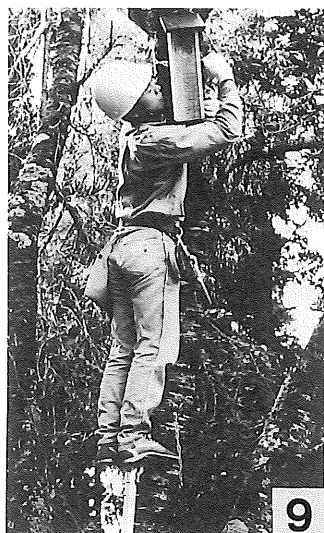
- 1 : コゲラ成鳥
- 2~3 : キツキ類が穿孔した樹洞木 (営巣・ねぐらとして使用)
- 2 : アカマツ枯死木 (矢印)
- 3 : クヌギ (矢印)
- 4 : アカマツ枯死木に生じたキツキ類によるマツノマダラカミキリ幼虫捕食痕 (矢印)

写真-5~8

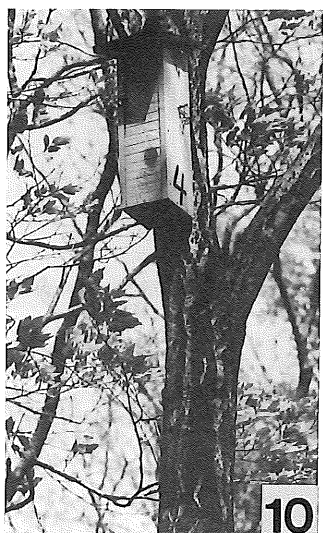


5 : アカマツ枯死木に生じたコゲラによるカミキリ幼虫捕食痕
6~8 : カミキリ材内幼虫の捕食
a : 幼虫侵入孔 b : 成虫脱出孔 c : 蛹室上からの捕食痕
d : 侵入孔上からの捕食痕 e : 蛹室に達していない捕食痕

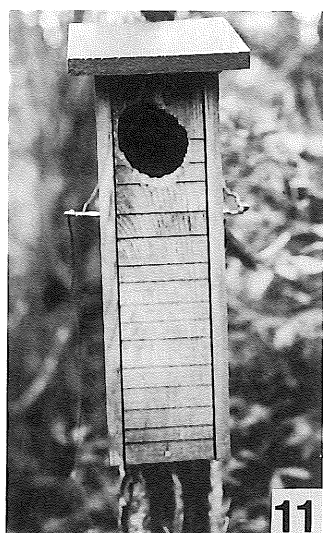
写 真- 9 ~13



9



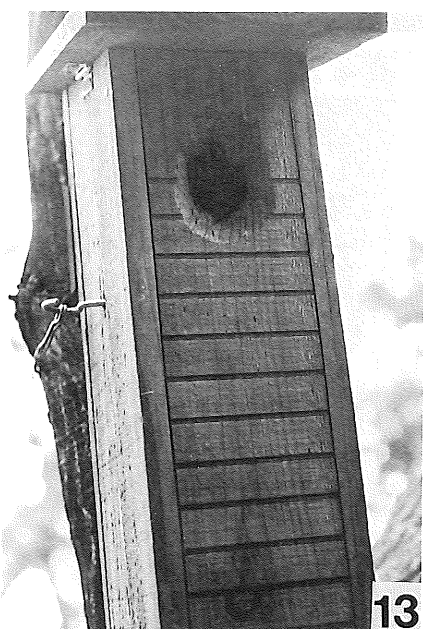
10



11



12



13

9 ~13 : キツキ類用巣箱とその利用

9 : ヤマザクラへの架設

10 : コナラに架設した巣箱

11 : 穿孔して営巣された巣箱

12 : つつき痕が生じた巣箱

13 : 穿孔してねぐらとして使用された巣箱

論文

県産スギ材の林内乾燥

—乾燥前処理としての葉枯らしの効果—

池 淵 隆・錦 織 勇

Wood Drying of Sugi in the Forest in Shimane Prefecture

—Effects of “Hagarashi” before Kiln Drying on some Physical Characteristics of Wood—

Takashi Ikebuchi and Isamu Nishikôri

要 旨

春（5月）、夏（8月）、秋（9月）の3時季にスギ材を伐倒し、約70~90日間林内で葉枯らしを実施し、その効果を検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 約3カ月の葉枯らし処理で辺材部の含水率は約210~230%が100~150%まで低下し、心材部のそれは約85~115%が55~80%まで低下した。また、辺材部の含水率は林内放置約40日まで著しく減少した。
 2. 含水率減少を伐倒時季と比較すると、春季伐倒時が最も大きい含水率減少を示し、つづいて夏季、最も小さかったのは秋季であった。
 3. 葉枯らし処理により心・辺材部の水分傾斜が小さくなるとともに樹幹全体の含水率も低下した。
 4. 材色は明るさが一定値に近づく傾向にあり、赤色度、黄色度は若干減少した。
 5. 葉枯らし処理により収縮率、曲がりりは小さくなり、割れの発生は少なくなった。
- これらのことより、人工乾燥の前処理としての葉枯らし処理の効果が認められた。

I はじめに

従来から木造建築部材には、針葉樹材が多く使われているが、集成材、フローリング、造作用材（一部）を除いて十分に乾燥してから木材を使用することは少なく、乾燥に関する関心は薄かった。

ところが、近年スギ、ヒノキなどの国産針葉樹材の需要拡大が叫ばれるとともに高付加価値化材の生産が要求されるようになってきた。

さらに、建築工期の短縮化や建築工法（プレカット工法等）の多様化、あるいは木材の流通期間の短縮化に伴い、乾燥材の要望が消費者サイドから高まってきた。

このような背景から、近年戦前から各地で実施されてきた葉枯らし乾燥に対する関心が急速に高まってきた。葉枯らし乾燥は、樹木を伐倒後、枝葉をつけたまま一定期間林地内に放置し葉からの水分蒸散作用により水分を減少させる方法で、人工乾燥

における乾燥コストの低減が期待されるため、乾燥前処理として再評価されている。

しかし、葉枯らしによる乾燥の度合、伐倒時期、放置期間および心・辺材の材色の変化、さらに、葉枯らしを実施する場所の林地条件等について、各地で検討（1）~（5）はされているものの地域差、その時の気象条件にも影響され、葉枯らし材生産にあたっては、処理法、品質保証とも不明な点が多い。

そこで、平成元年度~3年度にかけ、県有林で葉枯らしによるスギ材の林内乾燥試験を実施し、処理効果を検討した。

なお、本試験は、平成元年度~3年度の林野庁の大型プロジェクト研究開発推進事業の〈国産針葉樹材の高付加価値化技術の高度化〉の一環として行った事業の一部をとりまとめたものであり、供試材の入手に種々ご配慮をいただいた関係各位に厚く感謝の意を表します。

II 試験方法

1. 試験地の概要と供試木

試験地は、表-1に示すように飯石郡赤来町来島(県有林)で北向き斜面に生育している樹齢25年生のスギ林である。供試木は、平均胸高直径が約21cm、平均樹高が約16mのもので、各時季ごとにコントロール材を含めて15本ずつ伐倒した。表-2に葉枯らし期間中の試験地近辺のアメダスによる気象データを示すが、夏季伐倒時での8、9月の日照時間が少なく、降水量が多いのがわかる。

2. 処理方法と処理期間

各伐倒時季(春、夏、秋)とも間伐材を葉枯らしし、供試木は陽光が十分あたるように、また、風通しよく、枝葉が重ならないように伐倒した。その後胸高直径、樹高、枝下高を測定するとともに樹皮はそのまま70~90日間林地内に放置した。

各時季の伐倒時期、放置期間は表-2に示すとおりである。

3. 含水率の測定

含水率は樹木を伐倒後3mに3番玉まで玉切りし、1番玉の元口および1~3番玉の末口から厚さ約5cmの円盤を採取し、辺材、白線帯、心材別に全乾法で算出した。

供試木の本数は、伐倒直後をコントロール材とし、中期および終期を葉枯らし材とし、それぞれ5個体とした。

また、直径30mmの木工錐を用いて生長錘と同様の手法により採取円盤の隣接部分から木片を採取し、円盤と同様全乾法で含水率を測定した。なお、木片は辺・心材の区別はしなかった。また、錐で穴を開けた個所から雨水等が侵入しないようにゴム栓によりコーキングした。

4. 材色の測定

含水率測定時と同じ位置より円盤を採取し、1円盤より4枚の試験片を作成したのち直射日光の当たらない涼しい場所で気乾含水率になるまで放置した。気乾後、測定面を飽がけし1試験片につき辺・心材ともに2か所ずつ測色色差計(日本電色工業製、ND-1001DP型)で測定した。

5. 天然乾燥による性状変化

コントロール材と葉枯らし材をその径級に適した正角材に挽き材し、天然乾燥後の収縮率、曲がり、割れおよび水分分布を測定した。

表-1 試験地の概要

試験地	……飯石郡赤来町来島(県有林)
面積	……14.75ha
立木密度	……1531本/ha
平均樹齢	……25.3年
平均樹高	……16.1m
平均胸高直径	……21.2cm
標高	……630m
方位	……北面
傾斜	……5~7°
土壌型	……適潤性褐色森林土
通風	……良
陽光照射	……良
地形	……谷

表-2 試験地の気象状況

伐倒時季および放置期間	平均気温(°C)	日照時間(hr)	降水量(mm)	
春 (H2. 5. 11 ~ 8. 6)	平成2年5月	14.9	136.6	200
	平成2年6月	20.1	111.9	284
	平成2年7月	23.8	102.3	199
	平成2年8月	24.3	184.1	256
夏 (H元. 8. 3 ~ 10. 12)	平成元年8月	22.6	96.1	243
	平成元年9月	19.6	62.3	461
	平成元年10月	11.8	141.0	78
秋 (H 3. 9. 3 ~ 11. 22)	平成3年9月	19.8	116.4	208
	平成3年10月	12.7	108.9	81
	平成3年11月	7.0	109.4	81

III 結果と考察

1. コントロール材の伐倒時季別含水率

表-3に示すように、季節別にみて辺・心材とも平均値では生材含水率に大きな違いはないと思われる。このことは、池田や大森(6)の季節による生材含水率の変動が伐倒時期を決定する重要な因子とはなりえないと一致する。

しかし、個体間ではその差が大きく、たとえば1番玉で辺材部の含水率が最大で276.7%、最小で183.9%であり、約93%の差があった。また、心材部の含水率も同様で、1番玉で98%の差があった。つまり、スギ材は個体による含水率の差が著しく大きく、しかも辺材部と心材部の含水率に大きな差があることがわかった。このことがスギ心持ち柱材の人

表-3 コントロール材の伐倒時季別含水率

伐倒時季	1 番 玉		2 番 玉		3 番 玉		
	辺 材	心 材	辺 材	心 材	辺 材	心 材	
春	\bar{x}	228.2	82.7	232.9	89.9	218.9	91.1
	MAX	257.1	139.1	243.3	136.0	242.1	121.5
	MIN	188.6	51.7	205.7	61.6	193.7	44.6
夏	\bar{x}	231.8	105.3	231.8	117.5	209.5	118.0
	MAX	276.7	149.7	270.7	179.8	249.7	157.7
	MIN	183.9	58.5	207.7	62.7	126.7	86.9
秋	\bar{x}	226.5	80.3	211.9	97.2	183.0	96.1
	MAX	275.8	134.7	262.0	139.9	230.9	149.1
	MIN	191.0	52.9	126.0	47.2	135.1	70.1

数値は5個体の平均値(%)

工乾燥を困難にしている理由である。

2. 樹高方向の初期含水率

図-1に示すように、季節別に比較すると、春季、夏季、秋季伐倒時とも初期含水率にほとんど差がないように思われる。また、地上高別にみると、矢沢(7)らは辺材の含水率は地上高が増すとともに減少し、心材のそれは地際から一旦減少したのち、地上高が増すに従って増加する傾向にあると言っているが、辺材部は一致する結果となったが心材部では地上高3m以上で含水率はほぼ横這い状態となり若干異なっていた。

なお、辺・心材、白線帯を含めた円盤全体の含水

率は地際部分を除けば地上高に関係なく115~150%の範囲内にあった。

3. 葉枯らし材の乾燥経過

約70~90日間、林内に放置した葉枯らし材の乾燥経過を春季、夏季、秋季別に図-2に示す。3季節いずれの季節においても辺材部の含水率減少は大きく、特に春季のそれは顕著であった。

また、葉枯らし開始40日前後経過における辺材部の含水率低下は非常に大きかったがそれ以降においてはなだらかな低下傾向を示した。

これに対して、心材部の含水率減少は3季節ともわずかの低下しか認められず、しかも経過日数40日

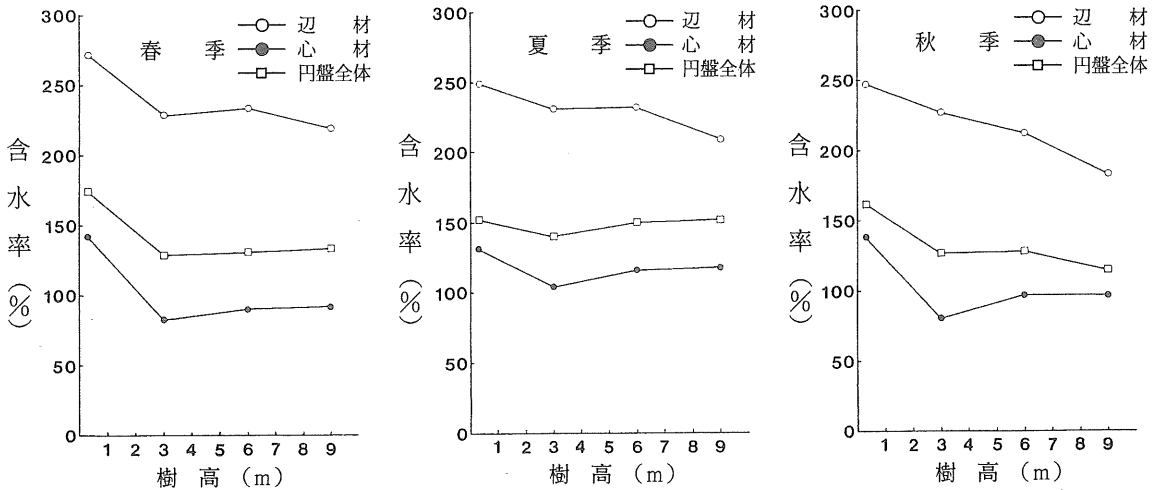


図-1 樹高方向の初期含水率

以降はほとんど低下しないか、低下してもごく僅かであった。

辺・心材を含めた円盤全体の平均含水率でみると、約70~90日間の葉枯らし処理によって春季の場合、初期含水率で約130%が約65%に、夏季の場合、約150%が約90%に、秋季の場合、約125%が約90%に低下した。つまり、今回の結果から葉枯らし乾燥に適する時季としては春季がもっとも良好でつづいて

夏季、秋季の順となった。

このように、季節による含水率低下割合の違いは気温、日照時間、降水量、湿度、風速等の気象条件に大きく左右されるものと考えられる。

4. 玉切り材と葉枯らし材の含水率

伐倒後、ただちに3m材に3番玉まで枝葉をすべて取り去った丸太を林内に80日間放置したものを玉切り材とし、葉枯らし材の含水率低下割合と比較し

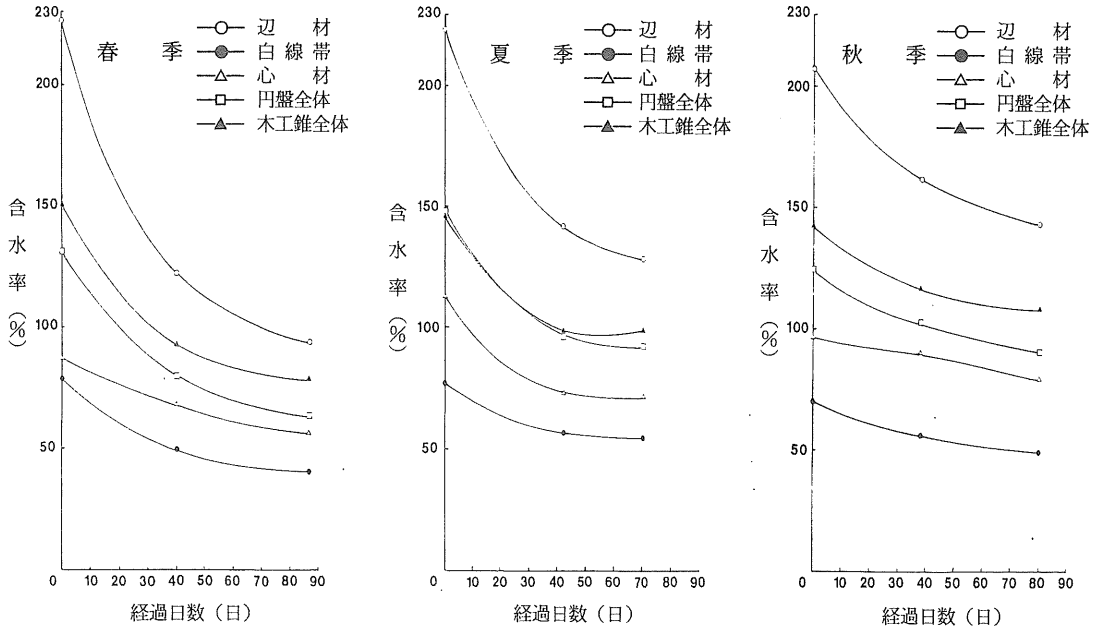


図-2 葉枯らし材の乾燥経過曲線

表-4 玉切り材と葉枯らし材の含水率比較(秋季伐倒)

		玉切り材 (A)	葉枯らし材 (B)	差 (A-B)
林内放置期間 (38日)	辺材	213.1	161.4	51.7
	白線帯	66.1	55.9	10.2
	心材	76.6	90.1	△13.5
	平均	118.6	102.5	16.1
林内放置期間 (80日)	辺材	224.5	143.6	80.9
	白線帯	62.9	49.3	13.6
	心材	95.8	79.4	16.4
	平均	127.7	90.8	36.9

期間 (H3.9.3~11.22) 単位 (%)

た。その結果を表-4に示す。

玉切り材の場合、辺材部は林内放置80日後でも22.4.5%で、表-3のコントロール材の辺材含水率の平均値とほぼ同程度であり、まったく乾燥していない。また、心材部も同様な結果を示しており乾燥していないことがわかる。一方、葉枯らし材の辺材部の平均含水率は143.6%と玉切り材に比べ80.9%も大きく減少している。心材部については、16.4%と僅かではあるが減少している。

このことから、葉枯らし処理することにより辺材部の含水率が極端に減少して心材部の含水率に近づく傾向にあり、結果として心材部と同程度の含水率分布となり樹幹全体の含水率分布が平均化されてくる傾向にあり、人工乾燥の前処理としての効果が期待できる。

5. 木工錐による含水率と円盤の含水率の比較

木工錐と円盤の含水率の関係を図-3に示す。この図は3時季(春, 夏, 秋)すべてをプロットしたもので相関係数は0.836と高かった。つまり、葉枯らし材の途中経過の含水率を調べる手段として木工錐

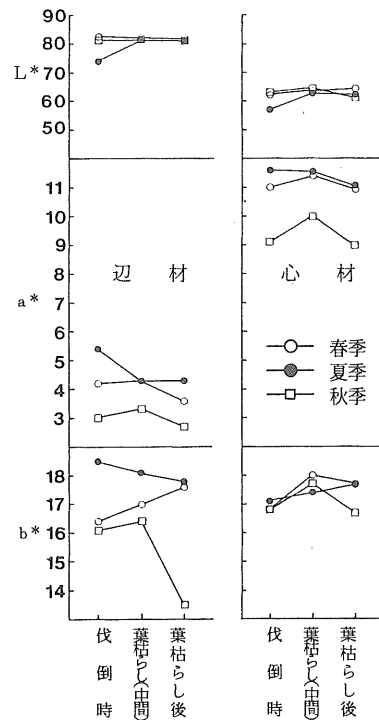


図-4 材色の変化(1番玉)

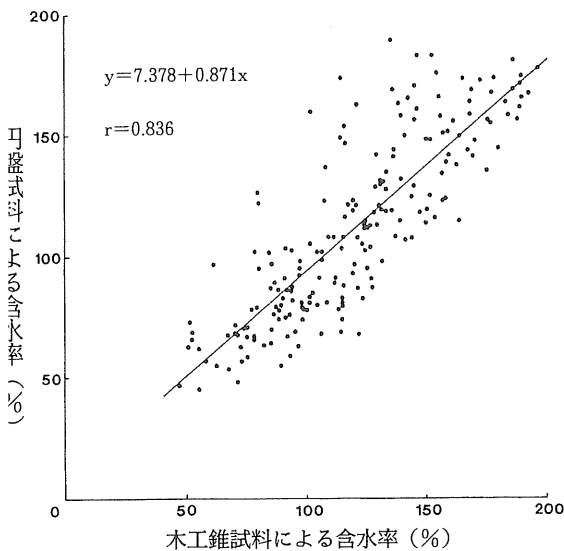


図-3 木工錐と円盤の含水率の関係

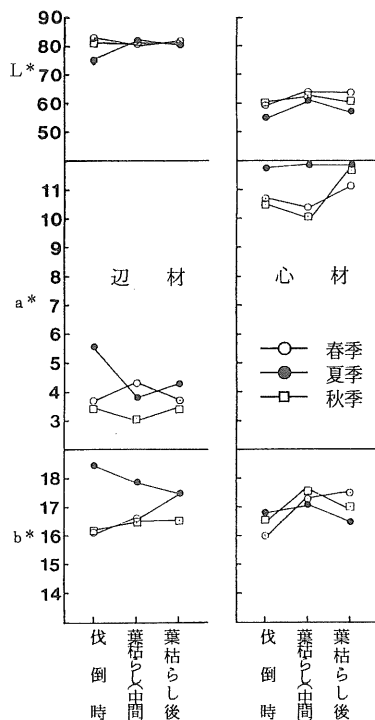


図-5 材色の変化(2番玉)

による木片の採取は生長錘と同様に利用可能と考えられる。

6. 材色の変化

林内放置後のL*, a*, b*値の変化を図-4, 5に示す。図-4は1番玉の結果で、図-5は2番玉の結果である。辺・心材部の1, 2番玉とも葉枯らしによりL*値は一定の値に近づく傾向(8)にあると思われる。

また、測定時の個体がちがうので明確なことは言えないがa*, b*値はともに僅かではあるが減少傾向にあり赤味および黄味の度合いが減少した。特に、夏季伐倒時のそれは、減少傾向にあり葉枯らしにより材色向上の効果が認められた。

ただ、これらの変化は、視覚的にはやや色が薄くなったとしか感じられず材色が改善したかどうかの判断は困難であった。

また、スギ心材色のL*, a*, b*値を井口氏(9)

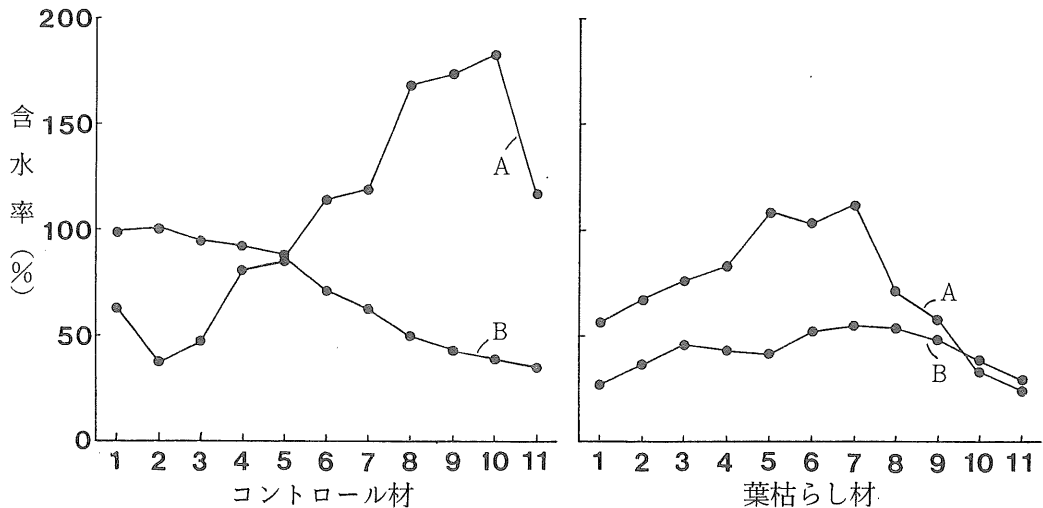


図-7 製材直後の水分分布(春季伐倒時)

表-5 天然乾燥による性状変化

伐倒時季	項目	収縮率(%)	曲がり(%)	割れ		
				発生割合(%)	木口(cm)	材面(cm)
春	コントロール	2.0	0.15	85	64.4	177.3
	葉枯らし	1.5	0.10	80	36.0	88.4
夏	コントロール	1.2	0.16	70	37.7	114.3
	葉枯らし	1.3	0.11	80	35.3	254.2
秋	コントロール	2.3	0.19	80	58.0	249.8
	葉枯らし	1.8	0.14	75	27.5	222.9

採材部位：1番玉

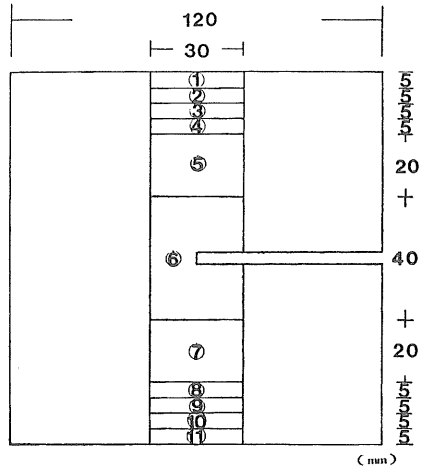


図-6 水分分布測定用試片採取位置

の結果と比較するとL*値が60前後と低く、a*値が9~11と高く、b*値が17前後と低く今回試験したスギ

材はやや明るさに乏しく赤味の度合いが高く、黄味の度合いが低い供試木であったと考えられる。

7. コントロール材と葉枯らし材の

製材直後の水分分布

水分分布は図-6のように①~⑪の個所から試片を採取し、全乾法で求めた。各試片の厚さは①~④、⑧~⑪が5mm, その内層⑤および⑦は20mm, ⑥はその残部とする。図-7に春季伐倒時の製材後の水分分布の一例を示す。図よりコントロール材、葉枯らし材とも個体間において差異があり一概に判断することはできないが、コントロール材で外層部と内層部の差が多い個体Aで約140%, 少ない個体Bでも、約65%と大きかったが葉枯らし材では内外の差が多い個体Aで約85%, 少ない個体Bで約30%と含水率のバラツキが半減した。

このことにより、葉枯らし処理により乾燥仕上がりが含水率ムラが少なくなるものと考えられる。

8. 天然乾燥による正角材の性状変化

表-5に伐倒時季別のコントロール材と葉枯らし材(ともに正角材)の天然乾燥終了後の性状変化を示す。コントロール材、葉枯らし材とも極端に大きな違いは認められなかったが葉枯らしにより収縮率が春季伐倒で2.0%が1.5%に、曲がり度で0.15%が0.1%に、また、木口割れで64.4cmが36cmに、材面割れで177.3cmが88.4cmとなった。この傾向は秋季伐倒時にも認められた。しかし、夏季伐倒時には若干ではあるが葉枯らし材の方が収縮率および割れ長さで逆の結果となったものもあった。総体的に見ると葉枯らし処理により性状変化は小さくなり効果が認められた。

IV ま と め

県有林において、各時季ごとに林内葉枯らしを実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 葉枯らし処理により心・辺材部とも含水率の低下が認められ、特に辺材部での低下が顕著であった。また、放置期間約40日まで含水率は著しい減少傾向を示したがそれ以降はなだらかな減少であった。さらに、伐倒時季を比較すると、春季伐倒時で含水率減少が最も大きく、つづいて夏季、最も小さかったのが秋季であった。
2. 樹高方向と含水率については心・辺材部とも地

際部が若干高い値を示したが、それ以上の樹高での含水率に明確な差は認められなかった。

3. 伐倒時の含水率は伐倒時季による違いは少なかったが、樹幹個体間での差は大きかった。
4. 林内放置の玉切り材は含水率が全く減少しなかった。
5. 葉枯らし処理により心・辺材部の水分傾斜が小さくなるとともに樹幹全体の含水率も低下した。
6. 材色については、明るさが一定値に近づき赤味、黄味は若干減少した。
7. 木工錐による含水率の推定では、円盤全乾法との間に高い相関が認められ利用可能であった。
8. 葉枯らし処理により収縮率、曲がり度は小さくなり、割れの発生は少なくなった。

引用文献

- (1) 三林 進：スギの葉枯らし乾燥-葉枯らしによる含水率低下について-。石川県林試研報 21：28~32, 1990
- (2) 岩田隆昭・野原正人・大塚和典：スギ、ヒノキ丸太の林内乾燥について。岐阜県林業センター研究報告 9：49~59, 1981
- (3) 池田潔彦・大森昭壽：針葉樹の林内乾燥に関する研究(I)-スギの林内葉枯らし効果-。静岡県林業技術センター研究報告 18：47~52, 1990
- (4) 中野達夫：葉枯らしの方法と効果。山林 11：14~23, 1987
- (5) 阪井茂美・佐藤尚史：スギ丸太の林内乾燥試験(第3報)。徳林総研報 26：1~10, 1988
- (6) 池田潔彦・大森昭壽：伐倒月別のスギ幹材含水率。静岡県林業技術センター研究報告 19：43~48, 1991
- (7) 矢沢亀吉・深沢和三：中部地方における人工植栽スギ材の生長状況と理学的性質との関係(第1報)-生材含水率の分布状態-。木材学会誌 2(5)：204~209, 1956
- (8) 林 良興・大原誠資・古田正範・黒須博司・基太村洋子：スギ葉枯らし材生産過程における材成分と材色の変化。木材学会誌 34(11)：934~941, 1988
- (9) 井口真輝：スギの材質に及ぼす葉枯らしの影響。石川林試研報 21：33~37, 1990

Wood Drying of Sugi in the Forest in Shimane Prefecture
—Effects of “Hagarashi” before Kiln Drying on some Physical Characteristics of Wood—

Takashi Ikebuchi and Isamu Nishikôri

Summary

Trees of Sugu (*Cryptomeria japonica*) were felled in May, August and September and left with clones in the forest for 70–90 days in a stand in Shimane Prefecture. Effects of this management, the so-called “Hagarashi”, on some physical characteristics of the wood were examined.

1. Moisture content of sapwood and heartwood decreased to 100–150% and 55–80%, respectively, three months after felling the trees. Moisture content of sapwood decreased drastically during 40 days from the felling.

2. The largest decrease of moisture content was found on the trees felled in May, and the next large decrease on those felled in August. Moisture content decreased smallest on the trees felled in September.

3. Not only moisture content of whole trunk but also moisture gradient between heartwood and sapwood decreased in trees examined.

4. Color of sapwood and heartwood approach the constant value in lightness and was light in red and yellow.

5. On the subject of some deteriorations of the wood, coefficient of shrinkage and crook were small and check was seldom found.

As the results of the experiments, the “Hagarashi” management was considered to be effective and economical in drying Sugi wood as preceding management of kiln drying in Shimane Prefecture.

島根県林業技術センター研究報告第44号

平成5年3月印刷

平成5年3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 (〒699-04)

電話 (宍道局) 0852-66-0301

印刷所 千鳥印刷有限公司