



神奈川県
森林研究所

KANAGAWA

ISSN 0389-1321

神奈川県森林研究所

研究報告

第 22 号

Bulletin of the
Kanagawa Prefecture Forest Research Institute

No. 22

1996. 3

目 次

論 文

ナメコとヤナギマツタケの融合体とヤナギマツタケの一核菌糸体との交配から得られた子実体の
担子胞子の遺伝分析

木内 信行 1

資 料

丹沢山地における森林衰退の調査研究(1) ブナ、モミ等の枯損実態

越地 正・鈴木 清・須賀一夫 7

丹沢水沢に植栽した広葉樹におけるツリーシェルターの成長促進効果について

中川 重年 19

クワカミキリによる神奈川県清川村ケヤキ造林地の被害実態(予報)

山根正伸・藤森博英・斎藤央嗣・石井洋三・倉野知子 29

神農研研報 22 (1996) 1-5

ナメコとヤナギマツタケの融合体とヤナギマツタケの一核菌糸体との 交配から得られた子実体の担子胞子の遺伝分析

Genetic Analyses of the Basidiospores Derived from Mating Between
Fusant (Between *Pholiota nameko* and *Agrocybe cylindracea*)
and *A. cylindracea* monokaryon

木内 信行

Nobuyuki KIUCHI

Summary

The fusion strain obtained by protoplast fusion of *Pholiota nameko* and *Agrocybe cylindracea* previously reported by the author (1991) did not form fruit body. Heterokaryons obtained by confronting culture between fusant and *A. cylindracea* monokaryon readily developed fruit bodies with basidiospores. Incompatibility factors and marker genes were analyzed using these basidiospores. These results showed that incompatibility factor and marker gene, which is included in *P. nameko* strain, were not appeared, all of the genes were originated in those of *A. cylindracea* strains. Therefore, it was suggested that the heterokaryons were dikaryons of *A. cylindracea* strains. Linkage analyses demonstrated that ade gene and bio gene was not linked to either incompatibility factor, A or B, respectively, and that the ade gene did not link to the bio gene. Incompatibility factor, A was not linked to B incompatibility factor, too.

緒 言

担子菌を用いた細胞融合は、キノコの品種改良への応用や、特異なライフサイクルを持つ担子菌類の生物学的特性を解明するための新しい有力な手段と考えられる。そのため、最近ではキノコの育種手段としての細胞融合技術の導入が試みられ、交雑の不可能な異種間から融合体（1～5, 7～12）が作出され、その融合体から子実体が得られたという報告（1, 5, 7, 9, 10, 12）も見られるようになってきた。

通常、担子菌類における核遺伝子の組み換えは、子実体形成後の担子胞子形成過程で行なわれるため、組み換え体を得るために子実体を形成させる必要がある。ところが、異種間融合体から得られた子実体の担

子胞子を遺伝学的に解析した報告（2）はあまり見当らない。

筆者は前報（4）においてナメコとヤナギマツタケの融合体を得たが、この融合体は子実体を形成しなかった。そこで、融合体にヤナギマツタケの一核菌糸体を交配し、形成された子実体の担子胞子を分析することにより、他種の標識遺伝子が導入された組み換え体が得られるかどうかを検討した。また、標識遺伝子と不和合性因子の連鎖関係の解析も行なったので報告する。

なお、本研究は重点基礎研究及び林野庁の「地域バイオテクノロジー研究開発促進事業」の助成を受けた。

材料と方法

1. 供試菌と供試菌株

ナメコとヤナギマツタケの融合体、F-30-9 (R 2-201 株と 2-23 株)、ヤナギマツタケの一核菌糸体 1-14 株およびナメコの 20-57 株を用いた。詳しい来歴は Table 1 に示す通りである。

劣性遺伝子によって支配されている(未発表)ことがわかっている。ところで、この融合体は既に報告したように子実体を形成しなかった。そこで、この融合体を構成してい一方のヤナギマツタケの 2-23 株 (ade,

Table 1 Strains used in this study

Species	Strain	Auxotrophy	Mating type	Origin
<i>Pholiota nameko</i>	R2 - 201	p - aminobenzoic acid	A2	A - 1
	20 - 57	hypoxanthine	A1	A - 1
<i>Agrocybe cylindracea</i>	2 - 23	adenine	A4B4	3920
	1 - 14	biotin	A2B1	2921
Fusant	F - 30 - 9	wild	A2, A4B4	R2 - 201, 2 - 23

A2 factor of 1-14 strain differ from A2 of R2-201 strain

2 融合体とヤナギマツタケ一核菌糸体との交配から得られた子実体の担子胞子の分離
前報(4)において報告した、融合体とヤナギマツタケ一核菌糸体との交配から生じた子実体の担子胞子を殺菌水で適当な濃度に希釈後、PDA 培地を含むプレート上に接種し、担子胞子由来のコロニーを分離した。分離株は単胞子由来かどうかを検定し、単胞子由来株を実験に用いた。

3 单胞子由来株の栄養要求性と交配型の分析

前報(4)において用いた最少培地で单胞子由来株の栄養要求性を検定した。交配型は单胞子由来株にナメコの一核菌糸体 20-57 株 (hyp, A1) とヤナギマツタケの一核菌糸体の四テスター (A2B1, A4B4, A2B4, A4B1) をそれぞれ交配して決定した。

結果と考察

1 標識遺伝子の検出

前報(4)で報告したナメコとヤナギマツタケの融合体 (F-30-9) は、p-アミノ安息香酸要求株 (R 2-201) とアデニン要求株 (2-23) とから成る融合体である。p-アミノ安息香酸要求性変異体とアデニン要求性変異体の変異形質は、いずれも單一の

A4B4) と和合性のあるヤナギマツタケの一核菌糸体株の 1-14 株 (bio, A2B1) を対峙培養したところ、融合体側にも交配した一核菌糸体の 1-14 株側にも交配反応が現れ、何れの側からもヤナギマツタケ様の子実体が得られた。そこで、得られたヤナギマツタケ様の子実体から担子胞子由来のコロニーを 155 個分離し、各コロニー由来の菌糸体中の核に含まれる標識遺伝子を解析した。

その結果が Table 2 である。この Table からわかるように、出現した標識遺伝子は ade と bio 遺伝子だけであり、融合体を構成しているもう一方のナメコ R 2-201 株 (pab, A2) の標識遺伝子である pab 遺伝子は検出されなかった。また、R 2-201 株の持つ不和合性因子 A2 (1-14 株の持つ A2 とは全く異なる遺伝子である) も出現しなかった。これらのことから、低頻度ではあるが、ウシグソヒトヨタケ (*Coprinus cinereus*) (6)など極一部の担子菌類で知られている体細胞組み換えも認められなかった。したがって、ここで得られた交配株は融合体を構成している一方のヤナギマツタケの 2-23 株の核と対峙培養に用いた 1-14 株の核から成るヤナギマツタケの二核体であり、ナメコの核は交配時に排除されてしまったことを意味している。したがって、交配が不可能な異種間の融合体から遺伝子の組み換え体を得るために

は、融合体から直接担子胞子を備えた子実体が形成されなければならない。なぜならば、担子菌類においては体細胞組み換えは、極めて低頻度に起こる現象であり、一般的には遺伝子の組み換えは、担子胞子の形成過程で行なわれるからである。

ところで、ここ数年間に交配の不可能な異種間の融合体から子実体が得られたという報告(1, 5, 7, 9, 10, 12)も見られるようになってきた。その中でも特に注目されるのは、江口らの報告(2)である。彼らに

よるとヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) とヤナギマツタケの融合体は、クランプコネクションを形成し、子実体も形成した。さらに、子実体は担子胞子を形成し、形成された担子胞子からは融合に用いた両親株の栄養要求性が観察され、得られた担子胞子の極性は両親株が四極性であるのに対し二極性であったと報告している。このことは、ヒラタケとヤナギマツタケという分類学的には遠く隔たった異種間でも核融合が起こり、遺伝子の組み換えが生じることを意味し大変興味深い

Table 2 Genetic analyses of the basidiospore progeny derived from the cross between fusant (F-30-9, genotype : pab A2+ade A4B4) and 1-14 (genotype : bio A2B1)

Mating type	Auxotrophy			Wild type	Total
	p - amino - Adenine benzoic acid	Biotin + Adenine	p - amino - benzoic acid + Adenine	p - amino - Adenine benzoic acid + Biotin	Wild type
A2	0	0	0	0	0
A2B1	0	8	9	0	17
A4B4	0	11	11	0	22
A2B4	0	8	7	0	15
A4B1	0	8	6	0	14
Total	0	35	33	0	67
				20	155

Analyses:

Segregation of

Adenine	ade - 55
Biotin	bio - 53
A - factor	A2 - 70
B - factor	B1 - 75

Recombination between

	Parental	
ade and A	31	
ade and B	28	
bio and A	24	
bio and B	26	
ade and bio	68	
A and B	82	

	x (1 : 1)	P
ade - 100	13.0645	< 0.001
bio - 102	15.4903	< 0.001
A2 - 85	1.4516	0.30 - 0.20
B1 - 80	0.1612	0.70 - 0.50

Recomb.

24	0.8909	0.50 - 0.30
27	0.0181	0.90 - 0.80
29	0.4716	0.50 - 0.30
27	0.0188	0.90 - 0.80
87	2.3290	0.20 - 0.10
73	0.5225	0.50 - 0.30

ことである。しかしながら、融合体から得られた担子胞子について遺伝学的に詳しく解析された報告は、まだ見当らない。

2 ヤナギマツタケ菌の不和合性因子と栄養要求性遺伝子の遺伝分析

上述のように、得られた交配株はヤナギマツタケの二核体であることが判明した。そこで、本菌の不和合性因子AとB及び栄養要求性遺伝子 ade と bio の連鎖関係の解析を試みた。まず、ここで分離した155個の単胞子由来の一核菌糸体の栄養要求性を最少培地を用いて決定した。また、この155個の交配型は、四つのテスター($A_2 B_1, A_4 B_4, A_2 B_4, A_4 B_1$)を総てに交配して決定した。その結果はTable 2に示すとおりであった。このTableからわかるように、A、Bの両不和合性因子はいずれもほぼ1:1の分離比を示したが、アデニン要求性とビオチン要求性の両変異形質は、1:1の分離比から大きく外れていた。しかし、別の実験からアデニン要求性変異もビオチン要求性変異も単一の劣性遺伝子 ade と bio によって支配されていることが判明している(未発表)。このようのことから考えると、この異常な分離結果は、二重変異株(アデニン要求性かつビオチン要求性変異)の生育が極めて悪いという特殊事情に起因するものと考えられる。

また、Table 2から明らかなように、不和合性因子のA因子とB因子はほぼ1:1の分離比を示し、連鎖していないことが判明した。この結果は、これまで知られている担子菌類の不和合性因子が総て連鎖していないという結果と一致し、ヤナギマツタケも例外ではなかったことを示している。アデニン要求性遺伝子(ade)もこのTableから明らかなように、A因子ともB因子とも連鎖していなかった。また、ビオチン要求性遺伝子(bio)もA因子ともB因子とも連鎖していなかった。さらに、アデニン要求性遺伝子はビオチン要求性遺伝子と連鎖していないことも明らかになった。

以上の結果から、不和合性因子のA因子、B因子及びここで用いた栄養要求性遺伝子の ade と bio の遺伝子は、それぞれ異なる染色体上に位置することが明らかになった。今後、本菌の遺伝学や育種を推進するためには、さらに多くの遺伝子の染色体上における位置

を解明することが必要である。

摘要

前報(4)において作出したナメコとヤナギマツタケの融合体は子実体を形成しなかった。この融合体とヤナギマツタケの一核菌糸体との対峙培養から得られたヘテロカリオンは、担子胞子を備えた子実体を形成した。

この担子胞子を用いて、不和合性因子と標識遺伝子を分析したところ、出現した不和合性因子と標識遺伝子は総てヤナギマツタケ由来のものであり、ナメコ由来の遺伝子は見いだされなかった。よって、このヘテロカリオンはヤナギマツタケの二核体であると判断された。そこで、ここに出現した不和合性因子と標識遺伝子の連鎖関係を解析したところ、 ade 遺伝子と bio 遺伝子は何れも不和合性因子のAともBとも連鎖していなかった。また、 ade 遺伝子は bio 遺伝子と連鎖しておらず、A因子とB因子も連鎖していないことが判明した。

参考文献

- (1) 江口文陽・檜垣宮都(1992)食用キノコ類のプロトプラスト融合による新品種の作出(第1報).ヒラタケとヤナギマツタケのプロトプラスト融合と子実体の形成.木材学会誌38, 403-410
- (2) EGUCHI, F., FUKUZUMI, T. and HIGAKI, M. (1993) Production of new species of edible mushrooms by protoplasts fusion method II. Analysis of the mycelia and basidiospores of a fusant between *Pleurotus ostreatus* and *Agrocybe cylindracea*. Mokuzai Gakkaishi 39, 825-830
- (3) EGUCHI, F. and HIGAKI, M. (1995) Production of new species of edible mushrooms by protoplasts fusion method III. Protoplasts fusion and analysis of the fusant between *Pleurotus sajoracaju* and *Mycoleptodonoides aitchisonii*. Mokuzai Gakkaishi 41, 342-348
- (4) 木内信行(1991)ナメコとヤナギマツタケの異種間融合.神林試研報18, 43-50
- (5) 三浦 清(1989)食用担子菌の電気的細胞融

- 合に関する基礎的研究。北大演研報46, 343 – 391
- (6) 村上重幸 (1989) 担子菌ウシグソヒトヨタケにおける倍数性の研究。菌蕈研報27, 1 – 55
- (7) OGAWA, K. (1993) Interspecific and intergeneric hibridization of edible mushrooms by protoplast fusion. In : "Genetics and Breeding of Edible Mushrooms," (ed. Chang, S - T., Buswell, J. A. and Miles, P. G.) , pp. 193 – 205. Gordon Breach Science Publishers, Amsterdam
- (8) SUNAGAWA, M. and MIURA, K. (1992) Interspecific heterokaryon formation between *Auricularia auricula-judae* and *A. polytricha* by electrical protoplast fusion using two metabolic inhibitors. Trans. Mycol. Soc. Japan 33, 375 – 383
- (9) SUNAGAWA, M. (1992) Interspecific heterokaryon formation between *Auricularia auricula-judae* and *Auricularia polytricha* by electrical protoplast fusion. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ. 49, 212 – 259
- (10) 竹原太賀司・熊田 淳・青野 茂 (1993) 栄養要求性突然変異株を用いた数種のヒラタケ属菌株の種間細胞融合。木材学会誌39, 855 – 859
- (11) TAMAI, Y., MIURA, K. and KAYAMA, T. (1990) Electrical fusion of protoplasts between two *Pleurotus* species. Mokuzai Gakkaishi 36, 487 – 490
- (12) 玉井 裕 (1991) 電気的細胞融合による食用担子菌の品種改良に関する研究 –ヒラタケ属の種間融合株–。北大演研報48, 445 – 461

丹沢山地における森林衰退の調査研究(1) ブナ、モミ等の枯損実態

Investigation of Forest Decline in the Tanzawa Mountain (1)
Distribution of Decline of *Fagus crenata*, *Abies firma* and Other Tree Species

越地 正・鈴木 清・須賀一夫

Masashi KOSHIJI, Kiyoshi SUZUKI and Kazuo SUGA

要　旨

丹沢山地におけるブナ、モミ等の枯損実態とその衰退原因について若干の検討を加えた。空中写真でカウントしたブナ、モミ等の枯損は山地全域に認められたが、特に標高 1,000 m 以上にまとまっており、北ないし北西の斜面に少なく、他の斜面に多い傾向がみられた。また、その枯損区域面積は 2,158ha であった。現地調査の結果、枯死後の年数の経過した「太枝型」タイプのもののが多かったことから、比較的まとまった時期に枯損したと考えられ、その時期は 1970 ~ 1980 年頃と推定した。枯損原因については、直接の枯死要因のひとつとして、ならたけ病があげられた。特に問題と考えられた点は、ブナの衰弱が進行中であることと、後継樹がほとんどみられないことである。

I はじめに

近年、酸性雨による湖沼の酸性化や森林被害が世界的に関心を呼んでいる。我が国においても、関東平野のスギ林、群馬県赤城山のシラカンバ林、栃木県奥日光のシラビソ林、福岡県宝満山のモミ林などの森林衰退現象が報告されるようになり原因調査が行われている。

野内(4)は、欧米の森林衰退要因として、①土壤の酸性化説、②オゾン説、③マグネシウム欠乏説、④窒素過剰説、⑤複合ストレス説を主要仮説として整理している。しかし、森林衰退の原因については不明な点が多いとしている。

神奈川県においても森林衰退の調査が実施された。平地のスギ林の衰退については、鈴木ら(7)が 1970 年前後に年輪幅の減少時期との関係から、大気汚染物質の中で特に二酸化硫黄の影響について指摘した。

大山モミ林については、杉本(6)が標高 700 m ~ 980 m にみられるモミ林を調査し、枯損ないし衰弱し

たモミは半数以上に達するとした。その枯損原因是老齢化によるものではなく大気汚染の影響が大きいと推定した。

また、鈴木(8)は過去の空中写真や年輪幅の関係から、1960 年代から 1970 年代にかけてモミの枯損が多くみられたが、この要因として、平地のスギ林と同様に大気汚染物質のうち特に二酸化硫黄の影響が大きいと推定した。

神奈川県大気保全課(1)は、1992 年までの酸性雨に係る調査結果をとりまとめ、1960 年から 1970 年にかけて二酸化硫黄やオゾンが、さらに酸性霧が衰退に影響したと推定したが、急性枯損の原因としては病害虫の可能性もあるとした。

その後、森林衰退現象は丹沢山地一帯にもみられたことから、その実態と原因究明の調査を行っている。今回は、ブナ、モミ等の枯損実態についてとりまとめたので、その結果を報告する。

なお、本報告の一部は、第 44 回日本林学会関東支部(2)及び第 105 回日本林学会大会(3)で発表した。

II 丹沢山地の概況

丹沢山地は、図1に示すように県の西部にあり、約4万haの広がりをもつ山塊で、蛭ヶ岳(1,673m)を最高峰に、丹沢山(1,563m)、檜洞丸(1,601m)など標高千数百mの山並からなる。この山塊は壯年期的地形で浸食が激しく、また1923年の関東大地震等で発生した崩壊地の爪跡がいまだに残っている。しかし、山頂や主尾根の緩斜面は、火山灰に覆われ、厚い土層からなる適潤性の褐色森林土壤が分布する。

森林帯は標高約700~800mより上部はブナ帯、これより下部はカシ帯となっている。このブナ帯とカシ帯の接する部分にモミ等針葉樹林が分布している。

丹沢山地は横浜、川崎等の大都市から直線距離で約50kmと近い距離にあるため、森林レクリエーションの場としての利用度が高い。

中写真は冬季に撮影したもので、枯損木との区別が困難である。1985年撮影の空中写真は8月に撮影されたもので、枯損木の判定が容易なため、この写真を用いて解析した。

(1) 枯損木の解析

25haメッシュに区画し、拡大鏡を用いて写真上で立ち枯れ木と判断されるものをカウントした。メッシュ毎の枯損木本数は、①25本以下、②26~50本、③51~75本、④76~100本、⑤101本以上に区分し、被害分布図を作成した。

標高および斜面方位は、25haメッシュを4分割した6.25haメッシュ単位に計測し、枯損木との関係を比較検討した。なお、メッシュの大きさについては、6.25haメッシュと、さらに4分割した1.56haメッシュとで、方位にどの程度違いがみられるか比較したが、方位に91度以上の差がみられたメッシュは3%に過ぎず、

6.25haメッシュの大きさで斜面方位を代表させることができると判断した。このメッシュ内の枯損木の本数区分は、①枯損木本数1~5本は「密度低い」、②枯損木本数6~15本は「密度中」、③枯損木本数16本以上は「密度高い」の3ランクにより表示した。

III 方 法

1 空中写真による枯損分布調査

神奈川県では、5年毎に県全域の空中写真を撮影している。しかし、山地部分において最近撮影された空



図1 丹沢山地位置図

傾斜度は、斜面方位と同じ大きさのメッシュ内で、直径 100 m の円を描き、円内に含まれる等高線数から換算した。

(2) 枯損木の分布区域面積

空中写真にみられた枯損木の位置を 5 万分の 1 の地形図に落とし、枯損木の分布区域の面積をプランニメータを用いて測定した。

(3) 樹種別の枯損分布

枯損密度の高い丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の山頂を中心とする 3 地域の空中写真上で比較的まとまった枯損木のみられる箇所を地図上に落とし、ブナを主とする広葉樹とモミを主とする針葉樹に区分して、枯損分布の特徴を表示した。

2 現地での森林衰退調査

(1) 樹木の枯損樹形調査

登山コースに沿って歩きながら、その周辺にみられた衰弱木及び枯損木について、樹種名と立ち枯れ木の樹形を次の 4 段階に区分して記載した。

(調査地は図 7 ~ 図 9 参照)

表 1 枯損樹形の区分

枯損樹形	内 容	備 考
根 株 型	根株のみ残っているもの (枯損時期の最も古いもの)	
主 幹 型	主幹は残るが枝のほとんどないもの	写真 1 参 照
太 枝 型	太い枝まで残っているもの	写真 2 参 照
細 枝 型	細い枝まで残っているもの (枯損時期が最も新しいもの)	写真 3 参 照

(2) ならたけ菌糸束の着生調査

枯損樹形調査に併せて、病害虫調査を実施した。特にならたけ菌糸束の着生が目立ったので、枯損木の地際付近の樹皮を剥ぎ、幹に付着する菌糸束の着生状態を調べた。着生状態は佐藤(8)の基準により、次の

3 段階に区分して行った。

「密」：網目状に付着する。

「中」：粗い網目状に付着する。

「疎」：まばらないしごくわずか付着する。

IV 結 果

1 枯損木の分布状況

丹沢山地一帯の枯損状況について、メッシュ単位に表示した結果を、図 2、図 3 に示す。この図では、犬越路峠を境として丹沢東部と丹沢西部に区分した。

丹沢東部は丹沢山地の中心部分をなす地域で、枯損密度の高いメッシュが多く分布する。特に枯損木は、丹沢山～蛭ヶ岳～檜洞丸の稜線から南側に多く、しかも丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の山頂を中心とする地域に枯損密度の高い箇所がみられた。

丹沢西部では、丹沢東部より枯損密度の高いメッシュが少ない。枯損木の分布は大室山、蘿釣山等の綾線沿いにみられるが、特に蘿釣山周辺に枯損密度の高い箇所がみられた。また、枯損木は県境を越えて山梨県側にも認められた。

2 枯損木の分布区域面積

5 万分の 1 の地形図に落とした枯損木の分布区域を図 4 に示す。これらの分布区域の面積を測定した結果を表 2 に示す。

丹沢山地全体を 4 万 ha とすると枯損分布区域は 5.4 % を占める。プランニメータで測定した標高 1,000 m 以上の面積は、7,630 ha となったが、これに対しては 28 % を占めることがわかった。

表 2 枯損木の分布区域面積

地 域	枯損区域面積 (ha)
丹沢山地全体	2,158
丹 沢 東 部	1,563
丹 沢 西 部	595

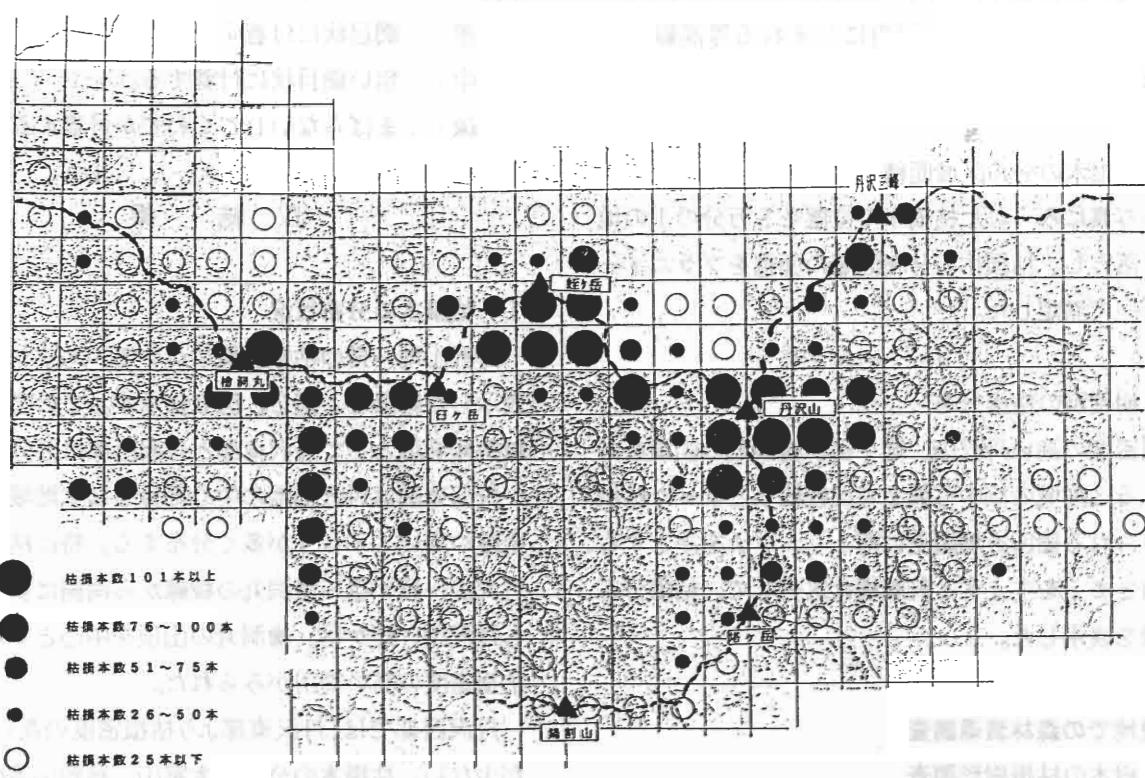


図2 丹沢東部の樹木枯損状況

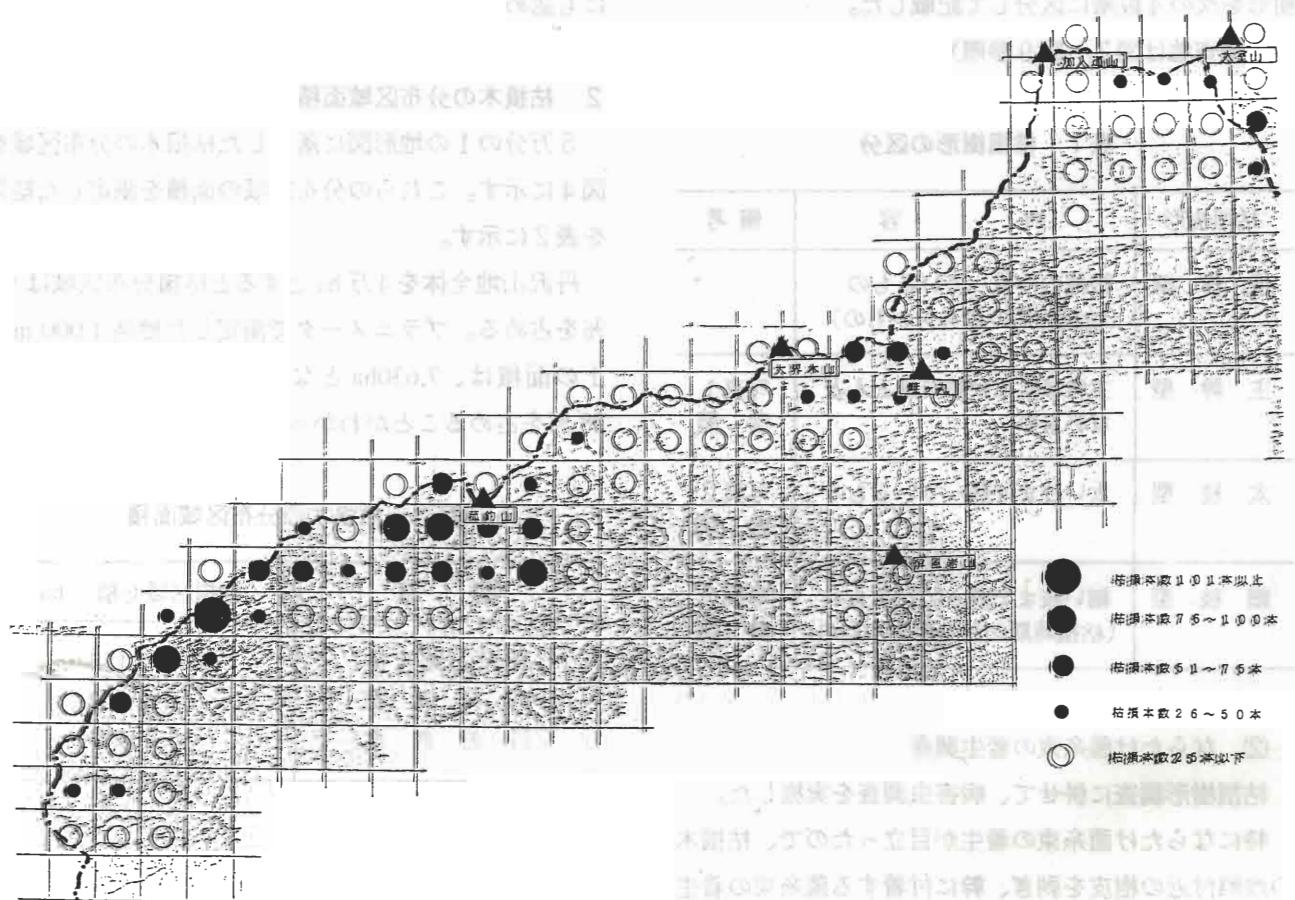


図3 丹沢西部の樹木枯損状況

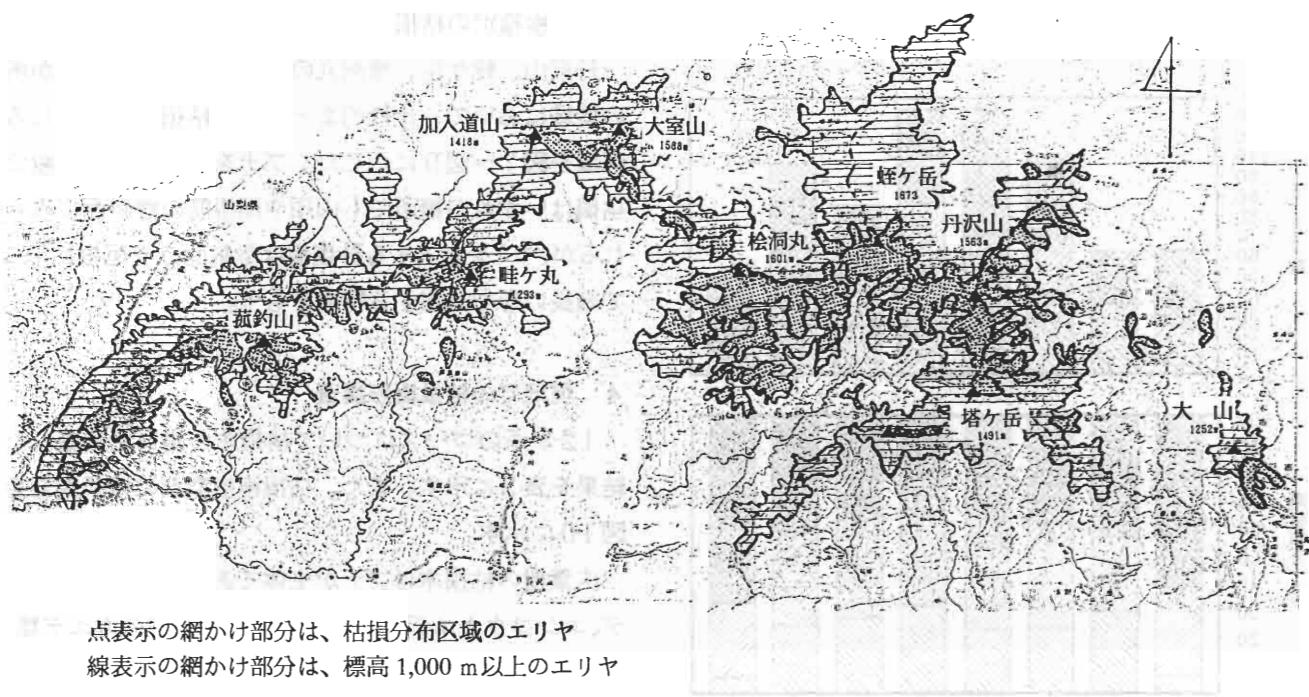


図4 枯損木の分布区域

3 枯損分布の地形的特徴

(1) 標高と枯損木の分布

図5に示すように、枯損木のみられるメッシュの85%以上が標高 1,000 m 以上にみられる。また標高が高くなるほど、枯損密度の高いメッシュの占める割合が多くなる傾向がみられた。なお、これについては、標高 1,000 m 以上には、ブナやモミ等の天然林が比較的まとまって分布していることを考慮しておく必要がある。

標高 1,000 m 以下にみられる箇所としては、丹沢山地の東端にある伊勢原市大山、清川村札掛周辺、山北町屏風山付近があげられる。これらの地域の枯損はいずれもモミ類である。

また、大山では標高 1,000 m 以上の頂上付近にあるブナには枯損がみられず（写真4参照）、丹沢山地一帯の枯損とは異なる傾向がみられた。

(2) 斜面方位と枯損木の分布

斜面方位の枯損密度別の頻度分布を、図6に示す。斜面方位では、メッシュ数でみると南東及び南斜面に枯損が多い傾向がみられる。

しかし、枯損密度別の構成割合でみると、北及び北西斜面は枯損密度の高い箇所の占める割合が小さいといえる。これらの斜面以外では、南及び北東斜面にや

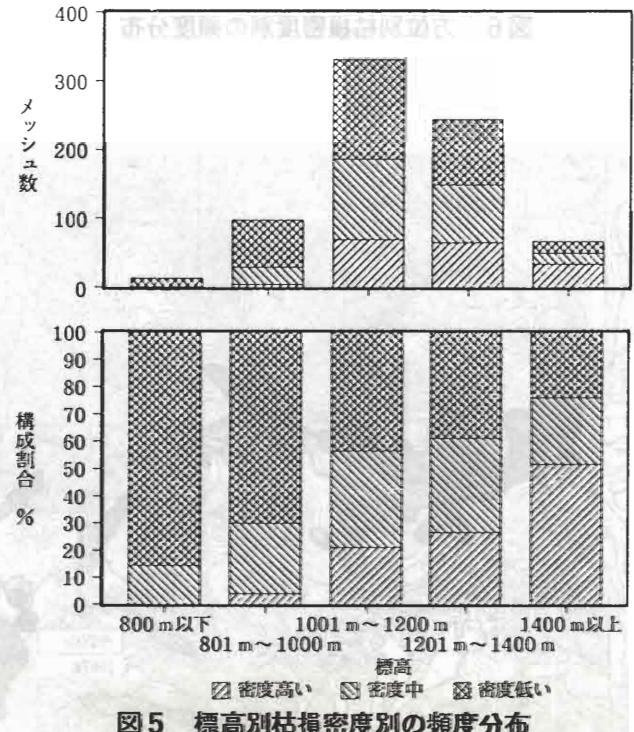


図5 標高別枯損密度別の頻度分布

や枯損密度の高いメッシュが多い傾向がみられるが、大きな差はなかった。

(3) 傾斜度と枯損木の分布

傾斜度は、ほとんどのメッシュが 31~40 度の範囲に集中していることから、枯損木との関係をとらえることができなかった。

(4) 樹種別の枯損分布

丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の山頂を中心とする3か所の地域において、比較的まとまった枯損木のみられる区域を図7～図9に示した。ブナを主とする広葉樹の枯損はいずれの箇所でも山頂や尾根筋の緩斜面にみられるが、モミを主とする針葉樹は急斜面の支尾根に沿って細長い形で分布する特徴をもつ。

4 現地での枯損樹形調査

12か所のコースについて枯損木の樹形を調査した結果を表3に示す。また、枯損樹形別別の構成割合を図10に示す。

広葉樹の枯損木はブナが主体であるが、一部にイヌシデ、エンコウカエデやハウチワカエデなどのカエデ類、ヤマハンノキ、ケヤキ、ウダイカンバ、ナナカマド、ミズキ、オダモが認められた。これらの枯損樹形のうち、特に多いタイプは、「太枝型」であった。

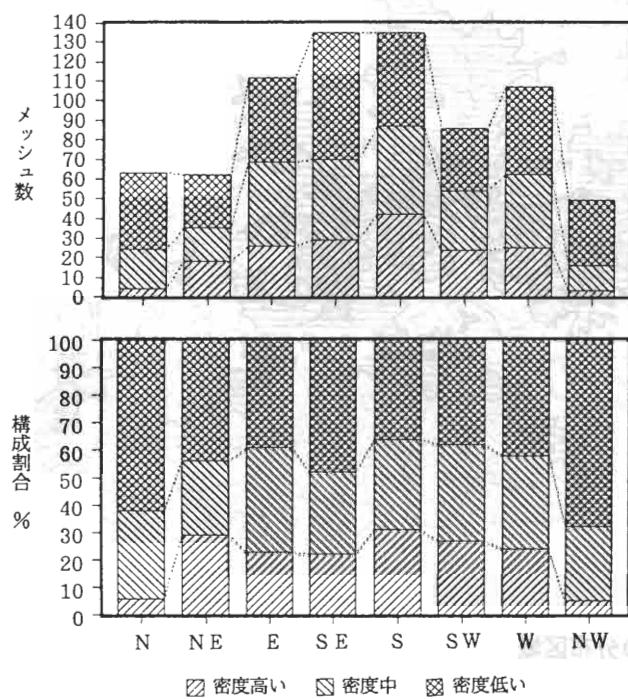


図6 方位別枯損密度別の頻度分布

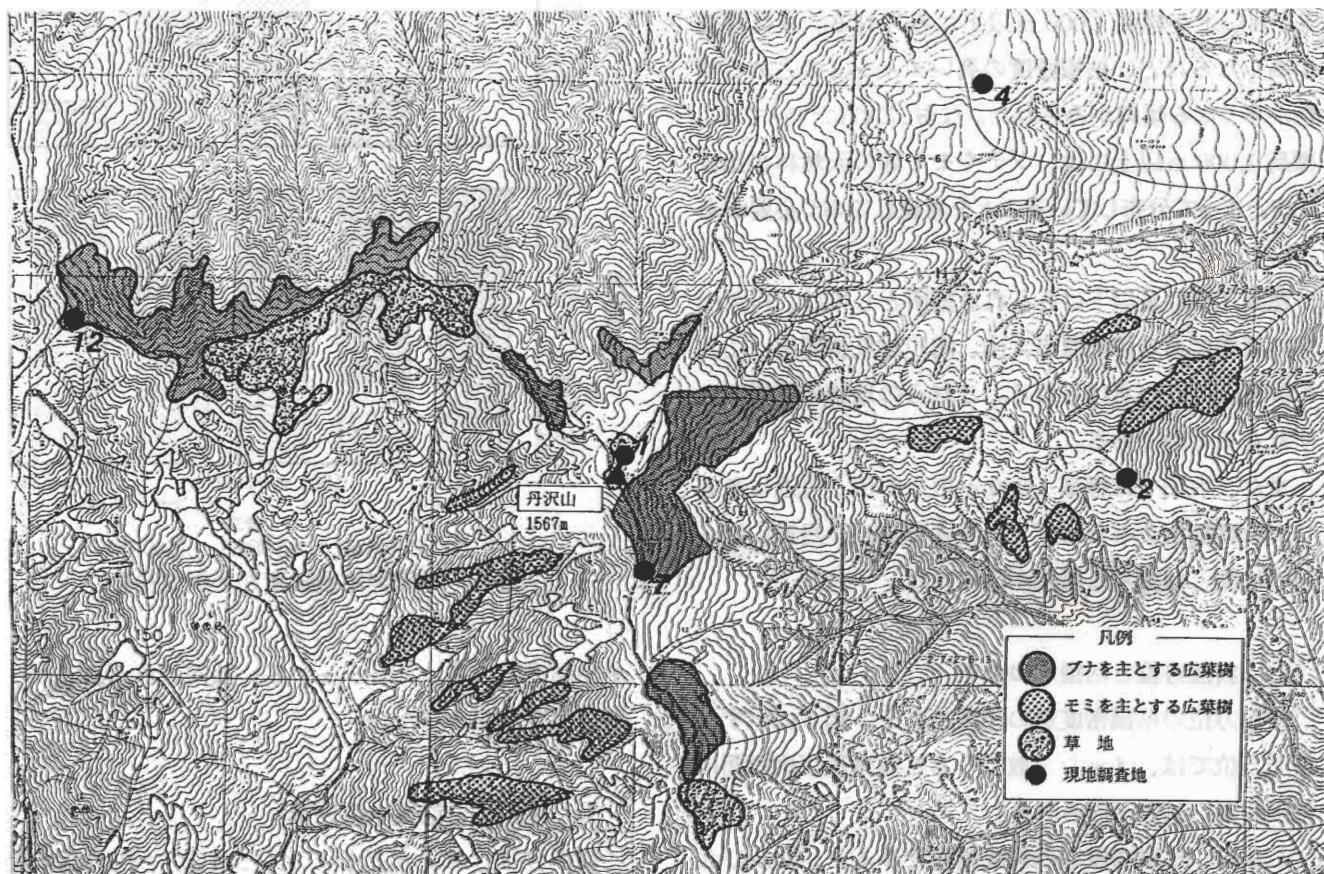


図7 丹沢山周辺の樹木枯損状況

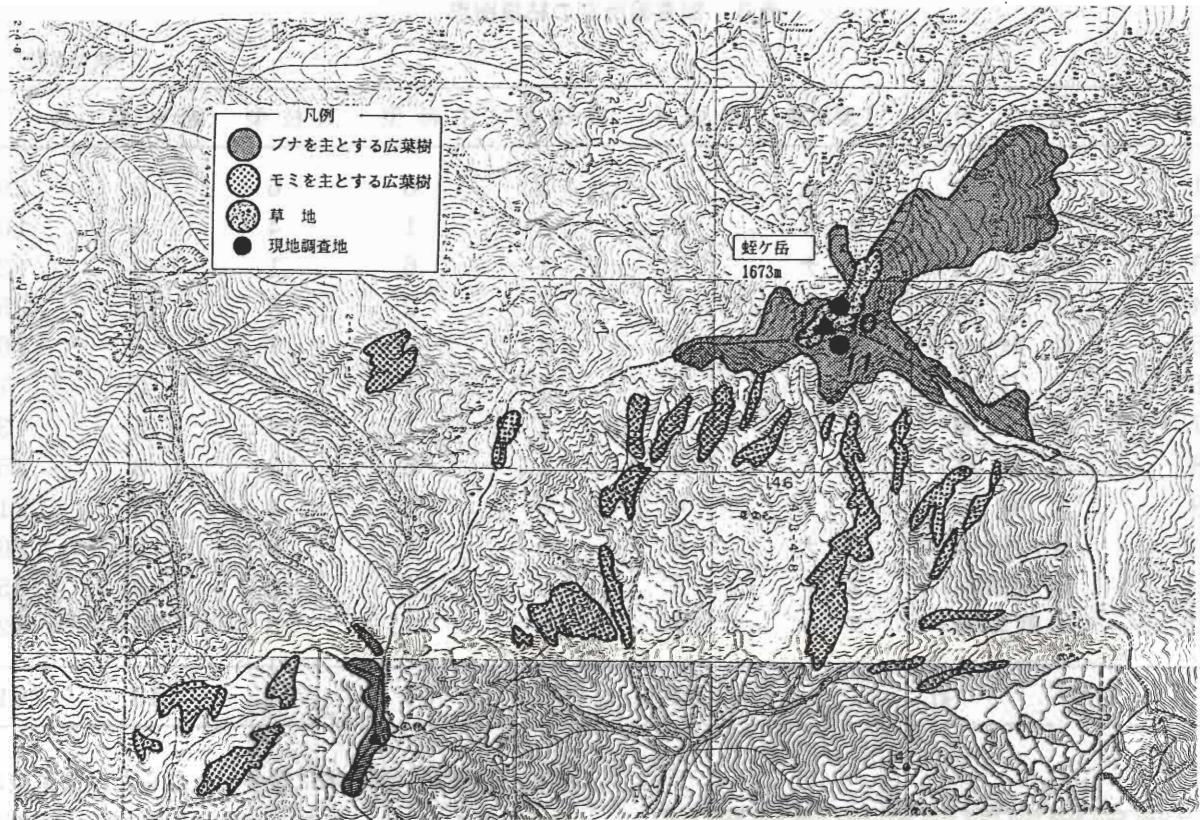


図8 蛭ヶ岳周辺の樹木枯損状況

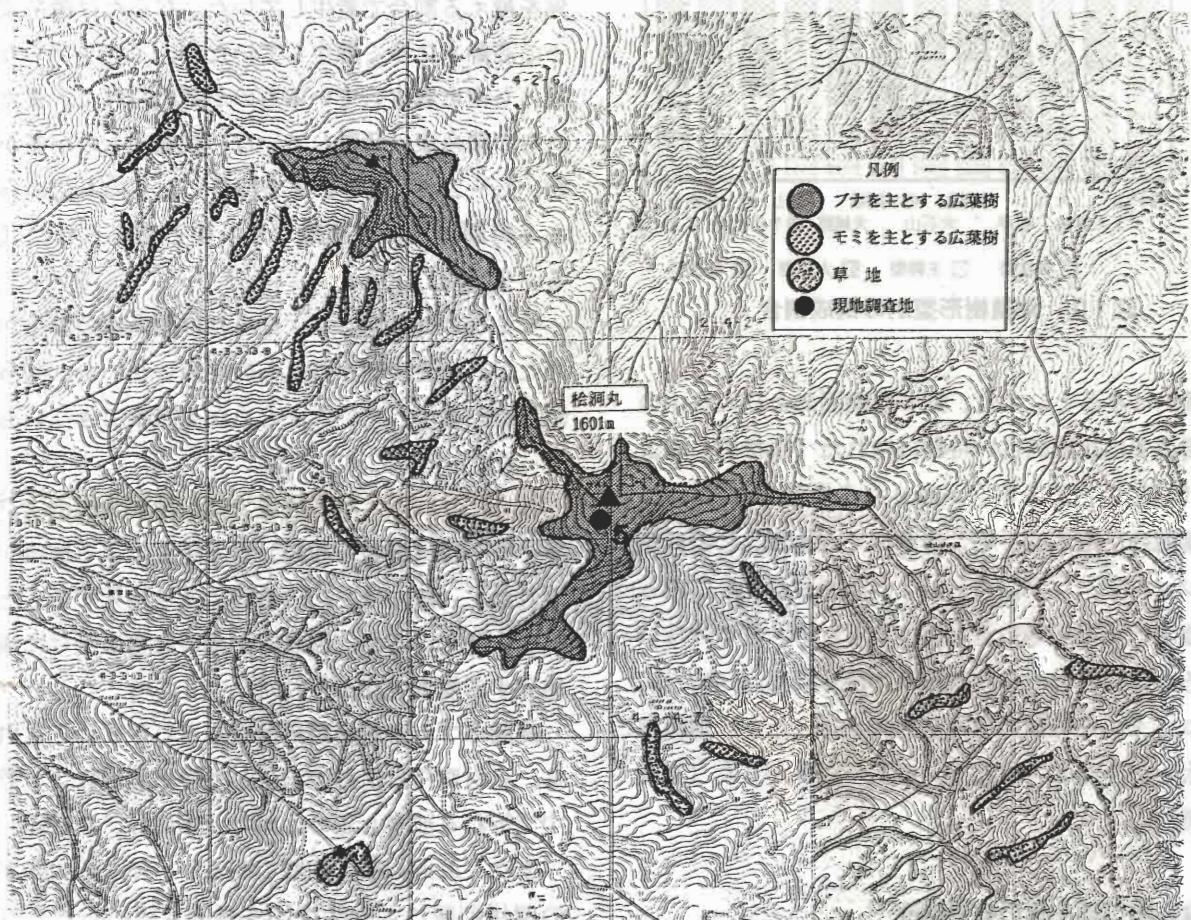


図9 檜洞丸周辺の樹木枯損状況

表3 調査箇所別の枯損樹形

(調査本数)

調査番号	場 所	主要樹種	衰弱木	根株型	主幹型	太枝型	細枝型	合 計
1	丹沢山	ブナ	7	5	6	6	5	29
2	天王寺尾根	モミ	0	3	1	4	2	10
3	大丸	ブナ	4	1	6	1	0	12
4	堂平	ブナ	6	5	2	8	4	25
5	檜洞丸	ブナ	2	4	2	7	1	16
6	大石山	モミ	0	2	1	4	0	7
7	竜ヶ馬場	ブナ	2	1	1	4	5	13
8	犬越路	ブナ	3	1	5	13	3	25
9	大室山	ブナ	4	3	7	4	3	21
10	蛭ヶ岳北面	ブナ	6	5	1	9	5	26
11	蛭ヶ岳南面	ブナ	3	5	11	6	0	25
12	不動の峰	ブナ	17	10	7	28	20	82
合 計			54	45	50	94	48	291

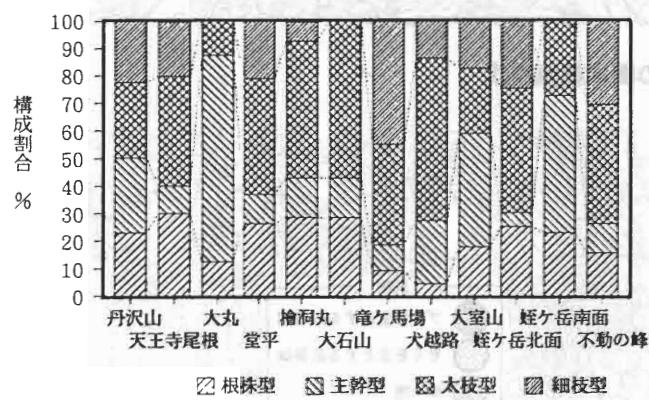


図10 枯損樹形型別の構成割合

地域的にみると、大丸、蛭ヶ岳南面および大室山の山頂周辺では比較的古い時期に枯れた「根株型」および「主幹型」の占める割合が高くなる傾向がみられた。

針葉樹の枯損木は、モミが主体であるが、このほかウラジロモミ、ツガ、ハリモミが認められた。これらの枯損木は支尾根等の急斜面にあるため、近づけないところが多く現地での調査箇所が限られた。このため、ヘリコプターでの観察や遠望により行ったが、通直な幹に太い枝が残る「太枝型」のものが多かった（写真5参照）。

5 ならたけ菌糸束の着生調査

調査箇所でのならたけ菌糸束の着生状況を、表4に

示す。枯損木や衰弱木に着生したならたけ菌糸束の付着本数率をみると、2箇所の地点以外は、いずれの地点でも、付着本数率が「中」と「密」を加えると50%を越える割合で着生していた。ならたけ菌糸束はブナの高齢木に多く着生していたが、イヌシデやカエデ類にも密に着生しているものが認められた。また、これらの菌糸束は活動していない状態のものが多かったが、1~2mの高さにまで伸長したものも認められ、ある時期に異常に繁殖したものと考えられた（写真6、7参照）。

モミ等の針葉樹にも、ならたけ菌糸束の着生がみられたが、樹皮が剥がれたものが多いせいか、ならたけ菌糸束が着生していたかどうかを判断できないものもあった。

ならたけ病以外の病害虫では、檜洞丸周辺でブナハバチの一種（種名未確認）の大発生による被害が観察された。一般には、この食害により枯死することはないとされているが、衰弱木が葉の食害を受けた場合、枯死する樹木も認められた。

高齢のブナは材質腐朽菌に犯されやすいとされている。心材腐朽により空洞化した幹が強風により幹の途中で折れる被害も認められた（写真8、9参照）。

また、最近一部の地域であるが、モミの大木がシカの環状剥離により枯損する事例も認められた（写真10参照）。

表4 ならたけ菌糸束の付着本数率

調査番号	場所	主要樹種	調査本数	密%	中%	疎%	不明
1	丹沢山	ブナ	29	36	35	11	18
2	天王寺尾根	モミ	10	0	70	0	30
3	大丸	ブナ	12	7	43	21	29
4	堂平	ブナ	25	12	52	16	20
5	松洞丸	ブナ	16	29	24	12	35
6	大石山	モミ	7	43	43	0	14
7	竜ヶ馬場	ブナ	13	9	55	27	9
8	犬越路	ブナ	25	48	36	12	4
9	大室山	ブナ	21	24	24	38	14
10	蛭ヶ岳北面	ブナ	26	10	20	15	55
11	蛭ヶ岳南面	ブナ	25	28	36	32	4
(S)	12 不動の峰	ブナ	82	33	36	15	16

V 考察

丹沢のブナの立ち枯れ分布については、鈴木(8)がブナ林の現状概略図を作成している。今回、新たに枯損密度別のメッシュ区分による枯損分布図を作成した。その結果、枯損密度でみると、ha当たり1~2本の枯損は、自然的要因によるとも考えられるが、さらに枯損密度の高い箇所は、自然要因以外の影響も考えられた。神奈川県大気保全課の大山を中心とした大気汚染濃度や雨水や霧の成分の測定によると、雨水の酸性度は平地とほぼ同程度であるとしている(1)。また、大山のモミ林と丹沢のブナ林での土壤の酸性化について調査した結果では、樹木の衰退に影響する変化はみられなかつたとしている(1)。これらの結果からすると、現段階では大気汚染の直接的な影響により衰弱枯損したとは考えにくい。

今回観察された枯損木には、200~300年(9)の高齢のものが多かったことから、老齢化によるとも考えられる。しかし、高齢木が集団的に枯損した箇所があること、枯損樹形が「太枝型」のタイプが多いことから、ある時期にまとまって枯損したとする急性的な要因も考えられる。これらについては、さらに過去の気象データや年輪試料を解析したうえで検討したい。

大山モミ林の枯損樹形は、「主幹型」のものが多く、枯損時期も1960年から1970年にかけてであると

した(8)。現在、大山以外の丹沢山地一帯のモミの枯損樹形は「太枝型」のものが多いことから、枯損時期は大山のモミ枯れより新しいといえる。さらに、1982年撮影の空中写真では、樹冠の褐変が比較的多くみられる地域がある。これらのことから推定すると、枯損の目立った時期は1970年から1980年頃と考えた。1985年撮影の空中写真の枯損状況と現在の状況とを比較すると、全体的には、モミ等針葉樹の枯損は、ほとんど進行していないといえるが、ブナ等の広葉樹の枯損は、進行中であるといえる。

特に問題と考えられた点は、ブナの衰弱木はほとんどの地点で認められ、衰弱が現在でも進行中であること、ブナの枯損は集団的で、その跡地は後継樹がほとんどみられず、場所によっては草地化している箇所がみされることである。これに対して、モミの場合は単木的な枯損で、枯損跡地も広葉樹林化しているため、枯損による影響は小さいと考えられる。

病害虫調査の結果、枯損木にはならたけ菌糸束の着生率が高かったことから、高橋(11)が指摘するようならたけ病の影響が大きいと考えられた。さらに枯損木だけでなく、葉量の少ない衰弱したブナにもならたけ菌糸束が認められた。一般にならたけ病は環境条件と林木の抵抗力の強弱によって支配され、ならたけ菌糸束の根面付着量と発病とは必ずしも一致しないとの報告がある(5)。今回の調査ではならたけ菌糸束は、根面

ではなく、約50cmの高さの樹皮内に、高い密度で着生していたことから、樹木を枯死させる要因になると考えられた。

ならたけ病以外にも、ブナハバチの一種による食害やシカの剥皮害による枯損も認められ、枯損原因是、地域によっても異なると思われる。

これらについては、今後さらに調査を進め、山地全体の枯損原因を明らかにしていきたい。

VI 要 約

丹沢山地一帯のブナ、モミ等の枯損実態を調査し、その衰退原因について若干の検討をした結果、次のことが明らかとなった。

- (1) ブナ、モミ等の枯損分布は、山地全域に認められた。特に枯損密度の高い箇所は、丹沢山地の中央部である丹沢山、蛭ヶ岳、桧洞丸の山頂付近であった。
- (2) ブナ、モミ等の枯損分布は、その大部分が、標高1,000m以上にまとまっており、北ないし北西の斜面には少なく、他の斜面に多い傾向がみられた。また、その枯損区域面積は2,158haとなった。
- (3) ブナ、モミ等の枯損樹形は枯死後の年数が経過した「太枝型」タイプのもののが多かったことから、比較的まとまった時期に枯損したと推定され、その時期は1970~1980年頃と考えた。
- (4) 森林衰退原因については、直接の枯死要因のひとつとしてならたけ病があげられた。特に問題と考えられた点は、ブナの衰弱が進行中であることと、後継樹がほとんどみられないことである。

VII 引用文献

- (1) 神奈川県大気保全課(1994)酸性雨に係る調査研究報告書, 1-286
- (2) 越地 正・鈴木 清(1993)丹沢山地におけるブナ、モミ等の枯損実態. 日林関東支論44, 65-66
- (3) 越地 正(1994)丹沢山地における森林衰退とナラタケ病の関係. 第105回日本林学会発表
- (4) 野内 勇(1990)酸性雨の農作物および森林木への影響. 大気汚染学会誌25(5), 295-312
- (5) 佐藤邦彦(1982)健全な林木の根面におけるナラタケ菌糸束の付着潜在. 森林防疫32(2)
- (6) 杉本龍志(1990)丹沢山塊モミ原生林の衰退に関する環境科学的研究. 筑波大学大学院環境科学研究科修士論文, 1-15
- (7) 鈴木 清・尾岸諒一(1987)大気汚染と樹木衰退に関する研究(1)スギの樹勢推移と年輪幅の変動. 神奈川県林業試験場研究報告14, 15-25
- (8) 鈴木 清(1992)神奈川県大山のモミ林枯損経緯とその周辺地域の年輪幅の変化. 神奈川県林業試験場研究報告19, 23-42
- (9) 鈴木 清 未発表資料
- (10) 鈴木澄雄(1993)丹沢を楽しむ. pp. 140
- (11) 高橋啓二 未発表資料



写真1 「主幹型」の枯損樹形（ブナ）

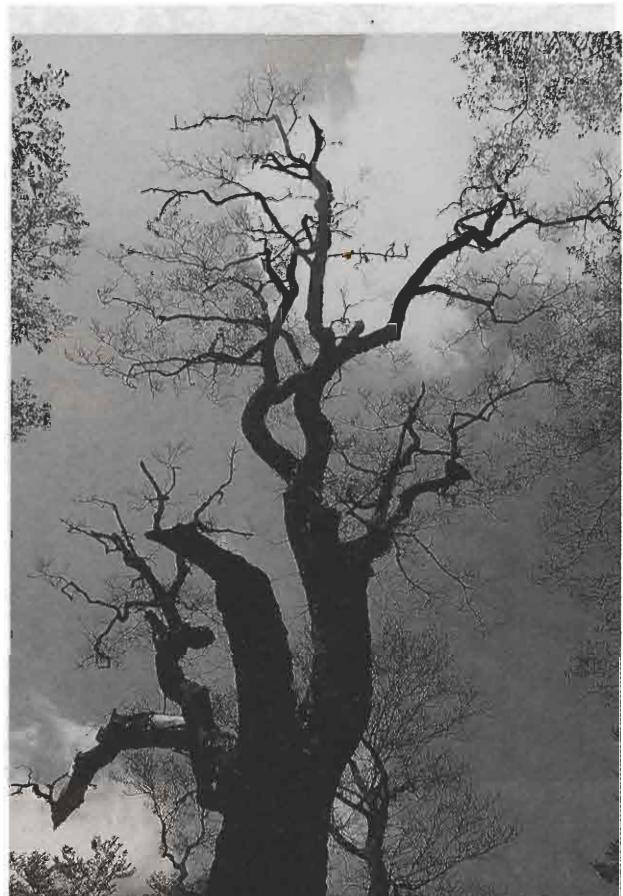


写真3 「細枝型」の枯損樹形（ブナ）

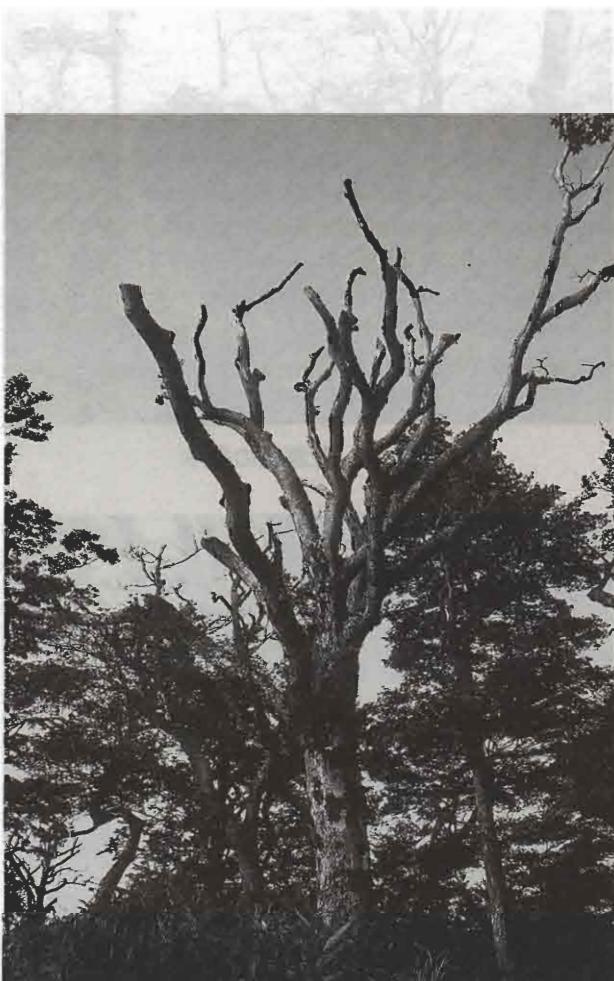


写真2 「太枝型」の枯損樹形（ブナ）

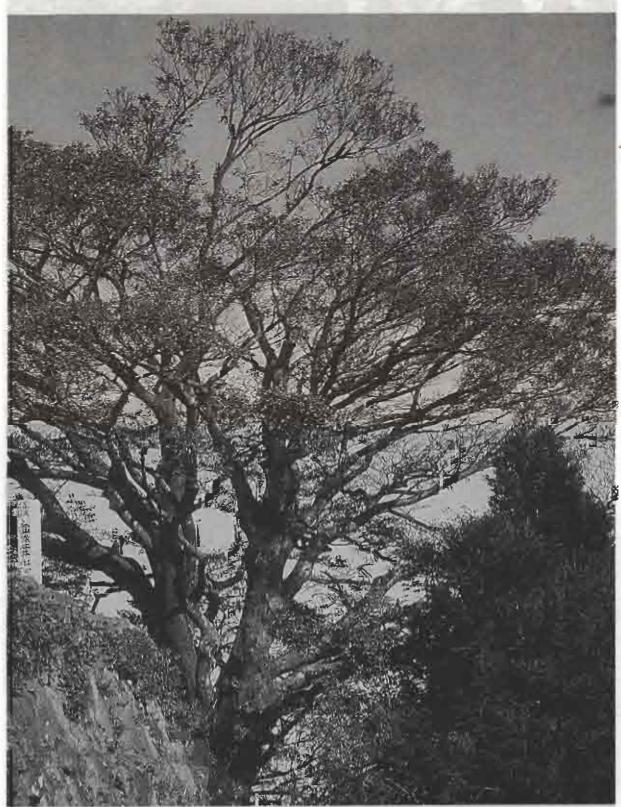


写真4 健全なブナの樹形（大山山頂）



写真5 「太枝型」の枯損樹形 (モミ)



写真8 強風によるブナ倒木 (空洞木)



写真9 空洞状の倒木



写真6 ならたけ菌糸束の調査状況



写真7 ならたけ菌糸束「密」な状態



写真10 シカによるモミの環状剥皮状況

神森林研研報 22 (1996) 19-26

丹沢水沢に植栽した広葉樹における ツリーシェルターの成長促進効果について

Growth Effects of Trees with Tree - Shelter in Tanzawa

中川 重年

Shigetoshi NAKAGAWA

要旨

1992年に丹沢山の三ノ塔直下の水沢で成長促進を目的としたツリーシェルターを導入した植栽試験を行った。ブナ、アオダモ、ケヤキ、アラカシ、トチノキ、ミズメ、ヤマハンノキ(以上広葉樹)、ウラジロモミ(針葉樹)の8種について4成長期が経過した1995年に成長量の測定と評価を行った。その結果、アオダモ、アラカシ、ブナ等ではツリーシェルターは成長促進にたいする効果があることがわかった。またケヤキやトチノキではそれほどの効果はなかった。また植栽時の枯損防止についてはツリーシェルターは効果があることがわかった。

I はじめに

ツリーシェルター（TREE SHELTER、以下 TS）

は英国においてすでに1980年代に実用化試験が行われていた技術である。著者は1984年に英國林業委員会林業試験場（FOREST RESEARCH STATION）を訪れ、その実態を視察した。

TSの形態はプラスチックコルゲート板で辺々10cm、高さ100～120cmの4角の上辺が開いたチューブで、これを苗木にかぶせたものである。材質はポリプロピレンで色は半透明梨地、白色、茶、緑と各色があり、成長効果については英國林業試験場の見解ではいずれも大きな違いはないとしている。TSの長さもまちまちで成長するにしたがい上部に継ぎ足してゆく方法もあり、この場合高さ4mに達するものもみられる。

英國林業委員会林業試験場での TS 施業試験の結果、試験開始後 2 年のナラ (*Quercus petraea*) やタモ (*Fraxinus angustifolia*) といった広葉樹で効果があることが知られている(2)。TS の実用化試験としては 1984 年には LONDON の南に位置する SURREY 県において実証試験が行われている。

木の育成と育苗用材を2001年より供給する 京土産の山林は資源をもつ土地を保全する に広葉樹における 長促進効果について

その後現在では AUSTRIA、FRANCE、SWISS でも TS が使われ、実証段階から実用段階に発展している。

日本における TS の導入は神奈川県森林研究所の一部、東京農工大、大阪営林局管内などで行っており、1995 年には商品が開発され市販されるようになっている。

1994年に策定されたかながわ森林プランでは「生態保存森林ゾーン」といわれる標高800m以上の山岳地帯は約20,000haあり、森林生態系の保存を目的としている。ところがこのゾーンにおけるブナやウラジロモミの天然林は酸性降下物などによるとみられる影響を受けて衰弱あるいは枯死が起きている。またシカによる森林に対する食害が頻繁に発生しており、ウラジロモミやアオダモなどの樹種は樹皮が食害を受けて、枯死する個体もみられる。こうした複合的な要因から丹沢山地におけるブナ帯の森林は衰退状態となっており、その対策が望まれている。そこでこうした森林の再生に有効と考えられるTSについて成長促進と草食獣による食害防止などの効果を調べるために植栽試験を行った。

神奈川県におけるTSは1992年に行った丹沢の水沢(1)をはじめとし、1993年には丹沢山の堂平、上堂平(奥堂平)、竜ヶ馬場、わさび沢、1995年には塔ノ岳山頂上に設置、試験を行っている。このほか1994年には森林研究所試験林でケヤキの植栽試験を行っている(図1)。今回は1992年に行った水沢試験地における1995年までの試験結果について述べるものである。

本報告をまとめるにあたり東京農工大学・古林賢恒先生にはシカの生態的な見地からの指導を受けた。ここに記してお礼を申し上げる。なお、本報告は第47回日本林学会関東支部大会で発表した(1)。

死する等の原因から、大きく成長しているものはみられない。

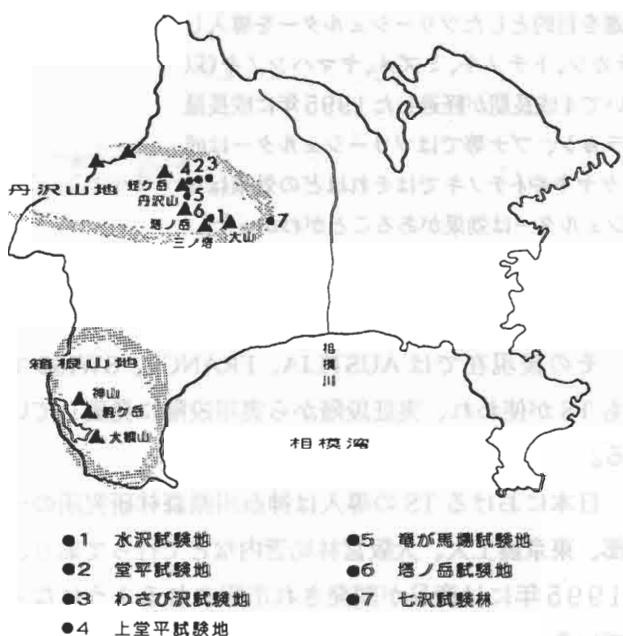


図1 ツリーシェルターの施行試験地

II 試験地の概要

本試験地は丹沢山地のやや東側、三ノ塔の直下標高1,100 mにある。ここは関東大地震によって崩壊した南向きの斜面で、1988年に治山工事を行い、牧草の吹き付けを行った場所である(図2)。施工面にはネットがはられ牧草の播種が行われた結果、土壌の移動はなく安定している。現在ではシカの餌場となり、群落高も低く芝生状の相観を呈している。野生樹種の実生による更新は一部ヤマハンノキ、ニシキウツギ、ウツギ、アオダモなどでみられる。しかしこれらの多くはシカの餌として食害を受けること、夏期の乾燥によって枯

図2 試験地

III 方 法

植栽試験を行った樹種は、いずれも2~3年生の実生苗木である。ミズメ (*Betula grossa* カバノキ科 2年生)、ヤマハンノキ (*Alnus hirsuta* v. *sibirica* カバノキ科 同)、ブナ (*Fagus crenata* ブナ科 同)、アラカシ (*Quercus glauca* ブナ科 同)、ケヤキ (*Zelkova serrata* ニレ科 同)、トチノキ (*Aesculus turbinata* トチノキ科 3年生)、アオダモ (*Fraxinus lanuginosa* モクセイ科 2年生)と針葉樹のウラジロモミ (*Abies homolepis* マツ科 3年生)の8種である。

これらの樹種の神奈川県における垂直分布と水分要求で表した生態的特性は図3のとおりである。

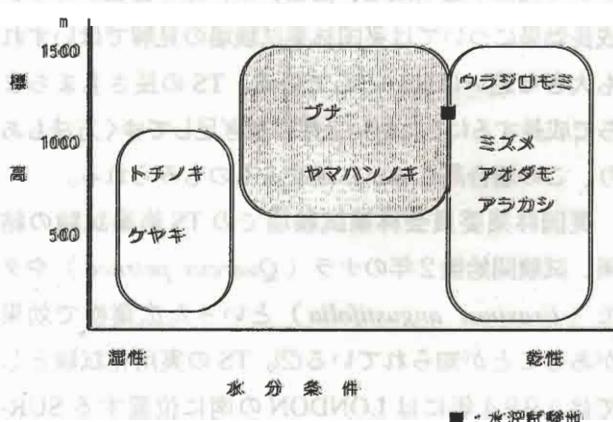


図3 植栽樹種の立地特性適地

なおこのうちアラカシは試験地よりも低海拔地、トノキはより湿性の環境に生育する樹種で本来の適地ではないこと、ウラジロモミは針葉樹であるが他の5種に対して比較対照として植栽したものである。

植栽は1992年6月に行った。ランダム配置で、1区に8種を20本づつ、TS区と対照区でそれぞれ2回繰り返しを行い、合計640本を植栽した。

TSはポリプロピレンの厚さ4mmの白色コルゲートシートで100×10×10cmの角筒である。また樹高が100cmを越した個体については順次200×15×15cmの大型のTSに交換した。

なお試験地はシカの生息地であり、食害防止のため試験区周辺に電気柵を設置した。

苗木は神奈川県厚木市の神奈川森林研究所苗畠で育成したものを使用したが、一部は購入したものもある。植栽にあたり1992年3月にポリポットに植え替え養生後、6月に試験地に運搬、速やかに植えつけた。その後のかん水・施肥は行わなかった（写真1）。

植栽後、冬期の季節風や台風などでTSの転倒、一部シカの試験地内の侵入による被害、電気柵の切断、TSの破損などが生じ、そのつど補修を行った。

成長量については、毎年11月に樹高成長量の測定を行った。なお1995年については9月に行った。

また試験地の気象観測は外気温、TS内気温、を継続的に測定した（図4）。



写真1 試験地

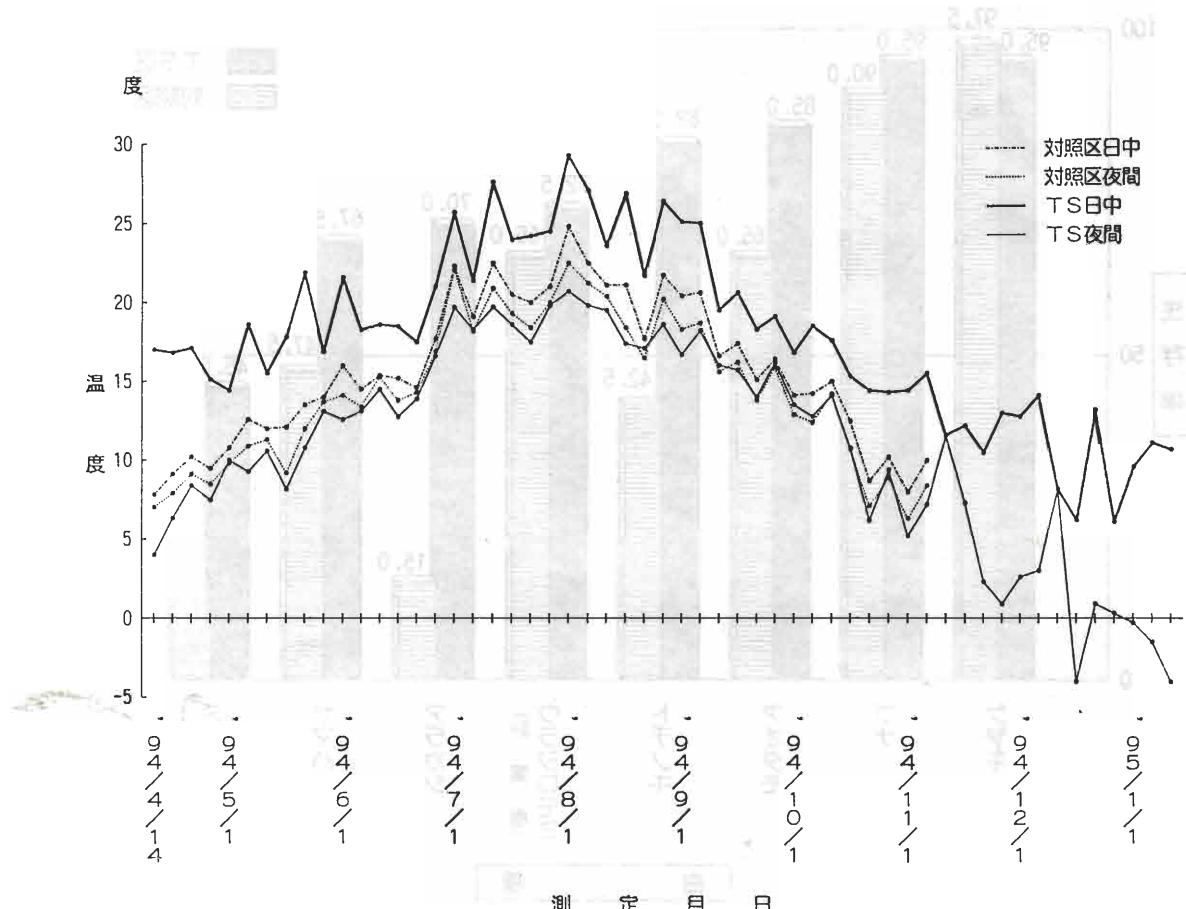


図4 ツリーシェルター内と外気の温度変化

IV 結 果 の 順序 と 効果

選定の結果、育苗から植栽までの実験結果

1 植栽後の生存率

TS 区でおおむね成績がよかった(図5)。とくにトチノキでは 82.5 % (TS 区)、42.5 % (対照区、以下同じ)、アラカシ 70.0 %、15.0 %、ミズメ 45.0 %、7.5 % と顕著であった。この理由としては、植栽時と植栽初年度の冬期の風などによる蒸散の抑止が考えられる。

2 成長量と成長比

4成長期を経た各樹種の平均成長は図6~13のとおりである。

(1) アオダモ(図6)

初期の樹高(苗木高)は TS 区 17.0 cm、対照区 18.3 cm であった。また 4 成長期経過した 1995 年 9 月には TS 区で 44.1 cm、対照区で 14.1 cm になった。

(2) ブナ(図7)

TS 区 26.5 cm、対照区 25.7 cm であった。

1995 年 9 月には、TS 区 76.0 cm、対照区 33.0 cm とはっきりと成長に違いがみられた。

(3) ケヤキ(図8)

TS 区 65.4 cm、対照区 63.6 cm であった。

1995 年 9 月には TS 区 87.3 cm、対照区 36.1 cm と TS 使用の効果がはっきりとあらわれている。

(4) ミズメ(図9)

TS 区 47.9 cm、対照区 67.7 cm であったが、1995 年 9 月には TS 区 87.3 cm、対照区 34.0 cm とケヤキとほぼ同じパターンとなった。

(5) ヤマハンノキ(図10)

TS 区 46.8 cm、対照区 45.7 cm、1995 年 9 月には TS 区 130.4 cm、対照区 66.2 cm で、TS の効果が高い。

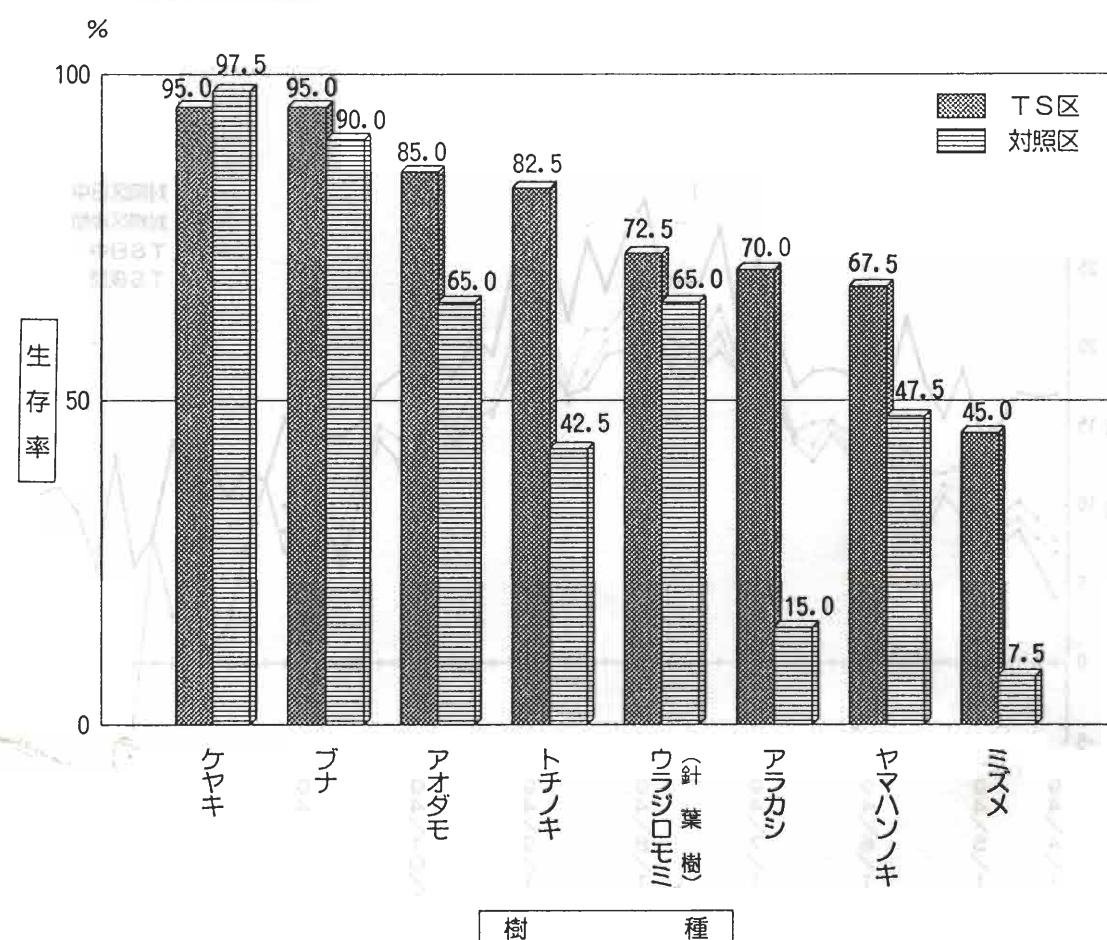


図5 1995年9月時の生存率

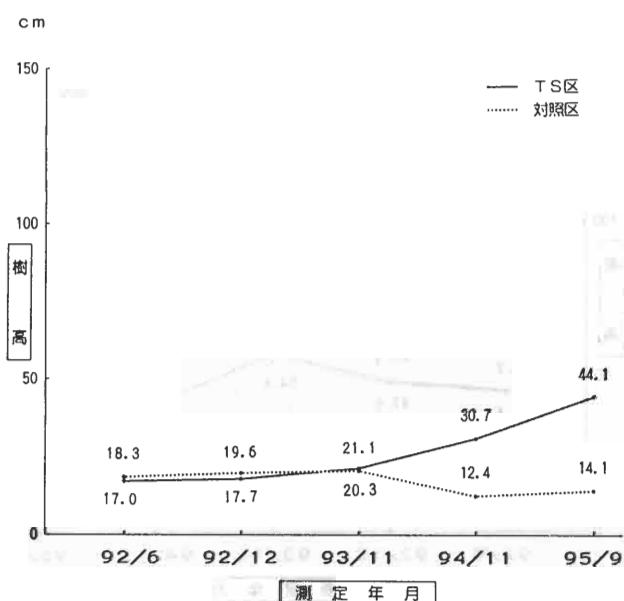


図6 アオダモの成長変化

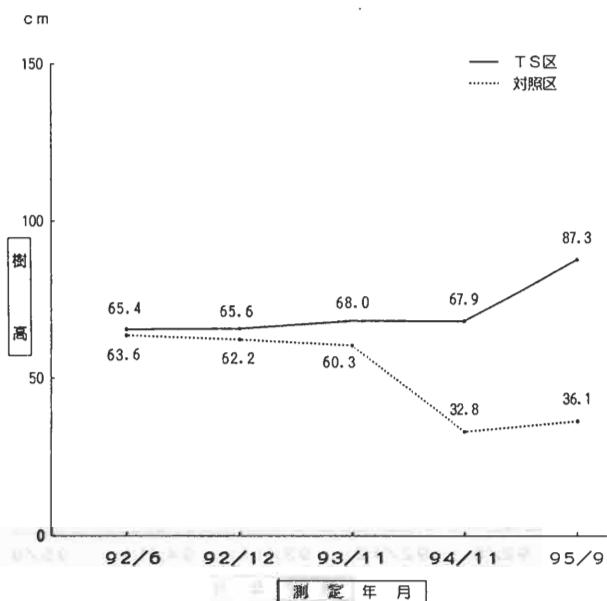


図8 ケヤキの成長変化

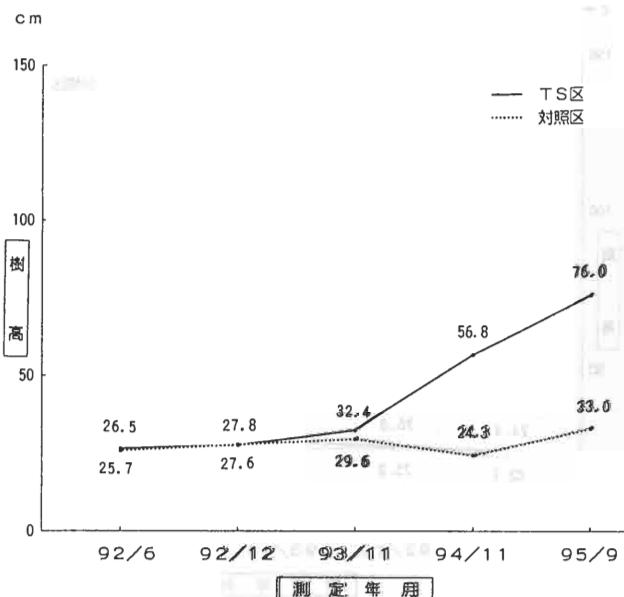


図7 ブナの成長変化

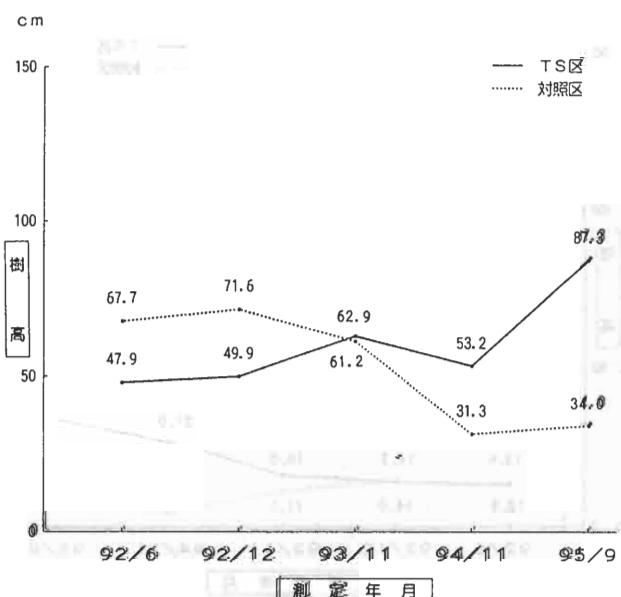


図9 ミズメの成長変化

(6) アラカシ (図11)
TS区では 12.9 cm、対照区 13.5 cm であった。

1995年9月には TS区 34.0 cm、対照区 6.0 cm ときわめてはっきりとした成長量の差がみられた。これはシカの食害のほか冬期の気温も関係すると思われる。

(7) トチノキ (図12)

TS区 45.2 cm、対照区 44.4 cm であったが、1995年9月には TS区 46.2 cm、対照区 26.8 cm になった。

トチノキは葉が大きいために TS の狭い空間では充分葉が展開できず結果的に成長量が小さかったものと思われる。

(8) ウラジロモミ (図13)

TS区は 24.4 cm、対照区 22.2 cm であった。1995年9月には TS区 37.9 cm、対照区 21.3 cm になった。

成長比については植栽時の苗木高と成長量を比で表わしたものである (図14)。

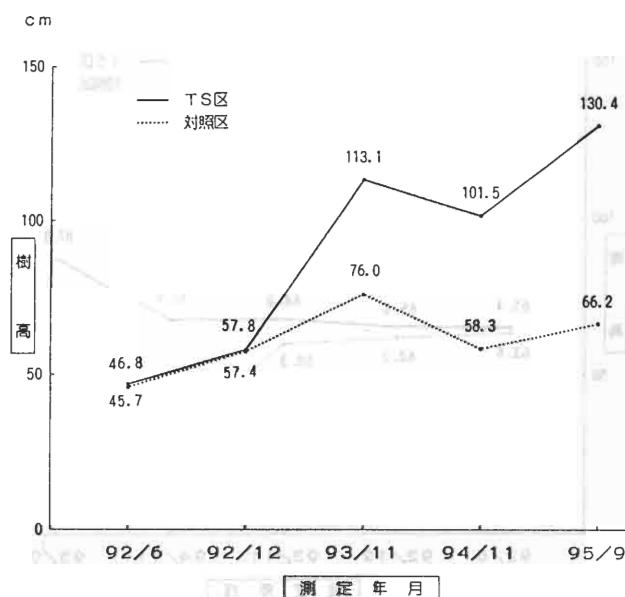


図10 ヤマハンノキの成長変化

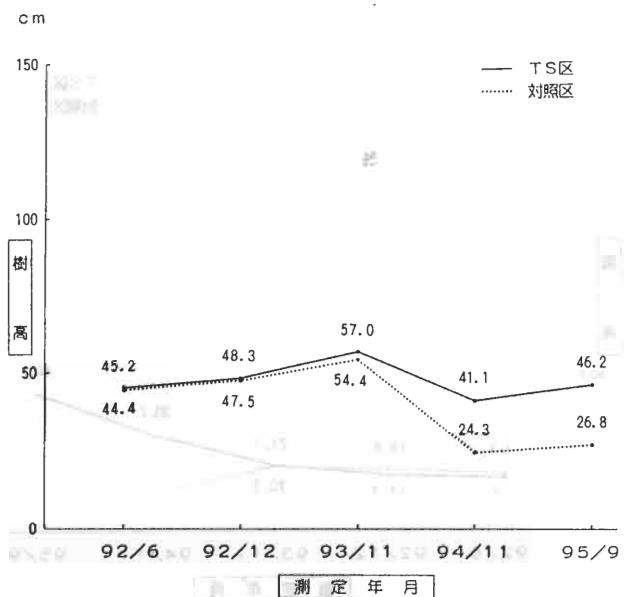


図12 トチノキの成長変化

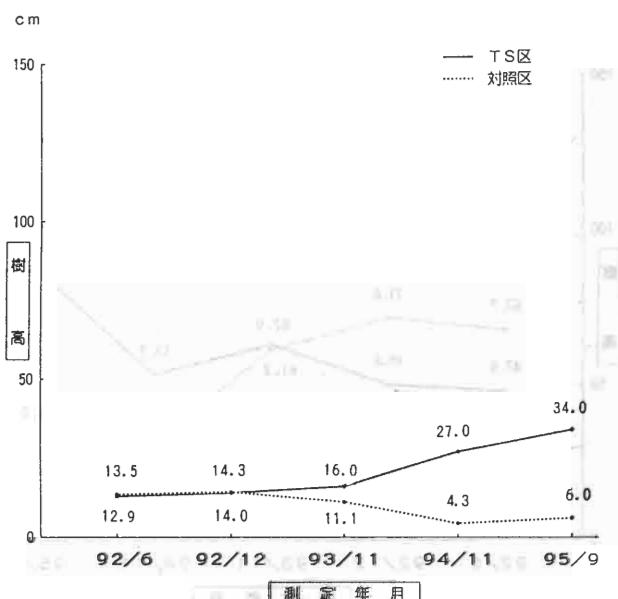


図11 アラカシの成長変化

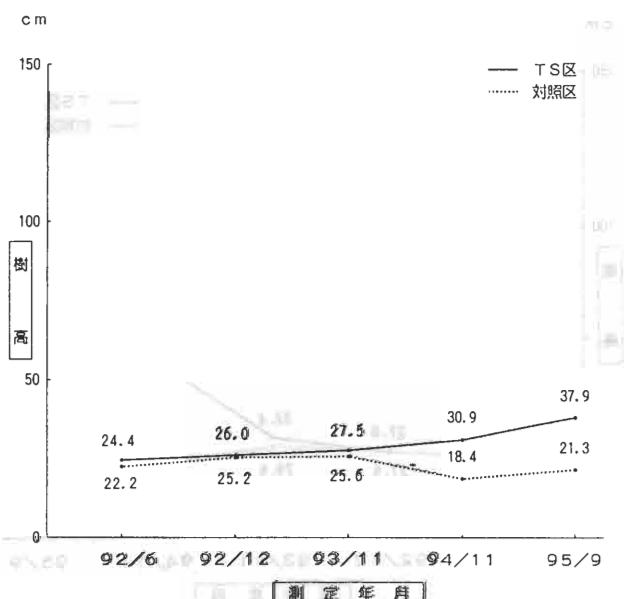


図13 ウラジロモミの成長変化(針葉樹)

もっとも効果があったのはブナで1.87倍(TS区)、0.28(対照区、以下同じ)。次いでヤマハンノキ(1.79、0.45)、アラカシ(1.64、-0.56)になり、アオダモ、ミズメ、ウラジロモミ、ケヤキであった。とくにヤマハンノキ、ミズメでは一部は2m以上に達する個体もみられるほどであった。

一方、トチノキでは(0.02、-0.40)となりTSの効果はないことがわかる。これは試験地が生育適地でないこと、葉が大きく、狭いTS内では充分展開でき

ないことが原因と考えられる。

3 シカによる食害防止

対照区ではヤマハンノキ、ブナについては植栽時に比べて正の成長量を示した。ところがこの2樹種を除く6種では苗木の高さが植栽時よりも負となった。これはシカの食害を受けたためである。このことから、すくなくともこれら6種についてはTSを使用しない限り生育は不可能であるとおもわれる。

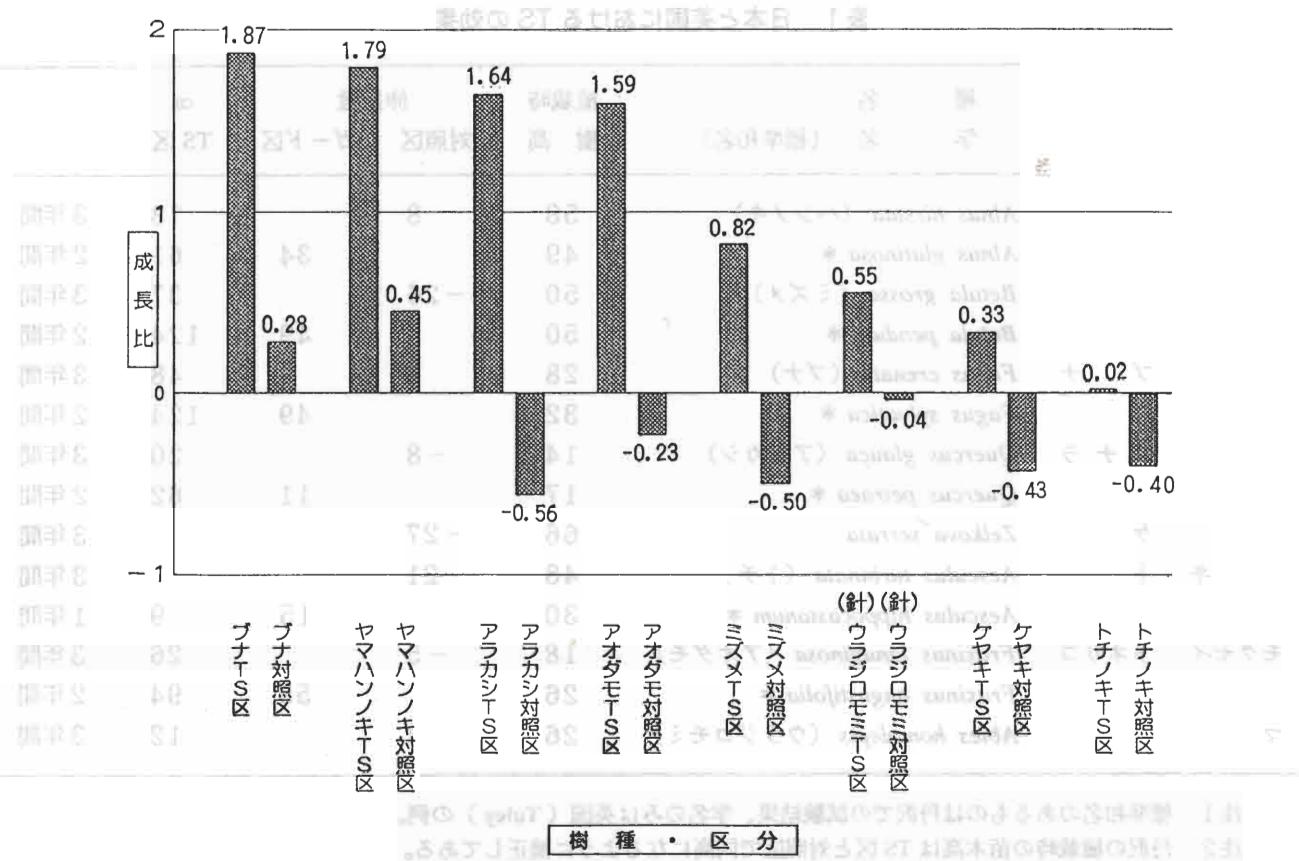


図14 樹種別の成長比

V 考 察

1 植栽後の生存率 試験の結果、植栽後の生存率(活着率)が高くなかった。とくに本試験の植栽は6月の後半で一般的には植栽にもっとも悪い時期にあたっていたためにこのような傾向がはっきりしたと考えられる。とくにトチノキやアラカシ、ミズメでは効果は高く、ケヤキ、ブナ、ウラジロモミではそれほど違いはなかった。植栽に対しては根の活着までには風による葉や幹からの蒸散は大きな問題である。農業分野ではスイカ等の接木苗の活着率を高めるためにこのようなフードを使用している。ところが林業分野ではこれまで苗木での活着率の改善では、蒸散抑制剤を利用することもあったが、これも一般的に広がった技術ではなかった。こうした植栽時期の悪い季節に植栽する場合、TSのような環境とくに湿度と風を緩和する方法が有效であることを示唆している。

表1は本試験で使用した8樹種と英國で1981年、1982年に行った植栽試験の中から属レベルでの同位種を比較したものである。なお表1のツリーガードは食害を防止するための装置で、今回行った試験における対照区とは効果が異なるために別に表わしてある。ハンノキ属 *Alnus* については TS 区での成長量は丹沢と英國共に類似の値となった。カバノキ属 *Betula*、ブナ属 *Fagus*、コナラ属 *Quercus*、トネリコ属 *Fraxinus* では英國での事例が良好である。この理由として英國での事例は良好な森林土壤、あるいは古い畑を試験地にした試験であること、一方丹沢での植栽試験は標高も 1,100 m と高くさらに、風当たりの強い尾根に近いこと、さらにシカ害の発生する場所であるなど、条件が英國の例と比べて劣悪な場所であることが原因と思われる。しかし丹沢での事例でも対照区の成績が植栽時に比べて負になっている樹種があり、中でもカバノキ属 *Betula*、ケヤキ属 *Zelkova* では大きく減少している、こうしたことから成長量は小さいものの TS を使用する効果がはっきりしている。

表1 日本と英国における TS の効果

科	属	樹種学名	名(標準和名)	植栽時樹高	伸長量		cm TS 区
					対照区	ガード区	
カバノキ	ハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i> (ハンノキ)		58	8		73 3年間
			<i>Alnus glutinosa</i> *	49		34	61 2年間
カバノキ		<i>Betula grossa</i> (ミズメ)		50	-26		37 3年間
			<i>Betula pendula</i> *	50		49	124 2年間
ブナ	ブナ	<i>Fagus crenata</i> (ブナ)		28	6		48 3年間
			<i>Fagus sylvatica</i> *	32		49	124 2年間
ブナ	コナラ	<i>Quercus glauca</i> (アラカシ)		14	-8		20 3年間
			<i>Quercus petraea</i> *	17		11	62 2年間
ケヤキ		<i>Zelkova serrata</i>		66	-27		21 3年間
トチノキ	トチノキ	<i>Aesculus turbinata</i> (トチノキ)		48	-21		-2 3年間
			<i>Aesculus hippocastanum</i> **	30		15	9 1年間
モクセイ	トネリコ	<i>Fraxinus lanuginosa</i> (オダモ)		18	-5		26 3年間
			<i>Fraxinus angustifolia</i> *	26		55	94 2年間
マツ	モミ	<i>Abies homolepis</i> (ウラジロモミ)		26	-4		12 3年間

注1 標準和名のあるものは丹沢での試験結果、学名のみは英國 (Tuley) の例。

注2 丹沢の植栽時の苗木高は TS 区と対照区で同高になるように補正してある。

注3 丹沢での成長量の表示は植栽時が 6 月であったことから翌年 1993 年から 3 年間の成長量で表わしてある。

注4 丹沢での植栽例は風当たりの強い標高 1,100 m の尾根での例でシカ害の頻繁に起きる場所。

注5 * Exeter Forest の良好な森林土壤への植栽結果 (1981 年)。

注6 ** Exeter の古い畑での 1 年間での植栽結果 (1982 年)。

トチノキ属についてはマロニエ (*Aesculus hippocastanum*) は英國の事例でも TS 区のほうが成長量が劣っていることが判明している。大型の掌状葉を持つ *Aesculus* 属は TS 区の中で葉が充分展開できないことが原因であろう。しかし同様に大型の葉を持つ *Juglans* 属の *J. nigra*, *J. regia* では TS の効果が認められており(2)、生態的特性をふまえた樹種による検討を行う必要があると思われる。

また英國においてはカラマツ=ニホンカラマツ (*Larix kaempferi*) 以外の針葉樹の成績は良くないとされている(2)。今回の試験に用いた針葉樹のウラジロモミは TS による成長量改善の効果がみられた。こうしたことからウラジロモミを用いた環境林造成には TS を使用することは効果があると言える。しかしこの結果から本県のスギやヒノキの植栽に対し安易に TS を用いることは成長効果など不明の点が多く、さらに経済性を考慮し、なお検討を加えなければならぬと考える。

3 シカによる食害防止効果

対照区に植栽された樹種のうちヤマハンノキとブナは成長量は正の値を示した。これはシカの食餌嗜好が他の樹種に比べて順位が低いことを意味している。こうした食餌嗜好の特徴を持つ樹種としてはこのほかにシロダモ、ホオノキが知られている。これらの樹種についてシカによる食害防止のための TS 使用の必然性はあまりない。しかしこれら以外の樹種でははっきりとしたシカの食害が見られることから、TS にしろ、他の手法にしろ食害から保護された状態でなければ成林の可能性はないものと考えてよい。

樹木の植栽にあたって、TS の効果はこれまでに判明していた①苗木の初期成長の促進、②シカ等の草食獣からの物理的防護面での効果の他、③植栽初期の活着率向上があることがわかった。さらに④ TS の筒状である形状から幹の形質が直線になるなどの効果もあげられる。

反面、TS をはずした場合、個体が湾曲することが

見られる。これは急速な成長に起因すると考えられる材質の軟弱さが原因の可能性がある。こうした個体を自立させる馴化については今後の課題である。

1995年には、すでにこうした技術を用いた商品が開発、販売された。著者もTSの経済性の検討、耐候性等の改良も進めており、今後こういった問題点をクリアすればあたらしい森林造成技術として一般化する可能性が考えられる。

VI 引用文献

- (1) 中川重年 (1995) ブナ帯森林造成を目的としたツリーシェルターの成長促進効果. 47回日林関東支論, 43-44
- (2) G.Tuley (1983) Shelters improve the growth of young trees. Arboriculture Research Note 49, DOE Arboricultural Advisory and Information Service



写真2 イギリス サリーにおけるTSの施用例 (1984. 4)

写真1

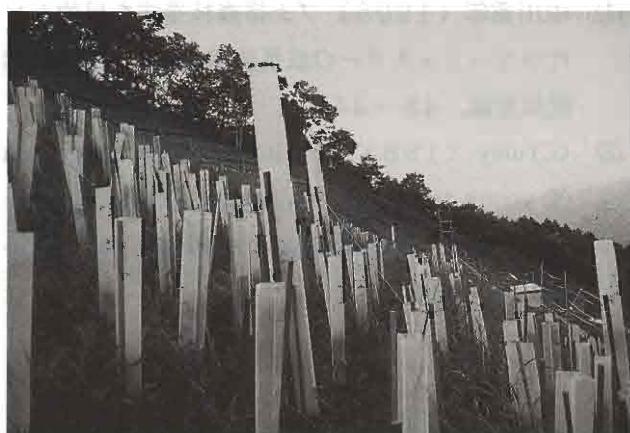


写真3 順調に成長した個体に大きなTSをかぶせる(1994. 6)



写真4 大きなTSを越した個体は順化のためTSをはずす(1995. 9)



写真5 TSをはずした状態のアラカシ(1993. 11)

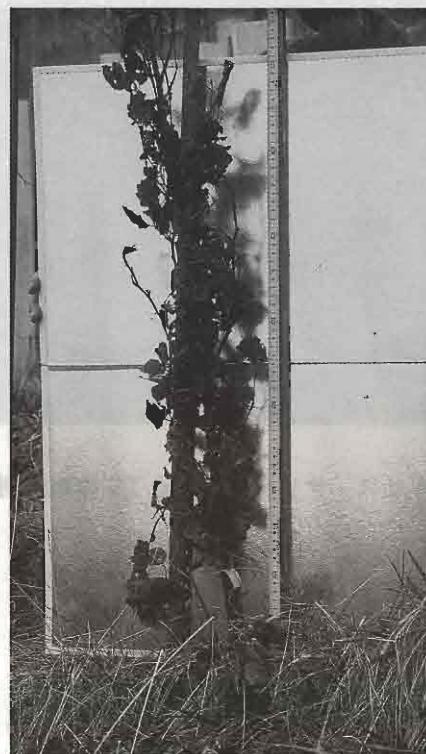


写真6 TSをはずした状態のヤマハンノキ(1993. 11)

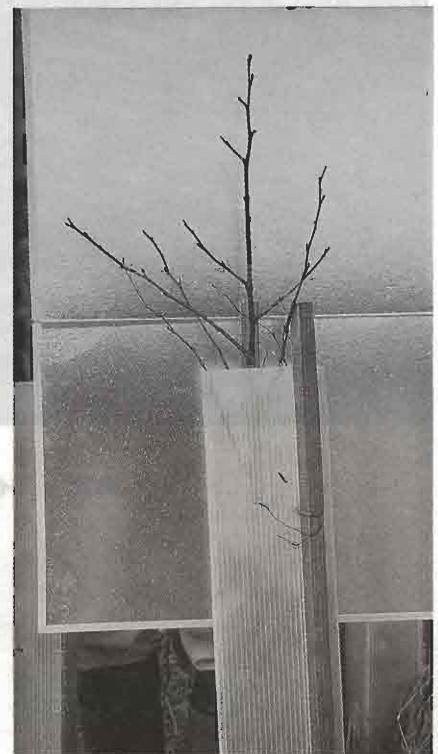


写真7 TSを越したヤマハンノキ(1993. 11)

神森林研研報22(1996) 29-35

クワカミキリによる神奈川県清川村ケヤキ造林地の被害実態(予報)

Actual state of the Damage to *Zelkova serrata* MAKINO Plantations
Caused by *Apriona japonica* THOMSON (Coleoptera: Cerambycidae)
in Kiyokawa Village, Kanagawa Prefecture (Preliminary note)

山根正伸^{*1}・藤森博英^{*1}・斎藤央嗣^{*1}・石井洋三^{*2}・倉野知子^{*2}

YAMANE, M., FUJIMORI, H., SAITO, H., ISHII, Y. and KURANO, T.

要旨

神奈川県愛甲郡清川村のケヤキ植栽造林地において、クワカミキリによる被害が1994年夏に確認された。1995年10月における調査地のケヤキの本数被害率は、1993年植栽地が81%、1994年植栽地が55%と激甚で、虫糞排出孔はそれぞれ49%、9%認められた。虫糞排出孔のある被害木の根元直径(D20H)は、16mmから18mmの径級(16≤D20H<20)にピークがみられた。被害は1993年植栽地から1994年植栽地に伝播しており今後も拡大すると考えられた。

I はじめに

クワカミキリ(*Apriona japonica* THOMSON)は古くからクワ・イチジク・ビワなどの害虫として知られ(8)、関東地方ではボプラなどに被害が多い(5)。本種の広葉樹への被害は、ボプラ類、ヤナギ類、ブナなどに見られ(5)、近年ではケヤキ(*Zelkova serrata* MAKINO)の植栽幼齢木での被害が報告されている(1, 6)。

神奈川県下では本種の被害はクワに多く見られていたが(4)、造林地での植栽幼齢木での報告はなかった。しかし、1994年夏に本報告のケヤキ植栽造林地で被害が発生し、1995年夏には被害が相当拡大していることが確認された。

そこで、著者らは被害状況や被害木の幹直径などについて調査を行い被害実態を分析し、加えて薬剤による防除を行ったので報告する。

なお、神奈川県清川村森林組合安藤淳一氏には、被害調査および薬剤防除にあたり協力いただいた。厚くお礼申し上げます。

II 調査地と調査方法

1 調査地の概要

調査地は、神奈川県愛甲郡清川村にある1993年春植栽(2.5ha、「1993植栽地」と呼ぶ)と、1994年春植栽(1.83ha、「1994植栽地」と呼ぶ)のケヤキ造林地である。これらの植栽地は、図1に示すように連続している。



図1 調査地の位置

Location and topography of survey of damage to *Zelkova serrata* MAKINO plantations caused by *Apriona japonica* THOMSON

*1: 神奈川県森林研究所

*2: 神奈川県県央地区行政センター林務課

1993植栽地は、ケヤキとヒノキが混植され(ケヤキ:ヒノキ=3:2)、1ha当たりの植栽本数は2,600本である。1994植栽地は、斜面上半分がケヤキ、カツラ、ヤマボウシの混植、斜面下半分がヒノキ、スギとの混植で、ケヤキの1ha当たりの植栽本数は約1,000本で全体の50%である。1994年夏に、穿孔性害虫によると考えられる被害の発生が、1993植栽地のケヤキ植栽木の一部で確認された。翌年の1995年夏には、1993植栽地(写真1(a))の広い範囲に、写真1(b)、(c)、(d)に示すような被害が観察されるとともに、1994年植栽地のケヤキ植栽木で被害が認められた。そこで、被害木から加害種と考えられるカミキリを採取・同定した結果、クワカミキリ(写真2(a))による加害と判定した。

2 調査方法

1993植栽地と1994植栽地について、それぞれの植栽斜面を標高でおおまかに上段、中段、下段に層化し被害状況を調べた。サンプルは、各層から等高線にそっておよそ90本程度のケヤキを系統サンプリングした。調査本数は、1993植栽地が271本、1994植栽地で311本である。

調査項目は、食害による枯死の有無、幹と枝の後食状況および虫糞排出孔の有無である。幹と枝の後食程度は、全くなし(被害区分0)、幹周囲の1/3の後食を受けたもの(被害区分1)、2/3の後食を受けたもの(被害区分2)、幹全周の後食を受けたもの(被害区分3)の4段階に区分し、目視により評価した。

また、虫糞排出孔のあるケヤキ植栽木とない植栽木の樹高および地際から20cmの高さの幹直径を、無作為サンプリングしてそれぞれ60本を調べた。さらに、1994植栽地では、ヤマボウシ、カツラについても被害の観察を行った。調査は、1995年10月26日および1996年3月7日に行った。

III 結 果

1 被害樹種と被害率

枝、幹での後食(写真1(d))、虫糞排出孔(写真1(c))の、いずれかが認められたケヤキ植栽木は、1993植栽地が81%(240/297)、1994植栽地が55

(170/311)であり、被害が最初に見つかった1993植栽地が高い割合で被害を受けている(表1)。しかし、枯死しているのもは1993植栽地で1%未満であり後食による枯死はほとんどみられない。

一方、1994植栽地では12%が枯死しているが、これは植栽後の活着不良など後食以外の原因によるものと考えられた。

ケヤキ以外の樹種への加害は、ヤマボウシとカツラの混植植栽木にそれぞれ1割強と4割強の本数で、被害程度の低い後食と産卵孔が観察されたが、幹への後食と虫糞排出孔は観察されなかった。

2 被害形態

ケヤキ植栽木への被害の内訳をみると、1993植栽地では最も多のが枝への後食で、場所により9割近くに達する。幹への後食は全体で6割あり、その約半数が幹の後食の被害区分2以上に該当する。また、虫糞排出孔も49%に達しており、多くの幼虫が幹材中に穿孔している可能性がある。

一方、1994植栽地での被害は1993植栽地に比べ少ないが、枝への後食が最も多く観察され、それらの7割強の植栽木が被害区分2以上に該当すること、幹への後食では5割の植栽木が被害区分2以上に該当するなどは同様の傾向である。しかし、虫糞排出孔は9%と少なく幹材中の幼虫の密度は低いと推察される。

虫糞排出孔の位置(H)は、地際から5~100cmにわたって分布し、20cm($20 \leq H < 30$)の階級にピークが見られた。また、外観より産卵孔(写真1(b))と確認できたものは、幹に存在していた。

3 虫糞排出孔のあるケヤキ植栽木の根元直径

虫糞排出孔のあるケヤキ被害木の特性を明らかにするために、地際から20cm高の幹直径(D_{20H})を2mmごとの径級に区分し、それぞれの径級ごとの頻度数を図2(a)、(b)に示した。

虫糞排出孔のある植栽木は、大きな径級へシフトしていることが分かる。虫糞排出孔のある植栽と、ない植栽の幹直径を比較すると、平均値(±S.E.)は、1993植栽地ではそれぞれ21.0(±0.7)mm、14.7(±0.5)mmと有意差($p < 0.001$)があった。同様に1994植栽地ではそれぞれ16.2(±0.4)mm、



写真1(a) 調査地



写真1(c) 虫糞排出孔



写真1(b) 産卵孔



写真1(d) 後食痕

写真1 ケヤキ植栽木でのクワカミキリの被害状況

Photographs of damage to *Zelkova serrata* MAKINO young tree caused by *Apriona japonica* THOMSON

表1 被害状況調査のまとめ

Results of survey of damage to *Zelkova serrata*
MAKINO plantations caused by *Apriona japonica*
THOMSON

(a) 1993 植栽地

単位%

被害区分	調査位置			合計	
	上段	中段	下段		
幹後食率	0	44	45	32	40
	1	33	22	41	32
	2	18	20	21	20
	3	5	13	6	8
全体	56	55	68	60	
枝後食率	0	14	30	13	19
	1	19	25	21	22
	2	31	26	21	26
	3	36	19	45	33
全体	86	70	87	81	
虫糞排出孔		47	56	45	49

n = 297

(b) 1994 植栽地

単位%

被害区分	調査位置			合計	
	上段	中段	下段		
幹後食率	0	73	66	59	64
	1	16	12	12	13
	2	8	13	17	12
	3	3	9	12	8
全体	27	34	41	33	
枝後食率	0	50	44	43	45
	1	20	12	9	14
	2	13	15	25	17
	3	17	30	23	24
全体	50	56	57	55	
虫糞排出孔		6	13	11	9

n = 311



写真2(a) 成虫



写真2(b) 幼虫

写真2 クワカミキリ成虫と割材したケヤキ
被害木の幹材中の幼虫

12.0 (± 0.5) mmと有意差 ($p < 0.001$) があった。

図2(a), (b)を比較すると虫糞排出孔のある植栽木の分布がケヤキの肥大成長に伴い大きな径級へシフトしていくことが予測される。

IV 考 察

本調査地では、クワカミキリによる被害が非常に急速に拡大し、高い割合で枝や幹への後食と成虫の産卵、幼虫の穿孔が発生していることが明らかになった。これまで、ボプラ被害木の近くに植栽されたブナ幼齢木でクワカミキリによる著しい被害が報告されている(5)。しかし、ケヤキでは、本被害のような激甚なものはこれまでない。

このように被害が拡大した理由は、産卵可能な径級の加害樹種が比較的大きな面積に集中しており、似た

条件の場所が隣接していたことをあげられる。江崎(1)は、クワカミキリの産卵部位の幹直径が 40 ~ 50 mm にピークがあることを示し、産卵部位の選択への幹直径の関与や加害樹種によってその径が異なることを示唆している。本報告の被害木の地際 20 cm 高の幹直径 (D 20 H) の分布のピークは 16 ~ 18 mm の径級であり、産卵部位の直径はこれより小さいことから、成虫はクワやボプラでの報告(5)に近い幹の径級 (10 ~ 15 mm) を産卵部位として選択したと考えられた。

虫糞排出孔の 9 割以上は地際から 50 cm までの高さの幹に観察され、幼虫は径が比較的太い幹の部位を食坑道として利用している。したがって、ケヤキ造林地では、植栽まもない段階でクワカミキリは産卵可能で、幼虫が幹材中で生育できると考えられる。山口県での被害(6)のように、造林後数年で加害が始まり植栽木の成長に伴って被害が拡大したとする報告もあり、ケヤ

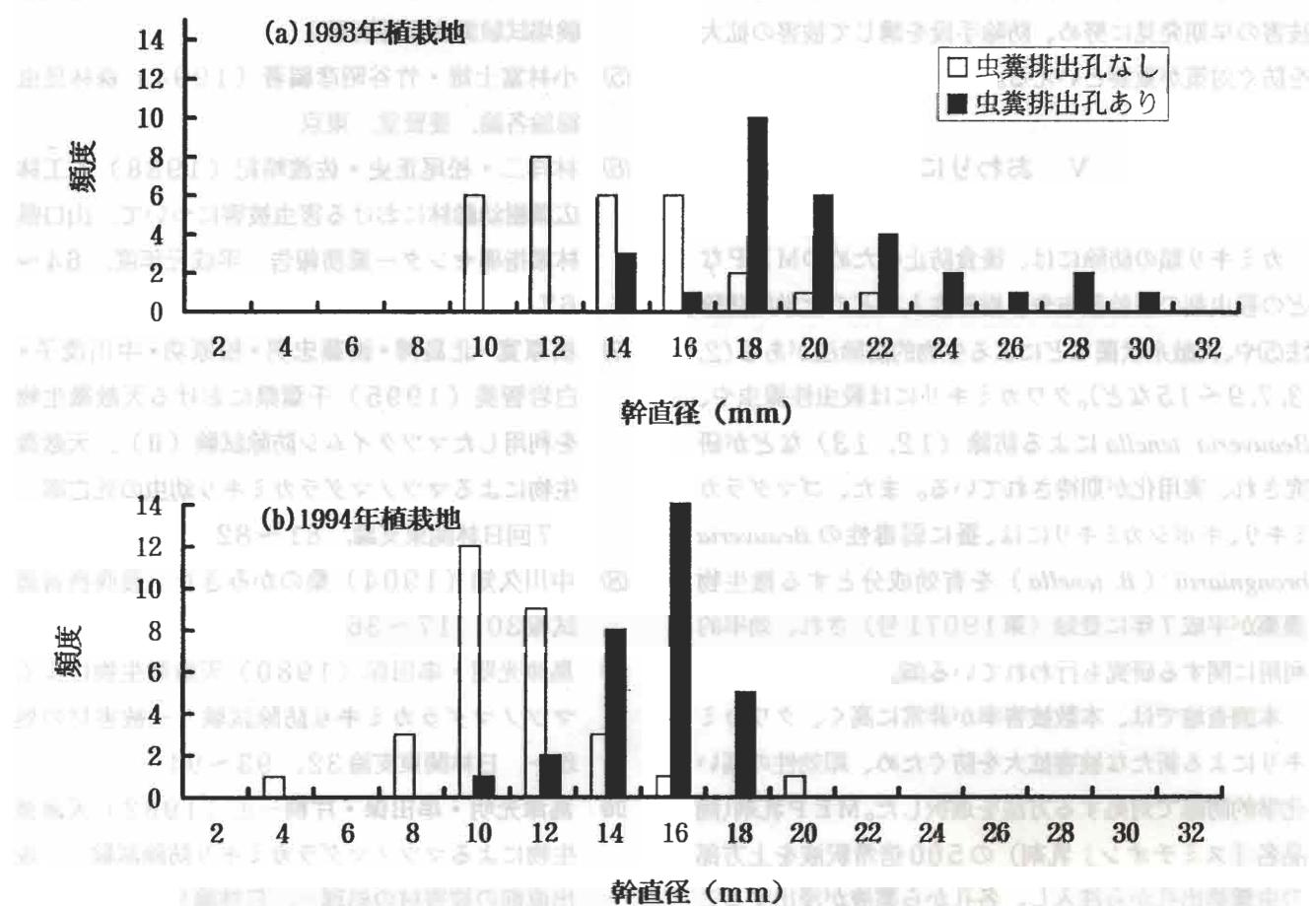


図2 植栽地のケヤキ植栽木の根元直径 (D 20 H) の頻度分布

Fig. 2 Frequency distribution of the diameters of *Zelkova serrata* MAKINO at 20 cm height above stem base

キを高い密度で一斉造林する場合には注意を要すると考えられる。枝への後食はケヤキ以外のヤマボウシとカツラにも見られたが、幹への食害、虫糞排出孔は認められなかった。このため、数種類の広葉樹を適度に混植して被害リスクの分散を図るとともに、混植樹種選択では、それぞれの病害虫を考慮した検討が必要である。

被害拡大の一要因として、被害確認から1年間対策が講じられなかったことを指摘できる。1994年秋に被害が発見された林分では、翌年には8割におよぶ本数被害と5割の虫糞排出孔（すなわち幼虫の成育）が確認されるまでに拡大している。1994植栽地でも約1割の幼虫穿孔木があること（表1）、30～100mm程度までの径級でも産卵が報告されている（1）ので、今後植栽木の成長にともない被害は拡大していくものと思われる。幼虫の成長に伴い、食坑道の径が大きくなることで強風などで被害木の幹根元での折損が発生する可能性もある。したがって、被害林分では、被害の早期発見に努め、防除手段を講じて被害の拡大を防ぐ対策が重要といえる。

V おわりに

カミキリ類の防除には、後食防止のためのM E Pなどの殺虫剤の樹幹散布や、樹幹注入などの化学的防除法（5）や、天敵糸状菌などによる生物的防除法がある（2, 3, 7, 9～15など）。クワカミキリには殺虫性線虫や、*Beauveria tenella*による防除（12, 13）などが研究され、実用化が期待されている。また、ゴマダラカミキリ、キボシカミキリには、蚕に弱毒性の*Beauveria brongniartii*（*B. tenella*）を有効成分とする微生物農薬が平成7年に登録（第19071号）され、効率的利用に関する研究も行われている（5）。

本調査地では、本数被害率が非常に高く、クワカミキリによる新たな被害拡大を防ぐため、即効性の高い化学的防除で対処する方法を選択した。M E P乳剤（商品名「スミチオン」乳剤）の500倍希釀液を上方部の虫糞排出孔から注入し、各孔から薬液が浸出することを確認した。なお、この方法での薬剤使用量は微量であり、周辺環境への影響は極めて少ないと考えられた。注入後1か月を経過した観察では、虫糞排出孔か

らの新しい木くずは減少していた。しかし、薬剤の効果は今後の成虫の発生動向を調べる必要がある。

VI 引用文献

- (1) 江崎功二郎（1995）ケヤキ植栽造林地でのクワカミキリ *Apriona japonica* THOMSON (Coleoptera:cerambycidae) の産卵特性. 日林誌 77, 596～598
- (2) 伊藤喜隆（1984）リンゴの木を加害するカミキリ虫の防除法. 農業および園芸 59 (1), 87～90
- (3) 北島博・後藤忠男・楳原寛・松原功・中川茂子・白岩智美（1995）千葉県における天敵微生物を利用したマツクイムシ防除試験（I）. キイロコキクイムシの増殖試験結果. 47回日林関東支論, 79～80
- (4) 神奈川県蚕業試験場（1966）神奈川県蚕業試験場試験調査概要別冊 21
- (5) 小林富士雄・竹谷昭彦編著（1994）森林昆虫総論各論. 養賢堂, 東京
- (6) 林洋二・松尾正史・佐渡靖紀（1988）人工林広葉樹幼齢林における害虫被害について. 山口県林業指導センター業務報告 平成元年度, 64～67
- (7) 楳原寛・北島博・後藤忠男・松原功・中川茂子・白岩智美（1995）千葉県における天敵微生物を利用したマツクイムシ防除試験（II）. 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ幼虫の死亡率. 47回日林関東支論, 81～82
- (8) 中川久知（1904）桑のかみきり. 農商務省農試報 30, 17～36
- (9) 島津光明・串田保（1980）天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－被害材の処理－. 日林関東支論 32, 93～94
- (10) 島津光明・串田保・片桐一正（1982）天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－脱出直前の被害材の処理－. 日林論 93, 399～400
- (11) 島津光明・串田保・片桐一正（1983）天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－成

- 虫後食期の散布－。日林論 94, 485~486 116
- (12) 滝口義夫 (1981) 4種のカミキリムシ成虫に対する *Beauveria tenella* (DELACROIX) SIEMASZKO の病原性について。日応動昆誌 25 (3), 194~195
- (13) 堤隆文・山田健一 (1989) *Beauveria brongniartii* によるイチジクのクワカミキリ、キボンカミキリの防除法 (予報)。九州農業研究 51,
- (14) 八木田秀幸 (1988) 殺虫性線虫 *Steinernema feltiae* All str. によるクワのカミキリ防除試験。埼玉県蚕業試験場報告 61, 101~102
- (15) 渡辺茂 (1995) 天蚕糸状菌製剤によるキボンカミキリの防除試験。神奈川蚕セ報 23, 12~16

CONTENTS

Articles

Nobuyuki KIUCHI

- Genetic Analyses of the Basidiospores Derived from Mating Between Fusant (Between *Pholiota nameko* and *Agrocybe cylindracea*) and *A. cylindracea* monokaryon 1

Note

Masashi KOSHIJI, Kiyoshi SUZUKI and Kazuo SUGA

- Investigation of Forest Decline in the Tanzawa Mountain (1)

- Distribution of Decline of *Fagus crenata*, *Abies firma* and Other Tree Species 7

Shigetoshi NAKAGAWA

- Growth Effects of Trees with Tree - Shelter in Tanzawa 19

YAMANE, M., FUJIMORI, H., SAITO, H., ISHII, Y. and KURANO, T.

- Actual state of the damage to *Zelkova serrata* MAKINO plantations caused by *Apriona japonica* THOMSON (Coleoptera : Cerambycidae) in Kiyokawa Village, Kanagawa Prefecture (Preliminary note) 29

平成 8 年 3 月 印刷

平成 8 年 3 月 発行

編集・発行 神奈川県森林研究所

厚木市七沢 657

TEL. (0462) 48-0321

〒243-01

印刷 (有)嵐コピーサービス

愛甲郡愛川町中津 791-2

TEL. (0462) 85-3174

〒243-03