

ISSN 0918-113X

研 究 報 告

第 9 号

2002. 3

秋田県森林技術センター

目 次

1. 山菜の短期, 大量増殖と林地複合利用による栽培技術の開発	須田 邦裕	1~14
2. 冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立		15~43
I. 広葉樹人工林の成育実態と樹種特性の解明		17~21
II. 豪多雪地における広葉樹人工林の成育実態と樹種特性の解明		22~27
III. 広葉樹人工林の植栽初期における成林阻害要因の実態		28~37
IV. 獣害回避試験		38~42
和田 覚・澤田 智志・石田 秀雄 (I, II)		
長岐 昭彦・和田 覚 (III, IV)		
3. きのこと栽培技術の高度化と新技術の開発	山田 尚	45~57
4. 山菜栽培の高生産技術の開発	佐藤 博文	59~69
	須田 邦裕	
5. スギ, ブナ混交林における土壌表層部の理化学性と雨水の影響	澤田 智志	71~88
6. 寒冷地におけるクロマツ生存木に対するマツノザイセンチュウの生息の可能性	長岐 昭彦	89~102

山菜の短期・大量増殖と林地複合利用による栽培技術の開発

須 田 邦 裕

Development of growing technic to wild plants by efficient propagation
and multiutilization in forest land.

Kunihiro SUDA

要 旨

山菜の人工栽培技術は、栽培歴が浅く技術的に確立されていない部分が多い。特にギョウジャニンニクについては、種子から親株になるまで長期間要するため、組織培養による効率的な増殖方法を検討した。その結果1/2MS培地にBAP1mg/ℓ+NAA0.1mg/ℓを添加することで増殖や発根ともに他の培地、ホルモンの組み合わせより成長が良かった。また、山菜の栽培技術の普及を図るため、ギョウジャニンニク、ミヤマイラクサ（アイコ）、モミジガサ（シドケ）、イヌドウナ（ホンナ）については、実生からの増殖試験も行い、その栽培技術の確立を行った。

はじめに

山菜の生産は、天然自生資源に大部分を依存しているため、乱獲により資源の減少や森林の伐採による発生環境の変化、また天候の不順などの理由から安定した生産はあまり期待できない。

一方、食生活の多様化や自然・健康食品ブームにより山菜の需要は年々増大の傾向にある。これに伴い、従来の天然物採取による一時的な収入源としてではなく、農林家の複合経営の主要作目として注目されており、各地で山菜栽培が行われている。

しかし、山菜の栽培方法は導入されてから日も浅いため、技術的に確立されてない部分も多く、経済生産を行うには増殖技術、栽培技術などの確立が急務となっている（1, 5, 17~21）。そのため、本研究では山菜の増殖技術及び栽培技術の確立を行った。

I. ギョウジャニンニクの組織栽培による増殖

ギョウジャニンニク（*Allium victorialis* L.ssp.*platyphyllum* Hult.）は、ユリ科ネギ属の多年草で、日本では奈良県以北から北海道にかけて山野に自生している（写真-1）ほか、千島列島、朝鮮半島、シベリアにも多く分布している（7, 8）。この山菜は全草にニンニク臭があり、修行中の行者がこれを食べて苦行に耐えたことからギョウジャニンニクと呼ばれるようになったと言われ、その他にもアイヌネギやヤマニンニクなどの名称で親しまれている。

この植物は写真-2で示すように、葉が平で葉幅が広く、草丈が20~30cmで7月には茎状の先端にネギボウズに似た白色の小花をつける。根株は、円柱形の鱗茎で外側はシュロ毛状の繊維に覆われる。

食用部位は、若葉と鱗茎で甘味があり大変おいしく、炒め物やおひたし、天ぷらなど料理方法はバリエーションに富んでいる。また、食用以外にも数種のアミノ酸などの薬効成分を含んでいることから滋養強壮剤や健康食品として注目されている（9, 11, 12）。しかし、種子から育成して親株になるまで5～8年程かかるなど成長が遅く、根株の鱗茎まで食されることから山菜ブームによる乱獲などにより資源の枯渇が懸念されている。そこで、組織培養によるギョウジャニンニクの効率的な増殖方法について検討を行った。

1. 材料と方法

供試材料には、成長期である6月に秋田県森吉町山林の自生地より採取したギョウジャニンニクを用いた。土のついた根株をよく水洗いした後、地下部の鱗茎（写真－3）から成長点を含む約2 cmの組織を切り取り、中性洗剤で洗浄した後、70%エタノールで10秒、ツィーン20を滴下したアンチホルミン（次亜塩素酸ナトリウム、有効塩素1%）で20分間マグネットスターラーを用いて攪拌し、表面殺菌を行った。そして、滅菌水で3回洗浄したものを外植体として初代培養に用いた。各培地には、サッカロース30 g/ℓ、寒天8 g/ℓを加えて、pHを5.8に調整したものを用いた。培養条件は、温度25±1℃、16時間照明（約4,000lux）とした。

1) 初代培養の検討

初代培養に用いた基本培地を表－1に示す。草本植物の培養に広く用いられているMS培地とサルナシなどの培養ではMS培地よりも増殖率の良い結果（3）を得ているBW培地（BTM培地とWPM培地の各成分を1/2ずつ混合した培地）にBAP（ベンジルアミノプリン）、NAA（ナフタレン酢酸）、ジフェニール尿素を添加し、供試数各5本で36通りの組み合わせによる試験を行った（表－2）。また、ラン科やユリ科植物の培養（14）に使われているTS、H（ハイポネックス）、KC、VWの4培地についてもCW（ココナッツ・ウォーター）を添加して検討を行った。

2) シュートの増殖

初代培養で得られたシュート（5ヶ月間培養した約2 cmの苗長）を用いて、さらに増殖率のよい培地とホルモンの組み合わせについて検討を行った。初代培養で成績のよかったMS、1/2 MSの培地とBAP 0.5, 1 mg/ℓ、NAA 0.1 mg/ℓの8通りの組み合わせと、BAP 1 mg/ℓ + NAA 0.1 mg/ℓにジフェニール尿素 3 mg/ℓを添加した10通りの組み合わせとした。そして供試数各20本で培養を行い、シュート形成個体数及び1試験管当たりの平均シュート数について調査した。

3) 発根条件の検討

増殖培養で得られた苗長約3 cmのシュート（2ヶ月間の培養）を用いて発根試験を行った。培地は、増殖試験の段階で多数発根のみられた1/2 MSにBAP 0.5 mg/ℓ、NAA 0.1 mg/ℓを添加し、供試数各10本で5通りの組み合わせによる試験を行い、培養4週間目と8週間目にそれぞれの発根個体数と1試験管当たりの平均発根数について調査した。また、発根した個体は、順化を行った後、野外植栽を行い生育状況を観察した。

表－1. 培養に使用した基本培地の組成

組 成 物	MS* ¹	BW* ²	TS* ³	H* ⁴	KC* ⁵	VW* ⁶
(NH ₄) ₂ SO ₄					500	500
Ca(NO ₃) ₂ ・4H ₂ O					1000	
Ca ₃ (PO ₄) ₂						200
KNO ₃	1900	95				525
NH ₄ NO ₃	1650	283				
K ₂ SO ₄		952				
Ca(NO ₃) ₂ ・4H ₂ O		598				
CaCl ₂ ・2H ₂ O	440	70				
MgSO ₄ ・7H ₂ O	370	370			250	250
(NH ₄) ₂ SO ₄		120				
NaH ₂ PO ₄ ・H ₂ O						
KH ₂ PO ₄	170	170			250	250
Na ₂ -EDTA	37.3	37.3				
FeSO ₄ ・7H ₂ O	27.8	27.8			25	
MnSO ₄ ・H ₂ O						
MnSO ₄ ・4H ₂ O	22.3	22.3			7.5	7.5
ZnSO ₄ ・4H ₂ O	8.6					
ZnSO ₄ ・7H ₂ O		8.6				
H ₃ BO ₃	6.2	6.2				
KI	0.83	0.08				
NaMoO ₄ ・2H ₂ O	0.25	0.25				
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.025	0.25				
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.025	0.01				
酒石酸鉄						28
ハイボネックス			3500	3000		
L-グルタミン		1.0				
グリシン	2.0	2.0				
塩酸チアミン	0.1	0.1	1.0			
ニコチン酸	0.5	0.5	1.0			
塩酸ピリドキシン	0.5	0.5				
ミオ・イノシトール	100	100	100			
アデニン			10			
ショ糖	30000	30000	20000	20000	20000	20000
寒天	8000	8000	10000	10000	17500	16000
pH	5.8	5.8	5.8	5.3	5.2	5.2

*¹ Murashige&skoog (1962)*² BTM (Broad-leaved trees medium 1981) とWPM (Woody plant medium 1980) の各成分を1/2ずつ混合*³ TanakaとSakanishi (1980)*⁴ Kano (1963)*⁵ Kundson C (1964)*⁶ Vacin&Went (1949)

表－2. 初代培養に用いた培地の組み合わせ

基 本 培 地	B A P (mg/ℓ)	N A A (mg/ℓ)	ジフエニール 尿素 (mg/ℓ)	C W (mg/ℓ)
MS	0	0		
1/2 MS	0.1	0		
1/4 MS	0.5	0.1		
BW	1	0		
1/2 BW	1	0.1		
1/4 BW	1	0.1	3	
TS				200
H				200
KC				200
VW				200

2. 結果と考察

1) 初代培養の検討

初代培養では、MSと1/2 MS培地にBAPを0.1～1 mg/ℓ添加した試験区すべてにカルス形成やシュート形成が見られた（写真－4）。しかし、同じ量のBAPを添加した1/4 MS培地は、MS、1/2 MS培地よりもかなり成長が劣っていることから、ホルモン条件が同じでも培地濃度が薄すぎると養分不足になるため、シュートの生育にかなり影響することがわかった。また、BAP、NAAともに0 mg/ℓ区では、各培地で発根する個体が見られたことからホルモン無添加区では、植物体自ら発根する性質を有する（2, 6, 22, 24）ことがわかった。

一方、BW培地では、1/4 BWのBAP 1 mg/ℓ添加区で多くのシュート形成がみられたものの、その他の培地（BW、1/2 BW）やホルモンの組み合わせでは、カルス形成、シュート形成、発根本数のすべてにおいてMS培地での培養より成長がわるく、初代培養には不適であった。また、TS、H、KC、VWの4培地については、カルス形成、シュート形成、発根ともにほんのわずかしみられず、この4培地も培養には不適であった。

2) シュートの増殖

増殖試験の結果を表－3に示す。MS、1/2 MS培地ともにBAP濃度が0から0.5, 1.0と上がるにしたがってシュート形成個体数、平均シュート数ともに高くなる傾向がみられた。

一方、培地にBAP 1 mg/ℓ添加したものと、その培地にさらにNAA 0.1 mg/ℓを加えた培地を比較すると、MS、1/2 MS培地ともにシュート形成個体数はどちらもほぼ同じ値であったが、平均シュート数では、NAA 0.1 mg/ℓを加えた方が約1.5倍にもなった（写真－5）。また、BAP 1 mg/ℓ + NAA 0.1 mg/ℓと、その培地にジフェニール尿素を3 mg/ℓ加えた培地を比較すると、MS、1/2 MSともにジフェニール尿素を加えた方が若干平均シュート数が低下した。

以上の結果からシュートの増殖は培地中のBAP濃度に大きく左右され、0.1 mg/ℓ濃度のNAAを加えることによりさらに増殖率が高くなることがわかった（13, 14, 22）。他の事例（10, 16, 23）ではMS培地での増殖がよいとされているが、今回の試験では、若干ではあるものの1/2 MS培地に良い結果が得られた。また、3 mg/ℓのジフェニール尿素の培地への添加はギョウジャニンニクの増殖に対しての影響は少なく、あまり効果がないことがわかった。

表－3. MS培地によるシュートの増殖

基本培地	B A P (mg/ℓ)	N A A (mg/ℓ)	ジィフェニール 尿素(mg/ℓ)	供 本 試 数	シュート形成 個 体 数	平 均 シュート数
MS	0	0		20	6	1.8
	0.5	0		20	19	6.8
	1.0	0		20	20	8.6
	1.0	0.1		20	19	11.0
	1.0	0.1	3	20	19	10.3
½MS	0	0		20	5	1.6
	0.5	0		20	17	7.6
	1.0	0		20	19	7.8
	1.0	0.1		20	19	12.8
	1.0	0.1	3	20	20	10.4

3) 発根条件の検討

発根試験の結果を表－4に示す。4週間目の測定では、すべての試験区で発根個体数が5本以下であり平均発根数も4本以下と発根状態は良くなかった。しかし、8週間目の測定では、すべての試験区で発根が確認され、発根率が100%であった。また平均発根数も7.4～12.8本と4週間目と比較すると3倍までに増加した(写真－6)。ホルモンの組み合わせで比較してみると、無添加の培地とN A A 0.1mg/ℓでは、平均発根数でやや無添加の方が成績が良かった。また、培地にB A P 0.5mg/ℓを添加することによってさらに平均発根数が多くなり、B A P 1mg/ℓ + N A A 0.1mg/ℓの培地とともに10本以上の発根がみられた。以上の結果から、培地にB A P及びN A Aを単独で添加するよりも、両方をバランス良く添加することによって、増殖と発根どちらにも良好な発育をもたらす結果が得られた。

表－4. ホルモン及び培養期間による発根への影響

培 地	B A P (mg/ℓ)	N A A (mg/ℓ)	供 試 本 数	4 週間目		8 週間目	
				発 根 固体数	平 均 発根数	発 根 固体数	平 均 発根数
½MS	0	0	10	3	2.5	10	9.7
	0	0.1	10	4	1.9	10	7.4
	0.5	0	10	5	3.8	10	10.8
	1.0	0.1	10	5	3.9	10	12.8

発根したギョウジャニンニクは、ピートモス、パーライト、バーミキュライトの等量混合の培養土を入れたジフィーポットに移植した。そしてポットを発泡スチロールの容器に入れ、上からビニールで覆い、液体のハイポネックス(N－10, P－10, K－10)1000倍液を与え、16時間照明(照度

4,000lux) に温度25℃の条件下で順化を行った。約1ヶ月後、順化したギョウジャニンニクのポット苗を山菜栽培試験地に植栽を行った(写真-8)。組織培養によって増殖したギョウジャニンニクは、実生から育成したギョウジャニンニクと何ら変わりなく順調に生育し、植栽から5年目には花芽をつける親株にまで成長した。これによってギョウジャニンニクの組織培養による効率的な増殖は可能となった。

II. 山菜の林床を活用した実生からの栽培技術の確立

山菜を栽培するにあたって重要なことは、なるべく簡易な方法で苗を大量に確保することである。山菜の増殖方法には、実生、さし木、株分けなどがあり、このうち今回の報告では苗の増殖に適した実生からの栽培方法を検討し、ギョウジャニンニク、ミヤマイラクサ、モミジガサ、イヌドウナの4つの山菜について栽培技術を確立した。

1. ギョウジャニンニク

この山菜については、冒頭で述べているので割愛するが、一般的に知名度が低く市場での量、価格ともいま一步である。しかし、薬効成分があるほか、優れた食味や栽培のしやすさもあり今後有望な山菜である(写真-9)。

1) 栽培方法

(1) 栽培適地

腐葉土が堆積した肥沃地がよく、保水力があり、しかも排水の良いところである。ただし、直射日光のあたりすぎる場所や、風当たりの強い南西向きの斜面などの乾燥地は不向きである。

(2) 種子採取

花は、7月上旬頃50~60cmに伸びた長い茎(花茎)の先端にネギボウズの花を着け、7月下旬には、種子が完熟し、果実が裂開しはじめるので、その直前に採種する。一つの花には、約40個の果実がつき、1個の果実から1~3個の種子が取れる。これを播きつけ時まで乾燥に気をつけて冷暗所で貯蔵する。

(3) 播種時期

取播き(8月中旬まで)を行うと、大部分は秋までに発芽及び発根し、翌年、発芽開葉して夏には5~10cmに伸長する。発芽しなかった残りの一部は、翌々年の春(2年目)に発芽する。また、春播きの場合その年には発根のみで、発芽は翌年になることから取播きを行うことが望ましい。

(4) 播種

播種床には、元肥として1a当たり堆肥300kg、鶏糞10kg、油粕10kgを1ヶ月前までに施し、耕耘して土とよくなじませ、うね幅を1m、高さ10cmの床を作る。播種量は、1㎡当たり30gが適当で、これを6cm間隔の巻き溝に条播する。

播種後は、表面を薄く覆土し、敷きわら等を行い、寒冷紗で日覆いし乾燥を防止する。

(5) 定植

定植地は、林床の場合、半日陰であるので遮光を必要としないが、畑地などを利用する場合、夏は

寒冷紗を張り、30%程の遮光が必要である。

床には、1 a 当たり堆肥を300kg、鶏糞10kgを定植1ヶ月前に施し、土をよく耕耘しておく。うね幅は60cm、株間20cmの3条植えて1 a 当たり2,000株が適当である。

定植時期は、地上部が枯れる9月下旬から10月、あるいは4月がよく、掘取る際、ギョウジャニンニクの根は柔らかいので十分注意が必要である。

(6) 定植後の管理

定植後には、除草と乾燥時の灌水を行うようにする。

また、化成肥料は使わず、堆肥、油粕、鶏糞などの有機肥料を1 a 当たり300kgを目安に晩秋(11月中旬)か早春(3月中旬)に全面散布する。

(7) 収穫

播種から収穫まで5～8年程かかり、1 a 当たりの収量は100kgを目安とする。収穫は、若芽が伸びてきて葉が開いた頃に、根元の部分を3 cm程残して切り取り一束100～300 gにして出荷する。ただし、毎年同じ株から収穫すると、株が衰弱していくので1～2年おきがよい。

2. ミヤマイラクサ(アイコ)

アイコの名称で親しまれているが、栽培事例は非常に少なく、市場に出回る量も他の山菜と比べて数が限られているため、人工栽培によって量産できれば食味の優れた山菜であるだけに市場性は大変有望である(写真-10)。

1) 栽培方法

(1) 栽培適地

アイコの自生地は、深山の高冷地で陽がチラチラ差し込む針葉樹林、広葉樹林内に多くみられる。栽培適地は、耕土が深く有機質に富み、排水がよく、しかもやや湿った場所を好む。

(2) 種子採取

10月中旬ころ種子が完熟し、落下するので、その直前に採取する。種子は1 mm前後と小さく、苞と呼ばれるものに覆われている。この苞には、種子の発芽を阻害する物質が含まれているため(15)、一昼夜水に浸した後、ガーゼに取り、流水でもみ洗いをして、ぬめりを取り除く。

(3) 播種時期

山菜の種子は、長期保存が難しいため取播きがよい。また、一定期間低温状態にして休眠打破をしなければ発芽しない。秋播きは、冬期の自然低温で休眠打破が行われるため、翌春の発芽率がよい。一方、春播きする場合は、1ヶ月程冷蔵庫(0～3℃)に入れ、低温処理を行う。

(4) 播種

播種床には、元肥として1 a 当たり堆肥200kg、鶏糞20kgを施し、播きつける1ヶ月前までに耕耘して土とよくなじませ、うね幅1 m、高さ10cmの床をつくる。種子を6 cm間隔の播き溝に条播きし、播種量を1 m²当たり2 g程とする。播種後は種子が隠れる程度に覆土し、敷わら等を行い乾燥を防止する。

(5) 発芽後の管理

翌春、発芽してから敷ワラ等を取り除き、乾燥時には、灌水を行う。除草は、アイコより草丈を伸ばさないよう注意して行う。

(6) 定植

定植地としてスギ林床を利用する場合は、陽光がチラチラ射し込む20年生前後の林分がよく、広葉樹林でも可能である。床には、1 a 当たり堆肥300kg、鶏糞10kgを定植の1ヶ月前までに施し、耕耘して土となじませる。春定植は5～6月にかけて行い、秋定植は10月に行う。苗を掘り取る際、根を切らないよう気をつけ、乾燥させると株が衰弱するので、掘ったその日のうちに定植し、うね幅1 m、株間30cmの3条植えとする。

(7) 定植後の管理

夏場の乾燥時は生育不良となるので、土が乾いたら十分灌水を行う。追肥は、3月か11月の年1回、鶏糞などの有機肥料を1 a 当たり200kg程を全面に施す。

(8) 収穫

播種から3年目で収穫できるようになり、1 a 当たりの収量は100kgを目安とする。収穫は4月下旬に若芽が伸びた頃、地際からていねいに切り取る。収穫の際、翌年以降のことを考え、1株当たり2本は残すようにする。また葉・茎にはギ酸を含んだトゲがあるので注意する。

3. モミジガサ (シドケ)

山菜の中で最も栽培化が進み、市場での地位を確立しているのがモミジガサである。促成栽培も各地で行われ、2月中旬には料亭などで味わうことができ価格も高値で安定している。ただし、3～5年程で連作障害がおこるので注意が必要である(写真-11)。

1) 栽培方法

(1) 栽培適地

半日陰で空中湿度が高く、夏季冷涼な所である。直接夏日の当たる場所では、高温と乾燥によって株が衰弱して枯死することが多い。土壌条件は有機質に富み、通気性がよく排水が良好でかつ保水力のある肥沃な場所がよい。

(2) 種子採取

モミジガサの花は、8月上旬ころから白い花をつけはじめる。種子は、先端の冠毛が開く10月下旬以降に、完熟した状態で採取する。

(3) 種子選別

採取した種子は、屋内で1週間程乾燥させた後、ビニール袋に入れ、手でもんでから、バケツなどの容器に入れて水をはり、かき回すと冠毛や秕(しいな)が浮く。次に充実した種子は下に沈むので、これを取り出して日陰で2～3日乾燥させてから貯蔵する。

(4) 播種時期

山菜の種子は、長期保存が難しいため取播きがよい。また、一定期間低温状態にして休眠打破をしなければ発芽しない。秋播きは、冬期の自然低温で休眠打破が行われるため、翌春の発芽率がよい。一方、春播きする場合は、1ヶ月程冷蔵庫(0～3℃)に入れ、低温処理を行う。

(5) 播種

播種床には、元肥として1 a 当たり堆肥300kg、鶏糞20kgを施し、播きつける1ヶ月前までに耕耘して土とよくなじませ、うね幅1 m、高さ10cmの床を作る。種子を一昼夜水に浸し、水切りして6 cm 間隔の播き溝に1 m²当たり5 gを目安として条播する。播種後は、種子が隠れる程度に覆土し、敷わら等を行い乾燥を防止する。

(6) 定植

定植地として林床を活用する場合は、杉20～30年生の間伐がいきとどき、陽光がチラチラさしこむ林分がよい。畑地などを利用する場合は、寒冷紗などで被覆し50%程遮光する。床には、1 a 当たり堆肥300kg、鶏糞200kgを定植の1ヶ月前までに施し、耕耘して土となじませる。秋定植の場合、9月下旬～10月上旬に行い、春定植の場合は、芽の動き始める前の4月上旬に行う。苗を掘り取る際、根を切り取らないよう深く掘り取り、風や日光にさらさないようにし、1 m²当たり30株の浅植えとする。

(7) 定植後の管理

夏場の高温と乾燥を嫌い生育不良になるので、乾燥時には十分に灌水する必要がある。

また追肥は、茎葉が枯れ込んだ11月上旬以降に鶏糞や油かすを1 a 当たり300kgずつ全面に施す。また春先行う場合は、3月中旬積雪の上か、消雪後ただちに行う。モミジガサの場合、化成肥料などを施すと肥料やけをおこすので注意する。

(8) 収穫と出荷

播種から3年目に収穫できるようになり、1 a 当たりの収量は100kgを目安とする。露地の場合、4月中旬頃から発芽して下旬にかけて若芽が伸びてくるので、葉が展開しかかった頃、地際から刃物を使っていねいに切り取る。1株から10本位発芽した場合、翌年以降のことを考え3本は残しておくようにする。収穫したモミジガサを集め太さと長さで区分してそれを100 g～300 gで一束にして出荷する。

4. イヌドウナ（ホンナ）

本来は、ヨブスマソウ＝ホンナであるが、県内にはほとんど自生していないため、変種であるイヌドウナがホンナとして用いられている。現在、市場に出回っているものは、ほとんど天然もので栽培化への取り組みはこれからという状況なので、今後この山菜を導入するのであれば、かなり期待できると考えられる（写真-12）。

栽培方法については、前述のモミジガサとほぼ同様である。

おわりに

本研究により、組織培養によるギョウジャニンニクの効率的な増殖は可能となった。また、4つの山菜（ギョウジャニンニク、ミヤマイラクサ、モミジガサ、イヌドウナ）の実生からの栽培技術確立することができた。今後は、農林家を対象に広く栽培方法の技術普及に努めるほか、さらなる栽培技術の効率化や換金作物として有望な他の山菜の栽培化試験、そして連作障害の原因究明など様々な問題を解決すべく取り組みをしていきたいと考えている。

引用文献

- (1) 生井恒雄・富樫二郎・高樹英明 (1990) ギョウジャニンニクの白絹病について. 山形農林学会報47 : 27-29.
- (2) FRIDBORG, G. (1971) Growth and organogenesis in tissue cultures of *Allium cepa* var. *proliferum*. *physiol. Plant.* 25 : 436-440.
- (3) 伊藤精二ほか (1991) 組織培養によるサルナシの増殖 (I). 日林東北支誌43 : 182-183.
- (4) 加古舜治 (1998) 図解ランのバイオ技術. 誠文堂新光社.
- (5) 金澤俊成 (1993) ギョウジャニンニクの形態・発育特性及び栽培化に関する基礎的研究. 北大農邦文紀要18 (2) : 109-163.
- (6) KEHR, A. E. and SCHAEFFER, G. W. (1976) Tissue culture and differentiation of garlic. *HortScience* 11 (4) : 422-423.
- (7) KOMAROV, V. L. (1968) Flora of the U.S.S.R. vol. IV. 87-88, 108-109. USSR.
- (8) 牧野富太郎 (1982) 原色牧野植物大図鑑. 737pp, 北隆館, 東京.
- (9) 水谷純也・田原哲士・西村弘行 (1979) ネギ属植物のフレーバー. 科学と生物 17 (12) : 814-820.
- (10) 西裕ほか (1989) 組織培養によるギョウジャニンニクの栄養繁殖に関する研究. 園芸学会誌 58 (別1) : 216-217.
- (11) 西村弘行 (1986) 植物フレーバー成分の科学ならびに生物活性に関する研究. 農化60 (1) : 19-29.
- (12) NISHIMURA, H., WIJAYA, C. H. and MIZUTANI, J. (1988) Volatile flavor components and antithrombotic agents, vinylthiols from *Allium victorialis* L. *J. Agric. Food Chem.* 36 (3) : 563-566.
- (13) 野村港二 (1984) 不定胚形成と器官分化. pp40-43, 遺伝. 裳華房, 東京.
- (14) PETERSON, R. L. (1969) Bud formation on root segments of *Ophiglossum petiolatum* : effect of application site of cytokinins and auxin. *Can.J.Bot.*, 47 (8) : 1285-1287.
- (15) 佐藤博文 (2001) 植物生理活性物質の検索とその利用に関する研究. 秋田県森林技術センター研究報告第8号 : 1-11.
- (16) 茂田潤一ほか (1990) ギョウジャニンニクの組織培養による増殖. 園芸学会誌59 (別1) : 260-261.
- (17) 高樹英明 (1988) ギョウジャニンニクの生理生態に関する研究 (第1報) 種子発芽. 園芸学会要旨63春 : 334-335.
- (18) 高樹英明 (1988) ギョウジャニンニクの生理生態に関する研究 (第2報) 実生の生育. 園芸学会要旨63秋:751.
- (19) 高樹英明 (1988) ギョウジャニンニクの生理生態に関する研究 (第3報) 成体株の生育経過と生長力の季節的変動. 園芸学会要旨63 : 354-355.
- (20) 高樹英明 (1989) ギョウジャニンニクの生理生態に関する研究 (第4報) 低温経過と休眠打破. 園芸学会誌 59 (別1) 秋 : 360-361.
- (21) 高樹英明 (1990) ギョウジャニンニクの生理生態に関する研究 (第5報) 季節温度周期性. 園芸学会誌 59 (別1) 秋 : 394-395.
- (22) 谷本静史 (1986) 高等植物の器官分化. 化学と生物 24 (5) : 334-338.
- (23) 楊躍生ほか (1992) ギョウジャニンニクの組織培養による大量増殖法について. 育種学会誌42 (別1) : 40-41.
- (24) ZEE, S. Y., FUNG, A. and YUE, S. B. (1977) Tissue culture and differentiation of chinese chive. *HortScience* 12 (3) : 264.



写真－1. 山野に自生するギョウジャニンニク



写真－2. 開葉したギョウジャニンニク



写真－3. 外植体として用いた鱗茎部

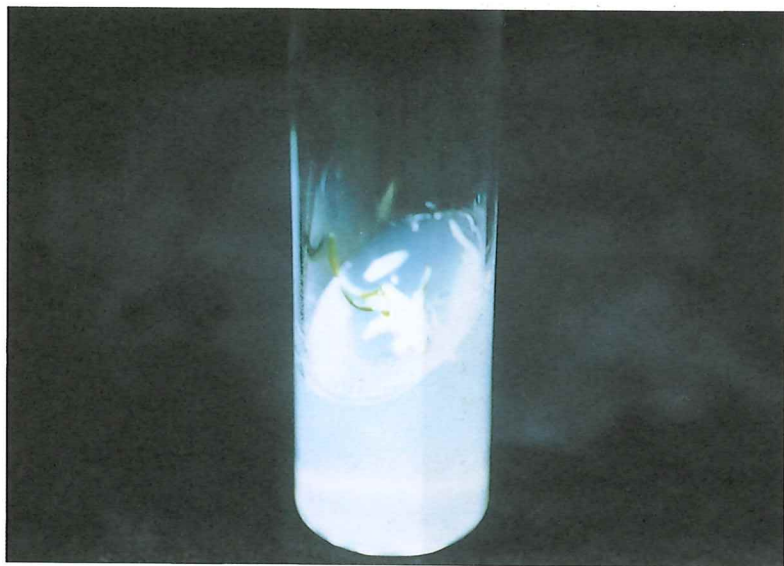


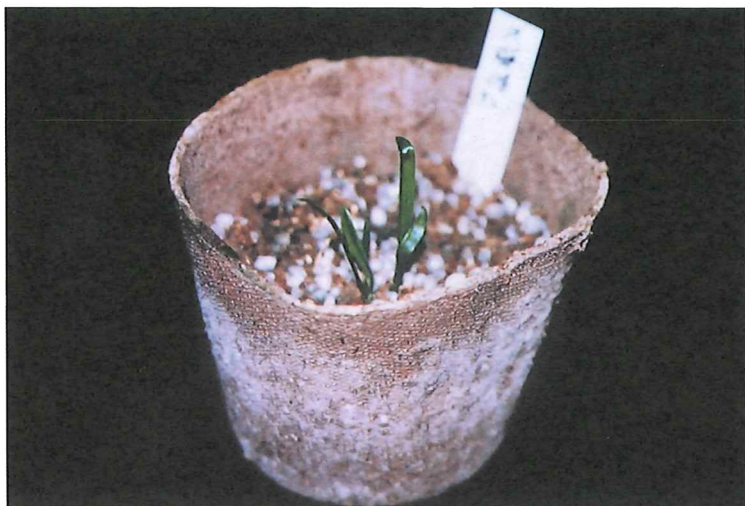
写真-4. 初代培養



写真-5. 増殖したギョウジャニンニク



写真-6. 発根したギョウジャニンニク



写真－7. ジフィーポットでの順化



写真－8. 野外植栽した後、生育するギョウジャニンニク



写真－9. 林床での栽培が可能となったギョウジャニンニク



写真-10. 林床での栽培が可能となったミヤマイラクサ（アイコ）



写真-11. 林床での栽培が可能となったモミジガサ（シドケ）



写真-12. 林床での栽培が可能となったイヌドウナ（ホンナ）

冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立

I. 広葉樹人工林の成育実態と樹種特性の解明

II. 豪多雪地における広葉樹人工林の成育実態と樹種特性の解明

III. 広葉樹人工林の植栽初期における成林阻害要因の実態

IV. 獣害回避試験

和田 覚・澤田 智志・石田 秀雄 (I, II)

長岐 昭彦・和田 覚 (III, IV)

Management technology of broad-leaved forest in the cool-temperate zone

I. Growth actual conditions and characteristics of the planted broadleaf trees

II. Growth actual conditions and characteristics of the planted broadleaf trees in heavy snow area

III. Actual conditions of obstructive factors to the young planted broadleaf trees

IV. Examination for the evasion of the damage by vertebrates

Satoru WADA・Satoshi SAWATA・Hideo ISHIDA (I, II)

Akihiko NAGAKI・Satoru WADA (III, IV)

要 旨

I. 広葉樹用材林の造成を目的とした田沢湖町の実験林で、ホオノキほか3樹種の19年間の成育を調査分析した。相対比較として、ホオノキは生存率、成長、樹型に優れ、初期成長の早さや高密度への適応から、遷移初期の競争に有利な樹種と考えられた。ヤチダモは概ねホオノキに準じる成績であった。これら2樹種は高凸型の成長パターンを示し、およそ20年で10m以上の樹高成長が期待できた。イヌエンジュは生存率が高いものの、成長が最も遅い低直型の成長パターンを示し、樹高成長はホオノキの約半分であった。また枝下高の確保が難しく、単位直径あたり最も樹冠面積が広がった。キハダは成長が鈍化する低凸型の成長パターンで、樹型も悪く、また、生存率の低下がおさまらないなど、当面育成が難しい樹種と判断された。

II. 豪多雪地域における広葉樹用材林の造成を目的に、羽後町の実験林でケヤキほか5樹種の19年間の成育を調査分析した。そのうち、田沢湖実験林と共通する4樹種については、実験林間での比較を行った。どの樹種も積雪深を脱するまで成長は抑制され、これに概ね5年を要した。雪害は樹種を問わず慢性的に発生、16年生時の調査では斜立、ついで幹の割れが多かった。生存率はケヤキ、ウダイカンバが最も低く、他の4樹種は田沢湖実験林と相対順位は同じであったが、値は2～3割低かった。成長は、ケヤキ、ウダイカンバ、ホオノキ、ヤチダモ、キハダ、イヌエンジュの順で良かったが、田沢湖実験林との比較では、イヌエンジュを除き、5～8割程の成長量であった。成長パターンはケヤキが高直型、ウダイカンバが高凸型を示し、その他は田沢湖実験林と同じ成長パター

ンであった。立木位置地形傾斜に対する樹種別の成育を比較したところ、ケヤキ、ヤチダモは地形傾斜の影響を受けやすい傾向にあり、25°を越える斜面への植栽は困難と考えられた。

Ⅲ. 幼齢期における広葉樹造林地の成林阻害要因の解明のため、角館町にカラマツ、イタヤカエデ、カツラ、ケヤキ、ブナ、クリ、ミズナラ計7樹種の植栽試験地を設けた。認められた阻害要因は、雪による主軸や枝の損傷、ノウサギ・カモシカによる主軸・樹皮・枝・葉の摂食、ノネズミによる根の摂食、コウモリガによる穿孔・摂食、下刈り時の誤伐による主軸切断であった。確認できた阻害要因のうち、枯死率が高く、成林への影響が大きいのは、ノネズミによる根の摂食、コウモリガ、誤伐で、中でも誤伐は発生頻度も高く最も大きな阻害要因と推定された。また、ノウサギやカモシカによる枝葉への摂食は全ての広葉樹で見られたが、樹高成長への影響は少ないと判断された。

Ⅳ. 樹皮、枝葉への獣害の回避を目的に、稲ワラ、新聞紙、ポリネット網による物理的な防除および薬剤による防除、さらに下刈りによる防除効果について、角館町と秋田市で施用試験を行った。その結果、新聞紙、網においては摂食率の低下が見られたが、新たに雪害の助長といった二次的被害が発生した。薬剤では摂食率の低下は認められなかったものの、一本あたりの摂食数を減少させる効果が認められた。下刈りの省略は、植栽木への摂食の低減効果を確認できたが、雑草木の被圧・側圧による成長・形質への影響が懸念され、これらの適度な相対関係が課題とされた。

はじめに

広葉樹の人工造林が秋田県で実施されたのは、明治39年に始まり大正年間で、ケヤキ、クリ、クヌギ、ヤマナラシ、ホオノキなど総計106万本が県営苗圃から無償配布されている。その後、昭和50年代に入り再び広葉樹造林の熱が高まり、ケヤキ、イヌエンジュ、キハダなどの植栽が行われた。しかしそのいずれもが成績は芳しくなかった(2)。

平成7年度の統計によると、秋田県民有林における広葉樹人工林面積は3,000ha足らずで、内訳は鹿角地方の鉾山煙害跡地に水源林として造成されたニセアカシア林と、キリやクリといった特用樹林が過半を占めていた。純粋に用材生産を目的としたものの割合は低く、成林に至っているケースは極めて少ない。

一方、用材としての広葉樹資源は、その大半が天然林生林に依存しており、これら資源は量的、質的にも減少の一途をたどっている。また、広葉樹用材の需要の拡大や水源の確保、風致・景観の維持等の環境資源としての広葉樹林への関心が近年急速に高まっていることなどから、冷温帯性広葉樹を対象とした人工林の育成技術の確立が急務となっている。

しかし、広葉樹の育成に関しては、現場における技術経験や情報の集積が乏しく、技術的に未熟な段階にある。特に冷温帯地域においては、厳しい環境からもたらされる気象害や獣虫害等が成林を阻害する要因となるため、健全な広葉樹人工林の育成が難しい。このような問題を解決するために、本研究では、冷温帯地域における広葉樹人工林の成林を可能にする要因および気象害、病虫獣害等の成林を阻害する要因等を解明し、冷温帯地域に適合する総合的な広葉樹林育成技術の確立を目指した。

本研究は林野庁の国庫補助事業、新技術地域実用化研究課題として平成7年～平成11年までに実施したものである。

I. 広葉樹人工林の育成実態と樹種特性の解明

1. 調査地と調査方法

調査地は秋田県田沢湖町の田沢湖畔にほど近い県有林内にある。標高320m、スギ人工林に囲まれた傾斜10度の南西向き平衡緩斜面に位置し、土壌は礫を含んだB_D型である。秋田地方気象台田沢湖気象観測所のデータによると年平均気温9.3℃、年平均積算降水量2,014mmで、最深積雪深は平均92cm程度である。

1981年5月にヤチダモ、キハダ、イヌエンジュ（以上、北海道産苗木1.0m上）、ホオノキ（県内産山採苗木1.0m上）の4樹種を400㎡に240本、haあたり6,000本の密度で植栽し、用材生産実験林として管理されてきた林分である。1987年（7年生時）頃まで下刈りを、1993年（13年生時）、1995年（15年生時）、1997年（17年生時）には被圧木を中心に間伐を実施した。

調査は1985年（5年生時）から1999年（19年生時）まで隔年で行い、樹高、枝下高、胸高直径、樹型等の測定を行った。1997年（17年生時）にはこれに加え、斜面方向を基点とした8方向の樹冠幅を測定し、これにより算出される八角形の面積を樹冠面積とした。

2. 結果と考察

1) 個体数の推移

植栽から19年生時までの生存率の推移を図1-1に示す。雪害等の顕著な被害はなく、第1回間伐前の13年生時まで4樹種とも7割以上の生存が認められた。特にホオノキは9割近い高い生存率を維持した。逆にキハダは年々減少する傾向にあり、間伐実施後もそれに歯止めがかかっていないことから、被圧による枯死とは考えにくく、その原因を今後追求する必要がある。19年生現在、ホオノキ2,250本/ha、イヌエンジュ1,975本/ha、ヤチダモ1,600本/ha、キハダ1,350本/haとなっている。

2) 成長比較および成長特性

植栽から19年生時までの平均樹高と平均胸高直径の推移を図1-2、図1-3に、19年生時の胸高直径階別本数分布と樹高階別の本数分布を図1-4、図1-5に示した。19年生の若齢段階ではあるが、その成長を相対的に比較すると、平均樹高成長はホオノキ（ 10.98 ± 1.31 m）、ヤチダモ（ 10.42 ± 2.36 m）、キハダ（ 7.40 ± 1.69 m）、イヌエンジュ（ 5.14 ± 1.55 m）の順で、直径成長はホオノキ（ 9.41 ± 2.38 cm）、キハダ（ 8.50 ± 1.90 cm）、ヤチダモ（ 7.37 ± 2.20 cm）、イヌエンジュ（ 5.42 ± 2.27 cm）の順で良かった。

成長パターンについて、成長量が比較的大きく凸型成長と直線型成長を示すもの（高凸型、高直型）、さらに、成長量が小さく凸型成長と直線型成長を示すもの（低凸型、低直型）の4つの型に分類した(25)。その結果、図1-2の平均樹高曲線から、ホオノキとヤチダモが高直型、キハダが低凸型、イヌエンジュが低直型に分類された。

樹高成長に関して見れば、高直型の成長を示すホオノキ、ヤチダモはおよそ20年で10m以上の成育が期待でき、これは標準的なスギ人工林の成長（3,000本植栽、地位中）を越える値であった。

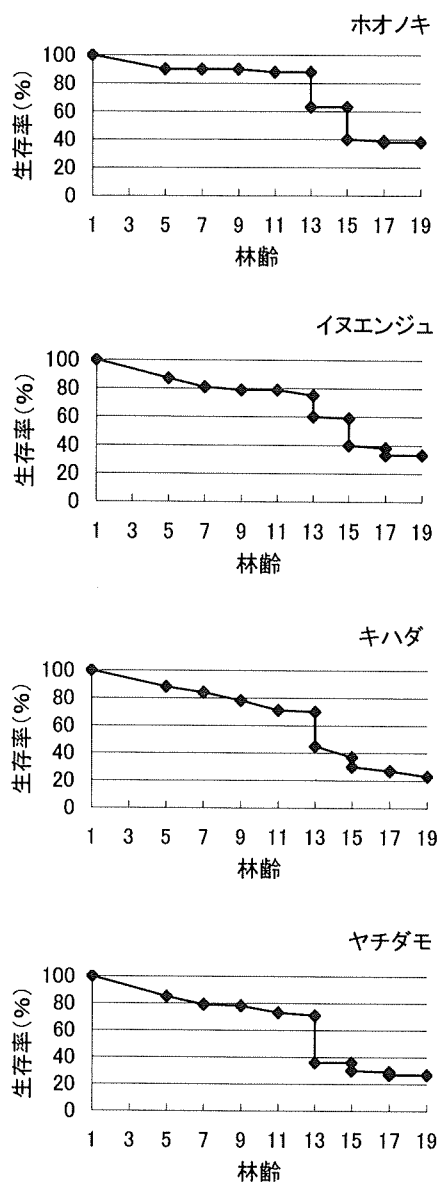


図1-1. 樹種別の生存率の推移
※13年, 15年, 17年の値の低下は間伐による。

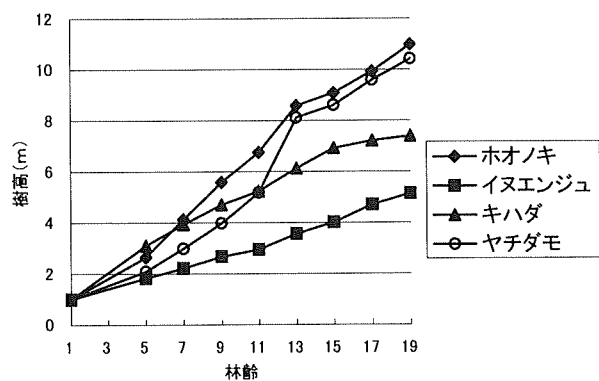


図1-2. 平均樹高の推移
※13年生, 15年生, 17年生の値は間伐後の値。

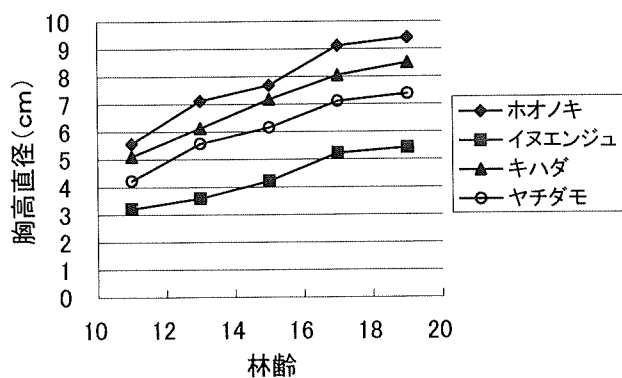


図1-3. 平均胸高値直径の推移
※13年生, 15年生, 17年生の値は間伐後の値。

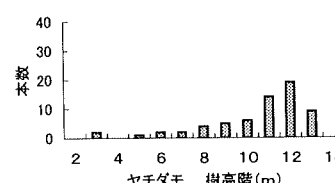
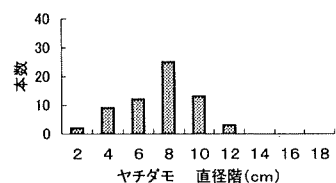
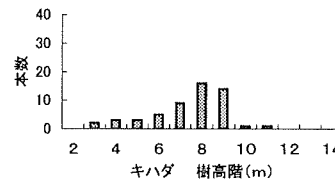
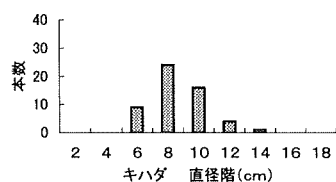
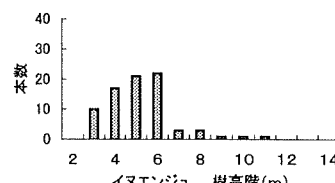
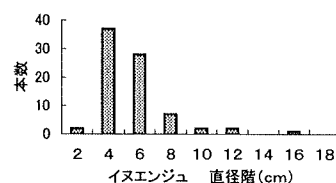
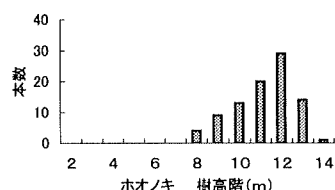
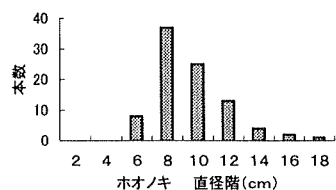


図1－4. 胸高直径階別本数分布

図1－5. 樹高階別本数分布

3) 樹型

(1) 樹型比較

間伐実施前の11年生時の全立木について樹型区分し、その比率を樹種毎に図1－6に比較した。樹型区分Aは上層木で樹幹通直、樹冠が整い着葉量十分なもの、CとDは被圧木、衰弱木、曲がり等欠点があるものとし、これらの判別が困難な中立的な木をBに区分した。樹型区分Aの比率はホオノキ(54%)、ヤチダモ(31%)、キハダ(26%)、イヌエンジュ(15%)の順で高く、全般的な傾向として幹主軸の明瞭な羽状型の樹型を有する樹種(ホオノキ、ヤチダモ)が箒状型の樹種(キハダ、イヌエンジュ)より良かった。

(2) 枝下高

平均枝下高の推移を図1－7に比較した。ホオノキ、ヤチダモ、キハダは樹高成長に応じて枝下高が増加している一方、イヌエンジュは枝下高の変化がなく一定で経過した。またイヌエンジュの枝下高は19年生現在2 m以下(1.82 ± 0.53 m)であり、木材生産に必要なとされる最低の丸太材長2.1 mの確保すら困難な実態にあった。

この実験林の植栽密度6,000本/haは、秋田県の標準的なスギ植栽密度3,000本/haと比較しても倍の値で、これは広葉樹の枝下高の確保や通直誘導を期待したものである。イヌエンジュに関しては、生存率も比較的高く、間伐実施前の13年生時まで4,500本/ha以上の高密度が維持されていた。にも関わらず、絶対量として必要な枝下高が得られていないことから、現段階では木材生産上、6,000本/ha植栽の効果は低いと判断された。

(3) 樹冠面積

17年生時の胸高直径と樹冠面積の関係を図1-8に比較した。いずれの樹種も相関が認められ、その傾きと単位直径あたりの樹冠面積を比較すると、イヌエンジュ、キハダ、ヤチダモ、ホオノキの順で樹冠面積が大きかった。このことから、少なくとも20年生ぐらいまでの若齢段階では、イヌエンジュほど面的に広い空間を必要とし、逆にホオノキほど高密度な条件でも成育できる樹種と判断された。

(4) 形状比

17年生時の形状比(±標準偏差)はヤチダモ 136 ± 17.8 、ホオノキ 112 ± 16.1 、イヌエンジュ 92 ± 15.6 、キハダ 90 ± 16.7 であり、羽状型樹型を有する樹種ほどスマートな樹幹形状を有した。

図1-9では17年生時の胸高直径と形状比の関係を比較した。いずれの樹種も負の相関が認められ、小さい個体ほどスマートである。特にホオノキについては、相関が強く傾きも大きかった。ホオノキは天然においても台風被害跡地等、遷移初期段階での発生が良く見られ(1)、初期成長の早さや高密度に適応できる樹冠面積等からも、遷移初期の競争に有利な特性を有すると考えられた。

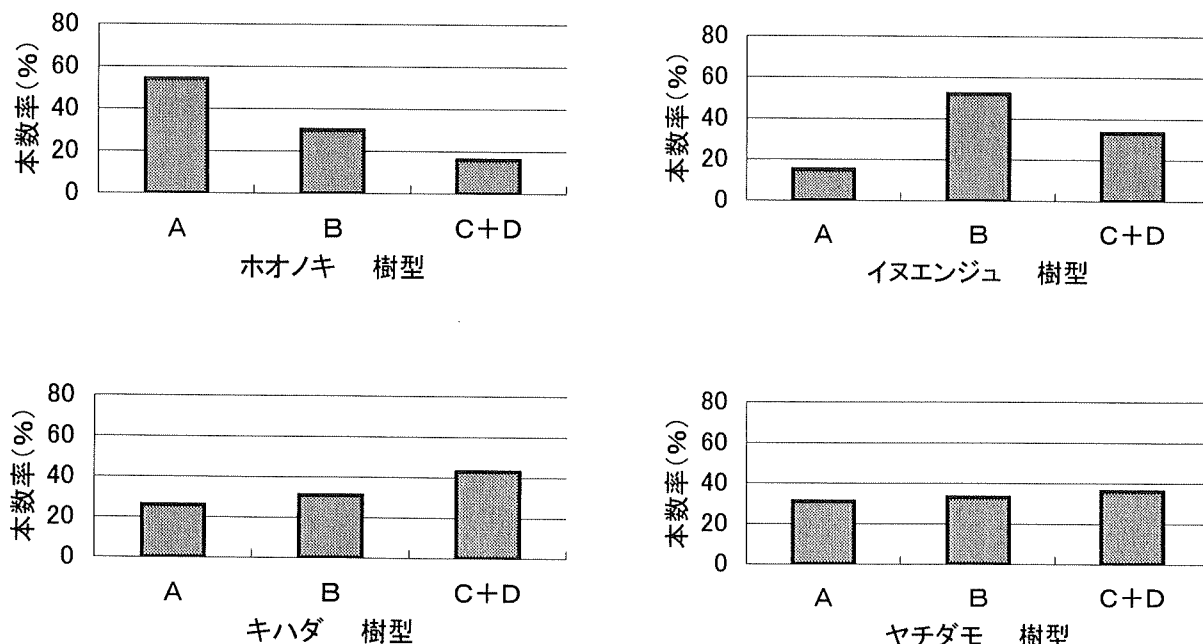


図1-6. 11年生時の樹型比較

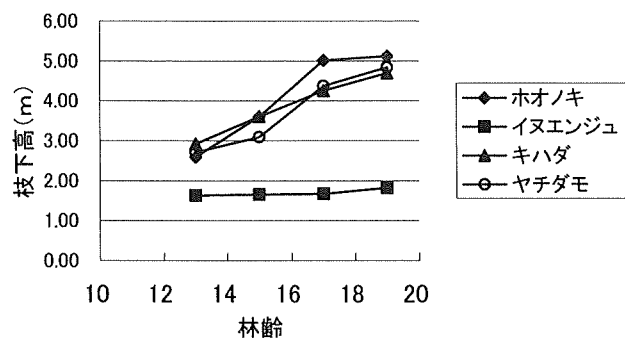
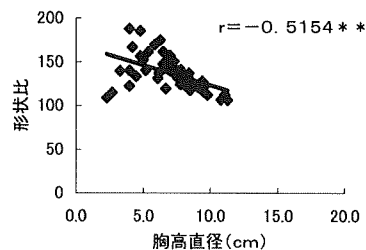
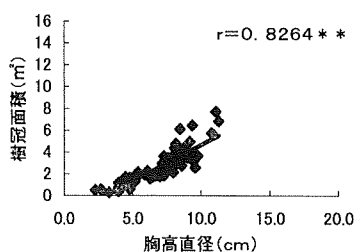


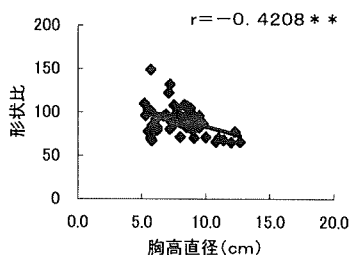
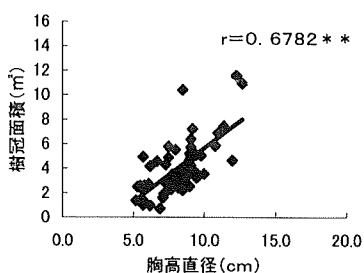
図1-7. 平均枝下高の推移

※13年生, 15年生, 17年生の値は間伐後の値。

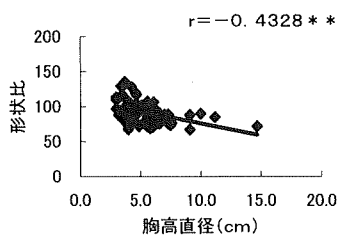
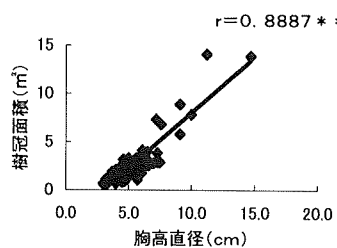
ヤチダモ



キハダ



イヌエンジュ



ホオノキ

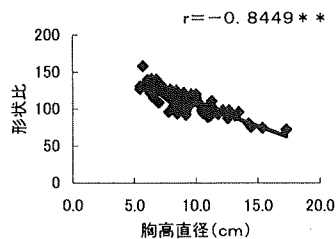
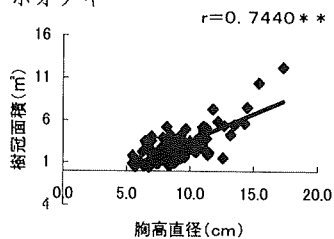


図1-8. 胸高直径と樹冠面積の関係

図1-9. 胸高直径と形状比の関係

Ⅱ. 豪多雪地における広葉樹人工林の成育実態と樹種特性の解明

1. 調査地と調査方法

調査地は秋田県羽後町飯沢地内の県有林内にあり、標高は270m、斜面方位西～南西、傾斜 20° ～ 28° の下降斜面に位置し、土壌はB_DないしB_D(d)型である。最寄りの秋田地方気象台湯沢気象観測所の平均気温は 10.3°C で、現地の最深積雪は現地調査から2.0～2.5m程であった。

1981年5月にヤチダモ、キハダ、イヌエンジュ（以上、北海道産苗木1.0m上）、ウダイカンバ（北海道産苗木0.45m上、根元周囲8mm上）、ケヤキ（県内産苗木1.0m上）、ホオノキ（県内産山採苗木1.0m上）の6樹種を、ホオノキは 400m^2 に240本、その他の樹種は 500m^2 に300本、いずれも6,000本/haの密度で植栽し、用材生産実験林として管理されてきた林分である。植栽から7年目ぐらいまで下刈り、1986年と1987年に雪起こしを実施した。雪害による倒伏木、斜立木の整理などは実施されてきたが、密度調整のための実質的な間伐は行われていない。

調査は1985年（5年生時）から1989年（9年生時）を除く1999年（19年生時）までの隔年に、樹高、胸高直径の測定を実施した。これに加え、雪害の把握を目的に1996年5月～6月に傾幹幅、根元と胸高位置を弦とする矢高さらに立木位置の地形傾斜を測定し、雪害の種類を記録した。地形傾斜は立木位置を基点に、斜面方向上下それぞれ1mにポールをあててスラントルールにより測定し、その平均値を用いた。なお、地形傾斜については立木位置が確認できる枯死木も測定した。

2. 結果と考察

1) 個体数の推移

植栽から19年生時までの生存率の推移を図2-1に示す。田沢湖実験林の間伐前（13年生時）の値と比較しても生存率で20%～33%も低く、いまなお低下はおさまっていない。19年生時の値では、ホオノキ（48%）、イヌエンジュ（40%）、ヤチダモ（25%）、キハダ（23%）順で生存率が高く、これらは田沢湖実験林と共通する樹種であるが、異なる環境下であっても相対的な順位は同じであった。ケヤキ（14%）とウダイカンバ（18%）はこれらよりもさらに生存率が低く、特にウダイカンバは、11年生時から13年生時にかけての短期間に個体数を半分以上に減らした。ウダイカンバに関しては、メカニズムは不明であるが、「ある程度の高さに達すると、同種他個体の葉に接触した場合にはいずれか一方が枯死する（28）」とされ、こうした現象によるものなのかもしれない。また、植栽初期にはコウモリガの被害もあったようだ。いずれにせよウダイカンバは個体の減少が著しく、成林は難しい状況にある。

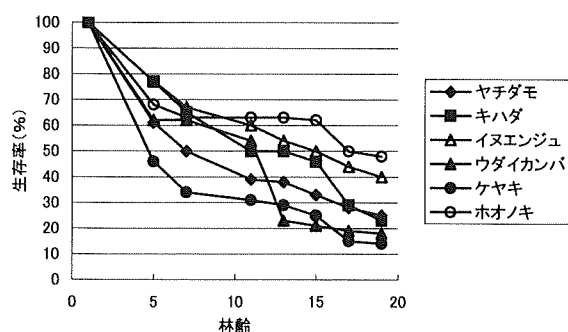


図2-1. 生存率の推移

2) 成長比較および成長特性

植栽から19年生時までの平均樹高と平均胸高直径の推移を図2-2と図2-3に示した。図2-2から6樹種とも5年生時ぐらいまで成長は停滞し、7年生時以降の樹高成長が顕著になる。このころの樹高は最深積雪深(2.0~2.5m)と一致することから、全般的な傾向として積雪からの脱出に5, 6年ぐらいを要したものと推定された。

19年生時の成長を平均樹高と平均胸高直径から相対比較すると、ケヤキ(7.90±1.94m, 9.81±3.41cm), ウダイカンバ(7.13±2.06m, 6.99±3.03cm), ホオノキ(6.64±1.87m, 6.37±2.57cm), ヤチダモ(6.14±2.66m, 6.13±2.63cm), イヌエンジュ(4.41±1.55m, 5.63±2.36cm), キハダ(3.93±1.40m, 5.01±1.87cm)の順で良かった。ケヤキ, ウダイカンバは成長が良い反面, 生存率の低下も顕著であり, 占有空間確保のための淘汰が早く進んだとの見方もできる。

成長パターンはホオノキ, ヤチダモ, イヌエンジュ, キハダは田沢湖実験林とおおむね同じで, ウダイカンバは初期の成長が旺盛だがその後鈍化する高凸型の成長を, ケヤキは初期の成長は緩慢だが後に旺盛となる高直型の成長であった。

田沢湖実験林と共通する4樹種の平均樹高, 平均胸高直径について, それぞれの実験林の11年生次(田沢湖実験林の間伐実施前)と19年生次の値で表2-1に比較した。イヌエンジュを除き, 豪多雪地帯の羽後町の値は田沢湖の53%~83%となっていた。イヌエンジュはサイズ的にはほとんど差がなく, 環境の影響をあまり受けていないようだった。

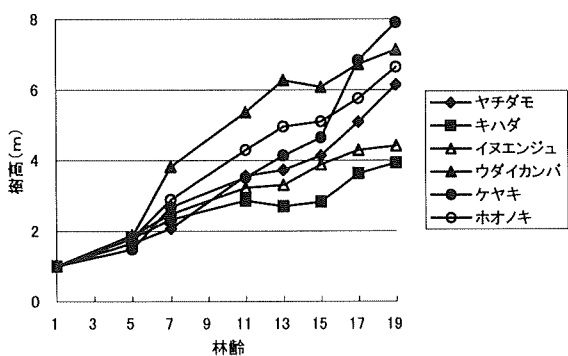


図2-2. 平均樹高の推移

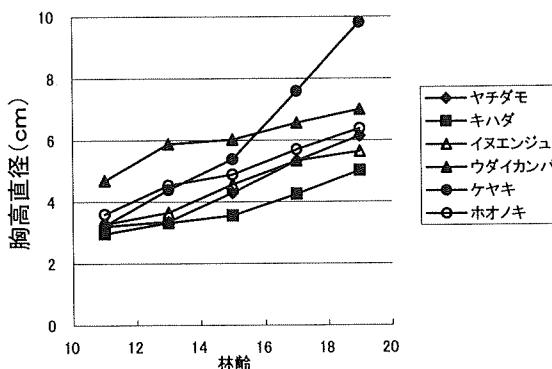


図2-3. 平均胸高直径の推移

表2-1. 田沢湖町実験林に対する羽後町実験林の測定値比率

樹 種	測定項目	11年生時の比較	19年生時の比較
ヤチダモ	平均樹高	69%	59%
	平均直径	76%	83%
キハダ	平均樹高	55%	53%
	平均直径	58%	59%
イヌエンジュ	平均樹高	110%	86%
	平均直径	93%	103%
ホオノキ	平均樹高	64%	60%
	平均直径	65%	68%

3) 雪害の実態

(1) 雪害の種類

これまでの調査から、雪害の発生は慢性的で19年生現在でも継続して見られる。雪害の実態について、1996年の調査結果を表2-2にまとめた。16年生時の断片的な実態ではあるが、雪害は樹種に関係なく発生していた。雪害の種類は傾幹幅1.2mを越える斜立木が多く、これについて樹幹の割れ、特に根元付近の割れが多かった。これら雪害がセットになっているケースも多く、さらには斜立から倒伏に至っているケースもあり、「根元割れ、斜立」→「倒伏」→「枯死、消失」が雪害による主たる消失パターンと考えられた。

植栽本数に対する16年生時の健全木の比率はホオノキ(45%)が最も高く、これについてイヌエンジュ(30%)で、逆に低いのはウダイカンバ(7%)、ケヤキ(12%)であった。

表2-2. 豪雪地に植栽された広葉樹の雪害等の実態

	ヤチダモ	キハダ	イヌエンジュ	ウダイカンバ	ケヤキ	ホオノキ
植栽本数	300 [100%]	300 [100%]	300 [100%]	300 [100%]	300 [100%]	240 [100%]
16年生時までの消失本数	190 [63%]	164 [55%]	140 [47%]	226 [75%]	219 [73%]	91 [38%]
16年生時の調査本数(枯死木含む)	110	136	160	74	81	149
被害形態						
枯死	—	7%	10%	1%	14%	—
倒伏	—	5%	3%	1%	11%	1%
幹折れ、枯れ	3%	8%	1%	1%	—	2%
梢端折れ、枯れ	—	4%	0%	—	—	—
二又、屈曲	1%	—	2%	—	1%	1%
成長不良(≦樹高1.2m)	5%	3%	3%	—	—	2%
幹割れ、根元割れ	8%	8%	4%	14%	25%	—
樹勢不良	—	—	2%	5%	—	—
斜立(≧傾幹幅1.2m)	47%	24%	23%	66%	30%	34%
虫害	—	1%	—	—	—	—
蔓害	1%	—	—	—	—	—
被害木計	38% [14%]	49% [22%]	44% [23%]	72% [18%]	54% [15%]	28% [17%]
健全木	62% [23%]	51% [23%]	56% [30%]	28% [7%]	46% [12%]	72% [45%]

※被害形態別の比率は16年生時調査本数に対する値。
重複した被害形態があるため被害木計の値と合致しない。
被害木計と健全木の〔 〕は植栽本数に対する値。

(2) 各種測定要因比較

16年生時における樹種別の傾幹幅と矢高の比較を図2-4、図2-5に示した。傾幹幅はウダイカンバが平均160cmと最も大きく、その他は100cm前後であった。矢高もウダイカンバが平均38cmと最も大きく、逆にイヌエンジュ、キハダは16cmと小さかった。

各種要因間の相関係数を表2-3に示す。相関の強さは樹種によって異なるもの、全般的にサイズ(樹高、胸高直径)に対して、傾幹幅、矢高、地形傾斜はそれぞれ負の相関傾向にあった。また、傾幹幅に対して、矢高、地形傾斜は正の相関傾向にあった。

16年生時における胸高直径と傾幹幅の関係を図2-6に示す。胸高直径5cm以下の木について見ると、ケヤキ、ウダイカンバの傾幹幅が大きく、かつバラツキも大きかった。5cm以上の木になると、全般に傾幹幅は小さくなり、イヌエンジュ、ケヤキについては100cm以内に収まった。ケヤキについては、相関が強く、その傾きも大きく、図や現況からは雪害木と雪害脱出木の二分化が進んでいるものと考えられた。キハダは相関がなく、ホオノキは相関の傾きが小さく、個体サイズ(胸高直径)による傾幹幅の違いは明瞭でなかった。

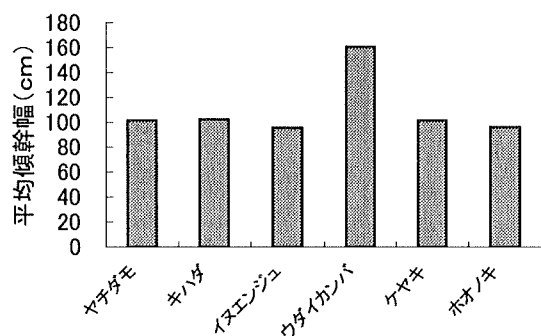


図2-4. 樹種別の平均傾幹幅

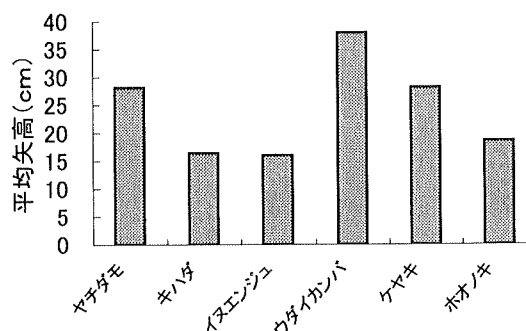


図2-5. 樹種別の平均矢高

表2-3. 樹種別の要因間の相関係数

ヤチダモ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.9331 **	-0.5386 **	-0.2277 *	-0.5009 **	
胸高直径		-0.3809 **	-0.1545	-0.4818 **	
傾幹幅			0.6144 **	0.3251 **	
矢高				0.3784 **	
キハダ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.8660 **	-0.2740 **	-0.1156	-0.1443	
胸高直径		0.0309	-0.0654	-0.1684	
傾幹幅			0.4597 **	0.0635	
矢高				0.2991 **	
イヌエンジュ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.9109 **	-0.6143 **	-0.1498	-0.0796	
胸高直径		-0.5306 **	-0.1108	-0.1218	
傾幹幅			0.5123 **	0.1930 *	
矢高				0.2931 **	
ウダイカンバ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.7887 **	-0.7679 **	-0.3700 **	-0.3700 **	
胸高直径		-0.4588 **	-0.4802 **	-0.2855 *	
傾幹幅			0.6077	0.3132 **	
矢高				0.4236 **	
ケヤキ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.8962 **	-0.8577 **	-0.6959 **	-0.6999 **	
胸高直径		-0.6703 **	-0.5493 **	-0.5251 **	
傾幹幅			0.7546 **	0.5848 **	
矢高				0.6763 **	
ホオノキ					
	胸高直径	傾幹幅	矢高	傾斜	
樹高	0.8901 **	-0.4222 **	-0.0303	-0.1909 *	
胸高直径		-0.1719 *	0.0686	-0.1844 *	
傾幹幅			0.6202 **	0.1152	
矢高				0.1124	

**... 1%水準で有意
*..... 5%水準で有意

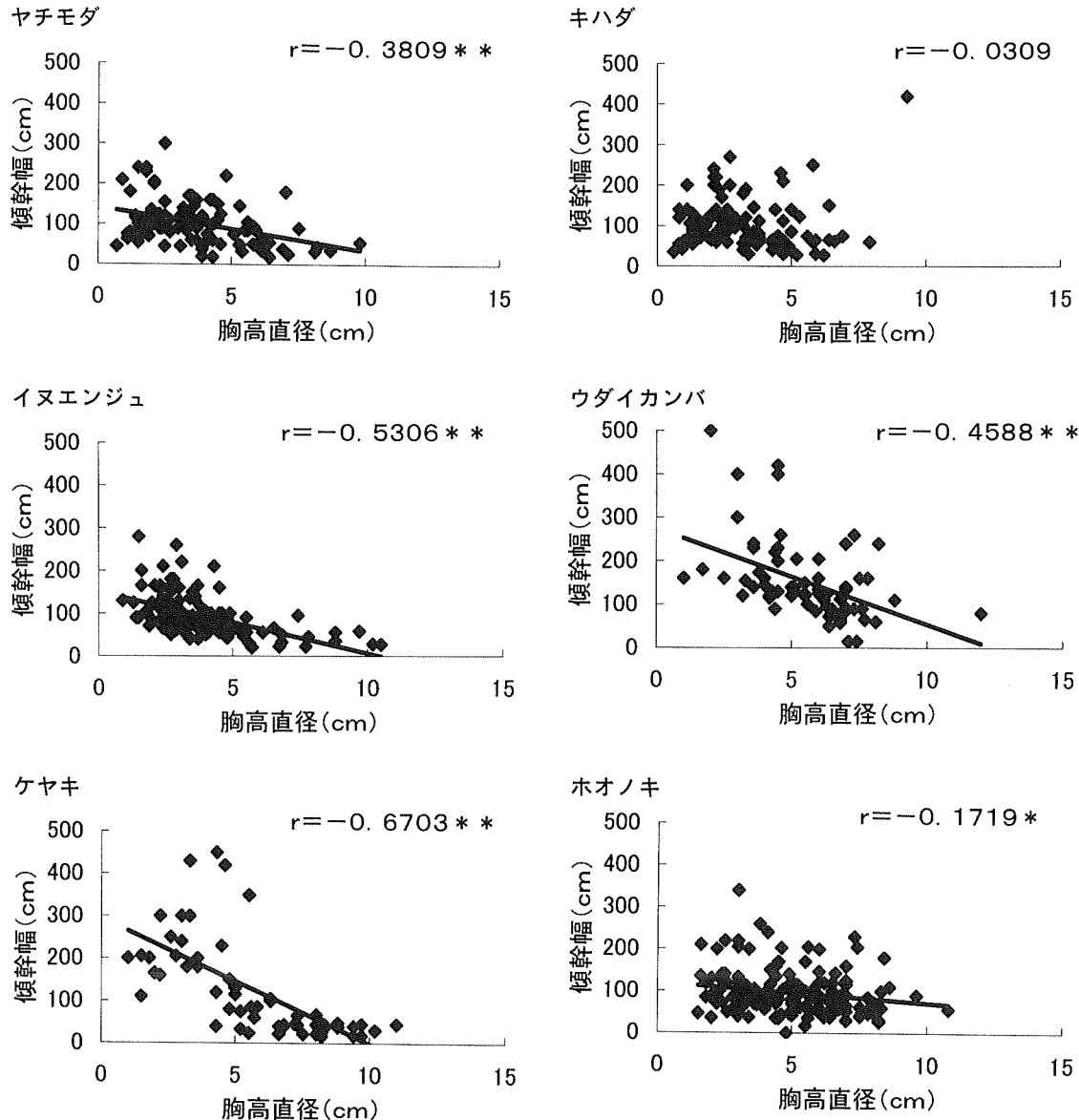


図2-6. 樹種別胸高直径と傾幹幅の関係

* 5%水準で有意
** 1%水準で有意

(3) 地形傾斜と雪害

地形傾斜階別の立木本数（枯死木含む）を被害木、健全木別に分けて図2-7に示した。キハダ、イヌエンジュ、ウダイカンバ、ホオノキは全立木の分布と被害木の分布がほぼ同じで、地形傾斜に関わらず一様な被害が認められた。一方、ケヤキ、ヤチダモは全立木の分布に対し、被害木の分布が地形傾斜の大きい側にモードがあることから、より地形傾斜の影響による雪害を受けやすい樹種であると推定された。図2-8は樹種別、地形傾斜階別に調査木を分け、地形傾斜 20° 以下に属する木の平均樹高値を100とした傾斜階別の平均樹高比率である。ケヤキ、ヤチダモは地形傾斜の増加に伴い樹高成長のロスが大きく、傾斜の増加に敏感で、 25° を越えるような傾斜地での成育は木材生産上、不利と判断された。

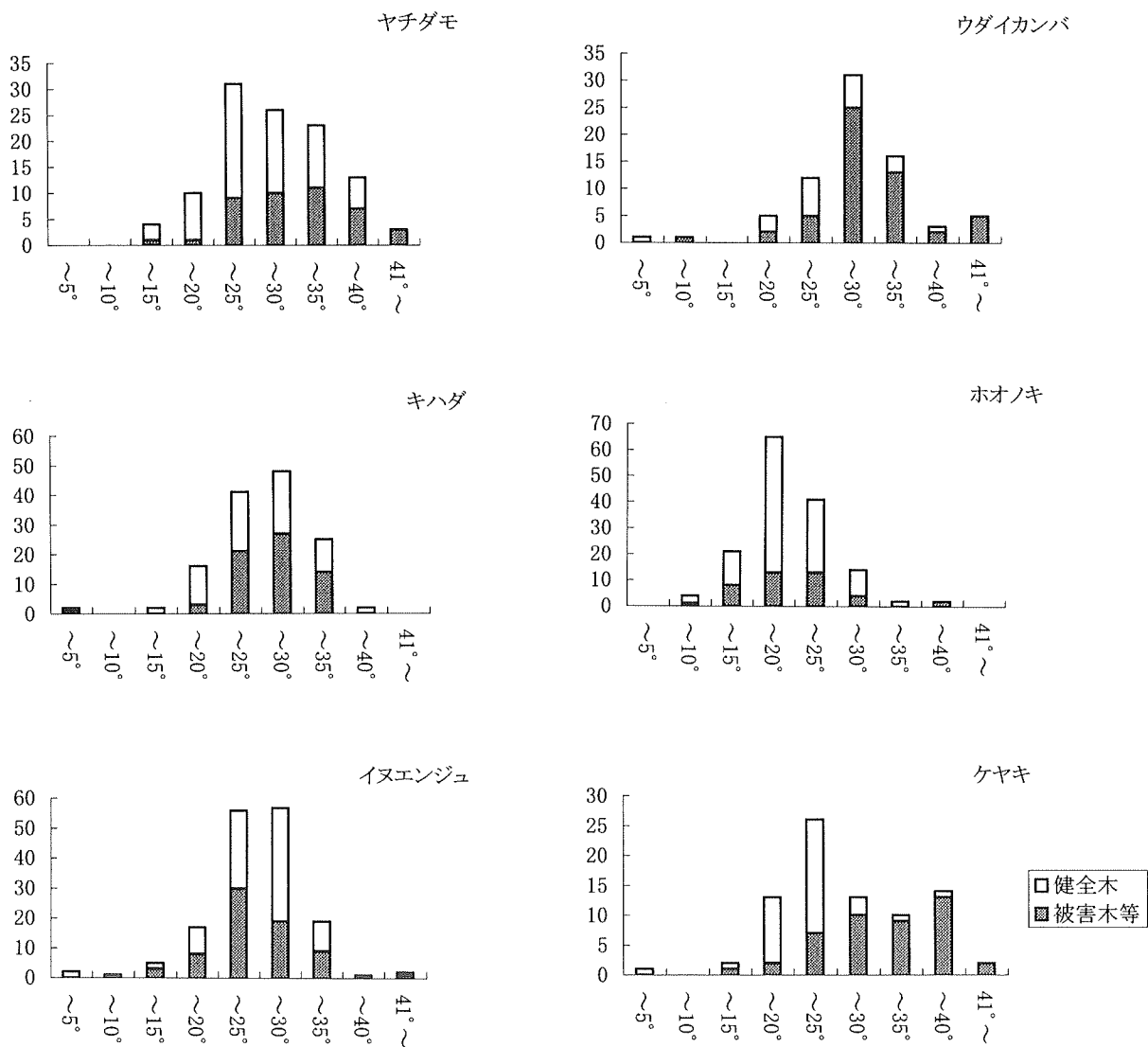


図2-7. 地形傾斜階別本数分布

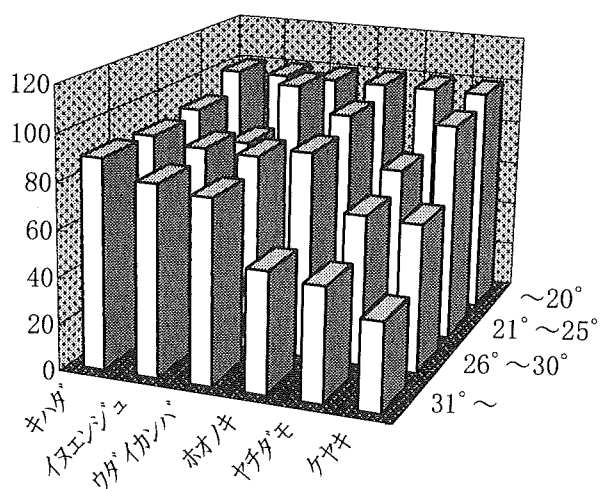


図2-8. 樹種別、傾斜階別平均樹高比

※地形傾斜20°以下の値を100とした傾斜階別の値

Ⅲ. 広葉樹人工林の植栽初期における成林阻害要因の実態

1. 調査目的

広葉樹人工林の成林阻害要因（以下“阻害要因”という）として、豪雪地帯に植栽されたケヤキの雪害例（27）や本稿「Ⅱ. 豪多雪地帯における広葉樹人工林の成林実態と樹種特性の解明」の積雪深が250cm前後の豪多雪地帯では、植栽した広葉樹が積雪により斜立、倒伏後、枯死・消失することが19年生まで継続的に起こっていた事例からも、降雪量の多い地域ではスギ林同様、雪圧が大きな阻害要因の1つと判断される。

一方、積雪深が250cm未満の多雪地帯では、植栽広葉樹が幼齢期に受ける阻害要因として積雪（6, 10）のほか、獣類による摂食（3, 5, 8）が報告されている。しかし、広葉樹は多樹種におよぶうえ、既存の広葉樹人工林も少ないことなどから不明な点が多い。

そこで、多雪地帯にケヤキ他6樹種を植栽し、植栽初期における阻害要因の実態調査を行うとともに、各阻害要因が植栽木へ与える影響を枯死率や樹高成長より比較した。

2. 調査地と調査方法

調査地は、秋田県角館町川原地内に所在する林齢3年生のベニヤマザクラ植栽地3.00haに設けた。調査地周囲は、図3-1に示すとおり、西側にはアカマツの混在したコナラ林約15年生、南側にはコナラ林主体の広葉樹壮齢林、東側にはスギ壮齢林、北側には貯水池がそれぞれ所在する。また、調査地の標高は90~150m、斜面傾斜は10~30度、斜面方位は北東~東北東、最大積雪深は1996年2月に120cmであった。

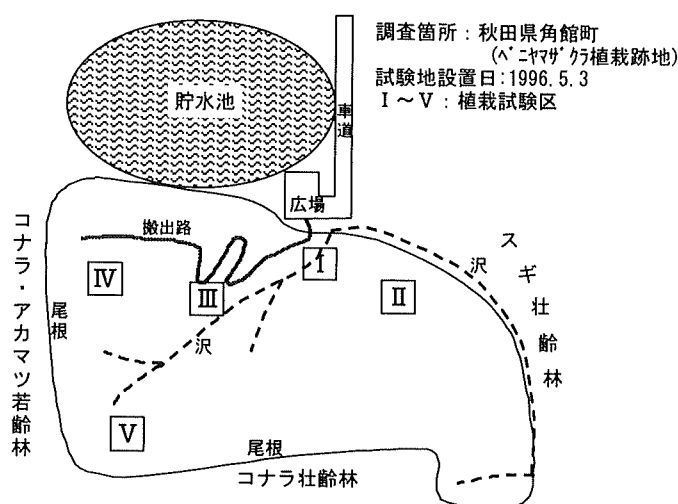


図3-1. 調査地概況

1996（H8）年5月、調査地内に10.8m四方の植栽試験区を5個設けた。各試験区内には図3-2に示すように、1列目にカラマツ、イタヤカエデ、カツラ、ケヤキ、ブナ、クリ、ミズナラの順で、2列目以降は列毎に樹種の配置を変えながら、7樹種7列、計49本を1.8m間隔で植栽した。また、既に植栽木であったベニヤマザクラは、1994（H6）年にha当たり3,000本植栽したが、2年後の試験設定時には生育不良のためほとんど枯死または消失し、1試験区当たりの平均生存本数は10本程であった。調査地では、ベニヤマザクラ植栽後、毎年下刈りを実施していたため、各試験区の4隅に上

部が赤色で全体が白色の標柱（10×10cm，高さ100cm）を建て，試験用広葉樹植栽木には目印テープを付けた。

調査は，1996年6月～1998年6月の融雪後の4～5月に樹高と外観から判断できる阻害要因の種類，部位，程度，高さを，積雪前の10～11月に同様の項目の他，林木の形態，枯れの状態をそれぞれ計測した。調査対象木は個体識別し，阻害要因の種類と程度が林木に与える影響を追跡できるようにした。



図3-2. 植栽配置図

3. 結果と考察

1) 成林阻害要因の種類と樹種特性

外観から阻害要因として確認されたのは，雪による主軸・枝への損傷，ノウサギ・カモシカ・ノネズミによる主軸・樹皮・枝・葉の摂食，ノネズミによる根の摂食，コウモリガによる樹幹の穿孔・摂食，食葉性昆虫による葉の摂食，下刈り時の誤伐による主軸切断であった。このうち，食葉性昆虫による葉の摂食は出現率が全対象林木の約2％と低く，摂食状態は1林木につき全葉の20％以下の摂食であったので成長阻害は少ないものとみなし調査対象外とした。

他の阻害要因を以下のように区分し，樹種別の出現割合を表3-1に示した。

表3-1. 樹種別の各阻害要因の出現割合(角館町)

	対象 本数	ノウサギ 枝	ノウサギ 主軸	カモシカ 枝	カモシカ 主軸	樹皮全	樹皮半	根1	根2	根3	雪枝	雪主軸	コウモリガ	誤伐
カラマツ	32	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	6%	0%	16%	0%	3%	19%
ミズナラ	34	18%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	9%	32%	6%	0%	0%	59%
クリ	35	86%	60%	6%	0%	3%	9%	9%	11%	6%	6%	17%	9%	34%
ブナ	35	83%	63%	57%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	9%	3%	40%
ケヤキ	35	86%	71%	60%	3%	11%	40%	3%	0%	0%	11%	9%	3%	9%
カツラ	35	34%	11%	60%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	43%	37%	0%	17%
イタヤカエデ	34	50%	35%	32%	9%	0%	0%	3%	0%	0%	15%	3%	0%	85%

凡例
 1～29% 根1：根元にネズミ穴があるが植栽木は動かない
 30～59% 根2：植栽木がグラグラする
 60～ 根3：植栽木が抜ける

(1) ノウサギやカモシカによる枝葉・主軸への摂食

枝葉や主軸への摂食は、その切断面でノウサギとカモシカに区別した。

表3-1より、ノウサギやカモシカによる枝葉・主軸への摂食は、カラマツを除いた全ての調査対象広葉樹にみられた。ノウサギやカモシカの餌植物は多様(3, 20, 21)であり、枝葉・主軸への摂食は他の同様の植栽広葉樹調査(3, 5, 8, 18, 24)でも確認され、樹種に関係なく多くの広葉樹に起きることが予想される。

ノウサギとカモシカの時季別の枝葉・主軸摂食本数を図3-3に表す。図3-3よりノウサギによる摂食は融雪後開葉前の調査時に多くみられ、カモシカによる摂食は積雪前の調査時に多くみられる。下刈りを実施しているスギ造林地では、無積雪期には餌となる植物量が多いためカモシカの利用頻度が高くなるが、積雪期には、造林地内の多くの植物が下刈りにより樹高が一定範囲内に抑えられて埋雪しカモシカの利用頻度が低くなることがある(17)。また、1997年、1998年の積雪時の調査から、この造林地では雪上にノウサギの足跡は頻繁に認められたが、カモシカの足跡はほとんど認められなかった。さらに、開葉後5~6月の計4回の調査では、造林地で調査対象木以外の植物の葉を摂食しているカモシカの姿を度々目撃している。これらのことから、この造林地では、ノウサギは積雪期に雪上に出現した林木を摂食するのにに対し、カモシカは造林地全体の餌植物量が増加する開葉後に餌場として利用し、摂食していると推測された。餌量が少なくなる積雪期に、カモシカの利用は認められなくなるのに対し、ノウサギの利用が認められるのは、両者の行動圏や1日の摂食量などの相違が考えられるが詳細な検討はできなかった。

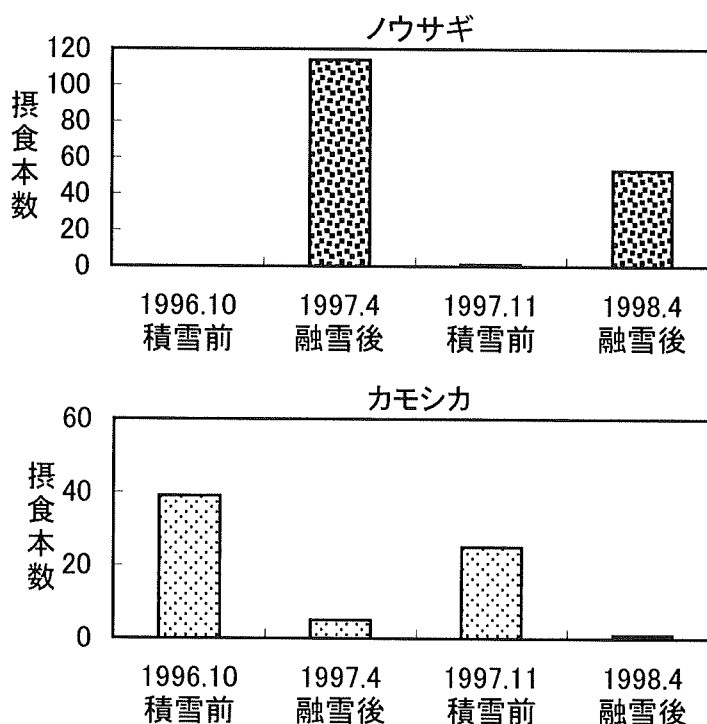


図3-3. 時季別のノウサギ・カモシカによる枝葉摂食本数

表3-1よりミズナラが他の広葉樹に比べノウサギによる摂食の出現頻度が少なく、またカモシカによる摂食が認められなかった。各樹種の枯死木を除いた平均樹高を表3-2に示す。表3-2より、ミズナラが他の樹種に比べ樹高が低く、また、調査時にはミズナラより高い植栽木以外の植物が多かったことを観察している。このことより、積雪期では、ミズナラは樹高が低いため埋雪している期間が最も長くなりノウサギによる摂食が少なくなり、開葉期以降では、ミズナラより樹高の高い植物が多いためカモシカによる摂食の頻度が少なくなったと考えられる。また、クリはノウサギによる摂食が、カツラはカモシカによる摂食が、ブナ、ケヤキは両方による摂食が多かった。

表3-2. 各樹種の平均樹高

	1996 植栽時	1996 冬	1997 冬
カラマツ	56.1 (±5.6)	77.6 (±18.0)	112.9 (±42.1)
ミズナラ	30.3 (±5.7)	46.1 (±13.2)	38.9 (±15.3)
クリ	106.6 (±8.4)	120.0 (±28.5)	120.1 (±56.7)
ブナ	110.1 (±13.6)	105.9 (±23.9)	98.3 (±43.5)
ケヤキ	147.3 (±14.8)	147.7 (±25.4)	156.1 (±42.3)
カツラ	132.4 (±9.6)	139.5 (±15.6)	121.7 (±49.2)
イタヤカエデ	76.0 (±9.4)	64.1 (±23.4)	46.1 (±23.5)

単位: cm

(2) ノウサギやノネズミによる樹皮への摂食

ノウサギやノネズミによる樹皮への摂食を、全周におよぶものとそれ以外の2区分にした。

ノウサギによる樹皮の摂食はケヤキやクリでみられ、ケヤキに多く出現した。他の調査では、ケヤキ(3, 18)、ブナ・トチノキ(18)でノウサギの樹皮への摂食が確認されており、これらの結果からケヤキがノウサギによる樹皮への摂食を受けやすい樹種の1つであることが推定された。

また、ノネズミによる樹皮への摂食はクリでみられ、根の摂食とともに起きている場合が多かった。

(3) ノネズミによる根への摂食

ノネズミによる根への摂食を、根元にネズミ穴はあるが対象木は動かない状態をLevel 1、対象木がグラグラ動く状態をLevel 2、対象木が抜ける状態をLevel 3の3区分にした。

この地域における林木を摂食するノネズミの種類としては、ハタネズミとトウホクヤチネズミが考えられるが、調査地が150m以下と低標高であることからハタネズミと(7, 11)推定された。

外観上ノネズミによる根の摂食が認められたのはカラマツ、ミズナラ、クリであった。その内、植栽木が抜けてくるLevel 3の状態はミズナラが最も多かった。他の調査では、ノネズミによる根への摂食の出現頻度が高かった樹種は、クリ(18)やミズナラ(15, 16)であった事例や、根元の切断の頻度が高かったミズナラ(24)などがある。これらの事から、ミズナラやクリはノネズミの根への摂食を受けやすい樹種と推定された。

(4) コウモリガによる主軸への穿孔

コウモリガによる主軸への穿孔はカラマツ、クリ、ブナ、ケヤキでみられたがいずれも出現率は10%未満と低かった。コウモリガ幼虫の食性は広く(26)、多くの広葉樹人工林で発生する可能性があ

る。また、コナラに発生したコウモリガの調査では、全被害木のうち根元径が2～4 cmの林木が82%を占めた(19)。このことから、本調査で穿孔がみられなかったミズナラ、カツラ、イタヤカエデは、調査時の根元径が他の樹種より小さく、全て2 cm未満であったため、物理的にコウモリガが穿孔できなかったと考えられ、今後引き続き調査が必要と思われる。

(5) 雪による主軸や枝の損傷

雪による植栽木への阻害形態を、主軸が折れたり切断された状態を「主軸折れ」、主軸が二又状の箇所縦方向に裂けたものを「二又裂け」、埋雪した枝が積雪の沈降圧で引っ張られ樹幹基部から抜け、樹幹に跡が残る状態を「枝抜け」、樹幹の損傷を伴わない「枝折れ」に区分した。表3-1の出現割合の表には、主軸の損傷である「主軸折れ」、「二又裂け」、「枝抜け」を主軸として、枝の損傷である「枝折れ」を枝として表した。

枝の損傷はどの樹種でもみられたが、中でもカツラは、主軸・枝への損傷が他の樹種と比較し最も高い出現頻度を示した。

(6) 下刈り時の誤伐による主軸切断

下刈り時の誤伐による主軸切断は全部の樹種で出現し、特に、イタヤカエデ、ミズナラは高い出現頻度を示した。この2樹種は植栽木以外でも調査地に天然で多く生育し、また、スギ造林地では下刈り対象樹種となる事が多く、このことが下刈り時の誤伐を招く要因になったと考えられる。他の調査でも、広葉樹植栽木への誤伐の出現頻度が高かった事例(5, 12, 14)や、雪による主軸折れで樹高が低くなった植栽木は誤伐を受ける頻度が高かった事例(9)、一度誤伐を受けた植栽木は再び誤伐を受ける頻度が高くなった事例(16)などの報告がある。これらの事例から誤伐は、全ての広葉樹植栽木に起きる共通の阻害要因と推定された。

2) 各阻害要因の林木への影響

上記で見られた阻害要因がもたらす林木への影響を、枯死率と樹高の経時変化から推測した。

(1) 枯死要因

ミズナラ、カラマツ、イタヤカエデ、クリで枯死木が見られた。この4樹種の枯死要因割合を図3-4に示した。枯死要因として植栽時の活着不良、ノネズミによる根への摂食、コウモリガによる穿孔、誤伐による主軸切断が確認できた。また、カラマツ、ミズナラで植栽後初めての積雪期に、雪圧により樹型が伏せ状態となり融雪後も樹型が回復せず被圧枯死した林木が観察され、間接的な雪圧による枯死と考えられた。これらの内、ノネズミによる根の摂食(対象木が抜けるLevel3)、コウモリガによる穿孔、誤伐による主軸切断が出現した林木数に対する枯死率は、ノネズミによる根の摂食で46%、コウモリガで40%、誤伐で38%であった。

他の広葉樹植栽木調査では、ノネズミによる根への摂食の枯死率は、根元の切断ではミズナラ、クリ、トチノキで100%(24)、根への摂食ではクリで34%(18)という事例ある。誤伐の事例では、ブナとトチノキが誤伐により30～50%減少した結果(12)や7樹種で36%枯死した結果(24)が報告されている。コウモリガの広葉樹植栽木への穿孔例はあるが(4, 19, 24)、枯死率による林木への影響を示す事例がほとんどない。しかし、本調査で、コウモリガによる穿孔を受けた林木の枯死率

が40%であったことや、また、コウモリガの幼虫は植栽木へ穿孔する際、樹幹を環状に摂食することなどから、枯死率は高くなると推定される。

これらのことから、ノネズミによる根の摂食、コウモリガによる穿孔、誤伐による主軸切断は枯死率が高く、林木への影響が大きいと判断された。

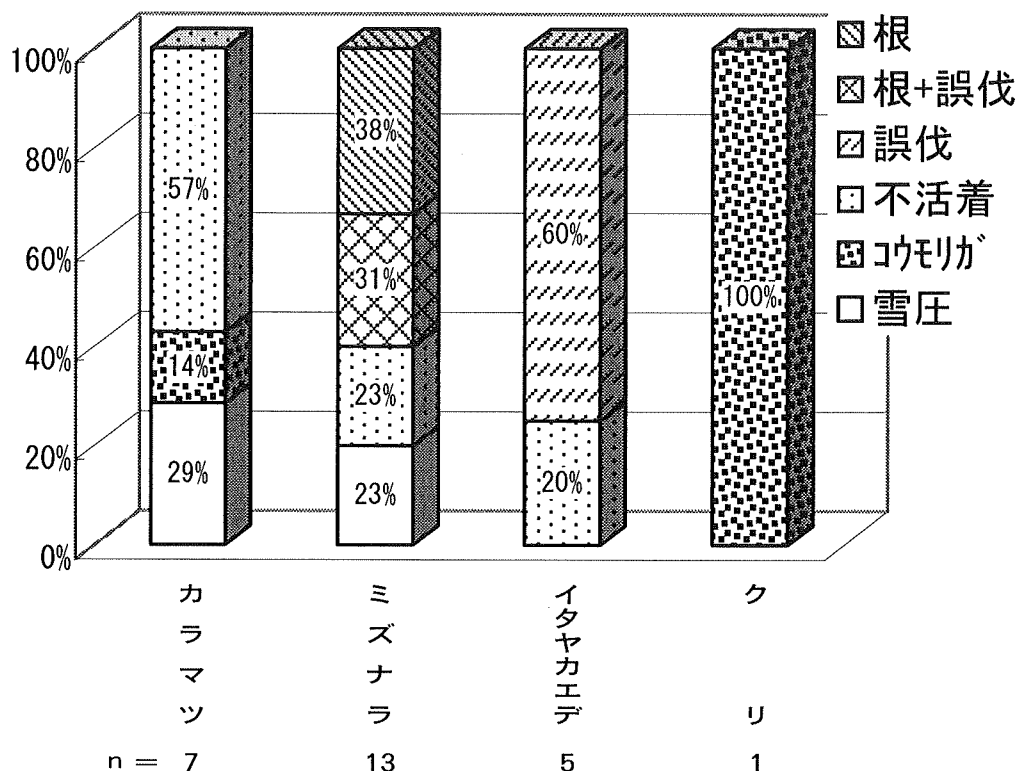


図3-4. 樹種別枯死要因割合

雪による主軸への損傷のため枯死した植栽木は認められなかったが、カラマツ、ミズナラで観察されたように、間接的な雪圧による枯死木が認められた。また、他の調査の雪による枯死率は、ケヤキが幹折れした場合50~100% (9)、広葉樹8種で根元折れした場合17%、幹折れした場合19% (24)であった。これらの結果から、多雪地帯でも雪は枯死要因の1つと推定される。一方で、クヌギとキハダの植栽木に雪による幹折れが発生したものの、萌芽するなどして枯死木はみられなかった結果 (6)もある。また、広葉樹植栽木の雪害の発生率は、斜面の傾斜 (23, 24)、苗木の高さと積雪深 (9)で変化する報告がある。これらのことから、広葉樹植栽木の雪による被害形態の発生率は様々な環境因子に左右され、同時に枯死率も一様でないと考えられる。

ノウサギやノネズミによる樹皮への摂食で枯死した林木は、本調査では確認できなかった。しかし、ノネズミによる樹皮への摂食を受けた広葉樹8樹種の36%が枯死した報告 (24)やノウサギによる樹皮への摂食のため枯死したケヤキの事例 (16)がある。したがって、ノウサギ・ノネズミによる樹皮への摂食も枯死要因と判断された。

これらの結果より、枯死におよぶ確率が高く林木への影響が最も大きい阻害要因はノネズミによる根の摂食、コウモリガによる穿孔、誤伐による主軸切断の3要因であり、次に林木への影響が大きい阻害要因は、枯死におよぶ可能性があるものとして、雪による主軸の損傷、ノウサギ・ノネズミによ

る樹皮への摂食と判断された。ただし、雪による主軸の損傷やノウサギ・ノネズミによる樹皮への摂食は、環境に応じて多発することがあり、その結果枯死率が高くなる場合があると推測された。

(2) 樹高への影響要因

前述した各阻害要因が全く出現しなかった林木を健全木、枝葉のみの阻害要因（ノウサギ・カモシカによる主軸を除いた枝葉への摂食、雪による枝折れ）だけ出現した林木を準健全木とし、各阻害要因単独で出現した林木それぞれの樹高の経時変化を図3-5に示した。健全木、準健全木のサンプル数は、健全木ではカラマツn=10, 準健全木ではカラマツn=15, ミズナラn=2, クリn=6, イタヤカエデn=2, ブナn=5, ケヤキn=2, カツラn=14であった。

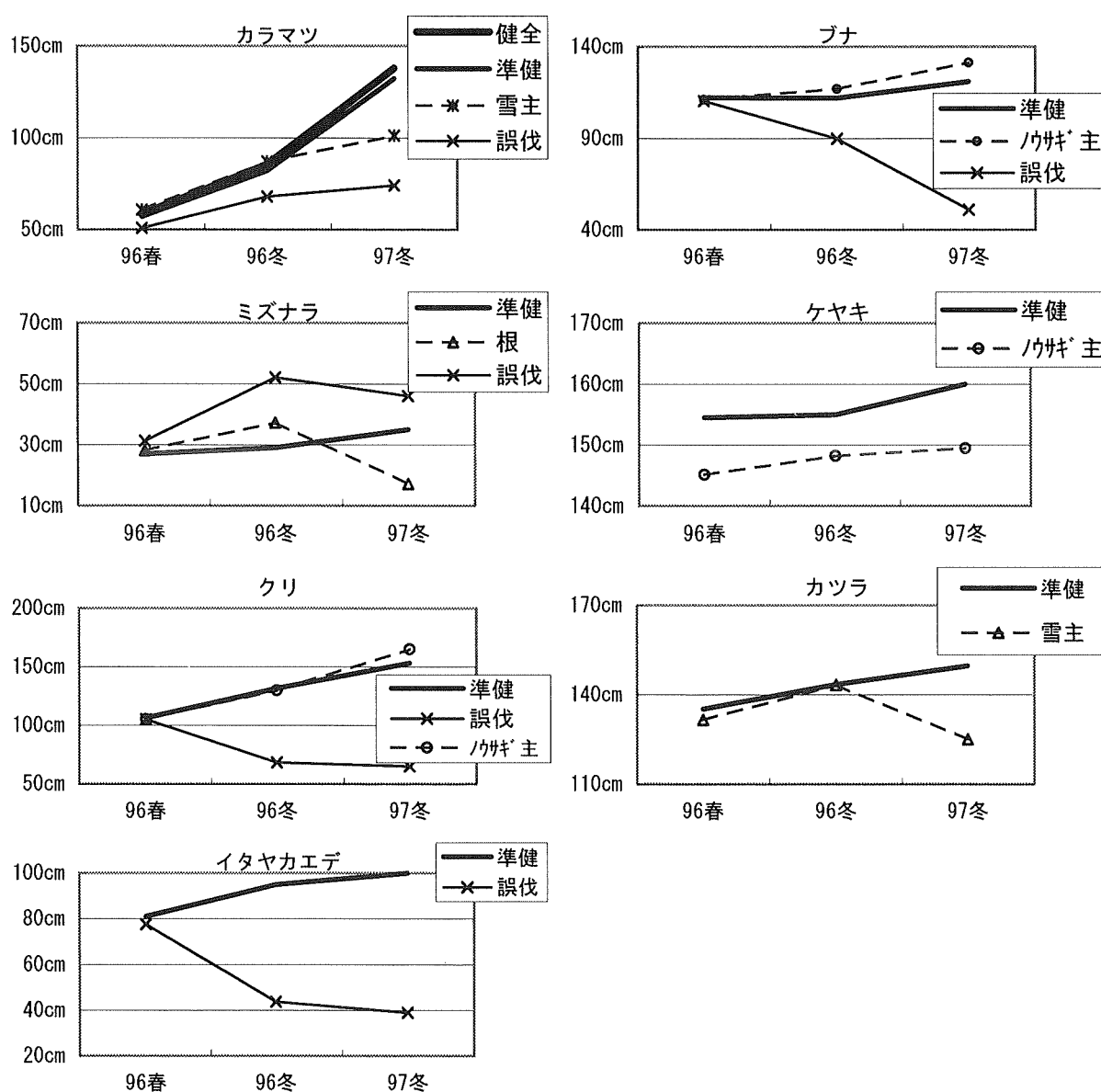


図3-5. 阻害要因別樹高変化

①主軸を除いたノウサギやカモシカによる枝葉への摂食、雪による枝折れの影響

図3-5よりカラマツにおいては健全木($n=10$), 準健全木($n=15$)との樹高成長にほとんど差が認められず, 主軸を除いた枝葉へのノウサギ・カモシカによる摂食と雪による枝折れによる林木への影響は極めて少ないと推定される。また, このことは, カモシカによるスギ幼齢木の主軸を除く枝葉への摂食では, 樹高成長に影響はなかった調査結果(17)と同様であった。ただし, 他の広葉樹では健全木が出現せず比較ができなかったため, 今後検討が必要である。

②ノウサギやカモシカによる主軸への摂食の影響

ノウサギやカモシカによる主軸摂食の単独出現した林木は, クリ($n=5$), ブナ($n=12$), ケヤキ($n=9$)の3樹種であったが, いずれも準健全木と比較し樹高成長への抑制は認められなかった。しかし, ノウサギによる主軸への切断を受けたブナ植栽木が, 受けない植栽木と比較し少なくとも2年以上成長が遅れた報告(8)がある。本調査とこのブナの事例について, 摂食を受けた主軸部位の高さを比較すると, 本調査ではノウサギが 105.1cm (± 31.4), カモシカが 94.5cm (± 30.0)に対し, ブナの事例では $40\sim 60\text{cm}$ と低かった。この結果より, 摂食を受ける主軸部位が低いほど樹高成長への影響が大きくなったと考えられた。

本調査による主軸摂食高がカモシカよりノウサギの方が高かったのは, 前述のとおりこの調査地では, カモシカは開葉後の無積雪期に餌場として利用頻度が高くなるのに対し, ノウサギは, 積雪期でも雪上に出現した林木を摂食しているため, 積雪深の分だけ摂食可能となる部位が高くなったためと推定できる。これらのことは積雪深と苗木の高さにより, ノウサギによる主軸摂食部位の高さが変化し, 時と場所によって, 樹高への影響が異なることを示している。

③雪による主軸損傷の影響

雪による主軸の損傷の単独出現した林木はカラマツ($n=5$), カツラ($n=4$)の2樹種であった。いずれも健全木や準健全木と比較し樹高成長への抑制が認められた。ただし, 主軸折れ, 二又裂け, 枝抜けの各要因別による樹高成長へ影響の検討は, 各データ数が少なかったため検討できなかった。また, 雪によるケヤキの幹折れが健全木と比較し樹高成長に有意差がでた事例がある(5)。これらから, 雪による主軸の損傷は, 樹高成長に影響する阻害要因と推定された。

④誤伐による主軸切断の影響

誤伐が単独出現し, 生存木が存在した樹種は, カラマツ($n=6$), ミズナラ($n=10$), クリ($n=3$), イタヤカエデ($n=9$), ブナ($n=11$)であった。そのうち, カラマツ, クリ, イタヤカエデ, ブナの4樹種でいずれも健全木や準健全木と比較し, 樹高成長が劣った。しかも, 前述した①主軸を除いたノウサギやカモシカによる枝葉摂食や雪による枝抜け, ②ノウサギやカモシカによる主軸摂食, ③雪による主軸損傷と比較しても著しい樹高成長への抑制が認められた。ノウサギやカモシカによる主軸摂食で述べたとおり, 主軸摂食を受けた部位が低いほど樹高への影響が大きくなることが考えられた。そこで, このうち主軸への阻害要因である②ノウサギやカモシカによる主軸摂食, ③雪による主軸損傷と④誤伐による主軸切断について部位高を比較してみると, 高い順に②ノウサギ($105.1\pm 31.4\text{cm}$)やカモシカ($94.5\pm 30.0\text{cm}$)による主軸摂食>③雪による主軸損傷($37.6\pm 23.6\text{cm}$) $\approx$ ④誤伐

による主軸切断 ($36.3 \pm 12.0\text{cm}$) となる。また、主軸に阻害を受けた部位の状況は、③雪による主軸損傷では、阻害部位から上部が生きている場合があるのに対し、④誤伐を受けたほとんどの林木は阻害部位から上部は欠損している。これらの事例により、誤伐による主軸への損傷が、樹高成長へ最も強く影響が出たと考えられた。

ミズナラのみ誤伐を受けた林木が準健全木と比較し樹高が高かった。これは、平均誤伐高（1996年 $39.7 \pm 11.2\text{cm}$ 、1997年 $34.3 \pm 12.0\text{cm}$ ）より低い林木があるのはミズナラだけで、ミズナラの中でも樹高が低い林木が誤伐を逃れ準健全木となり、樹高が高い林木が誤伐を受けやすかったためと考えられた。

⑤ネズミによる根への摂食の影響

ネズミによる根への摂食（対象木が動く Level 2 か対象木が抜ける Level 3）が単独出現した樹種はミズナラ（ $n = 7$ ）であり、準健全木と比較し樹高成長に影響が認められた。

以上の結果より、各阻害要因のランク付けを行うと、林木への影響が大きい順に以下のとおりである。

- | | | |
|---------------------------|---|--|
| ・ノネズミによる根への摂食 | } | ⇒枯死率が高い。 |
| ・コウモリガによる穿孔 | | |
| ・誤伐による主軸切断 | | |
| ・雪による主軸への損傷 | | ⇒枯死する場合があります、林分環境により枯死率が高くなる。また、生存木は樹高成長に抑制が認められた。 |
| ・ノウサギやノネズミによる樹皮への摂食 | | ⇒枯死する場合があります、林分環境により枯死率が高くなる。 |
| ・ノウサギやカモシカによる主軸への摂食 | | ⇒林分環境により出現頻度が高くなり、樹高成長への抑制が認められる場合がある。 |
| ・ノウサギやカモシカによる主軸を除いた枝葉への摂食 | } | ⇒樹高成長への抑制極めて少ない。
(ただし、広葉樹についてはデータ不足) |
| ・雪による枝葉への損傷 | | |

ただし、この結果は角館調査地の事例である。林分環境が異なったり、同一林分でも経年の異なる気象要因等により各阻害要因の出現頻度が変化することは十分に考えられ、各阻害要因の出現頻度が高くなると、枯死率が高くなったり樹高成長への影響も大きくなることも予想される。

3) まとめ

多雪地帯である角館調査地における樹種別の阻害要因の出現頻度、阻害要因の林木への影響の一覧を表3-3に示した。これより、獣類による主軸、枝葉への摂食はどの広葉樹にもみられるが林木への影響は小さい。ただし、単一樹種の植栽やノウサギの生息密度が高い箇所などでの植栽は、樹皮への摂食を伴って多発し、樹型の変化や樹高成長に著しい抑制を招く可能性が考えられる。

また、本調査では林木への影響が大きい阻害要因として、コウモリガによる穿孔や摂食、ノネズミによる根への摂食、誤伐による主軸切断の3要因が推定された。

うちノネズミによる根への摂食は、ミズナラやクリなど特定の樹種への出現頻度が高くなった。したがって予防方法として、これらの樹種をハタネズミの好適生息地である農耕地の畦畔、草地、河川敷等下草がよく繁茂した箇所（7）などの周辺を避けて植栽することが考えられる。

コウモリガによる穿孔や摂食は出現頻度は本調査では少なかったが、調査対象木が植栽直後で根元径が小さいためと考えられ、植栽木の成長に伴い出現頻度が高くなることが予想される。湿地性土地で草本性の植物が多種生育する好適環境においては、スギ幼齢林の約44%が被害を受けるほどの大発生を生じた場合（13）があり、また、本調査より枯死率が高かったことから、広葉樹造林の幼齢期における大きな阻害要因の1つと考えられる。防除方法として、コナラ幼齢林の被害林分で下刈りを3年間行った結果、無施業区と比較して累積被害木が約半分に抑制した報告（19）があることから、下刈りが有効な方法の1つであるといえる。

最も大きな阻害要因は広葉樹のほとんどの樹種に出現し、頻度や枯死率が高く、さらに生存木への樹高成長への抑制も大きい誤伐である。広葉樹造林の際は、支柱を立てるか目印のテープを巻くなど誤伐防止のほか、下刈り方法の検討も必要と思われた。

ただし、これらの結果はいずれもサンプル数が少なく、調査期間も短いため各阻害要因の林木への影響は十分な検討ができたとはいえなかった。また、異なる林分環境によっては各阻害要因の出現頻度が高くなり、枯死率や樹高成長への影響も大きくなることが十分に考えられる。よって、各阻害要因の林木への影響を比較するためには、同じ林分における長期間の調査や異なる林分環境における調査などデータの積み重ねが必要と判断された。

表3-3. 幼齢期における各樹種の阻害要因の程度（角館町の一例）

阻害ランク	大			中		小	極小
	コウモリガ	根摂食 (ネズミ)	誤伐	雪害 (主軸の損傷)	樹皮摂食 (ウザギ・ネズミ)	主軸摂食 (ウサギ)	枝葉摂食 (ウザギ・カモシカ)
ミズナラ	—	○	○	(△)	—	—	△
クリ	△	△	○	△	△	●	●
ケヤキ	△	—	△	△	○	●	●
ブナ	△	—	○	△	—	●	●
イタヤカエデ	—	—	●	△	—	○	●
カツラ	—	—	△	○	—	△	●
カラマツ	△	△	△	(△)	—	—	—

凡例

阻害ランク大：枯死率約30%以上

中：枯死率約30%未満

小：枯死には至らないが、樹高成長を抑制

極小：樹高成長への抑制ほとんどなし

●：多（出現率60%以上）

○：中（出現率30～59%）

△：少（出現率1～29%）

—：極少or無

※雪害の（ ）は、植栽木が雪圧により斜型になって被圧枯死した林木を雪害として場合

IV. 獣害回避試験

1. 調査目的

植栽した広葉樹の幼齢期における阻害要因の実態調査の結果、ノネズミやノウサギ、カモシカによる枝葉および樹皮への摂食が高い頻度で起きていることが明らかとなった。枝葉への摂食による林木への影響は小さいと推定されたが、樹皮への摂食により林木が枯死におよぶ場合（16/24）がある。また、好適環境においてはノネズミやノウサギの個体数が増加し、樹皮への摂食の出現頻度が高くなることが予想される。

そこで、これら獣類の摂食を防ぐためポリネットなどを用いた物理的防除や薬剤による化学的防除の試験を行った。また、下刈りを省略することで造林地内の植物量を確保し、獣類による植栽木への摂食の軽減と、誤伐の予防などの効果が考えられるため、下刈りの有無による獣類の摂食頻度の変化を調査し、施業による防除の可能性を検討した。

2. 調査地と調査試験方法

調査地として、秋田県角館町高屋地内と秋田県秋田市下浜地内に10.8m四方の植栽試験区をそれぞれ5個設定した。角館調査地は前述（Ⅲ）と同じ箇所のベニヤマザクラ3.00ha造林地である。

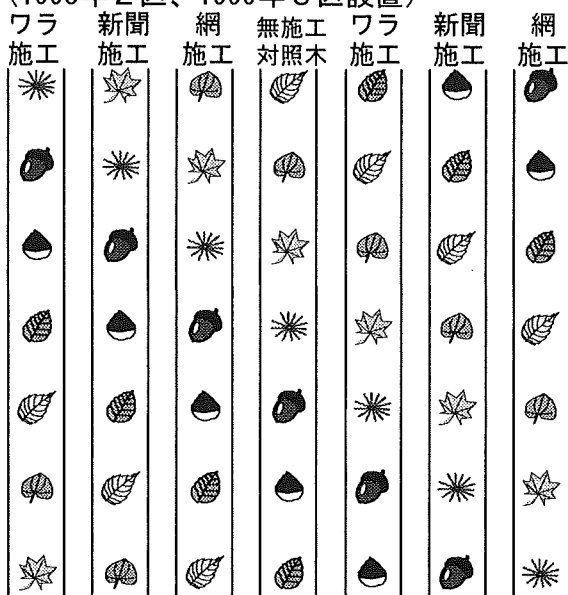
秋田調査地では林齢4～5年生、約0.5～1.2haの3カ所のスギ造林地に4試験区を、約0.1haの畑跡地に1試験区を設けた。それぞれの試験区は700m四方の中に位置し、各試験区の周囲は、スギ造林地内に設けた試験区ではスギ壮齢林で、畑跡地に設けた試験区ではスギ壮齢林とコナラ二次林に囲まれている。標高は40～110m、最深積雪深は約70cmであった。

試験対象木の植栽は、角館調査地では1996（H8）年、秋田調査地では1998（H10）年、それぞれ開葉前の4～5月に行った。植栽樹種は、角館調査地ではカラマツ、イタヤカエデ、カツラ、ケヤキ、ブナ、クリ、ミズナラの7樹種、秋田調査地ではスギ、イヌエンジュ、イタヤカエデ、カツラ、ケヤキ、ブナ、クリの7樹種である。樹種の配列は前述と同様とした（図3-2）。角館調査地では植栽木のうち、枯死木やノネズミによる根への摂食、コウモリガによる穿孔、誤伐による主軸切断の障害を受けた林木計96本（全体の約39%）を1998年4月に補植した。その際、カラマツの補植用はイヌエンジュに変えて植栽した。また、1996年の試験木植栽時に1試験地あたり10本程度生存していたベニヤマザクラは、1998年の補植用試験木植栽時には1試験地あたり5本程度までに減少していた。

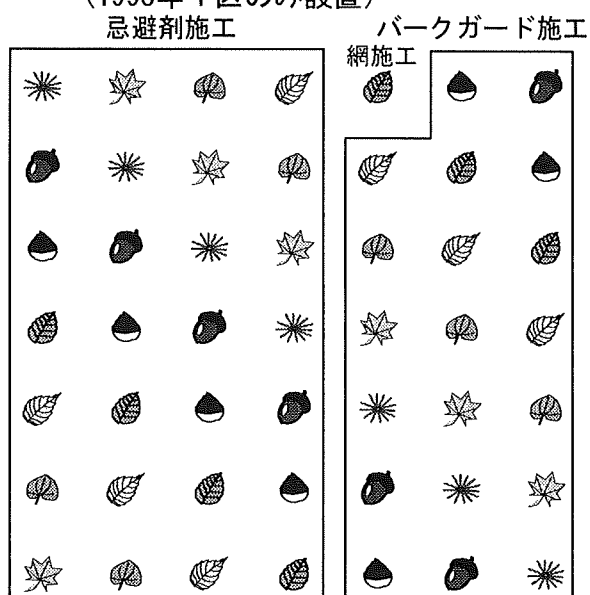
各防除施用は、1998年と1999年12月、図4-1に示すように、列毎に稲ワラ、新聞、野菜収穫用ポリネット網（長さ90cm、幅60cm）を2列ずつ設置し、真ん中の列を何も設置しない対照木とした（以下この試験区を“防除区”という）。設置状況は、稲ワラと新聞紙の場合、根元から地上高約2mの高さまで枝葉とともに樹幹に巻き付け、野菜収穫網の場合は、頂芽から被せ根元付近をひもで縛った。この防除試験区を1998年の角館調査地を除き3個ずつ設けた。角館調査地では、1998年に3個の防除試験区のうち1試験区に、図4-1に示すように1樹種4本計28本に忌避剤（コニファー水和剤、保土谷化学製）を散布し、1樹種2～3本計20本に支柱を使わずパークガード（原料：ポリプロピレン、大同商事販売）を巻き、残りの1本に前述した野菜収穫用網を被せた。また、用いた各防除用品は設置翌年融雪後の4月に回収した。

角館調査地

ワラ・新聞・農作物用網設置区
(1998年2区、1999年3区設置)

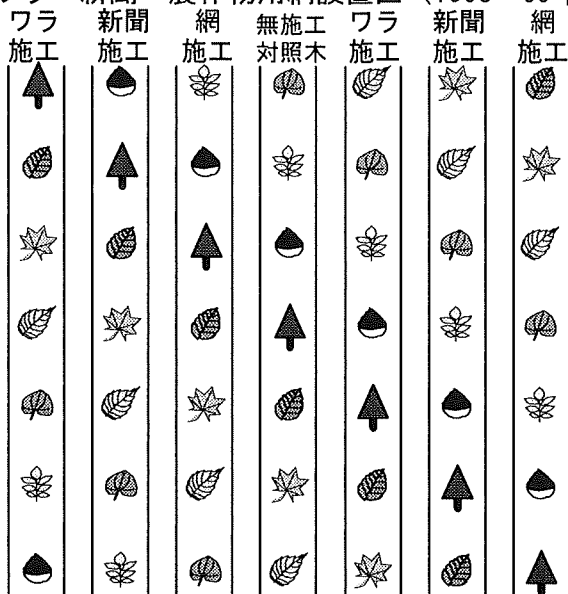


忌避剤・バークガード設置区
(1998年1区のみ設置)



秋田調査地

ワラ・新聞・農作物用網設置区 (1998～99年3区設置)



凡例

- ✱ : カラマツ
- ✱ : イタヤカエデ
- ✱ : カツラ
- ✱ : ケヤキ
- ✱ : ブナ
- : クリ
- : ミズナラ
- ✱ : イヌエンジュ
- ▲ : スギ

図4-1. 防除試験区の概況図

これら防除区は、各防除施用前に下刈りを行い、防除区以外の各調査地2試験区は下刈りを行わない無施業区とした。

調査は1998年6月から2000年4月まで、積雪前の11月に樹高、林木の形態を計測し、融雪後の4～6月に、樹高およびカモシカやノウサギ、ノネズミによる主軸・枝葉・樹皮・根への摂食と雪による主軸への損傷の有無、部位、程度、高さを計測した。

3. 結果と考察

図4-2に防除方法別の阻害要因の出現率を示す。対照木の2カ年に渡る各阻害要因の出現率は、角館調査地では枝葉摂食が10～14.3%、根摂食が5～21.4%、樹皮摂食が0%、雪害が5～14.3%、下浜調査地では、枝葉摂食が10～14.3%、根摂食が0～4.8%、樹皮摂食が0%、雪害が0～4.8%であった。以上のように各阻害要因の出現率が低く、各防除施用木と対照木とでは有意差は認められなかった。

各防除施用についての詳細な結果を以下に述べる。

1) 物理的防除

角館調査区における対照木の枝葉への摂食率1999年の14.3%、2000年の10%と比較し、低下が認められたのは、1999年のバークガード5%と2000年の網0%であった。また、秋田調査区では対照木の枝葉への摂食率1999年の14.3%、2000年の10%と比較し、低下が認められたのは2000年の網2.4%と新聞2.5%であった。しかし、対照木の本数が少なかったため、いずれの場合も有意差は認められなかった。

作業効率（施用労務時間）は収穫網が最もよかった。

また、網、新聞、ワラを施用すると、重量が増加し雪害による主軸への損傷林木が増加した。

2) 薬剤防除

ノウサギやカモシカによる摂食率について、薬剤処理木17.9%と対照木14.3%と比較するとほとんど相違がなく、ノウサギやカモシカによる摂食率の低下は認められなかった。しかし、枝葉に摂食を受けた林木1本当たりの摂食数を比較すると薬剤処理木は2.6箇所、対照木は3.8箇所と低減したことが認められた。

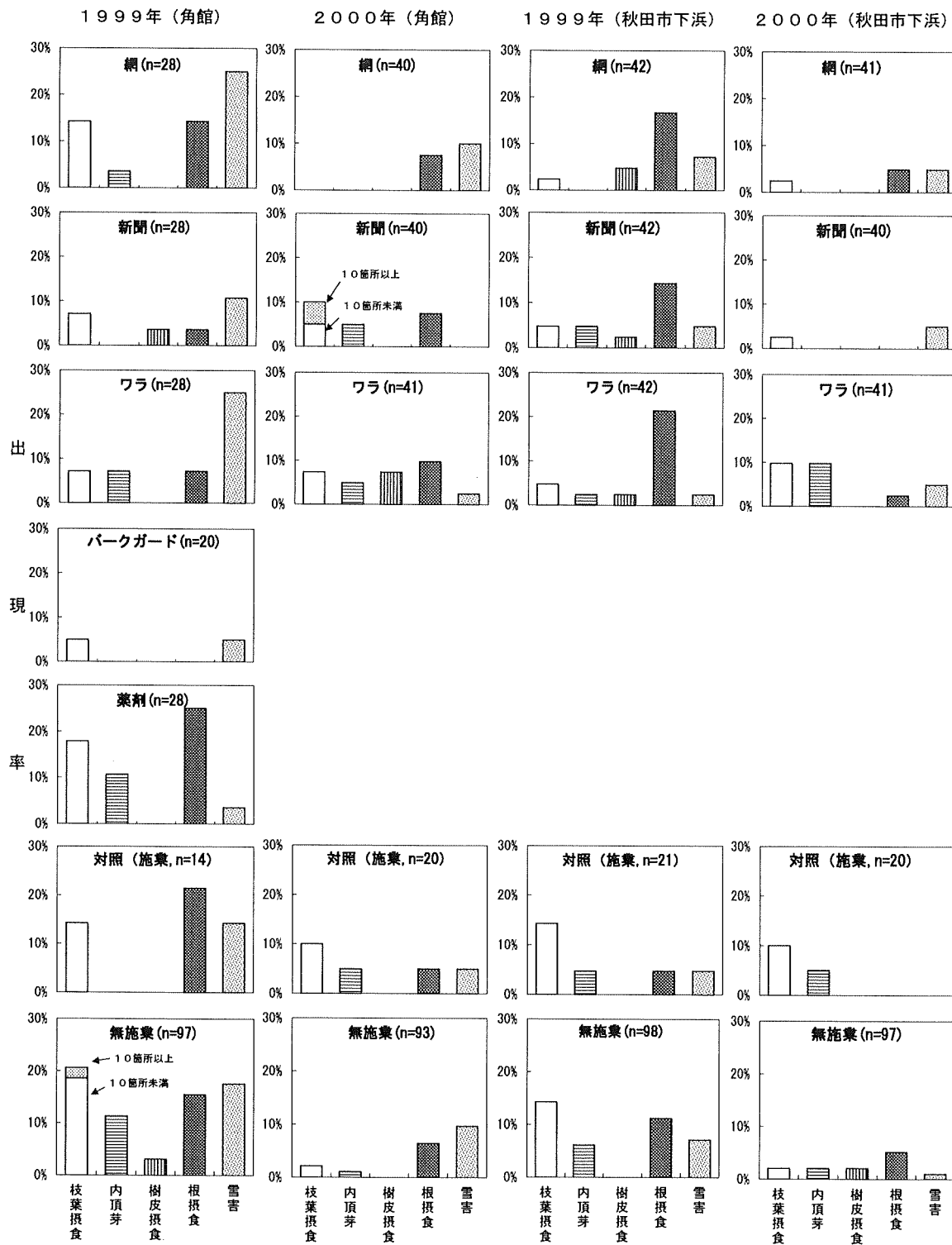
3) 施業による防除

下刈りを行った防除区の対照木を下刈り区とし、無施業区とノウサギやカモシカによる摂食率を比較すると、1999年は、角館においては下刈り区の14.3%より無施業区の18.6%が高く、下浜では下刈り区の6.1%と無施業区の4.8%とではほぼ同じ状態であり、2000年は角館では無施業区の2.2%より下刈り区の10.0%、下浜では無施業区の2.1%より下刈り区の5.0%の方が共に高かった。

両調査地では、本調査用に植栽する以前から角館ではベニヤマザクラを、下浜はスギを植栽し、1999年まで毎年下刈りを実施していた。このため、1999年は、調査地（造林地）は餌となる植物の量は少ない状態であった。その中で無施業区だけは餌植物量が多く、ノウサギやカモシカにとって好適環境であったため、摂食率が高かったと推測できる。また、2000年は調査地で下刈りが行われなかったため調査地全域で餌植物量が増加し、無施業区内では餌植物量が多くなったため調査対象木への摂

食率が低くなり、防除区内では下刈りを実施したため餌植物量が少なくなり、調査対象木が目立つ状態となり摂食を受けやすかったと考えられた。

対照木の本数が少なかったため、各防除方法の効果については十分な検討はできなかったものの、



注) 枝葉摂食: カモシカやノウサギによる摂食
樹皮摂食: ノウサギやノネズミによる摂食
根摂食: ノネズミによる摂食

図4-2. 防除方法別の阻害要因出現率

下刈りと餌植物量の関係より、下刈りを行わない方が植栽木への獣類の摂食は低くなると考えられた。しかし、植栽木の生育のためには下刈りは欠かせない。ただし、「Ⅲ. 広葉樹人工林の植栽初期における成林阻害要因の実態」でも述べたとおり誤伐による主軸切断は、出現頻度、枯死率が高く、生き残った林木にも樹高成長に著しい抑制がみられるなど、林木への影響が大きい阻害要因である。よって、今後は誤伐対策の1つとして、施業方法の検討、例えば坪残しによる下刈り等の施業による効果を検討していく必要がある。

おわりに

広葉樹人工林造成の歴史は浅く、また面積的にも少ない実態にあり、こうした中で設定された広葉樹実験林のおよそ20年間の成育実態をまとめたものである。まだ若齢の段階にあり、実態が十分解明されたものではないが、今後の調査でさらなるデータの蓄積を図り、育林技術を高めていきたい。

またこの調査では、スギ人工林施業ではあまり問題視されなかった阻害要因の実態が明らかになった。広葉樹人工林においても、スギ人工林に準じた施業が行われており、動物との共存や生物多様性保全への配慮といった観点からは、施業方法の見直しを今後検討していく必要がある。

最後に実験林の設定から、維持管理、調査に協力いただいた歴代の秋田県林務部関係各位、秋田県仙北総合農林事務所関係各位、秋田県雄勝総合農林事務所関係各位、ならびに試験地の提供等で協力いただいた角館町役場関係各位、秋田市の林家、佐藤清太郎氏にこの場を借りて心から謝意を表す。

引用文献

- (1) 秋田県林業技術センター(1998) 風害危険森林と耐風力のある森づくり. 18.
- (2) 秋田県林務部(1989) 広葉樹人工林施業の技術指針. 1.
- (3) 千葉彬司(1991) カモシカの食物. (カモシカ. 大町山岳博物館編, 信濃毎日新聞社, 長野), 22-37.
- (4) 生原喜久雄・相場芳憲・井上一彦・ソエトリスト・カダール(1989) 北関東地方におけるシオジの更新に関する研究東京農工大学農学部演習林報告 26: 9-49.
- (5) 長谷川幹夫(1991) ケヤキ人工林の植栽6生育期間における成長と被害. 富山県林業技術センター研究報告 5: 9-12.
- (6) 橋詰隼人(1987) 広葉樹幼齢林の雪害について. 広葉樹研究 4: 61-74.
- (7) 樋口輔三郎(1985) 林野のネズミ (6) ハタネズミ. 森林防疫 34: 113-114.
- (8) 河野 透・川鍋 豊・本江一郎・片岡寛純(1993) 夏植えたブナ苗木のノウサギによる食害について. 日本林学会論文集 104: 539-540.
- (9) 小谷二郎(1996) 多雪地帯におけるケヤキ人工造林の植栽後5年間の成育状況. 石川県林業試験場研究報告 28: 15-20.
- (10) 黄 栄鳳・橋詰隼人・西原秀明(1993) キハダの人工造林に関する研究 (I) 11年間の成育状況について. 日本林学会関西支部大会講演集 2: 167-170.
- (11) 桑畑 勤(1985) 林野のネズミ (8) ヤチネズミ類. 森林防疫 34: 150-151.

- (12) 前田雄一 (1999) 広葉樹人工林の成林阻害要因についてー大面積造林地で発生する下刈り時の誤伐被害ー. 森林応用研究 8 : 125-128.
- (13) 槇原 寛・五十嵐豊 (1991) コウモリガによるスギ幼齢林への加害実態. 日本林学会東北支部会誌 43 : 141-142 .
- (14) 三浦直美・伊藤 聡・小野寺浩司 (2000) 広葉樹人工林の誤伐について. 東北森林科学会大会講演要旨集 5 : 23.
- (15) 向山繁幸・竹内純一・栗山重信 (1998) ハタネズミによる鉢伏山カラマツ林の集団枯損とその復旧対策. 森林防疫 47 : 5-9.
- (16) 長岐昭彦・和田 覚 (1997) 人工広葉樹の幼齢期における阻害要因ー小坂町萩ノ岱のミズナラ主体混交林の事例ー. 東北森林科学会大会講演要旨集 2 : 26.
- (17) 長岐昭彦 (2000) 里山における森林管理とニホンカモシカの利用ー林相別餌植物量と利用頻度の関係およびスギ摂食による被害の推定ー. 森林野生動物研究会誌 25・26 : 71-84.
- (18) 中嶋敏祐 (1999) 広葉樹造林地における獣害とその防除法について. 青森県林業試験場報告 49 : 1-7.
- (19) 野平照雄・大橋章博 (1996) 岐阜県における落葉広葉樹林の病虫害被害の実態と穿孔性害虫の防除に関する研究. 岐阜県林業センター研究報告 25 : 23-38.
- (20) 落合啓二・松江正彦・落合加代子 (1986) 九艘泊及びガンケ山周辺におけるカモシカの食性 (カモシカとの共存をめざしてー脇野沢村ニホンカモシカ調査総合報告書ー. 下北野生動物研究グループカモシカ班編, 青森), 89-104.
- (21) 大津正英 (1978) トウホクノウサギの生態について. 全国林業試験研究期間協議会第11回林業シンポジウム : 1-13.
- (22) 佐渡靖紀・丸本順次 (1989) 加工利用原木林育成技術試験ーケヤキ新規人工林育成技術試験ー. 山口県林業指導センター業務年報 昭和62年度 : 35-43.
- (23) 谷口真吾・梶原理愛 (1999) 北但馬中山間地域の棚田跡地に植栽した広葉樹幼齢木の雪害. 兵庫県立森林・林業技術センター研究報告 47 : 37-42.
- (24) 横井秀一・水谷嘉宏・横谷祐治・山口 清 (1999) 多雪地域に植栽された広葉樹8種が植栽後7年間に受けた諸被害. 岐阜県森林科学研究所研究報告 28 : 1-8.
- (25) 柳沢聡雄 (1981) 落葉広葉樹林の施業 (広葉樹林とその施業. 大日本山林会発行, 地球社, 東京), 149-150.
- (26) 行成正昭 (1996) 草本及び木本植物におけるコウモリガ幼虫の加害実態. 森林防疫 45 : 206-213.
- (27) 和田 覚 (1995) 豪雪地帯に植栽されたケヤキの生育. 日本林学会東北支部会誌 47 : 61-62.
- (28) 渡邊定元 (1994) 樹木社会学. 182pp, 東京大学出版会, 東京.

きのこ栽培技術の高度化と新技術の開発

山 田 尚

Highly developed technology and improvement of the cultivation method for mushroom

Takashi YAMADA

要 旨

栽培コストの低減化を図るため、これまでのきのこ生産方式より低コストで生産性の向上を目指す簡易施設利用による菌床シイタケ栽培技術の開発と、近年きのこ栽培施設において収益に甚大な損失を与えるダニによる被害が増えつつある現状を踏まえ、その防除方法をねらいとして、次の栽培試験を実施した。

- ① 菌床シイタケについては、簡易施設栽培を利用して、当センター保有の周年栽培用品種に適応した培地の粒度組成、栄養添加剤、栽培管理法を検討し、収量増に結びつく組み合わせが得られた。
- ② きのこと栽培施設等のダニの発生予察調査を行い、その防除方法の検討を行った。

なお、本研究は、平成7年度から平成12年度まで行ったものである。

はじめに

きのこ栽培は、山村農家の重要な収入源になっており、多くのきのこは農山村で栽培されているが、労働人口の減少及び高齢化に伴い、きのこ栽培ではより少ない労働力で収入を期待できる菌床栽培の拡大が顕著になってきている。しかし、菌床栽培には収量の増加や、耐病性の向上など改良すべき点が多い。これらのニーズを踏まえて、低コスト、安定生産へ向けた栽培技術改善が必要となってきた。

本県における代表的なきのこ品目はシイタケであるが、この中でも菌床シイタケは、原木シイタケに比べ栽培期間が短く作業も軽量化しており、管理も比較的容易なことから、今後中心的な栽培品目になりつつある。そこで、周年栽培用品種を用いて、初期投資の低い簡易施設（パイプハウス）を利用して、本県の気候風土に応じた培養・発生技術等の試験を実施した。

近年、空調機器性能の向上と殺菌技術の改善によって、微生物による被害は激減してきている。しかし、培地の殺菌不良による他種類の微生物汚染や虫害発生に起因する収量の減少あるいは質的低下を最小限に押さえることが、経営を安定化させ、収益性を向上させる大きな要因となる。最近県内では、ダニにより栽培生産に大きな被害をもたらした事例が見受けられた。そこで、ダニによる被害を防除するための手かがりとしての発生予察調査を行った。

I. 簡易施設利用による菌床シイタケ栽培試験

1. 粒度別発生試験

1) 目的

簡易施設を利用した菌床シイタケの栽培期間は空調施設栽培と比べ長期に及ぶため、培地基材の物理的組成が子実体の発生量に影響すると想定される。そこで、供試品種に適合した培地基材の粒度組成について検討した。

2) 材料と方法

(1) 供試品種

供試品種は当センター保有の周年栽培用品種（図－1）である。

(2) 試験方法

培地基材は、広葉樹オガコと粒径の大きいチップの2種を使用した。表－1に示すように、混合割合を容積比で5区設定した。栄養添加剤は、フスマとコメヌカの2種を用い、培地重量1kgあたり栄養添加剤の含有量が90gとなるように調整を行った。なおフスマとコメヌカの混合割合を容積比で5：5に設定した。培地基材と栄養添加剤を混合し、含水率を65%に調整した後1.2kg用のP. P袋に1.1kgずつ詰め込み綿栓をした。殺菌は高圧殺菌釜を用いて118℃で90分間行い、放冷後種菌を接種した。なお、今回使用した培地基材の粒度分布については、表－2に示すとおりである。



図－1. 周年栽培用品種

表－1. 培地基材別試験区

記号		(容積比)	
		チップ (N)	広葉樹オガコ (K)
K	100	0	10
NK	37	3	7
NK	55	5	5
NK	73	7	3
N	100	10	0

表－2. 粒度分布

	4.0mm 以上	4.0mm ～ 2.0mm	2.0mm ～ 0.7mm	0.7mm 未満
広葉樹オガコ	15%	21%	26%	38%
チップ	62%	32%	5%	1%

(3) 簡易施設の概要

① 培養ハウス

ハウスの規格は、間口4.5m、奥行9.0m、高さ3.7mである。天井を培養棚より1m高く設定し、高温域が培養棚の最上段に並べた菌床に入らないようにした。高温の空気を外部へ排出するため、地上3mの高さに換気扇を設置した。遮光資材は、ワイドスクリーンシルバー（遮光率90%：日本ワイドクロス株式会社）と遮光幕（遮光率90%：タキイ）を使用し二重遮光を行った。培養棚の規格は、横1.35m×縦0.90m×6段仕様である。

② 発生ハウス

ハウスの規格は培養ハウスと同様で、間口4.5m、奥行9.0m、高さ3.7mである。遮光資材は、シルバーウェーブブロック85（遮光率85%：三菱化学MKV株式会社）でハウス全体を覆い、冬期間の保温のため、断熱材であるミラクロスを内張として使用した。発生棚の規格は、横1.50m×縦0.65m×4段仕様である。

(4) 培養

培地に種菌を接種後、培養ハウス内で1998年10月から1999年5月まで菌床の培養を行った。12月から3月の間は、暖房によりハウス内温度を10℃に保温した。培養中の温度条件は図-2に示すとおりである。

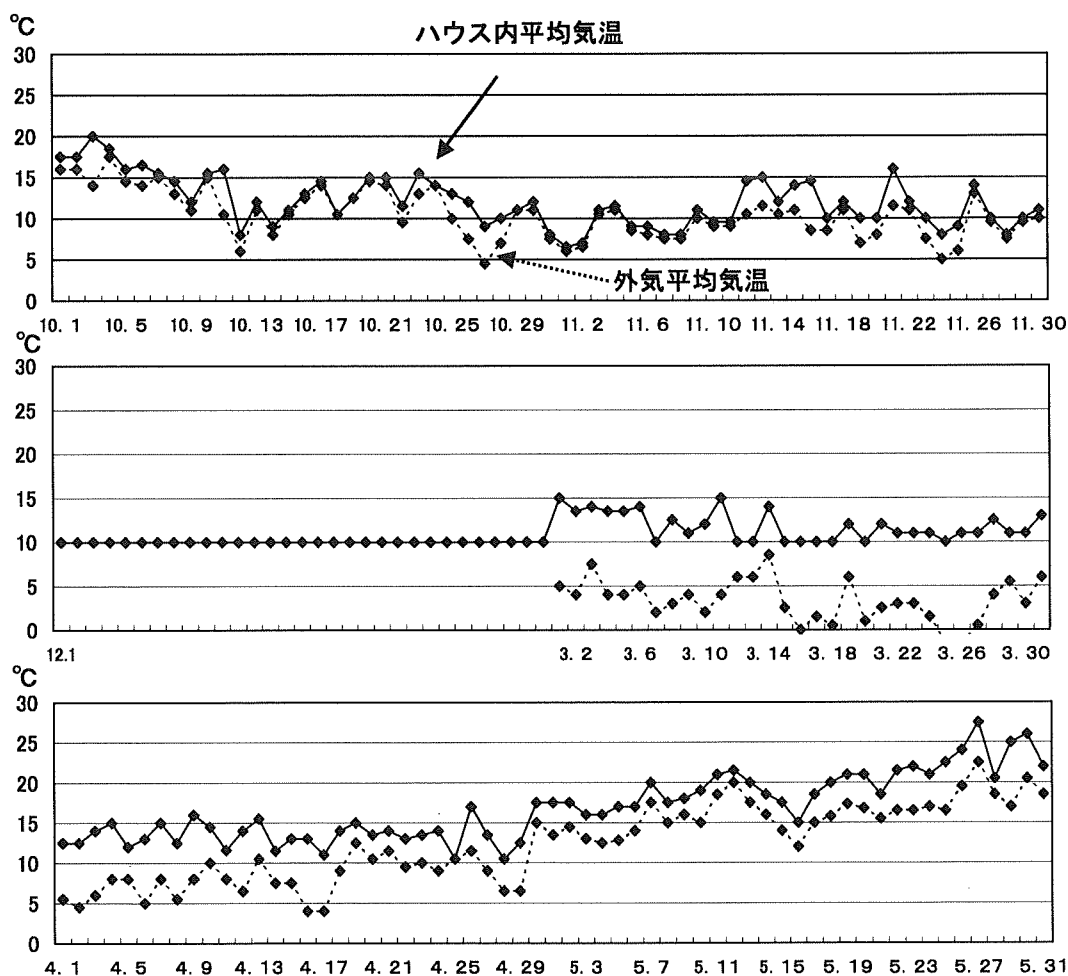


図-2. 平均気温の推移 (1998.10～1999.5)

(5) 発生

前述3カ月間の培養を終了した菌床を栽培袋から取り出し、水洗いをした後発生ハウスへ展開した。1回目の収穫が完了した段階で、菌床を30日間休養させた。その後浸水処理、発生、収穫を繰り返し、合計3回の収穫調査を行った。浸水処理時間は1回目は6時間、2回目は12時間とした。収穫調査は、各発生回期における発生重量と発生個数を測定した。収穫時期は、子実体の菌傘の膜が切れかけた時点を目安に行った。

3) 結果と考察

図-3に子実体発生重量の結果を示したが、初回発生で最も収量の高い試験区は、NK55で続いてNK73>N100>K100>NK37の順である。春発生型の自然栽培の場合は、細かいオガコに粒径の粗いチップを混合するとよいとされている(1)。培地がゆっくり分解され、発生重量に効果がみられる培地組成は、NK55、NK73、N100でチップが5割以上の配合割合であった。子実体の総発生量においても同様の傾向がみられた。一方、広葉樹オガコの割合が高いK100、NK37の試験区では、2回目の発生重量が低い結果となった。この要因として、今回使用している品種は木材分解能の高い高温性菌であり、1回目に集中発生したため2回目以降の収量に結びつかず他の区に比較して総収量で下回ったのではないかと考える。

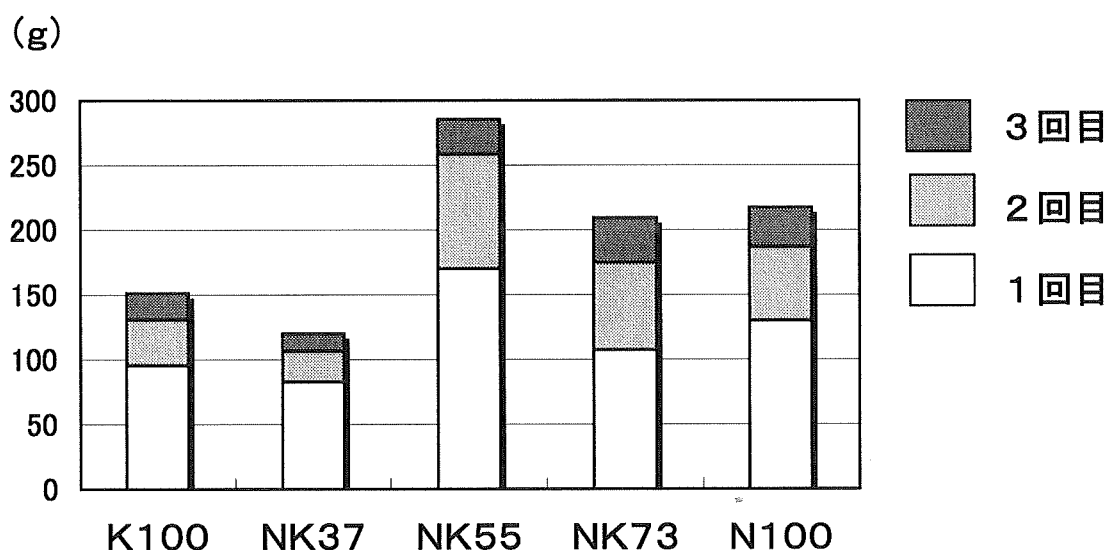


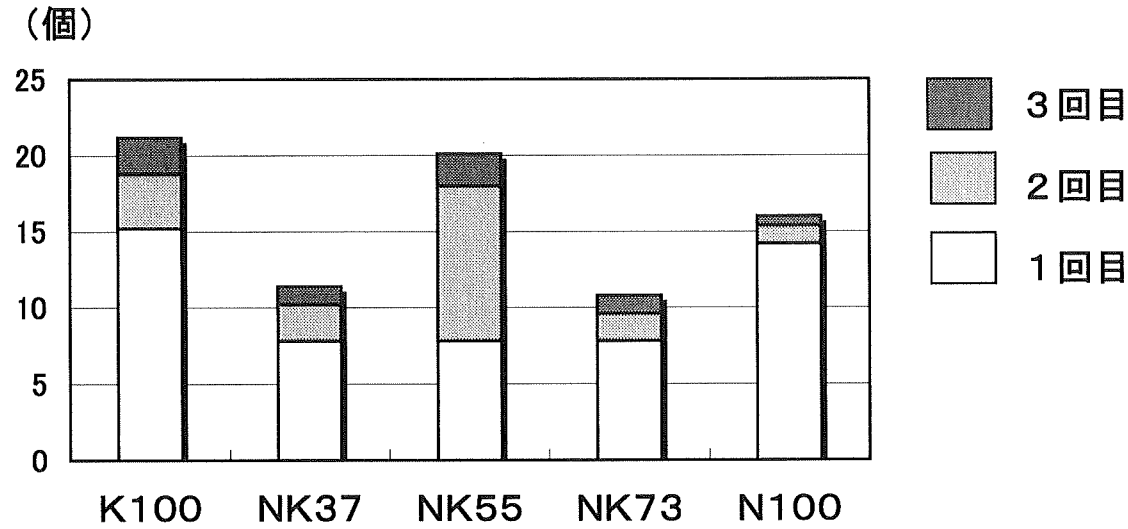
図-3. 培地基材別発生重量

子実体発生個数の結果を、図-4に示した。広葉樹オガコの比率の高いK100、NK37試験区では、発生個数が多いため小型の子実体の割合が高くなる傾向となった。一方、チップの割合の高いNK73、N100では奇形の子実体が多くみられ、その原因として菌床が未熟であり、発生操作に移るには培養日数が少なかったと考える。子実体の奇形の原因はCO₂濃度(8)等ほかにも考えられるため、今後栽培環境面からの検討も必要である。

今回の結果から、培地基材の粒度組成の違いによって、発生重量、発生個数に違いがみられた。

したがって、培地の粒度が、発生重量の増減に関与する一つの要因であると考え。また、栽培を進めるうえで、使用品種に適する粒度組成を検討することは重要であり、今回の供試品種の場合、発

生重量及び発生個数をバランスを良く得るための培地組成として、チップと広葉樹オガコの混合割合が5：5であるNK55が適していることがわかった。



図－4．培地基材別発生個数

2. 栄養添加剤別発生試験

1) 目的

培地基材の粒度と並んで、栄養添加剤の種類や混合割合も子実体の発生量に大きく影響すると考えられ、供試品種に最適な栄養添加剤の培地組成および温度管理について検討した。

2) 材料および方法

(1) 試験方法

① 栄養添加剤による培地組成の検討

培地基材は広葉樹オガコとチップの2種を用い、粒度組成を5：5の割合に調整した。栄養添加剤の種類は、きのこ菌床栽培で主に用いられている、コメヌカ、フスマ、コーンブランの3種である。

栄養添加剤の試験区としてコメヌカ、フスマの単独区の各1区ずつと、2種類の栄養添加剤で3組合せ、3種類の栄養添加剤で3組合せの全8区を設定した。混合割合の詳細は表－3に示したとおりである。その他の試験方法は前試験と同様である。

表－3．栄養添加剤試験区

試験区	培地樹基材	栄養添加剤の割合			1袋当たり 栄養添加剤量
	広葉樹オガ：チップ	コメヌカ	フスマ	コーンブラン	
A－1	5：5	100			90 g
A－2	5：5	70	30		
A－3	5：5	50	50		
A－4	5：5	30	70		
A－5	5：5		100		
B－7	5：5	70	15	15	
B－8	5：5	50	35	15	
B－9	5：5	30	55	15	

② 積算温度の検討

外気温と培養ハウス内の最高温度と最低温度を測定し、培養期間中の有効積算温度を比較した。

(2) 栽培管理方法

① 簡易施設での培養

菌床の培養は、2000年3月9日から2000年9月30日までの間、前述の培養ハウス内で行った。環境の管理としてハウス内温度が25℃以上の場合、ハウスのスソ解放及び換気扇を作動させ高温の空気を外へ排出するとともに、常に風が動いている状況を保った。機械等による冷房は行わなかった。

② 簡易施設での発生

培養の完了した菌床を発生ハウスへ移動し、袋を除去した後水洗いをしてから発生棚に展開した。子実体を収穫した後、30日間休養させてから浸水処理を行った。浸水時間は12時間である。休養→浸水→収穫のサイクルを3回繰り返し、収穫回数は4回とした。

3) 結果と考察

(1) 栄養添加剤別発生重量結果

栄養添加剤試験区における収量については、図-5に示した。この中で最も発生重量の高い栄養添加剤の培地組成は、コメヌカ：フスマ＝3：7の区であった。これはコメヌカ単独区の146%の収量にあたる。また、コメヌカとフスマの2種混合区では、フスマの割合が高まるにしたがって、発生重量も増加する傾向が認められた。単独使用より、2種以上の栄養添加剤の併用により収量が高くなる傾向がみられており（7）今回もコメヌカ、フスマの2種の栄養添加剤では、単独に使用するより混合した方が収量に有効性がみられた。フスマ単独区では、発生重量は得られたものの発生個数が多く、子実体が小型化する傾向がみられ品質面で問題が残った。コーンブランを供試したB-7～B-9区に関しては、総合的に他の区より発生重量が低い結果となり、コーンブランの添加効果が認められなかった。1回目の発生重量は、コメヌカ：フスマ区の混合区A-3～A-4に匹敵する収量を上げており、3回目と4回目の発生重量が伸びないゆえに収量が少ない結果となった。

今回の結果から、供試品種の場合コメヌカ単独区よりフスマとの混合添加の方が収量の増加に結びついた。そして、その組成は、コメヌカ：フスマ＝3：7の割合が適していることがわかった。

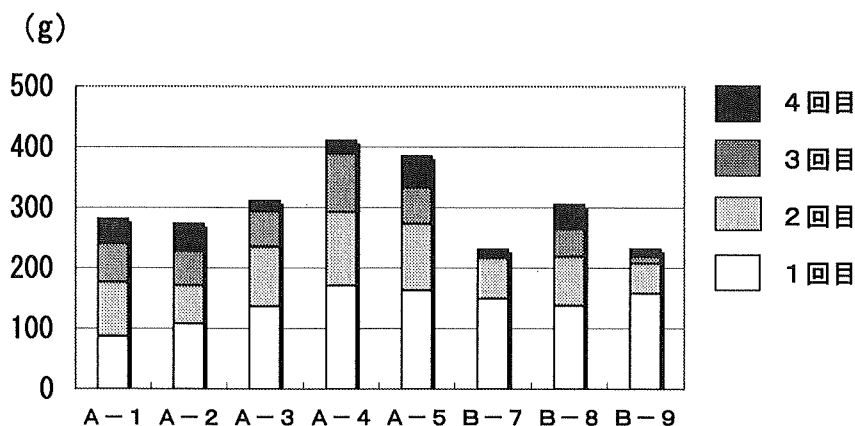


図-5. 栄養添加剤別発生重量比較

(2) 有効積算温度の比較

培養ハウス内と外気温の平均気温の推移は図-6に、有効積算温度を比較した結果は表-4に示した。ハウス内の積算温度は外気温より、237.4℃高く、簡易的なハウスで培養することにより、1日当たり1.1℃の蓄積温度効果がみられた。供試品種の施設内栽培での有効積算温度は2,040℃であり、培養ハウス内の積算温度と比較すると2,843℃となっている。ハウス内では、品種の有効積算温度を803℃上回っていることから、発生操作に移行できる時期であり、また本県の気象条件下において、10月の発生にむけての接種時期は遅くとも3月上旬に設定すれば、ハウス内で有効積算温度を十分に確保できると考える。

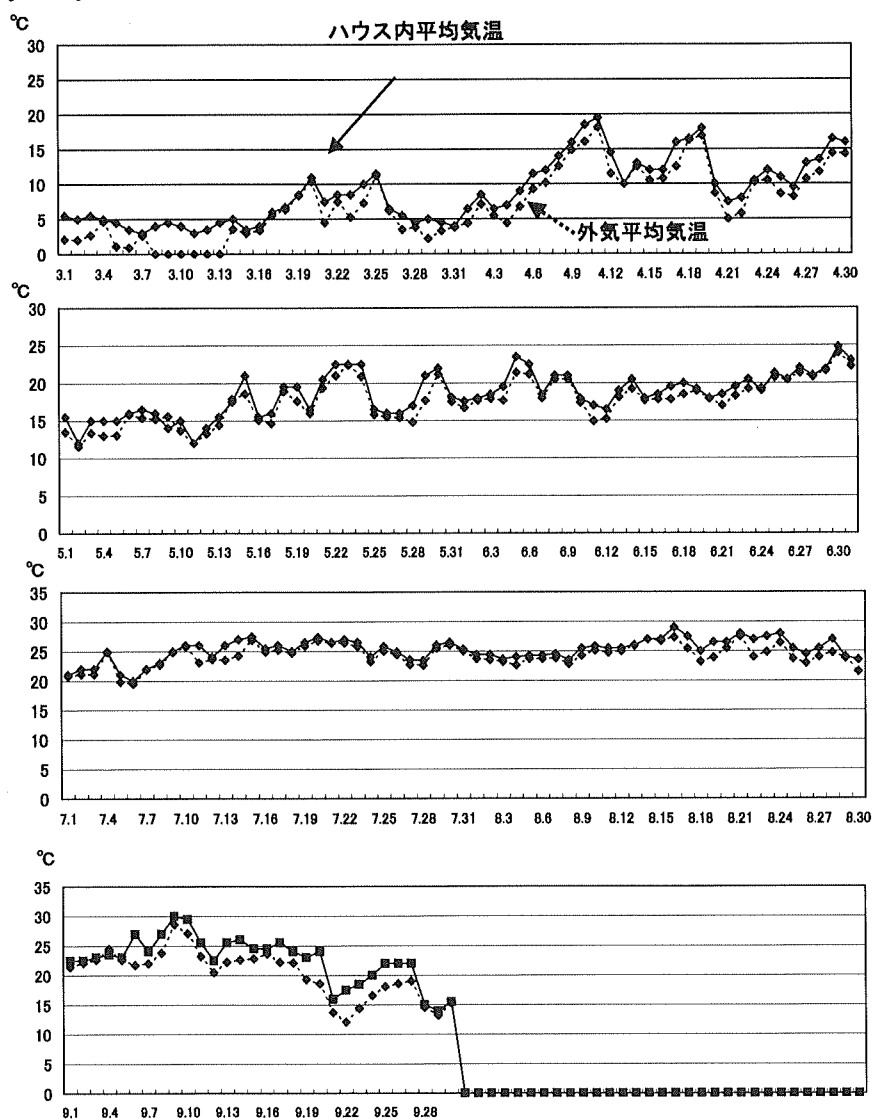


図-6. 平均気温の推移 (2000. 3～2000. 9)

表-4. 有効積算温度の比較

培養環境	培養期間 (日)	積算温度 (℃)	1日当たりの 温度
気温	214	2,605.6	12.2
ハウス内	214	2,843.0	13.3

3. 高温処理効果試験

1) 目的

良品質の子実体を得るための新しい栽培技術の研究が進められており、その成果も報告されている(2, 3)。前述の試験での発生状況を踏まえ、さらに大型の子実体の発生割合を高めるために、培養および発生方法の改善試験を実施した。

2) 材料および方法

(1) 高温処理方法

高温処理は、2000年8月2日から9月30日までの60日間実施した。処理方法は菌床の袋を除去後、発生ハウスに展開し25℃を2週間維持した。それ以降は22℃を下回らないようにハウス管理をした。この期間、散水時間を調整しながら菌床表面の弾力が失われないように、菌床の管理を行った。

(2) 発生操作方法

高温処理を実施した菌床を元に、発生操作の方法別に打撃区と浸水区の2区を設定した。打撃区は、初回到菌床を棒でたたき、2回目以降は、棒での打撃と棚の上段から下段への入れ替えの物理的ショックを与えた。浸水処理区は、初回は棚へ展開する時のショックのみを、2回目以降は、浸水処理を行ってきたこの発生を促進した。対照区は、高温処理を行わず9月までハウス内で培養し10月に袋を除去して子実体を発生させた。

(3) 栽培方法

培地基材は広葉樹オガコとチップの2種を用い、容積比で5:5に混合した。栄養添加剤は、コメヌカとフスマを使用し、混合割合を3:7に設定した。その他栽培方法については前述試験と同じである。

高温処理区は、培養ハウスにおいて、4月16日から8月1日まで管理し、袋の除去を行った後、発生ハウスに展開した。そして9月30日まで熟成し、10月1日から試験区に準じた発生操作を実施した。

対照区は、接種後9月30日まで培養ハウスで管理し、10月1日に袋の除去を行い発生ハウスへ展開した。収穫は4回行い、収穫の終えた菌床を30日間その場に休養させてから、浸水処理を行った。なお各試験区における浸水時間は、12時間である。

(4) 管理条件

培養ハウスの環境管理は、ハウス内温度が25℃を超えた場合、換気扇の作動によってハウス上部の高温の空気を排除するとともに、ハウスのスソを全解放して菌床間またはハウス内の空気が常時動く環境をつくった。

発生ハウスの環境管理は、最低気温が12℃以下にならないようにスソの開閉調整を行い、温度の低下する冬期間については、暖房を入れて温度を保持した。

(5) 調査項目

収穫調査は、各発生回期間における発生重量と規格別発生個数を測定した。収穫時期は、子実体の菌傘の膜が切れかけた時点を目安に行った。子実体の菌傘を直径別に6cm以上をL、4~6cmをM、3~4cmをS、3cm未満をOutとし、規格別の発生個数を測定した。

2) 結果と考察

(1) 高温処理発生試験結果

① 発生重量の比較

各発生回期の収量については、表－5に示すとおりである。全試験区を比較してみると、対照区が365.6gと高い収量が得られている。しかし発生時期が後半になるにしたがって、収量が減少している。この原因は、初回と2回目に子実体が箇所ごとに集中して発生してしまう傾向にあり、休養期間中に菌床の回復ができず3回目以降の収量低下になったと考えられる。後半に向けて収量を確保するためには、休養期間を延長するなど、菌床の回復に務める必要がある。高温処理区の発生重量は対照区より劣るものの、浸水区は全回期をとおして、打撃区では初回から3回まで平均した発生重量が得られた。しかし打撃区の4回目発生では重量が低下しており、たんなる打撃と棚からの入れ替えのショックだけでは不十分であると考ええる。これを補うためには、暖房を利用してハウス内に温度格差をつける等の管理面での方策を今後検討する必要がある。

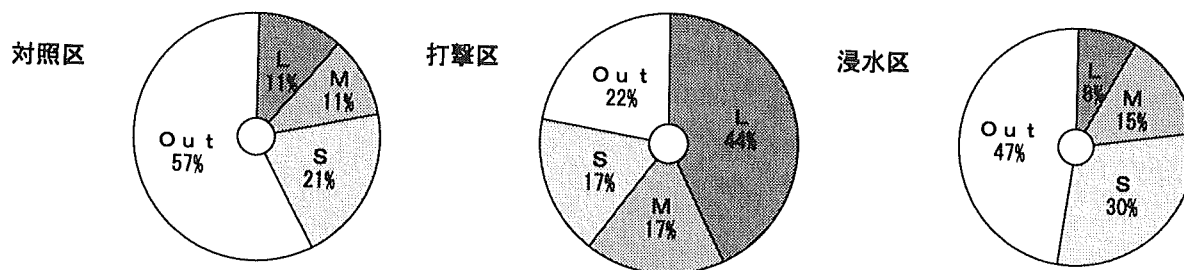
表－5. 発生操作別発生重量比較

試験区	第1回発生	第2回発生	第3回発生	第4回発生	合計 (g)
対照区	163.4	97.7	64.8	39.7	365.6
浸水区	113.3	84.5	73.6	62.6	334.0
打撃区	100.0	76.1	72.1	36.8	285.0

② 規格別子実体発生割合

規格別発生割合については、図－7に示したとおりである。対照区では、Outの比率が50%を超える割合となっており、総体的に小型の子実体の占める割合が高かった。高温で処理した試験区では、対照区よりOutの比率が減少し、L、M、S規格の比率が高まった。浸水区では、L、M、S規格の合計した割合が53%、打撃区では、78%と比率が高く、芽数が減少し子実体の大型化に結びついたと考えられる。特に打撃区においては、L規格の割合が大きいのが特徴的である。

以上の結果を総合すると、L、M、S規格の割合を高くし品質の向上につなげるためには、夏期における高温処理は必要である。また、浸水処理は発生する子実体が小型になるが、収量の確保には必要な操作である。したがって、高温処理を行った菌床に対しては、前半は物理的な刺激を与え、後半には浸水操作をとりいれながら、品質と収量のバランスをとっていく管理方法が必要であると考ええる。



図－7．規格別子実体発生割合

Ⅱ．病虫害防除方法の検討

1. 目的

ダニは、その姿が微少なだけによほど注意をしていなければ発見されにくく、気づいた時にはすでに甚大な被害を受けている事例がある。ダニによる被害は、過去マッシュルームの施設栽培が主であったが、近年、温湿度調整の整った菌床栽培施設内で大発生し（4）、生産の中止を余儀なくされる場合も見受けられた。また、原木シイタケの生産現場では、シイタケ子実体を直接食害する *Histiogaster rotundus* というコナダニ科の新種のダニ（図－8，9）が岡部ら（6）によって同定されている。そこで、ダニの発生の予察ができれば、甚大な被害になる前、適切かつ迅速な対応をとることができる。今回、1年間を通してトラップによるダニ発生状況についてのモニタリングを行った。

2. 材料及び方法

1) 簡易誘引トラップの作成

真菌類を培養する一般的な培地であるポテトデキストロース寒天培地（PDA，Difco社製）を滅菌済みのプラスチックシャーレに約30ccを分注して平面培地を作成し、これを簡易誘引トラップとして使用した。

2) トラップによる栽培施設内でのダニ捕獲試験

トラップ調査地は、きのこの品目別に、エリンギ、原木シイタケを栽培している生産者1名を選定して試験を実施した。栽培施設内にシャーレを設置して2日間ふたを解放し、その後回収した。設置個所については、エリンギ栽培施設は、接種室・培養室・芽出し室・生育室の4ヶ所、原木シイタケ栽培施設は養生室と発生室の2ヶ所に設置してダニの種類を調査した。

3) トラップ調査の試験期間

1998年7月から1999年6月までの1年間である。

3. 結果と考察

1) エリンギ栽培施設

トラップ調査を実施した結果、ダニの種類はケナガコナダニと現在同定中の中気門類の一種の2種であった。発生状況は10月と11月に生育室でケナガコナダニが、10月に接種室でケナガコナダニ、11月に中気門類の一種が、2月に芽だし室でケナガコナダニが捕捉された。中気門類の一種（補食性ダニ）は、ハエなどの小さな昆虫の卵や他のダニを食べるダニであり、異常発生をしなければ問題のないダニである。ケナガコナダニは、エノキタケ、ナメコ、マイタケ、ヒラタケ等の菌床栽培施設において、ダニによる被害が記録されており（4）、ダニの侵入していた培地から、トリコデルマの一種が蔓延していた。この病害の発生は、ダニが害菌の胞子や菌糸を伝搬することが認められており（5）、体に付着させながら侵入したため害菌の発症にいたったと考えられる。

2) 原木シイタケ

ダニの種類はケナガコナダニ、ササラダニ、中気門類の一種の3種であった。発生状況は11月と12月に養生室でケナガコナダニが、12月から翌年2月にかけて発生ハウスでササラダニが、3月から4月にかけて中気門類の一種が捕捉された。岡部氏によると、ササラダニは、土壌中や落ち葉、朽ち木などに棲息しており、調査地の発生ハウスの地面は土間となっていることから生育環境が一致している。また、この種のダニは植物質を土などに戻す役割をしており増殖の遅いものが多いため、急激に生息密度が高くなる心配がなく、したがって栽培には全く問題のないダニであった。原木シイタケでは、前述したように食害するダニが同定されているが、今回のダニは食害性を示す種ではなかった。原木シイタケ生産者は、子実体を収穫したあと、養生室で休養を50日間をとって次の発生工程に入っている。養生室の栽培環境は、保温と湿度保持を図っているため、ケナガコナダニも生育しやすい条件になっていると考えられた。

ダニが増殖することにより、培養物に侵入し、1～2ヶ月で大発生に至る可能性がある。部屋の清掃の徹底と乾燥（湿度を70%以下にする）を心がけることにより、ダニの存在しにくい環境を作り上げる必要がある。今回のトラップ調査より、全施設を通じて最も一般的であったのは、ケナガコナダニとホコリダニであった。ダニの発生を予測できれば、迅速な防除対策につながるが、トラップ調査でダニが捕捉されることや、栽培環境の違いや季節によりダニの発生状況が異なることもわかった。したがって、毎月のモニタリングがダニ被害の予防につながる役割を果たすと考えられ、被害の拡大を未然に防ぐことが可能であると思われる。

おわりに

菌床シイタケについては、培地基材の粒度及び栄養源の検討、高品質に向けた栽培方法の改善を行ってきたが、今後も低コストで安定的な栽培生産に結びつく技術の確立とモデル実証的な取り組みをしていきたいと考える。

本研究にあたり、ダニの同定及び調査方法についてご教示下さった、独立行政法人森林総合研究所 森林昆虫研究領域昆虫生態研究室岡部喜美子氏に厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- (1) 井上貞行 (1993) 菌床の仕込み, 菌床シイタケの作り方, 大森清寿 (編), (社) 農山漁村文化協会 : 80.
- (2) 枝 克昌・山内隆弘・木下新栄・青木隆行・鮎澤澄夫・井上貞行 (1999a) 新しいシイタケ菌床栽培技術 1. 日本応用きのこ学会第3回大会講演要旨集 : 41.
- (3) 枝 克昌・山内隆弘・木下新栄・青木隆行・鮎澤澄夫・井上貞行 (1999b) 新しいシイタケ菌床栽培技術 2. 日本応用きのこ学会第3回大会講演要旨集 : 42.
- (4) 岡部喜美子 (1992) 菌床栽培きのこにおけるダニ害の実態, 森林防疫 Forest Pests, Vol. 41, No. 3.
- (5) 岡部喜美子・宮崎和弘・山本秀樹 (1992) きのこ菌床栽培施設に発生するダニ類のブナシメジ栽培培地における増殖と栽培容器間移動による害菌伝搬, 日本応用動物昆虫学会誌, 第45巻, 第2号 : 75-81.
- (6) 岡部喜美子・阿部 実 (1998) コナダニ科の一種によるシイタケ子実体の食害, 日林九支研論集No.51 : 91-92.
- (7) 宜寿次盛生・原田 陽・富樫 巖 (1997) シイタケ菌床栽培における子実体生産に及ぼす培地添加物の影響, Hokkaido For.Prod.Res.Insrt.Vol. 11, No. 6 : 14-20.
- (8) 瀧澤南海雄 (1997) 98年版きのこ年鑑, 空調栽培, 農村文化社 : 160-165.



図-8. 被害を受けたシイタケ子実体

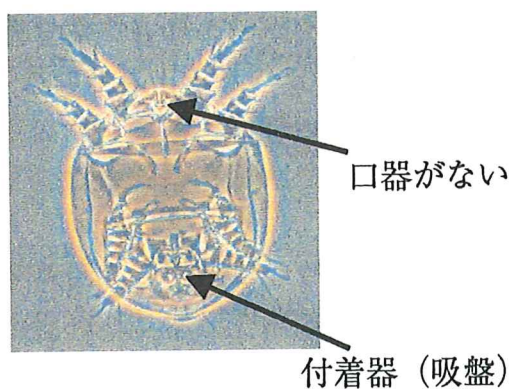


図-9. *Histiogaster rotundus*

山菜栽培の高生産技術の開発

佐藤 博文・須田 邦裕

Development of masspropagation technique in some edible wild plants

Hirofumi SATO and Kunihiro SUDA

要 旨

モミジガサ、ミヤマイラクサ、ギョウジャニンニクおよびイヌドウナの増殖に関する試験を行った。種子発芽試験の結果、モミジガサ、ミヤマイラクサおよびイヌドウナの種子発芽には低温処理が必要であった。モミジガサ、ミヤマイラクサは、浸水処理を長くすることで発芽率が向上した。イヌドウナ種子は、雑菌汚染が多く本来の特性を把握できなかったが、乾燥により発芽能の低下が示唆された。これらの乾燥種子は、4℃1年間の保存により発芽率が低下し、いずれも長期保存に耐えなかった。ギョウジャニンニクでは、種子発芽に低温処理は不要であり、供試4山菜のなかで保存性は比較的良好であった。芽生えの成長は、4℃1カ月間の低温処理により促進された。また、ミヤマイラクサ、イヌドウナの挿し木、分根による増殖試験では、ミヤマイラクサの分根増殖区に9割程度の萌芽がみられ、いずれの用土でも簡単に増殖が可能であった。挿し木では、鹿沼土を用いた天挿し区の成績が最高であったが、いずれも発根率は5割前後と低かった。

I. はじめに

山菜は、その野性味と季節感を楽しむ食材として古くから親しまれ、これらの天然資源には珍重されるものもあり、山間部農林家の生計を支える重要な収入源のひとつとして採取されるとともに、それぞれ特産品化が図られてきた。

山菜の消費需要は、食生活の多様化や自然食、健康食志向の高まりから年々増大する傾向にあり、供給においては、従来のような自生資源への依存から、人工栽培による効率的な量産技術の開発が求められるようになった。

しかし、山菜は、野菜と異なり、品種系統が確立していないために種苗の確保が困難であること、栽培技術も確立されていないことや大半のものが成株に至るまでに長い育成期間を要することなど、普及上に様々な問題を抱えているのが現状である。

このため、県内でも多くの人々に親しまれている数種の山菜をとりあげ、これらの効率的な種苗繁殖技術の開発を目的として増殖試験を実施した。なお、本報告は、平成9～11年度に実施した試験研究課題の成果、知見の概要をとりまとめたものである。

Ⅱ. 材料と方法

1. 供試山菜

供試した山菜は、モミジガサ、ミヤマイラクサ、ギョウジャニンニクおよびイヌドウナ（またはヨブスマソウ）の4種である。これらは、県内の各自生地または栽培者圃場から収集した親株系統の種子を当センター試験圃に播種、育成して得た成株（実生）を用いた。以下に山菜の地方名（7）および若干の特性等について簡単に紹介する。

1) モミジガサ

「しどけ」、「しんどけ」などと呼ばれるキク科の多年草で、4月下旬から6月頃まで若芽をおひたし、和え物として利用する。現在は促成栽培も行われており、収益性は、ほかの山菜に比較して高い。増殖は、実生のほかに挿し木、株分けが一般的であるが、組織培養による増殖も試みられた事例がある（2, 4）。特に品種系統はないが、当センターおよび栽培者圃場における観察結果では、茎や葉柄の色調から紫褐色、緑（白）色およびその中間色を呈する3系統に大別されることが明らかとなっている。

2) ミヤマイラクサ

「あいこ」、「あい」または「あえっこ」、「あえ」などと呼ばれるイラクサ科の多年草で、全体に絨毛のような棘を持つ。5月頃に伸び始めた若芽をおひたし、汁物の具や塩漬けにして利用する。特に品種系統はない。増殖は、実生、株分けを主体とする。県内では一部の地域で栽培が試みられている程度で、未だ自生資源の採取に依存しているが、ヒト白血病細胞の分化誘導に関する機能性成分の研究も行われている（6）ことから、将来健康食として需要の増大がみこまれる。

3) ギョウジャニンニク

「あいぬねぎ」、「きとびろ」、「やまにんにく」などと呼ばれるユリ科の多年草で、ネギ類の独特な強い臭いに加えて、ニンニクとニラの風味を持ち合わせている。早春の雪解け後間もないころに若葉および鱗茎を採取し、天ぷらや和え物として利用する。最近では商品化も進み、餃子や麺類の具材としても用いられている。特に品種系統はないが、各地の株を比較すると、葉の形態に若干の違いがみられ、色調、広さ（葉身の幅）およびテリや波打ちの有無などから数種の系統に分類できる。増殖は、実生、株分け主体で行うが、成株の育成に5, 6年要するため、計画的な繁殖と育成期間の短縮技術の開発が望まれる。

4) イヌドウナ

「ぼんな」、「ぼな」、「ぼうな」などと呼ばれるキク科の多年草で、ヨブスマソウの変種とされるが、ここでは、諸解説（4, 7）を参考としたうえで、葉柄にみられる広い翼が茎におよび幅広く抱いているものをイヌドウナ、抱かないものをヨブスマソウと区別して扱うことにした。4月下旬頃より萌芽した新芽をおひたし、和え物として利用する。ミヤマイラクサと同様、県内での栽培事例は少なく、供給の大半は天然に依存する。特に品種系統はない。増殖は、実生、株分けが主体である。

2. 発芽試験

前述の山菜種子について、発芽をそろえ促進するための浸水処理条件、種子寿命および保存性など

に関して基礎的な知見を得るため、発芽試験を実施した。

山菜種子は、平成10～11年にかけてそれぞれの適期に当センターの試験圃場から無作為に採取した。試験は、直径90mm、高さ20mmのガラスシャーレに円形濾紙を2枚敷き、これに約5mlの水を加えた後、予め一定期間水道水（流水）中に浸漬しておいた種子を25ないし50粒ずつ播種し、恒温器内で培養を行い発芽数を調べた。モミジガサ、ミヤマイラクサおよびイヌドウナ種子の培養は、温度25℃、16時間照明条件下で、また、ギョウジャニンニク種子の培養は、温度20℃、暗条件下で行った。発芽数の調査は1週間おきに行い、供試種子の総数に変化がみられなくなった時点をもって発芽締切（試験終了）とした。なお、各試験方法の詳細は、山菜ごとに異なるため、結果と考察の該当項目中に記述した。

3. 挿し木、分根による増殖試験

ミヤマイラクサ、イヌドウナについては、実生増殖はもとより挿し木、分根などによる増殖試験に関する報告が見当たらないため、これらの挿し木および分根による増殖試験を実施した。

供試材料は、いずれも平成11年6月に当センター内の圃場からよく成長した株を採取し、葉を半分に切りつめた後、挿し穂および分根の調製を行った。調製した挿し穂および分根は、およそ半日間水揚げ（または水浸）を行い試験に供した。なお、挿し木は、頂芽を含む約20cm程度の長さの穂の下半分を横に伏せ込む天挿し（伏せ挿し）と、それ以外の部分の茎から調製した挿し穂による管挿しの2通りの方法について試験を行った。試験は、当センターのガラス温室内で一室を使用し、寒冷紗による遮光およびミスト灌水条件下で行った。挿し床用土は、市販の鹿沼土、赤玉土およびバーミキュライトの3種類をそれぞれ単用とした。試験開始から3カ月後に挿し穂の発根状況および萌芽した分根からの得苗数を調べた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 発芽試験

1) モミジガサ

種子の採取は11月中旬に行い、採取後直ちに外気を通じたガラス温室内におき、約1カ月間半日陰条件下で自然乾燥を行った。乾燥した種子は、ビニール袋のなかに入れてよく揉み、綿毛、アラなどを除いた後、フィルムケースに入れて冷蔵庫内（4℃）に保存した。なお、保存に際して特に水浸、選別などの操作は行わなかった。

（1）浸水処理日数

乾燥後、上述の条件で約1カ月間保存したモミジガサ種子を用い、播種前の浸水処理日数の違いが発芽におよぼす影響を調べた。なお、浸水期間中の流水の水温は、およそ12℃前後であった。

その結果、種子発芽率は、浸水処理日数が長くなるにつれ徐々に高まることが判明した。モミジガサの種子は、4℃50日間の乾式低温処理によりおよそ40%（湿式低温処理では90%）の発芽率を示す⁽⁸⁾といわれているが、本試験では、7および14日間の浸水処理によりそれぞれ38および52%以上の種子に発芽がみられた（表-1）。ただし、14日間浸水処理した場合、播種時には既に発芽してい

る種子も散見されたことから、その作業性を考慮すると好ましい状態ではないと判断された。以上の結果から、モミジガサ乾燥種子において良好な発芽を得るためには、長時間の浸水処理が有効であり、その日数はおおむね7日間前後と推定した。

表－1. 浸水処理日数がモミジガサ種子発芽におよぼす影響

浸水処理日数（日）	種子発芽率（％）
1	6（3/50）
3	12（6/50）
7	38（19/50）
14	>52（13/25）*

注：（ ）内は、発芽数／供試数を示す。

* 浸水により既に何割か発芽していたため、発芽していなかったものを供試した。

（2） 保存温度

試験（1）に供した種子を室温（rt）、4、－20および－135℃の4温度条件下に1年間保存し、それぞれの発芽率を調べた。浸水処理は、試験（1）の結果から1週間とした。

その結果、モミジガサ種子は、温度条件にかかわらず長期間におよぶ保存に耐えないことが判明した（表－2）。すなわち、採取後2カ月の発芽試験では38～52％以上の発芽がみられた種子を、上述の温度条件下に1年間保存することで、いずれの発芽率も10～12％に低下した。

発芽勢を観察したところ、4、－20℃の順に良好であったが、室温および－135℃下に保存した種子は弱く、特に－135℃で保存した種子の発芽状況は、種皮をわずかに破る程度で、胚軸や幼根の伸長がほとんどみられなかった。これにより、モミジガサの種子の保存が必要な場合の温度は、4～－20℃と推定した。

表－2. 保存温度がモミジガサ種子発芽におよぼす影響

保存温度（℃）	種子発芽率（％）
rt	12（6/50）*
4	12（6/50）
－20	12（6/50）
－135	10（5/50）*

注：（ ）内は、発芽数／供試数を示す。

* 発芽勢が弱く、生育が悪かった。

一般に植物種子は、低温、乾燥条件下で長期保存

できるものが多く、実際に適用されている保存温度はおおむね－20℃前後であるが、今回の試験結果からモミジガサの種子は、保存に適さない難貯蔵性種子であると考えられた。

（3） 種子の保存性

モミジガサ種子について発芽率の経時変化を調べるため、乾燥直後（採取から1カ月後）、4℃条件下に保存して2カ月（採取3カ月後）、5カ月（同半年後）および1年間（同13カ月後）の時点で発芽試験を行った。いずれの試験も浸水処理は1週間とし、結果を表－3に示した。

乾燥直後の種子発芽率は8％であったが、これは、種子の休眠期となる11月中旬から12月中旬にかけての1カ月間、種子を自然の低温環境下においたため、一部の種子の休眠が打破された結果によるものと思われる。発芽率は、その後2カ月間4℃下におくことで最高38％に達したが、それ以降は低下し、5カ月および1年後にはそれぞれ14、12％となった。このことから、モミジガサ種子において良好な発芽を得るためには、採取から2、3カ月間4℃の低温処理が有効であるが、発芽率は、その

後比較的短期間のうちに低下してしまうことがわかった。

表－3. モミジガサ種子発芽率の経時変化

保存期間*	種子発芽率 (%)
乾燥直後	8 (4/50)
2 カ月後	38 (19/50)
5 カ月後	14 (7/50)
1 年 後	12 (6/50)

注：() 内は、発芽数／供試数を示す。

* 4℃で保存した。

(4) 系統別特性調査

これまでの試験は、年毎に採取したモミジガサの種子をすべてひとまとめにして実施したため、ごく一般的な特性しか把握できなかった。そこで、試験は、種子発芽率、1花穂あたりの種子数、種子1粒あたりの乾燥重量など増殖に関わる若干の特性を系統(株)別に調査し、実生繁殖における系統選抜の効果について検討した。なお、ここでいう種子数とは、外見上稔実したと思われる種子の総数^{と定義した}ため、実際にはシイナなどの不良な種子を含む可能性が充分あることに注意されたい。

調査は、定植後4年以上を経過した12系統について行った。サンプリングは、1系統につき同じ親株系統と思われる分けつ株を2、3任意に選び、それぞれ結実した花穂を採取した。発芽試験は、既述と同様にして得た乾燥種子を4℃下に5カ月間保存したものを用いた。浸水処理は1週間とした。結果を表－4に示した。

表－4. モミジガサ種子特性の系統別調査結果

系 統	調査花穂数 (穂)	1花穂あたりの種子数 (粒／穂)	乾燥種子1粒重 (mg／粒)	発芽率 (%)
1	3	77.7	3.47	42
2	3	287.7	3.16	2
3	2	225.5	2.68	10
4	3	33.7	2.85	10
5	3	93.0	2.92	34
6	3	111.1	2.82	12
7	3	76.7	1.90	0
8	3	64.3	2.66	36
9	3	96.3	2.45	0
10	2	69.5	1.82	18
11	3	175.5	2.60	8
12	3	103.7	4.40	50

* 4℃で5カ月間保存した。

調査した12系統では、1花穂あたりの種子数、1粒種子の乾燥重量および発芽率において、いずれも系統間でかなりのバラツキがみられた。特に、種子数は、増殖の良否に関わる重要なパラメータのひとつであるが、1花穂から得られる種子数は、多いもので287.7粒（系統2）、少ないもので33.7粒（系統4）と系統間で約9倍近くも異なっていた。

種子1粒の乾燥重量は、最も重いもので4.40mg（系統12）、最も軽いもので1.82mg（系統10）であり、重いものほどよく発芽する傾向がみられたが、なかには系統2、10のような例外もあった。また、発芽率をみると、最高50%、最低0%および平均値18.5%で、発芽率と種子数との間に明瞭な相関はみられなかった（図-1）。

今回調査したパラメータは、個々の遺伝形質のほか、株齢、生育環境や病虫害、気象害の被害程度によって、かなり異なる結果となるものと思われる。しかし、総じて発芽率の高い種子を数多くつける系統は、こうした二次的な要因による影響に左右されない優れた形質を有しているものととらえれば、系統の良否がその増殖性に深く関わっているということが十分に考えられる。

以上の結果から、モミジガサの実生増殖を効率良く行うためには、種子数が多くかつ発芽率の高い増殖能に優れた系統を選抜することが重要であると思われる。

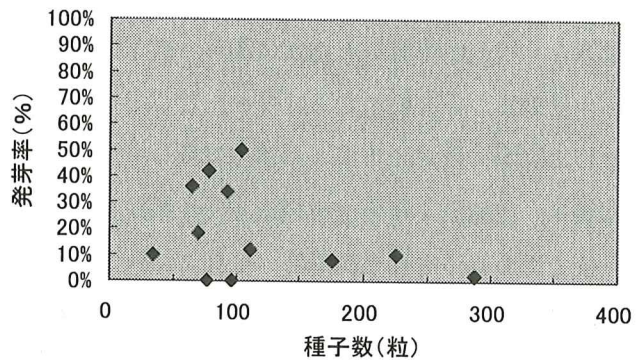


図-1. 種子数と発芽率の関係

3) ミヤマイラクサ

種子の採取は、10月中旬に行った。種子は、採取後直ちに外気を通じたガラス温室内におき、約2か月間半日陰条件下で自然乾燥を行った。乾燥した種子は、トレイ上に広げてよく手揉みし、苞、アラなどを除いた後、フィルムケースに入れて冷蔵庫内（4℃）に保存した。なお、保存に際して特に水浸、選別などの操作は行わなかった。

（1）浸水処理日数

乾燥後約半年間4℃の低温下においた種子を用い、播種前の浸水処理日数の違いが発芽におよぼす影響を調べた。その結果、浸水処理日数が半日（0.5日）の場合の発芽率は8%と低かったが、1および7日間の処理ではそれぞれ32、34%と大差なく、1日以上処理することによっておおむね良好な発芽を得られることが判明した（表-5）。これにより、ミヤマイラクサの発芽

表-5. 浸水処理日数がミヤマイラクサ種子発芽におよぼす影響

浸水処理日数 (日)	種子発芽率 (%)
0.5	8 (4/50)
1	32 (16/50)
7	34 (17/50)

注：（ ）内は、発芽数／供試数を示す。

* 供試時まで4℃で保存した。

に適した浸水処理日数は、2, 3日と判断した。

(2) 種子の保存性

ミヤマイラクサ種子についても、モミジガサと同様に乾燥後4℃(冷蔵)条件下にて保存し、2カ月(採取後4カ月)、半年(同8カ月)および1年(同14カ月)後に発芽率を調べた。試験に先立ち、採取直後および2カ月間自然温度条件下で乾燥した後の発芽率も調査し、結果を表-6に示した。

採取直後のミヤマイラクサ種子に発芽はみられなかった。乾燥直後の種子発芽率は、58%と最も高く、次いで保存2カ月後42%、半年後32%および1年後14%と期間が経つにつれ徐々に低下した。乾燥直後の種子は、乾燥処理中の2カ月(12月中旬まで)間、自然の低温下におかれて休眠が打破された結果によるものと思われ、このことから

種子発芽にはモミジガサ同様に低温処理が必要であることが判明したが、その後の保存期間が長くなると、発芽率が低下することから、ミヤマイラクサ種子もモミジガサ同様に中長期的な保存に耐えない難貯蔵性種子であることが示唆された。

表-6. ミヤマイラクサ種子発芽率の経時変化

保存期間*	種子発芽率(%)
採取直後	0 (0/50)
乾燥後	58 (29/50)
2カ月後	42 (21/50)
半年後	32 (16/50)
1年後	14 (7/50)

注:()内は、発芽数/供試数を示す。

* 4℃で保存した。

3) ギョウジャニンニク

種子の採取は8月上旬に行った。種子は、採取から約2カ月間温室の半日陰条件下で自然乾燥を行った。乾燥した種子は、フィルムケースに入れて冷蔵庫内(4℃)に保存した。なお、保存に際して特に水浸、選別などの操作は行わなかった。

(1) 種子の保存性

採取2カ月後のギョウジャニンニク種子、また、これを4℃条件下に保存し、半年および2年後にそれぞれの種子発芽率を調査した。浸水処理はいずれも1週間とした。結果を表-7に示した。

ギョウジャニンニク種子は、採取後比較的早いうちに20℃暗条件下に播種することで5週後には9割以上の種子が発芽したという報告例⁽¹⁾があるが、今回試験した採取2カ月後の種子発芽率は76%とやや低下しており、発芽も播種から8週目によりやくそろった。

出澤(1999, 1)によると、ギョウジャニンニクの種子の発芽最適条件は、暗状態で温度20℃前後の狭い範囲にあり、長期間の湿式低温処理は、発芽を遅延させることを指摘しているが、これより今回みられた発芽率の低下は、水浸処理に原因があると推察された。

この種子は、4℃保存により半年後の発芽率に変化はみられず、また、2年後でも播種からおよそ8週目で48%の発芽率を維持していた。したがって、種子の発芽能の低下は、緩やかに進行するため、比較的長期の保存に耐えられるものと思われた。

表-7. ギョウジャニンニク種子発芽率の経時変化

保存期間*	種子発芽率(%)
2カ月後	76 (19/25)
半年後	76 (19/25)
2年後	48 (12/25)

注:()内は、発芽数/供試数を示す。

* 4℃で保存した。

(2) 芽生えの成長

ギョウジャニンニクにおける栽培上の問題は、実生から成株を養成する期間が長く、およそ5～8年を要することである。試験は、育苗期間の短縮化をねらいとして、種子採取2カ月後に(1)の発芽試験と同じ条件でシャーレに播種を行い、得た芽生えをバーミキュライトを用土とした育苗用ポリポットに植え、人工気象器内で育苗試験を行った。

試験条件の設定は次により行った。すなわち、試験区1として温度25℃の16時間照明下に2カ月間、および、試験区2として4℃の暗所に1カ月間おいた後、温度25℃の16時間照明下に1カ月間おいて、それぞれ育苗を行った。試験期間中は、市販の液肥(ハイポネクス)の1,000倍液を灌水を兼ねて適宜施した。各試験区に用いた芽生えの供試数は12とした。なお、試験3区は、陽性対照として発芽試験と同様の条件下(温度20℃の暗所)にてシャーレによる培養を継続した。植えつけから2カ月後に胚軸長、根長および主根本数を測定調査し、結果を表-8に示した。

ギョウジャニンニクの芽生えの成長は、試験区1で胚軸長7.5mm、根長34.5mm、主根数1.2本となったが、これは、陽性対照区である試験区3の成長(胚軸長8.7mm、根長38.3mm、主根数1.2)よりも劣っていた。また、試験区2の成長は、胚軸長11.8mm、根長40.4mm、主根数1.7本と3試験区のなかで最も優れていた。この結果から、ギョウジャニンニク芽生えは、成長初期における低温との遭遇によって促される可能性が唆され、自然条件下において8月頃地面に落ちた完熟種子は、気温が発芽最適温度(20℃)に近くなる9月頃になると、秋雨などにより適度な水分にも恵まれ、発芽に都合のよい条件が整って発芽がはじまり、年内に発芽した芽生えは土中で冬の低温刺激をうけ、翌春に成長を開始するものと思われた。今後は、こうした仮説に基づき、温度の寒暖サイクルを制御することにより株の育成期間の短縮化が図れないか検討したい。

表-8. ギョウジャニンニクの育苗試験結果

試験区	試験条件	胚軸長(mm)	根長(mm)	主根数(本)
1	25℃、16L	7.5	34.5	1.2
2	4℃、D→25℃、16L	11.8	40.4	1.7
3	20℃、D	8.7	38.3	1.2

注：表中の数値は平均値を示す。

4) イヌドウナ

種子の採取は、11月中旬に行った。種子は、採取後直ちに外気を通じたガラス温室内におき、約1カ月間半日陰条件下で自然乾燥を行った。乾燥した種子はビニール袋のなかに入れてよく揉み、綿毛、アラなどを除いた後、フィルムケースに入れて冷蔵庫(4℃)に保存した。なお、保存に際して特に水浸、選別などの操作は行わなかった。

(1) 種子の保存性

表-9に種子発芽率の経時変化を示した。浸水期間は1週間とした。なお、今回の試験では、種子消毒を行っていないために雑菌汚染が多く、種子そのものの特性を反映しているとはいえない結果

となった。すなわち、保存前におけるイヌドウナ種子は、乾燥期間中の気温低下によって一部の種子の休眠が打破され、4%の発芽率を示した。しかし、以後保存した種子に発芽率の向上はみられず、3カ月後は発芽率2%に低下し、1年後の種子では発芽がみられなくなった。このことから、イヌドウナ種子は、乾燥によって発芽能が低下してしまうことが推察された。なお、ここではデータを示していないが、イヌドウナ種子を湿らせた状態

で低温（4℃）保存すると、わずか3、4カ月の間に多くの種子が低温処理効果により保存容器内で発芽してしまうことがこれまでに判明しており、その頃に発芽しなかった種子の発芽率は16%であった。試験は、このようなイヌドウナの湿式保存による問題をうけて実施したものであるが、以上の結果からは、

イヌドウナの種子発芽に湿式低温処理が有効であることや、種子の必要以上の乾燥は発芽率の低下を招き、いずれの処理法においても長期保存に耐えないことが明らかとなった。

2. 挿し木、分根による増殖試験

ミヤマイラクサ、イヌドウナの挿し木および分根による増殖試験の結果を表-10に示した。これら一連の試験のなかでは、ミヤマイラクサの分根による増殖の成績が顕著に優れており、いずれの用土においても9割近くの分根から稚苗が得られることが判明した。一方、イヌドウナでは、10%程度の分根しか萌芽しなかった。

挿し木試験においては、管挿し法より天挿し法の成績が優れていた。これを用土別にみると、鹿沼土を用いた区がいずれも5割前後の挿し穂に発根がみられたのに対し、赤玉土ではイヌドウナの天挿し区の発根率が最高で35%にとどまり、それ以外の試験区ではほとんど発根しなかった。

また、バーミキュライトを用土とした挿し木は、ミヤマイラクサの管挿し区しか設定できなかったが、そのなかで結果を比較すると、バーミキュライト区の発根率が25%と、供試した3用土中の成績では最高であった。

表-10. ミヤマイラクサおよびイヌドウナの挿し木、分根による増殖試験結果

山 菜	用 土	天 挿 し	管 挿 し	分 根
ミヤマイラクサ	鹿 沼	50 (10/20)	10 (2/20)	90 (18/20)
	赤 玉	0 (0/20)	5 (1/20)	85 (17/20)
	バーミキュライト	—*	25 (5/20)	90 (18/20)
イヌドウナ	鹿 沼	55 (11/20)	0 (0/20)	10 (3/29)
	赤 沼	35 (7/20)	5 (1/20)	10 (3/29)

注：表中の数値は発根率または萌芽率（発根数または萌芽数／供試数）を示す。

* 試験しなかった

以上の結果から、ミヤマイラクサは、分根法により効率的な増殖を行うことが可能であり、挿し木法においては、鹿沼土またはバーミキュライトを基本とした用土に天挿しを行い、イヌドウナは、鹿沼土を基本とした用土に天挿しを行うことにより、それぞれ増殖できることが明らかとなった。なお、今回の試験では、発根促進剤としてオキシベロン（1%インドール酪酸液剤）処理による効用も調べてみたが、その結果は、ミヤマイラクサの管挿しによる成績（用土：鹿沼土、発根率35%）にみられた効果を除くと、残りのほとんどの試験区の発根に対し、阻害的な作用しか示さなかった（3）ため、ここでは割愛した。

IV. おわりに

本研究では、県内でも広く収穫されていて、かつ、なじみ深い山菜として、モミジガサ、ミヤマイラクサ、ギョウジャニンニクおよびイヌドウナの4品目に着目し、これらの栽培技術の普及に資するため、増殖に関する試験を実施した。

山菜の増殖には、種子（実生）、株分け、分根および挿し木などの方法があるが、なかでも種子の「採りまき」による実生繁殖がとりわけ効率的な増殖法としてこれまで推奨されてきた。しかし、山菜は、野菜と異なり、種子を「いつ採取し、どのような処理を行い、どのような場所に、いつごろ、どのようにまけば」よいのか、さらに、「どのような条件で、どれくらい（の期間）保存できる」のか、などといった現場サイドから寄せられる具体的な問い合わせに対し、回答しうる資料や研究報告例が非常に少ないのが現状である。このようなことから、今回は、まず発芽試験を主体に4山菜種子の特性把握に取り組んだ。

試験の結果、モミジガサ、ミヤマイラクサおよびイヌドウナの種子は、長期保存に耐えない難貯蔵性種子であることが判明するとともに、モミジガサでは、優れた増殖能をもつ系統選抜の必要性が示唆されたが、これらのことは、依然として実生を主体とする昨今の山菜の増殖法に様々な面から再考を促すものと思われる。また、山菜の消費需要の動向として、将来、斉一で高品質のものが求められることは十分に考えられるが、そのためには、良質な系統を選抜・保存し、遺伝的に固定化するなど育種上の取り組みが必要であり、従来の手法では対応が難しいことはいうまでもない。

これまで、山菜の増殖に関する研究は、単純に「大量の苗が得られればよい」という視点からの技術開発にとどまっていた。しかし、本研究により得た知見から総合的に考察すると、今後は「系統の選抜と保存」も考慮した増殖技術を確立する必要がある。

引用文献

- （1）出澤文武（1999）ギョウジャニンニクの発芽特性の解明．特産情報きのこetc. 5月号：58-60.
- （2）川村泰史（1992）モミジガサの葉切片からの植物体再生．農耕と園藝 10月号：46-47.
- （3）佐藤博文（1999）山菜栽培の高生産技術の開発．秋田県森林技術センター業務報告：40-42.
- （4）佐竹義輔・大井次三郎ほか編（1981）日本の野生植物 草本Ⅲ合弁花類．平凡社，東京.
- （5）穴戸一浩・青野茂・白田康之（1995）組織培養による優良個体の増殖技術の開発 ―組織培養

による山菜の大量増殖試験－. 福島県林業試験場研究報告 第27号 : 59-74.

(6) 畠恵司・石川匡子・堀一之(1998) 秋田県産食用山菜に含まれるヒト白血病細胞株 (HL-60)

に対する分化誘導活性. Natural Medicines 52(3) : 269-272.

(7) 松田孫治(1979) 秋田県産 植物地方名考. 米内沢中央印刷所, 秋田.

(8) 吉岡康隆(1993) しどけ＝これで高収益が期待できる＝. 川口印刷工業(株), 岩手.

スギ、ブナ混交林における土壌表層部の理化学性と雨水の影響

澤 田 智 志

Differences of soil properties between sugi and beech forests from the effect of acid rain

Satoshi SAWATA

要 旨

秋田の森林を代表するスギ林とブナ林の生態系がどのような現状にあり、かつ森林を構成する樹種による生態系への影響を明らかにするために、スギとブナの混交林、スギ林およびブナ林で林分調査および土壌調査を行った。土壌表層部の理化学性を比較すると、混交林内ではスギの立木密度が高くなるとスギのリターの量も多くなり、A₀層に多量のカルシウムなどの塩基を供給し、土壌表層部の塩基飽和度が上昇して土壌 pH は上昇した。幹からの距離別に土壌表層部の pH を測定したところ、樹幹流の酸性が強いと指摘されているスギで土壌を酸性化するというような分析結果は得られなかった。ブナの樹冠下でリターによる有機物の供給はあるものの、落葉中の塩基含有量が低く、土壌の塩基飽和度も上がらないため、土壌 pH は低下した。このように、土壌表層部の理化学性は標高や気候などの環境要因よりも、上木を構成する樹種とその立木密度に影響を受けているものと判断された。樹幹流、林内雨などの影響に関しては、スギの樹幹流は確かに強酸性であったものの、樹幹流として土壌に流れ出る量は少なく、むしろ酸性の弱い林内雨の方が多く土壌に供給されていることが明らかとなった。ブナの樹幹流はスギや他の樹種に比べて10倍以上多く、カリウムを多く含んでいたが、土壌の酸性を中和するほどの効果とならずには現れなかった。このことから、樹幹流の土壌への影響を検討すると、ブナでは樹幹近傍ほどカチオン量が多かった土壌分析結果と一致しており、スギでも樹冠近傍しかその影響が現れなかった分析結果を支持する結果が得られた。

I. はじめに

森林が成立するなかで、長期間におよぶ落葉落枝（リター）の蓄積とその分解を通じて土壌に有機物が供給される。こうしたリターを通じての物質の循環は、同じ針葉樹でもスギとヒノキでは土壌表層部の理化学性に違いをもたらすことがすでに報告されている（4）。これらの林分間では供給されるリターの量、成分含有率およびリターの分解様式の差異が土壌表層部の理化学性の差となって現れたことが明らかになっている（5）。

近年の樹幹流などの研究（3, 6, 7）から、スギ等針葉樹の樹幹流の pH は低く、ブナ等の広葉樹のそれは中性に近いため、広葉樹林の土壌表層部の pH は高いものと考えられることがあるが、スギのように樹幹流の酸性が強い場合でもその影響を林分として面的にとらえた場合、その酸性が及ぶ範囲はせいぜい立木の幹から直径 1 m 程度の範囲にすぎないことが報告されている（1, 2）。そこ

で、本研究では秋田地方に成立するスギ林とブナ林、および両樹種の混交林での土壌の理化学性を調べることによって、土壌表層部の理化学性がスギとブナでどのように異なっているのかについて調査し、さらに雨水と樹幹流の量と成分を分析することにより、土壌への影響因子としての樹幹流等雨水の寄与度を測定することを目的とした。なお、本研究は県単事業「森林生態系の保全と地力維持技術に関する研究（平成9年～12年）」の一環として行われたものである。

II. 調査地の概要と調査方法

1. 調査地の概要

秋田県仙北郡田沢湖町田沢のスギ林、田沢湖町駒ヶ岳のブナ林、角館町中川の混交林の3カ所（写真－1）に調査地を設定した。各調査地の標高は、スギ林が320m、ブナ林が690m、混交林が90mとなっている。林分の傾斜はいずれも0～10度の平坦な斜面もしくは台地の上に位置し、林齢は、スギ林が約190年生、ブナ林は約90年生となっており、混交林は100年生以上と推定される。混交林の上層木はスギ、ブナ、クリ、コナラ、アカマツの5樹種で構成されている。調査地の土壌は、土地分類基本調査によれば、スギ林と混交林はそれぞれ黒ボク土壌「尻高沢統、角館統」に分類され、厚層多腐植質黒ボク土であり、ブナ林は暗色系褐色森林土壌「櫃森2統」に分類されるが、林野土壌分類では褐色森林土B_o型に分類される。

混交林に近い角館気象観測所の過去5年間の気象は最低が－1度、最高が23度で、年間の降水量は2,066mmで、夏と冬に降水量が多い冷涼な日本海型気候となっている。

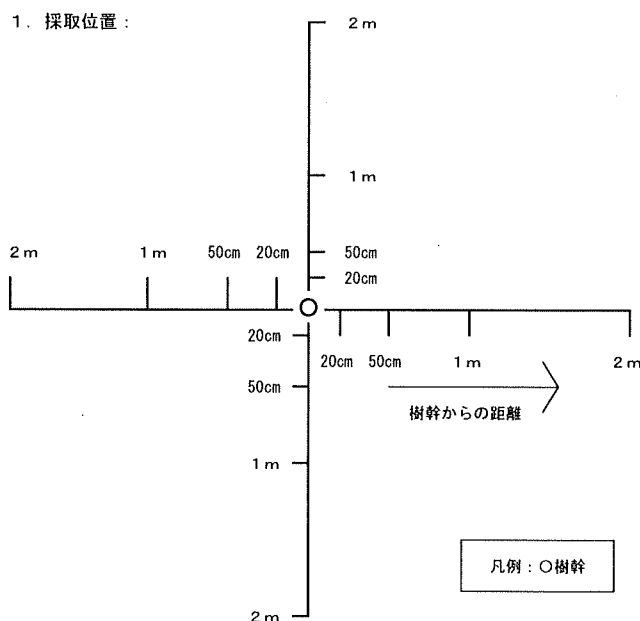
2. 調査方法

混交林では林内に30m×40mの調査地を設け、調査地内の立木の樹高、胸高直径の毎木調査と林分の樹冠投影図を作成した。混交林では土壌断面の観察と層位別の土壌採取を行い、調査地内の上層木12本については図－1に示したように、幹から4方向に幹からの距離がそれぞれ20cm、50cm、1m、2mの位置で、表層部0～10cm深の土壌を採取した。また、一部の樹冠下では表層から20cm深まで5cm間隔で土壌を採取し分析に供した。スギ林、ブナ林では土壌断面調査を行い、土壌試料を表層部から20cm深までは5～10cm間隔で、それ以下についてはスギ林では20cm深から50cm深までは10cm間隔で深さ別に、またブナ林では層位別に土壌を採取し、分析に供した。また、混交林では土壌試料を採取した付近で1m×1mの方形区を10カ所設けてA_o層を採取した。

混交林内の上層木8本について樹幹流採取装置（ウレタンラバー製）を巻き付け溶液を採取し、雨水は直径30cmの円形漏斗を用いた雨水採取装置を林外とスギ、ブナ樹冠下にそれぞれ2箇所ずつ設置し溶液を採取した（写真2、3）。採取した溶液の量は現地で測定し、一部サンプルを実験室に持ち帰り、分析に供した。溶液は1997年9月から1998年9月までの1ヶ年間採取し、凍結する冬季間の採取は行わなかった。

3. 分析方法

土壌試料は風乾後、2mmのふるいを通し分析に供した。A_o層試料の乾物重は24～48時間85℃で通風乾燥して求めた。土壌のpHはガラス電極法、陽イオン交換容量はシャーレンベルガー法、全炭素



2. 採取方法：木の樹幹から20cm、50cm、1m、2mの距離の位置で表層から0～10cm深の土壌を4方向に採取し、距離別に1つにまとめて分析に供した。

図－1. 土壌の採取方法と分析方法

および全窒素はCNコーダー（ヤナコ製）、A₀層の全陽イオン量は湿式灰化法により測定した。

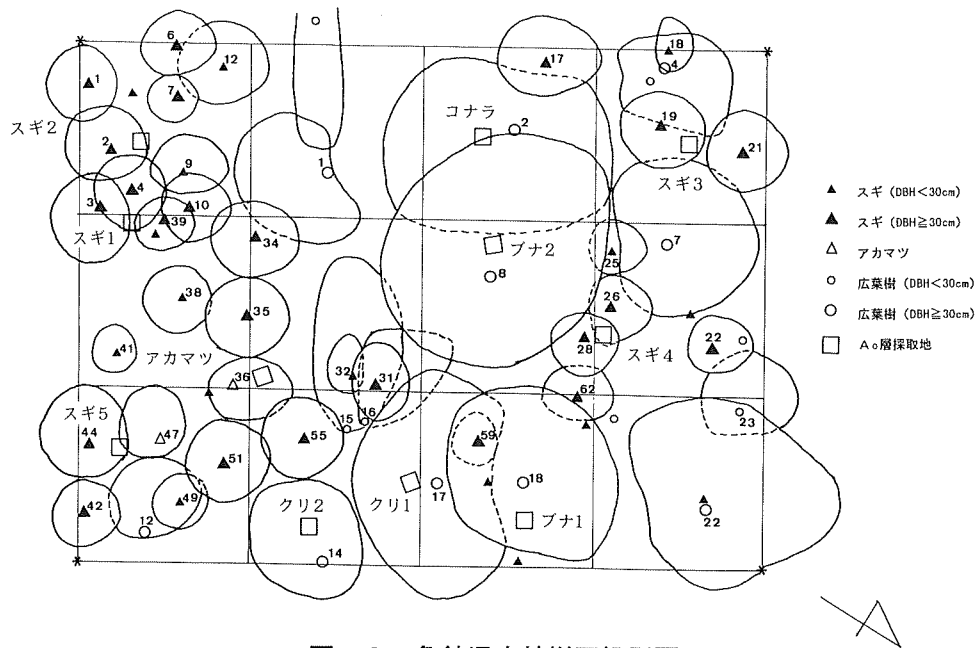
採取した溶液はろ紙でろ過した後、pHはpHメーター、ECは導電率計、Ca、Mg、K、Naは原子吸光光度計、NH₄⁺はインドフェノール法、Cl⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマトグラフィー（DIONEX製DX-120型）で分析を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. 混交林分の概況および土壌断面の概要

混交林では樹高および胸高直径の毎木調査を行い、その結果の概要を表－1に、林内の立木位置と樹冠投影結果を図－2に示した。調査地内の立木密度は約700本/haで、そのうちスギが約73%を占め、ついでコナラ、クリ、ブナ、アカマツとなっている。胸高直径30cm以上の上層木と比較すると、若干広葉樹の本数割合が多くなり、スギの本数割合は66%程度となった。しかしながら樹冠投影面積で比較すると、スギは344m²なのに対し、広葉樹は598m²となり、林分内でのスギ林冠割合は小さくなっていた。上層木の樹高は樹種にかかわらず25～30mで、スギ、広葉樹いずれも50cm前後の胸高直径をもつ大径木も存在する林分となっている。田沢湖町にあるスギ林は傾斜10度前後の平衡斜面に位置し、立木の平均樹高、平均胸高直径および立木密度はそれぞれ43m、66.8cm、250本/haであった。一方ブナ林は傾斜0度の平坦地に位置し、平均樹高、平均胸高直径および立木密度はそれぞれ25m、30cm、435本/haであった。

混交林の土壌は表層部から約50cm深まで黒～黒褐色のA₁層で、このA₁層の土質は壤土～埴壌土、ち密度が0～14mmの比較的柔らかい土層となっている。A₁層の下は褐色のB層が続いており、土性が重埴土で、ち密度も15～20mmと粘質で硬めの層となっている。土壌表層部には弱度の団粒状構造が



図－2．角館混交林樹冠投影図

表－1．調査林分の概要

サイズ：40m×30m

樹種	平均樹高 (m)	平均DBH (cm)	平均枝下高 (m)	立木密度 (木/ha)	DBH30cm以上の上草木			
					樹高	DBH	枝下高	立木密度
スギ	19.4	25.3	6.0	508	28.0	37.1	8.9	192
ブナ	20.2	33.0	4.3	50	26.3	51.7	3.6	25
クリ	21.0	32.2	9.1	58	21.5	40.4	8.9	33
コナラ	20.3	30.2	8.6	67	23.0	46.2	8.4	25
アカマツ	25.0	35.0	15.5	17	25.0	35.0	15.5	17
アカシデ	17.0	16.5	4.5	8	—	—	—	0
ウリハダカエデ	22.0	25.5	8.0	8	—	—	—	0
合計				716				292

発達しているものの、A1層は全般的に構造は細粒状、B層は壁状となっている。スギ林では表層部から35cm深までが黒色のA1層で、以下黒褐色のA3層へと続いており、土壌表層部には団粒状構造が発達していた。ブナ林では表層部から25cm深までが黒褐色のA1層で、以下暗褐色のB層へと続いており、土壌表層部は粒状構造となっている。

2. 混交林土壌断面の理化学性

混交林調査地の林冠疎開地で土壌調査を行い、採取した試料の分析結果を表－2に示した。本調査地のA1層(A11～A13層)は黒～黒褐色で、全炭素量は13.86～5.44%、A1層のCECは大きい。

表－2．調査地土壌の一般理化学性

採取地名	層位	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	pH (H ₂ O)	CEC	交換性陽イオン*				B.S. (%)
							Ca	Mg	K	Na	
角館混公林 (土壌断面調査地)	A11	13.86	0.78	17.82	4.33	46.80	2.14	0.85	0.51	0.12	7.72
	A12	8.81	0.46	19.15	4.55	36.69	0.12	0.19	0.14	0.18	1.73
	A13	5.44	0.27	19.96	4.52	27.84	0.06	0.08	0.15	0.16	1.64
	B	0.53	0.05	11.44	4.67	10.49	0.09	0.23	0.19	0.26	7.45

* cmol(+)kg⁻¹

林冠疎開地の最表層部（A11層）の交換性カルシウムは $2.14\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ と少なく、下層はさらに少なかった。最表層部の塩基飽和度は7.7%で、下層はさらに低かった。したがって土壌 pH も表層部で4.3、深さ50cm以下の所で4.6と上層から下層まで酸性が強く、塩基に乏しい状態が本調査地土壌の特徴である。

3. 混交林での樹種別土壌の理化学性

調査地内全12カ所における樹幹近傍の土壌の分析結果を表-3に示した。土壌の採取はスギ樹冠下6カ所、ブナ樹冠下2カ所、クリ樹冠下2カ所、コナラ、アカマツ樹冠下各1カ所で行った。

表-3. 土壌採取地の一般理化学性とA₀層採取地

採取地名	樹幹からの距離	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	pH (H ₂ O)	CEC *	交換性陽イオン *				B.S. (%)	対応するA ₀ 層
							Ca	Mg	K	Na		
スギ 3	20cm	11.92	0.64	18.56	5.34	50.90	22.95	3.40	0.67	0.23	53.56	スギ No. 1
	50cm	13.59	0.73	18.75	5.37	56.39	25.64	3.72	0.74	0.23	53.79	
	1 m	13.28	0.72	18.50	5.39	58.26	29.04	4.38	0.70	0.25	58.99	
	2 m	12.19	0.69	17.65	5.32	52.57	21.49	3.73	0.73	0.17	46.68	
スギ 4	20cm	15.15	0.76	19.87	5.47	58.85	33.68	3.41	0.78	0.18	64.65	スギ No. 2
	50cm	15.23	0.79	19.32	5.36	61.36	64.72	3.99	0.70	0.17	64.52	
	1 m	14.94	0.78	19.27	5.45	61.75	35.79	4.35	0.66	0.15	66.33	
	2 m	16.00	0.83	19.36	5.25	57.79	28.88	3.80	0.55	0.15	57.75	
スギ 7	20cm	12.63	0.67	18.93	5.09	51.46	15.88	2.37	0.66	0.18	37.10	スギ No. 3
	50cm	12.89	0.69	18.73	5.09	54.34	15.72	2.78	0.85	0.19	35.94	
	1 m	14.17	0.77	18.38	4.82	55.79	10.94	2.26	0.58	0.20	25.06	
	2 m	13.76	0.75	18.46	5.05	53.92	15.61	3.08	0.74	0.17	36.35	
スギ 21	20cm	10.35	0.56	18.65	4.28	38.93	1.51	0.65	0.38	0.18	6.97	スギ No. 4
	50cm	10.27	0.59	17.41	4.47	37.32	1.46	0.74	0.38	0.17	7.37	
	1 m	10.43	0.59	17.71	4.46	36.27	1.38	0.68	0.30	0.15	6.91	
	2 m	9.95	0.56	17.91	4.54	34.04	1.75	0.79	0.37	0.14	8.94	
スギ 28	20cm	18.11	0.94	19.23	4.17	64.79	3.31	1.56	0.59	0.29	8.87	スギ No. 5
	50cm	17.46	0.92	18.95	4.09	61.85	2.23	1.57	0.55	0.24	7.42	
	1 m	15.67	0.84	18.68	4.42	54.32	1.86	1.09	0.46	0.20	6.63	
	2 m	12.59	0.67	18.79	4.41	46.47	0.97	0.73	0.38	0.16	4.82	
スギ 44	20cm	10.06	0.58	17.42	4.72	42.04	10.23	1.41	0.45	0.16	29.14	スギ No. 6
	50cm	9.60	0.57	16.93	4.78	40.92	10.75	1.76	0.40	0.17	31.95	
	1 m	10.08	0.60	16.71	4.59	38.45	7.61	1.33	0.39	0.13	24.63	
	2 m	9.64	0.56	17.29	4.71	36.32	8.45	1.24	0.40	0.09	28.03	
ブナ 18	20cm	29.46	1.51	19.52	4.19	74.42	13.55	4.18	0.85	0.21	25.24	ブナ No. 1
	50cm	24.59	1.25	19.67	4.18	64.09	8.29	3.16	0.73	0.30	19.47	
	1 m	14.04	0.72	19.41	4.26	50.50	1.96	0.93	0.40	0.18	6.86	
	2 m	17.08	0.90	19.05	4.15	56.63	2.62	1.34	0.42	0.20	8.09	
ブナ 8	20cm	30.89	1.68	18.39	4.24	76.47	15.33	5.75	1.06	0.24	29.26	ブナ No. 2
	50cm	31.15	1.63	19.11	4.07	80.83	12.55	5.10	0.85	0.28	23.23	
	1 m	18.22	1.02	17.84	4.23	60.20	4.55	2.27	0.73	0.17	12.82	
	2 m	15.24	0.85	17.96	4.23	52.97	2.85	1.49	0.57	0.20	9.62	
クリ 17	20cm	14.80	0.85	17.48	4.48	52.30	3.04	1.06	0.76	0.12	9.51	クリ No. 1
	50cm	15.98	0.90	17.69	4.54	58.05	4.72	1.51	0.85	0.16	12.47	
	1 m	16.82	0.92	18.21	4.53	58.20	6.24	1.66	0.81	0.15	15.24	
	2 m	14.87	0.86	17.28	4.39	52.25	2.89	1.22	0.66	0.16	9.43	
クリ 14	20cm	15.84	0.83	19.19	4.60	53.70	9.27	1.57	0.77	0.18	21.95	クリ No. 2
	50cm	12.05	0.68	17.73	4.52	47.27	3.31	0.94	0.47	0.09	10.17	
	1 m	11.80	0.67	17.72	4.65	43.20	3.73	0.99	0.56	0.11	12.46	
	2 m	10.84	0.64	17.06	4.69	40.07	3.52	0.96	0.53	0.07	12.66	
コナラ 2	20cm	15.55	0.84	18.41	4.72	51.28	8.91	2.74	1.01	0.29	25.25	コナラ No. 1
	50cm	17.55	0.96	18.25	4.65	53.42	8.29	2.54	0.78	0.24	22.19	
	1 m	15.79	0.85	18.47	4.61	52.93	6.87	2.50	0.67	0.23	19.22	
	2 m	14.89	0.85	17.46	4.53	53.24	3.67	1.58	0.65	0.13	11.34	
アカマツ 36	20cm	12.29	0.63	19.40	4.35	46.11	3.69	1.23	0.58	0.20	12.37	マツ No. 1
	50cm	12.98	0.67	19.43	4.35	47.90	3.26	1.15	0.50	0.17	10.61	
	1 m	10.23	0.62	16.63	4.55	40.57	2.64	1.09	0.46	0.13	10.66	
	2 m	9.60	0.56	17.09	4.42	41.57	1.86	0.97	0.37	0.12	7.99	

* $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$

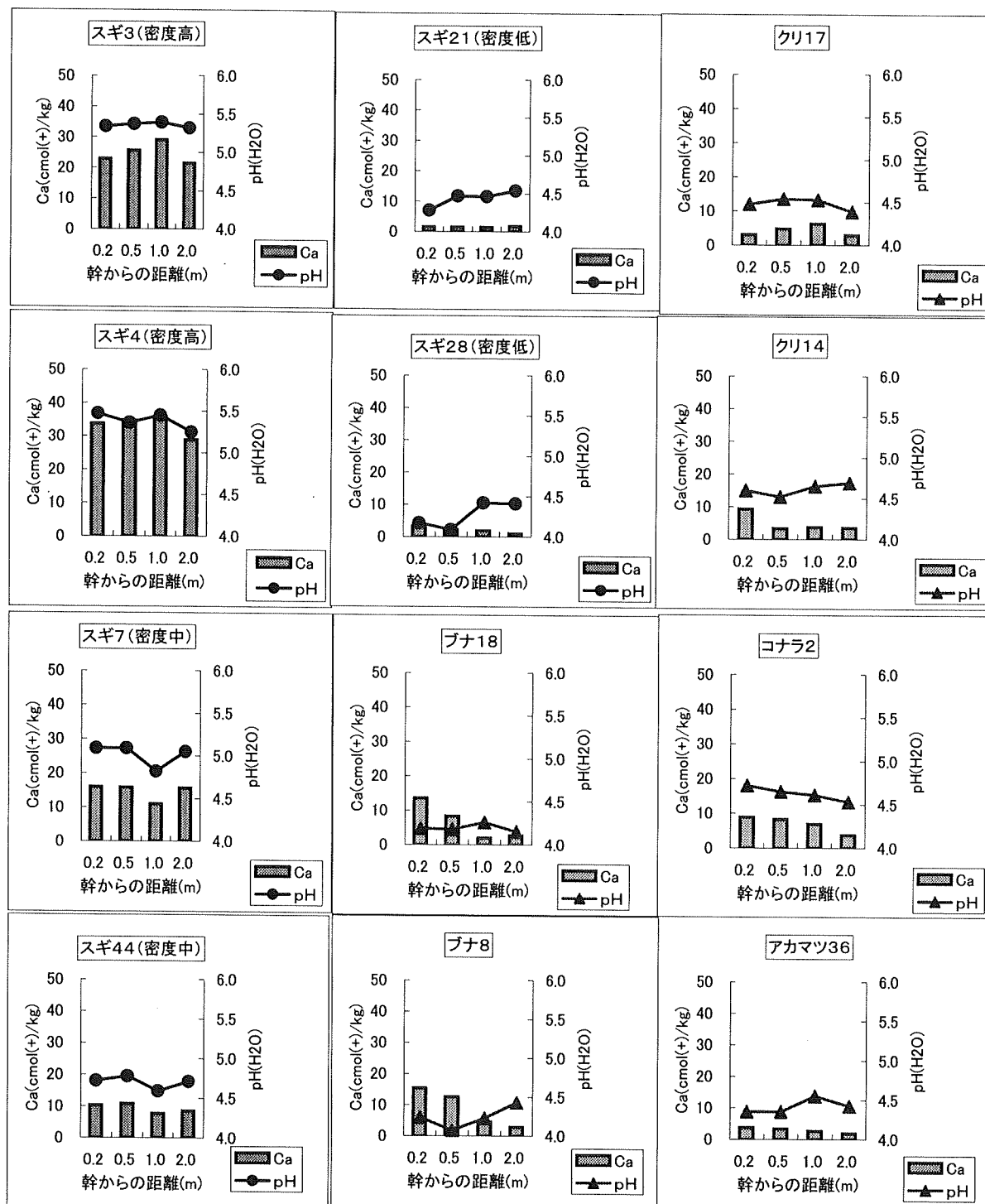


図-3. 幹からの距離別土壌 pH と交換性カルシウム含量の関係

図-3にはこの12カ所の pH と交換性カルシウムの関係を表してみたが、スギ樹冠下では幹からの距離で比較した場合、樹幹近傍も、樹幹から1～2 mと一定距離離れた所も交換性塩基や塩基飽和度、pH に樹幹近傍ほど pH が低くなるような明らかな傾向は認められなかった。しかしながら採取地別に比較すると、スギ3および4では土壌表層部(0-10cm)深で樹幹部からの距離に関係なく交換性カルシウムが多く21.49～35.79cmol(+) kg^{-1} 、塩基飽和度は49.68～66.33%で高かったのに対して、スギ21および28土壌は交換性カルシウムが0.97～3.31cmol(+) kg^{-1} で塩基の蓄積に乏しく、したがっ

て塩基飽和度は4.82～8.94%で低かった。スギ7および44土壌は交換性カルシウム含量や塩基飽和度は両者の中間の値を示した。

この交換性カルシウムの蓄積と塩基飽和度の差がpHにも反映した。塩基の蓄積量の多いスギ3および4の土壌表層部のpHは5.25～5.47であったのに対して塩基の蓄積量の少なかったスギ21および28の土壌表層部のpHは4.09～4.54でpHが約1低かった。塩基の蓄積量が中間的な値を示したスギ7および44の土壌表層部のpHは4.59～5.09となり、pHに関しても両者の中間の値を示した。

ブナの樹冠下2カ所の土壌表層部の交換性カルシウムは、樹幹からの距離20～50cm部位で8.29～15.33cmol(+)kg⁻¹であるのに対し、1～2m部位では4.55～1.96cmol(+)kg⁻¹となり少なかった。交換性のマグネシウムおよびカリウムについてもカルシウムと同じ傾向にあった。CECと塩基飽和度は樹幹近傍の方が幹から離れた所よりも高かった。ブナ樹冠下の土壌pHは、樹幹近傍で4.07～4.24、樹幹から離れたところで4.15～4.43と両者の間に交換性カルシウム等の塩基や塩基飽和度のような傾向は認められなかった。この原因としては、全炭素量を見てみると、樹幹近傍では24.59～31.15%なのに対し、樹幹から離れたところでは14.04～18.22%と全炭素量に約2倍の差が認められるほどブナ樹幹近傍の土壌表層部には多量に未分解の有機物が蓄積するために塩基飽和度が上昇しても、土壌のpHは上がらなかったものと考えられる。

クリ、コナラおよびアカマツの樹冠下の表層土壌に関しては、交換性カルシウムは1.86～9.27cmol(+) / kgと少なく、他の交換性塩基についても同様の傾向にあり、塩基飽和度も低くなっていた。しかしながら土壌pHは4.35～4.72とスギほど高くはないものの、ブナよりは高い値となっていた。

4. 混交林の立木密度とA_o層量

本調査地内の草本およびA_o層の乾物量を表-4に示した。各採取地は樹冠投影図の各位置に対応しており、採取した試料のL層は葉と枝に、L層の葉はスギ、広葉樹、マツ、ブナ等の実にさらに細分した。

本調査地の草本層の乾物量は0.00～1.57ton/ha、A_o層のL、FおよびH層の乾物量はそれぞれ6.86～19.72、1.68～7.84、0.77～4.00ton/haであった。

樹種別に比較すると、ブナ、スギ、クリ・マツおよびコナラ樹冠下のA_o層量はそれぞれ19.07～24.96、10.00～26.60、17.69～18.15、27.38ton/haであった。コナラ樹冠下でA_o層量が他の調査地よりも多かったのは、A_o層中に枝が多かったのが原因である。スギ樹冠下でA_o層の現存量に2倍以上の差があったのは、スギA_o層1および5のように25ton前後のA_o層が蓄積している所では100平方メートル当たり胸高直径30cm以上の立木密度は500～800本/haとなっているのに対し、スギA_o層3および4のようにA_o層量が10～14tonと少ないところの立木密度は300本/haとなっており、スギ林下では上層木の密度がA_o層の現存量に影響したものと考えられる。広葉樹の樹冠下の場合、小面積での立木密度が少なくても、1本当たりの樹冠占有面積が大きいために、A_o層量は17ton以上と多かった。

L層については、スギ葉、広葉樹葉、マツ葉、ブナ等の実、枝に細分して乾物重を測定した。ブナの樹冠下のA_o層では、広葉樹葉が4.31、6.87tonと多く、ブナの実も0.91、1.92tonと多かった。スギ

表－4. 混交林のA₀層量

単位：t/ha

採取地	草本	L層					F層	H層	A ₀ 層合計
		スギ葉	広葉樹葉	マツ葉	実	枝			
ブナA ₀ 1	0.12	0.45	4.31	0.00	1.92	7.31	4.31	0.77	19.07
ブナA ₀ 2	0.19	1.98	6.87	0.00	0.91	8.19	5.78	1.23	24.96
スギA ₀ 1	0.67	5.66	1.81	0.00	0.03	7.47	7.58	2.07	24.62
スギA ₀ 2	0.68	3.85	1.90	0.00	0.05	3.31	2.73	1.99	13.83
スギA ₀ 3	0.00	2.97	1.89	0.00	0.08	1.92	1.68	1.46	10.00
スギA ₀ 4	0.51	1.48	2.30	0.00	0.05	5.55	2.30	2.22	13.90
スギA ₀ 5	0.00	4.13	1.94	0.00	0.04	8.65	7.84	4.00	26.60
マツA ₀ 1	1.57	2.01	3.42	0.46	0.09	6.15	4.99	0.91	18.03
クリA ₀ 1	1.42	0.94	3.55	0.00	0.37	7.45	3.53	1.85	17.69
クリA ₀ 2	0.00	0.23	3.27	0.00	0.01	5.88	3.03	3.73	18.15
コナラA ₀ 1	0.00	3.30	4.36	0.00	0.19	11.87	4.68	2.98	27.38

(注) 採取地のサイズ：1 m × 1 m

葉は0.45, 1.98tonと少なかった。クリやコナラの樹冠下も広葉樹葉が3.27～4.36ton, スギ葉が0.94～3.30tonと広葉樹葉の割合が多かった。L層中の実の量に関しては0.01～0.37tonとブナほど多くはなかった。スギ樹冠下のA₀層中のL層では, スギA₀層1および5のようにスギ葉が5.66, 4.13tonと多いものと, スギA₀層3および4のようにスギ葉が2.97, 1.48tonと少ないものに分かれた。マツは単木的に狭い樹冠幅で成立していたため, マツ樹冠下のL層中のマツ葉量も0.46tonと少なかった。

前述の土壌表層部の理化学性を立木密度, A₀層量の関係で比較すると, スギに関してはスギ3および4の土壌のある林分はスギの密度が高く, 特にL層中のスギ落葉の割合が多く, かつA₀層量も25ton前後と多かったのに対し, スギ21および28の土壌のある林分のようにスギの密度の低い所ではL層中のスギ落葉量が少なくかつA₀層量が少なかった。このように, 同じスギ樹冠下でも場所によって土壌表層部におけるpHや交換性カルシウムなどの理化学性に差異をもたらしたのは, A₀層量, その中でもスギ葉の割合の差が影響していると考えられる。

5. 混交林A₀層各部の無機塩基量

A₀層採取地スギ1 (スギ密集区), スギ3 (スギ疎立区), ブナ1およびクリ1の4カ所で採取したA₀層のカルシウム, マグネシウムおよびカリウム含有量を測定し, 表－5に示した。L層のカルシウム含有量はスギ, 広葉樹いずれも北関東で著者らが行った結果(5)よりも低かった。しかしながら, L層内でもスギの落葉のカルシウム量(9.35～13.65g/kg)はブナやクリ樹冠下の広葉樹葉のカルシウム量(6.94～11.28g/kg)よりも多かった。同様にスギ1ではF層11.34g/kg, H層9.52g/kgとなっており, ブナ1やクリ1のF層5.29～5.74g/kg, H層3.58～4.37g/kgに比べるとその差は2倍もしくはそれ以上となり, 落葉の分解が進むにつれて広がる傾向が認められた。

マグネシウムやカリウムに関してはカルシウムのような顕著な傾向は認められなかったものの, ブナはスギやクリに比べて分解が進むほど含有率の少ない傾向にあった。このようにA₀層でスギの落

表-5. A₀層の養分量

試料名	サンプル区分	乾燥当たり (g/kg)		
		CaO	MgO	K ₂ O
ブナ A ₀ 1	L層葉スギ	9.35	2.10	1.64
	L層葉広葉樹	7.20	2.36	2.68
	F層	5.29	1.67	1.50
	H層	3.58	2.25	1.65
スギ A ₀ 1 (スギ密集区)	L層葉スギ	13.65	2.87	1.43
	L層葉広葉樹	11.28	3.03	3.02
	F層	11.34	3.41	1.60
	H層	9.52	4.61	2.36
クリ A ₀ 1	L層葉スギ	8.87	2.49	1.96
	L層葉広葉樹	6.94	2.79	2.71
	F層	5.76	3.95	2.79
	H層	4.37	4.70	3.15
スギ A ₀ 3 (スギ疎立区)	L層葉スギ	10.89	2.57	1.56
	L層葉広葉樹	7.26	2.95	2.44
	F層	7.44	2.97	1.97
	H層	4.61	4.36	2.31

葉量とカルシウム含有率の差異によって、単位面積当たりのA₀層中に占めるカルシウム量に関して、さらに大きな差となってスギと広葉樹、特にブナとの総量的な差となって現れたことが解った。

6. 混交林内ブナ、スギ土壌表層部理化学性

ブナとスギの樹冠下でA₀層がそれぞれの樹種の落葉を主として形成され、かつA₀層量も十分多い所で土壌表層部の理化学性をさらに詳しく調べるために、土壌深0～20cmで表層部から深さ別に5cm間隔で樹幹から1m離れた地点の土壌を採取し分析を行い、その結果を表-6に示した。

土壌の全炭素量、全窒素量に関してはブナ、スギ樹冠下とも全炭素が0～5cm深で20.7～21.2%，

表-6. ブナ、スギ樹冠下土壌の一般理化学性 (幹から1mの地点での深さ別サンプリング)

採取地名	深さ	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	pH (H ₂ O)	CEC*	交換性陽イオン*				B.S. (%)
							Ca	Mg	K	Na	
ブナNo.18	0-5	20.70	1.10	18.84	4.07	66.27	6.45	2.69	0.75	0.17	15.17
	5-10	12.29	0.68	17.94	4.09	49.74	1.33	0.85	0.45	0.14	5.60
	10-15	9.12	0.49	18.77	4.26	39.35	0.30	0.34	0.27	0.11	2.62
	15-20	7.44	0.37	19.90	4.30	37.13	0.21	0.26	0.20	0.13	2.17
スギNo.4	0-5	21.21	1.04	20.40	5.50	74.93	44.29	5.40	0.98	0.32	68.05
	5-10	11.04	0.59	18.78	5.36	49.02	20.71	2.91	0.66	0.17	49.88
	10-15	9.22	0.49	18.83	5.04	39.67	7.84	1.56	0.36	0.14	24.98
	15-20	8.85	0.47	18.98	4.74	37.57	4.06	1.06	0.26	0.14	14.68

* cmol(+)kg⁻¹

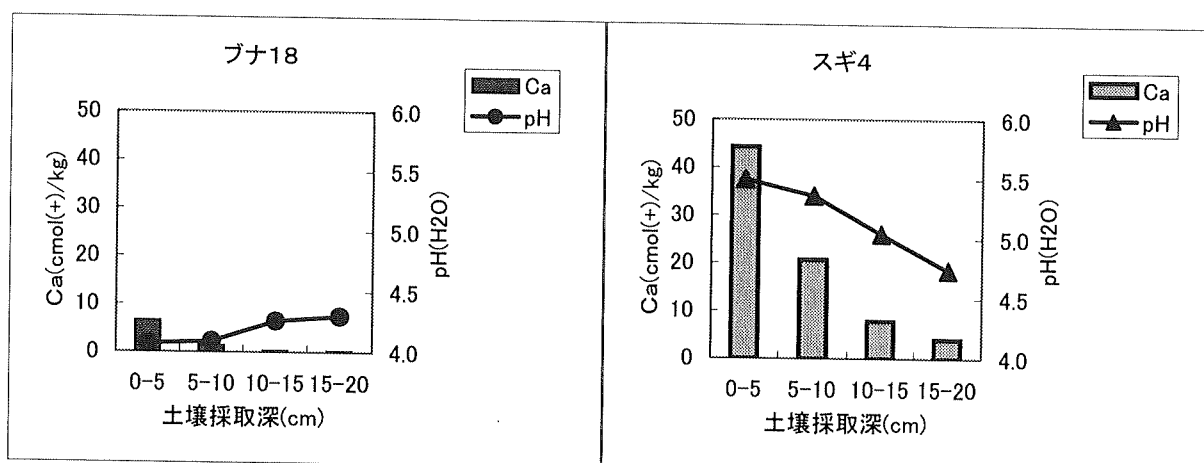


図-4. 土壌深別の pH と交換性カルシウム含量の関係

5-10cm深で11.0~12.3%, 10-15cm深で9.1~9.2%, 15-20cm深で7.4~8.9%と差はなく, CECについても, 0-5cm深で66.27~74.93cmol(+)kg⁻¹, 15-20cm深で37.13~37.57cmol(+)kg⁻¹と両樹種で差はなかった。全窒素量に関しても, ブナ, スギとも0-5cm深で1.04~1.10%, 15-20cm深でも0.37~0.47%と全炭素と同様に両樹種間での差は認められなかった。

図-4にはpHと交換性カルシウムの関係を示したが, 交換性カルシウムに関しては最表層部の0-5cm深でスギは44.29cmol(+)kg⁻¹なのに対し, ブナは6.45cmol(+)kg⁻¹と, 前述の表層部0-10cm深の分析値よりスギ表層部でのカルシウムの蓄積傾向がより顕著に現れた。5-10cm深ではスギは20.71cmol(+)kg⁻¹, ブナは1.33cmol(+)kg⁻¹, 10-20cm深では, スギは7.84~4.06cmol(+)kg⁻¹, ブナは0.30~0.21cmol(+)kg⁻¹となり, スギとブナの樹冠下では土壌の交換性カルシウム量に大きな差が認められた。交換性マグネシウムに関してもブナでは表層部から20cm深まで2.69~0.26cmol(+)kg⁻¹だったのに対し, スギでは5.40~1.06cmol(+)kg⁻¹で, 両者の間に2~3倍の差が認められた。交換性カリウムおよびナトリウムについてもカルシウムやマグネシウムほど顕著ではないものの, 若干スギの方が高かった。

両土壌のCECに大きな違いはなかったが, 主としてカルシウムやマグネシウムが土壌表層部に蓄積していたので, スギでは塩基飽和度が68.05~14.68%となり, ブナの15.17~2.17%に比べると高かった。

スギでは表層部から20cm深までpHは5.50~4.74で, かつ表層部ほど高かったのに対し, ブナでは4.07~4.30となり, むしろ表層部ほど低い傾向を示し, ブナ樹冠下の土壌表層部は酸性化が進んでいた。

7. スギ林, ブナ林土壌の理化学性

田沢湖町のスギ林, ブナ林それぞれの土壌の理化学性分析結果を表-7に示した。両林分の林齢は90年以上の壮齢~老齢林となっている。土壌表層部0-5cm深の全炭素量はスギ林では40%前後なのに対し, ブナ林ではスギ林の約半分程度の21%であり, CECも有機物量が反映して大きく, スギ林では110~124cmol(+)kg⁻¹, ブナ林ではスギ林の約半分の52cmol(+)kg⁻¹であった。全窒素量も,

表-7. スギ林, ブナ林の土壌の一般理化学性

調査地 (林齢)	深さ ・層位	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	pH (H ₂ O)	CEC*	交換性イオン*				B.S. (%)
							Ca	Mg	K	Na	
田沢湖スギ林 No.1 (180年) 標高: 320m	0-5	38.84	2.00	19.44	5.45	110.16	103.27	10.88	1.13	0.16	104.79
	5-10	20.39	1.28	15.89	5.18	73.63	41.38	6.32	0.84	0.15	66.13
	10-15	16.61	1.01	16.47	5.20	59.77	23.11	3.87	0.71	0.18	46.64
	15-20	14.52	0.88	16.49	5.02	55.51	9.26	1.91	0.47	0.21	21.34
	20-30	12.29	0.73	16.72	5.12	44.65	2.97	0.88	0.37	0.22	9.95
	30-40	10.59	0.64	16.59	5.05	52.02	0.98	0.40	0.28	0.18	4.36
	40-50	8.07	0.52	15.59	4.88	35.00	0.52	0.24	0.33	0.13	3.51
田沢湖スギ林 No.3 (180年) 標高: 320m	0-5	41.34	2.07	20.01	4.86	124.75	102.72	10.11	1.20	0.24	91.60
	5-10	20.66	1.33	15.49	4.76	83.19	49.18	5.37	0.68	0.19	66.61
	10-15	14.29	0.89	16.01	4.98	55.29	17.55	2.44	0.46	0.16	37.29
	15-20	13.17	0.76	17.41	4.90	50.35	6.75	1.16	0.28	0.18	16.62
	20-30	11.70	0.68	17.10	5.05	42.97	2.94	0.60	0.23	0.19	9.21
	30-40	9.10	0.55	16.58	5.11	36.03	1.39	0.31	0.16	0.17	5.63
	40-50	6.26	0.39	16.03	4.95	26.62	0.67	0.16	0.14	0.15	4.19.18
田沢湖ブナ林 No.1 (約80年) 標高: 690m	0-5	20.57	1.31	15.68	3.94	52.28	1.39	0.94	0.68	1.15	6.06
	5-10	14.33	0.93	15.35	4.47	39.35	0.55	0.45	0.48	0.15	4.12
	10-20	10.44	0.65	16.18	5.12	31.43	0.40	0.18	0.16	0.09	2.64
	A1	12.14	0.76	15.99	4.90	34.25	0.39	0.24	0.31	0.09	3.03
	B	7.92	0.49	16.20	5.03	28.23	0.32	0.08	0.05	0.05	1.78
	C	1.04	0.08	13.71	5.15	7.19	0.20	0.04	0.04	0.04	4.36

* cmol(+)kg⁻¹

全炭素ほどではないものの、スギ林の方がブナ林よりも表層部で多かった。しかしながらこれらの理化学性の差異に関しては、先に述べた混交林では差が認められなかったことや、関東地方で調査したときにスギ林では高樹齢になるほど有機物の蓄積が確認されたことから考えると(4)、林齢が2倍ほど違うのが原因であると思われる。

交換性カルシウムはスギ林では土壌表層部0-20cm深で8~103cmol(+)kg⁻¹と多かったのに対し、ブナ林では0.40~1.39cmol(+)kg⁻¹で少なくスギ林では土壌表層部にカルシウムの蓄積が認められたのに対し、ブナ林では認められなかった。マグネシウムについてもカルシウムと同様な傾向が認められ、これらが反映して塩基飽和度もスギ林ではブナ林に比べて著しく高かった。スギ林土壌表層部のpHはブナ林のそれよりも明らかに高かった。

8. スギ・ブナ混交林での雨水、樹幹流の動態

1) pHとEC

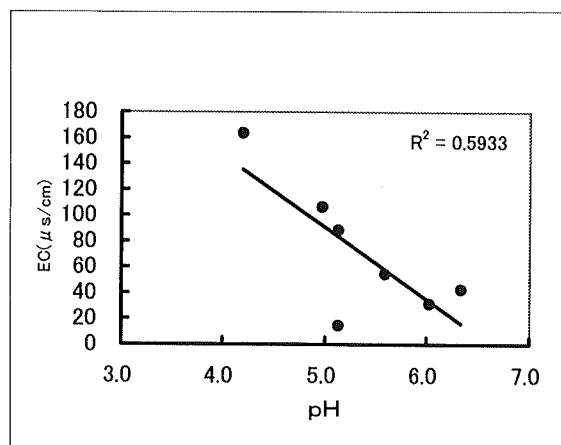
表-8には養分組成の平均値を示した。樹幹流のpHは4.2~6.3の範囲にあり、樹種別に酸性が強い順に並べると、スギ>>マツ>クリ>>ブナとなった。雨水は5.1~6.0の範囲にあり、酸性が強い順に並べると、林外雨>>スギ・ブナとなり、スギに関しては樹幹流のように酸性が強くなる傾向は認められなかった。

ECは樹幹流では42~163μScm⁻¹の範囲にあり、酸性の強いスギで最も高く、酸性の弱いブナで

表－8．樹幹流および雨水の養分組成

単位： $\mu\text{eq/L}$

Sample	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Ca	Mg	K	Na	NH ₄	Cation 計	Cl	NO ₃	SO ₄	Anion計
樹幹流ブナ	6.34	42.6	34	25	189	95	54	397	116	37	37	190
樹幹流スギ	4.20	163.7	141	158	91	460	247	1097	597	156	90	843
樹幹流マツ	4.97	106.4	177	72	105	362	218	934	345	167	48	560
樹幹流クリ	5.13	88.6	497	134	129	249	75	1084	161	141	21	323
ブナ樹冠下	6.03	31.5	44	24	96	87	25	276	107	20	36	163
スギ樹冠下	5.59	54.5	119	58	69	168	88	502	244	78	52	374
林外雨	5.13	14.6	21	10	13	36	13	93	39	9	20	68



図－5．pH と EC の関係

最も低く、雨水の EC は $14 \sim 54 \mu\text{S cm}^{-1}$ で、酸性の強い林外雨で低く、酸性が弱いブナやスギの樹冠下では高い値が得られた。また、EC は溶液採取量と良く対応しており、降水量が多く溶液採取量が多い時は低く、降水量が少なく溶液採取量が少ないときは高かった。図－5 に示したように pH が低いほど EC は高い傾向にあり、林外雨の pH が低くかつ EC も低いデータを除くと R^2 値で 0.93 と高い相関関係が得られた。

2) アニオンおよびカチオン組成と濃度

陽イオン（アニオン）では、樹幹流のカルシウム濃度は $25 \sim 497 \mu\text{eq L}^{-1}$ の範囲にあり、クリ >> マツ > スギ > ブナの順となっていた。マグネシウムに関してはカルシウムの半分以下だったが、樹種間の傾向はカルシウムと同じだった。雨水のカルシウム濃度は $21 \sim 119 \mu\text{eq L}^{-1}$ の範囲にあり、スギ樹冠下 >> ブナ樹冠下 > 林外雨の順となっており、マグネシウムについても濃度は半分程度になるものの同様の傾向が認められた。

カリウムは樹幹流では $91 \sim 189 \mu\text{eq L}^{-1}$ で、ブナ、クリといった広葉樹がスギ等の針葉樹より高い傾向にあり、特にブナではカリウムが他のカチオンに比べて高い傾向が認められた。雨水は $13 \sim 96 \mu\text{eq L}^{-1}$ 前後で、林外雨が少なかったのに対し、ブナ、スギ樹冠下では樹幹流の約半分の濃度のカリウムが検出された。ナトリウムは樹幹流では $95 \sim 460 \mu\text{eq L}^{-1}$ で、スギ >> マツ > クリ > ブナの順となっていた。雨水は $36 \sim 168 \mu\text{eq L}^{-1}$ で、スギ樹冠下 >> ブナ樹冠下 > 林外雨の順となっていた。

アンモニアはナトリウムと同様の傾向にあり、樹幹流では $54 \sim 247 \mu\text{eq L}^{-1}$ で、スギ > マツ >> ク

リ>ブナの順となっていた。雨水では $13\sim 88\mu\text{eq L}^{-1}$ で、スギ樹冠下>>ブナ樹冠下>林外雨の順となっていた。

陰イオンでは、塩素は樹幹流では濃度的には最も高く $116\sim 597\mu\text{eq L}^{-1}$ の範囲にあり、スギ>>マツ>>クリ>ブナの順となっていた。雨水では $39\sim 244\mu\text{eq L}^{-1}$ の範囲にあり、スギ樹冠下>>ブナ樹冠下>林外雨の順となっていた。

硝酸は樹幹流で $37\sim 167\mu\text{eq L}^{-1}$ 、雨水で $9\sim 78\mu\text{eq L}^{-1}$ と塩素に比べて濃度は低いものの、樹種別ではブナが低く、その他は同じレベルであった。また、スギとマツの樹幹流では時々亜硝酸が検出されその濃度は平均で $12\sim 13\mu\text{eq L}^{-1}$ だった。

硫酸は樹幹流で $21\sim 90\mu\text{eq L}^{-1}$ 、雨水で $20\sim 52\mu\text{eq L}^{-1}$ と塩素などに比べて樹種間での差は小さいものの、スギ樹幹流が最も高く、かつ林外雨では硫酸が他のアニオンに比べて高い傾向にあった。

このように酸性の強いスギの樹幹流はカチオンではナトリウムとアンモニア、アニオンでは塩素が主要な部分を占めており、同じ針葉樹のマツの樹幹流も同様の傾向にあった。広葉樹のクリではカルシウム濃度、ブナではカリウム濃度が高いのが特徴であり樹種によって樹幹流の養分組成が異なっていた。雨水については、ブナの場合はカリウムが多いという傾向は樹幹流と同様であったが、スギではカルシウム濃度が高くなり、アニオンの濃度も樹幹流の半分程度まで低下した。

3) 林地へのインプット量

現地には最大1tの樹幹流を採取できる装置を使用した。ブナの樹幹流などはそれでもオーバーフローする時があった。雨水は全期間を通じて採取でき、樹種別の樹幹流と降水量にはある程度の相関が認められた（特にオーバーフローの多かったブナでは $R^2=0.9$ ）ので、溢れた分については回帰式により樹幹流量を計算し、表-9に採取量とそれぞれの成分量を示した。樹幹流量はブナでは7~14tと最も多く、次に多いクリの11~22倍の量となっていた。ブナの場合は溶液量が多いため、図-6に示したように成分の溶出量も多く、カチオンではカリウムが最も多く、ナトリウム、アンモニアがそれに続き、アニオンでは塩素、硫酸、硝酸の順に多かった。スギではナトリウムと塩素が多く、カルシウムは少なく、マツもスギと同様の傾向にあった。逆に、クリではカルシウムが多かった。

表-9. 樹幹流、雨水の採取量

Sample	採取量(kg)	単位: g							
		Ca	Mg	K	Na	NH ₄	Cl	NO ₃	SO ₄
樹幹流ブナ1	14,685	4.78	2.31	53.15	25.46	12.72	44.18	17.30	18.90
樹幹流ブナ2	7,587	3.51	1.91	67.99	13.64	4.80	24.25	14.02	10.93
樹幹流スギ1	444	0.55	0.31	1.18	4.08	0.77	6.59	3.36	1.34
樹幹流スギ2	65	0.13	0.05	0.21	0.54	0.37	0.75	0.33	0.33
樹幹流スギ3	203	0.45	0.16	0.57	2.02	0.74	5.16	1.40	0.75
樹幹流クリ	644	3.29	0.61	2.45	2.30	0.48	2.73	1.42	0.60
樹幹流マツ	154	0.39	0.10	0.49	1.18	0.49	1.92	0.93	0.31
ブナ樹冠下	48	0.03	0.01	0.16	0.08	0.02	0.16	0.04	0.1
スギ樹冠下	57	0.09	0.03	0.12	0.19	0.07	0.35	0.17	0.1
林外雨	81	0.02	0.01	0.04	0.07	0.02	0.11	0.04	0.1

表-10. 樹幹流, 雨水から林地へのインプット量

単位: g/m²

	Sample	採取エリア (m ²)	採取量 (kg/m ²)	Ca	Mg	K	Na	NH ₄	Cl	NO ₃	SO ₄
ブナ	樹幹流	79.40	184.9	0.06	0.03	0.67	0.32	0.07	0.16	0.56	0.22
	林内雨	0.07	682.2	0.42	0.14	2.26	1.13	0.00	0.28	2.26	0.57
	合 計		867.2	0.48	0.17	2.93	1.45		0.44	2.82	0.78
スギ	樹幹流	17.70	25.1	0.03	0.02	0.07	0.23	0.03	0.04	0.37	0.19
	林内雨	0.07	809.6	1.27	0.42	1.70	2.69	0.00	0.99	4.95	2.41
	合 計		834.7	1.30	0.44	1.77	2.92		1.03	5.33	2.60
	林外雨	0.07	1143.7	0.28	0.14	0.57	0.99	0.00	0.28	1.56	0.57

表-10に示したように、樹幹流の採取量について樹冠占有面積を利用して降雨量に換算すると、林外の降水量1,144mmに対し、ブナは185mm、スギで25mmと計算される。林内雨量も同様に降水量に換算すると、ブナ樹冠下で682mm、スギ樹冠下で810mmとなり、単位面積当りでは樹幹流よりも林内雨の方が林地に多く付加された計算となる。林内雨と樹幹流の合計は、ブナで867mm、スギで835mmとなり、林外雨に対して降水量換算でブナ277mm、スギ309mm、つまり約25%の降雨が樹木により樹冠遮断された計算となる。

スギ、ブナ、林外についてそれぞれ林地に供給された養分量を図-7に示したが、樹幹流に比べて林外雨や樹冠を通して落ちてくる林内雨のインプット量はるかに大きいものであり、養分量としては林外雨では塩素等のアニオンが主体となっているのに対し、ブナ林内雨では樹幹流と同様にカリウムが多く、スギ林内雨ではナトリウムやカリウムも多いものの、カルシウムの割合が高くなり、アニオンでは硝酸と硫酸の割合も多くなっていた。

IV. ま と め

気候、地形、母材などの環境条件が一致する条件下のスギとブナの混交林を主体に土壌表層部の理化学性を比較すると、混交林内ではスギの樹幹近傍とブナの樹幹近傍では土壌表層部のカルシウムを主とする塩基の蓄積量に差が認められたが、これがスギの立木密度とA₀層量に関係しているものと推察された。スギの立木密度が高くなるとスギのリターの量も多くなり、A₀層に多量のカルシウムなどの塩基を供給し、土壌表層部の塩基飽和度が上昇して土壌pHは上昇するものと考えられる。立木の幹からの距離別に土壌表層部のpHを測定したところ、樹幹流の酸性が強いと指摘されているスギにおいても土壌を酸性化するというような分析結果は得られなかった。

一方、ブナの樹冠下でリターによる有機物の供給はあるものの、落葉中の塩基含有量が低く、土壌の塩基飽和度も上がらないため、土壌pHは低下するものと考えられる。

土壌表層部におけるカルシウムを主とする塩基の蓄積傾向に及ぼす環境要因を関東地方における著者の試験結果と今回の秋田地方における試験結果を合わせて検討してみると、標高や気候などの環境要因よりも、主として上木を構成する樹種とその立木密度に影響を受けているものと判断された。

樹幹流、林内雨などの影響に関しては、スギの樹幹流は確かに強酸性であったものの、樹幹流として土壌に流れ出る量は少なく、むしろ酸性の弱い林内雨の方が多く土壌に供給されていることが明ら

かとなった。ブナの樹幹流はスギや他の樹種に比べて量が10倍以上多く、かつカリウムを多く含んでいたが、土壌の酸性を中和するほどの効果となっては現れなかった。

このことから、樹幹流の土壌への影響を検討すると、ブナでは樹幹近傍ほどカチオン量が多かった土壌分析結果と一致しており、スギでも樹冠近傍しかその影響が現れなかった分析結果を支持するものである。スギの場合の樹幹流の影響は立木の幹周辺に限られているということは、スギの強酸性の樹幹流はむしろ幹を微生物等による分解や腐朽から守る働きを担っているとも考えられる。

謝 辞

本研究を行うに当たり、調査地の所有者である田沢湖財産区、千葉茂樹氏、高橋宏司氏には試験地の提供に協力を頂いた。森林総合研究所東北支所相澤州平氏には樹幹流の採取装置についてご指導を頂いた。宇都宮大学農学部教授加藤秀正博士には研究の遂行についてご指導を頂いた。秋田県森林技術センターの石田秀雄元部長を始めとする森林育成部の皆さん、小野寺重人圃場技師および林業夫の皆さん、非常勤職員畠山貞明氏には現地調査でご協力を頂いた。以上のご指導およびご協力に心から謝意を表する。

引用文献

- (1) 相澤州平(1994) 林齢の異なるスギ人工林における表層土壌の化学性. 日林論 105 : 411-412
- (2) 加藤秀正・白井昌洋(1995) スギおよびヒノキ樹幹近傍土壌の酸性化. 土肥誌 66 : 57-60.
- (3) 佐々朋幸・高橋忠幸・長谷川浩一(1993) 特定樹種の樹幹流による土壌の酸性化抑制作用 (Ⅱ). 日林誌 75 : 321-330.
- (4) 澤田智志・加藤秀正(1991) スギおよびヒノキ林の林齢と土壌中の塩基の蓄積との関係. 土肥誌 62 : 49-58.
- (5) 澤田智志・加藤秀正(1993) スギおよびヒノキ林下の土壌における塩基の蓄積要因. 土肥誌 64 : 296-302.
- (6) 高橋忠幸(1994) ヤマナラシの土壌酸性化抑制機能について (Ⅰ). 日林論 105 : 413-414.
- (7) 塚原初男・保坂良悦・山崎加津子・上野清隆・佐藤八重治・阿部新一・上野斉(1994) 樹幹流の化学的特性に関する研究 (Ⅰ). 日林論 105 : 407-410.

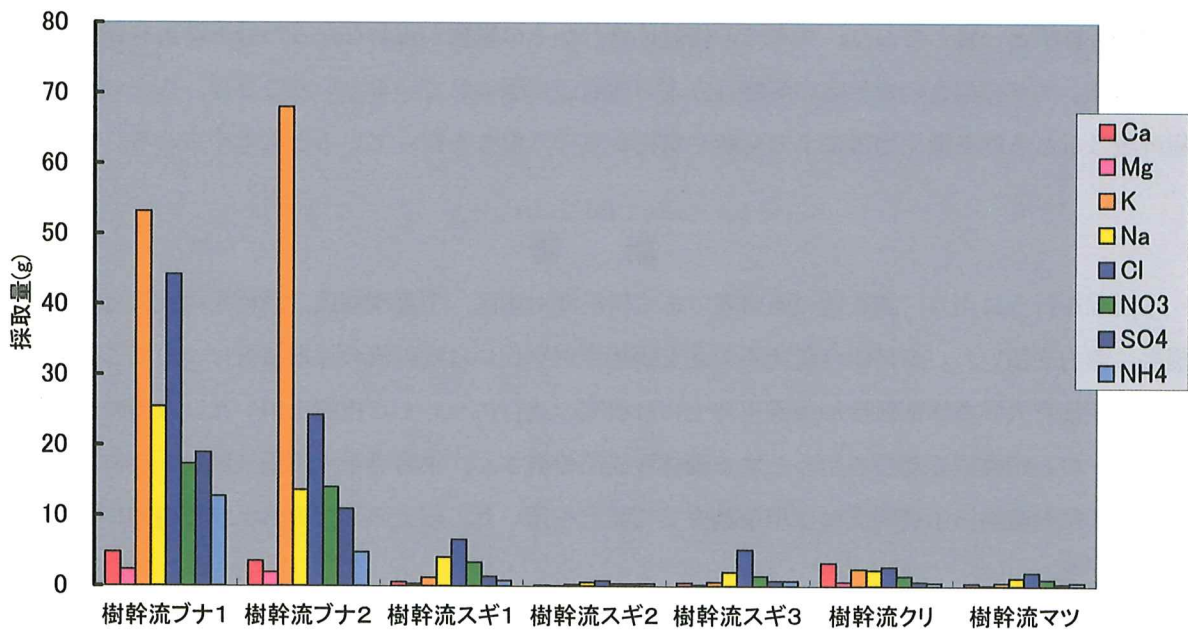


図-6. 樹幹流として流入した成分量

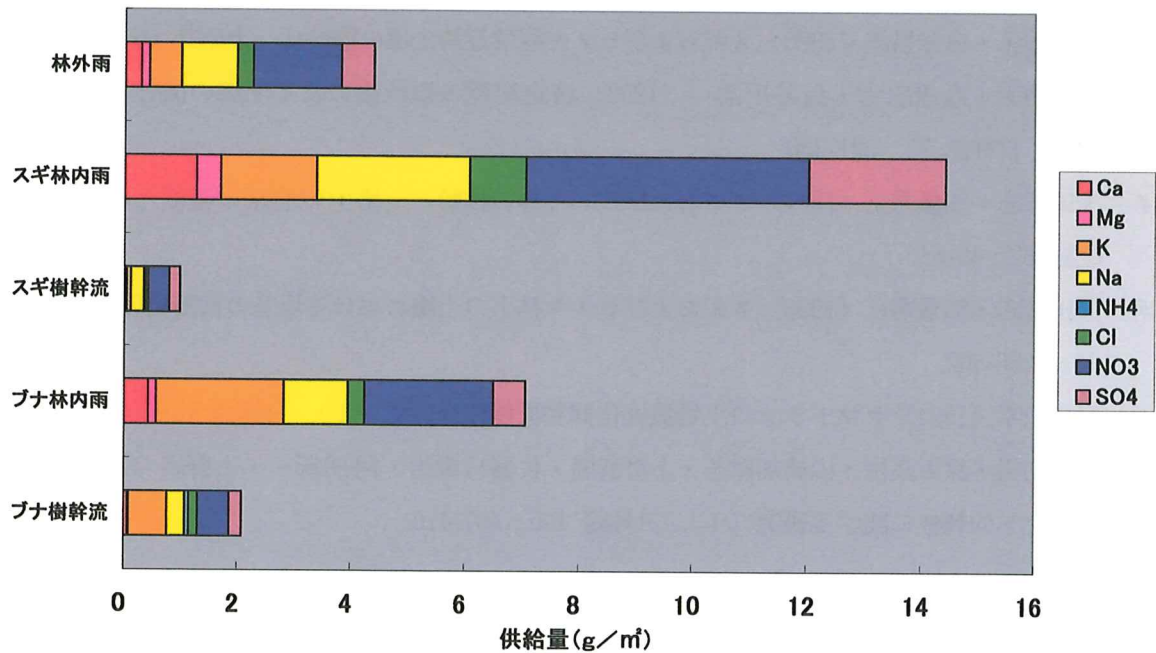
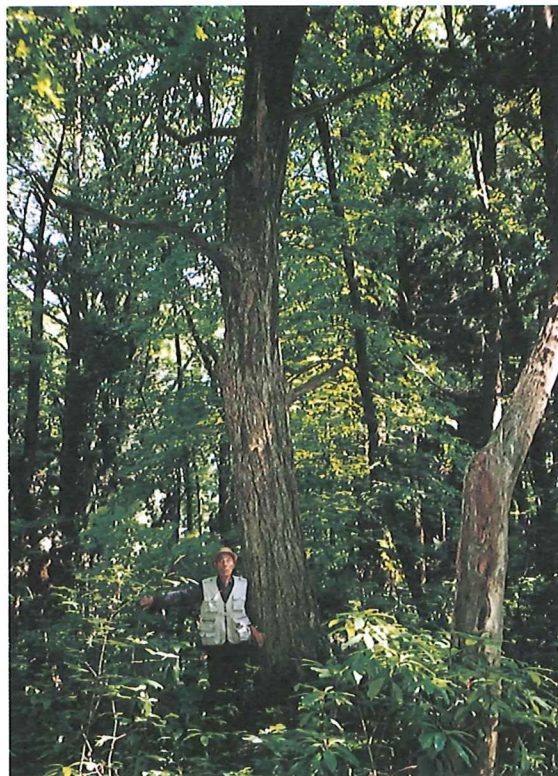


図-7. 林地へ供給された養分量



スギ主体区



クリ主体区



ブナ主体区

写真－1. 調査林分の概要



写真－２．ブナの樹幹流採取の様子



写真－３．スギの樹幹流採取の様子

寒冷地におけるクロマツ生存木に対する マツノザイセンチュウの生息の可能性

長 岐 昭 彦・金 澤 正 和

Existence of pine wood nematode in Japanese black pine living in the cold latitudes.

Akihiko NAGAKI・Masakazu KANEZAWA

要 旨

1998年と1999年の7月、秋田県秋田市および天王町の海岸林において、クロマツ成木に増殖型マツノザイセンチュウ1,000～25,000頭を接種した。接種後、供試木の針葉の変化を経時的に観察し、また、材内のマツノザイセンチュウの有無を調べた。その結果、5,000頭以上接種した供試木は全て1年以内に枯死した。しかし、1,000頭および3,000頭接種した供試木は、2冬を越えて生存し、接種2年後に枯れた枝からマツノザイセンチュウが検出された。このことから、本県においても材内に侵入するマツノザイセンチュウが少数の場合、侵入を受けたクロマツはマツノザイセンチュウを保持しながら2年以上生存することが判明した。

また、県北の被害北端地域と県央激害地のそれぞれの被害林分において地表温度と被害木1本あたりのマツノザイセンチュウの検出率を比較した。被害北端地の林分の方が、地表温度、被害木1本あたりのマツノザイセンチュウの検出率ともやや高くなり、被害北端地域でも激害地になる可能性が充分にあることが明らかとなった。

I. はじめに

東北地方におけるマツ材線虫病による被害の特徴として、翌年になって針葉の変色が起こる症状、いわゆる年越し枯れが知られている(2, 8, 15, 19)。また、マツノザイセンチュウの接種試験の結果、アカマツ成木に対し9月に接種した場合、2冬あるいは3冬を越して枯死した事例(17, 18)が報告されている。

これらは、いずれも寒冷的な気候が影響し、材内に入ったマツノザイセンチュウが十分繁殖できず翌年以降の気温が高い時期に繁殖し、同時期マツ立木が枯死すると推測されている(14, 19)。

さらに、アメリカでは、北バーモントにおいて、感受性のある20年生の Scotch pines (*Pinus sylvestris*) への接種試験を行った結果、接種6年後に外観上健全木の接種部位付近からマツノザイセンチュウが検出された(7)。また、アイオワにおける13年生の Scotch pines の接種試験では、50週後に健全な状態の林木の主として接種部位付近に限定してマツノザイセンチュウが生存していた事例(4)が報告されている。

日本におけるアカマツ成木への接種試験でも、2年後に生存していた林木からマツノザイセンチュウ

ウが検出された報告がある(10)。

このような事例から、日本の被害北端地であり最も寒冷な被害地域でもある本県においても、外観上針葉が健全な立木に長期間マツノザイセンチュウの存在する可能性が考えられるため、海岸部に成立しているクロマツ林で接種試験を行った。

一方、秋田県のマツ材線虫病による被害は、1982(S57)年に初めて象潟町で確認されて以来、北上を続け、2001(H13)年には青森県境である八森町まで達し、19年間で海岸線の総ての市町村で発病する結果となった。本県の海岸線には広大な人工クロマツ林があり、中でも被害の北端地域でもある能代市に位置する「風の松原」は国内でも有数の高齢クロマツ林である。現在、北端地域の被害状況は、関係市町村等の努力により微害で推移しているものの、今後、被害の拡大が懸念される。

そこで、北端地域における今後の被害拡大の可能性を探るため、激害地である男鹿市に所在する海岸部のアカマツ林分と、被害材内のマツノザイセンチュウの分布や地表面の温度を比較し、さらに激害地における被害木の出現経年変化を調べた。

なお、本試験は平成10～12年度に実施された国庫補助課題「環境調和型森林病害制御技術に関する調査」として行った研究の一部をとりまとめたものである。

II. 調査方法

1. マツノザイセンチュウ接種試験

1) 接種状況

試験地は、秋田市上新城と天王町下出戸の約500haの連続した海岸クロマツ林内2ヵ所に設定した。両試験地は汀線から約300mに位置し、試験地間の距離は約4.5kmである。また、供試木は、樹高約4～6m、胸高直径約5～9cmのクロマツを選出した。供試木の林齢は、秋田試験地で25～70年生、天王試験地で11～15年生であった。

接種日は1998(H10)年7月14日と1999(H11)年7月23日の2日間である。各試験地に、接種箇所を地上高1.2m部位とした区と、地上高3m部位とした区を設けた。1998年は5千頭、15千頭、25千頭、1999年は1千頭、3千頭、5千頭のマツノザイセンチュウを、接種部位1.2m区、3m区別にそれぞれ1本の供試木に接種した。さらに、1999年には天王試験地において地上高1.2mの部位に滅菌水を注入した対照区を1本設け、2カ年の供試木数は秋田試験地で12本、天王試験地で13本、計25本となった。

接種センチュウは、全国で行われているマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業で用いられている島原個体群の増殖型を使用した。接種は、樹幹に直径約2mmのドリルで深さ1cm程の穴を開け、マツノザイセンチュウを含ませた0.1ccのけん濁液を、マイクロピペットを用いて行い、接種後はプラスチック製の栓で接種痕をふさいだ。

両試験地は、松くい虫微被害地であるため毎年薬剤散布を実施していることから、接種以外にカミキリによる自然感染の可能性は低いと判断される。しかし、さらに自然感染を防ぐため、接種の約1カ月前、試験地の4隅に約6mの柱を立て総ての供試木を白色の網(網目2×2mm、以下“防除網”

という)で覆った。防除網は、降雪のため冬季は取り外し、翌年6月マツノマダラカミキリの羽化脱出前に再設置することを繰り返した。

また、両試験地の温度を比較するため、温度センサー(商品名:オンドトリ Jr)を防除網内外にそれぞれ設置した。センサーは地面に置き、直射日光を避けるため、センサーから約10cmの高さのところに白色ペンキを塗った上面40×30cm、側面30×10cm 2面(コの字型)の木枠を設置し、10分置きに温度を計測した。設置期間は秋田試験地では1998年10月～2001年5月、天王試験地は1998年10月～2001年12月現在である。

2) 接種後の経過調査

マツノザイセンチュウを接種後、2001年12月まで約1ヶ月毎に針葉の変化や落葉状態を調べた。枯死に至った供試木は伐採し、地上高0mから頂枝まで1m間隔に、直径18mmのドリルを用い樹幹の材片を採取した。

また、枯死しなかった供試木においては、同上のような樹幹からの採取方法では、そのことが起因となって衰弱し枯死することが考えられたため、採取部位を枯れ枝とした。よって、2001年11月までに枯死しなかった供試木は、枯れ枝を樹幹の付け根から厚さ0.5～1cmの材片に切断し、枯れ枝1本につき約10個の材片を採取した。それぞれ採取した材片は25℃の恒温器に入れ、1カ月後ベルマン法により分離し、マツノザイセンチュウの有無を確認した。

材片の採取年月は、1998年接種区では、翌1999年5月(10本)と、7月(2本)、1999年接種区では2001年4月(10本)、また、生存木2本および対照木の枯れ枝は2001年11月である。

2. 被害北端地域における被害拡大の可能性

1) 被害木のマツノザイセンチュウの検出調査

調査地は、被害北端地域である能代市「風の松原」の海岸クロマツ林と激害地である男鹿市脇本地区海岸部の人工アカマツ林に設定した。供試木として、針葉が総て赤褐色化し未落葉の被害木を選出した。能代調査地では、1999年5月28日と2000年6月1日の2年間に、林齢60～185年生、樹高15～23m、胸高直径28～46cmのクロマツを各年5本ずつ計10本伐採した。男鹿調査地では、2000年5月30日に、林齢約40年生、樹高12～15m、胸高直径22～35cmのアカマツを5本伐採した。伐採後、地上高0mから頂枝まで1m間隔に直径18mmのドリルを用い樹幹の材片を採取した。材片は1カ月25℃の恒温器に入れ、ベルマン法により分離しマツノザイセンチュウ有無の確認を行った。

また、2調査地には、マツノザイセンチュウ接種試験と同様に温度センサーを設置し、10分間隔で温度を記録した。温度センサーは、1調査地につき2個を同じ林分内の異なる箇所に設置した。設置期間は1999年6月～2001年12月現在までである。

2) 激害地における被害木の経年変化

前記の男鹿調査地において、50×50mの調査区を設け、全アカマツ立木の位置を測定し被害の経年変化調査を行った。この調査地は、被害木の処理がされず放置林分となっていた。調査は、1994年10月から2001年12月までの8年間で、2～3年間隔で秋季に行った。

なお、1994年の初回調査では、被害木の状態から当年枯れ、前年枯れ、それ以前の枯れと過去の状

況も含めて3種類に分け、それ以後の調査では新たに発生した被害木の確認を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. マツノザイセンチュウ接種試験

1) 接種後の枯損経過

接種後の供試木の針葉変色経過を表-1に示す。1998年接種では、秋田試験地の NO.2 (5,000頭接種、接種高3m) と NO.3 (15,000頭接種、接種高1.2m) を除いた供試木は、接種後2カ月以内に針葉の変色が現れ、翌1999年3月までに全枯れとなった。NO.2 と NO.3 は翌1999年3月に変色が現れ、7～8月に全枯れとなった。

また、1999年接種では、対照木を除き翌2000年3～4月に針葉変色が起きた。そして、天王試験地の NO.20 (1,000頭接種、接種高3m) と NO.22 (3,000頭接種、接種高3m) を除いて、2000年以内に全枯れになった。NO.20と NO.22は接種翌年の2000年5～6月に針葉変色が現れたが、12月に変色の進行が停滞した。その後、2本とも2001年4～6月に再び針葉に変色が見られたが、7月以降には再び停滞し、2001年12月現在で外観上マツノザイセンチュウ接種前の6割以上の針葉が緑色の健全な状態を保っている。

表-1. クロマツのマツノザイセンチュウ接種状況と接種後の外観経過

1998.7.14接種

試験地	NO	接種 頭数 (千)	接種 高 (m)	樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	1998年												1999年												凡例
						8月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
秋田市 下新城	1	5	1.2	4.7	6.4	・	△	△	△	×																			・: 異常なし	
	2	5	3	4.9	6.9	・	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×										△: 一部変色、変色が進行	
	3	15	1.2	5.5	9.4	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	△	△	×										×	全葉褐色
	4	15	3	5.0	6.1	・	△	△	△	×																			—: 変色の進行止	
	5	25	1.2	5.9	8	・	△	×																						
	6	25	3	6.3	8.2	・	△	×																						
天王町 下出戸	7	5	1.2	5.5	5.5	・	・	△	△	×																				
	8	5	3	6.0	5.6	・	・	△	△	×																				
	9	15	1.2	4.7	6.4	・	△	△	△	△	△	△	×																	
	10	15	3	4.4	5.0	・	・	△	△	△	△	△	×																	
	11	25	1.2	4.8	5.1	・	△	△	△	△	△	△	×																	
	12	25	3	4.9	5.2	・	△	×																						

1999.7.23接種

試験地		接種 頭数 (千)	接種 高 (m)	樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	1999年												2000年												2001年																			
						8月	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12															
秋田市 下新城	13	1	1.2	5.2	7.2	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	△	△	△	×																												
	14	1	3	4.6	6.2	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	×																															
	15	3	1.2	4.2	6.3	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	×																															
	16	3	3	5.7	6.4	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	×																															
	17	5	1.2	4.9	7.6	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	×																																
	18	5	3	4.9	8.2	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	×																																
天王町 下出戸	19	1	1.2	4.3	8.0	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	×																																
	20	1	3	4.8	6.2	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	△	△	△	△	—	—	—	—	△	△	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21	3	1.2	6.0	7.3	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	△	△	×																													
	22	3	3	5.1	8.0	・	・	・	・	・	・	・	・	・	△	△	△	△	△	△	△	—	—	—	—	△	△	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23	5	1.2	5.1	5.6	・	・	・	・	・	・	・	・	△	×																																		
	24	5	3	4.3	4.8	・	・	・	・	・	・	・	・	△	×																																		
対照木(滅菌水)	25	0	1.2	4.6	4.7	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

(1) 気象の影響

① 夏季の気温、降水量の影響

マツ材線虫病の枯損動態調査では、夏季の気候が低温多雨であった場合、翌年の年越し枯れが増加すること(9)や、高温少雨の夏季に接種した場合、供試木の枯死率が増加すること(12)が知られている。そこで、本試験においても接種後の供試木の針葉変化に気候の影響が考えられることから、試験地に最も近い秋田気象台の接種年以降の月別気温、降水量を平年値と比較してみた(表-2)。

なお、マツノザイセンチュウの発育限界温度9.5℃(13)を基準として、この数値を下回る11月～3月は除外した。

表-2. 接種年以降の月別平均気温と降水量(秋田気象台)

	気 温 (°C)					降 水 量 (mm)				
	平年値	1998	1999	2000	2001	平年値	1998	1999	2000	2001
4月	9.1	11.7	10.3	9.2	10.7	134.0	107.0	119.0	153.0	47.0
5月	14.2	16.2	14.6	15.9	16.1	114.1	197.0	116.0	90.0	119.0
6月	18.6	18.6	19.7	19.5	19.0	117.0	252.0	97.0	101.0	123.0
7月	22.6	23.8	24.6	24.2	23.8	186.7	114.0	160.0	133.0	257.0
8月	24.4	23.5	27.3	26.8	24.3	189.7	412.0	156.0	16.0	97.0
9月	19.2	22.2	21.8	21.7	20.2	132.3	182.0	223.0	220.0	130.0
10月	12.5	15.9	14.4	14.0	14.6	129.4	288.0	168.0	114.0	121.0

表-2から各年の夏季の気候は、1998年は低温多雨、1999年はやや高温少雨、2000年は高温少雨、2001年は梅雨時期が多雨で、梅雨明け後は平年並みであったことが伺える。すなわち、1998年は枯れにくく、1999年は枯れやすい気候因子であった。1998年、1999年で共通する5,000頭接種木で比較すると、1998年接種では4本中3本が接種当年に、1本が翌年に枯れ、1999年接種では4本全てが接種翌年に枯れた。比較供試木が少ないため断定はできないが、この結果からは接種年の気候が、接種頭数別の枯死率や針葉の変化時期に影響があったとは認められなかった。

② 2試験地および防除網内外の地表温度の相違

秋田試験地および天王試験地における1999年以降の防除網内月別平均地表温度の推移を図-1に示す。これより、両試験地の10～4月までの冬季の地表温度はそれほど差が生じていないが、5～9月

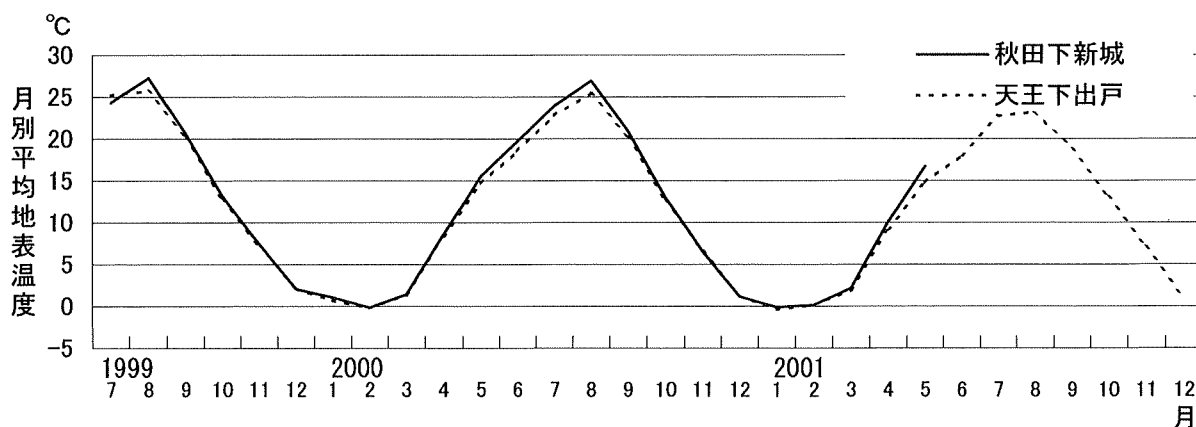


図-1. 秋田および天王試験地の月別平均地表温度

の夏季の地表温度は、秋田試験地の方が高い傾向にあり、特に8月の較差は1.5℃におよぶ。これは、周囲の林分状況によると思われる。秋田試験地では接種木と同様の樹高を有する林木が周囲を占めるのに対し、天王試験地では周囲を接種木より約2倍以上高い、樹高約13m前後の林木が占めている。この温度較差は、1999年に行った5,000頭以下の少数接種の結果、天王試験地にのみ2本生存木が出現した要因の1つと推測される。したがって、寒冷地においては、侵入した材内のマツノザイセンチュウが少数の場合、樹高や疎密度など生育環境の相違がもたらす林内温度格差が、針葉の褐変等外観上の発現、発病に関与していると考えられる。

次に、両試験地に設置した防除網内外の地表温度の推移を図-2に示す。秋田試験地では1年を通じ防除網の内外で地表面の平均温度に差は出ないが、天王試験地では2000年6～8月に防除網内の方が外より約0.5℃高くなった。また、両試験地の防除網外の温度を比較すると、さらに較差が広がり2000年8月には最大で2℃を越える較差となった。これは、秋田試験地では供試木6本を1カ所の防除網で囲うことができたのに対し、天王試験地では立地上、2カ所に分断され、1カ所あたりの防除網が小さくなったことにより、気密性が高まり、気温の高い夏季に防除網内外の温度較差が大きくなったと考えられる。仮に、両試験地における防除網内の夏季の温度較差（1.5℃）が防除網外ほど（2.1℃）であったら、両試験地における接種後の供試木の変化に、本結果以上に明らかな相違が出たとも考えられる。

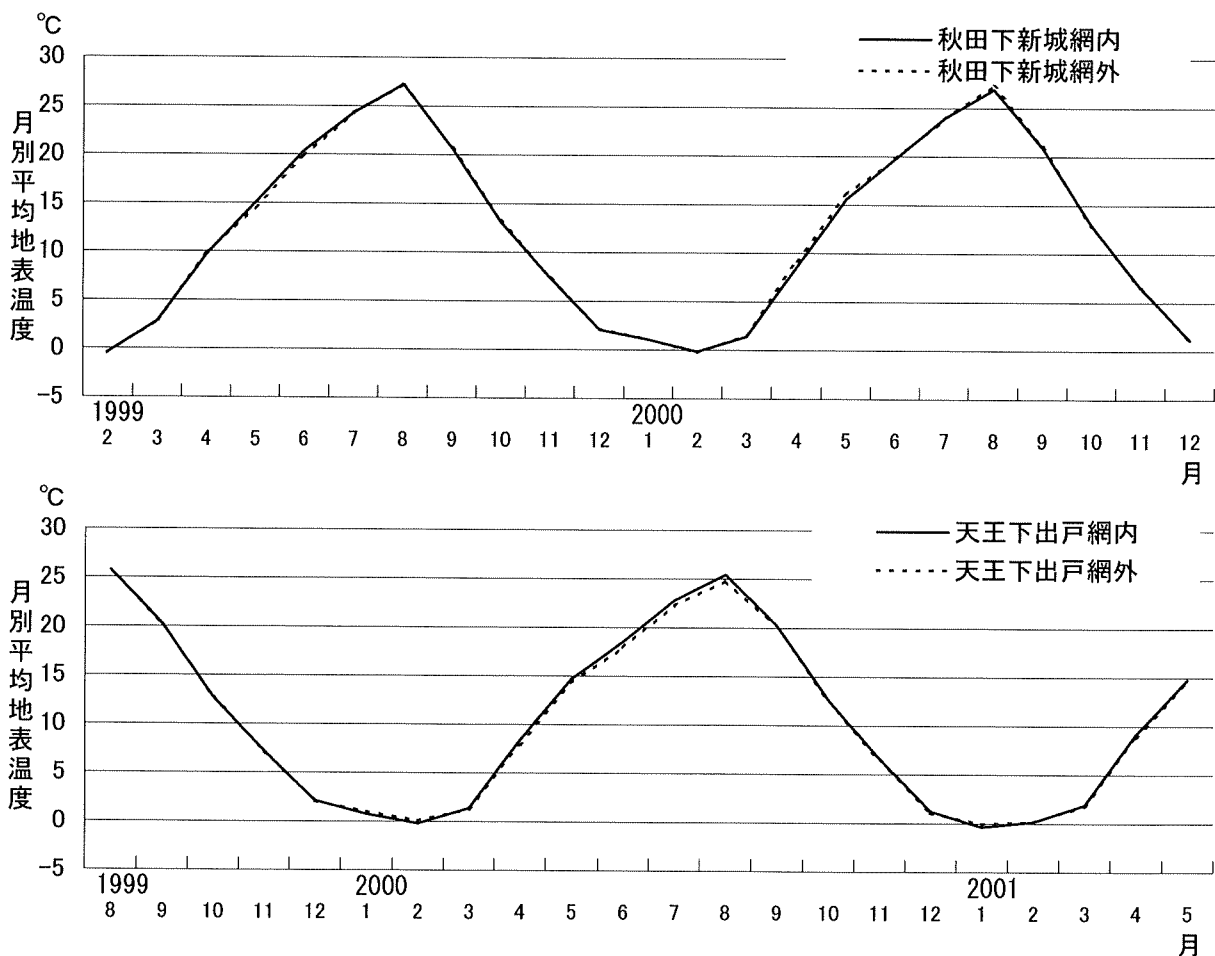


図-2. 防除網内外の月別平均地表温度

(2) 接種頭数による林木への影響

5,000頭以上接種した1998年接種では、接種当年に針葉に変化が現れた供試木が多く、供試木総てが1年以内に枯死した。5,000頭以下接種した1999年接種では、全供試木が接種翌年になってから針葉の変化が現れ、2年以上の生存木も2本あった。クロマツ20年生への増殖型マツノザイセンチュウの頭数別接種試験による枯死率は、125～500頭接種で30%未満、1,000および2,000頭接種で約50%未満となり、接種頭数が低い方が枯死率も低下するという報告(11)と同様の傾向を示した。

(3) 生存した林木の状態変化

NO.20とNO.22の生存木は、接種翌年と翌々年の気温が高くなる時期2回に針葉が変色するなどのマツ材線虫病特有の初期症状を起こした。

アカマツ成木への接種試験では、接種後、2冬を越して枯死した供試木であっても、接種当年一部の枝の部分枯れが現れた事例(10)や、4冬を越しても枯れなかった供試木では、接種翌年の秋季に一部の枝に枯死や材内に樹脂滲出量の異常がみられ、一度正常に戻ったがさらに翌年再び樹脂滲出量の異常がみられたなどの事例(18)がある。本試験のNO.20やNO.22の針葉の変色経過も同様の症状と考える。このことから、外見上健全木でもマツノザイセンチュウが材内に潜在する林木は、マツノザイセンチュウが侵入した際に、部分枯れや樹脂異常など何らかの外見上の変化が起きていると考えられる。

なお、3冬を越してから枯死した事例(18)があるように、本試験の生存木も今後枯れる可能性があるので継続した調査が必要である。

2) マツノザイセンチュウの確認

(1) 枯死木からの検出

接種後、枯死した供試木のマツノザイセンチュウ検出状況を表-3、4に示す。

表-3. 1998年接種区のマツノザイセンチュウ検出状況

樹種：クロマツ 線虫接種日：1998.7.14 材片採取日：1999.5.14 (NO.2・3は未計測)

供試木 NO	秋田市下新庄						天王町下出戸					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
接種数(千)	5	5	15	15	25	25	5	5	15	15	25	25
接種部位 地上高(m)	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3
6 (m)				—		—						
材片採取地上高				—	○	○	—	—				
5				—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—		?	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—		?	—	○	—	—	—	○	—	—	—
2	○	?	?	—	—	—	○	—	—	○	—	—
1	—	?	?	—	—	○	—	○	—	—	—	—
0	—	?	?	—	—	—	—	—	○	—	—	—
検出率	20%			0%	33%	29%	17%	17%	40%	20%	0%	0%
					20%							16%

表－4. 1999年接種区のマツノザイセンチュウ検出状況

樹種：クロマツ 線虫接種日：1999.7.23 材片採取日：2001.4.10 (NO.20,22,25は無採取)

	秋田市下新庄						天王町下出戸						
供試木NO	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
接種数(千)	1	1	3	3	5	5	1	1	3	3	5	5	滅菌水
接種部位 地上高(m)	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2	3	1.2
6 (m)													
材片採取地上高													
5	—			—		—			—		—		
4	—	○	—	—	—	○	—		○		—	—	
3	○	—	○	○	—	—	—		—		—	—	
2	—	—	—	—	—	—	—		—		—	○	
1	—	—	—	○	○	○	—		—		—	—	
0	—	—	○	○	—	—	○		—		—	—	
検出率	17%	20%	40%	50%	20%	33%	20%		17%		0%	20%	
						30%						14%	

なお、秋田試験地の NO.2, NO.3 の2本の材片分は未計測である。

表－3, 4より、枯死し抽出処理を行った供試木20本の内マツノザイセンチュウが検出されたのは16本であった。両試験地のマツノザイセンチュウの検出率を比較すると、1998年、1999年とも天王試験地の方が、秋田試験地より低い検出率を示した。

夏の気温が低い地域ほどマツノザイセンチュウの検出率が低下し、検出数も少なく、部位によるバラツキが現れ、胸高部の検出頻度も低いという報告がある(3)。また、前述したとおり夏季の平均地表温度は天王試験地の方が低くなった。これらのことより、天王試験地でマツノザイセンチュウの検出率が低くなったのは、夏季の気温が低かったことが1つの要因として推測された。

マツノザイセンチュウの検出部位は接種部位付近とは限らず、また、接種頭数別による1本当たりのマツノザイセンチュウ検出率の変化にも相関は認められなかった。

(2) 生存木の枯れ枝からの検出

接種後、2冬を越え2001年11月まで生存していた供試木と対照木の枯れ枝に対するマツノザイセンチュウの検出状況を表－5に示した。NO.20(1,000頭接種、接種高3m)とNO.25(対照木)の枯れ枝からは検出されなかった。NO.22(3,000頭接種、接種高3m)の枝下高2.55mと3.10m、3.45mの枯れ枝計3本からマツノザイセンチュウが検出された。これらの枝は接種高3mから約±0.5m範囲で接種部位と同様の樹幹面にあり、接種約1年後の健全木では接種部位付近に限定してマツノザイセンチュウが生存していた結果(4)と同様であった。

また、これらの枝が枯れた年は、枝下高2.55mの枝は接種翌年の2000年、枝下高3.10mと3.45mの枯れ枝は接種2年後の2001年である。他の試験結果では、接種後2年間以上生存していた供試木からのマツノザイセンチュウの検出部位は、多くが樹幹部(7, 10, 18)であり、枝からの検出は、枯れた枝および外観上変化のない枝において、いずれも接種年であった(10)。本試験では、今後の生存木の経過を観察しなければならないが、少なくとも2冬を越え生存していた供試木において、接種翌

表－5. 生存木の枯れ枝に対するマツノザイセンチュウ検出状況

NO.20 (接種日: 1999. 7. 23、接種頭数: 1,000頭、接種高: 3 m)

枯れ枝の 枝下高 (m)	枯れた 時期 (年)	枯れ 枝数	枯れ枝 平均長 (cm)	枯れ枝 平均基部径 (cm)	マツノザイセンチュウ 検出本数
1.50	接種前	3	159.0	1.63	0
1.70	接種前	2	35.0	0.65	0
1.95	接種前	1	40.0	0.70	0
	2000	3	40.0	0.67	0
2.25	2000	3	39.0	0.93	0
2.75	2000	1	55.0	1.00	0
	2001	3	61.7	1.13	0

NO.22 (接種日: 1999. 7. 23、接種頭数: 3,000頭、接種高: 3 m)

枯れ枝の 枝下高 (m)	枯れた 時期 (年)	枯れ 枝数	枯れ枝 平均長 (cm)	枯れ枝 平均基部径 (cm)	マツノザイセンチュウ 検出本数
1.50	接種前	1	125.0	1.40	0
	2000	2	105.0	1.60	0
2.05	2000	3	110.0	1.60	0
2.07	2000	1	90.0	1.60	0
2.50	2000	1	87.0	1.10	0
2.55	2000	5	122.8	1.94	1
3.10	2000	1	103.0	1.50	0
	2001	3	101.0	1.33	1
3.45	2001	1	125.0	2.00	1

NO.25 対照木 (接種日: 1999. 7. 23、滅菌水接種、接種高: 1.2m)

枯れ枝の 枝下高 (m)	枯れた 時期 (年)	枯れ 枝数	枯れ枝 平均長 (cm)	枯れ枝 平均基部径 (cm)	マツノザイセンチュウ 検出本数
0.95	接種前	1	160.0	0.50	0
1.30	接種前	2	103.0	0.75	0
1.70	接種前	3	61.0	0.83	0
2.05	接種前	3	39.0	0.73	0

年と2年後に枯死したそれぞれの枝からマツノザイセンチュウが検出された。

このことより、寒冷地において侵入したマツノザイセンチュウが少数の場合、気温の高い期間が短いため材内で十分繁殖できず、林木を枯死させるまでには至らないが、樹幹部だけではなく枝にも潜在し、長期間生息する可能性が考えられる。同時に、マツノザイセンチュウにより連年枯れる枝は、その都度マツノマダラカミキリの産卵対象にもなるため、外見上健全木であってもマツ材線虫病の感染源を長期間保持していることを示している。

東北地方では、罹病木以外にも、被圧木(6)、雪害木(1)、林内に放置された除間伐木(16)、などが、マツノマダラカミキリの産卵対象木となりマツ材線虫病の感染源であることが実証されてきた。また、微被害地において徹底した除間伐の実施により、マツノマダラカミキリの産卵対象木が除去された結果、カミキリの個体数が低密度になり、被害が抑えられた報告(5)もある。これらのことから、マツ材線虫病の防除には、健全木の枝打ちを含め、徹底した保育管理によりマツ林の健全

化を図ることが重要であると判断される。

2. 被害北端地域における被害拡散の可能性

1) 被害木内のマツノザイセンチュウの検出調査

激害地である男鹿調査地と被害北端地域の能代調査地内の被害木に生息するマツノザイセンチュウの検出調査の結果を表-6に示す。1998年時は能代調査地のみで調査を行ったため、1999年時の両地域を比較すると、被害木1本に対するマツノザイセンチュウの平均検出率は、能代調査地で46%、男鹿調査地で31%と前者の方がやや高かった。

表-6. 被害木内のマツノザイセンチュウ検出状況

地上高 (m)	能代風の松原										男鹿市脇本				
	1998年被害木					1999年被害木					1999年被害木				
	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5
22									—						
21									—						
20									○						
19									○						
18			—			○			○						
17		—	—	—		—			○						
16	—	—	○	—	○	—	—	○	○	—					
15	—	—	○	○	—	—	○	○	○	—					
14	—	—	○	○	—	—	○	○	—	—	—			—	
13	—	—	○	—	—	○	○	—	○	—	—	—		—	
12	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	○	○	—	○	—	○	—	—	○	○	—	○	—
9	—	○	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—	○	—	—
8	—	—	—	—	—	○	○	—	○	—	○	—	○	—	—
7	○	—	—	○	—	○	○	—	—	—	○	—	○	—	—
6	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—	—
5	—	—	—	—	—	○	○	—	○	—	○	○	○	○	—
4	—	—	—	—	—	○	—	○	○	—	○	—	○	—	—
3	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	○	—	○	—	—
2	—	—	—	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	○
0						—	—	○	—	—	○	—	—	—	—
検出率	6%	6%	33%	29%	13%	63%	59%	59%	48%	0%	60%	21%	54%	13%	8%
					18%					46%					31%

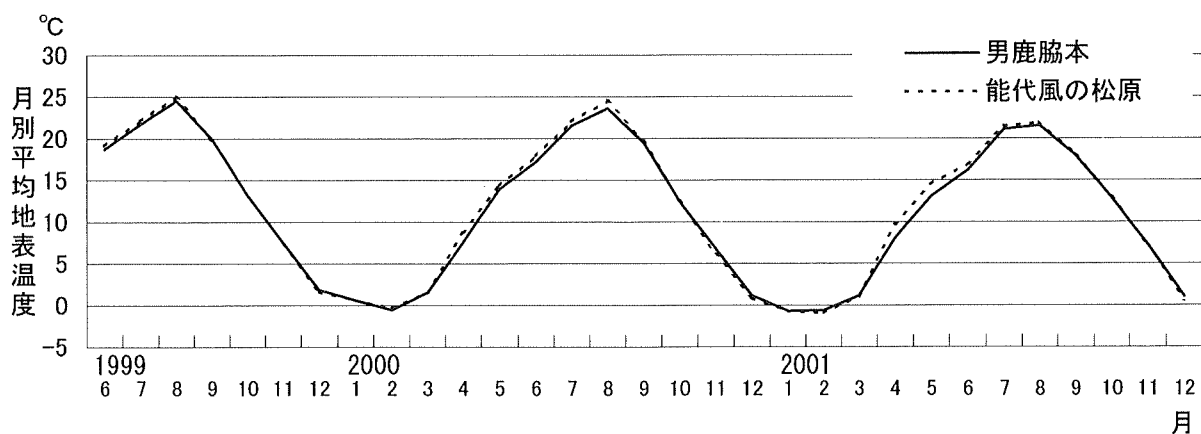


図-3. 男鹿および能代調査地の月別平均地表温度

表－7. 男鹿および能代地方観測所の月別平均気温

月	1999		2000		2001	
	男鹿	能代	男鹿	能代	男鹿	能代
1	－0.3	0.4	1.2	1.7	－1.7	－1.5
2	－0.1	0.7	－0.4	0.6	－1.5	－1.2
3	2.8	3.6	2.6	3.4	2.9	3.2
4	9.1	10.0	8.2	9.1	9.4	9.7
5	13.5	14.3	14.9	15.1	14.8	15.0
6	18.6	19.7	18.5	18.9	18.0	18.1
7	23.5	24.1	23.4	23.4	23.0	22.8
8	26.2	27.0	25.4	25.8	23.4	23.3
9	20.9	21.3	20.8	20.8	19.3	19.3
10	13.4	13.8	13.0	13.1	13.7	13.6
11	7.7	8.4	7.1	6.8	7.9	7.7
12	2.8	3.4	1.7	1.7	0.6	0.5
平均	11.5	12.2	11.4	11.7	10.8	10.9

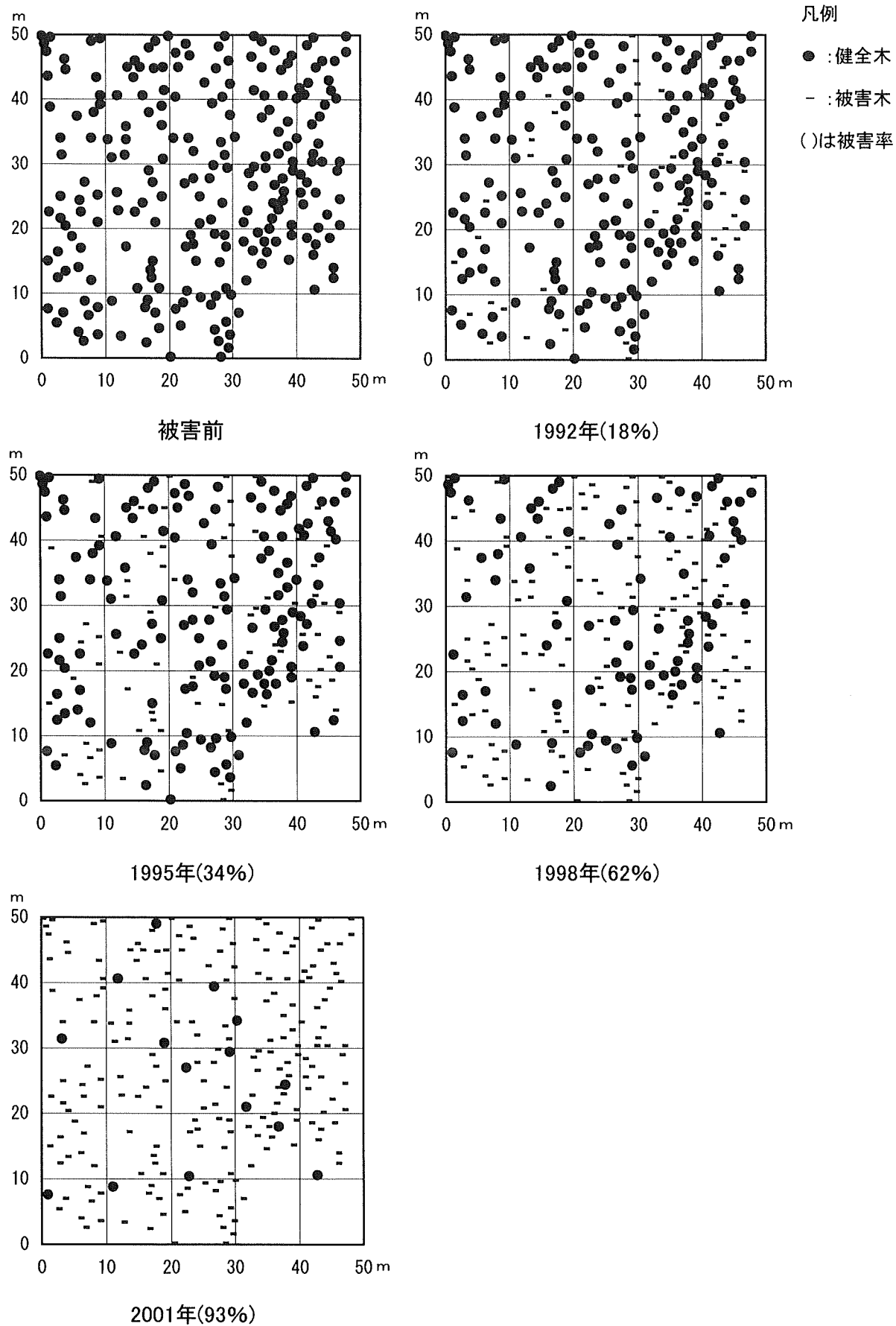
なお、能代調査地で1998年と1999年の被害木1本当たりのマツノザイセンチュウ平均検出率を比較し、1998年18%より1999年46%の方が高くなったのは、「1. マツノザイセンチュウ接種試験」で述べたとおり、両年の夏季の気候が、1998年は枯れにくく、1999年は枯れやすい気候因子であったためと推定される。

次に両調査地の月別平均地表温度の変化を図－3に表す。2000年6月からは同一林分内の異なる場所に設置した温度センサーの平均値を示している。異なる場所の温度差は平均で0.12℃であった。2調査地の月別地表温度の較差は、平均で0.27℃能代調査地の方が高くなり、特に4～5月には能代調査地の方が1℃以上高かった。また、両調査地に最も近い地方観測所である男鹿観測所と能代観測所の月平均気温を表－7に示す。両調査地を比較すると、年平均で0.1～0.7℃能代調査地が高くなった。夏の気温が低い地域ほどマツノザイセンチュウの検出率が低下し、検出数も少なく、部位によるバラツキが現れる(3)。これらのことから、能代市を中心とした被害北端地域内の林分は、激害地である男鹿市内の林分と比較すると、気温、地表温度ともにやや高く、その結果、被害木1本当たりのマツノザイセンチュウの検出率もやや高くなり、マツノザイセンチュウにとって繁殖しやすい環境であると推定される。

2) 激害地における被害木の経年変化

1994年から2001年まで経過観察した男鹿市激害地における林分変化の状況を図－4に示す。1994年調査時の調査地内の成立本数は225本、ha当たりの本数密度は900本($Ry=0.77$)で、やや密の林分であった。

なお、1992年以前の被害木は、1994年に行った被害木の針葉の有無、樹幹の状態等の観察により推定した。この林分は被害防除がほとんど実施されておらず、自然状態の被害拡大状況を表している。1994年の調査では、被害はおおよそ1990年以前に始まったと推定され、ほぼ10年後の2001年には、93



図－4．被害林分の経時変化

%のアカマツが被害にあった。能代市の「風の松原」は、この林分より地表温度や被害木のマツノザイセンチュウの検出率がやや高い状態であり、防除を怠ればこのような結果になる可能性が充分にあると推測された。

謝 辞

男鹿市所在のアカマツ林分の林木位置調査では森総林総合研究所東北支所の五十嵐豊氏（当時）、大谷英児氏、衣浦晴生氏や（財）林業科学技術振興所の藤岡浩氏のご協力をいただいた。また、能代市「風の松原」における調査では、材片の採取や温度計測の際、東北森林管理局米代西部森林管理署長（平成10年度当時）西村哲男氏や業務第一課長・小松信人氏を初め被害木処理に従事した作業員の皆様に特段のご配慮、ご協力をいただいた。この場を借りて厚くお礼申し上げる。

引用文献

- (1) 在原登志男・斉藤勝男（1983）アカマツ雪害木に対するマツノマダラカミキリの寄生とマツノザイセンチュウの生息状況について。日本林学会発表論文集 94：471-472.
- (2) 在原登志男・斉藤勝男（1984）福島県におけるマツの枯損動態に関する研究（Ⅰ）マツの枯損時期とマツノザイセンチュウ検出率。日本林学会発表論文集 95：463-464.
- (3) 在原登志男（1988）寒冷地方におけるマツ材線虫病発生の特徴（Ⅱ）林分調査による年越し枯れの実態。森林防疫 37：84-87.
- (4) BEDKER, P. J., BLANCHETTE, R. A. (1988) Mortality of Scots pine following inoculation with the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Can. J. For. Res. 18：574-580.
- (5) 藤岡 浩（1987）マツ材線虫防除に対する除・間伐の効果。森林防疫 36：181-186.
- (6) 藤岡 浩・宮野順一（1987）被圧枯死木におけるマツノマダラカミキリの寄生と材内線虫の検出状況。日本林学会東北支部会誌 39：177-178.
- (7) HALIK, S. and BERGDAHL, D. R. (1995) Long-term Survival of *Bursaphelenchus xylophilus* in Lining *Pinus sylvestris* in an Established Plantation. International Symposium on Pine Wilt Disease Caused by Pine Wood Nematode：95-102.
- (8) 早坂義雄・尾花健喜智・滝沢幸雄・庄司次男（1981）宮城県石巻におけるマツ材線虫病の枯損動態（Ⅰ）自然感染木の病徴発見時期と穿孔虫の寄生状況。日本林学会東北支部会誌 33：166-168.
- (9) 早坂義雄・尾花健喜智・志水勝彦（1982）宮城県石巻におけるマツ材線虫病によるマツの枯損動態（Ⅱ）大門崎における枯損経過。日本林学会東北支部会誌 34：128-130.
- (10) 金子 繁・窪野高德・陣野好之（1987）マツノザイセンチュウ接種によるアカマツ年越し枯れ木の枯損経過と材内線虫の動態。日本林学会東北支部会誌 39：172-174.
- (11) 岸 洋一・細貝 浩・糟谷重夫（1990）20年生と3年生クロマツに対するマツノザイセンチュウ

- ウの頭数別, 回数別接種実験. 日本林学会発表論文集 101 : 499-500.
- (12) 岸 洋一 (1996) マツノザイセンチュウ接種後の低温多雨とアカマツ枯損率. 日本林学会関東支部論文集 48 : 91-92.
- (13) 真宮靖治 (1975) マツノザイセンチュウの発育と生活史. 日本線虫研究会誌 5 : 16-25.
- (14) 庄司次男・陣野好之 (1985) マツノザイセンチュウの接種時期と枯損発生との関係. 日本林学会発表論文集. 96 : 461-462.
- (15) 作山 健・佐藤平典 (1980) マツの材線虫病によって翌年に枯れた事例. 日本林学会東北支部会誌 32 : 206-207.
- (16) 佐藤平典・作山 健 (1980) マツ材線虫病の被害木以外による伝搬の可能性. 日本林学会東北支部会誌 32 : 210-211.
- (17) 梅田久男・小松利昭 (1985) アカマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験. 日本林学会東北支部会誌 37 : 248-250.
- (18) 梅田久男 (1987) アカマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験 (第2報). 日本林学会東北支部会誌 39 : 175-176.
- (19) 陣野好之 (1984) 東北地方におけるマツ材線虫病の特徴と問題点. 森林防疫 33 : 4 - 8.

研 究 報 告（第 9 号）

平成14年 3 月発行

編 集 編集委員長 大里 陽造
編 集 委 員 高橋 正治, 大森 徹, 川地 修一
矢田部 隆, 阿部 実, 金子 智紀
発 行 秋田県河辺郡河辺町戸島字井戸尻台47-2
秋 田 県 森 林 技 術 セ ン タ ー
郵便番号 019-2611
T E L 018-882-4511
F A X 018-882-4443
e-mail : forest-c@pref.akita.jp
印 刷 株式会社 三 戸 印 刷 所

BULLETIN
of the
AKITA PREFECTURE FOREST TECHNICAL CENTER

No. 9 2002. 3

contents

Development of growing technic to wild plants by
efficient propagation and multiutilization in forest land Kunihiro SUDA 1~14

Management technology of broad-leaved forest in the cool-temperate zone 15~43
I. Growth actual conditions and characteristics of the planted broadleaf trees
II. Growth actual conditions and characteristics of the planted broadleaf trees in heavy snow area
III. Actual conditions of obstructive factors to the young planted broadleaf trees
IV. Examination for the evasion of the damage by vertebrates
Satoru WADA • Satoshi SAWATA • Hideo ISHIDA (I, II)
Akihiko NAGAKI • Satoru WADA (III, IV)

Highly development technology and
improvement of the cultivation method for mushroom Takashi YAMADA 45~57

Development of masspropagation technique
in some edible wild plants cultivations Hirofumi SATO 59~69
Kunihiro SUDA

Differences of soil properties between sugi and
beech forests from the effect of acid rain Satoshi SAWATA 71~88

Existnce of pine wood nematode
in Japanese black pine living in the cold latitudes Akihiko NAGAKI 89~102
Masakazu KANEZAWA