

林業試験場成果報告

第 1 7 号

平成 2 0 年 1 月

宮 城 県 林 業 試 験 場

目 次

1	森林資源の循環利用によるきのこ栽培に関する研究	1
2	育林機械による植付・下刈試験	17
3	列状間伐の伐採幅と労働生産性及び列状間伐後の残存木の状況	31
4	間伐見積シミュレーションソフトの開発	39
5	マツノマダラカミキリの飛込みによる感染に関する調査	52
6	樹幹注入による通水障害に関する調査	56
7	マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究(第2報)	59

森林資源の循環利用によるきのこ栽培に関する研究

更級 彰史・玉田 克志・相澤 孝夫^{*1}

要旨

第1章 ナメコ廃菌床を用いたハタケシメジ栽培試験

ハタケシメジ「みやぎ LD1 号」の菌床調製コストの低減とナメコ廃菌床の地域内資源循環を狙い、菌床培地基材にナメコ廃菌床を利用する試験を実施した。培地基材であるスギおが粉をナメコ廃菌床に置換する割合を高めるに従って培養日数は長くなるものの、育成日数の短縮及び収量・食物繊維量の増加が確認された。廃菌床置換割合を 25% (25%リサイクル培地) に固定し、培養期間の長期化を克服するため粉炭 (土壌改良用炭素) を添加した培地による栽培試験を実施したところ、培地の乾燥重量比で 3%の粉炭を添加した試験区では、培養期間が対照区より約 8 日間短縮し、粉炭添加に伴う培養期間短縮効果が確認された。また、収量は 1.4 倍となり、栽培コストも通常原価の範疇に収まることから、実用レベルでの採用も可能と考えられた。

第2章 乾熱乾燥処理したナメコ廃菌床を用いたヒラタケ栽培試験

菌床調製コストの低減等を目的に、ナメコ廃菌床の利用可能性の拡大を視野に入れて、乾熱乾燥処理 (150℃～200℃) した廃菌床を培地基材に用いたヒラタケ栽培試験を実施した。その結果、乾熱乾燥廃菌床の添加割合が高くなるに従い培養日数は長くなるものの、子実体発生量は増加する傾向が認められた。収量・栽培サイクル等を総合的に考慮すると、置換割合が培地基材 (スギおが粉) の 50%程度までは実用化可能と考えられた。

第3章 マイタケ廃菌床を用いたマイタケ栽培試験

ナラおが粉とシイタケ廃ホダを容積比 3 : 7 で混合したものを培地基材とするマイタケ菌床栽培において、自家排出されるマイタケ廃菌床の利用可能性を検討した。その結果、総栽培期間・菌廻り・発生子実体の収量等を総合的に考慮すると、廃菌床を培地に添加する場合、基材の 20%程度の置換までは可能と考えられた。他方、廃菌床の複数回に渡る継続反復利用に関しては、置換割合が 20%までの範囲でも培養中の菌廻り劣化が観察されたことから、収量や栽培期間での良好な結果を考慮しても、安定した栽培手法とは認められなかった。

第4章 スギ林床を利用したハイイロシメジ栽培試験

農山村における新たな経済的価値の作出やスギ人工林未利用資源の有効活用を射程に入れて、ハイイロシメジ野外栽培試験を実施した。スギおが粉及びバーク堆肥を培地基材として1.2kg菌床を調製し、これを場内スギ林床に落葉等を利用して埋設した。その後春期に雑草木の刈り払い等の環境整備を行いつつ、子実体発生状況等を継続的に調査したところ、菌床埋設翌年には発生が始まり、2年後以降は全6試験区で発生が認められた。埋設後4年目まで発生が継続し非常に高い生産性を示した。子実体発生量と林床A0層への菌糸伸長量 (シロの大きさ) には一定の正の相関があることが示唆された。

キーワード: ナメコ廃菌床, ハタケシメジ, ヒラタケ, マイタケ, ハイイロシメジ

^{*1} 現所属: 林業振興課

はじめに

宮城県内の菌床栽培によるきのこ生産量は、近年大型の生産施設が稼働したことにより急速に拡大し、とりわけシイタケ・ブナシメジで増加が顕著であり、マイタケ・ナメコも生産の拡大基調が見受けられる。生シイタケを例にとると、全生産量に占める菌床栽培の割合は、平成 15 年の 42%から、平成 16 年には 51%，平成 17 年に至ると約 70%と急速に増加しており、今後も生産者の新規参入が予定されていることから拡大傾向は続く予想される。翻ってシイタケ原木栽培では、平成 6 年に 250 万本を数えた原木伏込量が、平成 16 年には 73 万本と 3 分の 1 以下に減少しており、生産の場の山間地から平地への移行を示唆している（みやぎの園芸特産データブック，2007）。山間地における林床利用型のきのこ生産は、山村農林家の経営品目の一つとして重要な役割を果たしてきており、森林環境に根差した特徴ある栽培品目の新規作出は、今後の農山村振興を図る上で有用なメニューと位置づけられる。

他方、栽培コスト・資源のリサイクル等から菌床栽培の増加を鑑みると、主要きのこの市場価格が低迷している中で、菌床の基材となるおが粉単価やきのこ栽培後排出される廃菌床の処理経費は中小のきのこ生産者の経営課題となっている場合があり、廃菌床等の培地基材への再利用により資材費等のコスト低減や資源のリサイクルを進めていく必要がある。

本課題は以上の現状認識に立ち、林床腐植や落葉等の森林由来の低位利用資源や廃菌床等木質系廃棄物を循環型資源としてきのこ栽培で有効利用し、中山間地域等をターゲットにした低コストきのこ栽培技術の開発と循環型社会構築への貢献を狙うものである。

第 1 章 ナメコ廃菌床を用いたハタケシメジ栽培試験

1 試験の目的

ハタケシメジ栽培におけるナメコ廃菌床の利用に関しては、1 ヶ月～3 ヶ月程度野外堆積することで菌床培地基材として利用可能であることが示され、他方、廃棄直後であっても培地に容積比 0.5%程度の消石灰を添加した場合ハタケシメジ菌糸の発菌・伸長に効果があり、加えて粉炭を添加することで更に培養日数の短縮が可能であることが報告されている（玉田ら，2002）。本場が開発・品種登録したハタケシメジ野外栽培品種「みやぎ LD1 号」は、培地基材にスギおが粉を単用し栽培用菌床を調製しているが、公開されている栽培手法の多くはバーク堆肥等を培地基材としており、現在もコスト低減、培地ミキシングの作業性、バーク堆肥の品質安定性等の観点から培地基材の改良がなされている。代替基材として、剪定枝葉堆肥化資材（粕谷ら，2004）やマイタケ廃菌床堆肥（松本，2004）の利用可能性が指摘されており、赤松（2005 等）は露地栽培に供する菌床の基材に、野外堆積したナメコ廃菌床とバーク堆肥を混合する栽培手法を報告している。

本試験では、これらの知見を踏まえ、ナメコ廃菌床を利用した場合のハタケシメジ「みやぎ LD1 号」菌床の最適培地組成を解明し、もって、「みやぎ LD1 号」の菌床を調製・販売する県内民間企業が、近隣のナメコ生産者より廃菌床をほぼコストフリーで入手・利用することで、菌床調製コストの低減と地域内の資源循環システムが達成されることを念頭においた。

2 試験方法

2. 1 廃棄直後のナメコ廃菌床を培地基材に利用するための試験

表－1（試験Ⅰ）及び表－2（試験Ⅱ）の組成により、ナメコ廃菌床と専管ふすまを容積比 9：1 で混合し

た培地に添加物を混合し、1.2kgの菌床を調製した。試験Ⅰでは添加物に消石灰とアカマツ粉炭を用い、粉炭添加量別に5試験区を設定した。試験Ⅱでは添加物に炭酸カルシウムとアカマツ粉炭を利用し、炭酸カルシウム添加量別に4試験区を設定した。調製した菌床は、高圧殺菌後（培地内温度120℃、60分）、放冷してハタケシメジ「みやぎLD1号」を接種した。培養は温度23℃、湿度70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に培養が完了した菌床から順次、温度16℃、湿度100%の発生室内で子実体を育成し、傘が7～8分開きでの発生量を計測した。発生に際しては、表－1の組成の菌床については、培養袋の上部のみを切り取り、菌かき及び覆土を行わない無処理区と、菌かきを行わず赤玉土中粒で覆土を行った覆土処理区を設定した。表－2の組成の菌床については、全数無処理区とした。

表－1 試験Ⅰ：ハタケシメジ菌床培地組成

試 験 区	培 地 基 材	添加栄養剤等（容積比）				含水率	培地 p H
A	廃棄直後ナメコ廃菌床	専管ふすま	10%	消石灰 0.5%	粉炭 1.5%	63.2%	5.9
B	廃棄直後ナメコ廃菌床	専管ふすま	10%	消石灰 0.5%	粉炭 3.0%	65.9%	6.2
C	廃棄直後ナメコ廃菌床	専管ふすま	10%	消石灰 0.5%	粉炭 5.0%	64.1%	6.2
D	廃棄直後ナメコ廃菌床	専管ふすま	10%	消石灰 0.5%	粉炭 10%	62.4%	6.1
E	廃棄直後ナメコ廃菌床	専管ふすま	10%	消石灰 0.5%	粉炭 15%	63.4%	6.2

含水率・培地pH：高圧殺菌後の培地を計測。

表－2 試験Ⅱ：ハタケシメジ菌床培地組成

試 験 区	培 地 基 材	添加栄養剤等（容積比）					含水率	培地 p H
a	廃棄直後ナメコ菌床	専管ふすま	10%	炭酸カルシウム	0.5%	粉炭 15%	63.7%	4.9
b	廃棄直後ナメコ菌床	専管ふすま	10%	炭酸カルシウム	1.0%	粉炭 15%	64.7%	5.1
c	廃棄直後ナメコ菌床	専管ふすま	10%	炭酸カルシウム	2.0%	粉炭 15%	63.8%	5.2
d	廃棄直後ナメコ菌床	専管ふすま	10%	炭酸カルシウム	4.0%	粉炭 15%	60.9%	5.3

含水率・培地pH：高圧殺菌後の培地を計測。

2. 2 ナメコ廃菌床を培地基材に利用する場合の最適置換割合を導出する試験

ナメコ廃菌床等をハタケシメジ「みやぎLD1号」の培地基材に利用して菌床を調製した場合、通常の販売用菌床の培地基材であるスギおが粉ベースの菌床に比べて、収量は増加するものの培養期間の長期化が認められた。本試験では、添加する栄養剤は通常の販売用菌床の調製配合と同じとし、スギおが粉をナメコ廃菌床に置換する割合を変えた菌床を調製し発生に供することで、収量や培養期間にどのような変化があるか観察した。培地組成は表－3の通りとし、1菌床当たり1.2kgの菌床を調製後、高圧殺菌（培地内温度120℃、60分）・放冷を行い、ハタケシメジ「みやぎLD1号」を接種した。培養は温度23℃、湿度70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に培養が完了した菌床から順次、温度16℃、湿度100%の発生室内で子実体を育成し、傘が7～8分開きでの発生量を計測した。なお、培地の水分量は67%を目標として、培地を強く握って水がわずかにしみ出る程度に調製し、殺菌後、含水率及び水素イオン濃度を計測した。発生に際しては、培養袋の上部のみを切り取り、菌かき及び覆土は行わなかった。また、発生した子実体については試験区ごとに食物繊維量を計測した。

表－３ ハタケシメジ菌床培地組成（乾燥重量比）

試 験 区	培 地 基 材	添 加 栄 養 剤 等	含水率	培地pH
A	スギおが粉 20% (対照区)	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	69.6%	5.5
B	スギおが粉 15% ナメコ廃菌床 5%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	67.4%	5.1
C	スギおが粉 10% ナメコ廃菌床 10%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	64.4%	5.0
D	スギおが粉 5% ナメコ廃菌床 15%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	63.0%	4.9
E	ナメコ廃菌床 20%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	61.2%	4.8

スギおが粉：１年程度野積み後のもの。

ナメコ廃菌床：ナメコ子実体を２回発生後掻き出し、廃棄した直後のもの。

含水率・培地pH：高圧殺菌後の培地を計測。

２．３ ナメコ廃菌床置換割合 25%培地（25%リサイクル培地）による栽培試験

２．２試験の結果を受けて、収量・品質・栽培サイクル等で最適と判断された、培地基材であるスギおが粉をナメコ廃菌床に 25%置換した培地（25%リサイクル培地）によって栽培試験を行った。基材の廃菌床置換割合は 25%に固定し、培養期間短縮に効果が認められた粉炭（土壌改良用炭素）の添加量を変えた試験区を設けることで、培養期間・収量等の相違を観察した。培地組成は表－４の通りで、菌床は実用化を視野に入れて通常の販売用と同サイズの 2.5kg とした。菌床は調製後、高圧殺菌（培地内温度 120℃、60 分）・放冷して、ハタケシメジ「みやぎ LD1 号」を接種した。培養は温度 23℃、湿度 70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に培養が完了した菌床から順次、温度 16℃、湿度 100%の発生室内で子実体を育成し、発生量を計測した。なお、培地の水分量は 67%を目標とし、培地を強く握って水がわずかにしみ出る程度に調整した。含水率と水素イオン濃度は殺菌前後に計測した。発生に際しては、培養袋の上部のみを切り取り、菌かき・覆土は行わなかった。

表－４ ハタケシメジ栽培試験培地組成（乾燥重量比）

試験区	基材の廃培地置換割合	スギおが粉	ナメコ廃菌床	特フスマ	特殊栄養剤	粉炭
I	0% (対照区)	20.00%	0.00%	10%	3%	0%
II	25%	15.00%	5.00%	10%	3%	0%
III	25%	14.25%	4.75%	10%	3%	1%
IV	25%	12.75%	4.25%	10%	3%	3%
V	25%	10.50%	3.50%	10%	3%	6%
VI	25%	7.50%	2.50%	10%	3%	10%

スギおが粉：１年程度野積み後のもの。

ナメコ廃菌床：ナメコ子実体を２回発生後掻き出し、廃棄した直後のもの

３ 試験結果及び考察

３．１ 廃棄直後のナメコ廃菌床を培地基材に利用するための試験

試験Ⅰの結果を表－５に示した。培養日数は、試験区A（粉炭 1.5%添加）に対して、試験区C（粉炭 5.0%添加）及び試験区D（粉炭 10%添加）で 10 日強、試験区E（粉炭 15%添加）では 20 日程度短縮した。粉炭添加量を多くすることで、培養日数短縮効果も増大する傾向が認められた。一方、収量についてはほとんどの試験区で 320～340g であり、粉炭添加量との間に相関は見られなかった。また、覆土処理区と無処理区を比較しても、収量に大きな差はなかった。

表－５ 試験区別ハタケシメジ栽培試験結果

試 験 区	A	B	C	D	E
培養日数平均(日)	87.5	87.8	76.0	76.6	67.3
[覆土処理]					
育成日数平均(日)	25.5	27.4	25.8	25.2	25.5
発生量平均(g／菌床)	339.6	339.6	329.8	335.2	339.1
[無処理]					
育成日数平均(日)	27.5	30.2	30.2	28.8	29.9
発生量平均(g／菌床)	325.4	293.1	330.0	330.4	322.4

次に、試験Ⅱの結果を表－６に示した。培地組成では、試験Ⅰで培養日数短縮効果の大きかった粉炭添加量15%を固定とし、その上で更に培養日数を短縮するため、一定量以上の添加で菌糸伸長阻害を引き起こすと考えられた消石灰（玉田ら、2002）の代替剤として、炭酸カルシウムの添加効果を検証した。炭酸カルシウムの培地pH調整力は低いものの、試験区c（炭酸カルシウム2.0%添加）では、試験Ⅰの最短培養日数（試験区E：67.3日）をさらに7日程度短縮して60.5日となった。収量については、いずれの試験区も270g程度で、炭酸カルシウム添加濃度との相関はみられなかった。炭酸カルシウムの添加は消石灰添加時と比較して収量の減少傾向がみられ、奇形等形質不良の子実体の発生が多くみられた。

表－６ 試験区別ハタケシメジ栽培試験結果

試 験 区	a	b	c	d
培養日数平均(日)	71.3	69.6	60.5	65.8
育成日数平均(日)	26.6	28.2	24.5	26.3
発生量平均(g／菌床)	271.4	277.7	274.4	274.2

3. 2 ナメコ廃菌床を培地基材に利用する場合の最適置換割合を導出する試験

結果を表－７に示した。ナメコ廃菌床の置換割合が高くなるに従って培養に要する日数は長くなるものの、子実体発生量及び子実体中の食物繊維量は増加した。試験区Bでは、接種から子実体収穫までの日数が対照区であるスギおが粉の培地と2日程度しか差がないものの、発生量は1菌床あたり平均で90g以上の増量となり、食物繊維量は約1.5倍になった。試験区Cでは、収穫までの日数が対照区に比べ5日程度長くなるものの、発生量は試験区Bを若干上回る程度であった。食物繊維量はさらに高くなり、対照区の1.7倍になった。ナメコ廃培地の添加割合を高くすると、発生する子実体が硬化する傾向を観察しており、これは、食物繊維の含有量に関与しているものと考えられた。

以上から、培養・育成日数、子実体の発生量及び品質等の栽培特性を総合的に考慮すると、ナメコ廃菌床の置換割合は乾燥重量で培地全体の5～10%（培地基材であるスギおが粉に対しての置換割合は25%～50%）の範囲内で実用化可能と考えられた。

表－7 試験区別ハタケシメジ栽培試験結果

試験区	A	B	C	D	E
培養日数平均(日)	69.2	74.5	77.7	—	91.8
育成日数平均(日)	28.8	25.3	25.6	—	24.3
合計日数(日)	98.0	99.8	103.3	—	116.1
発生量平均(g/菌床)	261.8	354.1	360.8	(404.8)	421.1
食物繊維量(g/100g)	1.9	2.8	3.2	3.5	3.2

培養日数：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成日数：発生処理から子実体の収穫に至るまでの日数

試験区Dは、雑菌汚染により供試数が充分でなかったため参考値。

3. 3 ナメコ廃菌床置換割合 25%培地（25%リサイクル培地）による栽培試験

結果を表－8～表－11に示した。培地調製では、培地基材・水等をミキシングし菌床を調製したが、粉炭（土壌改良用炭素）添加量が多い試験区V（廃菌床 25%・粉炭 6%）、試験区VI（廃菌床 25%・粉炭 10%）では、粉炭の吸水に時間を要するためか培地の水分状態が平衡するのに他試験区より多くのミキシングを必要とした。試験区VIでは、高圧殺菌前の計測含水率は最も低かったが、培地を手で強く握った場合に染み出す水の量は全試験区で最も多かった。しかしながら、高圧殺菌後には粉炭の吸水が進んだためか、試験区V・VIともに相当強く培地を握ってもようやく水が染み出す程度の状態に落ち着いた。

菌床の培養期間については、ナメコ廃菌床を混合した場合培養期間が長期化するという問題があるが、今回の混合割合の範囲内では、粉炭添加量が多くなるに従い培養日数が短縮した。試験区II（廃菌床 25%・粉炭 0%）で 75.3 日要する培養日数が試験区VIでは 43.2 日と 32.1 日短縮されており、粉炭を培地に添加することで培養期間を短縮しうることが示唆された。試験区IV～試験区VIまでは、試験区I（対照区）に対して棄却域 5%の T 検定で有意に短くなった。試験区VIの高圧殺菌後の培地 pH は 5.95 を示しており、ハタケシメジの菌糸伸長に最適な pH6.0～6.5（菅野ら、2000 年）と近似していることから、培地 pH の改善も菌糸伸長を促進したと考えられた。しかしながら、菌廻りが進むに従い、菌床が収縮し形状が崩れる状況も観察された（写真－1）。

培養完了後の発生過程では、試験区V・VIで菌床上面の菌糸が褐変・厚化し子実体原基を形成しにくくなる弊害が生じた。試験区IV（廃菌床 25%・粉炭 3%）と比べると収量減・育成期間の長期化に繋がるとともに、奇形の発生等品質の低下も顕著となった。試験区IVでは全試験区中収量が最大となり、対照区に対し 247kg の収量増となったほか、育成期間も全試験区で最短となった。なお、収量・育成期間については、試験区II～Vまでは対照区に対して有意差が認められた。

培養完了時の菌床重量については、試験区IIのみ対照区に対して有意差が生じた。一方で全菌床につき菌床重量と培養期間、及び菌床重量と収量の関係を検証したところ、培養期間との関係では期間が長期に及ぶほど菌床重量が軽くなる負の相関が緩やかながら認められた。試験区別では、試験区IとIVで有意な負の相関があった。各試験区の平均菌床重量と平均培養期間との関係は相関係数－0.68 を示したが、有意な負の相関は認められなかった。収量との関係では、試験区Iの菌床で有意に正の相関が認められた以外明確な傾向を示さなかった。各試験区の平均菌床重量と平均収量に関しても、相関係数 0.26 で一定の傾向は明示されなかった。

次に、培養期間、育成期間、収量、菌床重量について試験区毎の変動係数を比較し、各項目のばらつきを検証した。その結果、試験区III・試験区IVは全ての項目でばらつきが少なく、安定した栽培手法と考えられた。

以上から、菌床の調製過程・培養状況、子実体発生量・品質、項目別変動係数等を総合考慮すると、本試験において最も実用性が高いのは試験区IVと考えられた。

表－８ 高圧殺菌前後の培地含水率・PH の変化

試験区	基材の廃菌床置換割合	粉炭添加割合	殺菌前含水率	殺菌後含水率	殺菌前 pH	殺菌後 pH
I	0% (対照区)	0%	70.96%	70.19%	5.87	5.42
II	25%	0%	68.57%	68.72%	5.55	5.19
III	25%	1%	68.63%	67.96%	5.58	5.29
IV	25%	3%	67.96%	66.11%	5.77	5.50
V	25%	6%	67.82%	65.97%	5.92	5.73
VI	25%	10%	65.96%	65.21%	6.04	5.95

表－９ 試験区別ハタケシメジ栽培試験結果

試験区	培養期間(日)	育成期間(日)	総栽培期間(日)	収量(g)/菌床	培養完了時菌床重量(g)
I (廃菌床 0%・粉炭 0%)	58.8	27.6	86.4	618.5	2384.0
II (廃菌床 25%・粉炭 0%)	75.3*	25.9*	101.2	688.7*	2355.3*
III (廃菌床 25%・粉炭 1%)	57.5	26.0*	83.5	835.7*	2363.9
IV (廃菌床 25%・粉炭 3%)	50.9*	24.4*	75.3	865.5*	2401.4
V (廃菌床 25%・粉炭 6%)	44.6*	25.1*	69.7	743.1*	2388.3
VI (廃菌床 25%・粉炭 10%)	43.2*	26.3	69.5	658.1	2377.4

各試験区供試体：11 菌床

培養期間：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成期間：発生処理から子実体の収穫に至るまでの日数

*：試験区 I（対照区）に対して棄却域 5%の T 検定で有意差あり

表－１０ 試験区別項目別変動係数

試験区	培養期間	育成期間	収 量	菌床重量
I	22.5	8.5	11.2	1.5
II	16.1	5.9	9.3	1.4
III	7.6*	3.9*	7.8	1.3
IV	11.9*	3.8*	5.6	1.5
V	6.1*	6.5	17.8*	1.2
VI	10.2*	6.2	24.0*	0.7*

*：試験区 I（対照区）に対して F 分布棄却域 5%の分散の差の検定において有意差あり

表－１１ 菌床重量と培養期間・収量との相関

試験区	培養期間との相関関数	収量との相関関数
I	-0.89* ¹	0.83* ²
II	-0.42	0.55
III	-0.36	-0.41
IV	-0.76* ¹	0.23
V	-0.32	-0.50
VI	0.06	-0.20

*¹：棄却域 5%の T 検定において負の相関あり*²：棄却域 5%の T 検定において正の相関あり

4 まとめ

一連の試験により、廃棄直後のナメコ廃菌床をハタケシメジ「みやぎLD1号」の菌床培地基材に再利用するための培地組成を検討してきたが、前述した通り通常の培地基材であるスギおが粉をナメコ廃菌床に置換する割合は25%～50%が適当との結果を得た。これを受けて、培養日数・子実体の発生量等を考慮し最も実用性が高いと考えられた25%置換の培地（25%リサイクル培地）により、培養期間の長期化を克服するため粉炭（土壌改良用炭素）の培地添加量を変数とする栽培試験を実施した。この中で、粉炭を3%添加した試験区では、培養期間が対照区（廃菌床0%・粉炭0%）より約8日間短縮し、粉炭添加に伴う培養期間短縮効果が確認されるとともに、収量も対照区の約1.4倍に増加した。また、栽培コストは、廃菌床25%置換培地では1菌床当たり概算で約27円のコストダウンが可能であり、これは粉炭添加3%までの資材費増を吸収できる範疇にあることから、実用レベルでの採用も可能と考えられた。

第2章 乾熱乾燥処理したナメコ廃菌床を用いたヒラタケ栽培試験

1 試験の目的

菌床調製コストの低減・単位収量の増加・木質系資源のリサイクル等を目的に、ナメコ廃菌床を培地基材に用いたヒラタケの栽培試験を実施した。ナメコ廃菌床の利用可能性の拡大を視野に入れた場合、収穫直後のナメコ廃菌床は物性が不良で比重が大きいため、そのまま培地基材に転用すると菌糸伸長や子実体発生に負の影響を及ぼす可能性が考慮される。そこで、本試験では廃菌床を乾熱乾燥処理（150℃～200℃）することで物性の改善を図ることとした。

2 試験方法

表－12の組成により、1年程度野積みしたスギおが粉及び乾熱乾燥処理したナメコ廃菌床等を培地基材として、ヒラタケ栽培用の800cc容P.Pビンに1本当たり550gの培地を充填後、高圧殺菌（培地内温度120℃、60分）、放冷してヒラタケ菌（東北H67：㈱キノックス）を接種した。培養は温度23℃、湿度70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に全てのビンで培養が完了した試験区から順次、温度16℃、湿度100%の発生室内で子実体を育成し、傘が7～8分開きでの発生量を計測した。なお、培地の水分量は67%を目標として、培地を強く握って水がわずかにしみ出る程度に調製し、殺菌後、含水率及び水素イオン濃度を計測した。発生に際しては菌かきを行い原基形成を促した。

表－12 ヒラタケ栽培試験培地組成（乾燥重量比）

試験区	培地基材	添加栄養剤等	含水率	培地pH
I	スギおが粉 20% (対照区)	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	67.5%	5.4
II	スギおが粉 15% ナメコ廃菌床 5%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	67.0%	5.1
III	スギおが粉 10% ナメコ廃菌床 10%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	64.3%	4.9
IV	スギおが粉 5% ナメコ廃菌床 15%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	61.4%	4.9
V	ナメコ廃菌床 20%	専管ふすま 10% 特殊栄養剤 3%	61.4%	4.8

スギおが粉：1年程度野積み後のもの。

ナメコ廃菌床：ナメコ子実体を2回発生後掻き出し、乾燥処理したもの。

含水率・培地pH：高圧殺菌後の培地を計測。

3 試験結果及び考察

結果を表－13に示した。菌廻りに至るまでの日数は、廃菌床添加割合が高くなるほど長くなり、試験区Ⅲでは1日間、試験区Ⅴでは2日間以上対照区に比べて長くなった。育成日数については、試験区Ⅲで最短となり、対照区よりも半日程度早く収穫に至った。試験区Ⅴでは育成日数が長くなったが、これは栽培ビンへの培地充填を全試験区一定重量で行ったため培地比重が大きい試験区ほど充填容積が不足となり、原基形成不揃い及びビン内での原基形成が影響したと考えられた。収穫量については、廃菌床の添加によってわずかながら増収傾向が確認された。しかしながら、培養日数・育成日数・発生量において廃菌床添加区が対照区より有意に良化する状況は見られなかった。一方、対照区と比較して廃菌床添加区では、ハタケシメジでの試験結果と同様に、発生する子実体が硬化する傾向を観察した。

以上のことから、今回の試験結果では、乾熱乾燥処理ナメコ廃菌床置換割合が培地基材の50%程度までであればヒラタケ栽培が可能と考えられたが、廃菌床の運搬・冷蔵保管及び乾熱乾燥処理コスト等を考慮すると、現段階での事業ベース化は困難と思われる。

表－13 試験区別ヒラタケ栽培試験結果

試験区	I	II	III	IV	V
培養日数平均(日)	13.0	13.3	14.0	15.1	15.3
育成日数平均(日)	9.6	9.3	9.1	9.3	12.0
合計日数(日)	22.6	22.6	23.1	24.4	27.3
発生量平均(g/ビン)	102.1	99.7	107.9	109.6	110.0

培養日数：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成日数：発生処理から子実体の収穫に至るまでの日数

第3章 マイタケ廃菌床を用いたマイタケ栽培試験

1 試験の目的

広葉樹おが粉やシイタケ廃ホダおが粉を培地基材として利用するマイタケ菌床栽培においては、広葉樹おが粉の資源状態・価格変動、あるいはシイタケ原木伏込量の減少が経営上の大きな懸念材料となっている。培地基材の価格上昇等に備えて、より低コストで入手でき、栽培安定性に優れる新たな培地基材の検討はリスク管理上喫緊の課題である。本試験では、新たな培地基材として、マイタケ廃菌床の利用可能性を検討した。

マイタケ栽培の培地基材にマイタケ廃菌床を利用する手法に関しては多くの知見が積み重ねられており、中里（1994）は、廃棄直後のマイタケ廃菌床を無処理で培地基材に利用しうる可能性を指摘した。富樫ら（1995）は、ミズナラ・ダケカンバを培地基材とするマイタケ廃菌床について、菌床培養後の熟成方法の検討により再利用の可能性を示唆した。松本（2003）は、6ヶ月間野外堆積したマイタケ廃菌床とブナおが粉を適量混合する培地での栽培可能性を指摘している。以上のように、いずれもマイタケ廃菌床の培地基材としての利用可能性を報告しているが、その手法は供試菌株や菌床の培地組成、あるいは廃菌床のそもそもの培地組成や利用時の状態等によって異なる結果も示している。

そこで本試験では、ナラおが粉とシイタケ廃ホダを容積比3：7で混合したものを培地基材とするマイタケ菌床栽培において、自家排出されるマイタケ廃菌床の利用可能性を検討することとした。

2 試験方法

2. 1 廃棄直後のマイタケ廃菌床を培地基材に利用するための試験

培地基材であるナラおが粉等を、どの程度までなら発生する子実体の収量・品質等を落とすことなくマイタケ廃菌床に置換できるか検討するため、表－14の組成によりマイタケ廃菌床を培地基材に利用した栽培試験を実施した。培地は、マイタケ用 1,000cc 容 PP ビンに 540～580g/本充填し、高圧殺菌（培地内温度 120℃、60 分）・放冷後、マイタケ菌（山越 T-1：山越種菌）を接種した。培養は温度 23℃、湿度 70%の培養室内で行い、培養完了に要する日数を観察した。次に全てのビンで培養が完了した試験区から順次、温度 16℃、湿度 95%の発生室内で子実体を育成し、管孔が明瞭になった時点での発生量を計測した。なお、培地の水分量は 64%を目標として、培地を強く握って水がわずかにしみ出る程度に調整した。発生に際しては菌かきを行ったが、20℃前後での芽出し期間は設けずに発生室での子実体育成に移行した。

表－14 廃棄直後のマイタケ廃菌床を利用したマイタケ栽培試験の培地組成（乾燥重量比）

試験区	基材の廃菌床置換割合	ナラおが粉等	廃菌床	一般フスマ	SS フスマ	含水率	PH	充填量
I	0%（対照区）	25.0%	0.0%	8%	3%	65.5%	4.5	540g
II	10%	22.5%	2.5%	8%	3%	65.7%	4.5	540g
III	20%	20.0%	5.0%	8%	3%	64.6%	4.4	540g
IV	40%	15.0%	10.0%	8%	3%	65.9%	4.3	550g
V	60%	10.0%	15.0%	8%	3%	64.8%	4.2	560g
VI	80%	5.0%	20.0%	8%	3%	65.8%	4.1	570g
VII	100%	0.0%	25.0%	8%	3%	67.2%	4.1	580g

含水率・培地 pH：高圧殺菌後の培地を計測。

2. 2 マイタケ廃菌床の培地基材への複数回利用試験

2. 1 試験により良好な結果を得られた基材の廃菌床置換割合 10%及び 20%の培地により、マイタケ廃菌床の複数回利用試験を行った。培地組成は表－15（試験 A：廃菌床 2 回転目）、表－16（試験 B：廃菌床 3 回転目）の通りで、試験手順は 2. 1 試験に準じた。

表－15 試験 A：2 回転目の廃菌床を利用したマイタケ栽培試験の培地組成（乾燥重量比）

試験区	基材の廃菌床置換割合	ナラおが粉等	廃菌床	一般フスマ	SS フスマ	含水率	PH	充填量
A I	10%	22.5%	2.5%	8%	3%	64.5%	4.8	540g
A II	20%	20.5%	5.0%	8%	3%	64.6%	4.5	540g

A I の廃菌床：2. 1 試験の試験区 II の廃菌床を利用
A II の廃菌床：2. 1 試験の試験区 III の廃菌床を利用
含水率・培地 pH：高圧殺菌後の培地を計測。

表－16 試験 B：3 回転目の廃菌床を利用したマイタケ栽培試験の培地組成（乾燥重量比）

試験区	基材の廃菌床置換割合	ナラおが粉等	廃菌床	一般フスマ	SS フスマ	含水率	PH	充填量
B I	10%	22.5%	2.5%	8%	3%	65.3%	4.8	540g
B II	20%	20.5%	5.0%	8%	3%	63.2%	4.7	540g

B I の廃菌床：試験 A の試験区 A I の廃菌床を利用
B II の廃菌床：試験 A の試験区 A II の廃菌床を利用
含水率・培地 pH：高圧殺菌後の培地を計測。

3 試験結果及び考察

3. 1 廃棄直後のマイタケ廃菌床を培地基材に利用するための試験

結果を表－17に示した。廃菌床置換割合が高くなるに従い、培養期間は長期化するものの、育成期間は短縮する傾向が全体的に見られた。

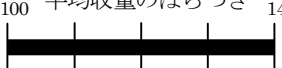
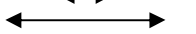
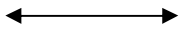
培養終了時点での菌廻りは、試験区Ⅱ（廃菌床 10%置換）では対照区と遜色なくビン表面に完全に菌糸が蔓延したが、試験区Ⅲ（廃菌床 20%置換）・試験区Ⅳ（廃菌床 40%置換）では、供試本数の半分程度がビン表面の 8 割～9 割程度の菌廻りに止まった。これらの試験区の未廻り部を残すビンでは、発生処理後ビン表面に菌糸が薄廻りする状況も確認された。試験区Ⅴ（廃菌床 60%置換）では、ビン表面の 6 割～7 割しか菌糸が蔓延せず伸長が停止したので、培養 33 日目に試験を打ち切った。試験区Ⅵ（廃菌床 80%置換）、試験区Ⅶ（廃菌床 100%置換）ではビン表面の 2 割程度の菌糸伸長に止まったため、同様に培養を中止した。

育成期間に関しては、廃菌床置換割合が高い試験区ほど、供試ビンごとの子実体成長進度の個体差が拡大する傾向が認められた。培養期間・育成期間を合わせたトータルの栽培期間は試験区Ⅰ，Ⅱ，Ⅲがほぼ同程度となった。

子実体の平均収量は、試験区Ⅲで試験区Ⅰ（対照区）に対して 15.6g 多くなり、棄却域 5%の T 検定で有意差が認められた。試験区Ⅱ・Ⅲでは不発生となる供試ビンはなくおしなべて良好な発生を示したが、試験区Ⅳでは不発生率が 27.3%に及び、子実体が菌掻き後再生した菌糸全体からではなく 1 部分にのみ集中して発生する状況が見られた。廃菌床の添加は、一定割合までの基材との置換で増収効果があると考えられた。

以上より、総栽培期間・菌廻り・収量等を総合考慮すると、本試験における培地組成では、マイタケ廃菌床の置換割合は基材の 20%程度までが適当と考えられた。

表－17 廃棄直後のマイタケ廃菌床を利用したマイタケ栽培試験の結果

試験区	基材の廃菌床 置換割合	培養期間 (日)	育成期間 (日)	総栽培期間 (日)	平均収量 (g)	平均収量のばらつき	不発生率 (%)
I (対照区)	0%	20.0	26.0	46.0	118.7		0
II	10%	22.0	25.0	47.0	120.0		0
III	20%	22.0	24.0	46.0	134.3*		0
IV	40%	27.0	23.5	50.5	121.9		27.3
V	60%	菌廻りせず試験中止					
VI	80%	菌廻りせず試験中止					
VII	100%	菌廻りせず試験中止					

各試験区供試体：11 本／1,000cc 容 PP ビン

培養期間：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成期間：発生処理から子実体の収穫に至るまでの日数

不発生率：子実体不発生本数／供試体本数

*：試験区Ⅰ（対照区）に対して棄却域 5%の T 検定で有意差あり

3. 2 マイタケ廃菌床の培地基材への複数回利用試験

結果を表－18に示した。培養期間は、廃菌床の利用回数が高くなるに従い長期化する傾向が見られ、1 回転目と比較して培養完了時点での培地菌廻りの劣化が認められた。廃菌床置換割合 10%では、AⅠ試験区（2 回転目）の菌廻りは培養完了時で全ビンおしなべて 9 割程度に止まり、ビン表面が菌糸に満たされる前に菌掻き後の再生菌糸の褐変・原基形成が始まったので急遽発生処理に移行した。BⅠ試験区（3 回転目）において

も、培養完了時の菌廻りは同様に 9 割程度で、ビン底部は発菌しているもののビン下部に 1～2cm 幅に層状の未廻り部を残した（写真－2）。もっとも、発生処理後に菌糸は漸伸を示し子実体育成期間中にビン表面は菌糸に満たされたが、収穫後廃菌床を掻き出したところ、培養中に完全に菌廻りしたものと比べると菌接種前の培地色に近い濃焦茶色を残す状況が認められた。廃菌床置換割合 20%では、A II 試験区（2 回転目）の菌廻りは良好で、培養完了時に全ビン表面が菌糸に満たされた。一方で、B II 試験区（3 回転目）では、培養完了時の菌廻りはビン内の 5～8 割に止まり、完全にビン表面に菌糸が蔓延したものは 1 本もなかった。

育成期間は、廃菌床置換割合 10%・20%の両試験区とも 2 回転目より 3 回転目の方が長くなる傾向が認められたが、いずれも 1 回転目よりは短縮した。試験区毎の育成期間の変動係数を比較したところ、10%より 20%置換の試験区で、2 回転目より 3 回転目の試験区で大きくなり、供試ビン毎の子実体成長進度のばらつきが拡大する傾向を示した。培養期間と育成期間を合わせた総栽培期間は、B II 試験区（20%・3 回転目）を除き 2. 1 試験の試験区 I（対照区）より短くなった。

子実体の発生状況は、全試験区で不発生率はゼロとなり、平均収量は B II 試験区（20%・3 回転目）以外 2. 1 試験の試験区 I（対照区）を上回った。A I 試験区（10%・2 回転目）及び B I 試験区（10%・3 回転目）では対照区に対して有意に増加した。但し、廃菌床置換割合 10%・20%の両試験区とも 3 回転目の平均収量は 2 回転目より減少した。なお、培養完了後の供試ビン重量と収量との関係を B I 試験区及び B II 試験区の全ビンにつき検証したところ、相関係数は B I では－0.61 となり負の相関が、B II では 0.45 で正の相関が有意に認められ、一定の傾向は示されなかった。

以上より、マイタケ廃菌床を継続的に反復して培地基材に混合していくマイタケ栽培システムを視野に入れると、基材の廃菌床置換割合が 10%でも 20%でも複数回利用では菌廻りの劣化が観察されたことから、安定した栽培手法とは認められなかった。とはいえ、平均収量や栽培期間では対照区と遜色ない結果を得られていることもあり、菌糸伸長を促進する培地添加物の混合により菌廻り不良を改善できれば、事業ベース化も可能と考えられた。

表－18 マイタケ廃菌床の培地基材への複数回利用試験

試験区	基材の廃菌床 置換割合・回転数	培養期間 (日)	育成期間 (日)	育成期間 変動係数	総栽培期間 (日)	平均収量 (g)	100	平均収量のばらつき	140	不発生率 (%)
A I	10%・2 回転目	24.0	16.8	4.46	40.8	129.8*		←→		0
B I	10%・3 回転目	26.0	17.6	12.22	43.6	125.8*		←→		0
A II	20%・2 回転目	22.0	18.9	11.19	40.9	121.0		←→		0
B II	20%・3 回転目	29.0	22.4	22.55	51.4	113.0*		←→		0

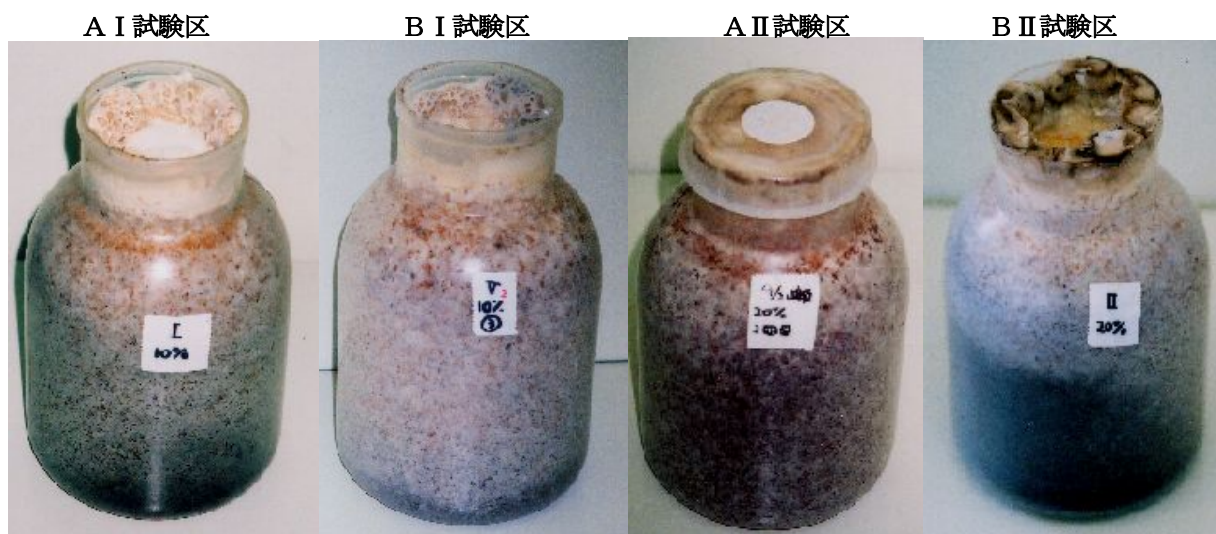
各試験区供試体：16 本／1,000cc 容 PP ビン

培養期間：接種から菌廻りに至るまでの日数

育成期間：発生処理から子実体の収穫に至るまでの日数

不発生率：子実体不発生本数／供試体本数

*：表－17 の試験区 I（対照区）に対して棄却域 5%の T 検定で有意差あり



写真－２ 培養完了時点における菌糸伸長状況

第４章 スギ林床を利用したハイイロシメジ栽培試験

１ 試験の目的

宮城県は約 73 万 ha の面積を有するが、スギ人工林はそのうちの約 2 割を占めている。県土の健全かつ均衡な発展を図る上で、林木の収穫までの間に木材生産機能や水土保持機能等を損なわない範囲で、スギ人工林を持続的に活用していく知見が現在広く求められている。ハイイロシメジ (*clitocybe nebularis*) は、落葉等堆積物が多い種々の林内に晩秋まで発生するきのこで、菌糸がスギ落葉・スギ林床腐植等に対し腐朽力を持つことを確認しており、豊富なスギ人工林未利用資源や自家労働力を活用する低コストかつ簡易な人工栽培手法を開発することで、農山村における新たな経済的価値の作出やスギ人工林の有効活用といった様々な成果が期待できる。県内では中山間部で野外採取されたものが自家消費されており、複数の人工栽培要望もあったことから一定のニーズを有すると考え、本試験において栽培試験を実施した。

２ 試験方法

スギおが粉等を培地基材に菌床を調製し、それをスギ人工林内に現地のスギ落葉を利用し埋設することで子実体の発生が可能か試験した。供試菌株は県内のスギ人工林で自然発生し、森林所有者により自家消費されていたハイイロシメジにつき、平成 12 年に現地確認し、平成 14 年まで同林内で継続発生していたものから子実体分離により立ち上げた。菌株は PDYA 培地及びスギおが粉培地による継代可能性を確認してから 69－2 号として供試した。

調製する菌床形体は野外における栽培作業の負荷を念頭におき、運搬・埋設等が比較的容易な 1.2kg の円筒形とした。菌床は表－１９の培地組成によりスギおが粉及びバーク堆肥を基材として調製し、高圧殺菌（培地内温度 120℃、60 分）・放冷後、ハイイロシメジ菌株 69－2 を接種した。培養は温度 23℃、湿度 70%の培養室内で行い、培地基材による菌糸伸長状況の相違を観察した。

表－１９ ハイイロシメジ栽培試験の菌床培地組成

スギおが粉培地（乾燥重量比）	スギおが粉	特フスマ	特殊栄養剤	含水率
	20%	12%	3%	65%
バーク堆肥培地（容積比）	バーク堆肥	特フスマ	含水率	
	4	1	63%	

※バーク堆肥は針葉樹・広葉樹樹皮と牛フンを容積比３：２で混合堆肥化したもの

次に、菌糸が蔓延した完熟菌床を当場内スギ林床に埋設した（写真－３）。スギ林床の環境データは表－２０の通りである。試験区は表－２１の通り培地基材と埋設菌床数により６試験区設け、試験区Ⅰ～Ⅲは１０月に、Ⅳ～Ⅵは８月に、林床に堆積しているスギ落葉Ｌ層を軽く掘りとりて菌床を一塊りに設置し、上部から現地採取したスギ落葉を菌床が完全に隠れるように被覆し設定した。その後は、春季に雑草木の刈り払い等環境整備を行いつつ、自然条件下での菌糸伸長状況、子実体発生量を継続的に調査した。



写真－３ ハイイロシメジ試験地のスギ林床の状況

表－２０ ハイイロシメジ試験地の環境データ

スギ林属性	育種試植林・昭和５０～５２年植栽
立木密度	９８０本／０．３２ｈａ（３，０６０本／ｈａ）
Ｌ層・Ｆ層（スギ落葉）厚	５～１０ｃｍ
林床植生	ササ、クズ等。総じて貧弱
林内斜面傾斜	１７．５％
林内斜面向き	南向き
土壌ｐＨ	５．２
林内照度	平均１，６１９lx

表－２１ ハイイロシメジ栽培試験区

試験区	培地基材	埋設菌床数（個）
Ⅰ	スギおが粉	２
Ⅱ	スギおが粉	３
Ⅲ	スギおが粉	４
Ⅳ	バーク堆肥	２
Ⅴ	バーク堆肥	３
Ⅵ	バーク堆肥	４

３ 試験結果及び考察

結果を表－２２～表－２４に示した。菌床培養期間に関しては、スギおが粉基材で平均 97.0 日、バーク堆肥基材では平均 85.8 日で菌糸蔓延に至り、バーク堆肥を培地基材に用いた方が良好な菌糸伸長を示した。

完熟した菌床をスギ林床に埋設した結果、ハイイロシメジ菌糸は主にＬ層下層からＦ層にかけて伸長し、菌糸が蔓延した部分の落葉層は焦茶色から明茶色に変色した。シロの先端は菌床埋設中心から年間 1.0m 強外側に向かって円を描くように拡大した。埋設から３年後には各試験区のシロが部分的に融合する状況（図－１）となったが、試験区間の菌糸伸長量差はその時点で最大 1.0m 以上に及んだ。

子実体は、菌床埋設の１年後から発生したが、６試験区中２試験区からの発生に止まった。しかしながら、

2年後以降は全試験区で発生が認められる状況となった（写真－4）。発生時期は10月下旬～11月上旬で、各年の気象環境の相違に関わらずほぼ一定の時期にまとまった発生が見られた。試験区における子実体発生箇所は、シロの菌糸先端から30～70cm程度内側に入った部分に集中した。子実体はドーナツ状に発生したが、それより内側は新たに落葉層の堆積があってもシロは不活発化し退潮していた。4年間の子実体発生量の合計は、最小で試験区Ⅰ（スギおが粉菌床・2個埋設）の2.22kg、最大で試験区Ⅳ（バーク堆肥菌床・2個埋設）の19.74kgとなり、大きな差違を生じた。菌床埋設後の発生量のピーク年次は、2年後に1試験区、3年後に2試験区、4年後に3試験区とばらつき、一定の傾向は認められなかった。

以上のように、菌糸伸長量、子実体発生量、発生ピーク時期には試験区間で差が生じたが、試験区設定時の変数である菌床培地基材種や埋設菌床数との相関は明示されなかった。しかしながら、子実体発生量と菌糸伸長量（シロの大きさ）には一定の正の相関があることが示唆された（相関係数0.876で棄却域5%のT検定において正の相関あり）。本試験は野外の自然環境を利用した栽培手法のため、菌糸伸長量や子実体発生量の差は、林床の植生、A0層の状況、林床の湿度・照度等の局所的な差が集積した結果と考えられた。従ってより効率的で精度の高い栽培手法を確立するためには、本試験と環境の異なる林分や試験地での栽培試験によりデータの蓄積を図る必要がある。

表－2 2 子実体の発生時期

発 生 時 期	
1 年後	10 月 27 日～10 月 30 日
2 年後	11 月 5 日
3 年後	10 月 26 日～11 月 10 日
4 年後	10 月 27 日～11 月 1 日

表－2 3 試験区別ハイイロシメジ子実体発生量

試験区	培養期間 (日)	1 年後発生量		2 年後発生量		3 年後発生量		4 年後発生量		合 計	
		本数	収量 (kg)	本数	収量 (kg)	本数	収量 (kg)	本数	収量 (kg)	本数	収量 (kg)
I	97.0	—	—	15	0.68	26	0.58	45	0.96	86	2.22
II	97.0	—	—	261	10.52	219	6.20	119	1.90	599	18.62
III	97.0	—	—	45	2.33	179	4.88	60	1.02	284	8.23
IV	85.8	18	0.29	126	7.57	153	4.78	383	7.10	680	19.74
V	85.8	—	—	37	1.86	76	2.18	35	0.36	148	4.40
VI	85.8	51	0.86	136	6.04	120	2.62	191	3.74	49	13.26
	合計	69	1.15	620	29.00	773	21.24	833	15.08	2,295	66.47

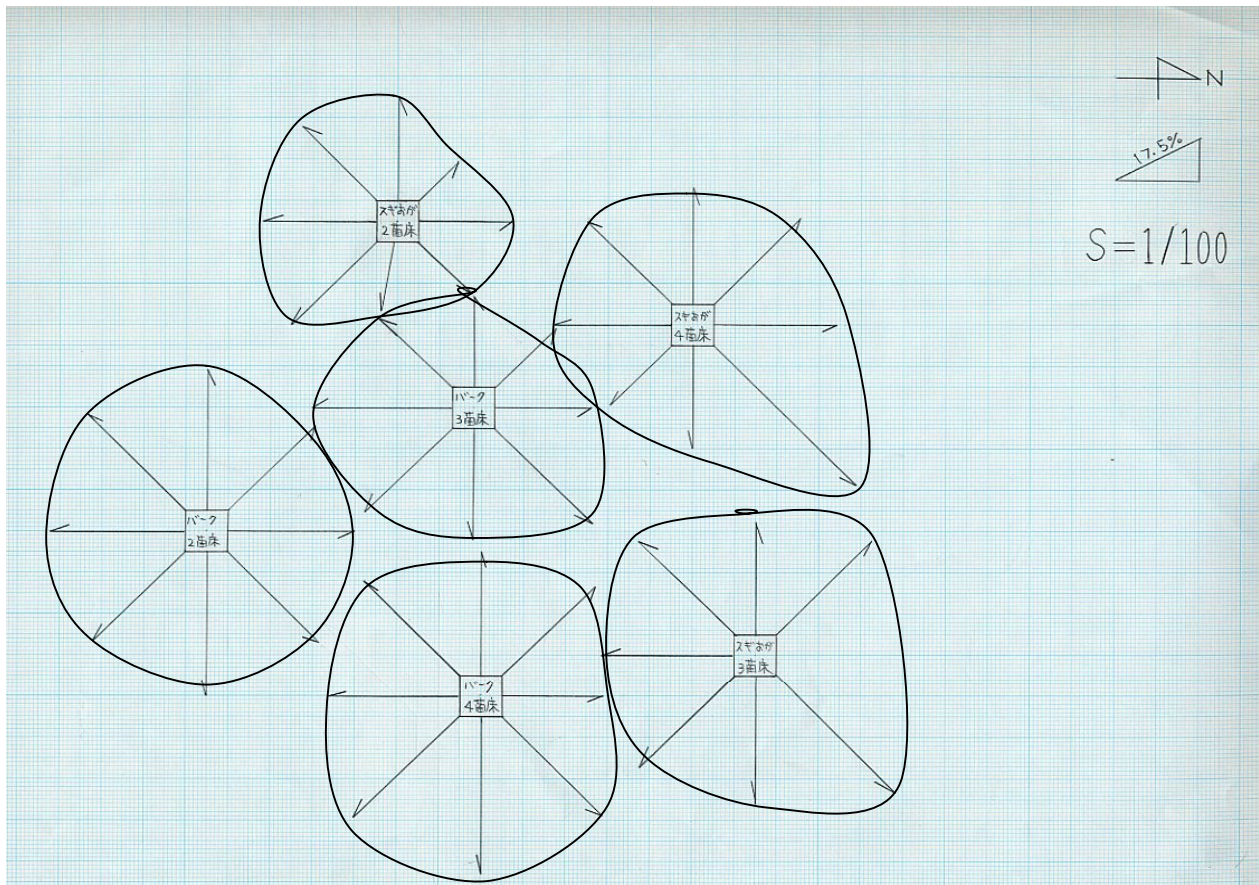
表－2 4 シロの菌糸先端距離

試験区	2 年後 (m)	3 年後 (m)	4 年後 (m)
I	1.99	2.78	3.59
II	2.50	3.82	5.09
III	2.61	3.69	4.11
IV	2.75	3.79	4.69
V	2.48	3.24	3.15
VI	2.70	3.79	5.01

菌糸先端距離：菌床埋設中心から菌糸先端までの距離を等間隔に8方向測定し、平均したもの。



写真－4 菌輪を描いて発生する子実体



図ー1 菌床埋設3年後におけるシロの拡大状況 ← 3.0m →

引用文献

- 赤松やすみ：ハタケシメジ露地栽培法の開発（V）．福井県総合グリーンセンター林業試験部業務報告 第44号 21～22 2006
- 粕谷嘉信・田村稔：ハタケシメジの栽培技術の改善に関する研究．栃木県林業センター年報 No.36 10 2005
- 菅野昭・西井孝文：新特産シリーズ「ハタケシメジ」． 44 社）農文協 2000
- 更級彰史・玉田克志：スギ林床を利用したハイイロシメジ人工栽培．東北森林科学会第11回大会要旨集 50 2006
- 玉田克志・菅野昭・相澤孝夫：食用きのこ人工栽培における収量確保に関する研究－ハタケシメジの新しい栽培技術の開発－．宮城県林業試験場成果報告 第13号 10～22 2002
- 富樫巖・宜寿次盛生・原田陽：マイタケ菌床栽培における培地基材の検討－ミズナラとマイタケ廃培地の利用－．林産試験場報 第9巻第3号 13～16 1995
- 中里康和：きのこ廃床の再利用試験－広葉樹オガクズの再利用について－．青森県林業試験場報告 No.45 44～53 1994
- 松本哲夫：廃菌床（木）の再利用に関する研究．群馬県林業試験場業務報告 80～81 2002 及び 52～53 2003
- 松本哲夫：機能性のきのこハタケシメジ生産技術の確立（1）及び（2）．群馬県林業試験場業務報告 46～49 2004
- 宮城県産業経済部農産園芸課：みやぎの園芸特産データブック． 63～68 2007

育林機械による植付，下刈試験

水田 展洋・梅田 久男・金澤 孝之*

要旨

植付用機械 1 機種（モリトウ MP2-1000），下刈用機械 2 機種の実証試験を実施して作業能率や作業コストを算出し，育林作業の機械化の可能性について検討した。

植付試験は，機械作業区と人力作業区それぞれ 0.2ha の試験区を設置し，作業区ごとにスギ挿し木苗（機械作業区はポット苗，人力作業区は裸苗）を 600 本ずつ植付け，機械作業と人力作業のそれぞれについて作業能率，コストを算出した。

下刈作業のうち，自走式下刈機（イワフジ工業 MR-30）による下刈作業は，当試験場内の草地で肩掛式刈払機（スチール FS26P）との作業能率，コストを比較した。

小型地形対応式育林機械（モリトウ MB-1300）については，植付試験と同じ場所で試験を行った。機械作業区で MB-1300 を，人力作業区では肩掛式刈払機（コマツゼノア BC-3510）を用いてそれぞれの作業能率，コストを算出した。

また，植付機と MB-1300 の試験では作業員に心拍数計を装着し，作業時の心拍数から各作業の労働負担を算出した。

植付機の作業能率は従来型作業の約 1.9 倍，MB-1300 の作業能率は従来型作業の 3.3 倍の作業能率となった。また，労働負担は植付機，MB-1300 とともに従来型作業よりも大幅に改善されていた。

しかし，MR-30 による下刈作業は従来型作業の約 65%の作業能率に留まった。

また，コスト面では全ての試験において機械作業の方が従来型作業よりも高コストとなった。

コストが高くなる主な要因として，植付や下刈といった育林作業は作業適期が決まっているために機械の稼働率が低くなってしまうことがあり，いかにして稼働率を向上させるかが重要になってくると考えられた。

キーワード：育林機械，作業能率，作業コスト，労働負担

1 はじめに

昭和 60 年代から北海道を皮切りに国内で導入が始まった高性能林業機械は，平成 17 年度末には 2,909 台にまで増加し（林野庁，2007），伐出作業は高性能林業機械作業システムが普及しつつある。

しかし，植付，下刈，枝打といった育林作業は未だ人力に頼る状況が続いており，機械も開発段階のものがほとんどである。育林用機械の作業能率等については，笠原ら（2003），日水（2004），濱津（2005），日水ら（2005, 2006）により試験が行われているが伐出機械に比べるとはるかに少ない。

一方，今後も林業従事者の減少，高齢化が進んでいくと予想される中で，育林作業の機械化は避けて通れない問題であり，さらに，機械化によって作業能率や安全性の向上に寄与することも期待できる。

そこで本試験では，植付用機械 1 機種，下刈用機械 2 機種の実証試験を行い，作業能率，作業コスト，

*現所属：自然保護課

労働負担及び苗木の成長状況について従来型作業と比較・検討した。

なお、試験の一部は東北森林科学会第8回大会（水田ら，2003），機械化林業603号（水田，2004）で発表した。また，本研究は「機械化による森林施業のトータルコスト低減技術の開発」（平成14～18年度）の一部として実施した。

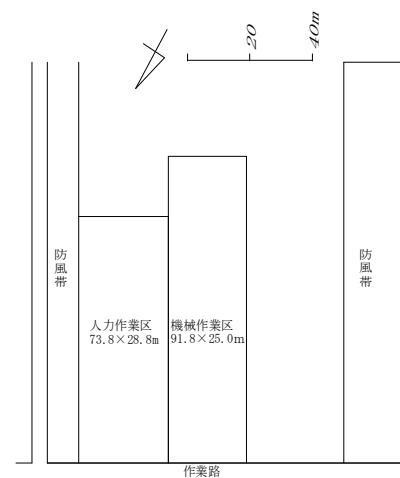
2 自走式自動植付機による植付試験

2. 1 試験地の概況

宮城県加美郡色麻町の宮城県林業試験場色麻圃場内にあるアカマツ採種園跡地を試験地とした。標高は約90m，転石や枝条もなく車両走行に適した平坦な地形である。また，格子状に約5mおきに，2002年に伐採した直径40cm前後のアカマツの伐根が点在している。その中に人力作業区と機械作業区をそれぞれ約0.2ha設けた。



写真－1 試験地の概況



図－1 試験地の模式図

2. 2 使用機械

表－1は自走式自動植付機の主要諸元である。機体は乗用型で，同時に左右2列の植付を行うことが可能になっている。

植付作業は，機体前部の作業機に装着してある開閉式ドリルによって地面を掘削し，機体後部にあらかじめ格納したポット苗を作業機に投入することによって行う。植付幅は2本のアームの幅を変えることによって，1,800～3,000mmまで変更することができる。また，ドリルの掘削深も100～260mmまで変更ことができ，ポットの大きさに応じた作業ができるようになっている。

2. 3 試験方法

植付試験は2003年4月16～18日に実施し，人力作業と機械作業のそれぞれについてビデオ撮影を行いサイクルタイムと作業能率，作業コストを算出した。作業コストの算出に当たっては，全国林業改良普及

表－1 自走式自動植付機の主要諸元

メーカー：	株式会社モリトウ
型式：	MP2-1000
全長：	4,600mm
全幅：	1,400mm
総重量：	4,850kg
登坂能力：	25度
苗木植付幅：	1,800～3,000mm
植付掘削深：	100～260mm
苗木搭載本数：	約1,000本



写真—2 自走式自動植付機



写真—3 開閉式ドリル

協会(2001)の算出方法を元にした。なお、今回の試験では機械作業ではポット苗（3年生挿し木苗，苗高約30cm，ポット径120mm）を，人力作業では裸苗（3年生挿し木苗，苗高約30cm）を使用した。機械の掘削深は150mmに設定した。

機械作業は本機を開発したメーカーの社員が操作を行ったが，本機による植付の経験はほとんどない。人力作業は地元森林組合の職員3名と当試験場研究員1名の計4名で実施した。森林組合職員は3名とも植付作業の経験が豊富にあるが，研究員については植付作業の経験はほとんど無い。植付間隔は機械作業区が2.5m×1.35m（約3,000本/ha），人力作業区は1.8m×1.8m（約3,000本/ha）とした。なお，人力作業区内については，植付の位置の目印とするために，あらかじめ縦横1.8mおきに蛎殻石灰を数g散布しておいた。

また，心拍数計（POLAR ACCUREX Plus）を用いてそれぞれの作業開始後30分間の心拍数を計測し，労働負担の推定を行った。

今回は機械作業，人力作業とも上記の当試験場研究員に心拍数計を装着し，作業開始から30分間の心拍数について，10秒おきに計測を行った。

2. 4 結果と考察

2. 4. 1 作業能率

機械による植付では1サイクルにつき左右2本の苗木を植付けているため，機械全体では46.8秒で2本の苗木を植付けていることになり（1本当たり23.4秒），人力作業が44.5秒/本だったのに対し，約半分の時間で作業を行うことができた。

なお，機械作業については片側1本の作業機のみを使用した場合の作業能率も測定したが，1サイクルあたりの所要時間は両側使用した場合とほとんど変わらず，機械作業では両側の作業機を使用できる環境を整えることが作業能率に大きく影響すると考えられた。

作業要素別の所要時間の内訳を図-2に示す。なお，他人との会話や機体のパネル操作，作業機の位置あわせや片方の作業機を操作している際の待機時間等については「その他」とした。

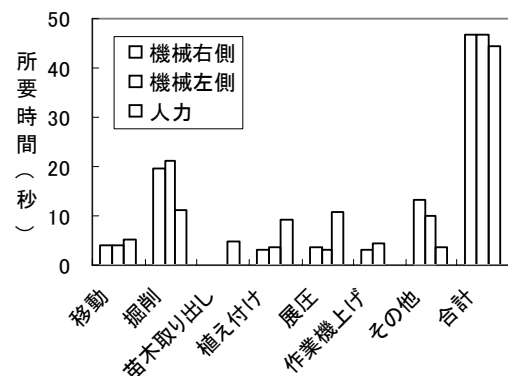


図-2 作業要素別所要時間（苗木1本当たり）

それぞれの所要時間をみると、移動時間は機械、人力間でほとんど差はなかったが、植付けや展圧は機械が速く、掘削や「その他」の作業は人力の方が少ない時間で作業を行っていた。

また、機械作業では、ドリルで掘削している間に後ろの格納庫から苗木を取り出しており、苗木取り出しに要する時間はなかった。しかし、展圧を行った後、人力では速やかに次の植付け位置へ移動できるに対し、機械作業は走行体制に入るために作業機を上昇させる必要があり、その時間を毎回3～5秒程度要した。

機械作業のうち掘削は全作業時間の44%を占めており、また「その他」の時間が全作業時間の25%に達して掘削に次ぐ割合となった。

以上の結果から、作業効率の向上のためにはドリルの掘削能力を上げること、左右の作業機を同時に操作することやオペレータの経験を増やし「その他」の時間の削減に努めることが重要であると考えられる。

2. 4. 2 作業コスト

上記の作業能率を元に、作業コストの算出を行った。その結果、試験時の作業能率で3,000本/haの植付けを行った場合、機械では1本23.4秒(1サイクル46.8秒)で作業を行っているので約289,000円/ha、人力では1本44.5秒で植付けているので約152,000円/haのコストがかかることが判明した。なお、この価格には苗木代は含まれていないので、機械の場合はこれにポット苗の費用が、人力では裸苗の費用が加算されることになる。

3,000本/haの植付けを行った場合の、作業能率と作業コストの関係を試算した(図-3)。この図から、特に機械作業ではサイクルタイムの変化が作業コストに大きな影響を及ぼしていることがわかる。

また、機械作業コストを人力作業コストと同額にするためには1サイクル約24.5秒(両側作業の場合。24.5秒で左右2本を植付ける)で作業をする必要がある。

一方、人力作業ではサイクルタイムによる変化は比較的少ない。試験時の約2倍の1分30秒/本の作業能率でも255,000円であり、この程度までの作業能率であれば、試験時の機械作業コストよりも安価になる。

さらに、機械作業を行う場合はポット苗の使用が前提としてあるが、通常ポット苗は裸苗より高価なので、実際の作業コストはさらに差がつくものと推察される。

これだけの差がつく一番の要因は、機械の稼働日数が低く、単位時間あたりの減価償却費が増大しているためである。つまり、機械作業コストを低減させるためには、稼働日数の増大と機体価格の低下が非常に有効であると示唆されるが、植付け作業は季節労働なので稼働日数を増やすことは難しい。そこで機体

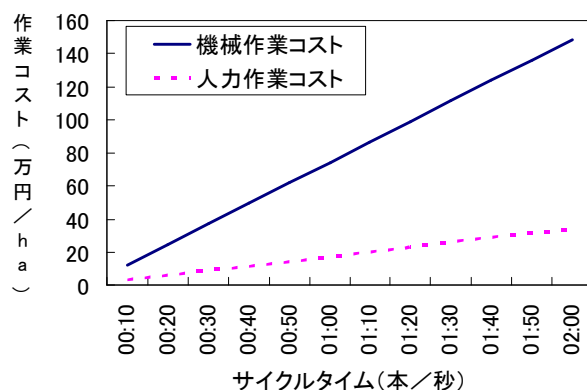


図-3 作業能率と作業コスト

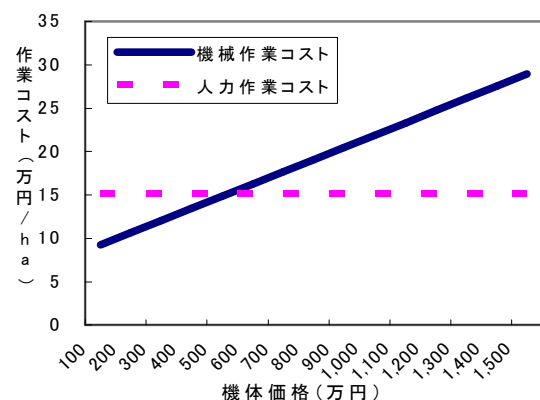


図-4 機体価格と作業コスト

価格と作業コストの関係を図－4に示した。サイクルタイムは試験での計測値を元としている。

この図から、機械作業コストを人力作業コストより低くするためには、機体価格を 521 万円以下にする必要があることがわかった。

このことから、機械作業コスト低減のためには、作業能率の向上のみならず、作業機をアタッチメント化して機体価格をできるだけ低減させるとともに、ポット苗の利点を生かして稼働日数をでき限り多く確保することなど、様々な側面から改善方法を見出すことが必要と考えられる。

2. 4. 3 労働負担

図－5はそれぞれの作業開始から 30 分間の心拍数の変化である。

機械作業では試験開始から終了まで 100bpm 程度で安定しており、ほとんど変化がない。一方、人力作業では作業開始直後に 180bpm 程度まで心拍数が上昇し、その後も作業終了まで 160bpm 程度で推移するなど、心拍数の変化に明確な差違があった。なお、被験者となった研究員の平常時心拍数は 70～75bpm 程度であり、機械の心拍数が 100bpm 前後になったのは、機械を初めて操作することに対する緊張感に由来するものだと思われる。

試験時の平均心拍数は機械作業で 100bpm、人力作業で 164bpm となった。これは Rodahl の作業強度分類 (1977) (表－2 参照) によると、機械作業は「Moderate Work」、人力作業は「Extremely Heavy Work」に分類され、人力作業では非常に労働負担が大きかった。

次に、それぞれの作業許容時間について、立川ら (1988) の式による作業許容時間の算出を行った。

立川らは作業中の心拍数と 1 日あたりの作業許容時間について、

$$t = \text{antilog}(\log 5700 - 0.023HR + 1.259)$$

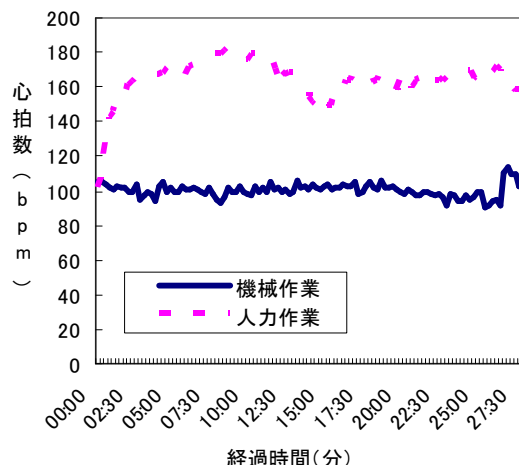
但し t : 1 日あたりの作業許容時間 (分)

HR : 心拍数 (bpm)

で与えられるとしている。

各作業の心拍数を上記の式に代入したところ、機械作業の 1 日あたり作業許容時間は約 509 分、人力作業では約 18 分という結果が得られた。

原則的に、人力による植付作業はクワで行われるため、緩傾斜になるほど上体の前傾姿勢が深くなる傾向にある。また、作業者の聞き取り調査では、試験地のような平坦な地形よりもある程度傾斜があった方が作業しやすいという回答が得られた。一方、機械作業についていえば、今回は枝条などの障害物がほとんど無い平坦な地形で、良好な作業条件であった。今回の結果からは、機械作業と人力作業の労働負担には大きな違いがあることが判明し、植付作業の機械化は労働負担の軽減に寄与すると考えられた。



図－5 各作業時の心拍数

表－2 心拍数による作業強度分類

(Rodahl, K, 1977)

Light work	up to 90	beats/min
Moderate work	90～110	beats/min
Heavy work	110～130	beats/min
Very heavy work	130～150	beats/min
Extremely heavy work	150～170	beats/min

3 自走式下刈機（MR-30）による下刈試験

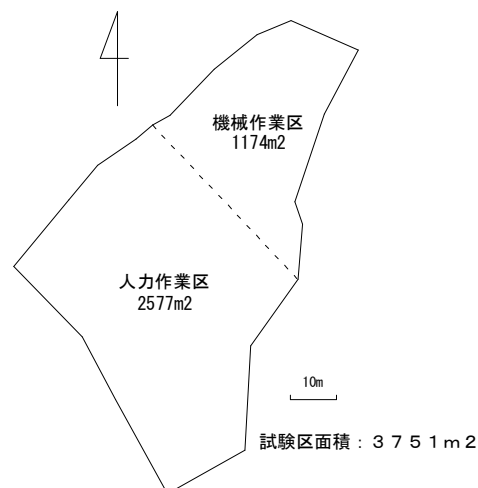
3. 1 試験地の概況

宮城県黒川郡大衡村の宮城県林業試験場内に 0.4ha 弱の大きさの試験地を設置した。試験地内は胸高直径数 cm のアカマツがまばらに生えているが、転石や枝条がほとんどない緩傾斜地で、車両走行に適している。

この試験地を 2 分し、人力作業区と機械作業区を設けた。



写真－4 試験地の概況



図－6 試験地の模式図

3. 2 使用機械

自走式下刈機（以下、MR と略）の主要諸元を表－3 に示す。本機は機体前部のハンマーナイフ（写真－6）に装着されているナイフを回転させることによって雑草木の刈払を行う方式であり、全幅が 1,300mm なので通常の苗間 1.8m の造林地でも作業可能となっている。

また、無線操縦方式なので操作者は機体から離れたところで操作することが可能である。

表－3 自走式下刈機の主要諸元

メーカー：	イワフジ工業株式会社
型式：	MR-30
全長：	2,370～2,800mm
全幅：	1,300mm
全高：	1,300～1,900mm
重量：	約 1,300kg
走行速度：	1.47～2.94km/h
刈払方式：	垂直回転式ハンマーナイフモア
有効刈幅：	1,234mm



写真－5 自走式刈払機



写真－6 垂直回転式ハンマーナイフモア

3. 3 試験方法

試験は2002年8月29日に実施した。試験区画のうち、機械作業区をMRで、人力作業区を肩掛式刈払機（スチールFS26P）で作業を行った。MRの操作は開発メーカーの社員1名で操作を行い、肩掛式刈払機の操作は地元森林組合の作業員6名で行った。ただし、人力作業区内での作業は同時に2名までとし、ほぼ30分おきに作業員が交代しながら実施した。

これらの作業について、植付試験と同様に、各作業について作業能率の分析、コスト計算を行った。また、機械作業区については作業後に林地の攪乱面積を調査した。

3. 4 結果と考察

3. 4. 1 作業能率

MRの1時間当たりの作業能率は約550m²/時で、手持ち機械による下刈り作業に比べると約65%の作業能率にとどまった。MRの刈刃はハンマーナイフモア形であったが伐根や枝条を切削するほどの出力がなく、それらを回避もしくは乗り越えるための機体の操作等に時間を要したことが作業能率の低下となった。

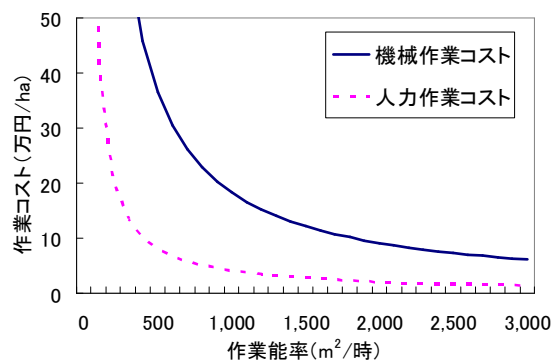
表－4 下刈作業面積および作業能率

	作業時間(時)	作業面積 (m ²)	作業能率(m ² /時)
MR－30	2.16	1173.84	543.44
FS26P（2人作業）	1.55	2577.15	1665.66
			832.83 (m ² /人・時)

3. 4. 2 作業コスト

上記の作業能率を元に、作業コストの算出を行った。その結果、試験時の作業能率の場合、MRは約336,000円/ha、人力では約48,000円/haのコストがかかることとなり、両者の間には大きな差異が見られた。

MRの作業コストが増大した原因としては、3. 4. 1で述べたように、林地の伐根や枝条によって作業能率が低下したことが大きい。作業コストを低減させるためにはMRの走行をスムーズに行う必要があり、そのためにはMRで下刈を行うことを、あらかじめ想定に入れておき、伐出作業や地拵作業の時点で伐根や枝条処理を実施しておくことが必要であると考えられる。



図－7 作業能率と作業コスト

3. 4. 3 作業に伴う林地攪乱

MRで下刈りを行った区画は、数カ所で履帯の走行に伴う土壌の沈下・攪乱が見られた。ただし、攪乱された位置は方向転換を行う斜面上部と斜面下部に多く、A層が露出するほどの重度攪乱は試験地全体の6%にとどまった。今回の調査結果では攪乱された場所が林地の端に集中しているため、立木があったとしても成長への影響は少ないものと思われた。

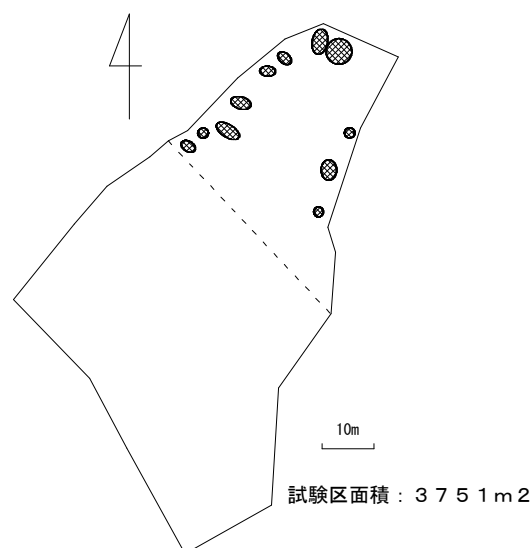


図-8 試験地の土壌攪乱位置

4 小型地形対応式育林機械（MB-1300）による下刈試験

4. 1 試験地の概況

本試験は植付試験と同じ場所で行った。

4. 2 使用機械

小型地形対応式育林機械（以下、MBと略）の主要諸元を表-3に示す。機体は乗用型で、機体前部のフレイルモア（写真-8）に装着されているナイフを回転させることによって雑草木の刈払を行う。キャabinは枝条の飛散からオペレータを保護するため、密閉式となっているが、エアコンが装着されているので夏季の作業でも快適に運転することができる。また、フレイルモアを逆回転させればハンマーによる枝条・伐根の粉碎も可能であり、下刈だけでなく地拵にも使用することかできる。

表-3 小型地形対応式育林機械の主要諸元

メーカー：	株式会社モリトウ
型式：	MB-1300
全長：	5,150mm
全幅：	1,660mm
総重量：	4,750kg
走行速度：	最大 5.5km/h
登坂能力：	30度
刈払方式：	垂直回転式フレイルモア
有効刈幅：	1,266mm



写真-7 小型地形対応式育林機械



写真-8 垂直回転式フレイルモア

4. 3 試験方法

試験は2003年8月4～5日に実施し、4月に植付試験を行った区画のうち機械作業区を育林機械で、人力作業区については肩掛式刈払機（小松ゼノア BC-3510）で作業を行った。育林機械の操作は当試験場職員2名が行い、1名が30分間、もう1名は作業区全域の刈払が終了するまで作業を行った。両名とも林業機械の操作には慣れているが、本機の操作は今回が初めてである。また、肩掛式刈払機については機械を操作した2名と研究員1名の計3名で作業を行った。1人ずつ交代で30分間、計90分間の作業を行った。

これらの作業について、植付試験と同様に、各作業について作業能率の分析、コスト計算を行った。

また、本試験についても心拍数計（POLAR ACCUREX*Plus*）を用いてそれぞれの作業時の心拍数を計測し、労働負担の推定を行った。

今回は機械作業、人力作業ともに心拍数計を装着し、作業開始から30分間の心拍数について、10秒おきに計測を行った。また、機械作業については試験地外でさらに研究員2名が機械の操作を行い、計4名についての心拍データを取得した。

4. 4 結果と考察

4. 4. 1 作業能率

下刈試験の作業能率は表－4のとおりである。

試験の結果、機械作業では約1,639m²/人・時、人力では約504m²/人・時となり、育林機械による下刈作業は従来型作業と比べて約3.3倍の作業能率となった。今回の試験地は障害物がないため、機械と人力の双方にとって作業しやすい条件であったが、育林機械はエンジン出力が大きく、多少の枝条・伐根であれば粉碎しながら走行することが可能であるため、障害物が多い場合はさらに機械と人力の作業能率に差が生じるのではないかと考えられる。

作業員毎の作業能率では、機械の場合は1,218m²/人・時と1,873m²/人・時、人力作業では360～756m²/人・時とばらつきがあり、機械・人力ともにオペレータの経験が作業能率に影響を及ぼすことが示唆された。ただし、人力作業では作業者によって2.1倍の差があるのに対し、機械作業の場合は約1.5倍で比較的差が小さかった。

しかし、育林機械による下刈作業では苗木に近い部分の刈払は困難であり、植栽列上は筋状に刈り残された状態となった。刈り残しが苗木の成長へ与える影響については現時点では不明だが、植栽列間は育林機械で刈払を行い、植栽列上は必要に応じて刈払機やカマを併用することが必要になると考えられる。

表－4 下刈試験の作業能率

作業方法	作業時間（分）	作業面積（m ² ）	作業能率（m ² /人・時）
機械（2名）	84（30+54）	2295	1639
人力（3名）	90（30+30+30）	756	504

4. 4. 2 作業コスト

図－9は作業コストの試算結果である。試験時の作業能率を元に計算すると、機械作業では約 87,000 円/ha、人力作業では 60,000 円/ha となり、約 27,000 円の差があった。また、機械作業、人力作業とも、作業能率の向上に反比例して作業コストが下がっていた。特に、人力作業では約 600m²/時以下の作業能率の時、機械作業では約 1,500m²/時以下の場合になると作業コストが急激に上昇しており、作業の際はこの作業能率を下回らないようにすることが必要

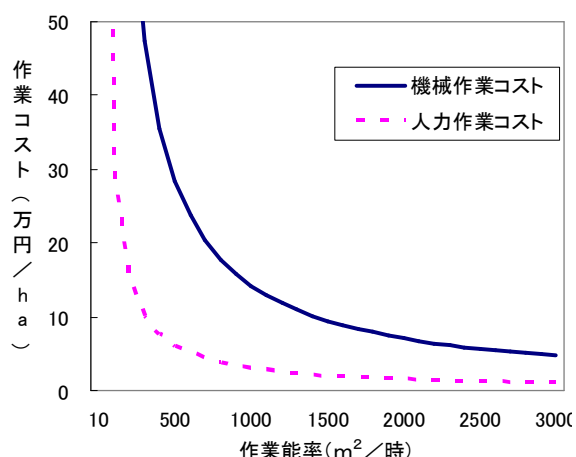
である。今回の試験では、人力の作業能率が 504m²/時で、このラインを下回っており、機械作業も 1,639m²/時と、わずかに上回っているに過ぎず、作業能率を向上させることができれば両作業とも作業コストの大幅な低減が可能であることが示唆された。

また、機械作業コストを試験時の人力作業と同価格にするためには 2,360m²/時以上の作業能率が必要であることがわかった。

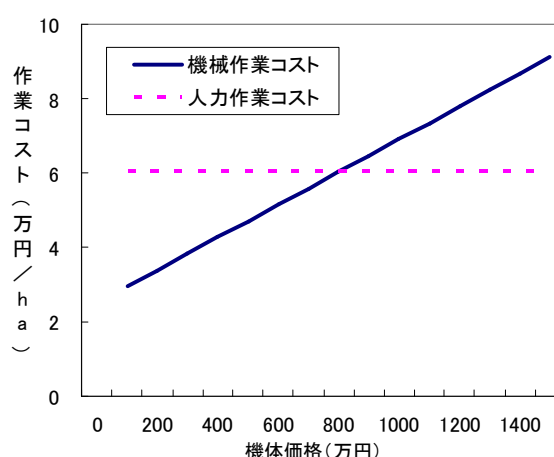
図－10 は試験時の作業能率で機体価格を変動させた場合の作業コストである。この図から、機械作業コストを人力作業コストより低くするためには、機体価格を 802 万円以下にする必要があることがわかった。

機械作業コストの低減のためには、自走式自動植付機と同様に、作業能率の向上と同時に、機械稼働日数の増加、機体価格の低減などが必要であると考えられた。

しかし、笹藪など、通常の刈払機では下刈が困難な場所では、現状の機体性能のままでも十分実用化が可能なレベルに達していると思われる。



図－9 作業能率と作業コスト



図－10 機体価格と作業コスト

4. 4. 3 労働負担

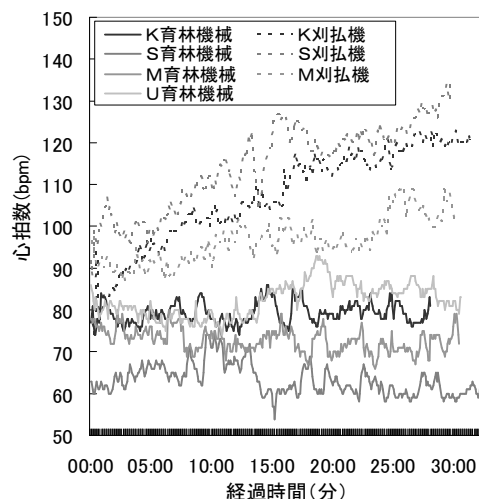
図－11 は作業経過時間と心拍数の関係である。また、凡例中のアルファベットは作業員のイニシャルである。各作業員の心拍数は、いずれも機械作業の時は終始安定しており、人力作業では時間が経過するにつれ徐々に心拍数が増加していく傾向があった。本試験では 30 分測定した後、次の作業者と交代したが、連続して 30 分以上作業をした場合、さらに心拍数が上昇していくものと思われる。また、同一作業でも作業員によってかなり幅があった。機械作業の場合、平均心拍数は 63～82bpm、人力作業で 97～115bpm となっている。これを表－2 の Rodahl の作業強度分類に従って分類すると、機械作業は“Light Work”，人力作業は“Moderate Work～Heavy Work”に分類された。

次に、2. 4. 3 で用いた式によって下刈作業の 1 日あたりの許容時間を算出した。

表－５は各作業員の作業別の１日あたり許容時間である。その結果、機械作業では1,558～3,675分、人力作業では240～621分となり、機械作業では全ての作業員について１日８時間労働が可能であった。人力作業については、国内では振動障害防止のために下刈作業は１日１２０分以内に規制されているが、労働負担の観点からは、最低240分は作業が可能であることが示唆された。

ただし、両作業とも作業許容時間に２倍以上の開きがあり、同一作業でも作業員によって労働負担にかなりの違いがあった。

また、作業を機械化させることによる労働負担の軽減については、いずれの作業員も明確な効果が見られた。特に作業員Sは人力作業での許容時間が240分なのに比べ、機械作業では3,675分となり、作業員によっては労働負担を大幅に軽減できることがわかった。



図－11 作業経過時間と心拍数の関係

表－５ 下刈作業の１日あたり許容時間（分）

K 育林機械	K 刈払機	S 育林機械	S 刈払機	M 育林機械	M 刈払機	U 育林機械
1558	355	3675	240	2193	621	1321

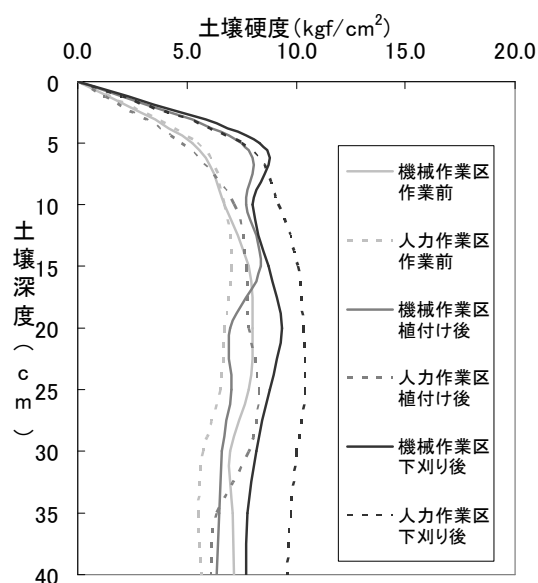
５ 機械走行による林地土壌と苗木への影響

５．１ 調査の概要・方法

植付、下刈作業の機械化は、必然的に機械が森林内へ進入すること意味する。特にこれら育林作業は森林施業の初期段階にあたるため、機械による林地土壌の締め固めは、伐採時まで成長量の差、樹木の形質劣化等となって影響することも予測される。そのため、本試験では各機械の走行による林地土壌の締め固めと、植栽当年の苗木に及ぼす影響について調査を行った。

土壌の締め固めは、試験実施前と植付試験実施後、下刈試験実施後の計３回、各作業区につき１０回ずつコーンペネトロメータによる土壌の貫入抵抗を測定するとともに、各作業区から３個ずつ400ml採土円筒を用いて表層５～10cmの土壌を採取し、孔隙率の分析を行った。

また、植付から25日後の2003年5月12日、196日後の2003年10月30日、1,406日後の2007年2月21日に苗木の樹高測定および目視による生育状況の調査を行い、苗木の枯損率を算定した。



図－12 土壌の貫入抵抗

5. 2 結果と考察

5. 2. 1 土壌物理性

図-12 は各調査時の貫入抵抗を示している。下刈試験を終了した時点での平均値は、両作業区の全ての土壌深度で試験前の値を上回り、機械、人力に限らず土壌の締め固めが起きていることが示唆された。また、下刈試験後の貫入抵抗は、土壌深度 5 cm を除いて人力作業区の値が機械作業区を上回っており、機械の走行による土壌への影響は明確には認められなかった。しかし、人力作業区では土壌深度による貫入抵抗の変化が比較的緩やかであったのに対し、機械作業区では深さによって貫入抵抗が急激に変化する傾向があった。また、1 回毎の測定でも機械作業区は値のばらつきが大きかった。

図-13, 14 が下刈試験後の貫入抵抗である。細線が 1 回毎の測定値、太線が平均値を示している。この図から、両作業区の貫入抵抗に大きな違いがあることがわかる。すなわち、機械作業区では表層から 3 cm 程度のごく浅い地点にかけて急激に抵抗値が増加し、それ以上の土壌深度でも貫入抵抗値は常に変化しているのに対し、人力作業区では表層から 20 cm 程度にかけて抵抗値が漸増し、そこからは一定の値で安定する場合が多かった。

機械作業区においては、作業区全体の平均的な貫入抵抗は人力作業区と差がないものの、局地的に締め固めが発生し、それが土壌のかなり深いところまで及んでおり、苗木の生長に何らかの影響を与えることが懸念される。このことについては今後も調査を継続し、経年変化によって値がどのように変化していくか明らかにする必要がある。

5. 2. 2 土壌の孔隙率

図-15 は試験開始前、植付試験後、下刈試験後の、それぞれの孔隙率である。試験前後とも全孔隙率は 70% 前後で推移しており明確な差は認められなかったが、粗孔隙率が減少し細孔隙率が増加する傾向がみられ、作業実施によって土壌の攪乱・締め固めが発生していることが示唆された。ただし、これらの変化は人力作業区でも同様に起きており、車両走行のみならず、人間の歩行によっても土壌の締め固めが発生する可能性も考えられた。また、人力作業区と機械作業区の間には有意な差は見られなかった。

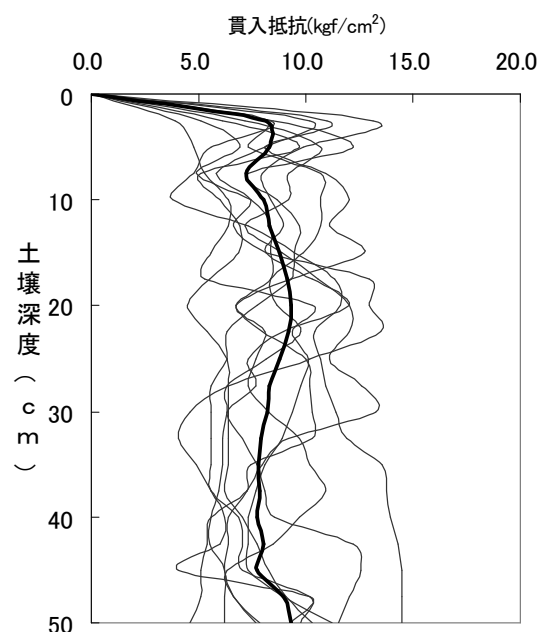


図-13 下刈り試験後の貫入抵抗
(機械作業区)

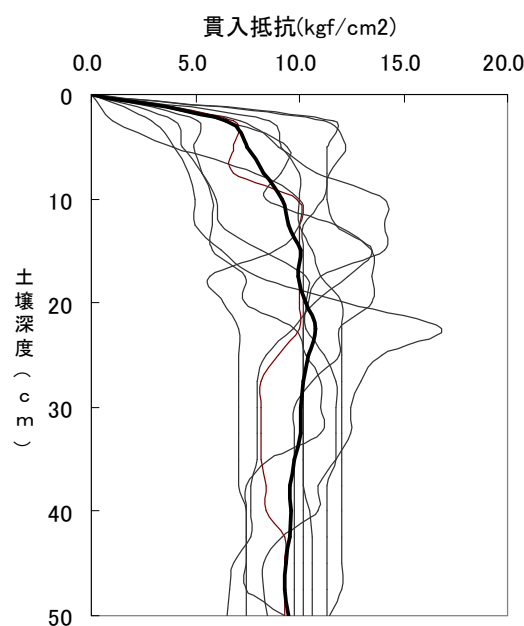
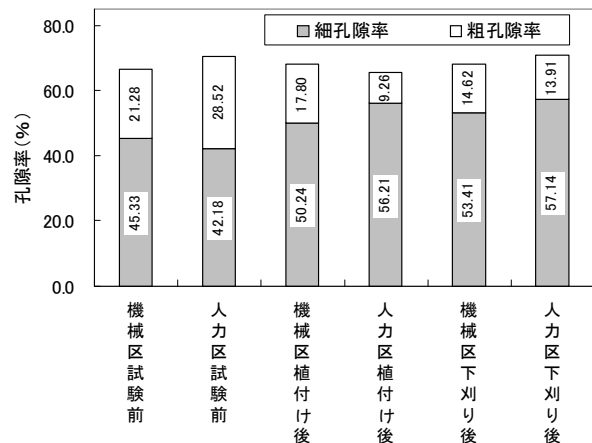


図-14 下刈り試験後の貫入抵抗
(人力作業区)

土壌の水分保持の機能は、植物の根系に吸収しやすい水である正常生育有効水分（pF1.7～2.7）を保持する粗孔隙（直径0.005 mm以上）が多いほど高いといえる。よって、粗孔隙率の減少は植物が利用できる土壌水の減少につながる。今回は試験終了後の12月時点で、機械作業区の粗孔隙率は14.62%、人力作業区では13.91%となり、苗木の成長に影響があるかどうかは不明である。しかし、車両系機械による下刈作業を数年間にわたって実施した場合、何らかの影響が現れてくる可能性もある。

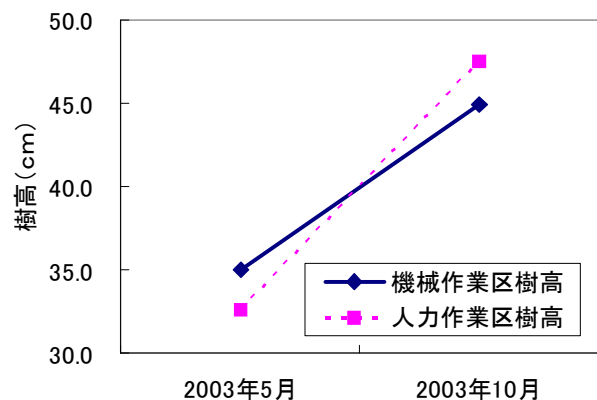


図－15 土壌孔隙率

5. 2. 3 苗木の成長量，生育状況

各作業区の生育状況，樹高成長を表－6，図－16に示す。

機械作業区は、列間を2.5mと広くしたので機械の進入にも問題はないと予想していたが、人力より誤伐の割合が高くなった。これは苗木が下草に完全に覆われてしまい、乗用式の機械では苗木の位置が確認できなかったことが原因であると考えられた。誤伐を防ぐためには、割竹等を活用して苗木の位置を示したり、苗木が下草に覆われる前に下刈を実施するなどの対策が必要であると思われる。



図－16 苗木の樹高生長

また機械作業区では葉の変色や先枯れなどが高い割合で発生し、樹高成長も人力作業区の苗木の方が良好であった。この原因については機械走行による土壌の締め固めや、ポット苗を作成する際に裸苗の根切りを行ったこと等が考えられた。

表－6 苗木の枯損状況など

	機械作業区		人力作業区	
	2003年5月	2003年10月	2003年5月	2003年10月
健全	95.8%	80.1%	98.7%	89.8%
誤伐	0.0%	8.8%	0.0%	2.0%
誤伐（生）	0.0%	0.5%	0.0%	4.1%
踏圧	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
変色	3.0%	4.5%	0.5%	1.0%
先枯れ	0.0%	2.4%	0.7%	0.7%
全体枯れ	0.0%	0.7%	0.0%	0.2%
枯損	1.2%	2.7%	0.2%	2.3%

6 まとめ

本研究は育林作業の機械化を目的として、植付段階から林内に車両系林業機械が進入することを想定して試験を行った。

その結果、以下の知見を得ることができた。

(1) 植付作業の作業能率は人力の約2倍、下刈作業の作業能率は人力の約3.3倍となり、機械化によって作業能率の向上を図ることができたが、単位面積あたりの作業コストは人力作業が有利であった。

(2) 作業時の労働負担に関しては、機械作業時の心拍数は人力作業を大幅に下回り、機械化が労働負担の大幅な低減につながることを示唆された。

(3) 機械作業による林地や苗木への影響については、植栽当年は明確な差違が認められなかったものの、今後も継続して調査を行い、その経過を明らかにする必要があると考えられた。

ただし、今回の試験は平坦地で行ったため、傾斜地における作業能率等に言及することができなかった。これらの機械の普及を図るには更にケーススタディを積み重ね、機械の能力が十分に発揮されるような施業体系、地形条件等の解明が必要だと思われる。

7 謝辞

本研究の実施にあたり、機械の提供等につきまして(社)林業機械化協会、並びにイワフジ工業株式会社、株式会社モリトウの皆様には多大なご支援、ご協力をいただきました。この場を借りまして厚く御礼申し上げます。

引用文献

濱津潤：育林用機械の機能・性能試験と今後の可能性 光珠内季報 No139 14～18 2005

日水和久：新潟県における育林用林業機械の適用条件の解明(Ⅰ)ー下刈機械 MR-30ー 新潟県森林研究所 研究報告 45 53～56 2004

日水和久・倉島郁：新潟県における育林用林業機械の適用条件の解明(Ⅱ) 枝打ち機械デブランチャー：下刈機械 MR-30A 新潟県森林研究所研究報告 46 89～92 2005

日水和久・倉島郁：新潟県における育林用林業機械の適用条件の解明(Ⅲ) 枝打ち機械デブランチャー 新潟県森林研究所研究報告 47 43～49 2006

笠原肇・猪内正雄：自走式伐根処理機による地拵作業の経済効果. 東北森林科学会誌 8(2) 102～107 2003

水田展洋・梅田久男：「自走式自動植付機」による植え付け作業の評価. 東北森林科学会第8回大会講演要旨集 69 2003

水田展洋：機械を活用した造林システムの検討. 機械化林業 No. 603 6～9 2004

林野庁研究・保全課技術開発推進室：機械化林業 No. 639 1～8 2007

RODAHL, K: On the assessment of physical work stress. In physical work and effort. Proc. 1st. int. Symp(BORG, G., ed). Pergamon Press : 199～216, 1977

立川史郎・大里正一：刈払い作業における心拍数についてー肩掛式刈払機による刈払いー. 岩大演報(19) 25～33 1988

全国林業改良普及協会編：機械化のマネジメント. 135～155pp 全国林業改良普及協会 東京 2001

列状間伐の伐採幅と労働生産性及び列状間伐後の残存木の状況

水田 展洋・水戸辺 栄三郎・梅田 久男

要旨

列状間伐の伐採幅と労働生産性の関係を把握するため、1列伐倒と2列伐倒の実証試験を行った。その結果、伐倒作業、集材作業とも1列伐倒よりも2列伐倒の方が労働生産性が向上した。集材作業についてウインチ集材とランニングスカイライン集材で比較すると、スパン長50m以下ではウインチ集材が、それ以上ではランニングスカイライン集材が有利であることが示唆された。列状間伐実施地で成長量調査を行ったところ、林分全体の成長は普通間伐と遜色ないものの、残存列ごとの成長量には差が見られた。また、列状間伐での樹幹の偏心成長は確認されなかった。

キーワード：列状間伐，労働生産性，成長量

1 はじめに

間伐とは、「林分が閉鎖してから主伐までの間に、繰り返して行われる、森林の保育、保護を目的とした間引きの伐採」とされており（日本林業技術協会，2001），残存木の成長や土壌流出の防止など、一斉人工林において森林の経済的・公益的価値を高める上で必要不可欠な作業である。しかし、木材価格の下落、林業従事者の減少・高齢化など、林業を取り巻く状況は非常に厳しく、適切な間伐が実行されずに放置される森林が増大している。

一方、昭和60年代から導入が始まった高性能林業機械は、平成17年度末には2,909台にまで増加し（林野庁，2007），伐出作業は高性能林業機械作業システムが普及しつつある。

そのような状況の中、高性能林業機械を活用した間伐方法の一つとして列状間伐が注目されており、低コストで高い労働生産性を確保する間伐方法として、全国各地で普及に向けた取り組みが行われている。

本県においても、列状間伐に関する調査研究は以前より行われている。水戸辺ら（1998）は伐区モデルによる列状間伐と普通間伐の労働生産性とコストの比較を行い、列状間伐が労働生産性、作業コストとも高くなると述べている。また、金澤ら（2004）は57カ所の事例調査結果から、普通間伐と比較して列状間伐の労働生産性は1.14倍、作業コストは0.90倍になったとしている。水田ら（2006）は133事例の分析結果から、普通間伐と比較して列状間伐の労働生産性が有意に高いこと、作業コストは約10%削減されることを示した。

しかし、列状間伐の伐採幅の違いと労働生産性の関係については、本県ではこれまで具体的な検討がなされていない。

よって本稿では、労働生産性の差が大きいと考えられる伐倒工程と集材工程について、列状間伐時の伐採幅と労働生産性の関係を調査した。

また、列状間伐の間伐効果を把握するため、過去に列状間伐を行った林分の成長量調査を実施した。

なお、調査の一部は東北森林科学会第10回大会（水田，2005）で発表した。また、本研究は「機械化による森林施業のトータルコスト低減技術の開発」（平成14～18年度）の一部として実施した。

2 調査方法

2. 1 伐倒作業における伐採幅と労働生産性

調査地は、黒川郡大衡村大森地内の宮城県有林および登米市登米町上羽沢地内の登米市有林（調査当時は登米町有林）である。調査は平成 16 年 11 月および平成 17 年 1 月に行った。調査林分の概要は表―1 のとおりである。調査地は植栽列が比較的明瞭に判別できるため、伐採列は植栽列に平行に設定した。

伐倒作業は全てチェーンソーを使用し、伐倒方向は全て下方（谷側）とした。植栽列がほぼ最大傾斜方向となっていたため、その方向に伐倒することとなった。

それぞれの林分において 1 列伐倒（以下、1 伐）と 2 列伐倒（以下、2 伐）の伐倒作業を行い、その様子をビデオカメラで撮影し、各作業要素の作業時間を測定して労働生産性を算出した。

表―1 林分の概況

	樹種	面積 (ha)	平均傾斜 (度)	林齢 (年)	立木密度 (本/ha)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	平均単木材積 (m ³ /本)	ha あたり材積 (m ³ /ha)
宮城県有林	スギ	0.2	20	41	1,525	22.4	16.3	0.360	549.0
登米市有林	スギ	1.5	30	40～42	1,883	16.3	14.3	0.152	287.1

2. 2 集材作業における伐採幅と労働生産性

調査地は上記 2. 1 の宮城県有林内で実施した。調査時期は 2. 1 の伐倒作業直後である。

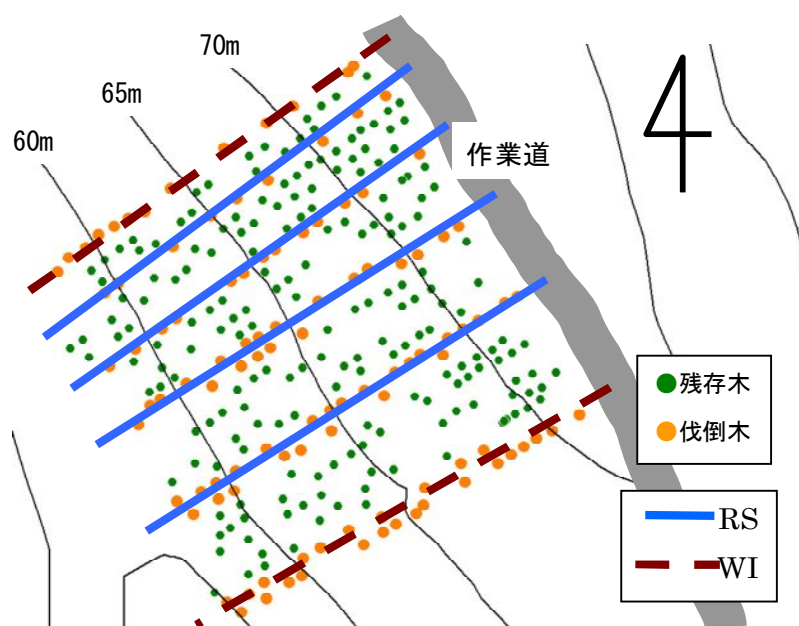
機械は近隣森林組合所有のスイングヤーダを使用した。なお、ベースマシンのアーム先端部はバケットではなくグラップルに換装してある。

索張りはランニングスカイライン式（以下 RS）と、索を張らずホールバックラインのみを使用したウインチ集材（以下 WI）の 2 種類とした。調査地の立木配置図は図―1 のとおりである。

作業人員は基本的にはオペレー

タ（1 名）、荷掛手（1 名）、荷外手（1 名）の 3 名で架設・撤去から集材作業までを行ったが、2 伐区のウインチ集材の時のみ荷掛手を 1 名追加して 4 名体制で作業を行った。

集材方向は全て上荷集材とした。使用機械、集材作業の概要を表―2，3 に示す。



図―1 立木位置図と集材線

表－２ 集材機械の概況

ベースマシン				作業機				
メーカー	機種	重量 (kg)	エンジン定格出力 (kw)	メーカー	機種	ドラム数	直引力 (kg)	その他
日立建機	ZAXIS130L	13,700	63	イワフジ工業	TW-252	2	1,460	インターロック機構

表－３ 集材作業の概要

伐採幅	作業種	作業人員 (人)	集材方向	平均スパン長 (m)	平均集材距離 (m)	平均集材材積 (m ³ /回)	平均架設・撤去時間 (秒)
1	RS	3	上荷	48	25.5	0.406	750
1	WI	3	上荷	45	23.5	1.003	—
2	RS	3	上荷	48	28.5	0.471	784
2	WI	4	上荷	48	24.3	0.687	—

２．３ 列状間伐後の林分の成長量調査

列状間伐（１伐３残及び２伐５残）実施後５～１２年を経過したスギ４０～５４年生の林分５カ所の樹高，胸高直径を測定した。一林分あたりの調査本数は約１００本である。

また，列状間伐を実施してから５年を経過した林分の立木を伐採し樹幹解析をした。供試本数は，１伐３残からは各列２本ずつ計６本，２伐５残区からは各列１本ずつ計５本とした。

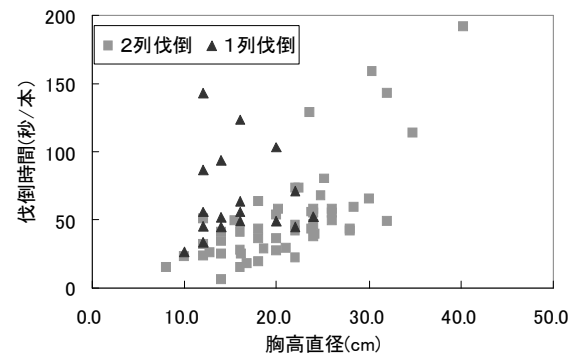
３ 結果と考察

３．１ 伐倒作業における伐採幅と労働生産性

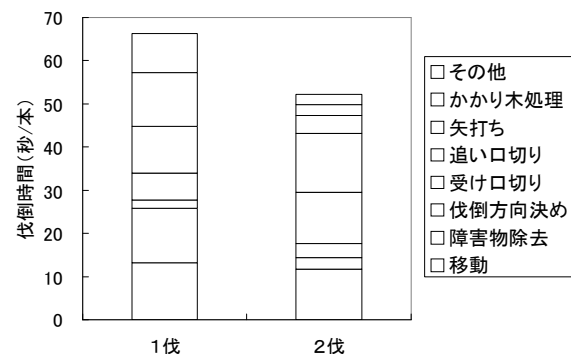
間伐木１本を伐倒するのに要する時間は，１伐の場合は２６．８～１４２．９秒/本で平均６６．２秒/本，２伐の場合は６．４～１９１．６秒/本で平均５１．８秒/本であった。また，同径級の間伐木を伐倒する場合，２伐の方が伐倒時間が短いことが図－２から見てとれる。平均値を比較すると，２伐の伐倒時間は１伐の約７８％となり，５％水準で有意差が認められた（Mann-WhitneyのＵ検定）。

伐倒作業の要素別作業時間を図－３に示す。要素作業のうち，１伐と２伐で有意差が認められたのは，障害物除去，受け口切り，矢打ち，かかり木処理の４作業であった。ただし，受け口切りだけは，２伐の方が有意に大きい。

有意差が認められた要素作業のうち，障害物除去



図－２ 伐採幅毎の胸高直径と伐倒時間の関係



図－３ 伐倒作業の要素別作業時間

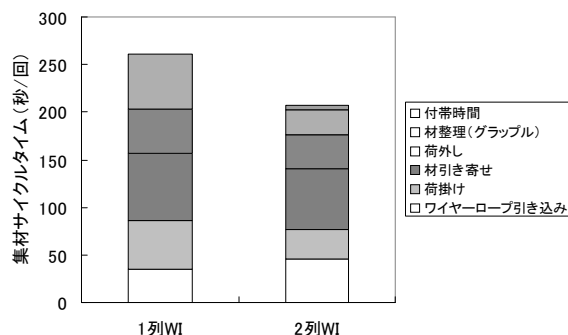
については調査を行った林分の林床植生が多少違ったこと、受け口切りについては2伐の方が平均径級が大きかったことが原因として挙げられる。一方、矢打ちやかかり木処理の差については、かかり木の発生率が要素作業時間の差となって現れたものと考えられる。

本調査でのかかり木発生率は1伐で27.7%，2伐で5.7%であり，両者の間には大きな差があった。伐倒時間から矢打ち，かかり木処理時間を除外した場合，伐倒時間は1伐で44.7秒，2伐で42.7秒となり両者にはほとんど差がなくなる。このことから考えても，かかり木の発生率を減少させることが労働生産性を高める上で必要不可欠であり，伐採幅を広く取ることによって伐倒方向に余裕を持たせることがかかり木発生率の減少に有効であることは明らかである。

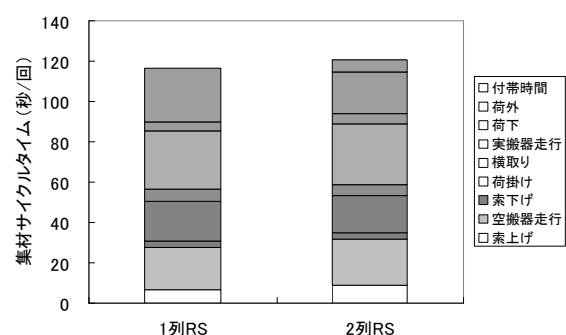
3. 2 集材作業における伐採幅と労働生産性

各作業の要素作業時間を図—4，5に示す。本調査での作業方法ごとの平均集材距離は23.5～28.5mとほぼ同じであり，集材サイクルタイムに対する集材距離の影響はほとんどないと思われる。要素作業時間を比較してみると，伐採幅による差は見られず，どの作業でもほぼ同様の作業時間となっている。各作業の時間割合は，どの作業方法でも材引き寄せもしくは実搬器走行の時間割合が最も大きく，ウインチの巻き取り速度や搬器走行速度が作業時間を左右する傾向があった。

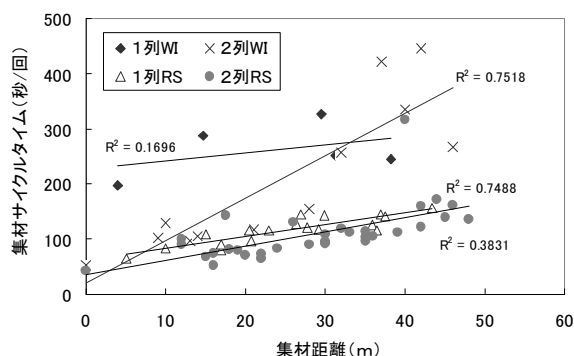
また，WIではグラップルで材整理を行う時間が，他の作業方法に比べて長かった。WIでは材が持ち上げられないため，作業道脇に集材した材が多くなるとそれが障害物となり，集材木をグラップルで動かす必要がある。特に今回調査した1列集材地では材を置けるスペースが狭いため頻繁に材整理が必要になり作業時間を増加させる原因となった。



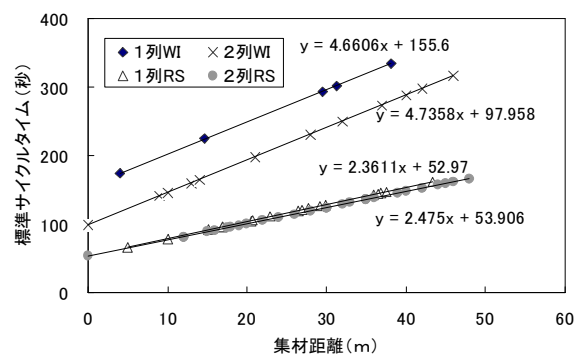
図—4 集材作業の要素作業時間 (WI)



図—5 集材作業の要素作業時間 (RS)



図—6 集材サイクルタイム



図—7 標準サイクルタイム

一方、RS では元口を持ち上げて集材するため材が集積しやすく、材整理時間は発生しなかった。

図一6 は時間観測から得られた各作業における集材距離別の集材サイクルタイムである。

WI では伐採幅によって集材サイクルタイムの回帰式が大きく異なっており、特に1 伐では集材距離と集材サイクルタイムの関係が明白でなかった。しかし、これは主に材整理時間発生の有無によるところが大きく、ウインチ巻き取り速度などは伐採幅による差は見られなかった。

RS では集材距離と集材サイクルタイムの間には高い相関が見られ、伐採幅によるサイクルタイムの差はほとんど見られなかった。

時間観測結果から、次式を用いて集材方法別の標準サイクルタイム（CT）を算出した（図一7）

$$CT = L \times (1/V_1 + 1/V_2) + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (WI)$$

$$CT = L \times (1/V_3 + 1/V_4) + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (RS)$$

ただし、CT：1サイクルタイム（秒/回），L：集材距離（m）， V_1 ：ワイヤーロープ引き出し速度（m/秒）， V_2 ：材引き寄せ速度（m/秒）， V_3 ：空搬器走行速度（索上げ時間含む）（m/秒）， V_4 ：実搬器走行速度（横取り時間含む）（m/秒）， t_1 ：荷掛時間（索下げ時間含む）（秒）， t_2 ：荷外時間（荷下時間含む）（秒）， t_3 ：材整理時間（秒）， t_4 ：付帯時間（秒）

各作業方法のCTは、WIでは図一7の回帰式の傾きがほぼ同じであり、このことから伐採幅とワイヤーロープの引き出し速度や、ウインチの巻き取り速度の間には特に関係がないことが認められた。

ただし式の定数項は1列集材時が2列集材時に比べて約60多く、サイクルタイム全体では集材距離に關係なく1列集材では2列集材に比べて約60秒長くかかることが示唆される。

RSのCTは、図一7のとおり回帰式がほとんど同一であり、伐採幅の違いによる差は認められなかった。

集材方法別のCTを比較すると、WIとRSでは式の傾きが明らかに違い、集材距離が長くなるほどCTの差が大きくなる傾向にあったが、これはすなわち搬器の走行速度の違いを表しており、RSの方が搬器走行速度が速いことを示している。また、定数項もRSの方が小さいが、このことから荷掛・荷外・付帯時間もRSの方が短いことがわかり、CTの比較ではRSの方が有利であることがわかった。

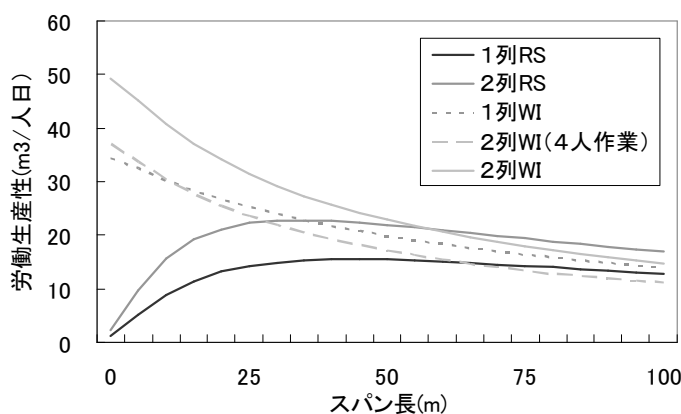
次に、各作業の労働生産性（Pd）を次式を用いて算出した（図一8）。

$$Pd = (1 / ((CT / 3600) \times (1/V) + T)) / P \times H$$

ただし、Pd：労働生産性（m³/人日），

CT：任意の距離におけるサイクルタイム（秒），V：集材1サイクルあたり平均材積（m³/回），T：1m³あたり架設、撤去時間（時/m³），P：集材作業システムの作業人数（人），H：1日あたり実働時間（時/日）

※ 今回は、CTは前述の式を使用。V，T，Pは調査結果から代入。Hは6時間と仮定。



図一8 スパン長と集材作業労働生産性の関係

上式からスパン長と労働生産性の関係を試算したところ、RS では架設に要する時間が 347～604 秒、撤去では 245～351 秒であったため、スパン長が 40～50m 程度の時に労働生産性が最大となった。

調査時の労働生産性を算出したところ、1 列 WI が 20.4m³/人日、2 列 WI が 17.4m³/人日であり、1 列集材の方が若干生産性が高かった。CT で比較した際は 1 列集材の方が長かったが、2 列 WI は 4 名で作業を行ったため、CT 以上に作業人数の違いが労働生産性に影響した。

同様に RS は 1 列が 14.5m³/人日、2 列が 20.2m³/人日となり、2 列集材の方が約 1.4 倍高かった。CT では両者にほとんど差がないことから、作業時間に占める架設・撤去時間の割合の差が労働生産性に影響を与えたと考えられる。

また、図一 8 より、1 列集材ではスパン長にかかわらず WI の方が RS より労働生産性が高かった。

一方、2 列集材ではスパン長が 29m を超えると RS の方が労働生産性が高くなった。また、仮に 2 列地引集材を 3 人で作業した場合でも、スパン長が 57m を超えると RS の方が高い労働生産性を示した

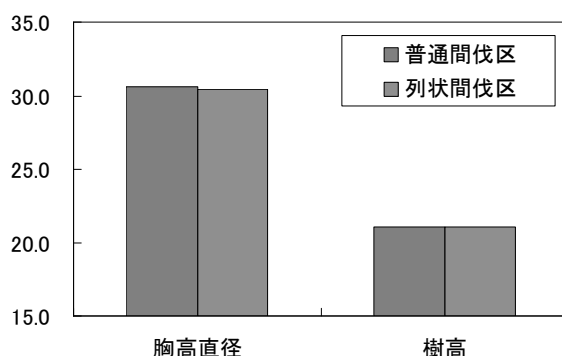
今回の調査結果では、計算上は 1 列集材時はスパン長に関係なく WI の労働生産性が高かったが、長距離を 1 人で荷掛けすると歩行速度の低下が予想され、労働負担上も好ましくない。また、2 列集材の場合は WI を 4 人で作業したため、労働生産性が逆転するスパン長は 29m であったが、実際にはその距離で荷掛手が 2 名いるとは考えにくい。3 名作業の場合は逆転するスパン長は 57m となり、これらの調査結果と労働負担などを考慮すると、伐採幅に関わらずスパン長 50m 程度が集材方法選択の目安になると思われる。

3. 3 列状間伐後の林分の成長量調査

平成 5 年に同一林分内で普通間伐と列状間伐（1 伐 3 残）を実施し、12 年後の平成 17 年に胸高直径と樹高を調査した結果を図一 9 に示す。12 年経過した後も区画全体での胸高直径や樹高の平均値にはほとんど差がなく、林分全体の成長は列状間伐も普通間伐と同程度の効果があることが示唆された。

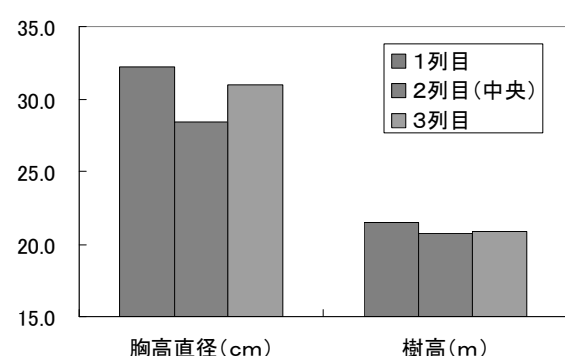
一方、図一 9 の列状間伐区の胸高直径と樹高を残存列毎にみると、樹高は列による差は見られなかったが、胸高直径は伐採列に面していない中央の列が小さく、成長が劣っている傾向が見受けられた（図一 10）。

しかし、この傾向は調査林分によって異なっており、場所によっては中央の列が最も成長が良くなっている林分もあった（図一 11～14）。この原因としては立木密度や斜面方位の関係で、中央列と端の列の光環境に差がなかったり、逆に端の列の光環境が劣っていた可能性があることが考えられる。ただし、その差はもっともさが大きい林分でも数 cm であり、調査した 5 林分全てにおいて残存列による成長の有意差は見られなかったことから、これが直ちに林分の成長に悪影響を与えるとは考えにくい。



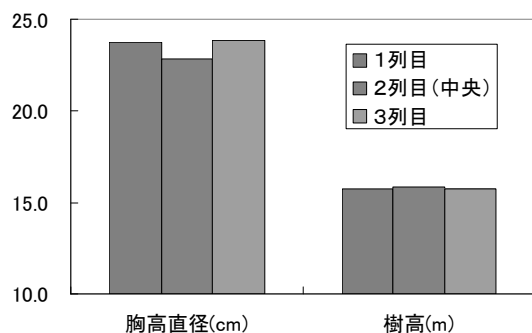
図一 9 間伐方法と成長の関係

(登米市登米町、間伐時 39 年生、調査時 51 年生)

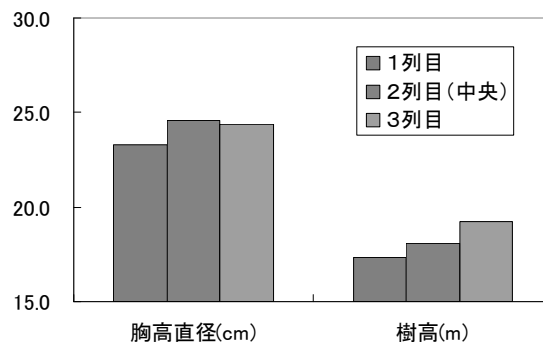


図一 10 残存列と成長の関係

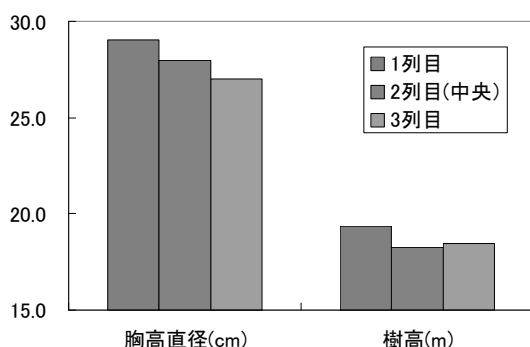
(登米市登米町、間伐時 39 年生、調査時 51 年生)



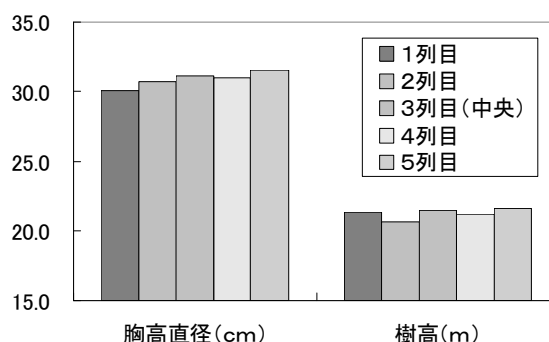
図—11 (登米市登米町, 間伐 35 年生, 調査時 47 年生)



図—12 (栗原市一迫町, 間伐時 33 生, 調査時 40 年生)

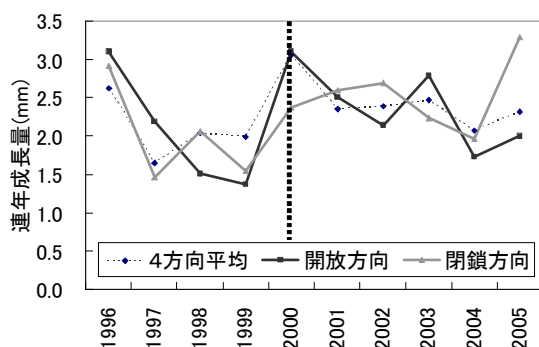


図—13 (仙台市泉区, 間伐時 46 生, 調査時 51 年生)



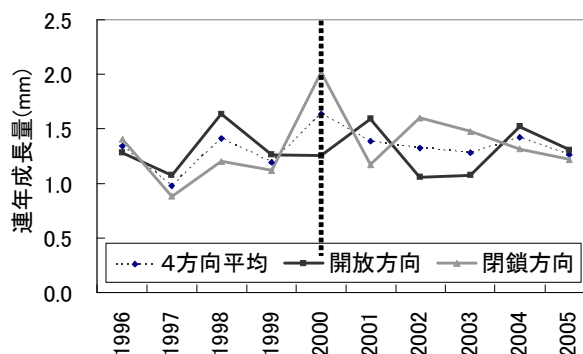
図—14 (仙台市泉区, 間伐時 49 生, 調査時 54 年生)

図—11～14 残存列と成長の関係 (図—14 のみ 2 伐 5 残, その他は 1 伐 3 残)



図—15 1 伐 3 残列状間伐

(仙台市泉区, 間伐時 46 生, 調査時 51 年生)



図—16 2 伐 5 残列状間伐

(仙台市泉区, 間伐時 49 生, 調査時 54 年生)

図—15, 16 列状間伐実施前後 5 年間の直径成長量 (2000 年に間伐実施)

間伐前の立木密度が高く, 列状間伐を実施した場合, 残存列の光環境に差が生じることが予想される林分では, 残存列の不良木を単木的に伐採することで間伐効果をより高めることができると考えられる。

樹幹の偏心成長を調査するため, 図—13, 14 の林分の各残存列から標準的な立木 11 本を伐倒して樹幹解析を行った。そのうち, 伐採列に隣接している立木について, 伐採列側 (開放方向) と残存木側 (閉鎖方向) の間伐前後 10 年間の胸高位置 (地上高 1.2m) での直径成長量を図—15, 16 に示す。

1 伐 3 残区の調査木では, 2001～2005 年の 5 年間の総成長量は開放方向が 11.18mm, 閉鎖方向が 12.77mm

で、閉鎖方向の成長量が14%大きかった(図一15)。2伐5残区の調査木は、2001～2005年の総成長量は開放方向が6.55mm、閉鎖方向が6.80mmで、こちらも閉鎖方向の成長量が4%大きい結果となった(図一16)。成長量が開放方向よりも閉鎖方向が大きいということは、松原(2002)も報告しており、本調査でも同様の傾向が見られたが、両区とも開放方向と閉鎖方向の成長に有意差は見られなかった。このことから、樹幹が偏心成長しているというほどの差はなく、木材として利用する分には何ら支障はないと考えられる。

4. まとめ

列状間伐の伐採幅と労働生産性の関係については、伐倒作業では2伐の方が労働生産性が高いことが本調査から判明した。

また、集材作業では、WIとRSで比較したところ、同じ集材方法では2伐の方が労働生産性が高い結果となった。また、労働負担等を考慮した場合、スパン長50m程度が集材方法選択の目安になると考えられた。ただし、今回は上げ荷集材に限定して試験を行っており、下げ荷集材の労働生産性にまで言及することができなかった。下げ荷集材では、WIだと荷掛け手がワイヤーロープを保持して斜面を登坂しなければならない、労働生産性が低下する上に荷掛け手の労働負担が増大するため、目安となるスパン長が短くなる可能性がある。また、スイングヤードはその構造上、架線の張力や材の重量を自重のみで支持するため許容荷重が小さく、今回の調査でも大径木の集材時に車体が揺動する場面があった。集材作業労働生産性と1サイクルあたり集材材積の間には強い相関があるが、スイングヤードで集材作業を行う場合は労働生産性向上もさることながら安全対策にも十分配慮する必要がある。

残存木の成長に関しては、林分全体の成長としては列状間伐と普通間伐に差はないことが示唆されたが、残存列毎の成長差については調査地によって傾向が異なっており、おそらくは立木密度や斜面方位との関係が高いと考えられるが、今後も研究を進めていく必要がある。

引用文献

- 金澤孝之・滝澤伸・水戸辺栄三郎：機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 宮城県林業試験場成果報告 14 59～83 2004
- 水戸辺栄三郎・阿部鴻文・佐々木幸敏：地域に適合した林業機械作業システム研究. 宮城県林業試験場成果報告 11 1～22(1998)
- 松原秀幸：列状間伐，その後の生長. 長野県林業総合センターミニ技術情報 No. 35 2002
- 水田展洋：スイングヤードを使用した列状間伐の労働生産性. 東北森林科学会第10回大会講演要旨集 55 2005
- 水田展洋・梅田久男・水戸辺栄三郎：森林資源活用パイロット事業で実施した間伐の分析結果. 宮城県林業試験場成果報告 16 30～41 2006
- 日本林業技術協会編：森林・林業百科事典. 169～171pp 丸善 東京 2001
- 林野庁研究・保全課技術開発推進室：機械化林業 No. 639 1～8 2007

間伐見積シミュレーションソフトの開発

水田 展洋・水戸辺 栄三郎

要旨

販売価格や作業システム、林分の概況などから、素材生産量や所要人工数を予測し、間伐事業の収益を試算するソフトを開発した。

キーワード：間伐、労働生産性、作業コスト、シミュレーション

1. はじめに

間伐の推進は本県の森林整備の喫緊の課題となっているが、そのためには、森林所有者に対し間伐を実施する前に生産コストや売上を試算し、収益を示すことが有効であると考えられる。

しかし、事業地の林分状況などから最適な作業システムを選択し、収益を試算するのは経験と知識が必要で、簡単なことではない。

そこで、誰でも簡易に間伐コストや収益を把握できるようにするため、これまでにも各機関で間伐コストを試算するソフトが開発され、そのうち幾つかは一般に公開されている（木村，2000；黒瀬，2006；佐保，2005；佐々木，2004）が、各ソフトは各地域の実情に沿って作られているため、必ずしも宮城県の林分状況や作業システムに合致するものではない。

そこで、宮城県林業試験場および宮城県林業振興課で、既存の間伐事業の調査・研究結果をもとに、林分の概況や標準地調査の結果から、素材生産量や販売額などの収入及び伐採搬出経費などを予測し、間伐事業の収益を試算するソフトを開発した。

なお、本研究は「機械化による森林施業のトータルコスト低減技術の開発」（平成14～18年度）の一部として実施した。

2. ソフトの概要

2. 1 収益の試算方法

2. 1. 1 素材生産量及び素材販売額の算出方法

本ソフトでは、標準地調査の結果から樹幹曲線（川上，1967）を用いて各間伐木を任意の材長に採材し、径級ごとの丸太本数・材積を算出する。丸太の本数を、標準地面積と間伐面積の差分だけ乗じ、その乗じた材積を間伐事業地全体の素材生産量とする。

また、あらかじめ径級、材長ごとの丸太価格を入力しておき、丸太価格と各径級・材長の丸太材積を乗じることによって間伐事業地全体の素材販売額とする。

2. 1. 2 事業経費の算出方法

伐倒から小運搬までの各工程について、2. 2で試算された所要人工数とあらかじめ入力してある労賃、機械損料などの単価を乗じることにより、直接経費を算出する。

また、2. 1. 1で試算された素材生産量や、あらかじめ入力してある単価を基に、素材運搬費や作業道開設単価、その他間接経費等を算出し、直接経費と合算した額を間伐事業地全体の事業経費とする。

2. 2 所要人工数の算出方法

本ソフトでは、コスト計算に必要な労働生産性を自動で計算する機能がついている。ここではその計算式を下記に記載する。

2. 1. 1で試算された素材生産量を労働生産性で除することにより、所要人工数が算出される。

ただし、本機能は、算定式の各係数に推定値を用いているものも多く、また、現時点では実際の作業との比較調査を実施していないため、その推定精度について言及することはできない。よって、現状では得られた数値は参考程度にとどめることが望ましい。

2. 2. 1 伐倒工程

2. 2. 1. 1 労働生産性算定式 (図-1)

使用機械	作業種	労働生産性算定式	算出根拠	備考
チェーンソー	普通間伐 伐倒のみ	$y = 22.812 \times x^{0.2903}$	「森林資源活用パイロット事業」 (宮城県単独事業 H15～17年度)より	y : 労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人日}$) x : 伐倒木の平均 単木材積 ($\text{m}^3/\text{本}$) 伐採量補正: 素材 生産量 ÷ 伐採量
	列状間伐 伐倒のみ	$y = 50.347 \times x^{0.3818}$	「機械化による森林施業トータルコスト低減技術の開発」 (国庫交付金事業 H14～18年度)より	
	普通間伐 伐倒・造材	$y = (8.6621 \times x^{0.565}) \times \text{伐採量補正}$	標準功程表と立木評価「人工林間伐易」に 伐採量補正を乗じる (標準功程表は素材材積換算のため、素材生産量 ÷ 伐採量を乗じること で補正)	
	列状間伐 伐倒・造材	算定式なし「列状間伐伐倒のみ」の40%と仮定		
ハーベスタ	皆伐伐倒・造材	$y = 13.8 \times x + 1.4$	「地域に適合した林業機械システム研究」(林野庁 平成9年)より	

2. 2. 1. 2 傾斜補正

使用機械	緩傾斜	中傾斜	急傾斜	算出根拠
チェーンソー	1.05	1.00	0.95	「標準功程表と立木評価」より
ハーベスタ	1.00	0.80	0.10	なし(推定値)

2. 2. 1. 3 植生補正

使用機械	粗	中	密	算出根拠
チェンソー	1.05	1.00	0.95	「標準功程表と立木評価」より
ハーベスタ	補正なし			

2. 2. 1. 4 伐倒方向補正

使用機械	下方伐倒	両方	上方伐倒	算出根拠
チェンソー	1.30	1.00	0.70	なし（推定値）
ハーベスタ	補正なし			

2. 2. 1. 5 作業種補正（ハーベスタのみ）

使用機械	皆伐	列状間伐	普通間伐	算出根拠
ハーベスタ	1.00	0.90	0.80	なし（推定値）

伐倒工程所要人工数算定式

所要人工数（人）＝「伐採量」÷（「労働生産性算定式」×「植生補正」×「伐倒方向補正」）

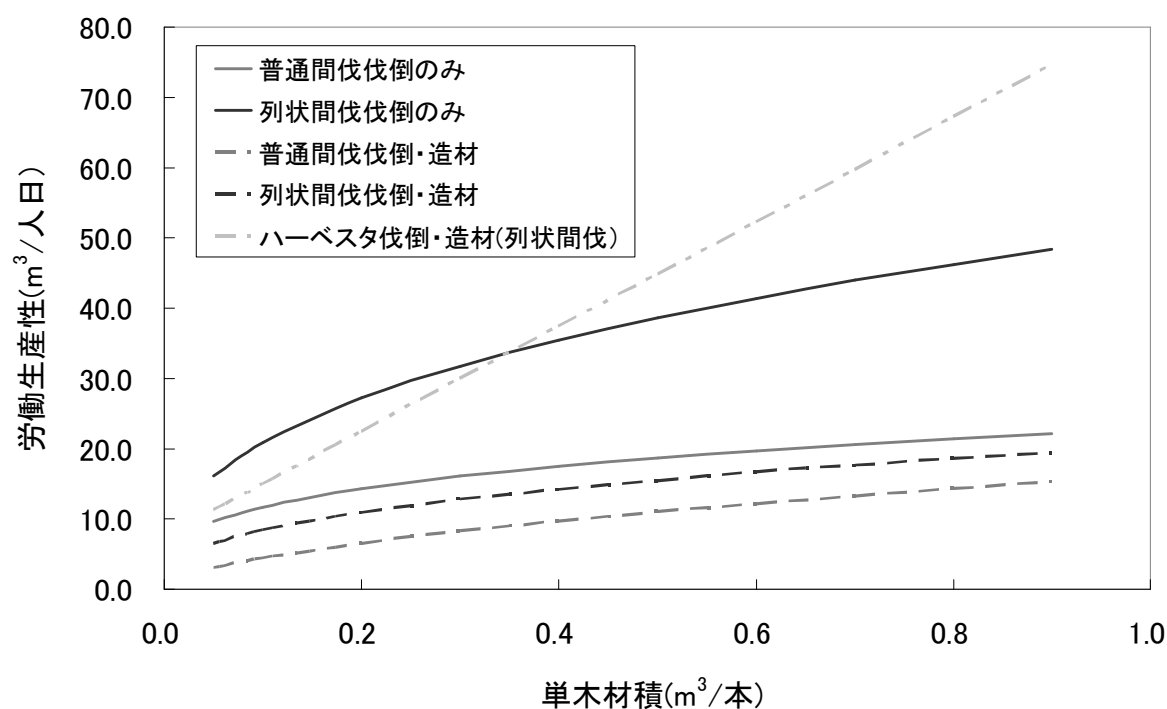


図-1 伐倒工程労働生産性

（傾斜：中傾斜 植生：中 伐倒方向：両方 ハーベスタ作業種：列状間伐 の場合）

2. 2. 2 集材工程

2. 2. 2. 1 主作業サイクルタイム

使用機械	作業種	標準サイクルタイム算定式	算出根拠	備考
バックホウ系	普通間伐	列状間伐の 1.2 倍	なし（推定値）	T：サイクルタイム（秒） Ld：平均木寄せ距離（m） Sm：平均集材距離（m）
	列状間伐	$T=4.6606 \times (Ld+Sm) + 155.6$	「機械化による森林施業 トータルコスト低減技術 の開発」 (国庫交付金事業 H14～ 18 年度) より	
タワーヤーダ	普通間伐	$T=0.99 \times Sm + 23.9 + 1.08 \times Ld + 1.40 \times Ld + 1.07 \times Sm + 33.0$	宮城県林業試験場成果報告第 11 号より	
	列状間伐	$T=0.92 \times Sm + 25.9 + 1.64 \times Ld + 1.83 \times Ld + 1.25 \times Sm + 31.8$	宮城県林業試験場成果報告第 11 号より	
スイングヤーダ	普通間伐	なし（「タワーヤーダ普通間伐」÷「タワーヤーダ列状間伐」 ×「スイングヤーダ列状間伐」として推定）		
	列状間伐	$T=2.475 \times (Ld+Sm) + 53.906$	「機械化による森林施業 トータルコスト低減技術 の開発」 (国庫交付金事業 H14～ 18 年度) より	

2. 2. 2. 2 架設撤去サイクルタイム

使用機械	作業種	標準サイクルタイム算定式	算出根拠	備考
バックホウ系	架設撤去作業はなし			
タワーヤーダ	上荷・緩傾斜	架設 $T=8.7199 \times S + 3038.2$, 撤去 $T=1.9334 \times S + 1463.667$	「地域に適合した林業機械システム研究」 (林野庁 平成 9 年) より	T : サイクルタイム(秒) S : スパン長(m) (ここでは平均集材距離×2と仮定)
	上荷・急傾斜	架設 $T=9.5060 \times S + 3568.727$, 撤去 $T=2.1538 \times S + 1847.273$		
	下荷・緩傾斜	架設 $T=10.246 \times S + 4302.5$, 撤去 $T=4.7346 \times S + 2169.2$		
	下荷・急傾斜	架設 $T=24.671 \times S + 7265.286$, 撤去 $T=6.8473 \times S + 2617.143$		
スイングヤーダ	上荷・緩傾斜	架設撤去 $T=2.609 \times S + 243$, 撤去 $T=0.0778 \times x + 278.31$	「機械化による森林施業 トータルコスト低減技術 の開発」 (国庫交付金事業 H14 ～18 年度) より	
	上荷・急傾斜	なし		
	下荷・緩傾斜	(タワーヤーダの架設撤去時間 割合で近似)		
	下荷・急傾斜			

生産性算定式 (図-2)

$$y = ((\text{集材量 (短幹集材の場合は素材生産量)} \div ((\text{主作業サイクルタイム} \times \text{集材回数}) + (\text{架設撤去サイクルタイム} \times \text{架設撤去回数}))) \times 3600 \times 1 \text{ 日あたり実働時間 (時)})$$

集材量： 普通木伐採量+やや不良木伐採量

1 日あたり実働時間： 6 時間と仮定

2. 2. 2. 3 集材方向補正 (バックホウ系のみ)

使用機械	上荷集材	両方	下荷集材	算出根拠
バックホウ系	1.00	0.90	0.80	なし (推定値)

2. 2. 2. 4 傾斜補正 (バックホウ系のみ)

使用機械	緩傾斜	中傾斜	急傾斜	算出根拠
バックホウ系	1.05	1.00	0.95	なし (推定値)

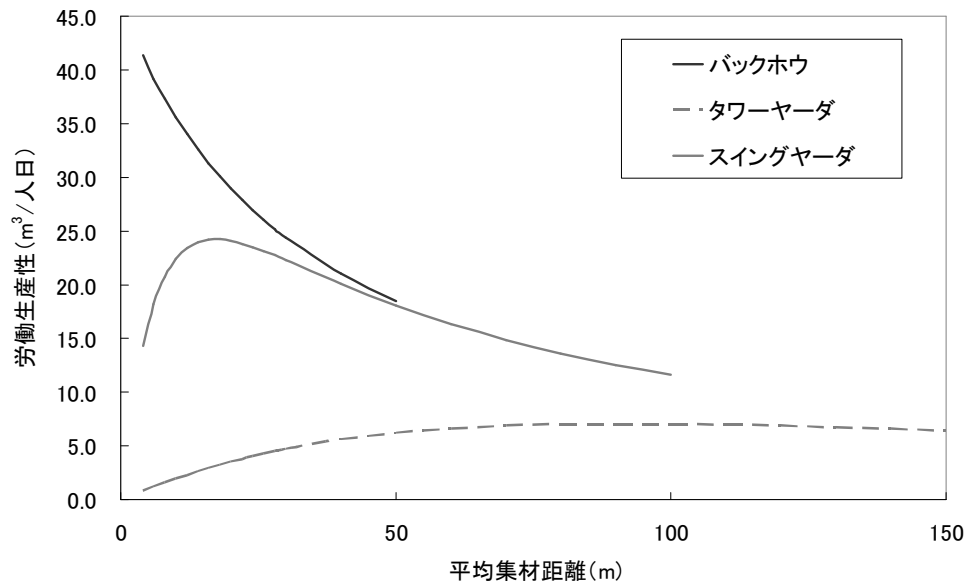
2. 2. 2. 5 集材方法補正

使用機械	全木集材	短幹集材	算出根拠
全て	1.00	0.50	なし (推定値)

集材工程所要人工数算定式

所要人工数（人）＝「伐採量（短幹集材の時は素材生産量）」÷（「生産性算定式」×「集材方向補正」×「傾斜補正」×「集材方法補正」）×作業人数

作業人数： バックハウ系 2 名 ， タワーヤーダ，スイングヤーダ 3 名



図－２ 集材工程労働生産性

（作業種：列状間伐 集材方法：全木集材 集材方向：上荷 傾斜：中傾斜

1 サイクルの集材量：バックハウ 0.85m³，タワーヤーダ・スイングヤーダ 0.5m³ の場合）

2. 2. 3 造材工程

2. 2. 3. 1 主作業サイクルタイム

使用機械	作業種	標準サイクルタイム 算定式	算出根拠	備考
プロセッサ	作業道上	$T=276.82 \times x + 115.61$	「地域に適合した林業機械システム研究」 （林野庁 平成 9 年）および 「機械化による森林施業トータルコスト 低減技術の開発」 （国庫交付金事業 H14～18 年度）より （宮城県林業試験場の現地調査結果から）	T：サイクルタイム（秒） x：伐倒木の平均単木材積（m³/本）
	土場	$T=191.69 \times x + 98.052$		

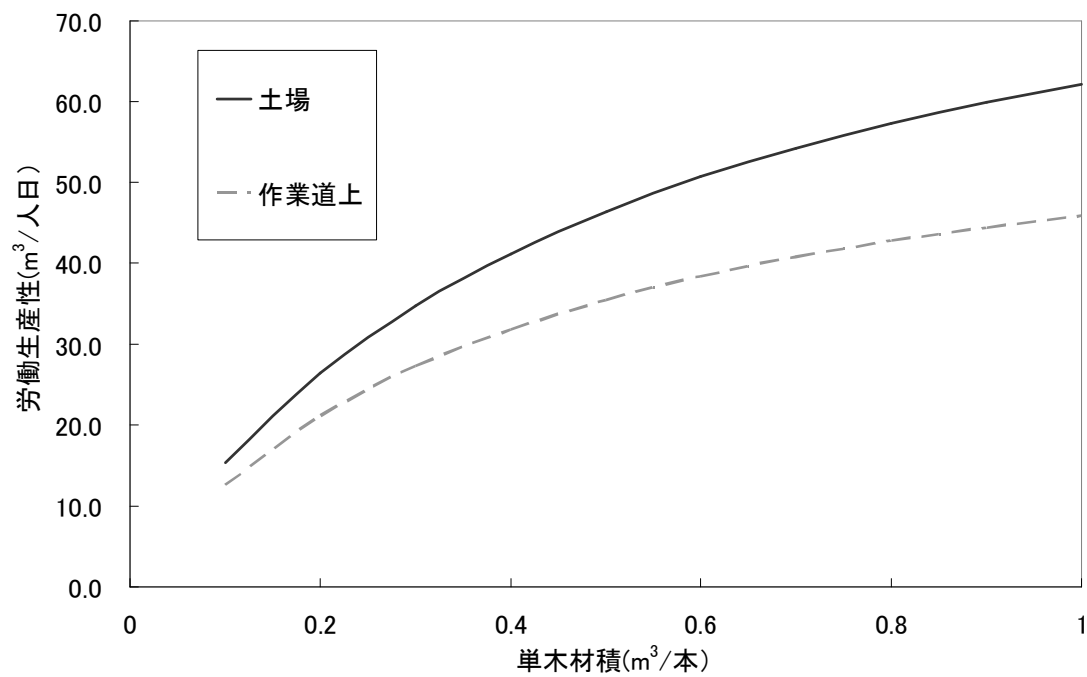
生産性算定式（図－３）

$y = (\text{造材量} \div (\text{主作業サイクルタイム} \times \text{造材本数})) \times 3600 \times 1 \text{ 日当たり実働時間 (時)}$

造材量： 普通木伐採量+やや不良木伐採量

1 日当たり実働時間： 6 時間と仮定

造材工程所要人工数算定式
 所要人工数（人）＝「造材量」÷「生産性算定式」



図ー3 プロセッサ造材工程労働生産性

2. 2. 4 小運搬工程
 2. 2. 4. 1 主作業サイクルタイム

使用機械	標準サイクルタイム算定式	算出根拠	備考
フォワーダ	T=空車走行速度×Sm+実車走行速度×Sm+積み込み時間+積み卸し時間+付帯時間	「地域に適合した林業機械システム研究」 （林野庁 平成9年）および 「機械化による森林施業トータルコスト低減技術の開発」 （国庫交付金事業 H14～18年度）より （宮城県林業試験場の現地調査結果から）	T：サイクルタイム（秒） Sm： 平均小運搬距離(m) 空車走行速度(m/秒)：1.53 実車走行速度(m/秒)：－0.132×積載量+1.4947 積み込み時間（秒）：179.87×積載量+564 荷下ろし時間（秒）：210.31×積載量+169.76 付帯時間（秒）：122.66 積載量(m3)： 3.00

生産性算定式（図－４）

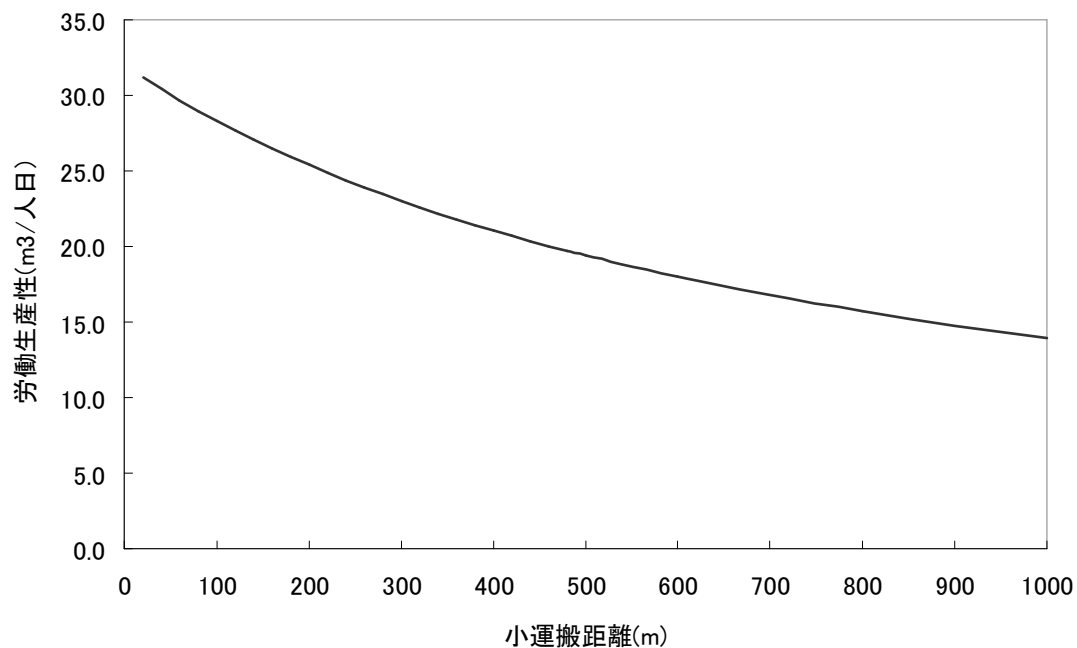
$y = (\text{素材生産量} \div (\text{主作業サイクルタイム} \times \text{小運搬回数})) \times 3600 \times 1 \text{ 日あたり実働時間 (時)}$

小運搬回数： 素材生産量 $\div$ 積載量

1 日あたり実働時間： 6 時間と仮定

造材工程所要人工数算定式

所要人工数（人）＝「素材生産量」 $\div$ 「生産性算定式」



図－４ フォワーダ小運搬工程労働生産性

3 まとめ

このソフトでは、主に【丸太価格】，【作業システム】，【林分の概況】，【標準地調査結果】について入力を行うと、素材生産量、素材販売額、事業経費等を計算し、収益を試算することができる。

ただ、間伐の現場は地形や路網などの条件が多様であり、このソフトの試算結果があらゆる現場に対して適用できるわけではない。しかし、ソフト内で各種条件（間伐率、間伐方法、作業システム、所要人工数など）を変更することによって収益を簡易に予測、比較することが可能であるので、当該林分における効率的な作業計画を作成するための目安とし、間伐の推進に活用できると考えられる。

引用文献

金澤孝之・滝澤伸・水戸辺栄三郎：機械化作業システムに適合した森林施業法の開発． 宮城県林業試験場成果報告第14号 59～83 2004

川上徳光：樹幹曲線による利用材積表の調製について（第1報）．日本林学会東北支部会誌第19回大会講演集 130～138 1967

木村公文：列状間伐収支シミュレーション．林業にいがた 573号 2000

黒瀬勝雄：所有山林を伐採すると収入が見込めるかー伐採収入及び生産コスト予測システムの開発ー．岡

山県林業試験場場報 2006

水戸辺栄三郎・阿部鴻文・佐々木幸敏：地域に適合した林業機械作業システム研究. 宮城県林業試験場
成果報告第 11 号 1～22 1998

水田展洋・梅田久男・水戸辺栄三郎：森林資源活用パイロット事業で実施した間伐の分析結果. 宮城県
林業試験場成果報告第 16 号 30～41 2007

林野庁：大型プロジェクト研究成果 地域に適合した林業機械作業システム研究. 1998

林野庁：大型プロジェクト研究成果 機械化作業システムに適合した森林施業法の開発. 2004

佐保公隆：素材生産コスト予測プログラムの開発－間伐コスト予測プログラム作成－. 大分県農林水産
研究センター林業試験場年報 No. 47 2～3 2005

佐々木重樹：低コスト林業生産システム原価計算プログラムの開発について. 森林技術 749 2004

梅田三樹男・辻隆道・井上公基：標準功程表と立木評価. 日本林業調査会 東京 1982

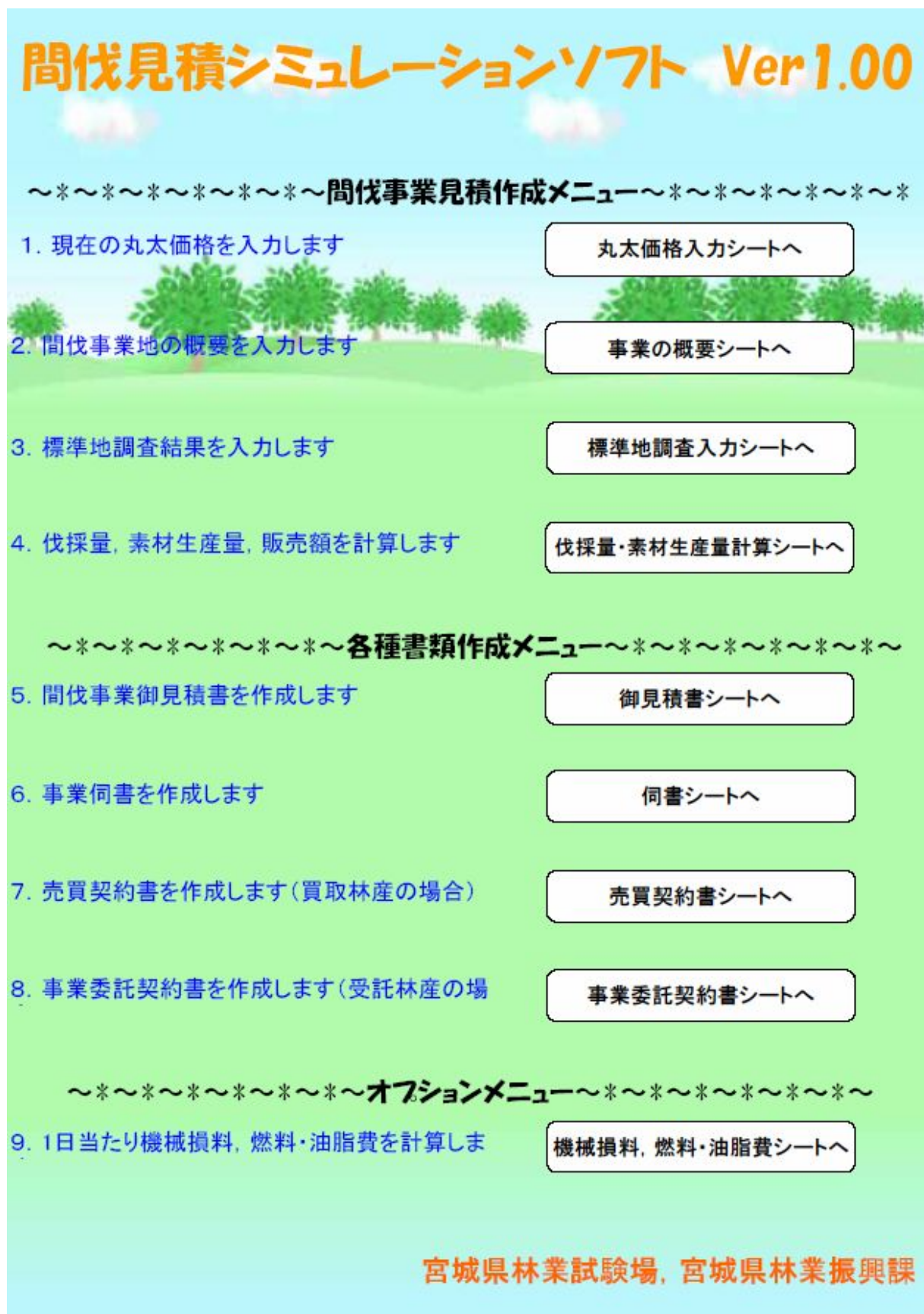


図-5 ヌニユ一画面

1. 森林所有者一覧

山林所在地	大衡村大衡字はめ木地内							
	森林所有者氏名	森林所有地住所	林小図	組合員・員外	面積(ha)	TF車道開設距離(m)	樹種	林齢
1	黒疋太郎		111	組合員	0.80	80	スギ	41
2	大河原次郎		112	組合員	1.40	140	スギ	42
3	仙台三郎		113	組合員	2.00	200	スギ	43
4	大崎四郎		114	組合員	2.60	260	スギ	44
5	栗原五郎		115	組合員	3.20	320	スギ	45
6								
7								
8								
9								
10								
合計	5			名	10.00	1,000		41～45

2. 事業地の概要

標準地調査年月日				調査者氏名	
平成19年1月10日				石巻六郎	登米七郎
地形傾斜区分	下層植生	備考			
中	中				
事業区分	事業形態				
列状間伐	買取林産				
事業期間		契約年月日	支払期限		
事業自 年月日	事業至 年月日				
平成19年2月1日	平成19年3月31日	平成19年1月20日	平成19年1月31日		

3. 作業システム

作業工程	使用機械	作業必要人数			木寄せ、集材、小運搬距離		その他	
		普通作業員	機械作業員	オペレータ				
伐倒工程	チェーンソー	0	1	0			伐倒のみ	下方伐倒
集材工程	バックホウ系	1	0	1	5	20	上荷集材	
造材工程	ブロセッサ	0	0	1			作業道上	
小運搬工程	フォワーダ	0	0	1	200			

4. 労賃等の各種単価など

事業体の手数料率(%)		諸経費率(%)	燃料単価等				
組合員	組合員外		ガソリン (円/ℓ)	軽油 (円/ℓ)	エンジンオイル (円/ℓ)	チェーンオイル (円/ℓ)	作動油 (円/ℓ)
5%	10%	10%	120	100	800	700	650
労賃日額(円/人日)			付帯人件費率				
普通作業員	機械作業員	オペレータ	労災保険料率 (〇〇/1,000)	雇用保険料率 (〇〇/1,000)	健康保険料率 (〇〇/1,000)	厚生年金保険 料率(%)	特選給 (円/人日)
10,000	12,000	14,000	59	21.5	82.0	15.412%	460
その他の単価等							
トラック運搬費 単価(円/㎡)	機械運搬費 仕置単価 (円/台)	作業道開設 単価(円/㎡)	はい積み料 (円/㎡)	市場手数料(%)	倉庫工場 手数料(%)	テップ工場 手数料(%)	
1,500	40,000	500	810	5.5%	3.5%	3.5%	

図ー6 間伐事業の概要入力画面

伐採量一覧表

樹型級区分	本数	平均胸高直径(cm)	平均樹高(m)	単木材積(m ³ /本)	伐採量(m ³)	合計(m ³)
普通木	2,058	20.8	16.6	0.294	728.224	1,093.915
やや不良木	2,647	19.3	15.9	0.241	365.691	
不良木	0	0.0	0.0	0.000	0.000	

素材生産量・販売額一覧表

樹型級区分	丸太本数(本)	素材材積(m³)	合計(m³)	歩止まり(%)	販売額(円)	合計(円)
普通木	3550	423.968	586.208	53.6%	5,275,663	6,735,823
やや不良木	3,000	162.240			1,460,160	
径級 (cm)	普通木(市場向け)			やや不良木(合板・チップ工場向け)		
	本数(本)	総材積 (m³)	販売額(円)	本数(本)	総材積 (m³)	販売額(円)
4						
6						
8						
10						
12						
14	1,620	127.008	1,691,746	1,920	75.264	677,376
16	650	66.560	886,579			
18	640	82.944	1,104,814	360	23.328	209,952
20				360	28.800	259,200
22				360	34.848	313,632
24	640	147.456	1,592,524			
26						
28						
30						
32						
34						
36						
38						
40						
42						
44						
46						
48						
50						
52						
54						
56						
58						
60						
小計	3,550	423.968	5,275,663	3,000	162.240	1,460,160

図－７ 伐採量・素材生産量算出シート

平成19年10月18日

間伐事業の御見積書

〇〇森林組合 印

間伐事業地全体						事業区分	列状間伐			
山林所在地		大衡村大衡字はめ木地内				事業形態	買取林産			
面積(ha)	林齢(年)	間伐本数(本)	間伐材積(m ³)	本数間伐率(%)	材積間伐率(%)	歩止まり(%)	素材材積(m ³)	備考		
10.00	41～45	4,705	1,093.915	30.4%	25.5%	53.6%	586.208			
間伐 経費	直接 経費	調査選木費	普通作業員単価	10,000 円/人日	×	延日数	10 日	=	100,000 円	
		伐倒費	機械作業員単価	12,000 円/人日	×	延日数	28 日	=	336,000 円	
			オペレータ単価	14,000 円/人日	×	延日数	0 日	=	0 円	
			燃料・油脂費	1,395 円/人日	×	延日数	28 日	=	39,071 円	
			機械損料	402 円/人日	×	延日数	28 日	=	11,249 円	
			伐倒費計						386,320 円	
		集材費	普通作業員単価	10,000 円/人日	×	延日数	18 日	=	180,000 円	
			オペレータ単価	14,000 円/人日	×	延日数	18 日	=	252,000 円	
			燃料・油脂費	4,843 円/人日	×	延日数	18 日	=	87,165 円	
			機械損料	14,118 円/人日	×	延日数	18 日	=	254,117 円	
			集材費計						773,282 円	
		造材費	オペレータ単価	14,000 円/人日	×	延日数	40 日	=	560,000 円	
			燃料・油脂費	4,843 円/人日	×	延日数	40 日	=	193,700 円	
			機械損料	17,638 円/人日	×	延日数	40 日	=	705,530 円	
			造材費計						1,459,230 円	
		小運搬費	オペレータ単価	14,000 円/人日	×	延日数	24 日	=	336,000 円	
			燃料・油脂費	2,943 円/人日	×	延日数	24 日	=	70,620 円	
			機械損料	8,962 円/人日	×	延日数	24 日	=	215,088 円	
			小運搬費計						621,708 円	
		トラック運搬費	運搬単価	1,500 円/m ³	×	延材積	586.208 m ³	=	879,312 円	
		機械運搬費	運搬単価	40,000 円/台	×	台数	3 台	=	120,000 円	
		作業道開設費	開設単価	500 円/m	×	延長	1,000 m	=	500,000 円	
		直接経費合計額								4,839,852 円
間伐 収入	間接 経費	諸経費	直接経費合計額 ×				10%	=	483,985 円	
		事業体手数料	(直接経費合計額 + 諸経費) × 事業体手数料率					=	266,192 円	
		付帯人件費	労賃合計額 × 付帯人件費率					=	413,634 円	
		販売手数料	はい積み料	343,414 円	+	市場手数料	290,161 円	=	633,576 円	
			合板工場向け販売額	1,460,160 円	×	3.5%	=	51,106 円		
			チップ工場向け販売額	0 円	×	3.5%	=	0 円		
		間接経費合計額								1,848,492 円
値引き										
間伐経費合計額								6,688,344 円		
間伐 収入	素材 販売	販売先	市場向け	423.968 m ³				=	5,275,663 円	
			合板工場向け	162.240 m ³				=	1,460,160 円	
			チップ工場向け	0.000 m ³				=	0 円	
		素材販売額合計額								6,735,823 円
	補助 金	調査・団地化補助								円
		間伐・搬出補助				円/ha	×	10,000 ha	=	0 円
		作業道開設補助				円/m	×	1,000 m	=	0 円
		補助金合計額								0 円
	間伐収入合計額								6,735,823 円	
	収益		間伐収入 6,735,823 円 - 間伐経費 6,688,344 円 = 47,479 円							

図-8 見積書シート

マツノマダラカミキリの飛込みによる感染に関する調査

水戸辺 栄三郎・中澤 健一・須藤 昭弘^{※1}

要旨

松くい虫防除の効果的な実施に資するため、対策対象松林における周辺被害林分からのマツノマダラカミキリ（以下「カミキリ」）の飛び込みによる感染を確認する手法を確立し、枯損様式に応じた防除法を検討することにした。その結果、飛び込みによる感染は隣接の被害林分から40～60mまでの範囲で確認され、薬剤散布区域の絞り込みなど効果的な防除に活用できることが示唆された。また、感染源の確認にはトラップ設置法が有効であると思われた。

キーワード：林分間感染，誘引トラップ

1 はじめに

松くい虫防除事業においては、守るべきマツ林の周囲に防除しないマツ林があれば、そこにはマツ材線虫被害木が発生して感染源となる。（吉田，2006）また、感染源となる周辺からカミキリが飛び込んでくる確率はゼロではない。カミキリ発生が明らかなマツ林で被害木が無処理で放置されている場合、そこから羽化脱出するカミキリが飛来する確率が問題となる。（山根，1999）そこで、対策対象松林だけでなく周辺の被害林分からのカミキリの飛び込みを考慮し、被害レベルと感染源密度を評価するとともに林分間感染を把握することが必要である。

なお、本研究は「効果的な松くい虫防除手法に関する調査」（平成16～18年度）の一部として実施した。

2 試験の方法

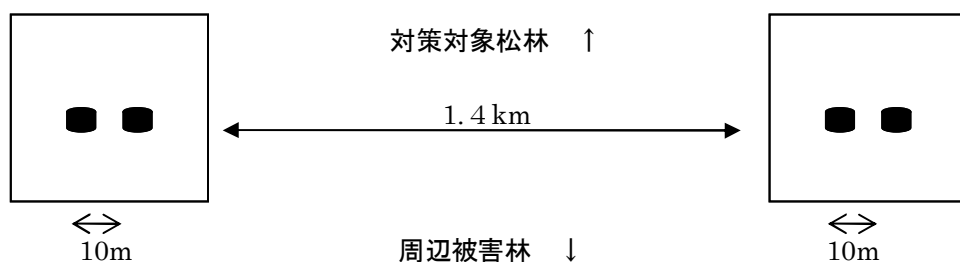
2. 1 飛び込み感染確認の予備試験

東松島市矢本の矢本海浜緑地公園と接続する海岸林の薬剤無散布地域において、飛び込み感染を確認する手法の予備試験を行った。被害木除去区に誘引器を設置し、カミキリが捕獲され新たな被害が出ることを確認することにより、カミキリの飛び込みによる感染が起こることを間接的に確認するものである。試験の方法は、被害木除去区1ha（除去完了日：平成16年6月30日）と被害木放置地区1haとを1.4kmの距離をおいて設置し、11月上旬に被害木の発生状況を調査した。両試験区にカミキリの誘引器（黒トラップ）を2基ずつ計4器設置してカミキリ成虫を捕獲した。図－1は予備試験地の概要図である。

※1 現所属：栗原地方振興事務所林業振興部

A 区：感染木放置区 1ha

B 区：感染木除去区 1ha



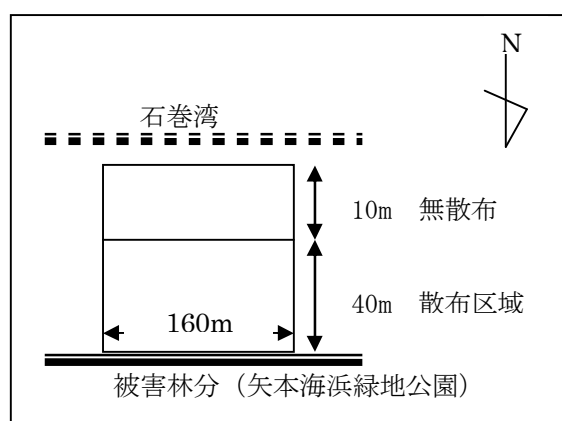
●：誘引器

図－１ 飛込み感染確認予備試験概要図

2. 2 飛込み感染を考慮した薬剤のスポット散布

予備試験で得られた飛込み範囲の情報を基に、東松島市に所在する対策対象松林において、飛込みによって感染が起きる範囲に無人ヘリコプターによるスポット（帯状）散布を行った。（図－２）

スポット（帯状）散布の範囲は、3. 1 で判明した最大の飛込み距離 39.62m を考慮し、周辺被害林から海側に延びる対策対象松林帯約 50m のうち 40m 地点までとした。面積は 0.64ha で 40m×160m の矩形である。散布薬剤はマツグリーン液剤 2 で 1 回散布（10 倍希釈液をヘクタール当たり 30ℓ）である。



図－２ スポット散布試験

2. 3 誘引トラップ設置法の検討

誘引トラップ設置法によるカミキリの飛込みによる感染の確認が、規模の大きい対策対象松林面積等に適用が可能か否かを検証することとし、伐倒駆除が徹底されている松島地区（松島町及び利府町）の対策対象松林において、平成17年6月から平成18年9月にかけてトラップによるカミキリ成虫の捕獲試験を行った。

黒トラップは松島町扇谷地区に 6 器、利府町櫃ヶ浦地区に 5 器設置した。

なお、松島町扇谷地区に接続する北西部の桜岡入地域、利府町櫃ヶ浦地区に接続する浜田地域及び赤沼地域は対策；図－３に誘引トラップ設置の概況図を示す。



図－３ 誘引トラップ設置位置図

3 試験の結果

3. 1 飛込み感染確認の予備試験

東松島市矢本で行った飛込み感染を確認する手法の予備試験の結果を図－4，5に示す。

図－4，5は各試験区の区画図であり各図の下線に周辺

被害林分が隣接している。図－4は被害木を完全に除去した試験区で新規被害率が0.39%（2,583本中10本）（図－4で被害木10本のうち9本しか標示されていないように見えるのは、Y軸100m付近と交差するX軸6m付近で2本が同位置に存在しているためである），図－5は被害木を放置した試験区で新規被害率が0.17%（2,866本中5本）となっている。このように被害木を除去しても新たな被害が発生した。被害本数率は試験区間で有意な差がなかった。（Fisherの正確確率検定）

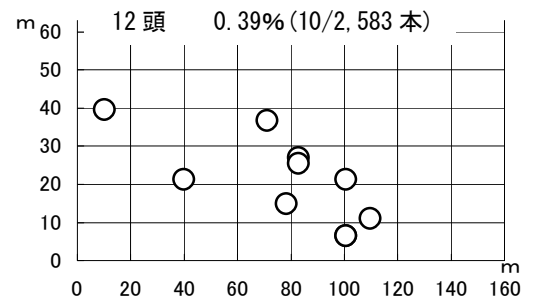
また、周辺被害林との境界から各区（被害木除去区及び被害木放置区）の被害木までの距離は0～39.62mであった。（図－4，図－5）

カミキリ成虫の捕獲数は、被害木除去区12頭、被害木放置区2頭で、被害木除去の有無とカミキリ誘引数との関係は明らかにできなかった。（図－4，5，6）

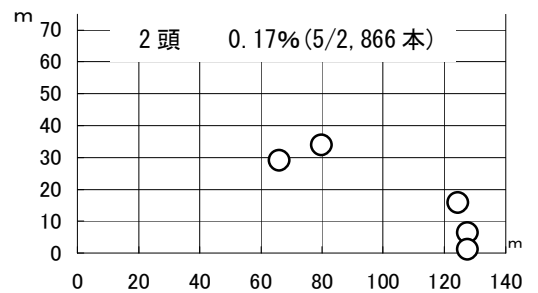
被害木除去区において、カミキリが捕獲され新たな被害が出たことは、カミキリの飛込みによる感染と考えられる。

また、今回行った方法により、感染移動範囲を間接的に評価する手法として、誘引トラップ法は、広く利用され利便性もあることから（前藤，2007），有効な調査であると思われた。

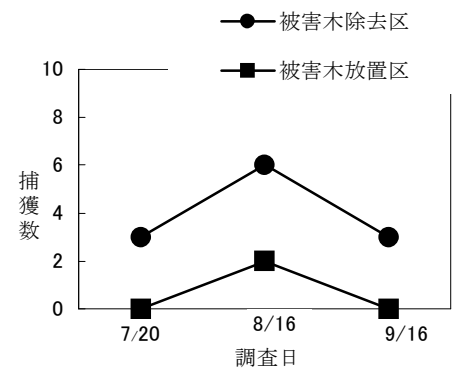
このことから、評価手法試験として適用することとした。



図－4 新規被害木位置図(被害木除去区)



図－5 新規被害木位置図(被害木放置区)



図－6 カミキリ捕獲数の推移

3. 2 飛込み感染を考慮した薬剤のスポット散布

スポット（帯状）散布区域内での感染（以下「枯死木」という）は25本、区域外（被害放置松林の境界から42m付近）で1本の枯死木を確認した。

枯死木の発生する範囲は予備試験での結果と同様の傾向を示すなどの情報は得られたが、スポット（帯状）散布1回での効果については、散布日の天候（散布1時間後に霧雨、散布地点から約8km離れた石巻測候所の記録：降水量0mm、湿度90%）状況等からその有効性について、評価はできなかった。

3. 3 誘引トラップ設置法の検討

松島地区のカミキリ成虫捕獲試験でカミキリの飛び込みを確認できたのは、松島町2地点及び利府町の1地点でそれぞれ各1頭である。3地点から被害放置林までは、直線距離で40m～60mに位置していた。

4 まとめ

予備試験及び実証試験の結果から、感染源となる周辺の被害木から飛込みは規模の小さい対策対象松林では0 m～39.62m、規模の大きい対策対象松林では半径40～半径60 mの範囲で確認され、カミキリの飛込みは、規模の大きい対策対象松林においても被害放置林から一定の範囲内に発生することが示唆された。

松くい虫防除事業においては事業実施地域の重点化（対策対象松林の明確化）が図られ、被害レベルの地域間格差が広がっていると考えられる。このため、林分内感染から林分間感染へと感染移動が広域化している可能性があり、防除計画の立案に当たっては、対策対象松林だけでなく周辺の被害林分からのマツノマダラカミキリの飛込みを考慮し、松林の被害レベルと感染源密度を評価するとともに林分間感染の実態を把握することが必要であると思われた。

マツノマダラカミキリの飛込みによる、林分間での感染移動の絶対評価は不可能であるが、感染移動範囲を間接的・相対的に評価する誘引トラップ法は有効な調査法であると考ええる。

引用文献

- 富樫一巳：マツノマダラカミキリの個体群動態とマツ材線虫病の伝播に関する研究 石川県林業試験場
研究報告No.20 1989
- 前藤 薫：トラップをもちいて昆虫の生息状況をはかる 森林科学 49 2007.2
- 山根明臣：重要マツ林保全のための松くい虫防除対策動向 日本の松を守る 1999
- 吉田成章：研究者が取り組んだマツ枯れ防除ーマツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例ー
日林試 88 (5) 2006

樹幹注入による通水障害に関する調査

水戸辺 栄三郎・中澤 健一・須藤 昭弘^{※1}

要旨

現行の防除法において樹幹注入法は予防効果の面で高い評価を与えられて多用されているが、薬液通過部位に生じる通水障害の問題が提起されていることから、実態を把握することとした。試験の結果、辺材部に占める通水障害の割合は、注入孔付近で最大値を示し、その値は供試薬剤毎にばらつきがあった。

キーワード：樹幹注入剤，通水障害

1 はじめに

現行の防除法において樹幹注入法は予防効果の面で高い評価を与えられて多用されているが、薬液通過部位に生じる通水障害が見られるので、障害の状況を明らかにするとともに、継続的に施用しても通水障害の影響が生じない施用法等を明らかにしておく必要がある。

なお、本研究は「効果的な松くい虫防除手法に関する調査」（平成 16～18 年度）の一部として実施した。

2 試験の方法

2. 1 注入時間についての検討

平成 17 年 3 月 17 日及び平成 17 年 12 月 20 日に林業試験場内の試験林（アカマツ 49 年生）で 4 種類の樹幹注入剤を注入し、各薬液注入速度を調査し、各薬剤の施工効率を比較した。供試本数は 3 月 17 日及び 12 月 20 日それぞれ 1 薬剤につき 5 本で 20 本である。供試マツは過去に注入経歴がなく、樹脂量検査で健全と判断されたマツで、大きさ（胸高直径）は薬剤によりばらつきがないように設定しあらかじめ毎木調査を行い、穿孔径、注入量等は各薬剤の仕様にしたがった。注入時間の計測は注入開始から注入完了までの所要時間とした。

なお、注入開始とはマツに穴を開け薬剤入りアンプルを挿入し、目打ちで薬剤ボトルに穴を開けた時点を開始とし、注入完了は完全に薬剤がボトルから無くなった時点を終了とした。実施に当たっては、作業に時間を要すると温度や日照などの気象条件が変わり、注入速度に影響を与える可能性もあるため、人手を増やしてなるべく同時間に各薬剤の注入作業を行うよう努めた。

2. 2 通水障害についての検討

平成 17 年 3 月 17 日に注入した供試木は 10 月 31 日に、平成 17 年 12 月 20 日注入した供試木は平成 18 年 11 月 30 日に伐倒、玉切りし、通水障害の面積を調べた。円盤は障害が確認された高さまで 20 cm 毎採取した。障害面積は円盤に 20% 濃度の希硫酸を塗布し、強いバーナーの炎で均一にあぶり材内に部分的な黒色化が見られた範囲を通水障害面積とした（涌井・金杉，1996）。調整した円盤はデジタルカメラで撮影し、パソコンに取り込み、フリーソフトの lenaraf200.xls で解析して求めた。

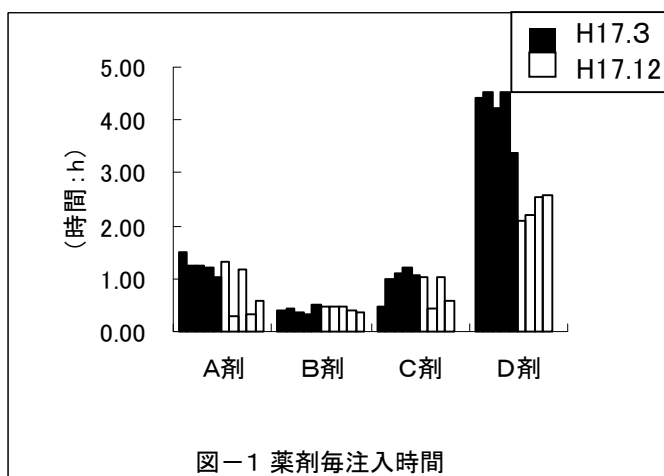
※ 1 現所属：栗原地方振興事務所林業振興部

3 試験の結果

3. 1 注入時間についての検討

図－1 に2年間実施した薬剤ごとの自然圧による注入時間を示す。A 剤の供試マツ平均胸高直径21.6 cm (16～27 cm) に対し平均注入時間は60分、B 剤の供試マツ平均胸高直径19.2 cm (17～26.7 cm) に対し平均注入時間は43分、C 剤の供試マツ平均胸高直径22.1 cm (18.2～26.5 cm) に対し平均注入時間53分、D 剤の供試マツ平均胸高直径21.1 cm (16.4～26.2 cm) に対し平均注入時間3時間39分で、薬剤間では最大3時間弱の開きがあった。各薬剤毎の注入時間は2ヶ年間の平均値である。

注入時間(速度)は、平成17年3月に比べ、平成17年12月実施分が短くなっており、薬剤毎に判断すると同様な傾向にあったと思われる。

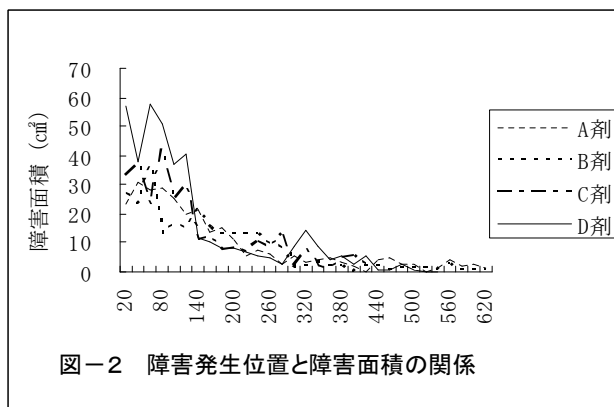


図－1 薬剤毎注入時間

3. 2 通水障害についての検討

図－2 は平成17年12月に自然圧で注入した各5個体のうち、障害面積が最大値を示した供試木のデータである。そのうち通水障害面積の最大値はD剤の57.58 cm²であった。

通水障害面積は、薬剤によって多少異なるが、通水障害の発生が最大となるのは注入孔付近である0.8m前後で、1.2m以上で徐々に減少し6m付近まで出現していた。



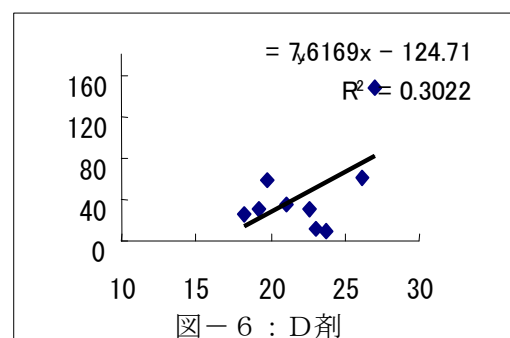
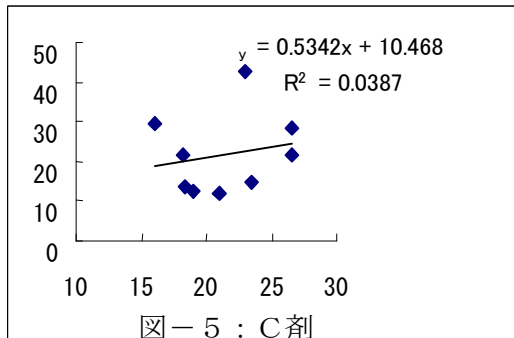
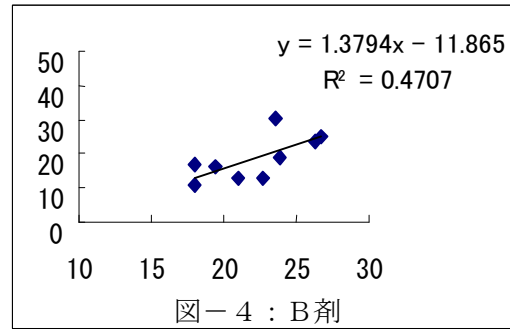
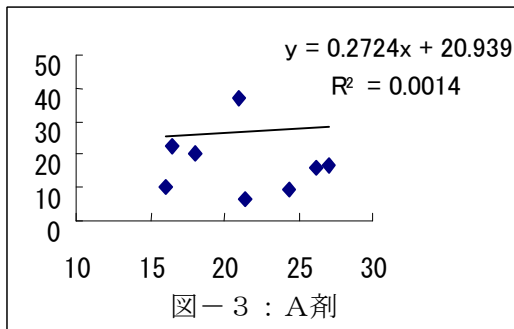
図－2 障害発生位置と障害面積の関係

注入2年目では障害材積の増加が認められな
いとされており(在原, 1999), また通水障害の形成は注入1年目で終了すると推定されている(中川, 1991)
ことから、現行の注入剤の有効年限を遵守した施工方法であれば、通水障害により枯損したり成長が阻害
される問題は発生しないものと思われた。

辺材部に現れる通水障害面積の割合は薬剤によって異なり、A剤8%, B剤7%, C剤16%, D剤20%
と薬剤間でばらつきがあった。

X軸の単位を胸高直径(cm), y軸の単位を障害面積(cm²)とした、胸高直径位置での通水障害の状況を見
ると(図3～図6), B剤とD剤では胸高直径が大きくなると障害面積も大きくなる相関関係(B剤 $R^2=0.4707$, D剤 $R^2=0.3022$)が認められたが、A剤とC剤ではこうした相関関係(A剤: $R^2=0.0014$, C剤: $R^2=0.0387$)は認められなかった。

なお、薬剤注入に長時間を要し翌日まで費やした供試木は、除外した。



4 まとめ

樹幹注入は、高度公益機能森林等で、特に地域において歴史的・文化的に貴重なマツと位置づけられているもの等で、特別防除または地上散布等の予防措置が困難な森林において実施されている。しかし調査結果が示すように、既存の注入剤すべてがマツの生理に影響を及ぼすことから、長期にわたり繰り返し施用するのは避けるべきであると思われた。

樹幹注入剤による通水障害は、普通に発生するものであるが、それによって枯損までに至ることはなく、また障害面積が一定規模以下であれば、成長に影響はないと考えられる。

施用するに当たっては、薬効期間の長い薬剤を用いたり、注入孔の位置を集中させない配慮が必要であると思われた。

特に庭園木等で人為的に成長が抑制されているマツは、施用を極力避けることが望ましいと思われた。

なお、本県では全国に先駆けて1984年（昭和59年度）に日本三景の松島町で樹幹注入が導入され、貴重なマツ林の保全対策が開始された。これらマツにおいて、注入孔上下の樹幹部に縦溝ができる現象や樹皮の割れなどの障害（幹の腐朽害）が確認されていることから、今後、過去に実施されたマツの障害発生の要因究明と樹勢回復のための方策を検討する必要がある。

引用文献

- 在原登志男・橋本正伸：マツ材線虫病予防のための樹幹注入剤施用によるマツ樹体内の通水障害（Ⅰ）
森林防疫 No.8（No.569） 1999
- 中川茂子：樹幹注入剤のマツ樹体内への影響 林業技術 No.591 1991
- 涌井明・金杉春樹：樹木断面上の低水分組織の簡易検定方法 林業と薬剤 No.138 1996.12
林業薬剤協会

マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究(第2報)

今 野 幸 則 伊 藤 俊 一*

要旨

松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強いマツ林を造成するため、選抜育種法を中心にマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を進めた。その結果、マツノザイセンチュウ抵抗性品種としてクロマツ7品種・アカマツ1品種を開発することができた。その抵抗性品種を用い、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園を造成し、抵抗性種苗の供給体制を整備した。

キーワード：マツノザイセンチュウ，選抜育種，交雑育種，採種園

1 はじめに

宮城県におけるマツ林の枯損は、昭和50年10月石巻市で枯損木が最初に発見されて以来年々拡大を続け、平成8年度には被害量が2.9万 m³ となったが、ここ2年は被害量が1.8万 m³ 台の水準で推移している。

特別名勝松島における風致林や沿岸部における潮害防備林をはじめ、住民生活に密着したマツ林が多く存在しているが、マツノザイセンチュウによる枯損木により公益的機能の低下や景観の維持に支障をきたしている。

そのため、松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強いマツ林を造成に必要な抵抗性品種を早期に開発するため、宮城県においては、平成4年度から13年度まで国庫補助による東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業に取り組み、その成果は前報(伊藤ら,2004)にまとめられている。本報告では、平成14年度から18年度に実施した県単独事業によるマツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究の成果と残された課題について報告する。

2 試験方法

2.1 選抜育種

2.1.1 マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜

マツノザイセンチュウの激害林分で生き残ったマツノザイセンチュウに抵抗性を有すると思われる健全なクロマツ及びアカマツ(抵抗性候補木)を選抜する。

選抜した抵抗性候補木については、所在地、齢級、胸高直径・樹高・枝下高、及び林分内の健全木の残存率、地況及び林況等について調査した。

候補木の選抜数を表-1に、位置を図-1に示す。

* 現所属 登米地方振興事務所

表－1 選抜した抵抗性候補木数 (H14～18)

樹 種	選抜箇所	選抜個体数
アカマツ	牡鹿町	14
	色麻町	1
	計	15
クロマツ	牡鹿町	71
	歌津町	4
	本吉町	18
	鳴瀬町	6
	計	99



※選抜箇所の町名は市町村合併前の旧町名である。

写真－1 候補木を選抜した激害林分(牡鹿町)



図－1 抵抗性候補木の位置

2. 1. 2 接種検定

(a) 穂木の採取及び接ぎ木

一次検定のための候補木から穂木の採取を2月に行った。採穂はできるだけ樹冠の上部から採取することとした。

接ぎ木は、2月末に加温しないビニールハウス内で3年生のクロマツの台木に揚げつぎにより「割接ぎ法」で実施した。接ぎ穂の固定は藁巻きとした。接ぎ木苗はパイプハウス内に設けたビニールトンネル内に仮植し養生を図った。日中はビニールハウスのサイドを巻き上げて換気し、トンネル内の温度の上昇を防ぐとともに夜間はビニールトンネルを密閉し寒さを防いだ。

また、ビニールトンネル内に仮植する際には十分な水分を与え、ビニールトンネル内が常に結露する状態に保った。



写真－２ 接ぎ木苗養生状況

接ぎ木苗の活着に必要な温度・空中湿度を保ちながら２ヶ月間養生し、５月には路地への床替え準備のため、ビニールトンネルを撤去し外気温への馴化を図った。

(b) 抵抗性判定対照木

「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施について」（以下、「実施要領」とする）には、林木育種センターが指定するマツの苗木を対照木として、候補木と同時に接種検定を行うことが定められている。

接種検定で目標とされる抵抗性レベルは、マツノザイセンチュウに抵抗性を有することで知られる北アメリカ原産のテーダマツと同程度とされているが、寒冷な東北地方ではテーダマツの生育が悪いため、林木育種センター東北育種場で場内のアカマツ精英樹交配園から採種された自然交配家系に接種検定を行った結果(寺田,1997)から生存率、健全率がテーダマツとほぼ同じ５家系（三本木３号、岩手１０４号、岩泉１０１号、一関１０１号、北蒲原２号）の自然交配苗を対照木とした。

(c) 接種検定時期及び管理

宮城県石巻市におけるクロマツを用いたマツノザイセンチュウ接種試験(庄司ら,1983)によると、８月下旬以降の接種では年内には枯れず翌年に枯損する率が高い。

また、東北育種場の研究(野口ら,1987)でも同様な結果が観察され、接種した苗木の抵抗性を接種当年の秋に判断するためには、苗木を温室内に植栽し、接種時期を早めることにより、マツノザイセンチュウの活動・繁殖に好適とされる２５℃以上を一定期間保つことが必要であると結論づけている。

このため、接種検定はビニールハウス内で６月２０日前後に接種した。灌水は１週間に１回、ビニールハウス内の気温は、２０～２５℃を保つようにするため梅雨期には低温対策として密閉状態に、夏はハウス側面のビニール部分を巻き上げ通風を確保した。

(d) 人工接種

当年伸長した主軸の上部を切断し、その先端をペンチを使って押しつぶし、その部分に０．１ｃｃ当たりマツノザイセンチュウ島原個体群１万頭に調整した懸濁液を０．１ｃｃ注入する主軸注入法により接種している。接種漏れをを予防するため、ジベレリン用着色剤の赤色色素で判断できるようにした。



写真－３ マイクロピペットで接種



写真－４ 接種検定ハウス

2. 2 交雑育種

2. 2. 1 人工交配

クロマツの抵抗性の変異を拡大するためにクロマツ精英樹及び一次検定合格木を雌親とし、西日本産抵抗性個体の花粉による人工交配試験を行った。

周囲のマツからの受粉を防ぐため４月中下旬、雌花に交配袋を掛け隔離した。受粉時期は周囲の雌花の開花を目安とし、１回目をやや早め（５月中旬頃）に交配し２回目は開花最盛期（５月下旬頃）に交配する。交配は花粉銃によりマツノザイセンチュウ抵抗性個体の花粉を注入する。自然受粉の可能性が無くなったとき、交配袋を取り除き枝に目印（ラベル）を取り付ける。平成１６年度からは抵抗性クロマツ暫定採種園の採種木を雌親とし人工交配を行った。

人工交配に用いた花粉は、（表－２）のとおりである。

表－２ 人工交配花粉親及び雌親家系

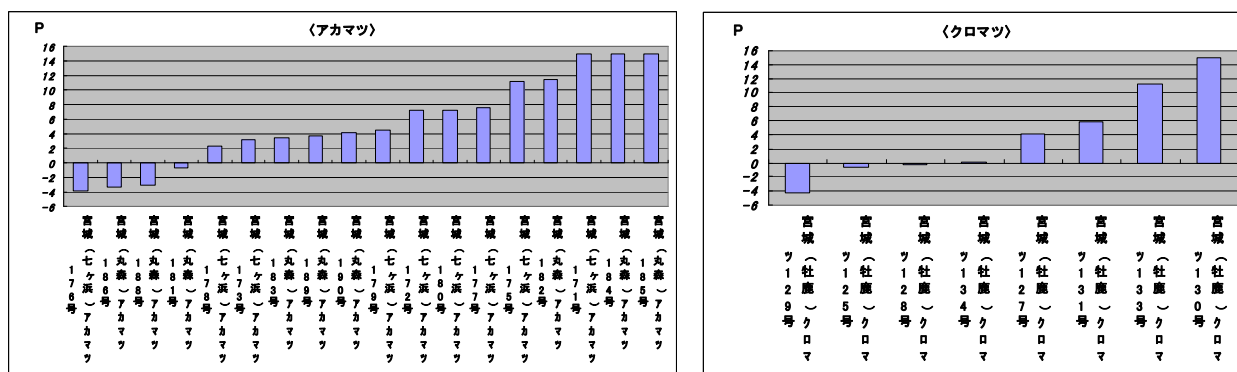
交配年度	選抜県	クローン花粉親	雌親家系
１４	愛媛県	波方ク３７号	クロマツ精英樹１２家系
	〃	波方ク７３号	クロマツ精英樹１２家系
	香川県	三豊ク１０３号	クロマツ精英樹１２家系
１５	愛媛県	波方ク３７号	クロマツ精英樹３家系
	福岡県	志摩ク６４号	クロマツ精英樹３家系
	大分県	大分ア１３７号	抵抗性アカマツ白石１０号
１６	愛媛県	波方ク７３号	抵抗性クロマツ７家系
	大分県	大分ア１３７号	抵抗性アカマツ白石１０号
	熊本県	熊本ア１６号	抵抗性アカマツ白石１０号
１７	愛媛県	波方ク３７号	クロマツ精英樹３家系
	〃	吉田ク２号	クロマツ精英樹３家系
	〃	波方ク７３号	抵抗性クロマツ７家系
１８	愛媛県	波方ク７３号	クロマツ精英樹３家系
	〃	吉田ク２号	抵抗性クロマツ７家系
	〃	三崎ク９０号	抵抗性クロマツ４家系

3. 1. 1 検定数

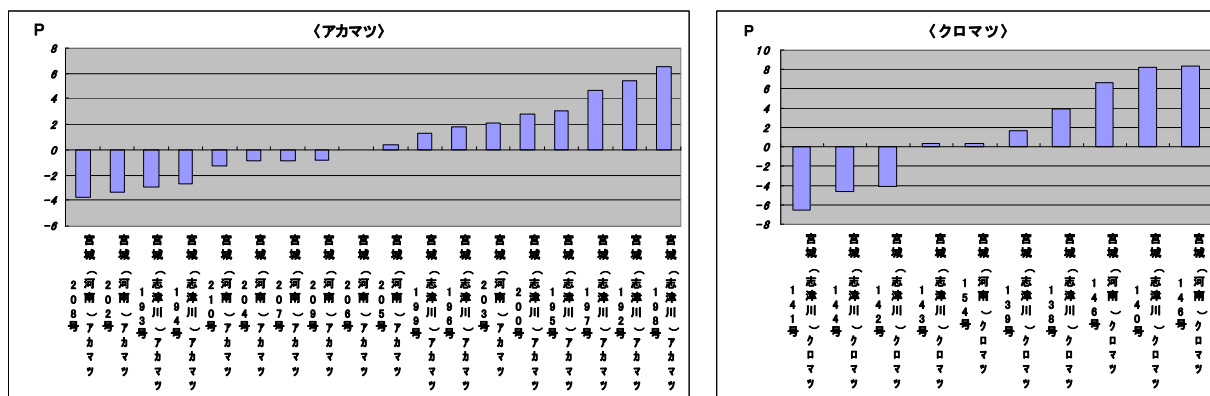
実施年度		4～13	14	15	16	17	18
選抜個体数	(アカマツ)	220	10	0	0	5	0
	(クロマツ)	164	20	20	22	16	21
接種検定個体数	(アカマツ)	78	18	18	10	10	0
	(クロマツ)	73	8	10	10	19	19

評点Pがマイナスのものを合格とする。

平成14年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成12年3月に七ヶ浜町外から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でアカマツ18個体で135本・クロマツ8個体で78本に対して接種検定を行った。その結果、アカマツ176号186号188号・クロマツ125号128号(図-2)が一次検定に合格した。アカマツ181号・クロマツ129号134号は検定本数不足により保留。

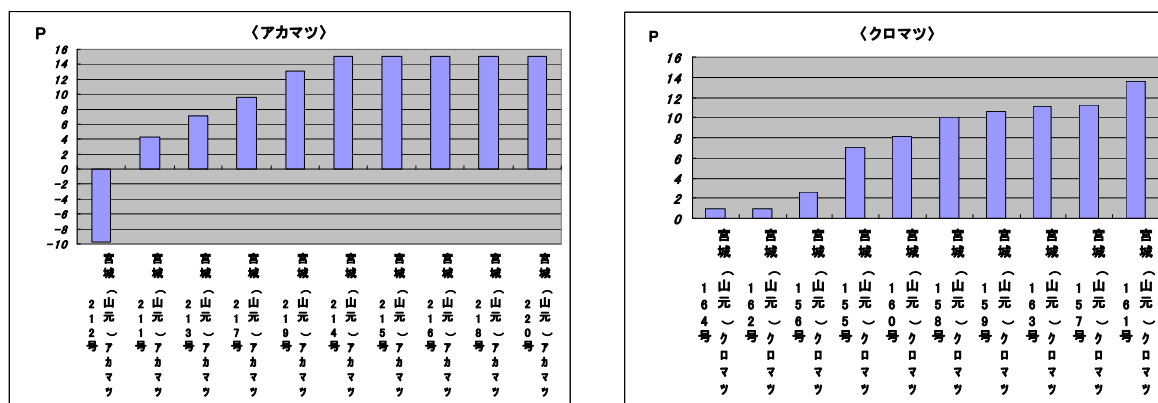


平成１５年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成１３年３月に志津川町外から現地選拔し、接ぎ木により増殖したクローン苗でアカマツ１８個体で１７７本・クロマツ１０個体で５５本に対して接種検定を行った。その結果、アカマツ１９３号２０２号２０４号２０６号２０７号２０８号２０９号・クロマツ１４１号（図－３）が一次検定に合格した。アカマツ１９４号２１０号・クロマツ１４２号１４４号は検定本数不足により保留。



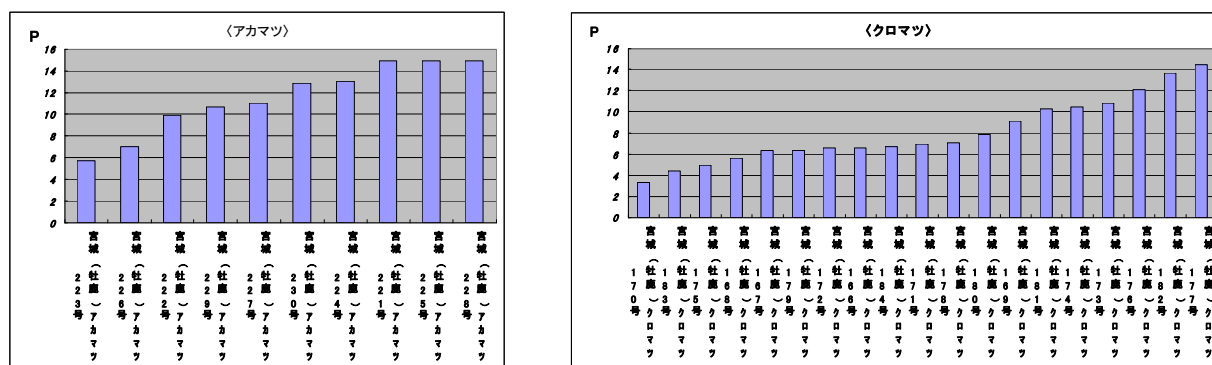
図－3 平成15年度検定結果（評点・P値）

平成16年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成14年2月に山元町から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でアカマツ10個体で113本・クロマツ10個体で287本に対して接種検定を行った。その結果、クロマツ162号164号（図－4）が一次検定に合格した。アカマツ212号は検定本数不足により保留。



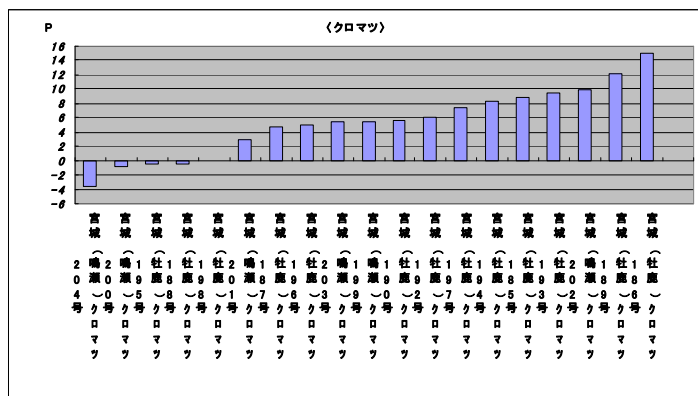
図－4 平成16年度検定結果（評点・P値）

平成17年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成15年2月に牡鹿町から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でアカマツ10個体で99本・クロマツ19個体で273本に対して接種検定を行ったが、その結果一次検定に合格した個体はなかった（図－5）。



図－5 平成17年度検定結果（評点・P値）

平成 18 年度に検定を実施した抵抗性候補木は、平成 16 年 2 月に牡鹿町外から現地選抜し、接ぎ木により増殖したクローン苗でクロマツ 17 個体で 238 本に対して接種検定を行った。その結果、クロマツ 188 号 195 号 198 号 200 号 204 号（図－6）が一次検定に合格した。



図－6 平成 18 年度検定結果（評点・P 値）

以上の一次検定合格木の選抜調査内容については附表 2 に示す。

3. 1. 3 二次検定

一次検定に合格した抵抗性候補木は、林木育種センター東北育種場において実施される二次検定に供するため接ぎ木苗の育苗を進めた。一次検定合格木から二次検定用の接ぎ穂を採取し、林木育種センター東北育種場へ送付した。林木育種センター東北育種場において接ぎ木作業、養苗後に接種検定（二次検定）が行われた。

その結果、平成 14 年度にアカマツ 1 クローン、平成 16 年度にクロマツ 6 クローンが二次検定に合格し、林木育種センター新品種開発委員会において審議され、マツノザイセンチュウ抵抗性品種として決定された。また、平成 18 年度にはクロマツ 1 クローンが抵抗性品種として決定された。

表－4 マツノザイセンチュウ抵抗性品種

開発年度	品種名
平成 14 年度	宮城アカマツ精英樹白石 10 号
平成 16 年度	宮城(鳴瀬)クロマツ 39 号、宮城(亘理)クロマツ 56 号、宮城(鳴瀬)クロマツ 72 号、 宮城(山元)クロマツ 82 号、宮城(山元)クロマツ 84 号、宮城(山元)クロマツ 90 号
平成 18 年度	宮城(鳴瀬)クロマツ 6 号

3. 1. 4 マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の造成

マツノザイセンチュウによる被害が依然衰えず、沿岸部のマツ林の保全維持が危ぶまれている状況から、マツノザイセンチュウ抵抗性種苗を早期に供給するため採種園を造成した。

まず、平成 14 年度に一次検定合格木で構成し花粉樹として抵抗性クロマツ波方 73 号(愛媛)を配置したクロマツ暫定採種園を造成した。面積は 0.16 ヘクタール、クローン配置は 9 型 18 系統 144 本で構成した。

さらに平成 17 年度に抵抗性品種のみで構成したマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園を造成した。面積は 0.23 ヘクタール、クローン配置は 9 型 11 系統 221 本で構成した。

その中には花粉樹としてクロマツ備前143号(岡山)・波方37号・波方73号・三崎90号・吉田2号(愛媛県)を配置した(図-7)。



写真-5 抵抗性クロマツ採種園

なお、植栽後に枯損木が発生したため、三崎90号の跡地には鳴瀬6号を補植した。また、枯損木の補植用として、クロマツいわき27号・小高37号(福島県)を接ぎ木増殖しており、採種園の構成クローンを東北地方産のクロマツへ入れ替えを図るなど採種園の改良を考えている。

3.1.5 クロマツ暫定採種園からの種子生産

平成14年度に造成したクロマツ暫定採種園からの種子採取を平成17年度から開始した。

採種木はまだ若齢であり、種子生産量にはばらつきが見られる。採取した種子は播種し、実生苗の抵抗性評価の試験材料として利用することとしている。

採取年度	品 種	球果数(個)	種子量(g)
17年度	抵抗性	643	189
	一次合格	154	54
18年度	抵抗性	142	61
	一次合格	130	42

図-7 抵抗性クロマツ採種園植栽配置図

			山元			鳴瀬			亘理					
			84号			72号			56号					
			三崎			山元			山元			山元		
			90号			90号			82号			90号		
			90号			90号			84号			82号		
			鳴瀬			鳴瀬			波方			鳴瀬		
			72号			39号			73号			72号		
			鳴瀬			山元			亘理			鳴瀬		
			6号			84号			56号			鳴瀬		
			亘理			備前			鳴瀬			鳴瀬		
			56号			143号			72号			鳴瀬		
			山元			波方			亘理			山元		
			84号			37号			56号			84号		
			鳴瀬			三崎			吉田			鳴瀬		
			72号			90号			2号			72号		
			亘理			山元			鳴瀬			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号			90号			39号			鳴瀬		
			鳴瀬			三崎			備前			鳴瀬		
			72号			90号			143号			72号		
			亘理			山元			波方			鳴瀬		
			56号											

4 おわりに

この研究期間内の二次検定の結果から抵抗性品種（7 品種）が決定され、このうち平成 16 年度の 6 品種を用い抵抗性採種園を造成した。抵抗性種苗の生産体制の整備によって宮城県産マツノザイセンチュウ抵抗性種苗の一般への供給も目前であり、マツノザイセンチュウ抵抗性苗木は西日本産から風土に合った本県産に変わることとなる。

しかし、本県産抵抗性品種の実生後代苗の抵抗性については現在不明であることから、平成 19 年度から実施する研究課題において、抵抗性品種の実生後代苗における抵抗性の評価を行うとともに、抵抗性品種の着果特性についても把握することとしている。

また、平成 18 年度までに選抜した抵抗性候補木の一次検定を進め、さらなる抵抗性品種の開発を計画している。

これらの成果を基に、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の体質改善を図り抵抗性マツの種苗供給体制を強化して参りたい。

5 謝辞

採種園の造成に当たって、林木育種センター東北育種場の河崎久男育種課長に御協力いただき、林木育種センター関西育種場から接ぎ穂を譲り受け増殖し植栽した。また、福島県林業研究センターの渡邊次郎専門研究員に御協力いただき接ぎ木苗の増殖を図った。

御協力に感謝申し上げます。

引用文献

伊藤俊一・細川智雄：マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業における成果，林業試験場成果報告第 14 号 84 ～ 109 2004

野口常介・板鼻直榮・茶屋場盛・吉村研介：マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究，東北育種場（昭和 62 年度）年報 55 ～ 61 1987

庄司次男・陳野好之・早坂義雄・尾花健喜智：クロマツに対するマツノザイセンチュウの時期別接種試験，94 回日林論 475 ～ 476 1983

寺田貴美雄・戸田忠雄・野口常介：東北等，寒冷地における被害林分からのマツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜，林木育種センター東北育種場（平成 7 年度）年報 55 ～ 59 1997

付表１：年度別クローン検定木の生存率・健全率

平成 1 4 年 度					
候 補 木 番 号	ア カ マ ツ		候 補 木 番 号	ク ロ マ ツ	
	生 存 率	健 全 率		生 存 率	健 全 率
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７１号	0. 00%	0. 00%	宮城(牡鹿)クロマツ１２５号	62. 50%	37. 50%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７２号	25. 00%	25. 00%	宮城(牡鹿)クロマツ１２７号	54. 42%	16. 67%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７３号	37. 50%	37. 50%	宮城(牡鹿)クロマツ１２８号	69. 57%	30. 43%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７５号	11. 76%	8. 33%	宮城(牡鹿)クロマツ１２９号	75. 00%	50. 00%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７６号	60. 00%	60. 00%	宮城(牡鹿)クロマツ１３０号	0. 00%	0. 00%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７７号	50. 00%	0. 00%	宮城(牡鹿)クロマツ１３１号	40. 00%	20. 00%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７８号	45. 45%	36. 36%	宮城(牡鹿)クロマツ１３３号	25. 00%	0. 00%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１７９号	33. 33%	33. 33%	宮城(牡鹿)クロマツ１３４号	85. 71%	14. 29%
宮城(七ヶ浜)アカマツ１８０号	25. 00%	25. 00%			
宮城(丸森)アカマツ１８１号	50. 00%	50. 00%			
宮城(丸森)アカマツ１８２号	15. 38%	7. 69%			
宮城(丸森)アカマツ１８３号	50. 00%	25. 00%			
宮城(丸森)アカマツ１８４号	0. 00%	0. 00%			
宮城(丸森)アカマツ１８５号	0. 00%	0. 00%			
宮城(丸森)アカマツ１８６号	72. 73%	45. 45%			
宮城(丸森)アカマツ１８８号	61. 54%	53. 85%			
宮城(丸森)アカマツ１８９号	45. 45%	27. 27%			
宮城(丸森)アカマツ１９０号	40. 00%	30. 00%			

平成 1 5 年 度					
候 補 木 番 号	ア カ マ ツ		候 補 木 番 号	ク ロ マ ツ	
	生 存 率	健 全 率		生 存 率	健 全 率
宮城(大郷)アカマツ１９２号	50. 00%	37. 50%	宮城(志津川)クロマツ１３８号	66. 67%	33. 33%
宮城(大郷)アカマツ１９３号	100. 00%	62. 50%	宮城(志津川)クロマツ１３９号	80. 00%	40. 00%
宮城(大郷)アカマツ１９４号	100. 00%	60. 00%	宮城(志津川)クロマツ１４０号	57. 14%	0. 00%
宮城(大郷)アカマツ１９５号	73. 33%	33. 33%	宮城(志津川)クロマツ１４１号	100. 00%	100. 00%
宮城(大郷)アカマツ１９６号	81. 82%	36. 36%	宮城(志津川)クロマツ１４２号	100. 00%	75. 00%
宮城(大郷)アカマツ１９７号	61. 54%	30. 77%	宮城(志津川)クロマツ１４３号	83. 33%	50. 00%
宮城(山元)アカマツ１９８号	44. 44%	33. 33%	宮城(志津川)クロマツ１４４号	100. 00%	80. 00%
宮城(山元)アカマツ１９９号	75. 00%	50. 00%	宮城(河南)クロマツ１４６号	40. 00%	20. 00%
宮城(山元)アカマツ２００号	66. 67%	44. 44%	宮城(河南)クロマツ１４７号	83. 33%	50. 00%
宮城(山元)アカマツ２０２号	100. 00%	66. 67%	宮城(河南)クロマツ１５４号	50. 00%	25. 00%
宮城(山元)アカマツ２０３号	60. 00%	60. 00%			
宮城(山元)アカマツ２０４号	88. 89%	55. 56%			
宮城(山元)アカマツ２０５号	77. 78%	55. 56%			
宮城(山元)アカマツ２０６号	85. 71%	50. 00%			
宮城(山元)アカマツ２０７号	88. 89%	55. 56%			
宮城(山元)アカマツ２０８号	100. 00%	71. 43%			
宮城(山元)アカマツ２０９号	87. 50%	56. 25%			
宮城(山元)アカマツ２１０号	83. 33%	66. 67%			

平成 1 6 年 度					
候 補 木 番 号	ア カ マ ツ		候 補 木 番 号	ク ロ マ ツ	
	生 存 率	健 全 率		生 存 率	健 全 率
宮城(山元)アカマツ２１１号	25. 00%	18. 75%	宮城(山元)クロマツ１５５号	22. 22%	11. 11%
宮城(山元)アカマツ２１２号	50. 00%	50. 00%	宮城(山元)クロマツ１５６号	36. 84%	15. 79%
宮城(山元)アカマツ２１３号	22. 22%	11. 11%	宮城(山元)クロマツ１５７号	10. 53%	5. 26%
宮城(山元)アカマツ２１４号	0. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１５８号	10. 00%	10. 00%
宮城(山元)アカマツ２１５号	0. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１５９号	15. 38%	3. 85%
宮城(山元)アカマツ２１６号	0. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１６０号	23. 33%	6. 67%
宮城(山元)アカマツ２１７号	25. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１６１号	2. 86%	2. 86%
宮城(山元)アカマツ２１８号	0. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１６２号	42. 86%	17. 14%
宮城(山元)アカマツ２１９号	8. 70%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１６３号	14. 29%	2. 86%
宮城(山元)アカマツ２２０号	0. 00%	0. 00%	宮城(山元)クロマツ１６４号	42. 50%	17. 50%

平成 1 7 年 度					
候 補 木 番 号	ア カ マ ツ		候 補 木 番 号	ク ロ マ ツ	
	生 存 率	健 全 率		生 存 率	健 全 率
宮城（牡鹿）アカマツ221号	0.00%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ166号	43.75%	37.50%
宮城（牡鹿）アカマツ222号	36.36%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ167号	50.00%	33.33%
宮城（牡鹿）アカマツ223号	66.67%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ168号	76.47%	11.76%
宮城（牡鹿）アカマツ224号	14.29%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ169号	44.44%	11.11%
宮城（牡鹿）アカマツ225号	0.00%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ170号	77.78%	33.33%
宮城（牡鹿）アカマツ226号	57.14%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ171号	66.67%	8.33%
宮城（牡鹿）アカマツ227号	28.57%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ172号	60.00%	20.00%
宮城（牡鹿）アカマツ228号	0.00%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ173号	26.67%	13.33%
宮城（牡鹿）アカマツ229号	30.77%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ174号	28.57%	14.29%
宮城（牡鹿）アカマツ230号	15.38%	0.00%	宮城（牡鹿）クロマツ175号	69.57%	26.09%
			宮城（牡鹿）クロマツ176号	26.32%	0.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ177号	5.26%	0.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ178号	60.00%	15.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ179号	50.00%	33.33%
			宮城（牡鹿）クロマツ180号	61.11%	5.56%
			宮城（牡鹿）クロマツ181号	42.86%	0.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ182号	12.50%	0.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ183号	76.47%	23.53%
			宮城（牡鹿）クロマツ184号	54.55%	4.55%

平成 1 8 年 度					
候 補 木 番 号	ア カ マ ツ		候 補 木 番 号	ク ロ マ ツ	
	生 存 率	健 全 率		生 存 率	健 全 率
			宮城（牡鹿）クロマツ185号	40.00%	20.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ186号	0.00%	0.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ188号	76.92%	76.92%
			宮城（牡鹿）クロマツ189号	14.29%	14.29%
			宮城（牡鹿）クロマツ190号	70.00%	20.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ191号	66.67%	33.33%
			宮城（牡鹿）クロマツ192号	44.44%	44.44%
			宮城（牡鹿）クロマツ193号	27.27%	27.27%
			宮城（牡鹿）クロマツ194号	33.33%	33.33%
			宮城（牡鹿）クロマツ195号	80.00%	73.33%
			宮城（牡鹿）クロマツ196号	50.00%	50.00%
			宮城（牡鹿）クロマツ197号	41.67%	33.33%
			宮城（牡鹿）クロマツ198号	75.00%	75.00%
			宮城（鳴瀬）クロマツ199号	47.62%	47.62%
			宮城（鳴瀬）クロマツ200号	78.26%	78.26%
			宮城（鳴瀬）クロマツ201号	66.67%	52.38%
			宮城（鳴瀬）クロマツ202号	25.00%	25.00%
			宮城（鳴瀬）クロマツ203号	50.00%	45.00%
			宮城（鳴瀬）クロマツ204号	92.31%	92.31%

付表2：一次検定合格木個体データ

アカマツ 抵抗性個体	所有者 イトウ センチ	林種 天然林	所在地 七ヶ浜町花刈浜字戸谷場 2-1 11 林班に8 小班			齢級 12 齢級	残存率 40%	成立 天然林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ミヤコササ						
宮城アカマツ 176号	海岸からの距離 0.2Km		海拔高 40m	傾斜方位 SW	傾斜度 3°	基岩 砂岩	土壌型 BD	土性 壤土	土壌水分 潤
	土壌深度 浅	局所地形 山腹平衡	樹高 15.0m	胸高直径 30cm	枝下高 11.0m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 無	着果状況 少

アカマツ 抵抗性個体	所有者 ヤマキ トシ	林種 人工林	所在地 丸森町大内字大森 89 44 林班は10 小班			齢級 8 齢級	残存率 10%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ミヤコササ						
宮城アカマツ 186号	海岸からの距離 14Km		海拔高 80m	傾斜方位 SE	傾斜度 15°	基岩 凝灰岩	土壌型 BD	土性 埴質壤土	土壌水分 潤
	土壌深度 浅	局所地形 凸型斜面	樹高 15.0m	胸高直径 26cm	枝下高 12.0m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 少

アカマツ 抵抗性個体	所有者 ヤマキ トシ	林種 人工林	所在地 丸森町大内字大森 89 44 林班は10 小班			齢級 8 齢級	残存率 10%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ミヤコササ						
宮城アカマツ 188号	海岸からの距離 14Km		海拔高 80m	傾斜方位 SE	傾斜度 1°	基岩 凝灰岩	土壌型 BD	土性 埴質壤土	土壌水分 潤
	土壌深度 浅	局所地形 凸型斜面	樹高 18.0m	胸高直径 28cm	枝下高 10.0m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 無	着果状況 無

アカマツ 抵抗性個体	所有者 山崎牧野組合	林種 人工林	所在地 大郷町味明地内			齢級 10 齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ・コナラ		植生（林床） ササ・イヌゲ						
宮城アカマツ 193号	海岸からの距離 7Km		海拔高 80m	傾斜方位 E	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BD	土性 埴壤土	土壌水分 適
	土壌深度 深	局所地形 小尾根平坦	樹高 16.5m	胸高直径 35.0cm	枝下高 12.5m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 少

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 107			齢級 12 齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
宮城アカマツ 202号	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 13.0m	胸高直径 42.0cm	枝下高 9.5m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 107			齢級 12 齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
宮城アカマツ 204号	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 14.0m	胸高直径 34.0cm	枝下高 8.5m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 1 0 7			齢級 12齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
宮城アカマツ 206号	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 14.0m	胸高直径 34.0 c m	枝下高 8.5m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 1 0 7			齢級 12齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
宮城アカマツ 207号	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 13.5m	胸高直径 40.0 c m	枝下高 8.0m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 1 0 7			齢級 12齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
宮城アカマツ 208号	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 13.0m	胸高直径 34.0 c m	枝下高 8.0m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

アカマツ 抵抗性個体	所有者 伊サ ケイジ	林種 人工林	所在地 山元町八手庭字北向 1 0 7			齢級 12齢級	残存率 30%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） アカマツ		植生（林床） ササ						
	海岸からの距離 2 Km		海拔高 40m	傾斜方位 S	傾斜度 10°	基岩 凝灰質	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 乾
宮城アカマツ 209号	土壌深度 中	局所地形 丸尾根平坦	樹高 13.5m	胸高直径 36.0 c m	枝下高 9.5m	生長 並	残存状況 群状	枝枯 有	着果状況 並

クロマツ 抵抗性個体	所有者 牡鹿町	林種 天然林	所在地 牡鹿町鮎川浜字黒崎 10林班は1小班			齢級 7 齢級	残存率 30%	成立 天然林	林相 混交林
	植生（高木） クロマツ		植生（林床） ミヤコササ・ススキ						
	海岸からの距離 0.5Km		海拔高 60m	傾斜方位 E	傾斜度 3°	基岩 玄武岩	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 湿
宮城クロマツ 125号	土壌深度 中	局所地形 平衡斜面	樹高 13.0m	胸高直径 66.0 c m	枝下高 9.6m	生長 良	残存状況 点在	枝枯 無	着果状況 少

クロマツ 抵抗性個体	所有者 牡鹿町	林種 天然林	所在地 牡鹿町鮎川浜字黒崎 10林班は1小班			齢級 7 齢級	残存率 30%	成立 天然林	林相 混交林
	植生（高木） クロマツ		植生（林床） ミヤコササ・ススキ						
	海岸からの距離 0.5Km		海拔高 60m	傾斜方位 E	傾斜度 8°	基岩 玄武岩	土壌型 BC	土性 埴壤土	土壌水分 湿
宮城クロマツ 128号	土壌深度 中	局所地形 平衡斜面	樹高 13.0m	胸高直径 17.0 c m	枝下高 6.0m	生長 不良	残存状況 点在	枝枯 有	着果状況 無

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 141号	所有者	林種	所在地 志津川町神割崎			齢級	残存率	成立	林相
	志津川町	天然林				14齢級	50%	天然林	混交林
	植生（高木）		植生（林床）						
	アカマツ・クロマツ・トベラ・コナ		トベラ・ツツジ・ツバキ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.1Km		20m	N	15°	頁岩	BD	壤土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	中	平衡斜面	13.0m	32.0 c m	8.0m	良	群状	無	有

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 162号	所有者	林種	所在地 坂元町坂元字浜			齢級	残存率	成立	林相
	坂元愛林公益	人工林	1－2 6 7 林班ほ1小班			12齢級	30%	人工林	複層林
	植生（高木）		植生（林床）						
	クロマツ		ヒノキ・ススキ・シダモ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.1Km		0m		0°		1 m	砂土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	深	平坦地	18.0m	40.0 c m	9.0m	並	点状	無	中

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 164号	所有者	林種	所在地 坂元町坂元字浜			齢級	残存率	成立	林相
	坂元愛林公益	人工林	1－2 6 7 林班ほ1小班			12齢級	30%	人工林	複層林
	植生（高木）		植生（林床）						
	クロマツ		ヒノキ・ススキ・シダモ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.1Km		0m		0°		1 m	砂土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	深	平坦地	15.0m	23.0 c m	9.0m	並	点状	無	中

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 188号	所有者	林種	所在地 牡鹿町鮎川浜字金華山			齢級	残存率	成立	林相
	国有林	人工林	1 5－1 国有林 5 林班い 3 小班			15齢級	1%	人・天	混交林
	植生（高木）		植生（林床）						
	アカマツ・クロマツ・モミ・イニシ		ガマスミ・ヤマツツジ・サンショウ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.1Km		120m	SE	32°	花崗岩	RBB	褐色森林土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	浅	急峻	17.0m	44.0 c m	13.0m	良	孤立	無	少

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 195号	所有者	林種	所在地 牡鹿町鮎川浜字金華山			齢級	残存率	成立	林相
	国有林	人工林	1 5－1 国有林 5 林班い 3 小班			15齢級	1%	人・天	混交林
	植生（高木）		植生（林床）						
	アカマツ・クロマツ・モミ・イニシ		ガマスミ・ヤマツツジ・サンショウ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.5Km		120m	SE	32°	花崗岩	RBB	褐色森林土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	浅	急峻	16.5m	36.0 c m	11.0m	良	孤立	無	中

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 198号	所有者	林種	所在地 牡鹿町鮎川浜字金華山			齢級	残存率	成立	林相
	国有林	人工林	1 5－1 国有林 5 林班い 3 小班			15齢級	1%	人・天	混交林
	植生（高木）		植生（林床）						
	アカマツ・クロマツ・モミ・イニシ		ガマスミ・ヤマツツジ・サンショウ						
	海岸からの距離		海拔高	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型	土性	土壌水分
	0.5Km		120m	SE	32°	花崗岩	RBB	褐色森林土	乾
	土壌深度	局所地形	樹高	胸高直径	枝下高	生長	残存状況	枝枯	着果状況
	浅	急峻	13.5m	39.0 c m	7.0m	良	孤立	無	多

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 200号	所有者 ヤマガタケツシ 他	林種 人工林	所在地 鳴瀬町牛網字海辺 1 4 6 0 林班ろ5小班			齢級 15齢級	残存率 10%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） クロマツ		植生（林床） ヤブコウジ・シロダモ						
	海岸からの距離 0.1Km		海拔高 0m	傾斜方位	傾斜度 0°	基岩	土壌型 Im	土性 砂土	土壌水分 乾
	土壌深度 深	局所地形 平坦地	樹高 16.0m	胸高直径 32.0 c m	枝下高 9.0m	生長 良	残存状況 孤立	枝枯 無	着果状況 中

クロマツ 抵抗性個体 宮城クロマツ 204号	所有者 ヤマガタケツシ 他	林種 人工林	所在地 鳴瀬町牛網字海辺 1 4 6 0 林班ろ5小班			齢級 15齢級	残存率 10%	成立 人工林	林相 単層林
	植生（高木） クロマツ		植生（林床） ヤブコウジ・シロダモ						
	海岸からの距離 0.1Km		海拔高 0m	傾斜方位	傾斜度 0°	基岩	土壌型 Im	土性 砂土	土壌水分 乾
	土壌深度 深	局所地形 平坦地	樹高 16.0m	胸高直径 25.0 c m	枝下高 9.0m	生長 良	残存状況 孤立	枝枯 無	着果状況 中

林 業 試 験 場 成 果 報 告

第 17 号

平成 2 0 年 1 月 発行

宮城県林業試験場

〒981-3602 宮城県黒川郡大衡村大衡字はぬ木 14

電話 0 2 2 - 3 4 5 - 2 8 1 6

FAX 0 2 2 - 3 4 5 - 5 3 7 7

e-mail: rinsi@pref.miyagi.jp