

ISSN 2185 - 9167

林業技術総合センタ - 成果報告

第 19号

平成23年3月

宮城県林業技術総合センター

目 次

1	身近な森林としての里山林の活用とその管理方法に関する調査・・・・・・・・	1
2	菌根性きのこの人工栽培技術に関する研究・・・・・・・・	12
	- ショウロ菌根合成苗の作出及び野外栽培技術の開発 -	
3	県産スギスパン表の作成・・・・・・・・	18
4	県産スギ材を用いた新たな木材利用技術等に関する開発・・・・・・・・	26
5	森林整備における作業工程調査・・・・・・・・	32
6	宮城県システム収穫表「シルブの森」の調製・・・・・・・・	38
	参考：宮城県システム収穫表「シルブの森」操作説明書・・・・・・・・	44

身近な森林としての里山林の活用とその管理方法に関する調査

田中一登・滝澤伸^{※1}・梅田久男・阿部鴻文^{※2}・齋藤雄一

要 旨

昭和30年代の燃料革命以降利用されることなく高齢林化した里山広葉樹林において、新たな活用方法や管理方法を確立するための一助として、広葉樹林所有者の意向調査や高齢林化した里山広葉樹林の林分構造調査、高齢コナラの萌芽能力調査を行った。一般的な里山広葉樹林の林分構造を表すため大衡村の50年生コナラ二次林で調査を行ったところ、高木性樹種の稚樹の成長が困難であることが示唆され、その一因として林冠の閉鎖や低木性樹種の繁茂による林床の光環境の悪化が考えられた。また、意向調査の結果から、広葉樹林所有者が今後取り組んでみたいこととして、しいたけ原木生産や燃料生産といった萌芽更新による取り組みの人气が高かった。そこで、現在の高齢化したコナラの萌芽能力を明らかにするため、10 齢級前後で伐採された4箇所の広葉樹林伐採跡地で高齢化したコナラの萌芽状況について調べたところ、およそ1/3の株が萌芽せず枯死していた。さらに、大衡村の50年生で伐採された伐採跡地でコナラ萌芽枝の消長を調べたところ、総萌芽枝数は伐採後2年間でおよそ1/5にまで減少していた。

キーワード：里山広葉樹林、管理方法、林分構造、萌芽更新

1 はじめに

かつて里山の広葉樹林は、主に木質燃料生産の場である薪炭林として維持され、20年前後の短伐期で皆伐と萌芽更新が繰り返されていた。そのような林分では人々による伐採という適度な攪乱が繰り返されることにより植生遷移の進行が抑制され、多様な生物相が維持されてきた（宮下直，2010）。しかし、昭和30年代から木質燃料に代わって化石燃料が普及しはじめると、薪炭林の価値が低下するとともに人々が里山広葉樹林を利用する機会が減少し、現在では伐採されずに放置され高齢林化した林分が増加している。本県においても、民有広葉樹林面積のおよそ6割が8～12 齢級の高齢林で占められている。そのような林分では樹木が大径化するとともに、手入れ不足によりササやツルが繁茂した鬱蒼とした林内となっており、多様な生物相への影響が懸念される。

一方、人々の生活が豊かになるとともに、都市域の人々を中心に身近な森林である里山広葉樹林に対して公益的機能の発揮やレクリエーション活動の場のように、資源生産を目的とした活用とは異なる新たな活用や管理が求められている（藤森隆郎，2003）。しかし、本県において高齢林化した里山広葉樹林についての管理方法は確立されていない。民有林面積のおよそ4割を占める広葉樹林を貴重な生物資源として有効的に活用するためにも、新たな活用を踏まえた管理方法を確立していく必要がある。

そこで本課題では、高齢林化した里山広葉樹林の管理方法を確立するための一助として、その現状や問題点を明らかにすることを目的に、①広葉樹林所有者の利用状況や今後の利用に関する意向、②里山広葉樹林の林分構造、③高齢化したコナラの萌芽能力についての調査を行った。

2 調査方法

2. 1 広葉樹林所有者へのアンケート調査

広葉樹林所有者の意向を明らかにするため、広葉樹林を所有している森林組合員65名を対象に、所有する広葉樹林の利用状況の変遷や広葉樹林内で活動したいという人々への対応について、郵送によるアンケート調査を行った。

※1 大河原地方振興事務所

※2 元宮城県

2. 2 里山広葉樹林の林分構造調査

2. 2. 1 広葉樹資源賦存状況調査結果の解析

県内の広葉樹林の樹種構成等を明らかにするため、1984年度に旧大崎森林計画区で、1985年度に旧仙台森林計画区で行われた民有林対象の広葉樹賦存状況調査（440箇所）の結果を解析し（図－1），里山林と考えられる調査箇所

（421箇所）を対象に樹種構成を調べた。なお、広葉樹賦存状況調査とは、広葉樹林内の各調査箇所に同心円上の3つの円形プロットを設け、その大きさにより胸高直径4, 18, 36cm以上の樹木の樹種、本数、胸高直径、樹高を調査したものである。

2. 2. 2 50年生コナラ二次林の林分構造調査

県内で最も一般的である10齢級前後の広葉樹林の林分構造を解明する一助として、黒川郡大衡村（図－2）に位置する宮城県林業技術総合センター内の50年生コナラ二次林（標高約50m）に、2007年9月に1ha（100m×100m）の調査区を設け、胸高直径2cm以上の樹木の樹種、胸高直径、階層、生死等を調査した。さらに調査区内に0.05ha（5m×100m）の稚樹調査区を設け、胸高直径2cm未満、樹高50cm以上の樹木の樹種、樹高を測定した。なお、高木性樹種については50cm未満のものも測定した。

2. 2. 3 132年生コナラ二次林の林分構造調査

さらなる放置により植生遷移が進行した広葉樹林の林分構造を予測するため、宮城県利府町（図－2）の132年生コナラ二次林（標高約100m）に、2008年8月に0.8ha（100m×80m）の調査区を設け、胸高直径2cm以上の樹木の樹種、胸高直径、階層、生死等を調査した。さらに調査区内に0.04ha（5m×80m）の稚樹調査区を設け、胸高直径2cm未満、樹高50cm以上の樹木の樹種、樹高を測定した。なお、高木性樹種については50cm未満のものも測定した。

2. 3 コナラの萌芽調査

2. 3. 1 高齢化したコナラの萌芽調査

10齢級前後で伐採されたコナラの萌芽能力を明らかにするため、冬季に皆伐された4箇所のコナラ二次林伐採跡地において、伐採から1成長期経過した冬季に調査区を設定し、コナラ株から発生した萌芽枝の本数や長さを調査した。また、かつての薪炭林施業で主流だった短伐期（約20年生）で伐採されたものも調査した。調査箇所、伐採前の林齢、調査株数などは表－1、図－3のとおりである。

表－1 調査箇所の標高、伐採前の林齢、調査株数

	東松島市	蔵王町	大衡村	大衡村	石巻市
標高(m)	50	100	50	50	50
伐採前の林齢(年生)	57	約50	50	約40	約20
調査株数	21	21	31	21	22



図－1 旧仙台森林計画区及び旧大崎森林計画区の範囲



図－2 大衡村と利府町の位置



図－3 調査箇所の位置

2. 3. 2 高齢化したコナラから発生した萌芽枝の成長量調査

10 齢級前後で伐採されたコナラから発生した萌芽枝の成長量や消長を明らかにするため、宮城県林業技術総合センターの 50 年生コナラ二次林伐採跡地（2008 年 2 月伐採，標高 50m）に 10×100m の調査区を設定し，コナラ伐根（31 株）の萌芽枝の長さ，生死等を定期的に調査した。調査は 2008 年 6 月から 2010 年 3 月まで行った。

3 調査結果

3. 1 広葉樹林所有者へのアンケート調査

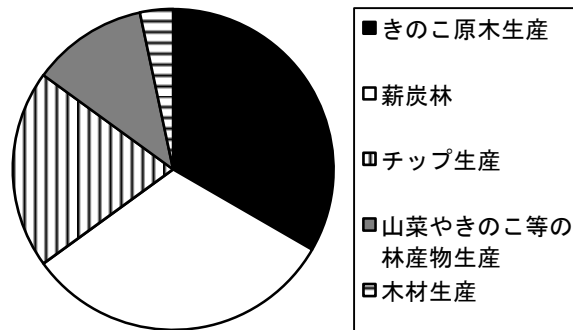
63 名から郵送による回答を得た。質問と回答は以下のとおりである。

3. 1. 1 所有する広葉樹林の利用について

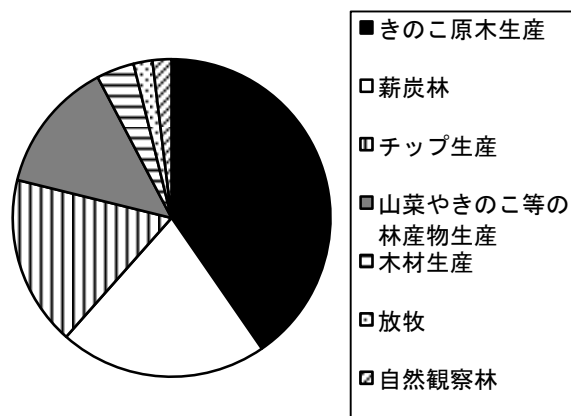
所有する広葉樹林の「過去の利用状況」について質問したところ，「利用していた」と答えた人は 74%で，「利用しなかった」が 26%であった。「利用していた」と答えた人に用途を質問したところ，「きのこ原木生産」が最も多く 33%，ほぼ同率で「薪炭林」が 32%，「チップ生産」が 20%であった（図－4）。

「現在の利用状況」については，「利用している」が 51%，「利用していない」が 49%であった。「利用している」と答えた人に用途について質問したところ，「きのこ原木生産」が最も多く 40%，次いで「薪炭林」が 21%，「チップ生産」が 17%であった（図－5）。

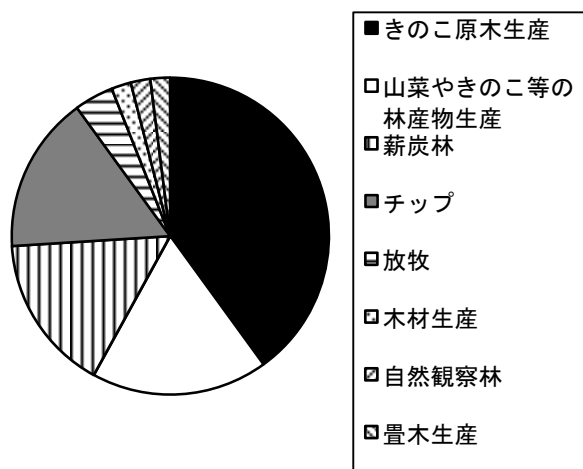
「今後の利用」については，「利用する」が 50%で，「利用しない」が 20%，「わからない」が 30%であった。「利用する」と回答した人に用途を質問したところ，「きのこ原木生産」が最も多く 40%，次いで「山菜やきのこなどの林産物採取」が 18%，「薪炭林」と「チップ生産」が 16%であった（図－6）。



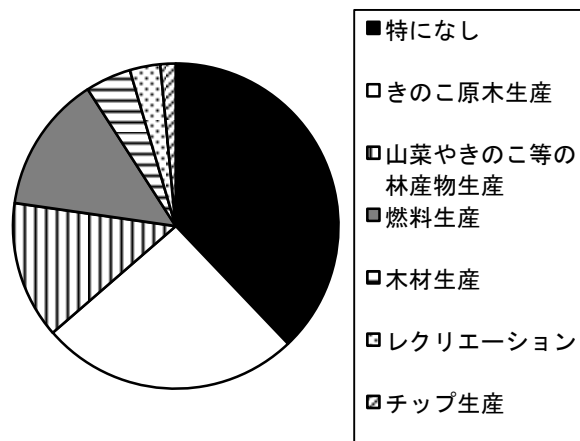
図－4 所有する広葉樹林の過去の用途



図－5 所有する広葉樹林の現在の用途



図－6 所有する広葉樹林の今後の用途



図－7 所有する広葉樹林で取り組んでみたいこと

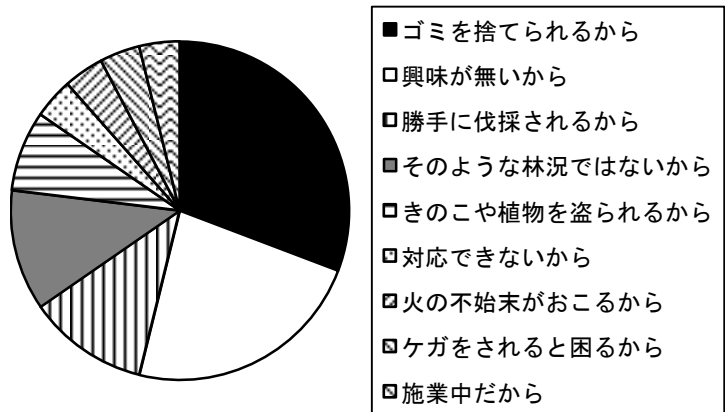
「今後取り組んでみたいこと」については、「特になし」が 38%、「きのこ原木生産」が 26%、「きのこや山菜などの林産物栽培」と薪などの「燃料利用」が 14%であった（図－7）。

これらのことから、施業意欲の減退がみられるものの、これからの広葉樹林の利用用途として萌芽更新によるきのこ原木生産の意向が多いことが明らかとなった。伐期が短いため短期間で収穫できることが一因であると考えられる。

3. 1. 2 広葉樹林での活動を求める人の受け入れについて

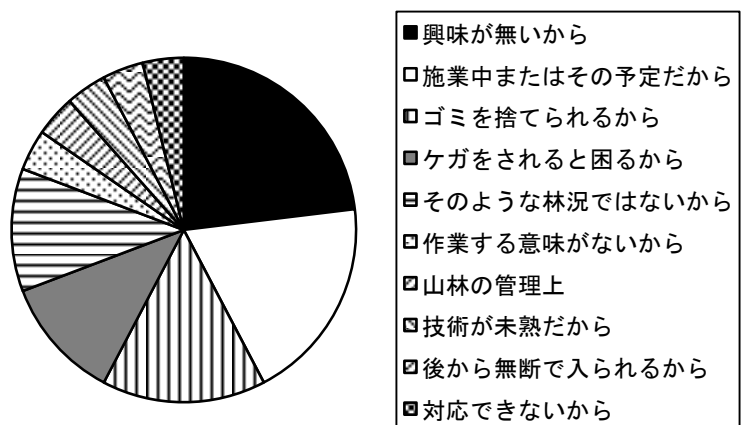
近年、里山広葉樹林をレクリエーション活動や社会貢献の場として活用したいという意見が多く聞かれることから、これら活動の受け入れについて質問した。

まず、森林浴や自然観察会といった「レクリエーション活動の受け入れ」について質問したところ、「条件によって受け入れても良い」が最も多く 40%、「受け入れても良い」「受け入れたくない」がともに 24%、「わからない」が 13%であった。「条件による」という人に「どのような条件なら受け入れるか」と質問したところ、「詳しい人が引率するなら」が 52%、次いで「林内にあまり手を加えないなら」が 24%だった。一方、「受け入れたくない」「わからない」と回答した人に理由を聞くと「ゴミを捨てられる」が 30%、「興味がない」が 22%、「勝手に伐採されるから」が 11%という順であった（図－8）。



図－8 所有する広葉樹林での「レクリエーション活動」の受け入れについて「受け入れたくない」「わからない」と答えた理由

林内整備を目的とした「ボランティア活動の受け入れ」について質問すると、「受け入れても良い」が最も多く 31%、「条件によって受け入れても良い」が 27%、「受け入れたくない」が 26%、「わからない」が 16%であった。「条件による」という人に「どのような条件なら受け入れるか」と質問したところ、「詳しい人が指導するなら」が 59%、以下「樹木を伐採しないなら」が 22%だった。一方、「受け入れたくない」「わからない」と回答した人に理由を聞くと「興味がない」が 23%、「施業中または予定だから」が 19%、「ゴミを捨てられるから」が 15%という順であった（図－9）。



図－9 所有する広葉樹林での「ボランティア活動」の受け入れについて「受け入れたくない」「わからない」と答えた理由

自治体や森林組合が仲介して「様々な活動を求める企業や団体に有償で森林を長期間貸し出す取り組み」について質問すると、「条件によって利用してみたい」が 38%、「利用したくない」が 32%、「利用したい」が 18%、「わからない」が 12%であった。「条件による」という人に「どのような条

件なら利用するか」と質問したところ、「活動の目的が合うなら」が55%、「きれいに作業するなら」が32%であった。一方、「利用したくない」「わからない」と回答した人に理由を聞くと、「興味がない」が27%、「施業中または予定だから」が23%、「ゴミを捨てられるから」が12%という順であった（図-10）。

以上のことから、これらの活動に理解を示す所有者は多いが、活動する人々の技術やマナーの向上がさらなる理解を深めるために必要であると考えられた。

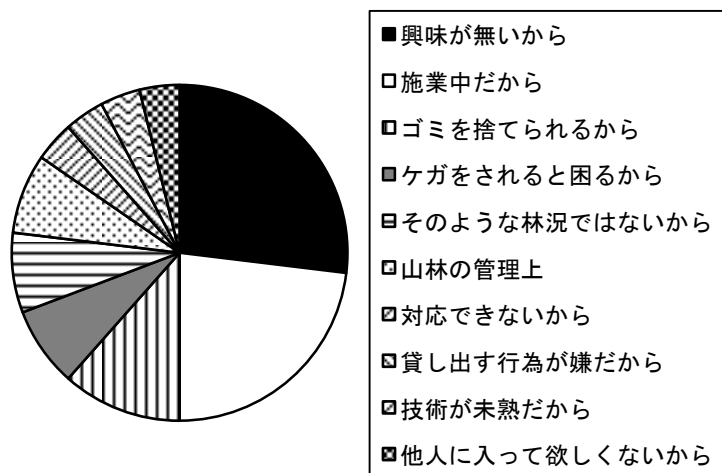


図-10 所有する広葉樹林の貸し出しについて「貸し出したくない」「わからない」と答えた理由

3. 2 里山広葉樹林の林分構造調査

3. 2. 1 広葉樹資源賦存状況調査結果の解析

全箇所の胸高断面積合計における各樹種の割合を、その割合が1%以上の樹種についてみると（表-2）、最も割合が高いのはコナラの39%で、以下カスミザクラ（8%）、クリ（7%）、ミズナラ（4%）の順であった。

そこで最も割合が高かったコナラの各箇所における胸高断面積合計の割合を、コナラのみだった2箇所を除いた419箇所についてグループ分けすると（表-3）、割合が40～59%が101箇所と最も多く全体のおよそ1/4（24%）を占め、次いで1～19%が89箇所、60～79%が15%であった。なお、各箇所におけるコナラの割合と斜面方位、傾斜、地位、年齢級との間に相関はみられなかった。

表-2 各樹種の胸高断面積割合

樹種	胸高断面積割合 (%)
コナラ	39
カスミザクラ	8
クリ	7
ミズナラ	4
アカシデ	3
アオハダ	3
マンサク	3
ウワミズザクラ	2
イタヤカエデ	2
エゴノキ	2
リョウブ	2
ウリハダカエデ	2
ブナ	2
ホオノキ	1
ヤマウルシ	1
イヌシデ	1
クヌギ	1
アカマツ	1

表-3 コナラの胸高断面積割合ごとの箇所数

胸高断面積割合 (%)	箇所数
0	50
1～19	89
20～39	75
40～59	101
60～79	61
80～99	43
計	419

3. 2. 2 50年生コナラ二次林の林分構造調査

調査地の林冠は15～20mに達してほぼ閉鎖しており、あまり大きなギャップはみられなかった。胸高直径2cm以上の生立木は44樹種存在し(表-4)、胸高断面面積合計(BA)は35.6 m²/haで、そのうちコナラが64%を占め、以下クリ(7%)、カスミザクラ(5%)、ホオノキ(3%)の順であった。本数は3,193本/haで、そのうちコナラが最も多く(620本/ha)、以下エンコウカエデ(329本/ha)、アオハダ(258本/ha)の順であった。一方、枯立木のBAは3.9 m²/ha、本数は632本/haで、それぞれ全立木の10%、17%を占めていた。

林冠構成種の直径階分布をみると、カスミザクラやホオノキは6～8cmのものが最も多く、次世代の更新木である小径木の割合が高かったが、BA及び本数ともに最も多かったコナラは16～18cmのものが最も多い一山型の分布で小径木が少なく、10cm以下のものは6%しかみられなかった。同様にクリも小径木が少なかった(図-11)。

稚樹調査区において胸高直径2cm未満、樹高50cm以上の樹木の本数をみると(表-5)、32樹種、9,620本/haみられたものの、クリやホオノキなど林冠を構成している樹種の稚樹は3%しか存在せず、大部分を占めたのはアオキ(22%)、ミツバウツギ(13%)、ヤマツツジ(13%)といった最大樹高が3m程度にしかならない低木性の樹種であった。さらに、胸高直径2cm以上のものでは最優占種であったコナラに至っては1本もみられなかった。一方、樹高50cm未満の高木性樹種についてみると(表-6)、17樹種39,460本/ha存在し、樹高50cm以上のものがみられなかったコナラが最も多く30,100本/haで全体のおよそ3/4(76%)を占めていた。以下エンコウカエデ(10%)、コハウチワカエデ(6%)、ハリギリ(2%)の順であった。なお、コナラは8年生を超えるものがみられなかった。

これらのことは優占種であるコナラは発芽して樹高50cm未満の実生にはなれるものの、樹高50cm以上に成長できなかったことを示唆している。さらに他の林冠構成種も樹高50cm以上のものは少なく、大部分は低木性樹種により占められていた。林冠の閉鎖や低木性樹種の繁茂により林床の光環境が悪化していることがその一因と考えられる。

表-4 各樹種の胸高断面面積合計及び本数

樹種	B	A	本数/ha
	m ² /ha	%	
コナラ	22.9	64	620
クリ	2.3	7	68
カスミザクラ	1.9	5	230
ホオノキ	1.1	3	95
エンコウカエデ	1.1	3	329
スギ	0.9	3	83
イヌシデ	0.8	2	86
アオハダ	0.7	2	258
アカマツ	0.6	2	13
ウワミズザクラ	0.5	1	49
エゴノキ	0.3	1	161
リョウブ	0.3	1	228
アカシデ	0.3	1	110
マルバアオダモ	0.2	1	203
アズキナシ	0.2	1	123
コハウチワカエデ	0.2	1	122
モミ	0.2	1	1
ウリハダカエデ	0.2	0	19
ニガキ	0.1	0	8
オオモミジ	0.1	0	89
コシアブラ	0.1	0	21
ミズキ	0.1	0	1
アワブキ	0.1	0	53
コブシ	0.1	0	4
イヌザクラ	0.0	0	2
イヌブナ	0.0	0	15
ケヤキ	0.0	0	1
クマノミズキ	0.0	0	1
ヤマボウシ	0.0	0	39
ウラジロノキ	0.0	0	18
ツリバナ	0.0	0	41
オオウラジロノキ	0.0	0	9
ムラサキシキブ	0.0	0	23
カマツカ	0.0	0	27
シラキ	0.0	0	11
ヤマウルシ	0.0	0	13
ミヤマガマズミ	0.0	0	10
カヤ	0.0	0	1
サワフタギ	0.0	0	2
ウメモドキ	0.0	0	2
ガマズミ	0.0	0	1
ナツハゼ	0.0	0	1
ミツバウツギ	0.0	0	1
オオバクロモジ	0.0	0	1
計	35.6		3,193

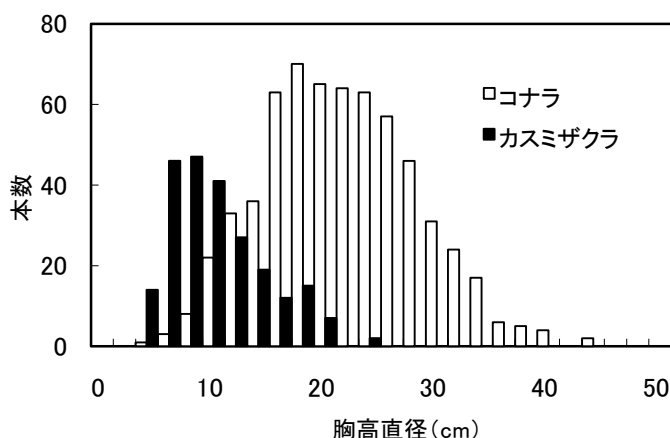


図-11 コナラとカスミザクラの胸高直径階分布

表－５ 稚樹調査区における樹高 50cm

以上の各樹種の本数

樹 種	本数/ha	%
アオキ	2,100	22
ミツバウツギ	1,260	13
ヤマツツジ	1,240	13
ミヤマガマズミ	840	9
ミヤマウグイスカグラ	620	6
ツリバナ	500	5
ムラサキシキブ	460	5
アオハダ	320	3
マルバアオダモ	260	3
エゴノキ	220	2
リョウブ	220	2
サワフタギ	200	2
カマツカ	160	2
ウメモドキ	140	1
ナツハゼ	140	1
ナニワズ	140	1
エンコウカエデ	120	1
クサギ	120	1
イヌツゲ	80	1
ヤマボウシ	80	1
オオバクロモジ	60	1
アカシデ	40	0
アワブキ	40	0
コハウチワカエデ	40	0
ハリギリ	40	0
ホオノキ	40	0
ヤマウルシ	40	0
イヌザンショウ	20	0
イヌシデ	20	0
カヤ	20	0
クリ	20	0
コゴメウツギ	20	0
計	9,620	

表－６ 稚樹調査区における樹高 50cm

未満の高木性樹種の本数

樹 種	本数/ha	%
コナラ	30,100	76
エンコウカエデ	3,980	10
コハウチワカエデ	2,220	6
ハリギリ	840	2
ウミズザクラ	420	1
アカシデ	400	1
カスミザクラ	400	1
コシアブラ	300	1
イヌシデ	200	1
ウリハダカエデ	140	0
クリ	120	0
コブシ	100	0
オオモミジ	80	0
モミ	80	0
ホオノキ	40	0
カヤ	20	0
スギ	20	0
計	39,460	

3. 2. 3 132 年生コナラ二次林の林分構造調査

本林分の林冠は 25m 程度に達しており、林床は稈高 2 m 程度のスズタケやアズマネザサにより密に覆われていた。

胸高直径 2 cm 以上の生立木は 34 樹種存在し（表－7）、胸高断面積合計（BA）は 37.8 m²/ha で、そのうちコナラが 41%を占め、以下クヌギ（8%）、ケヤキ（7%）、ハリギリ（7%）の順であった。本数は 1,639 本/ha でケヤキが最も多く（348 本/ha）、以下シラキ（291 本/ha）、ツリバナ（231 本/ha）、イヌガヤ（109 本/ha）の順であった。枯立木の BA は 3.3 m²/ha、本数は 94 本/ha でそれぞれ全立木の 8 %及び 5 %であった。

林冠構成種の直径階分布をみると、最も直径が大きかったのはイヌシデで 97.2cm であった。優占種であるコナラやクヌギはそれぞれ 24cm、38cm 以下のものがみられなかったが、ケヤキやホオノキでは小径木が多くみられ、特にケヤキは逆 J 字型の分布で直径 10cm 以下の本数が全体の 90%も存在した（図－12）。

稚樹調査区における直径 2 cm 未満、樹高 50cm 以上の樹木についてみると（表－8）、ササ類の密な繁茂の

ためか5樹種, 1,200 本/ha しか存在せず, そのうち林冠構成種はウワミズザクラ, ケヤキの2樹種, 28%で大部分は低木性樹種で占められており, 優占種であるコナラやクスギは全くみられなかった。一方, 50cm 未満の高木性樹種についてみると(表-9), 8樹種 3,450 本/ha で, ケヤキ(38%), イヌガヤ(27%), ウワミズザクラ(24%)の順であった。優占種であるコナラもみられたがわずか1%であった。

本林分では枯立木が多いというような顕著な衰退は見られなかった。しかし, 大衡村の50年生コナラ二次林と比較すると, 優占木であるコナラの小径木は同様にみられず, 高木性樹種の稚樹がかなり少なかった。林冠の閉鎖や低木性樹種の影響に加えて, ササ類が密に繁茂していたためと考えられる。しかし, ケヤキの小径木は多く存在したため, 林冠木の抜き切りやササ刈りなどの施業によってはケヤキ林に誘導できると思われるが, 施業しなければますます小径木が減少する可能性がある。

表-7 各樹種の胸高断面積合計及び本数

樹 種	B	A	本数/ha	最大径(cm)	林冠
	m ² /ha	%			
コナラ	15.7	41.4	68.8	86.6	○
クスギ	3.2	8.4	12.5	83.4	○
ケヤキ	2.7	7.1	347.5	77.8	○
ハリギリ	2.6	6.8	12.5	64.5	○
ミズキ	2.1	5.5	56.3	39.4	○
ホオノキ	1.8	4.7	32.5	66.8	○
カスミザクラ	1.7	4.4	26.3	93.2	○
イヌシデ	1.5	4.0	25.0	97.2	○
エンコウカエデ	1.5	3.9	48.8	70.2	○
シラキ	0.9	2.4	291.3	28.6	×
クリ	0.8	2.0	3.8	53.6	○
ハクウンボク	0.7	1.9	35.0	42.4	×
オオモミジ	0.5	1.3	17.5	31.3	×
ウラジロノキ	0.5	1.2	13.8	25.7	○
イヌガヤ	0.4	1.0	108.8	13.8	×
カジカエデ	0.3	0.7	73.8	17.7	×
ツリバナ	0.2	0.5	231.3	7.9	×
アオハダ	0.2	0.4	16.3	25.6	×
ウワミズザクラ	0.2	0.4	17.5	23.4	○
シロダモ	0.2	0.4	6.3	33.6	○
エゴノキ	0.1	0.3	31.3	15.4	×
イタヤカエデ	0.1	0.2	28.8	10.5	×
ヤマボウシ	0.1	0.2	11.3	11.6	×
ウリハダカエデ	0.1	0.1	7.5	11.4	×
カマツカ	0.1	0.1	56.3	8.5	×
マルバアオダモ	0.1	0.1	16.3	11.4	×
アワブキ	0.0	0.1	12.5	12.5	×
ケンボナシ	0.0	0.1	1.3	18.9	○
ミツデカエデ	0.0	0.1	5.0	14.5	×
エゾエノキ	0.0	0.1	3.8	16.9	○
チドリノキ	0.0	0.0	7.5	5.0	×
リョウブ	0.0	0.0	6.3	4.9	×
アズキナシ	0.0	0.0	1.3	6.6	×
マユミ	0.0	0.0	5.0	3.1	×
計	37.8		1638.8		

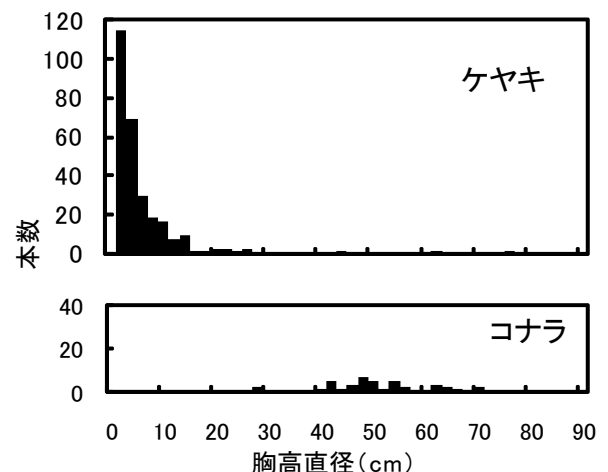


図-12 ケヤキとコナラの胸高直径階分布

表-8 稚樹調査区における樹高 50cm

以上の各樹種の本数

樹 種	本/ha	%
シラキ	425	35
イヌガヤ	225	19
ウワミズザクラ	225	19
ツリバナ	225	19
ケヤキ	100	8
計	1,200	

表-9 稚樹調査区における樹高 50cm

未満の高木性樹種の本数

樹種	本/ha	%
ケヤキ	1,325	38
イヌガヤ	925	27
ウワミズザクラ	825	24
エンコウカエデ	125	4
オオモミジ	100	3
イヌシデ	75	2
コナラ	50	1
カスミザクラ	25	1
計	3,450	

3. 3 コナラの萌芽調査

3. 3. 1 高齢化したコナラの萌芽調査

高齢化したコナラの萌芽株率（調査した株のうち萌芽していた株の割合）は東松島市（伐採前の林齢 57 年生）が 62%，蔵王町（約 50 年生）が 67%，大衡村（50 年生）が 61%，大衡村（約 40 年生）が 67%であり，いずれの萌芽株率にも大きな差はなく，およそ 1/3 の株が枯死していた。一方，石巻市（約 20 年生）の萌芽率は 95%と高かった（図-13）。

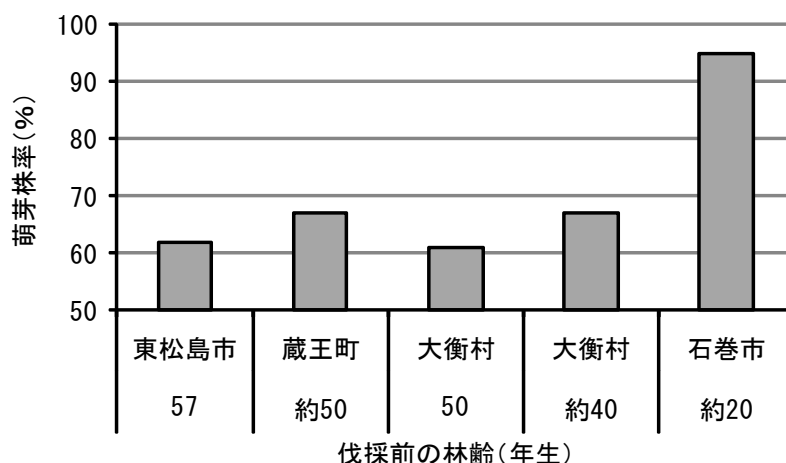


図-13 各林齢で伐採された調査地の1成長期後の萌芽株率

3. 3. 2 高齢化したコナラから発生した萌芽枝の成長量調査

2008 年 2 月の伐採からおおよそ 4 ヶ月経過した調査開始時の 2008 年 6 月 30 日の萌芽株率（調査株数における萌芽していた株の割合）は 74%であった（図-14）。総萌芽枝数は 409 本で（図-15），最も萌芽していた株では 85 本発生していた。その後，萌芽枝数は減少し続け，調査開始からおおよそ 1 年経過した 2009 年 4 月の総萌芽枝数は 211 本で当初のおおよそ半分に減少し，それに伴い萌芽株率も 48%に減少した。さらに，伐採からおおよそ 2 年経過した 2010 年 3 月になると，平均萌芽枝長は 88cm にまで成長していたが，総萌芽枝数は当初のおおよそ 1/5 である 74 本に，萌芽株率は 35%に減少し，およそ 2/3 の株は枯死していた。

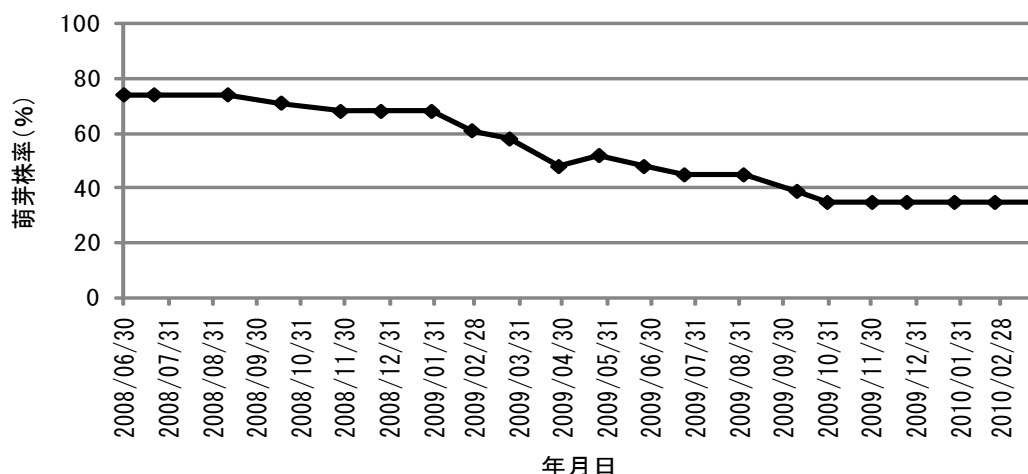


図-14 萌芽株率の推移

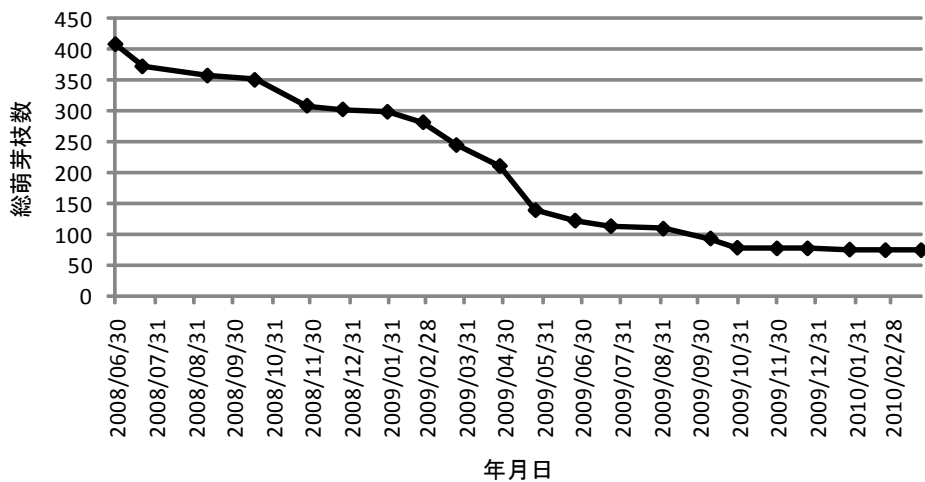


図-15 総萌芽枝数の推移

4 おわりに

県内の民有林の大部分はかつて人との関わりが深かった里山林であると考えられるが、そのおよそ4割が広葉樹林によって占められている。その構成樹種を明らかにするため、民有広葉樹林で毎木調査を行った広葉樹賦存状況調査の結果を解析したところ、胸高断面積割合ではコナラが最も多く存在していた。この調査はおよそ30年前に行われたものであるが、伐採されず放置されている林分が多いため、現在の主要樹種もコナラであると考えられる。

また、県内の民有広葉樹林では燃料革命以降伐採されていない10歳級前後の林分が多いため、一般的な里山広葉樹林の姿として大衡村の50年生コナラ二次林の林分構造を調査したところ、優占種であるコナラにおいて樹高50cm未満の稚樹は多く存在しているが、50cmを超えるものは全くみられなかった。コナラのみならず、樹高50cmを超える高木性樹種の稚樹は少なく、樹高3m程度にしかならない低木性樹種が多く林床を覆っていた。このことは、コナラを含む高木性樹種の稚樹が樹高50cm以上に成長することが困難であることを示唆している。稚樹の成長を阻害する要因として、動物による捕食（壁谷，2008）や菌類の感染による枯死（佐橋，1998）等が考えられるが、林床の光環境の悪化もその一因と考えられる。萌芽更新により一斉に成長を開始した萌芽枝は伐採されることなく大径化し、林冠を閉鎖することで林内の光環境を悪化させるが、そのような光環境でも生活できる低木性樹種が繁茂することにより林床の光環境はさらに悪化する。現在の里山広葉樹林の林冠構成種はコナラやカスミザクラといった陽性の樹種が多く、そのような光環境ではそれらの稚樹が成長することが難しい。高木性樹種の稚樹は森林の将来を担う更新木であるため、その減少は更新に悪影響を及ぼす可能性がある。

さらに放置され続け植生遷移が進行した里山広葉樹林の未来像を予測するため、利府町の132年生コナラ二次林の林分構造を調査したところ、林冠はおおむね閉鎖していたが胸高直径2cm以上の樹木の本数は50年生コナラ二次林の半数程度しか存在しなかった。さらに、林床は低木性樹種のみならず桿高2m程度のササ類によって密に覆われていたため、ケヤキの小径木は多く存在していたものの、それ以外の高木性樹種の稚樹は少なく、樹高50cm未満の稚樹は50年生コナラ二次林のおよそ1/10程度しか存在しなかった。

これらのことは、台風などの自然災害や昨年本県でも確認されたナラ枯れ等により大きな攪乱が生じて林冠木の多くが枯死した場合、更新木である稚樹の不足により更新がうまくいかず、低木性樹種やササ類が優占し

てしまうと森林としての機能が長期にわたって発揮できなくなる可能性があることを示唆している。

よって、高齢林化した里山広葉樹林の管理方法の一つとして、壮麗な林型を維持しつつ更新木である高木性樹種の稚樹の成長を促すことや生物種の多様性を高めることを目的に、林床の光環境を改善するための林冠木の抜き切りやササ類及び低木性樹種の刈り払いを行っていく必要があると考えられる。このような管理を行っていくためには森林ボランティア活動が重要な役割を果たしていくと思われ（重松，1999），その受け入れに理解を示す広葉樹林所有者も多かったが，受け入れの条件として詳しい人による指導が最も多く求められていたことから，研修など森林ボランティアの技術の向上に向けた取り組みが必要である。

一方，高齢林化した里山広葉樹林の経済的な利用を図る場合，かつての薪炭林施業で主流だった皆伐による萌芽更新がコストや手間のかからない更新方法であり，広葉樹林所有者のアンケートでも今後取り組んでみたいこととして「きのこ原木生産」や「燃料生産」といった萌芽更新により 20 年程度の短伐期で収穫できることの人気が高かった。しかし，それらに適しており優占種であるコナラは，萌芽能力が高いが高齢化に伴いその能力が減少することが知られている（韓・橋詰，1991）。そこで，現在一般的な 10 齢級前後で伐採されたコナラの萌芽状況を調べたところ，およそ 1/3 の株が萌芽することなく枯死していた。さらに 50 年生で伐採されたコナラの萌芽枝の消長を調査したところ，伐採からおよそ 2 年間で総萌芽枝数は当初発生数の 1/5 にまで減少していた。株密度も減少していることから，かつてのような粗放的な萌芽更新を現在の高齢化したコナラ二次林で行うのは難しいと考える。

よって，高齢林化した里山広葉樹林の管理方法の一つとして，かつてのような萌芽更新による木質資源の循環的な収穫を目的に，皆伐後のササ類や低木性樹種の刈り払いを励行し，萌芽枝のみならず実生由来のコナラ稚樹の育成を促す必要があると考える。なお，林床にコナラの稚樹が少ない場合はコナラ苗の補植を検討する必要がある。また，コナラの萌芽枝は樹高が胸高程度の若齢でも繁殖活動を開始するという報告があるため（大住・石井，2004），種子供給源としても活用して実生由来の稚樹をさらに増加させ，かつての伐期時と同様の大きさに成長した段階で再び皆伐することで，かつてのように粗放的な萌芽更新による木質資源の循環利用が再開できると考えられた。

引用文献

- 藤森隆郎：新たな森林管理 持続可能な社会に向けて．23～32pp 全国林業改良普及協会，2003
- 壁谷大介：光への応答反応からみた実生の戦略（正木隆編 森の芽生えの生態学）．103～105pp 文一総合出版，2008
- 韓海栄・橋詰隼人：コナラの萌芽更新に関する研究（Ⅰ） 壮齢木の伐根における萌芽の発生について，広葉樹研究 6 99～110 1991
- 宮下直：里山の生物多様性を支えるもの（日本生態学会編 なぜ地球の生きものを守るのか）．38～39pp 文一総合出版，2010
- 大住克博・石井敦子：コナラの特異的な繁殖早熟性とその生態的意味の解釈，第 115 回日本林学会大会学術講演集 124 2004
- 佐橋憲生：実生と寄生菌類（金子繁・佐橋憲生編 ブナ林をはぐくむ菌類）．24～36pp 文一総合出版，1998
- 重松敏則：新しい里山再生法 市民参加型の提案．76～111pp 全国林業改良普及協会，1999

菌根性きのこの人工栽培技術に関する研究

- ショウロ菌根合成苗の作出及び野外栽培技術の開発 -

玉田克志 ・ 更級彰史

要 旨

ショウロ培養菌糸を接種して菌根合成苗を作出し、この苗を野外で育成することでショウロ子実体の発生を確認した。また、強感染性菌株により菌根合成に至った苗を感染源とした未感染苗への二次感染により、極めて効率的に大量のショウロ菌根合成苗を作出できることがわかった。

キ-ワ-ド: ショウロ, 培養菌糸, 菌根合成苗, 子実体形成, 菌感染

1 はじめに

宮城県の海岸総延長は 853km におよび、その後背地の海岸林は、防潮・防風等公益的機能の保持（各種保安林）のため、また保護すべき優れた自然の風景地（陸中海岸国立公園・南三陸金華山国定公園等の自然公園）、芸術上・鑑賞上価値の高い景勝地（特別名勝松島）としてその存在は重要である。しかし、近年、保育作業不足や利用形態の変化、さらには松枯れ被害により荒廃の著しい海岸林もみられることから、これらの整備・保全による公益的機能の発現及び海岸生態系の健全性の維持は、本県において重要な課題のひとつとなっている。

海岸林の荒廃によって発生量が激減しているとされるショウロ（*Rhizopogon rubescens*）は、海岸砂地でクロマツの根に菌根をつくり生活している典型的な菌根性きのこであり、海岸林の健全性を示す指標のひとつでもある。さらにショウロは有用な食用のきのこであるが、人工栽培については林地への孢子懸濁液散布（富川，2006）や二員培養により作出した菌根合成苗（山田ら，2000；玉田，2002）による子実体発生事例はあるものの、未だ確固とした安定生産技術が確立されていない。このため生産は現地での自然発生したきのこの採取に頼らざるを得ず、生産量は少なく不安定であり資源の枯渇も問題視されている。

本試験では、菌根性きのこであるショウロの安定的かつ継続的な生産・収穫を目的とした栽培園地造成に係る栽培技術開発を行うものとし、よって、産地形成による農山村地域の活性化、健全な海岸林の維持管理に寄与することを目的とする。

2 試験方法

2.1 ショウロ培養菌糸埋設による野外での菌根合成苗作出及び子実体発生試験

野外におけるショウロ菌根合成苗の作出とそれによる子実体形成を試みた。当センタ - 内の苗畑で育成した 2 年生のクロマツ苗木を掘取り、既に付着している菌根を極力排除するために、細根を手でしごき取り育苗ポットで海砂を土として 1 年間育成した。次に、表 1 の組成で多孔質の固形物に液体培地を含浸させたものに、当センタ - 所有のショウロ菌 30-6 を接種、23℃ で 4 ヶ月間培養し埋設用培養菌糸体を調製した。このショウロ培養菌糸体を粉炭とともにポット内の苗木の根元に埋設し、苗木をポットごと試験地（1.5 m 四方程度の木枠内に汀線付近から採取した海砂を 1 m 程度盛り土した区域）の海砂に埋め込ん

林業振興課

でさらに育成を続けた。1年後、ポットから苗木を取り出して、ショウロ菌根の形成状況について観察した。なお、供試体数は、各実験区6本とした。

表-1 ショウロ埋設菌糸体用培地組成

実験区	培地基材	含 浸 用 液 体 培 地 組 成 (添加量W/V)				
		グルコース	酵母エキス	乳 酸	pH調整液	pH
	日向土	2 %	0.2 %	0.2 %	NaOH	5.1
	日向土	2 %	0.4 %	0.2 %	NaOH	5.1
	軽石土	2 %	0.2 %	0.2 %	NaOH	5.1
	軽石土	2 %	0.4 %	0.2 %	NaOH	5.1

観察後の苗木は引き続き1年間ポット内で養生後、試験地に直植えし子実体形成を観察した。さらに、試験地内で子実体の発生を確認したことから、その発生場所直近の苗木4本を掘り取り、宮城県名取市内の海岸林に移植して、現地での子実体形成を観察した。

2.2 ショウロ菌糸懸濁液及び孢子懸濁液による有菌下での菌根合成及び子実体発生試験

表面殺菌したクロマツ種子を無菌状態で発芽させ、子葉が展開した苗を、充分量の蒸留水を吸水させた無殺菌バ - ミキュライト 800cc を投入した2ℓ容 P・P ビ - カ - に5本ずつ移植した。このビ - カ - を2.5kg 菌床用フィルタ - 付き P・P 袋に入れて袋の口を折って閉じ、温度制御のない室内に静置して苗を育成した。

このビ - カ - 内に、ショウロの培養菌糸懸濁液もしくは孢子懸濁液を接種し、菌根合成を試みた。乳酸添加浜田氏 (改変) 液体培地 (グルコ - ス 2 % , 酵母エキス 0.3 % , 乳酸 0.2 % , NaOH で pH5.1 に調整。以下、乳酸浜田培地とする。) で培養したショウロ菌糸体の生重量 1 g あたり 10ml の蒸留水を加え、ホモジナイザ - を用い菌糸体を破碎・攪拌 (5,000rpm, 60min) することで培養菌糸懸濁液を調製し、この菌糸懸濁液を苗移植1ヶ月後にビ - カ - あたり 5 ml 接種した。また、野外で採取したショウロ完熟子実体 1 g あたり 10ml の蒸留水を加え、破碎・攪拌後ガ - ゼで濾過することで孢子懸濁液を調製し、この孢子懸濁液を苗移植3ヶ月後にビ - カ - あたり 15ml を接種した。その後、さらに室内で1年間苗を育成し、菌根の形成状況を観察した。

次に、これらクロマツ苗について、ショウロの菌根合成に至ったことを確認後、ショウロの孢子懸濁液接種由来の菌根合成苗をパ - ライトとバ - ミキュライト混合用土 (混合割合 4 : 1) に、ショウロ培養菌糸体懸濁液接種由来の菌根合成苗を海砂に移植して、野外で馴化・育成状況及び子実体発生について観察した。移植は試験区 (各 2ℓ容 P・P ビ - カ -) ごとに、プランタ - (下径 20 cm , 上径 34 cm , 高さ 15 cm の円筒形) を用いて行った。

2.3 ショウロ培養菌糸体接種による菌根合成及び菌根合成苗から未菌根苗への菌感染試験

50ml の蒸留水を吸水させた無殺菌バ - ミキュライト 100cc を投入した植物組織培養用容器 (アグリポット) 内で、クロマツ巨理 56 号 (マツノザイセンチュウ抵抗性系統・二次検定合格木) の実生を、1ポットあたり2本ずつ発芽・育成した。約5ヶ月後、このクロマツ苗に当センタ - 所有のショウロ菌糸 30-4 もしくは 30-6 を接種した。接種は乳酸浜田培地で培養した菌糸体の生重量 1 g あたり 20ml の 1 / 4 濃度人工海水を加え、ホモジナイザ - を用い菌糸体を破碎・攪拌 (5,000rpm, 60min) することで培養菌糸懸濁液を調製し、この菌糸懸濁液を苗あたり 1 ml (1ポットあたり 2 ml) 接種した。接種後は、さらに人

人工気象器内で 20℃, 3,000lux の光を 1 日あたり 16 時間照射することで 8 ヶ月間苗の育成と菌の培養を行い、菌根の形成状況を観察した。なお、試験体数は 30-4 接種を 39 ポット、30-6 接種を 36 ポットとした。

また、作出した菌根合成苗を用いた未菌根苗への二次感染について試験を実施した。培養菌糸懸濁液接種試験において、最終的に菌根合成が確認できなかったマツ稚苗 2 本を育成しているアグリポット(以下、菌根不形成苗)及び新規に上記と同条件によりマツ稚苗を発芽させ 1 ヶ月間育成したアグリポット(以下、新規育成苗)内に、本試験で菌根合成を確認した稚苗 1 本を移植し、人工気象器内で 20℃, 3,000lux の光を 1 日あたり 16 時間照射して、7 ヶ月後に未菌根苗への菌の感染拡大による菌根合成について観察した。なお、菌株系統 30-4、30-6 いずれも試験体数は、菌根不形成苗 11 ポット、新規育成苗 12 ポットとした。

さらに、この二次感染苗から未菌根苗への三次感染について試験した。上記と同様の条件でクロマツ稚苗を発芽・育成したアグリポット内に、本試験で二次感染により菌根合成に至ったクロマツ稚苗を 1 本移植し、人工気象器内で上記と同条件下で育成することで、7 ヶ月後に未菌根苗への菌の感染拡大による菌根合成について観察した。なお、三次感染試験にあたっては、3 系統のクロマツ苗(鳴瀬 39 号、鳴瀬 72 号、山元 84 号：いずれもマツノザイセンチュウ抵抗性系統・二次検定合格木)を用い、菌株系統 30-4、30-6 いずれも試験体数は、苗系統ごと 4 ポットとした。

2.4 ショウロ強感染性菌株を用いた菌根合成及び菌根合成苗から未菌根苗への菌感染試験

蒸留水もしくは乳酸水溶液(乳酸 0.04 %、NaOH で pH5.1 に調整) 30ml を吸水させた無殺菌バ - ミキユライト 100cc を投入した植物組織培養用容器(アグリポット)内で、クロマツ(鳴瀬 6 号×波方 73 号、いずれもマツノザイセンチュウ抵抗性系統・二次検定合格木)の実生を、人工気象器内で 20℃, 3,000lux の光を 1 日あたり 16 時間照射して、1 ポットあたり 2 本ずつ発芽・育成した。約 5 ヶ月後、ショウロ菌系 30-6 のプロトプラスト再生菌株であり強感染性が認められた 30-6-P3(玉田, 2003)及び対照区として 30-6 をクロマツ苗に接種した。接種は、乳酸浜田培地で培養した菌糸体の生重量 1 g あたり 20ml の 1 / 4 濃度人工海水を加え、ホモジナイザーを用い菌糸体を破碎・攪拌することで培養菌糸懸濁液を調製し、この菌糸懸濁液を苗あたり 1 ml(1 ポットあたり 2 ml)接種した。

また、30-6-P3 菌株については、作出した菌根合成苗を用いた未菌根苗への二次感染について試験を実施した。上記と同様の条件で蒸留水添加試験区のみ設定し、クロマツ稚苗を発芽・4 ヶ月間育成したアグリポット内に、本試験で菌根合成を確認したクロマツ稚苗を 1 本移植し、人工気象器内で上記と同条件下で育成することで、6 ヶ月後に未菌根苗への菌の感染拡大による菌根合成について観察した。なお、試験にあたっては、3 系統のクロマツ苗(鳴瀬 39 号、鳴瀬 72 号、山元 84 号：いずれもマツノザイセンチュウ抵抗性系統・二次検定合格木)を用い、試験体数は各苗系統 7 ポットとした。

3 試験結果及び考察

3.1 ショウロ培養菌糸埋設による野外での菌根合成苗作出及び子実体発生試験

ポットから苗を取り出し根を観察したところ、全ての苗でショウロによるとと思われる菌根の形成が確認できた。すなわち、ショウロについては、培養菌糸体を寄主の根元に埋設・接触させることで、野外で菌根合成苗を作出できると考えられた。特に、表 - 2 のとおり、実験区 Ⅰでは全ての苗の根で多量の菌根形成が確認できた。一方、実験区 Ⅱでは、いずれの苗も菌根形成量はわずかであり、培地の基材と含浸用液体培地の組成によって、野外での菌根形成に差違を生じることがわかった。

表-2 培地材料による菌根の形成量への影響

実験区	培地の差違		菌根形成量
	培地基材	酵母エキス	
	日向土	0.2%	2.17
	日向土	0.4%	3.00
	軽石土	0.2%	3.33
	軽石土	0.4%	4.00

菌根の形成量は0(菌根無し)から5(広範囲に高密度の菌根)の6段階評価の平均値

また、苗木を試験地に直植えし3年目の春期には、試験地内から合計10個のショウロ子実体の発生を確認した(図-1)。発生した子実体の内9個については、実験区の苗木の列付近から発生を認めており、十分な菌根形成が子実体発生を促進することが示唆された。

さらに、試験地内の苗木のうち子実体発生場所直近の4本を現地海岸林に移植したところ、同年秋期に内2本の直下(苗から50cm以内)から4個のショウロ子実体の発生を確認した。この子実体から組織分離菌株を得て、菌根合成試験に供試した30-6菌株と対峙培養したところ、明瞭な帯線を形成せず、また発生地周辺の状況などから、この子実体が移植した苗木由来のものと考えられた。すなわち、培養菌糸体を用いて人為的に野外で菌根合成した苗木を海岸林に移植しても、苗木は子実体形成能力を保持することが示唆された。さらに菌根合成苗移植1年後には、全ての苗付近から合計15個のショウロ子実体の発生を確認しており、現在継続して子実体発生区域の拡大と収量の増大について、現地での観察を行っている。

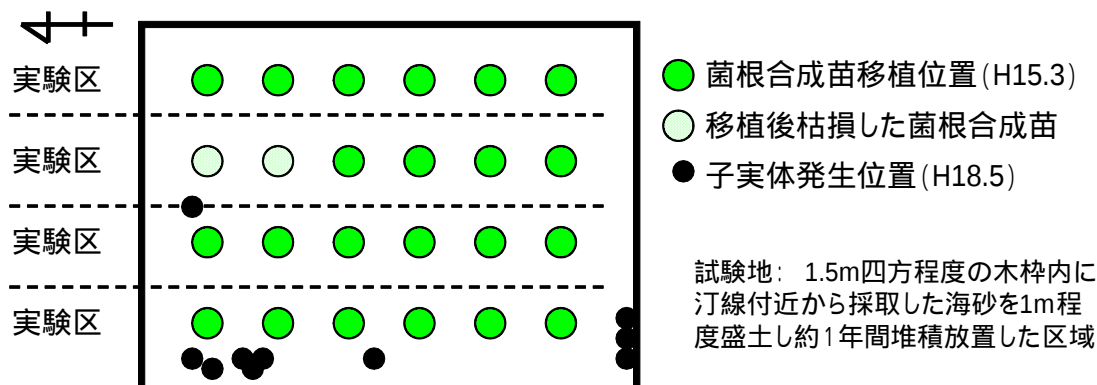


図-1 菌根合成苗移植試験地における子実体発生位置

3.2 ショウロ菌糸懸濁液及び孢子懸濁液による有菌下での菌根合成及び子実体発生試験

結果は表-3のとおりで、無菌状態ではない有菌環境下においてクロマツ苗を育成し、この苗にショウロの培養菌糸懸濁液もしくは孢子懸濁液を接種することで、比較的簡易な方法で実生苗への菌根合成が可能であることがわかった。また、ピ-カ-内への雑菌混入による菌根合成への重大な影響は観察されず、苗の枯損も全供試苗の内、2本のみであった。しかし、菌根の形成量は充分ではなく、特に培養菌糸懸濁液接種の試験区では、菌根が確認できないもしくはわずしか確認できないピ-カ-もあり、接種方法等に改良の余地があることが示された。

表-3 接種源別菌根形成量分布(n:ピ-カ-数)

接 種 源	菌 根 形 成 量						合計ピ-カ-数
	-						n
胞子懸濁液接種	0	0	2	3	2	0	7
菌糸懸濁液接種	1	2	3	2	0	0	8

ピ-カ-内に伸長したクロマツ苗の根の内、菌根(菌鞘)が確認できる範囲の割合が、
 -:確認できない, :1割以下, 1~3割, :3~6割, :6割以上, :全体に密

菌根合成が確認できた苗をプランタ-に移植し野外で馴化・育成したところ、海砂に移植した苗の方が混合用土に移植したものよりも明らかに成長が良好で、移植1年4ヶ月後には、海砂用土の2プランタ-(試験区)から、合計3つのショウロ子実体の発生を確認した。これにより、ショウロについては、玉田(2002)の子実体発生事例に続き、人為感染実生苗を用いた子実体発生の再現性を確認した。

海砂を用土としてショウロ菌根合成クロマツ苗を移植した8プランタ-(39本)については、海岸林内への移植を行っており、これらからの現地でのショウロ子実体発生を継続観察している。

3.3 ショウロ培養菌糸体接種による菌根合成及び菌根合成苗から未菌根苗への菌感染試験

結果は表-4のとおりで、供試ポットの約7割において接種菌による菌根合成が確認できた。ポット内での菌糸の蔓延状況を確認したところ、多くのポットで根に多量の菌糸の付着と菌根の形成が認められ、稚苗の樹勢も強く、葉の色も良好であった。また、二次感染の結果、菌根不形成苗のポットでの菌根合成率は30-4系統で8割強、30-6系統で7割強となった。新規育成苗のポットにおいては、いずれの系統も全てのポットで菌根合成に至った。さらに、三次感染の結果、30-4系統の菌根合成苗を移植したクロマツ鳴瀬72号に1本の枯損を認めたものの、その他の稚苗は良好に成育を続け、二次感染苗をポット内に移植して7ヶ月後には、菌感染拡大による未菌根苗への菌根合成が全てのポット内で確認できた。

以上のことから、無殺菌バ-ミキュライトで育成したマツの実生稚苗に培養菌糸の懸濁液を接種するという簡易な方法により、開放系の有菌下においても菌根合成苗の作出が可能であり、かつ、この菌根合成苗を用いることで、いずれの菌株系統及びマツ苗系統においても、有菌下で菌感染拡大による効率的な菌根合成苗作出が可能と考えられた。

表-4 接種菌株ごとの菌根合成状況

菌 株 名	菌糸懸濁液	菌根合成苗による二次感染	
	接種による 菌根合成率(%)	菌根不形成苗の 菌根合成率(%)	新規育成苗の 菌根合成率(%)
ショウロ30-4	72	82	100
ショウロ30-6	69	73	100

菌根合成率 = 菌根確認ポット数 / 接種供試ポット数

3.4 ショウロ強感染性菌株を用いた菌根合成及び菌根合成苗から未菌根苗への菌感染試験

結果は表-5のとおりで、強感染性のプロトプラスト再生菌株である30-6-P3においては、その元菌の30-6よりも高い菌根合成率を示した。一方、用土に乳酸を添加することによる菌根合成率向上は、30-6で認

められたものの、30-6-P3 では認められなかった。30-6-P3 の菌根合成苗を未菌根合成のポット中に移植することによる二次感染においては、供試体全てでクロマツ苗の系統に関係なく新規菌根合成に至った。

以上のことから、強感染性菌株を選抜し接種することによって、菌糸懸濁液を用いた効率的な菌根合成苗作出が可能であり、この菌根合成苗を利用した二次感染により、さらに効率よく大量の菌根合成苗を作出することが可能であることがわかった。

表-5 接種菌株ごとの菌根合成状況

菌 株 名	菌糸懸濁液接種に よる菌根合成率(%)		菌根合成苗による二次感染 による菌根合成率(%)		
	蒸留水	乳酸水溶液	鳴瀬39号	鳴瀬72号	山元84号
ショウロ30-6-P3	91	82	100	100	100
ショウロ30-6	64	73	-	-	-

4 おわりに

菌根性きのこであるショウロについて、培養菌糸を用いた菌根合成と、その菌根合成苗からの子実体発生を試験した。その結果、液体培地を多孔質の固形物に含浸させ、これにショウロ菌糸を培養しクロマツ苗の根元に接種源として埋設することで、野外において菌根合成苗を作出することができた。また、無殺菌バ - ミキュライトで育成した実生稚苗に、希釈人工海水で調製した菌糸懸濁液を接種することで、有菌下のポット内で菌根合成苗を作出することができた。これらの菌根合成苗を野外で馴化・育成したところ、その一部からショウロ子実体の発生を確認したことから、培養菌糸由来の菌根合成苗からも子実体の発生が可能であることがわかった。そこで、さらに菌根合成苗の効率的な作出技術について試験を実施した。その結果、強感染性菌株を選抜・接種することで、高い割合で苗に菌根が形成され、また、この菌根合成苗からの未感染苗への二次感染・三次感染により、確実に効率的に新規の菌根合成苗を作出できることがわかった。

今後は、現地においてこれら菌根合成苗を用いた集約的なショウロ栽培技術の開発について、試験を実施する必要がある。

引用文献

- 玉田克志（2002）ショウロ菌根合成苗による野外での子実体形成．日本応用きのこ学会第6回大会講演要旨集：46
- 富川康之（2006）子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ栽培．島根県中山間 地域研究センタ - 研究報告2：43-49
- 山田明義・小倉健夫（2000）菌根合成をもとにした食用外生菌根菌の栽培．日本菌学会第44回大会講演要旨集：62

県産スギスパン表の作成

大西裕二・皆川隆一※・小関孝美

要 旨

県内で資源が充実しつつあるスギ材を、木造住宅の構造材のうち横架材への利用を図るため、柱と柱との距離に応じた断面寸法を示す早見表であるスパン表を作成した。

そのため、横架材に用いられる製材の日本農林規格甲種構造用Ⅱに区分されるスギ平角材の曲げ強度試験を行い、データを解析し曲げ強度性能の評価を行ったところ、宮城県産スギは構造用材として十分な曲げ強度性能を有していた。

このデータを基に、木造軸組構法住宅に適用される設計条件を設定し、各々の横架材に対して安全な断面寸法の計算結果を表したスパン表の作成を行った。これから宮城県産スギは横架材として利用可能であることが分かった。

キーワード：スギ、横架材、曲げ強度性能

1 はじめに

木造住宅の構造材のうち、梁、桁などの横架材に使われている樹種は、外国産製材、集成材が多く、スギはあまり使用されない。これは横架材が柱材と比べて大きな断面を必要とするため、それに対応する径をもつスギが資源として少なかったこと、また、スギを梁、桁などに使うことが県内の住宅施工において慣習的に少なかったこと、そして、強度性能に対する情報が不足していたことなどが考えられる。

一方、県内の民有林の7割を占めているスギ資源は充実しつつあり、その齢級構成は41～45年の9齢級がピークとなり（宮城県林業振興課，2010）、得られる丸太が柱適寸から中目材に移行している。この中目材の有効活用は、スギの需要拡大を図り、森林整備の推進に大きく貢献するものと思われる。

そこで宮城県産スギを住宅の梁、桁などの横架材として利用してもらうため、柱と柱との距離に応じて必要断面寸法を示す早見表であるスパン表の作成を行うこととした。

スパン表は、木造軸組構法住宅に適用される設計条件を設定し、各々の横架材に対して安全な断面寸法の計算結果を表したもので、(財)日本住宅・木材技術センター(2006)によるものが発行されているが、比較的大きな断面を必要とする部材においてスギは採用されていない。一方、地域材の活用を図る目的で、各県から地域産樹種によるスパン表が発行されている（例えば、新潟県(2005)、福島県(2006)、その他多数）。

そのため、横架材に用いる県産スギの平角材を、製材の日本農林規格（農林水産省告示，2007）甲種構造用Ⅱに区分されるものについて強度性能を明らかにするとともに、このデータを基に住宅に適用される条件を設定し安全な断面寸法の計算を行い、その結果をスパン表にとりまとめた。

なお、この課題は林業振興課から執行委任された、みやぎ木づかいモデル創造事業により行われた。

また、スパン表の作成にあたり、特定非営利活動法人「森との共生を考える会」及びみやぎ材利用開発検討会の会員から協力和助言をいただいた。

※ 林業振興課

2 宮城県産スギ平角材の曲げ強度性能試験

2. 1 方法

宮城県内から長さ 4m のスギ中目丸太を収集し、芯持ちの平角材を採材した。これを最高温度 80℃、目標含水率を 15% として蒸気式中温人工乾燥を行った後、これを長さ 4m、幅 120mm、高さ 180～240mm に仕上げた。

これらの製材品の実大による曲げ試験を行った(図-1)。試験方法は(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」(1999)に基づき、4点荷重により行い、曲げ強さ、曲げヤング係数を求めた。また、破壊した近傍の材片から全乾法による含水率を求めた。

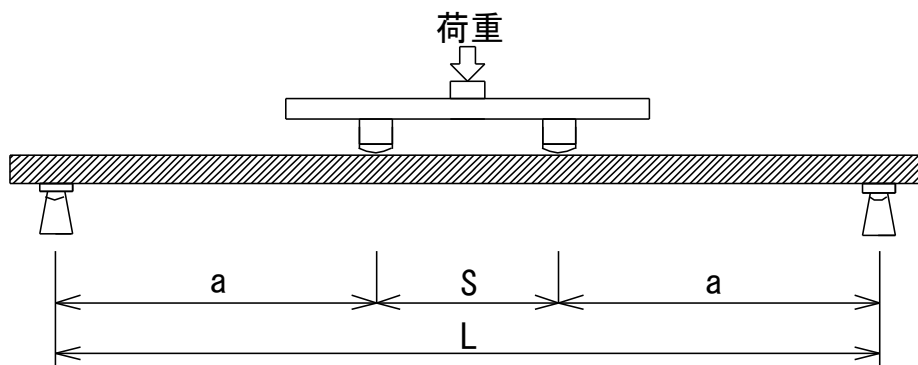


図-1 実大曲げ試験

$$\text{曲げ強さ} = \frac{a F_{urt}}{2 z^2}$$

$$\text{曲げヤング係数} = \frac{a (3L^2 - 4a^2)(F_2 + F_1)}{48 I(w_2 - w_1)}$$

F_{urt} : 最大荷重

a : 支点から荷重点までの距離

z : 断面係数 $= \frac{bd^2}{6}$ ただし b : 材幅, d : 材高

I : 断面2次モーメント ただし $\frac{bd^3}{12}$

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

強度性能値は、試験体の含水率、寸法および試験条件の影響を受けることが知られており、(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に基づき、以下に示す方法により補正を行った。

含水率による影響は、ASTM D-2915 の式を用いて全乾法による含水率から、含水率 15% 時の値に調整を行った。

$$P_2 = P_1 \times \frac{\alpha - \beta M_2}{\alpha - \beta M_1}$$

P_2 : 含水率 M_2 における強度性能値

P_1 : 含水率 M_1 における強度性能値

α : 含水率定数(ヤング係数1.44, 曲げ強度1.75)

β : 含水率定数(ヤング係数0.0200, 曲げ強度0.0333)

M_2, M_1 : 含水率

寸法による影響は、標準寸法が 150mm のときの値に調整した。

$$k_1 = \left(\frac{h}{h_0} \right)^{0.2}$$

h_2 : 試験体の高さ

h_0 : 標準寸法 = 150mm

試験条件の影響は曲げ強さに対して、以下の調整係数 k_2 を乗じて調整した。

$$k_2 = \left(\frac{L+5S}{L_0+5S_0} \right)^{0.2}$$

L : 荷重スパン
 S : 荷重点間距離
 L_2 : 標準条件における荷重スパン
 S_0 : 標準条件における荷重点間距離

曲げヤング係数に対して、以下の方法によって調整した。 E/G は日本建築学会「木質構造設計基準」(1995) にしたがって 15 と仮定した。

$$E_m = E_m \times \frac{\{1+2.4d^2(E/G)/(3L^2-4a^2)\}}{\{1+2.4d_0^2(E/G)/(3L^2-4a_0^2)\}}$$

E_m : 標準条件における曲げヤング係数
 E_b : 実験条件における曲げヤング係数
 E/G : 真のヤング係数とせん断弾性係数の比:15
 d, L, a : 試験条件における梁せい, 荷重スパン, 荷重点 - 支点間距離
 d_0, L_0, a_0 : 標準条件における上記の値

また以前に、宮城県林業試験場時でこれと同様な方法で行った曲げ試験(2005,2006)の、製材の日本農林規格甲種構造用Ⅱに区分されるデータと併せ、合計 113 本の強度性能のデータ解析を行った。

2. 2 結果

曲げ試験のデータは表-1 のとおりであった。

表-1 曲げ試験データ

	丸太		製材				
	末口直径	末口年輪数	含水率	平均年輪幅	気乾密度	曲げヤング係数	曲げ強さ
	cm		%	mm	kg/m ³	kN/mm ²	N/mm ²
試験体数	113	113	113	113	113	113	113
平均値	30.4	37.6	14.1	4.9	377	7.28	40.2
最小値	22.3	19	8.0	2.8	316	4.23	21.5
最大値	44.5	51	22.3	10.0	471	10.07	58.0
変動係数(%)	18.1	22.8	18.9	23.9	7.1	19.7	21.7

これから、(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に基づき、スパン表計算に必要な基準の曲げ強さ、曲げヤング係数について、宮城県産スギを母集団として、その 5% 下限値を 75% 水準の信頼度で求めた。5% 下限値は、母集団がその値に満たない割合が 5% である値であり、「木材強度データの確率・統計的手法」(1997)により求めた。

曲げ強さの 5% 下限値は 24.9(N/mm²)と算出され、国土交通省告示(2000)のスギ無等級材の基準強度 22.2(N/mm²)を上回った。曲げヤング係数の 5% 下限値は 4.88(kN/mm²)と算出され、日本建築学会「木質構造設計基準」設計資料の基準弾性係数の 5% 下限値 4.5(kN/mm²)を上回った (図-2)。

これらのことから、宮城県産スギは構造用として十分な曲げ強度性能を有しているといえる。

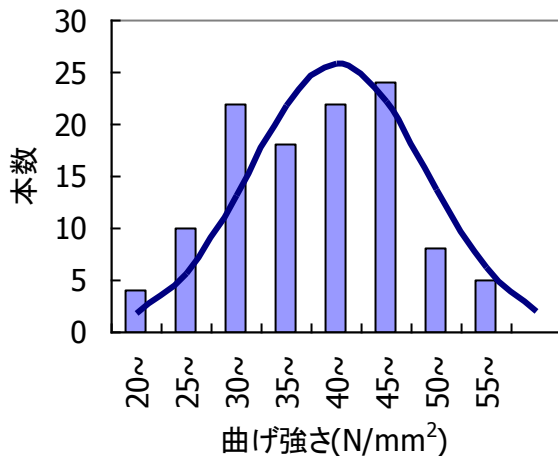


図-1 曲げ強さ分布

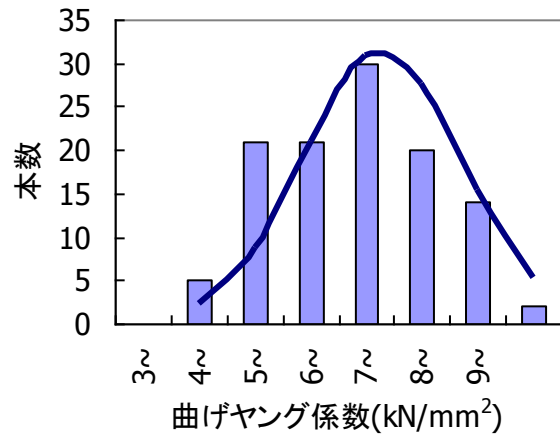


図-2 曲げヤング係数分布

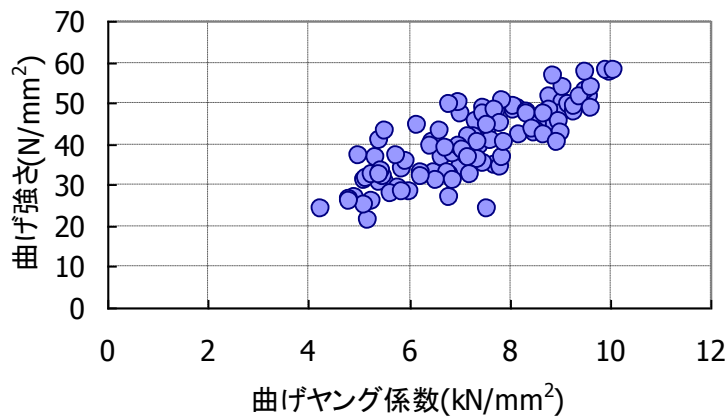


図-3 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

3 スギスパン表の作成

3. 1 方法

木造軸組住宅の二階建て以下、延べ床面積 500 m²の戸建てを対象とする宮城県産スギによるスパン表の作成を行った。

対象となる宮城県産スギ材は、製材の日本農林規格に基づき、構造用製材のうち機械によりヤング係数を測定し等級区分した等級区分材 E70, E90 及び機械等級区分されていない材を無等級材とし、含水率 20%以下は無等級 D20, 20%を越えるものは無等級グリーン材とした。

適用部材は床大ばり、床小ばり、小屋ばり、軒桁、胴差、とした。対象地域は一般地(垂直積雪量 50 cm)及び多雪地(同 100 cm)、また、部材寸法は木口短辺 105 mm及び 120 mm、木口長辺 105mm から 390 mmまでとした。

部材の許容応力度を算出するための曲げ基準強度、たわみ計算のための曲げ基準ヤング係数は、県産スギの試験データから、曲げ強度については 75%信頼水準の 5%下限値、曲げヤング係数について無等級材は 5%下限値、等級区分材は各等級の最低値から、表-3の数値とした。せん断強度については、県産材試験データがないので国土交通省の定める基準強度から設定した。また、材の自重計算に必要な容積密度は気乾密度から D20 は含水率 20%、グリーン材は 25%として求め、それぞれ 393kg/m³, 410kg/m³とした。

表-3 等級ごとの基準強度

	基準強度(N/mm ²)		曲げ基準ヤング係数(kN/mm ²)
	曲げ	せん断	
宮城県産スギ無等級材	24.9	1.8	4.88
宮城県産スギE70機械等級区分材	30.3	1.8	5.90
宮城県産スギE90機械等級区分材	38.7	1.8	7.80

許容応力度は建築基準法施行令第 89 条により、表-4 の数値とした。

表-4 許容応力度

荷重継続時間	一般地		多雪地		
	長期	積雪時短期	長期	積雪時長期	積雪時短期
荷重の種類	G+P	G+P+S	G+P	G+P+0.7S	G+P+S
許容応力度	1.1F	1.6F	1.1F	1.43F	1.63F
	3	3	3	3	3

F：宮城県産スギの基準強度

G：固定荷重，P：積載荷重，S：積雪荷重（建築基準法施行令第 82 条）

横架材にかかる荷重は関係する部材の荷重である固定荷重，部材に載る人や家具の積載荷重，屋根に積る積雪荷重を設定した。

固定荷重は（財）日本住宅・木材技術センターの「木造住宅のための構造の安定に関する規準に基づく横架材及び基礎のスパン表」を参考に、表-5 の数値とした。

表-5 固定荷重

部位	床組	床組	軽い屋根	重い屋根	軒天	天井	外壁
種類	間仕切りなし	間仕切りあり	スレートふき	瓦ふき	鉄網モルタル	石膏ボード張り	鉄網モルタル
構成部材	フローリングまたは畳、床板、根太、天井PB	上記に間仕切り	スレート、野地板、垂木、母屋	瓦、野地板、垂木、母屋	鉄網モルタル仕上げ	つり木、野縁、石膏ボード、断熱材	鉄網モルタル仕上げ、軸組、内装仕上げ板、断熱材
適用部材	床の小ばり、胴差（床の小ばり平行）	床の大ばり、胴差（床の小ばり直交）	小屋ばり、軒桁、胴差	小屋ばり、軒桁、胴差	軒桁、胴差	小屋ばり、軒桁、胴差	胴差
G(N/m ²)	800	1100	400	700	650	250	1000

また、積載荷重は、建築基準法施行令第 85 条及び建設省告示第 1459 号の規定により、床の小ばり 1800N/mm²，床の大ばり，胴差 1300N/mm²，たわみ 600N/mm²とした。

積雪荷重は建築基準法施行令第 86 条の規定により、以下の数値とした。

積雪荷重＝（積雪の単位重量）×（その地方における垂直積雪量）×（屋根形状係数）

積雪の単位重量：一般地 20N/cm/m²，多雪区域 30N/cm/m²

屋根形状係数 μ_b ： $\mu_b = \sqrt{\cos(1.5\beta)}$ β ：屋根勾配（単位：度）

屋根勾配：軽い屋根 4/10（4 寸勾配），重い屋根は 5/10（5 寸勾配）

たわみ制限は建築基準法施行令第 85 条及び建設省告示第 1459 号の規定，（財）日本住宅・木材技術センター「木造住宅のための構造の安定に関する規準に基づく横架材及び基礎のスパン表」を参考に表-6 の数値とした。

表-6 固定荷重

建設地 部 位		一般地			多雪		
		床の小ばり床 の大ばり	小屋ばり軒 桁	胴差	床の小ばり床 の大ばり	小屋ばり軒 桁	胴差
たわみ制限 (Lはスパン)	G+P	L/250	L/150	L/250	L/250	L/150	L/250
	G+P+S	—	L/100	L/250	—	—	—
	G+P+0.7S	—	—	—	—	L/100	L/250

荷重を継続してかけた変形を考慮したクリープに係る低減割合は、含水率の影響が大きいと報告されており（荒武志朗，2004，荒木博章，2003），「熊本県版スギ横架材のスパン表」を参考に安全側な数値として，含水率 20%未満は 2.57，含水率 20%以上は 3.02 とした。

また，仕口加工の欠き込みによる断面欠損を考慮し，各断面性能（A：断面積，Z：断面係数，I：断面 2 次モーメント）の調整は，床の大ばりは部材側面の両側に仕口欠き込みを受けるため A，Z，I を 20%低減した。胴差（床の小ばりが胴差に直交する場合のみ）は，軒桁部材側面の片側に仕口欠き込みを受けるため A，Z，I を 10%低減した。

基準寸法は本県で一般的に利用される 910mm モジュールと，高齢者等へのバリアフリーを考慮した 1000mm モジュールの 2 種類とした。

これらの条件設定を行い，横架材の計算式は横架材にかかる荷重の形式により，単純ばりの曲げモーメント (M)・せん断力(Q)・たわみ(δ)の計算式を用いた。

①等分布荷重（全体）

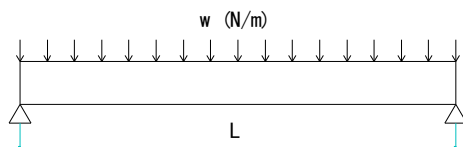


図-4 等分布荷重

$$M = wL^2 / 8 \quad (N \cdot m)$$

$$Q = wL / 2 \quad (N)$$

$$\delta = 5wL^4 / 384EI \quad (mm)$$

②等分布荷重（部分）

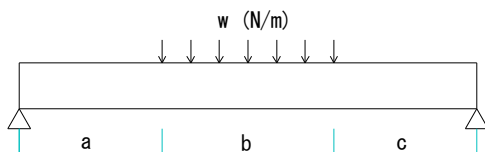


図-5 等分布荷重（部分）

$$M = wb(c + b/2) / L \times (a + (2bc + b^2) / 4L) \quad (N \cdot m)$$

$$Q = wb(b + 2c) / 2L \quad (N)$$

$$\delta = \frac{wb \left[x(2c + b) \{ (2a + b)(2L + 2c + b) - b^2 - 4x^2 \} + 2L(x - a)^4 / b \right]}{48EIL} \quad (mm)$$

$$x = a + b / L(c + b/2)$$

x: 曲げモーメントが最大となる位置を示す

③集中荷重

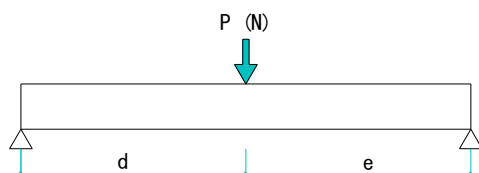


図-6 集中荷重

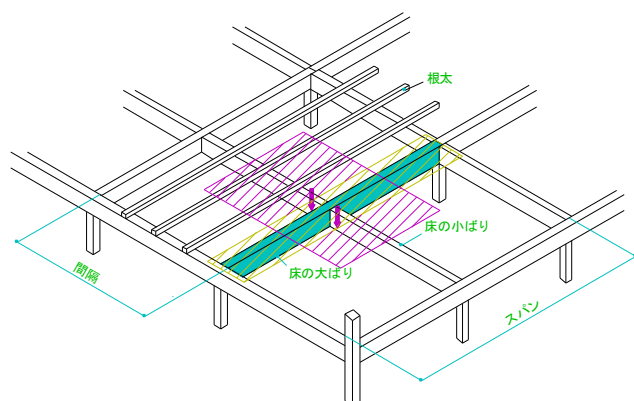
$$M = Pde / L \quad (N \cdot m)$$

$$Q = Pd / L \quad (N)$$

$$\delta = Pe(L^2 - e^2)^{3/2} / 9\sqrt{3EIL} \quad (mm) \quad (d \geq e)$$

複数の集中荷重が同時に横架材にかかる場合は、各々の曲げモーメント、せん断力、たわみをたしあわせた。

これらにより、スパン、断面寸法を設定し、曲げモーメント、せん断力、たわみの検定を行い、安全な断面寸法をスパン表の値に採用した。なお、計算にあたっては、(財)日本住宅・木材技術センターの横架材の構造計算ツール ver.1.3 を利用した。



床の大ばりのスパン(mm)	床の大ばりの間隔(mm)	材料区分、床の大ばりの断面(mm)			
		スギ E90	スギ E70	スギ無等級 D20	スギ無等級 G
1820	1820	105×150	105×180	105×180	105×180
		120×150	120×150	120×180	120×180
	2730	105×180	105×180	105×210	105×210
		120×180	120×180	120×180	120×210
	3640	105×180	105×210	105×210	105×240
		120×180	120×210	120×210	120×210
2730	1820	105×210	105×240	105×240	105×270
		120×210	120×240	120×240	120×270
	2730	105×240	105×270	105×270	105×300
		120×240	120×240	120×270	120×270
	3640	105×270	105×300	105×300	105×330
		120×240	120×270	120×300	120×300
3640	1820	105×300	105×330	105×360	105×360
		120×300	120×330	120×330	120×360
	2730	105×330	105×360	105×390	-
		120×330	120×360	120×390	120×390
	3640	105×390	105×390	-	-
		120×360	120×390	-	-

図-7 スパン表の例

3. 2 結果

スパン表を作成したところ、断面寸法は曲げ許容応力度は余裕があり、ほとんどがたわみ制限により決定された。これから、宮城県産スギを横架材に利用するには曲げ強さには十分な強度があることが分かった。

また、機械等級区分材の E90 を用いることにより、多くの設定した条件で利用可能であり、(財)日本住宅・木材技術センター「木造住宅のための構造の安定に関する規準に基づく横架材及び基礎のスパン表」で用いられるベイマツとほとんど同様に横架材として利用可能であることが分かった。無等級材も設定した条件に制限があり、断面寸法を大きく必要とするが利用可能である。

4 おわりに

県産スギ材の曲げ強度性能を実大曲げ試験よりその性能を確認し、横架材に利用可能であることが明らかになった。これを基に宮城県産スギスパン表を作成した。

引用文献

荒木博章ら：木材学会要旨集 2003

荒武志朗：木材学会誌 50(3) 2004

福島県林業研究センター：福島県産スギ材のスパン表 2006

熊本県林業研究指導所：熊本県版スギ横架材のスパン表

強度性能研究会：製材品の強度性能データベース 2007

堀江和美：木材強度データの確率統計的手法 1997

国土交通省告示：木材の基準強度 2000

宮城県林業試験場：業務報告第 38 号 2005

宮城県林業試験場：業務報告第 39 号 2006

宮城県林業振興課：みやぎの森林林業のすがた 2010

（有）木質構造研究所：木材強度データの確率・統計的手法 1997

（財）日本住宅・木材技術センター：構造用木材の強度試験法 1999

（財）日本住宅・木材技術センター：木造住宅のための構造の安定に関する規準に基づく横架材及び基礎のスパ
ン表 2006

（財）日本住宅・木材技術センター：横架材の構造計算ツール Ver.1.3

日本建築学会：木質構造設計基準 1995

新潟県木材組合連合会：にいがたスギブランド材のスパン表 2005

農林水産省告示：製材の日本農林規格 2007

県産スギ材を用いた新たな木材利用技術等に関する開発

玉川和子・大西裕二

要 旨

高温乾燥技術を用いたスギ横架材の性能把握については、スギ丸太 24 本を製材し、2 グループに分けて高温乾燥及び中温乾燥を行い、約半年屋内で養生した後、割れ状況（表面及び内部）の確認、色差の測定及び強度の比較を行った。強度については、高温乾燥材・中温乾燥材で有意な差は見られなかった。製材直後と修正挽き後の色差（CIELAB による総合色差）は、高温乾燥（平均 24.1）が中温乾燥（平均 30.9）と比較して変色の度合いが小さかった。

UV 塗装と木材保護塗料塗装の促進耐候性試験については、促進耐候性試験（サンシャインカーボンアーク式ウエザーメーター）試験を実施した。木材保護塗料による塗装と UV 塗装を行い、ウエザーメーター照射前後での色差及び撥水度を測定した。576 時間経過後は両者とも同程度の劣化状況（撥水度は双方とも 99% 台を維持）となり、外見上塗膜のふくれや割れ等は見られなかったため、外壁材への利用可能性が示唆された。

キーワード：高温乾燥，内部割れ，色差，UV 塗装（紫外線硬化塗装），外壁材

1 はじめに

県産スギ材の利用方法の拡大を目的に、構造材の製造方法の検討（高温乾燥技術を用いたスギ横架材の性能把握）、及び紫外線硬化塗料（UV 塗装）により耐候性を高めた外壁材の開発（UV 塗装と木材保護塗料塗装の促進耐候性試験及びコスト評価）を行った。

2 試験の方法

2. 1 試験の材料

試験材は登米市津山町産のスギ（55 年生）丸太を 24 本購入し、当センターで平角材，板材とも製材した。

2. 2 スギ平角材の乾燥方法別の評価

製材後に重量，寸法，色差，及び縦振動法によるヤング係数を測定し，節や割れ等の欠点調査を行った上で高温乾燥（11 本）と中温乾燥（11 本）の 2 グループに分けた。残りの 2 本は中温乾燥の含水率確認用として，中温乾燥と同時に乾燥した。

グループ分けの基準は，各グループの平均重量及び平均ヤング係数の差が少なくなるように調整した。

高温乾燥は登米市津山町の（協）ウッディ津山に依頼し，同組合構成員の佐藤製材所にある高温蒸気式乾燥炉で行った。高温セット処理（乾球温度 120℃，湿球温度 90℃で 38 時間）後高温乾燥を行い，所要時間は 146 時間であった。

中温乾燥は当センター内の中温蒸気式乾燥機で行った。乾球の最高温度を 65℃にし，湿球温度を 63℃から 53℃まで低下させていった。所要時間は 773 時間であった。

高温乾燥及び中温乾燥の終了後，4 ヶ月間屋内で養生した後には色差及び表面割れの計測，修正挽きを行い，梁桁材（4.0m×120mm×240mm）に仕上げた。再び色差の測定後，縦振動法によるヤング係数を計測し，一部について内部割れの計測を行った後，（財）日本住宅・木材技術センター「構造用木材の強度試験法」に準拠し曲げ破壊試験を行った。

2. 3 UV塗装したスギ板材の外壁材への使用可能性の評価

2. 3. 1 試験体

平角材と同時に製材し、保管していたスギ板材を製材し、試験体（65mm×150mm×10mm）を作成した。製材後に節や割れ等の欠点があるものは除外し、試験体内部及びグループ間での辺材部と心材部の配分バランスが等しくなるように下記の4グループに分け塗装を行った。

- ①キシラデコール（スプルース）塗装＋UV硬化塗料＋UV照射
- ②キシラデコール（ウオールナット）塗装＋UV硬化塗料＋UV照射
- ③キシラデコール（スプルース）2回塗装
- ④キシラデコール（ウオールナット）2回塗装

塗装終了後に重量、寸法、色差及び撥水度を測定した。色差については、測点位置を一定にし、かつ辺材部と心材部の区別ができるように型紙を使用し、1試験体につき2点または4点を測定した。

撥水度については、試験体の中央部1点ずつを測定した。

2. 3. 2 促進耐候性試験

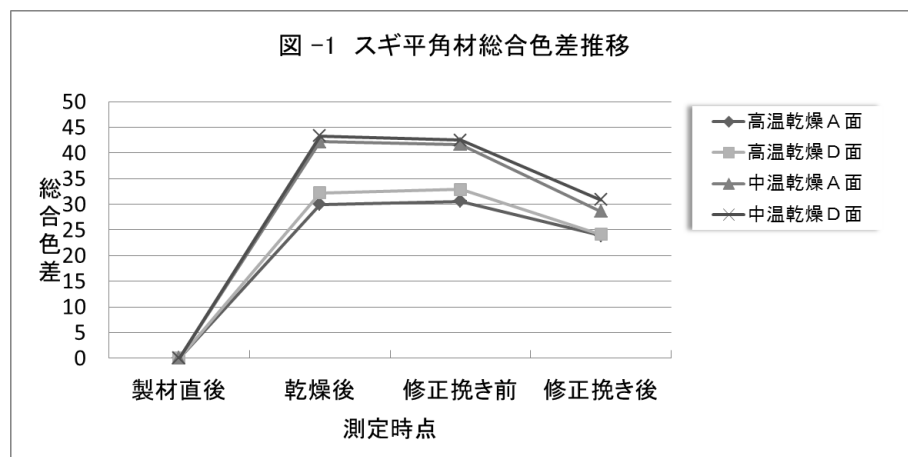
当センター所有のサンシャインカーボン式ウエザーメーターで行った。1サイクルは120分とし、うち最後の18分で脱イオン水の噴射を照射と併せて行った。144, 288, 432, 576時間経過後に1グループから4試験体ずつ取り出し、色差及び撥水度の測定を行い、塗膜の劣化状況を評価した。

3 試験の結果

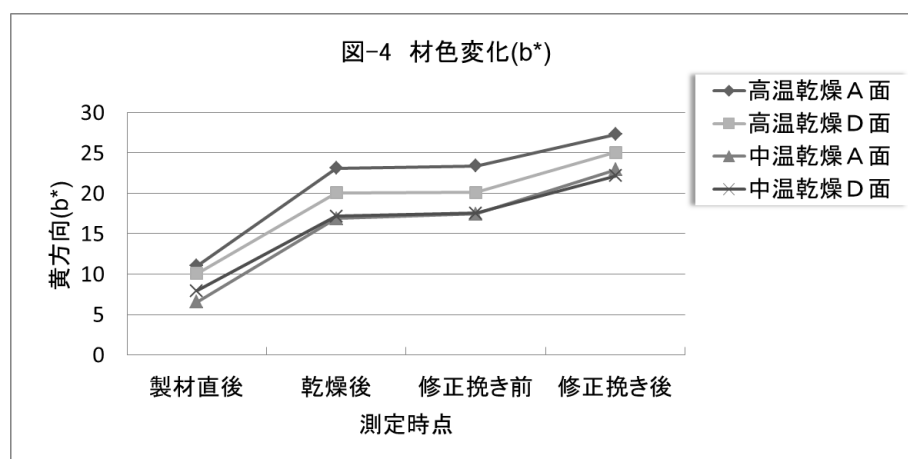
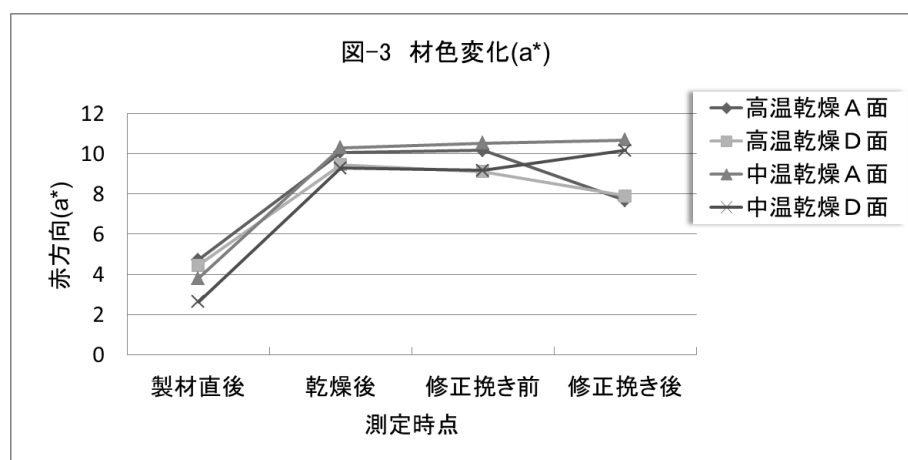
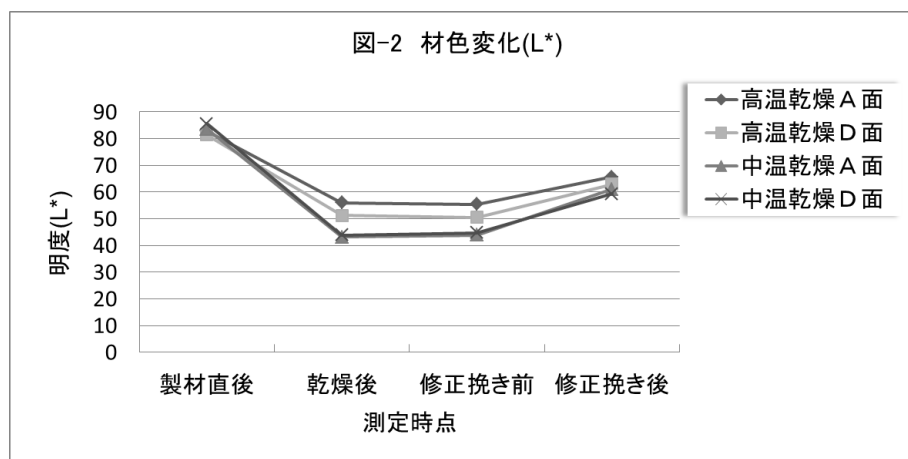
3. 1 スギ平角材の乾燥方法別の評価

3. 1. 1 色差

製材直後と修正挽き後の色差〔CIE(1976)L*a*b*色空間（以降CIELABと略記）による総合色差〕は、高温乾燥（平均24.1）が中温乾燥（平均30.9）と比較して小さかった（図-1）。



乾燥後の変色は、修正挽きで修正できる幅は小さい。乾燥方法の違いにかかわらず変色は避けられず、その変化は肉眼で容易に判別できるものであった。色差の構成要素別に見ると、赤み(a*)の増加は中温乾燥が修正挽き後も変わらなかった。また、黄み(b*)は乾燥方法に関係なく、修正挽きにより増加した（図-2～4）。



3. 1. 2 表面割れ

全ての試験材に発生した表面割れのうち幅が 0.5mm より大きいものの長さを測定し、全て合計した上で、試験材 1m 当たりの表面割れの長さを算出し、部材毎の比較を容易にした。なお、小口面の割れはカウントしていない。

3. 1. 3 内部割れ

各グループ毎、修正挽き後に縦振動法によるヤング係数を測定し、その数値がグループの中央値及び下位から 2 番目までのものを、長さ 50 cm ずつに切断し内部割れの数、長さ及び幅について測定した（小口面は外気にさらされているためカウントしない）。1 本（No.16）を除き内部割れはほとんど見られなかった。No.16 につ

いては縦方向に割ったところ、1方向に最大幅 3.28mm の大きな内部割れが発生していたが、その他に内部割れは見られなかった。

3. 1. 4 曲げ強度

各グループ毎、修正挽き後に縦振動法によるヤング係数を測定し、その数値がグループの上位6番目（内部割れ計測に使用したものを除く）までのものを実大試験機により曲げ試験を行い、試験後に全乾法により含水率を測定した。

全ての試験材は国土交通省告示のスギ無等級材の曲げ基準強度（22.2N/mm²）を上回った。曲げ強度については中温乾燥（平均 28.72N/mm²）の方が高温乾燥（平均 27.39N/mm²）よりやや高く、曲げヤング係数についても中温乾燥（平均 6.46kN/mm²）の方が高温乾燥（平均 6.07kN/mm²）より若干高かったが、いずれの数値も既往の数値よりも低い平均値であった。

含水率については、高温乾燥の方がバラツキは大きかった。

表-1 高温乾燥材の曲げ強度性能測定結果

	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
平均値	385	19.1	5.94	6.07	27.39
最大値	403	27.2	6.35	6.76	31.34
最小値	365	13.3	5.58	5.65	24.08
変動係数(%)	3.41	23.8	4.81	6.19	9.66

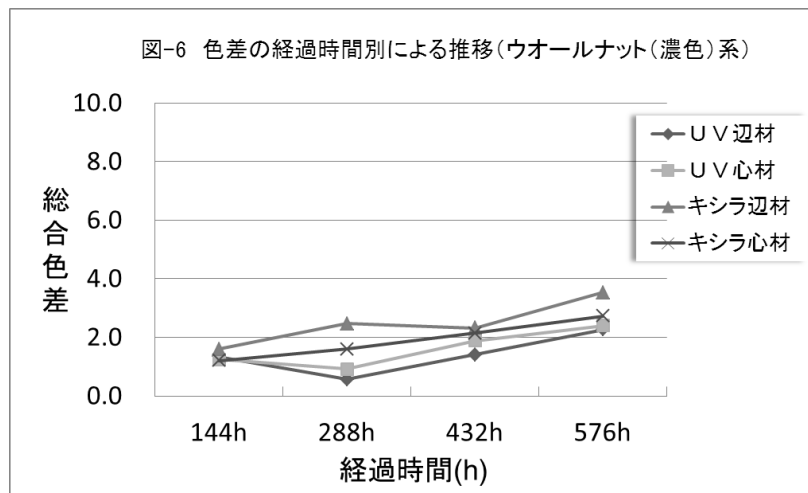
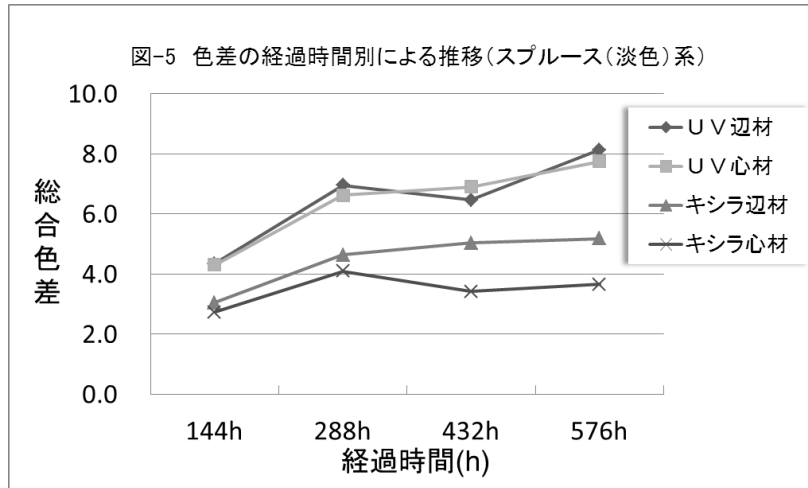
表-2 中温乾燥材の曲げ強度性能測定結果

	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	縦振動ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
平均値	370	16.0	5.97	6.46	28.72
最大値	420	17.2	7.06	7.31	32.89
最小値	338	14.2	4.79	6.07	23.64
変動係数(%)	9.19	7.0	12.50	7.23	10.95

3. 2 UV塗装したスギ板材の外壁材への使用可能性の評価

3. 2. 1 色差

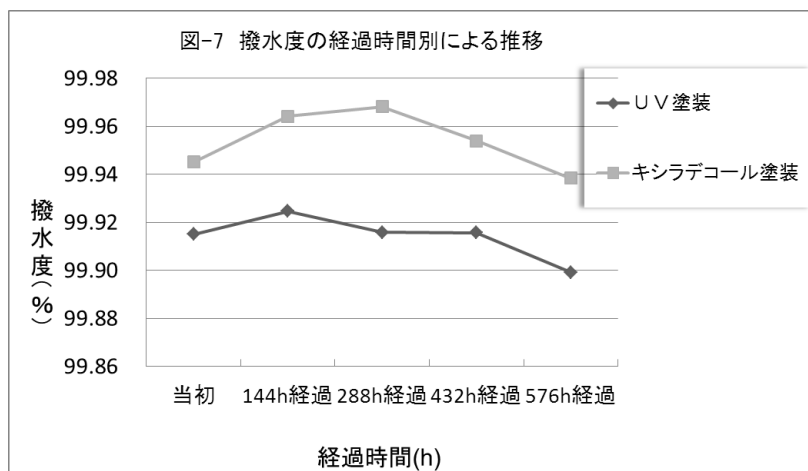
ウエザーメーター経過時間（144, 288, 432, 576 時間）毎の色調変化を色差計で測定し、C I E L A Bによる総合色差で評価を行った。



上記のとおり、淡色系の塗装ではUV塗装の変色の度合いが大きい傾向が見られた。

3. 2. 2 撥水度

ウェザーメーター経過時間毎の撥水度(水を1ml滴下し、1分経過後にふき取った前後での試験体の重量を測定し、吸収しない率を%で表記)を測定した。キシラデコール塗装とUV塗装では、576時間経過後も劣化状況に優位な差は見られなかった。



4 おわりに

4. 1 スギ平角材の乾燥方法別の評価

強度（曲げ強さ，曲げヤング係数）については，乾燥方法によるあきらかな違いは見られなかった。しかし，乾燥期間は高温乾燥（6日間）に対し中温乾燥（32日間）が大幅に日数を要する結果となった。

スギ平角材に関しては，コスト的に中温乾燥が不利な状況なため，今後コスト削減を主な目標として乾燥方法を検討する必要がある。また，材中心部の含水率の管理方法についても検討の余地がある。

4. 2 UV塗装したスギ板材の外壁材への使用可能性の評価

促進耐候性試験の結果，576時間経過後でも両者とも同程度の劣化状況となった。

また，木造住宅の耐用年数（22年）でのランニングコスト比較では，木材保護塗料を途中で4回重ね塗りして維持した場合とUV塗装（重ね塗りなし）でコストは，ほぼ同程度の1㎡当たりおよそ12,500円となった。ただし，UV塗装のメンテナンススケジュールが不明であり，今後の課題である。

UV塗装材の外壁材利用に際して，屋外での曝露試験データがなく，今回の促進耐候性試験との相関も明らかにはできない。また，実大材での施工状況に関しても壁面が設置された方角による劣化状況の違いがわからないため，今後設置及び状況調査が必要と考えられる。

森林整備における作業工程調査

佐々木智恵・水田展洋

要 旨

近年の作業状況を反映した森林整備に関する歩掛表（以下、歩掛表）を作成するため、高性能林業機械を使用した間伐作業とチェーンソー造材作業、刈払機を用いた保育作業における労働生産性を算出した。高性能林業機械を使用した間伐作業については、チェーンソーによる伐木作業、ウインチつきグラップルによる集材作業、プロセッサまたはハーベスタを用いた造材作業、フォワーダによる小運搬作業について作業工程調査を行い、それぞれの労働生産性と伐木の胸高直径、集材距離、造材木の単木材積、平均小運搬距離との関係を示した。チェーンソーによる造材作業と刈払機を用いた保育作業の作業工程調査では、機械の軽量化や機能向上により労働生産性があがっていると予想したが、現行の歩掛とはほぼ同等の労働生産性となった。

キーワード：高性能林業機械、間伐、労働生産性

1 はじめに

造林や間伐をはじめとする歩掛表は、昭和 57 年 6 月に作成された「林業機械作業工程と標準経費積算の手引き」をベースに「保安林整備事業等設計作成要領」や「機械化のマネジメント」等の参考図書を参考に順次調整され現在に至っている。

一方、林業労働力の減少への対応、労働生産性の向上、労働安全の確保などを図るため、間伐作業においては高性能林業機械による作業システムが普及定着している。また、チェーンソーや刈払機等は、軽量化や機能向上が進み、労働生産性があがっていると予想される。

このような現状にあつて、現在採用されている森林整備に関する歩掛表は、最近の作業現場を的確に反映しているとはいえない状況にあるため、現地調査を実施し、県内の作業実態を反映した歩掛表の改定に供することを目的とした。

2 調査方法

2. 1 高性能林業機械を使用した間伐作業における労働生産性

チェーンソーによる伐木作業、ウインチつきグラップルによる集材作業、プロセッサまたはハーベスタによる造材作業、フォワーダによる小運搬作業について調査を行った。伐木作業、造材作業、小運搬作業の工程調査は、林業普及指導員が調査を行い、それぞれの調査において県内 6 地方振興事務所及び地域事務所管内に 1 箇所の間伐施工地を選定した。集材作業工程調査は、県内 2 箇所の間伐施工地を調査地とした。

2. 1. 1 伐木作業工程調査

チェーンソーによる伐木作業について、ストップウォッチを用い作業時間を計測した。作業時間は、移動時間、伐倒時間、掛かり木処理時間、その他燃料補給や相談等の付帯時間とした。また、伐倒木の胸高直径を計測し、林分の樹高曲線を作成して伐木材積を算出した。調査地の斜面傾斜は $5\sim 20^{\circ}$ 、下層植生は粗（歩行にそれほど影響を与えず、伐倒準備は手だけですむ程度）～中（歩行の障害が比較的大きく、伐倒準備は手だけでは困難を感じる程度）、本数間伐率は $30\sim 40\%$ であった（表－1）。調査に使用されたチェーンソ

一の仕様は、表－2のとおりである。日あたり労働生産性（ $\text{m}^3/\text{人日}$ ）は、サイクルタイムの合計値を求め、サイクルタイムと伐木胸高直径の散布図から標準功程式を算出しサイクルタイムを補正した後、時間あたり労働生産性（ $\text{m}^3/\text{人時}$ ）を算出して求めた。1日の実働時間は4時間とした。

表-1 伐木作業工程調査地の概要

所在地		斜面	下層	本数
		傾斜	植生	間伐率(%)
本吉町	21 林班	20	粗	30
栗原市栗駒	7 林班	15	中	40
大崎市鳴子温泉	108 林班	5～10	粗	40
石巻市桃生町	10 林班	6～12	粗	30
仙台市青葉区	101 林班	5	粗	30
川崎町	29 林班	15	粗	30

表-2 伐木作業工程調査使用機械

チェーンソー	型番	排気量
メーカー		(cm^3)
ハクスバーナ	357XPG	56.5
ゼノア	G4200P	40.1
新ダイワ	E1048S	47.9
ハクスバーナ	346XPG	45.0
新ダイワ	E1045S	44.6
ゼノア	G3700	37.2
新ダイワ	E1048S	47.9

2. 1. 2 集材作業工程調査

ウインチ付きグラップルによる集材作業について、ビデオカメラを用い作業時間を測定した。作業時間は、集材時間と付帯時間とした。また、集材木の胸高直径と集材距離を測定した。集材距離は、林内の伐倒木をウインチで引き、グラップルで集めるまでの距離（＝木寄せ距離）とした。調査地の斜面傾斜は $5\sim 11^\circ$ ，本数間伐率は36%，使用したグラップルはイワフジGS-65LJであった（表－3）。1調査地における集材時間全体に対する付帯時間の割合を求め、稼働率を算出した。日あたり労働生産性（ $\text{m}^3/\text{人日}$ ）は、時間あたり労働生産性（ $\text{m}^3/2\text{作業員}$ ）を算出し、稼働率を反映して求めた。作業員はオペレーターと荷掛士の2名とし、1日の実働時間は6時間とした。

表-3 集材作業工程調査地の概要と使用機械

所在地		斜面	本数	使用	型番	ベースマシン
		傾斜	間伐率(%)	メーカー		
白石市小原	178 林班	11	36	イワフジ	GS-65LJ	KOBELCO GrandBeetle
刈田郡蔵王町平沢	7 林班	5～10	36			70SR VersionS

2. 1. 3 造材作業工程調査

プロセッサ及びハーベスタによる造材作業について、ストップウォッチを用い作業時間を測定した。作業は、機械の移動時間、造材時間、巻立て時間、末木枝条処理時間、その他付帯時間とした。また、造材木の胸高直径を計測し、林分の樹高曲線を作成して造材木材積を算出した。造材作業は、すべての調査地で作業道上で行われた。調査地の斜面傾斜は $0\sim 22^\circ$ ，本数間伐率は24～40%であった（表－4）。調査に使用されたプロセッサ及びハーベスタの仕様は、表－5のとおりである。日あたり労働生産性（ $\text{m}^3/\text{人日}$ ）は、サイクルタイムと単木材積の相関が低かったためサイクルタイムの補正はせず、測定値をそのまま使用し、時間あたり労働生産性（ $\text{m}^3/\text{人時}$ ）を算出して求めた。1日の実働時間は4時間とした。

2. 1. 4 小運搬作業工程調査

フォワーダにおける小運搬作業について、ストップウォッチを用い作業時間を測定した。また、小運搬

距離と積載量を測定した。サイクルタイムの算出は、次式を用いた。空車走行速度(m/秒)、実車走行速度(m/秒)、積み込み時間(秒)、積み卸し時間(秒)は、積載量と関係があると予想されたが、相関がみられなかったため各回の平均値とした。1 小運搬あたり積載量は使用した機械の積載量と各回の積載量平均値を考慮して、定数 4 m³とした。1 日の実働時間は6時間とした。

$$\text{サイクルタイム} T \text{ (秒)} = \text{空車走行速度 (m/秒)} \times S_m + \text{実車走行速度 (m/秒)} \times S_m + \text{積み込み時間 (秒)} + \text{積み卸し時間 (秒)} + \text{付帯時間 (秒)}$$

S_m : 平均小運搬距離(m) = 実車走行距離と空車走行距離の平均

表-4 造材作業工程調査地の概要

所在地		斜面 傾斜	作業場所	本数 間伐率 (%)
本吉町	21 林班	22	作業道上	30
栗原市花山	43 林班	15	作業道上	24
大崎市鳴子温泉	108 林班	5～10	作業道上	40
石巻市桃生町	10 林班	5～14	作業道上	30
仙台市青葉区	101 林班	0	作業道上	30
川崎町	29 林班	15	作業道上	30

表-6 小運搬作業調査地の概要

所在地		斜面 傾斜	本数 間伐率(%)
本吉町	21 林班	22	30
栗原市花山	31 林班	14	30
大崎市鳴子温泉	108 林班	5～10	40
石巻市桃生町	10 林班	5～14	30
仙台市青葉区	101 林班	5～10	30
川崎町	29 林班	15	30

表-5 造材作業工程調査使用機械

使用 メーカー	造材機械	型番	適用ベース マシン (m ³)
イワフジ	プロセッサ	GP-35A	0.35～0.55 12t
イワフジ	ハーベスタ	GP i -40A	0.4～0.55 12t
イワフジ	ハーベスタ	GP i -40T	0.4～0.55 12t
TIMBERJACK	ハーベスタ	FMG-746	0.35～0.55 12t
イワフジ	プロセッサ	GP-532	CT500A ハイパワーマシン
イワフジ	プロセッサ	GP-45A	0.4～0.7 20t

表-7 小運搬使用機械一覧

使用 メーカー	型番	最大積載 量 (kg)
イワフジ	U-3AFW	2,000
イワフジ	U-4S	3,500
イワフジ	U-4BG	3,000
シコウトレーディング*	リョウシンフォーター RMF-6 HS	3,000
イワフジ	U-4BG	3,000
コマツ	KCF500-1F	3,000

2. 2 チェーンソーを使用した造材労働生産性

チェーンソーによる造材作業について、ビデオカメラを用い作業時間を測定し、造材木の胸高直径と玉切った丸太の末口径を測定した。県内2箇所の間伐施工地を調査地とし、チェーンソー造材はグラップルによる全木集材で、全て作業道上で行われた。

2. 3 刈払機を使用した保育作業の労働生産性

刈払機を使用した下刈と除伐の保育作業について、森林組合の作業日誌から、施工面積、作業日数、作業員数を調査し、労働生産性(ha/人日、人/ha日)を算出した。度数分布表を作成し、平均値、中央値を求めた。下刈施工地は61箇所、除伐施工地は34箇所について調査を実施した。施工条件は、すべての下刈施工地で毎年刈払いを継続し、植生の状況は、「易(萱などの草本類が多い)」であり、すべての除伐施工地で「易(すでに数回除伐が行われている)」であった。

3 試験の結果

3. 1 高性能林業機械を使用した間伐における労働生産性

3. 1. 1 伐木作業工期調査

チェーンソー伐木作業の労働生産性と胸高直径の関係は $y = 2.3588x + 11.114$ ($R^2 = 0.9682$) の線形近似式で示された (図-1)。データ数は、 $n=120$ となった。

3. 1. 2 集材作業工期調査

集材作業の労働生産性と集材距離の関係は $y = 306.97x^{-0.996}$ ($R^2 = 1$) の累乗近似曲線で示された (図-2)。データ数は $n=51$ となった。

3. 1. 3 造材作業工期調査

造材作業の労働生産性と単木材積の関係は $y = 106.91x + 20.108$ ($R^2 = 0.4777$) の線形近似式で示された (図-3)。データ数は、 $n=126$ となった。

3. 1. 4 小運搬作業工期調査

小運搬作業の労働生産性と平均小運搬距離との関係は $y = -13.39\ln(x) + 120.39$ ($R^2 = 0.9591$) の対数近似式で示された (図-4)。データ数は、 $n=25$ となった。

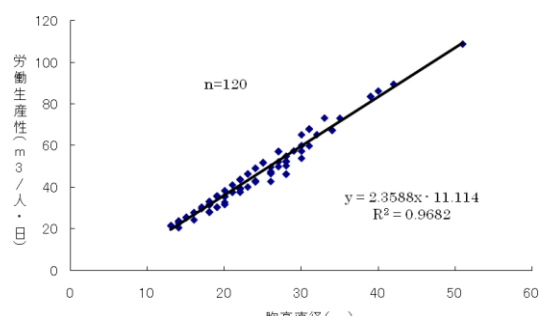


図-1 伐木作業労働生産性

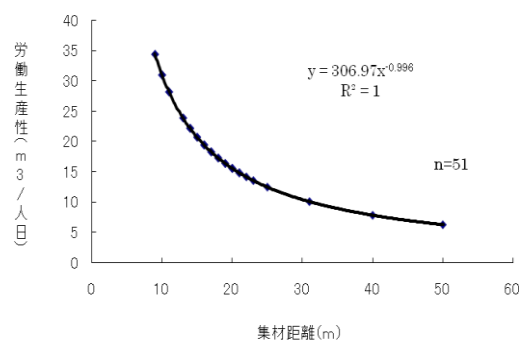


図-2 集材作業労働生産性

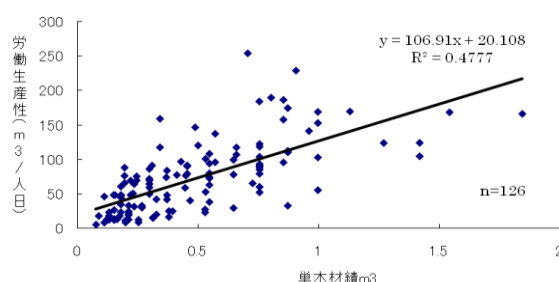


図-3 造材作業労働生産性

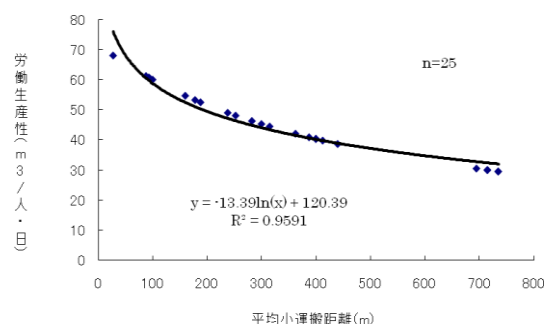


図-4 小運搬作業労働生産性

3. 2 チェーンソーを使用した造材作業の労働生産性

チェーンソー造材作業の労働生産性と胸高直径の関係は $y = 29.994x^{0.4796}$ ($R^2 = 0.5258$) の累乗近似式で示された (図-5)。データ数は、 $n=61$ となった。

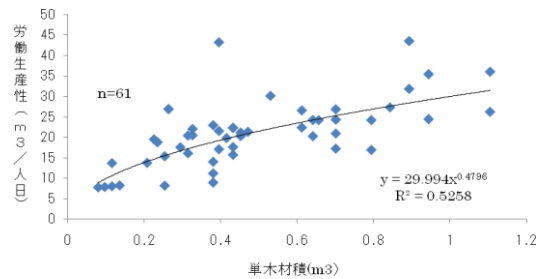


図-5 チェーンソー造材労働生産性(m³/人日)

3. 3 刈払機を使用した保育作業の労働生産性

下刈と除伐の保育作業の労働生産性は、度数分布表から正規分布となったため（図-6、図-7）、それぞれ平均値と標準偏差を算出した。下刈の労働生産性の平均値は、 0.23 ± 0.08 ha/人日、 4.64 ± 1.27 人/ha日となった。除伐の労働生産性の平均値は、 0.16 ± 0.04 ha/人日、 6.35 ± 1.20 人/ha日となった（表-8）。

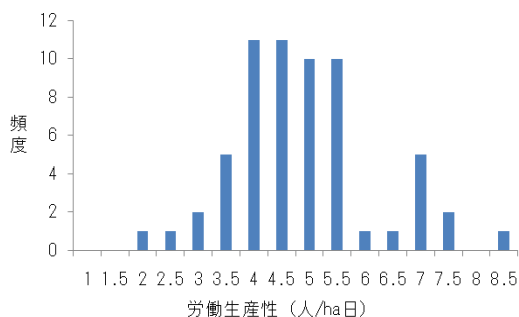


図-6 下刈労働生産性（人/ha日）度数分布

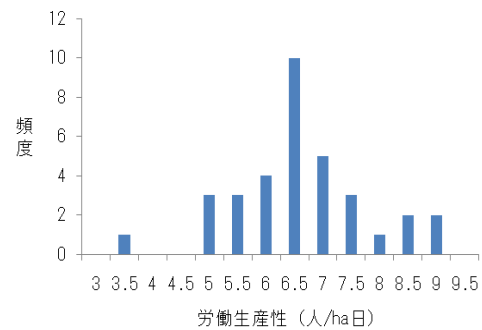


図-7 除伐労働生産性（人/ha日）度数分布

表-8 刈払機を使用した保育作業（下刈）の労働生産性

	下刈		除伐	
	労働生産性	労働生産性	労働生産性	労働生産性
	(ha/人日)	(人/ha日)	(ha/人日)	(人/ha日)
平均	0.23	4.64	0.16	6.35
標準偏差	0.08	1.27	0.04	1.20
中央値	0.22	4.49	0.16	6.26

4 おわりに

高性能林業機械を使用した間伐作業について、現場の作業状況を反映した労働生産性を算出することができた。しかし、高性能林業機械による造材作業では、労働生産性と造材木の単木材積の関係に強い相関関係はみられなかった。一方、高性能林業機械を用いた間伐の1日あたり労働生産性を精査するためには、今後、造材作業における機械の実労働時間を把握する必要がある。

チェーンソーによる造材作業では、労働生産性と造材木の胸高直径の関係に強い相関関係はみられなかった。その理由として枝払い作業によるばらつきがあると考えられるが、労働生産性は現在使用されている標準歩掛表と大きな差はなく、現状を反映した歩掛を使用できていることが確認された。

下刈と除伐の保育作業の労働生産性は、現在使用されている標準歩掛表と大きな差はなく、現状を反映

した歩掛を使用していることが確認された。

引用文献

社団法人全国林業改良普及協会：林業技術ハンドブック

社団法人全国林業改良普及協会：機械化のマネジメント 地域の経営力アップのために高性能林業機械をどう活かすか

宮城県水産林業部林政課：林業機械作業工程と標準経費積算の手引き 昭和 57 年 6 月

宮城県農林水産部森林整備課：森林育成事業（造林関係）標準歩掛表（平成 20 年度版）

宮城県システム収穫表「シルブの森」の調製

中澤健一^{※1}・水田展洋・水戸辺栄三郎^{※2}・梅田久男

要 旨

「シルブの森」は実用化されているシステム収穫表のひとつで、現在の林分表（直径階ごとの立木本数）と樹高曲線から、将来の林分表と樹高曲線を予測するものである。伐期が長期化し、間伐の実施状況が様々な県内スギ林の収穫予測のため、「シルブの森」を調製した。

成長モデルのパラメータを求めるには、本来、固定試験地の継続調査データが必要だが、樹幹解析や標準地調査データにより地域特有のパラメータを求める方法が考案されており、県内の樹齢 147 年のスギの樹幹解析や既存の標準地調査データを用いて、宮城県を対象地域とするパラメータを求めた。

キーワード：シルブの森、システム収穫表、収穫予測

1 はじめに

現在、県内の民有林のスギ林の収穫予測には、「宮城県民有林スギ林々分収穫表-昭和32年-」及び「スギ林分密度管理図を応用した収穫予想表-昭和55年-」が利用されていますが、これらには60年生及び80年生を超える林分の収穫予想は記載されていません。一方、県内のスギ林は、林業活動の停滞等により伐期が長期化し高齢化がすすむとともに、施業の多様化により様々な間伐履歴になると考えられる。今回、これらの林分での利用を念頭に、県内のスギ林（同齢単純林）を対象とするシステム収穫表「シルブの森」（田中，1995）を調製した。

システム収穫表は第3世代の収穫予測である（第1世代が収穫表，第2世代が林分密度管理図）。「さまざまな状態にある（現実）林分について、さまざまな施業が行われる場合に対応して、その将来の成長過程を予測できる仕組みをもったコンピュータ・プログラム」（木平，1995）と定義され、一定の施業が前提である収穫表や、林齢を2次的に求めなければならない林分密度管理図など、これまでの収穫予測の制約を改善するものである。

数種類のシステム収穫表が実用化されているが、直径階ごとの本数と樹高を予測し、丸太数量の把握が可能な「シルブの森」を選んだ。なお、このシステムは、自己間引きを起こすような高密度の林分には適用できないこと、本数密度は間伐によってのみ減少し、間伐と間伐の間は一定であることなどの制約がある。

2 「シルブの森」で使われる成長モデル

2. 1 「シルブの森」の概要

「シルブの森」は、現在の林分表（直径階別の本数分布）と樹高曲線から、将来の林分表と樹高曲線を予測し、林分表と樹高曲線により得られる胸高直径と樹高、本数から収穫量を計算する仕組みになっている。

将来の林分表は、林分の平均胸高直径の定期成長量と、直径階ごとの立木の平均の定期直径成長量、直径階ごとの立木の定期直径成長量がどれだけばらつくかを求めることによって、予測される。そのため、平均胸高直径の成長、期首直径と定期直径成長量の関係、平均胸高直径の定期成長量と標準偏差の関係がモデル化されている（田中，1991A；Tanaka，1986，1993）。

将来の樹高曲線は、期首の樹高曲線、期首樹高と定期樹高成長量の関係、期首直径と定期直径成長量の関係から予測される（Tanaka，1988；田中，1991B）。

なお、直径成長に対する間伐の効果は、立木本数の減少により平均胸高直径の成長量が増加し（田中，1991A），

※1 林業振興課 ※2 大河原地方振興事務所

それに伴い各直径階の成長量が増加するという形で表している。

2. 2 平均胸高直径の成長

平均胸高直径 D の成長はミッチャーリッヒ成長曲線に従うものとし、次式のように仮定している。

$$D_{(t)} = \sqrt{1 / (\rho + q \cdot \alpha)} \cdot M \cdot (1 - L \cdot \exp(-k t))$$

ここで、 M 、 L 、 k は成長パラメータ、 t は林齢である。 $\sqrt{1 / (\rho + q \cdot \alpha)} \cdot M$ は平均胸高直径が成長しうる上限値で、 $\sqrt{1 / (\rho + q \cdot \alpha)}$ によって上限値が増減する。ここで、 ρ は立木密度、 q は間伐により変化する補正項、 α は単位面積当たりあと α 本生育できると解釈できるパラメータである。

2. 3 期首直径と定期直径成長量の関係

期首直径 x と定期直径成長量 x' には正の直線関係、すなわち太い立木ほど直径成長が大きいという関係があることから、期首直径と定期直径成長量の関係を次式で表している。

$$x' = D' / (D - C) \cdot x - D' \cdot C / (D - C)$$

ここで、 D は平均胸高直径、 D' は平均胸高直径の定期直径成長量、 C は x 軸の切片を示す。

なお、現実にはある期首直径 x に対しひとつの定期直径成長量 x' が必ず対応するわけではなく、バラツキが生じるが、そのバラツキを正規分布と仮定し、標準偏差 S と平均胸高直径の定期直径成長量 D' について

$$S = k \cdot D'$$

を仮定している。 k は比例係数である。

2. 4 樹高曲線の予測

このシステムではヘンリックセン式を修正したものを樹高曲線として採用しており、期首の樹高曲線を

$$H_b = a + b \cdot \ln(D_b + c)$$

期末の樹高曲線を

$$H_e = l + m \cdot \ln(D_e + n)$$

とすると、

$$l = (1 + \lambda) (a - b \cdot \ln(1 + \beta)) + \kappa$$

$$m = (1 + \lambda) \cdot b$$

$$n = (1 + \beta) \cdot c - \alpha$$

により、期末の樹高曲線の係数 l 、 m 、 n が求められる。ここで、 H は樹高、 D は胸高直径、 a 、 b 、 c は期首の樹高曲線の係数である。なお、 α 、 β 、 κ 、 λ は次式で示される期首直径 D と定期直径成長量 D' 、期首樹高 H と定期樹高成長量 H' の関係式の係数である。

$$D' = \alpha + \beta \cdot D$$

$$H' = \kappa + \lambda \cdot H$$

3 成長モデルのパラメータの推定

3. 1 方法

パラメータを推定するには本来は固定調査地を継続的に調査したデータが必要だが、嘉戸・田中（1995）、嘉戸ら（2008）により報告されている、樹幹解析や標準地調査データにより地域特有のパラメータを推定する方法により、県内の高齢スギの樹幹解析資料や標準地調査データを用いて、平均胸高直径の成長曲線とそのために必要な樹高成長曲線と最大林分断面積の成長曲線、期首直径と定期直径成長量の関係の κ 、平均胸高直径の定期成長量と標準偏差の関係について、パラメータを推定した。また、樹幹解析資料から、丸太数量の計算に必要な相

対幹曲線を求めた。

3. 2 使用した資料

3. 2. 1 既存の標準地調査データ

既存の480箇所の標準地調査データを活用した。内訳は、スギ林分収穫表（昭和32年調製）のために収集された75カ所（林齢7～58年），スギ林分密度管理図（昭和55年調製）のために収集された309カ所（林齢13～96年），森林吸収源データ整備事業（平成15年度）で収集された96カ所（林齢11～102年）である。

3. 2. 2 高齢スギの樹幹解析資料

県内の高齢スギ5本を伐倒、樹幹解析し、うち樹齢147年（志津川），樹齢92年（鳴子），樹齢91年（志津川）の3本を樹高成長曲線の推定の資料として用いた。

樹齢78年（七ヶ宿）は初期成長で変曲点をもつ日本海側特有の成長経過を示し、苗木も日本海側の可能性が高く、また、樹齢98年（利府）は樹高成長曲線が最大樹高に漸近する形にならず、ミッチャーリッヒ成長曲線へのあてはまりが悪く、資料としなかった。

3. 2. 3 無間伐林分の樹幹解析資料

間伐の影響がない直径成長データを得るため、無間伐と思われるスギ30年生林分（南三陸町戸倉）とスギ45年生林分（登米市津山町）から、直径の異なるスギをそれぞれ8本と10本を伐倒し、胸高位置で5年ごとの直径成長量を測定した。

3. 3 樹高成長曲線の推定

図－1に、高齢スギの樹幹解析による樹高成長経過を示す。このうち3本に対して次式のミッチャーリッヒ成長曲線をあてはめ、表－1にパラメータを示した。

$$H=M \cdot (1-L \cdot \exp (-k t))$$

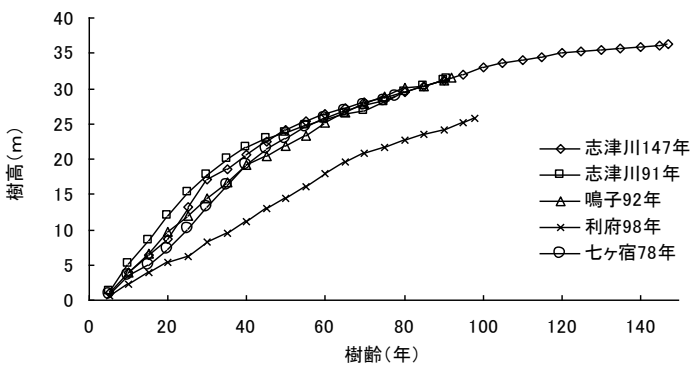
図－2は、既存の480カ所分の標準地調査データの上層樹高にミッチャーリッヒ成長曲線をあてはめた結果である。決定係数は0.7982、パラメータを表－1に示した。

求めたパラメータの平均は、 $L=1.08$ 、 $k=0.021$ となり、本システムの樹高成長曲線を次式のように決定した。

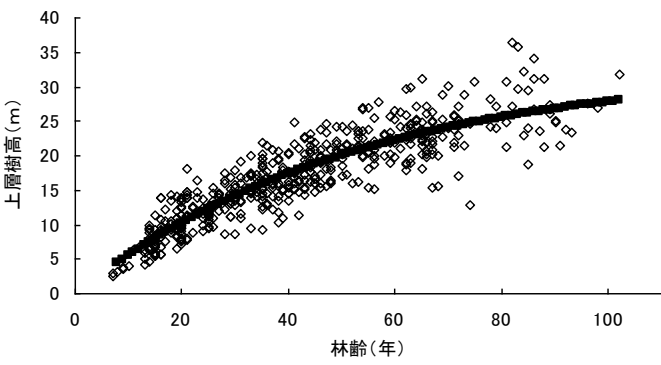
$$H=M \cdot (1-1.08 \exp (-0.021 t))$$

なお、 M は地位指数によって変化させる。林齢 t を40年、林齢40年時の樹高 H を12mから2mおきに28mまで上式に代入して M を求めたところ、林齢40年時の樹高すなわち地位指数 SI と M の関係式は次のようになった。

$$M=1.8735 SI$$



図－1 樹幹解析木の樹高成長経過



図－2 標準地調査データへの成長曲線のあてはめ

表－1 樹高成長曲線のパラメータの決定

	M	L	k
志津川(樹齢147年)	38.0	1.11	0.021
志津川(樹齢91年)	33.6	1.10	0.027
鳴子(樹齢92年)	40.4	1.08	0.018
標準地データ(480カ所)	32.7	1.01	0.019
平均		1.08	0.021

3. 4 最大林分断面面積の成長曲線

平均胸高断面面積 g の競争密度効果の逆数式

$$1/g = A\rho + B$$

の A の逆数は最大林分断面面積 λ と解釈できる (田中, 1991A) ことから,

$$\lambda = 1/A$$

平均胸高断面面積 g の競争密度効果の逆数式から λ を推定した。

平均胸高断面面積 g の競争密度効果の逆数式は, 480カ所の標準地調査データの平均胸高断面面積と ha 立木本数を樹高階ごとに分けて求めた。図-3 は樹高階ごとの逆数式を図示したものである。図のように, 低い樹高階が上に位置したり, 傾きが不自然になって他の線と交差するものがあり, そのような樹高階を除いた, 6 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m, 22 m, 24 m, 26 m, 32 m の逆数式の A を用いて,

$$A = a \cdot H^{-b}$$

のパラメータを求めたところ,

$$a = 0.1922$$

$$b = 0.8829$$

となった。この式により 2 m おきに 6 ~ 32 m の範囲の A を求め, $\lambda = 1/A$ より λ を求めた。 λ は樹高の関数と仮定されていることから, 樹高 (2 m おきの 6 ~ 32 m) と $\sqrt{\lambda}$ にミッチャーリッヒ成長曲線をあてはめたところ,

$$\sqrt{\lambda} = 10.8 (1 - \exp(-0.086H))$$

を得た。

次に, 3. 3 で得られた樹高成長曲線により林齢に対する樹高を求め, その樹高を上式に代入して $\sqrt{\lambda}$ を求め, 林齢と $\sqrt{\lambda}$ にミッチャーリッヒ成長曲線をあてはめて, 次式の最大林分断面面積の成長曲線を得た。

$$\sqrt{\lambda} = M \cdot (1 - 1.07 \exp(-0.048 t))$$

なお, $\sqrt{\lambda}$ の成長パラメータは地位指数により変化することが示唆されている (嘉戸ら, 2008) 。今回は M のみを地位指数により変化させることとし, 3. 3 で得られた樹高成長曲線により地位指数ごとに林齢に対する樹高を求め, $\sqrt{\lambda}$ と H の関係式から $\sqrt{\lambda}$ を求め, $\sqrt{\lambda}$ と林齢に最大林分断面面積の成長曲線をあてはめて地位指数ごとの M を求め, 地位指数と M の関係を次式のとおり求めた。

$$M = 0.172SI + 6.91$$

3. 5 平均胸高直径の成長曲線

$\sqrt{\lambda}$ の成長曲線の L と k が, 平均胸高直径の成長曲線

$$D_{(t)} = \sqrt{1/(\rho + q \cdot \alpha)} \cdot M \cdot (1 - L \cdot \exp(-k t))$$

の L と k となる。

M は $\sqrt{\lambda}$ の M と同様に地位指数により変化するものとし, 480箇所の標準地調査データを地位指数ごとにわけ, 林齢 t , 平均胸高直径 D , 立木密度 ρ , 上層木平均樹高から推定した $q \alpha$ に, 平均胸高直径の成長曲線を変形した次式

$$\sqrt{(\rho + q \cdot \alpha)} \cdot D_{(t)} = M \cdot (1 - L \cdot \exp(-k t))$$

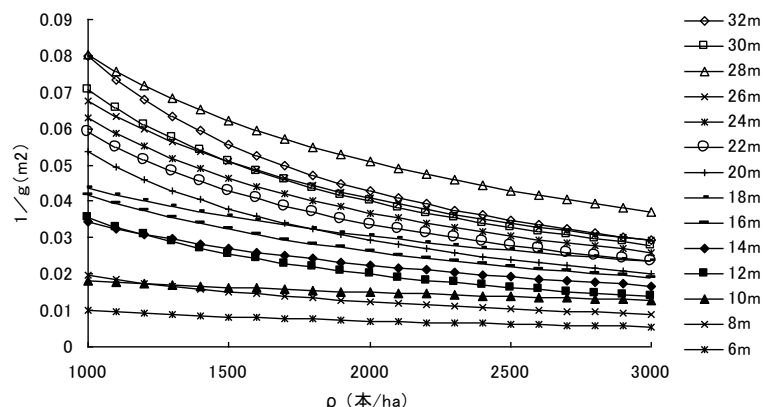


図-3 標準地調査データから求めた競争密度効果の逆数式

をあてはめて、地位指数ごとにMを求めた。Mと地位指数の関係は次式のようになった。

$$M=30.7SI+587$$

なお、 $q\alpha$ は次のように求めた。まず、480箇所の標準地調査データを地位指数ごとにわけ、

$$\rho + q\alpha = \lambda / g$$

に、立木密度 ρ 、平均胸高断面積 g 、 $\sqrt{\lambda}=10.8(1-\exp(-0.086H))$ より求めた λ を代入して求め、マイナスの値となった $q\alpha$ を除いた438箇所の $q\alpha$ と上層木平均樹高に

$$q\alpha = a \cdot H^{-b}$$

をあてはめたところ、 $a=3,346.36$ 、 $b=0.68819$ となった。この式により地位指数ごとの $q\alpha$ を求めた。

3. 6 期首直径と定期直径成長量の関係の κ

期首直径 x と定期直径成長量 x' の関係式を平均胸高直径の定期成長量 D' で割り、 $C=D-\kappa$ を代入した次式

$$1/D' \cdot x' = (x-D) / \kappa + 1$$

に無間伐林分の樹幹解析資料をあてはめて κ を求めたところ、スギ30年生林分（南三陸町戸倉）は、 $\kappa=0.139$ 、スギ45年生林分（登米市津山町）は、 $\kappa=5.5$ となった。 κ は平均胸高直径と最小直径の差なので、現実的な値として $\kappa=5.5$ を採用した。

3. 7 平均胸高直径の定期成長量と標準偏差の関係

無間伐と思われる45年生林分（登米市津山町）の樹幹解析データを用いて、林齢15年時、20年時、25年時の平均胸高直径の定期成長量 D' と標準偏差 S の関係である $S=k \cdot D'$ の k を求めたところ、 $k=0.2016$ となった。

3. 8 相対幹曲線

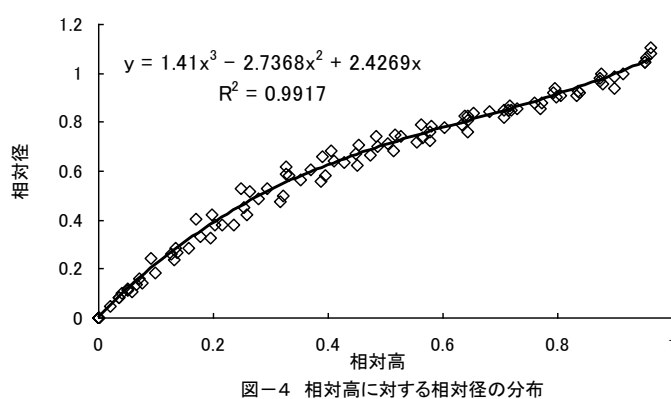
樹齢98年（利府）、樹齢92年（鳴子）、樹齢91年（志津川）と、手持ちの資料である、樹齢65年（鳴子）、樹齢58年（津山）、樹齢57年（志津川）の樹幹解析資料を用いて、地上高とその箇所の直径を相対値（相対径は、相対高0.9の実直径を基準とした相対値）に直し、幹足部分を除き、3次式をあてはめて次式のとおりに相対幹曲線を求めた。

$$y = 2.4269x - 2.7368x^2 + 1.41x^3$$

4 おわりに

本報告で求めたパラメータを用いて、Excel版の「シルブの森」を調製した。Excel上の計算式と計算過程は「富山県シルブの森」（富山県林業技術センター林業試験場、2005年1月）を参考にさせていただき、同じものとなっている。

末筆ながら、パラメータの求め方など懇切なご指導をいただいた富山県農林水産総合技術センター森林研究所の嘉戸昭夫博士に心から感謝申し上げます。



引用文献

- 嘉戸昭夫・田中和博：タテヤマスギの樹幹解析資料から推定したシステム収穫表の成長パラメータ 日林論 106：185～188 1995
- 嘉戸昭夫・図子光太郎・田中和博：カワイダニスギ林におけるシステム収穫表の成長パラメータ 富山県林業技術センター研究報告 No. 21：9～16 2008

- 木平勇吉：システム収穫表の定義（システム収穫表プログラム 文部省科学研究費補助金試験研究（B）研究報告書）6～13 1995
- Tanaka, K. : A Stochastic Model of Diameter Growth in an Even -Aged Pure Forest Stand J. Jpn. For. Soc. 68:226～236 1986
- Tanaka, K. : A Stochastic Model of Height Growth in an Even-Aged Pure Forest Stand —Why is the Coefficient of Variation of the Height Distribution Smaller than That of the Diameter Distribution ?— J. Jpn. For. Soc. 70:20～29 1988
- 田中和博：各成長段階における最大林分断面積の推定 森林計画誌 16 : 99～124 1991A
- 田中和博：林分の成長に伴う樹高曲線の転位と修正 HENRICKSEN 式の適用 日林誌 73 : 172～177 1991B
- Tanaka, K. : A Simple Method of Estimating the Diameter -Transition Probability-Matrix in an Even-Aged Pure Stand from Stand Tables at the Beginning and the End of a Period J. Jpn. For. Soc. 75:139～144 1993
- 田中和博：林分表と樹高曲線から将来の林分表と樹高曲線を予測するシステム（シルブの森）（システム収穫表プログラム，文部省科学研究費補助金試験研究（B）研究成果報告書）22～32 1995
- 富山県林業技術総合センター林業試験場：富山県シルブの森 2005

宮城県システム収穫表「シルブの森」Ver.2.2

操 作 説 明 書

宮城県林業技術総合センター

宮城県システム収穫表の概要

- 宮城県システム収穫表は、県内のスギ林分の収穫量を予測するパソコンソフトで、宮城県林業技術総合センターで調製したものです。
- このソフトは、スギ林分の現在の姿を入力して、将来の姿（太さ別の本数等）を予測するもので、林業経営や森林管理のために活用できます。

宮城県システム収穫表の構成

- 宮城県システム収穫表は、次の五つのシートで構成されています。

①入力シート

現在の林分データを入力するシート

②収穫表

①から材積などを現在から5年ごとに50年後まで表示するシート

③直径別本数グラフ

本数を棒グラフで表示するシート

④間伐計画入力シート

間伐する本数を入力するシート

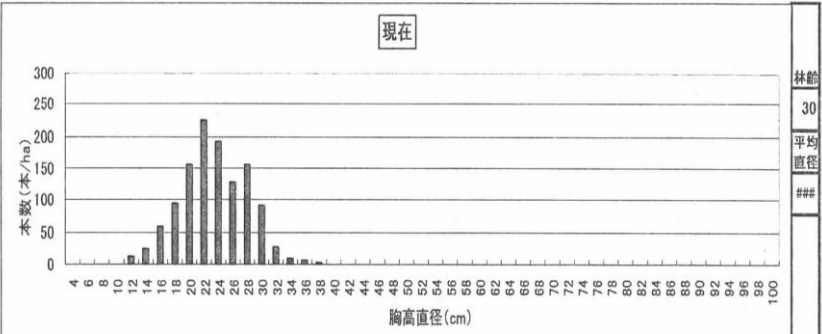
⑤間伐量集計表

④から間伐材積などを表示するシート

①入力シート

1 調査地情報の入力		2 調査結果の入力				3 丸太数量計算の条件			
		①直径ごとの本数		②樹高曲線調査木の胸高直径と樹高		(変更したい場合上書きして下さい)			
市町村	登米市	直径(cm)	本数	標準木NO	胸高直径(cm)	樹高(m)	伐採高(cm)	材長(m)	延べ寸(cm)
林班	31	4		1	12	11.6	30	4	6
小班	イ	6		2	14	12.6			
小班群	10	8		3	16	13.4			
枝番	1	10		4	18	14.2			
		12	4	5	20	14.9			
小班面積	0.32 ha	14	8	6	22	15.5			
調査面積	0.32 ha	16	19	7	24	16.0			
		18	30	8	26	16.5			
林齢	28 年	20	50	9	28	17.0			
		22	72	10	30	17.5			
調査年(西暦)	2008 年	24	62	11	32	17.9			
調査月日	9月15日	26	41	12	34	18.3			
調査者氏名	中澤健一	28	50	13	36	18.6			

③直径別本数グラフ



② 収穫表

	現在		5年後		
林齢(年)	28		33		
収量比数(Ry)	0.71		0.78		
平均樹高(m)	15.7		18.1		
平均胸高直径(cm)	23.5		25.3		
ha当り本数(本/ha)	1187.7		1187.9		
ha当り材積(m3/ha)	409		542		
直径階別本数(本/ha)					
林分当り本数(本)	380.1		380.1		
林分当り材積(m3)	131		174		
林分当り丸太生産量	本数	材積(m3)	本数	材積(m3)	
材長4m	10～13cm	198.0	10.871	294.2	16.285
	14～18cm	420.1	44.595	402.1	43.909
	20～28cm	239.0	46.575	400.1	82.035
	30～38cm	3.0	1.132	7.7	3.199
	40上	0.0	0.000	0.0	0.000

④ 間伐計画入力シート

入力シートへ		収穫表へ		間伐量集計表へ		グラフへ	
(現在)		西暦 2008		西暦 2013		林齢 33	
本数間伐率		0.0%		0.0%		0.0%	
材積間伐率		0.0%		0.0%		0.0%	
収量比数		0.71 →		0.78 →		0.78	
相対幹距		18.4% →		16.0% →		16.0%	
直径階	間伐前本数	間伐本数	間伐後本数	直径階	間伐前本数	間伐本数	間伐後本数
4	0.0		0.0	4	0.0		0.0
6	0.0		0.0	6	0.0		0.0
8	0.0		0.0	8	0.0		0.0
10	0.0		0.0	10	0.0		0.0
12	12.5		12.5	12	10.9		10.9
14	25.0		25.0	14	19.5		19.5
16	59.4		59.4	16	36.9		36.9
18	93.8		93.8	18	56.6		56.6
20	156.3		156.3	20	87.2		87.2

⑤ 間伐量集計表

	現在	5年後			
林齢(年)	28	33			
間伐率(本数率)	32.9%	18.8%			
間伐前の収量比数	0.71	0.67			
間伐後の収量比数	0.60	0.60			
収量比数下げ幅	0.11	0.06			
ha当り間伐本数(本/ha)	391.0	150.0			
ha当り間伐材積(m3/ha)	89.0	61.4			
林分当り間伐本数(本)	125.1	48.0			
林分当り間伐材積(m3)	28.5	19.7			
林分当り丸太生産量	本数	材積(m3)	本数	材積(m3)	
材長4m	10～13cm	83.2	4.609	44.2	2.552
	14～18cm	126.7	12.598	57.6	6.484
	20～28cm	15.4	2.825	39.4	7.236
	30～38cm	0.0	0.000	0.0	0.000
	40上	0.0	0.000	0.0	0.000

宮城県システム収穫表使用上の注意事項

- 宮城県システム収穫表はMicrosoft Office Excel 2003以上で動作確認を行っています。
- 宮城県システム収穫表の使用については、宮城県林業技術総合センターに御連絡ください。

住所：〒981-3602 宮城県黒川郡大衡村大衡字はぬ木14

電話：022-345-2816 FAX：022-345-5377 Email：stsc@pref.miyag.jp/stsc/

I データの入力

- 森林の標準的な場所で，立木１００本程度の胸高直径と胸高直径ごとの樹高を測定し，測定したデータと面積・林齢などを入力します。
- ⑭をクリックすると，入力してあるデータを一括して消去できます。
- 1 調査地情報の入力
 - ①に市町村名と森林簿の林班・小班・小班群を入力します。
 - ②に森林簿の面積と標準地の面積を入力します。
 - ③に森林の林齢を入力します。
 - ④に標準地調査した年月日と調査者の名前を入力します。
- 2 調査結果の入力
 - ⑤に標準地で調査した立木の本数を胸高直径ごとに入力します。
 - ⑥に標準地で調査した胸高直径ごとの樹高をmで入力します。
- 3 丸太数量計算の条件
 - ⑦に地際から伐採する箇所までの高さをc mで入力します。
 - ⑧に採材する長さをmで入力します。
 - ⑨に余分に採材する長さをc mで入力します。
- 次に必要なシートに移動します。
- 1 将来の林分状況を見る
 - ・収穫表へ移動 → ⑩をクリック
 - ・直径別本数グラフ → ⑬をクリック
- 2 間伐計画を立てる
 - ・間伐計画入力シートへ移動 → ⑪をクリック
- 3 間伐量を見る
 - ・間伐量集計表へ移動 → ⑫をクリック

入力シート

1 調査地情報の入力

①

市町村	登米市
林班	31
小班	イ
小班群	10
枝番	1

②

小班面積	0.32 ha
調査面積	0.32 ha

③

林齢	28 年
----	------

④

調査年(西暦)	2008 年
調査月日	9月15日
調査者氏名	森一郎

2 調査結果の入力

⑤

直径(cm)	本数
4	
6	
8	
10	
12	4
14	8
16	19
18	30
20	50
22	72
24	62
26	41
28	50
30	29
32	9
33	

⑥

標本木NO	胸高直径(cm)	樹高(m)
1	12	12.6
2	14	13.6
3	16	14.4
4	18	15.2
5	20	15.9
6	22	16.5
7	24	17.0
8	26	17.5
9	28	18.0
10	30	18.5
11	32	18.9
12	34	19.3
13	36	19.6
14	38	20.0
15		
16		

80		39	
82		40	
84			
86			
88			
90			
92			
94			
96			
98			
100			

3 丸太数量計算の条件

(変更したい場合上書きして下さい)

伐採高(cm)	材長(m)	延べ寸(cm)
30	4	6

⑦

⑧

⑨

⑩ 収穫表へ

⑪ 間伐計画入力シートへ

⑫ 間伐量集計表へ

⑬ 直径別本数グラフへ

⑭ 入力データのクリア

- 46 -

Ⅱ 収穫量の表示

● I で入力した結果から，現在から 5 年ごとに 5 0 年後までの様々な情報を表で表します。
表の値を確認することで，現在から将来の森林の姿を知ることができます。

※表中の本数は，計算上，小数点第 1 まで表示しています。

- 1 林齢
① → 現在から 5 0 年後までの林齢が表示されます。
- 2 収量比数
② → 収量比数が表示され，その推移を確認できます。
※収量比数：森林の幹材積を最大とした場合と現在の幹材積の比。値が大きいほど密度が大きくなります。
- 3 樹高・直径
③ → 平均樹高と平均胸高直径が表示され，その推移を確認できます。
※形状比：樹高(c m)を胸高直径(c m)で割った値。8 0 以上になると冠雪害や風害を受け易くなります。
- 4 本数・材積
④⑤ → ヘクタール当りと林分全体の本数・材積がそれぞれ表示され，その推移を確認できます。
- 5 素材生産量
⑥ → 林分から生産される丸太の量が本数と材積で表示され，その推移を確認できます。

●他のシートへの移動

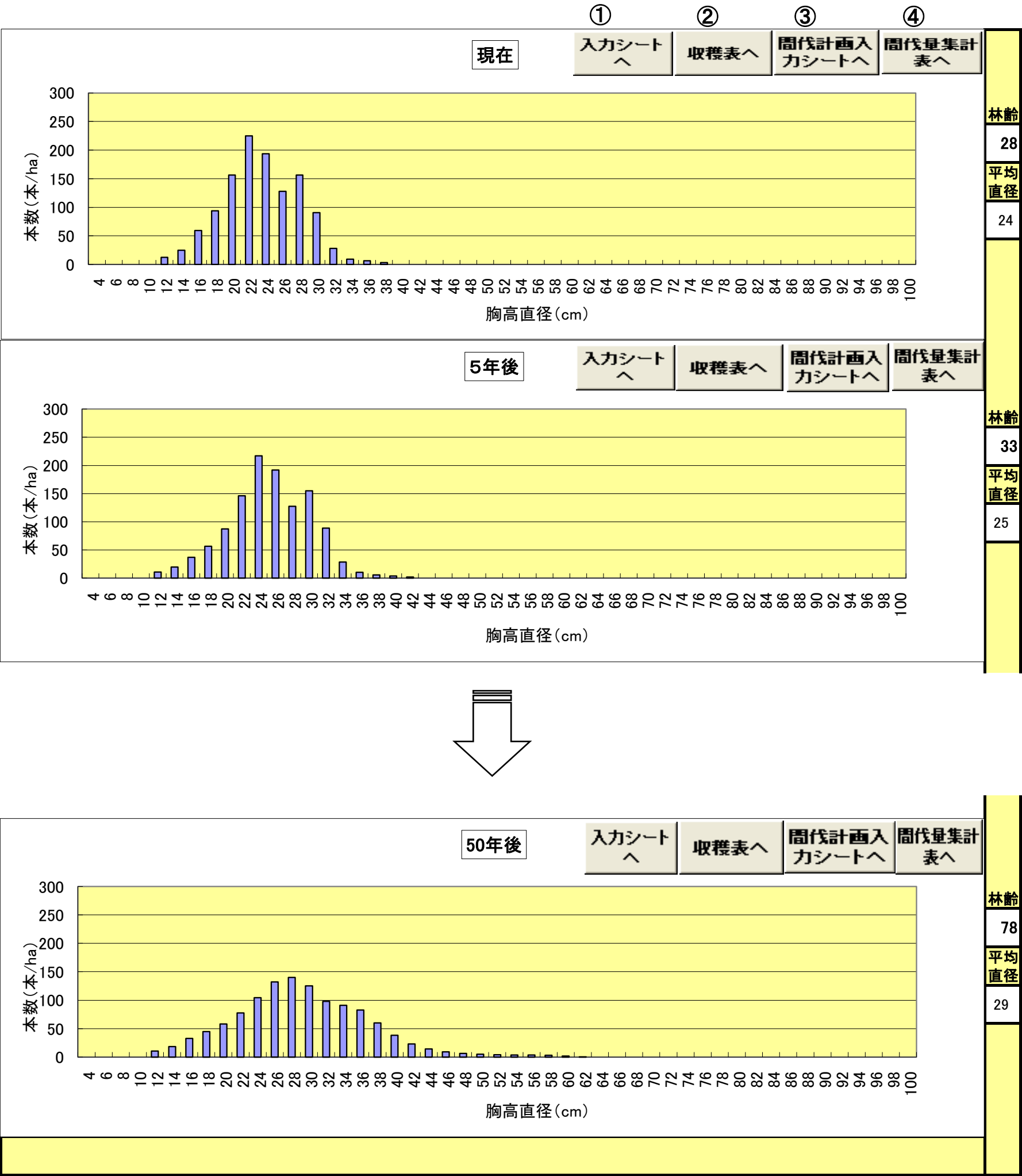
- 1 入力シートへ移動 → ⑦ をクリック
- 2 間伐計画入力シートへ移動 → ⑧ をクリック
- 3 間伐量集計表へ移動 → ⑨ をクリック
- 4 直径別本数グラフへ移動 → ⑩ をクリック

⑦		⑧		⑨			
収穫表		入力シートへ		間伐計画入力シートへ		間伐量集計表へ	
	現在	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後	
① 林齢(年)	28	33	38	43	48	53	
② 収量比数(Ry)	0.71	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	
③	平均樹高(m)	15.7	18.1	20.3	22.2	23.8	25.3
	平均胸高直径(cm)	23.5	25.3	26.9	28.0	28.6	28.8
④	ha当り本数(本/ha)	1187.7	1187.9	1187.8	1187.9	1187.8	1187.9
	ha当り材積(m3/ha)	409	542	683	815	917	994
	直径階別本数(本/ha)	⑩ グラフへ	グラフへ	グラフへ	グラフへ	グラフへ	グラフへ
⑤	林分当り本数(本)	380.1	380.1	380.1	380.1	380.1	380.1
	林分当り材積(m3)	131	174	219	261	293	318
⑥	林分当り丸太生産量	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)
	材長4m10～13cm	198.0 10.871	294.2 16.285	284.5 15.453	257.2 14.675	309.3 16.819	293.1 16.259
	14～18cm	420.1 44.595	402.1 43.909	468.5 52.886	477.2 54.289	542.7 62.232	503.3 54.724
	20～28cm	239.0 46.575	400.1 82.035	516.4 113.454	609.7 139.120	615.9 144.980	692.7 154.302
	30～38cm	3.0 1.132	7.7 3.199	19.9 8.232	50.8 20.965	89.9 37.944	140.1 58.643
	40上	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.020	0.7 0.432	1.9 1.275	3.6 2.508

30年後 58	35年後 63	40年後 68	45年後 73	50年後 78
0.94	0.96	0.97	0.98	0.99
26.5 28.9	27.7 29.0	28.7 29.1	29.6 29.2	30.4 29.2
1188.0 1059	1188.0 1115	1188.1 1164	1188.3 1209	1188.4 1248
グラフへ	グラフへ	グラフへ	グラフへ	グラフへ
380.2 339	380.2 357	380.2 373	380.3 387	380.3 399
本数 材積(m3) 313.7 17.500 545.0 59.816 698.6 154.702 167.8 70.764 7.5 5.310	本数 材積(m3) 356.5 19.589 582.3 66.288 694.8 157.458 180.0 75.925 11.2 8.151	本数 材積(m3) 327.2 17.380 674.5 74.320 708.7 160.823 180.4 77.447 15.0 11.317	本数 材積(m3) 342.8 19.197 642.4 70.565 755.9 172.186 184.4 79.447 18.6 14.447	本数 材積(m3) 326.4 16.936 687.6 74.020 802.6 180.910 182.1 78.775 23.2 18.311

Ⅲ グラフの表示

- I で入力した結果から、胸高直径ごとに h a 当りの本数を棒グラフで表示します。
グラフは、現在から 5 年ごとに 5 0 年後までのグラフが表示されますので、森林の変化の様子を確認することができます。
- 間伐計画入力シートに入力したデータも反映しますので、間伐後の森林の変化も確認できます。
- 他のシートへの移動
 - 1 入力シートへ移動 → ① をクリック
 - 2 収穫表へ移動 → ② をクリック
 - 3 間伐計画入力シートへ移動 → ③ をクリック
 - 4 間伐量集計表へ移動 → ④ をクリック



IV 間伐計画の入力

- I で入力した結果が、現在から5年ごとに50年まで、①⑦⑧に表示されます。
- 1 間伐前本数
① → 胸高直径ごとの間伐前の本数が表示されます。
 - 2 収量比数
⑦間伐前 → 間伐前の収量比数が表示されます。
 - 3 相対幹距
⑧間伐前 → 間伐前の相対幹距が表示されます。
※相対幹距：樹高と樹間距離の割合。森林の込み具合を示し18%から20%が適正な密度の目安になります。
- 間伐する本数を胸高直径ごとに②に入力すると、その結果が表に表示されます。
収穫表と間伐量集計表にも反映されますので、間伐内容や間伐後の森林の変化を確認しながら間伐量を決めることができます。
- 1 間伐後本数
③ → 胸高直径ごとの間伐後の本数が表示されます。
 - 2 間伐率
⑤⑥ → 本数間伐率と材積間伐率がそれぞれ表示されます。
 - 3 収量比数
⑦間伐後 → 間伐後の収量比数が表示されます。
 - 3 相対幹距
⑧間伐後 → 間伐後の相対幹距が表示されます。
- 他のシートへの移動
- 1 入力シートへ移動 → ⑨ をクリック
 - 2 収穫表へ移動 → ⑩ をクリック
 - 3 間伐量集計表へ移動 → ⑪ をクリック
 - 4 直径別本数グラフへ移動 → ⑫ をクリック

間伐計画入力シート

入力シートへ				収穫表へ				間伐量集計表へ				グラフへ			
④ (現在)		西暦 2008		林齢 28				④ (5年後)		西暦 2013		林齢 33			
⑤ 本数間伐率		29.2%						⑤ 本数間伐率		0.0%					
⑥ 材積間伐率		15.9%						⑥ 材積間伐率		0.0%					
⑦ 収量比数		間伐前 0.74		→		間伐後 0.65		⑦ 収量比数		間伐前 0.72		→		間伐後 0.72	
⑧ 相対幹距		間伐前 17.3%		→		間伐後 19.8%		⑧ 相対幹距		間伐前 17.3%		→		間伐後 17.3%	
直径階				間伐前本数				間伐本数				間伐後本数			
4				0.0								0.0			
6				0.0				①				0.0			
8				0.0								0.0			
10				0.0								0.0			
12				12.5				12.5				0.0			
14				25.0				25.0				0.0			
16				59.4				59.4				0.0			
18				93.8				93.8				0.0			
20				156.3				156.3				0.0			
22				225.0								225.0			
24				193.8								193.8			
26				128.1								128.1			
28				156.3								156.3			
30				90.6								90.6			
32				0.0								0.0			
34				0.0				②				③			
100				0.0								0.0			
合計				1187.7				347.0				840.7			

入力シートへ				収穫表へ				間伐量集計表へ				グラフへ			
⑨ (50年後)		西暦 2058		林齢 78				⑨ (50年後)		西暦 2058		林齢 78			
⑩ 本数間伐率		0.0%						⑩ 本数間伐率		0.0%					
⑪ 材積間伐率		0.0%						⑪ 材積間伐率		0.0%					
⑫ 収量比数		間伐前 0.93		→		間伐後 0.93		⑫ 収量比数		間伐前 0.93		→		間伐後 0.93	
⑬ 相対幹距		間伐前 10.4%		→		間伐後 10.4%		⑬ 相対幹距		間伐前 10.4%		→		間伐後 10.4%	
直径階				間伐前本数				間伐本数				間伐後本数			
4				0.0								0.0			
6				0.0								0.0			
8				0.0								0.0			
10				0.0								0.0			
12				0.0								0.0			
14				0.0								0.0			
16				0.0								0.0			
18				0.0								0.0			
20				0.0								0.0			
22				0.2								0.2			
24				2.5								2.5			
26				19.4								19.4			
28				73.6								73.6			
30				127.6								127.6			
32				123.6								123.6			
34				99.9								99.9			
100				0.0								0.0			
合計				840.7				0.0				840.7			

V 間伐量の表示

●間伐計画入力シートに入力した結果が、現在から5年ごと50年後まで、表示されます。

- 1 林齢
- ① → 現在から50年後までの林齢が表示されます。
- 2 間伐率
- ② → 本数の間伐率が表示されます。
- 3 収量比数
- ③ → 間伐前と後の収量比数が表示されます。
- ④ → 間伐による収量比数の下げ幅が表示されます。
- ※収量比数の下げ幅を大きくすると気象害を受け易くなるため、0.15以内が望ましいとされています。
- 4 間伐本数・材積
- ⑤⑥ → ヘクタール当りと林分全体の間伐本数・間伐材積がそれぞれ表示されます。
- 5 林分当りの素材生産量
- ⑦ → 間伐により生産される素材の本数と材積が径級ごとに表示されます。
- これは、入力シートの「丸太数量計算の条件」に入力したデータに基づき表示されます。

●表示された間伐量や収量比数・丸太生産量などを確認し、変更が必要な場合には間伐計画入力シートに移動して再度、計画を入力し直します。

- 1 将来の林分状況を見る
- ・収穫表へ移動 → ⑨ をクリック
- ・直径別本数グラフ → ⑪ をクリック
- 2 間伐計画を立てる
- ・間伐計画入力シートへ移動 → ⑩ をクリック
- 3 林分の入力情報を見る
- ・入力シートへ移動 → ⑧ をクリック

⑧

⑨

⑩

⑪

間伐量集計表

入力シートへ

収穫表へ

間伐計画入力シートへ

直径別本数グラフへ

	現在	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後
① 林齢(年)	28	33	38	43	48	53
② 間伐率(本数率)	29.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
③ 間伐前の収量比数	0.74	0.72	0.77	0.81	0.84	0.87
間伐後の収量比数	0.65	0.72	0.77	0.81	0.84	0.87
④ 収量比数下げ幅	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑤ ha当り間伐本数(本/ha)	374.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ha当り間伐材積(m3/ha)	69.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑥ 林分当り間伐本数(本)	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
林分当り間伐材積(m3)	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
⑦ 林分当り丸太生産量	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)
材長4m 10～13cm	126.0 7.266	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
14～18cm	80.0 7.475	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
20～28cm	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
30～38cm	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
40上	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000

30年後	35年後	40年後	45年後	50年後
58	63	68	73	78
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.89	0.91	0.92	0.93	0.94
0.89	0.91	0.92	0.93	0.94
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)	本数 材積(m3)
0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000
0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000	0.0 0.000

平成22年度
林業技術総合センター成果報告
第19号

平成23年3月 発行

@ 141円

宮城県林業技術総合センター

981-3602 宮城県黒川郡大^{おおひら}衡村大衡字^{はぬき}栂木14

電話 022-345-2816

FAX. 022-345-5377

E-mail stsc@pref.miyagi.jp