

ISSN 2185-9167

林業技術総合センター成果報告

第25号

平成28年12月

宮城県林業技術総合センター

目 次

- 1 ツキノワグマによる造林木剥皮害の効果的な防止対策に関する調査Ⅱ・・・・・・・・ 1
- 2 クロマツ苗の無性繁殖による大量増殖技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
- 3 マツノザイセンチュウ抵抗性実生家系の評価と抵抗性品種の開発に関する研究 13
- 4 コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
- 5 木質系バイオマスモデル地区における林地残材の利活用に向けた研究・・・・・・・・ 29

ツキノワグマによる造林木剥皮害の効果的な防止対策に関する調査Ⅱ

佐々木 智恵・伊勢 信介・八木 智義*¹

要 旨

クマ剥ぎ被害発生状況調査では、林分によって胸高直径別剥皮率が異なり、平均胸高直径や調査区剥皮率との関係がみられた。これらの傾向から、防止対策を実施する際は選木し、剥皮される可能性が高い立木から保護することで、低コストで効果的な被害防止対策が可能であると考えられた。被害防止対策実証試験では、新たなクマ剥ぎ被害が発生しなかったため、低コストで施工性がよく、耐久性が高く、効果が高い理想的な手法を見いだせなかった。防止対策の補修を行いながら、被害防止対策を実施することが必要と考えられる。

キーワード： ツキノワグマ、剥皮害、被害発生状況

1 はじめに

ツキノワグマ（以下、クマ）による造林木剥皮害（以下、クマ剥ぎ）は、スギやヒノキなどの樹皮が剥がされ、立木に大きな経済的損失を与える被害で（写真-1）、春から夏にかけて発生する。クマが生息する地域のほぼ全域から被害が報告されており（羽澄，2003）、近年は、獣類による森林被害の約1割をクマ剥ぎが占めている（林野庁，2015）。

宮城県では、クマ剥ぎ被害に関する情報が散在していたため、平成22年から24年度の調査研究課題「ツキノワグマによる造林木剥皮害の効果的な防止対策に関する調査」で、被害発生状況を調査した。クマ剥ぎ被害は、奥羽山脈沿いで広く確認された。胸高直径別の被害率は林分により異なり、さらなる情報の収集が必要となった。

本調査では、被害発生状況を詳細に把握し、前課題から引き続き被害防止対策の効果を検証することで、被害発生林分における低コストで効果的な被害防止対策の実施に資することを目的とした。

2 試験方法

2. 1 クマ剥ぎ被害発生状況調査

クマ剥ぎ被害発生林分9林分について調査した。調査地は、七ヶ宿町の5林分、大和町の2林分、仙台市の2林分とした（図-1）。調査は、被害発生林分において100本の毎木調査を行い、クマ剥ぎの有無、胸高直径、剥皮高、剥皮幅を記録した。剥皮幅は、地上高0.5mの位置で全周と剥皮部分の幹周を計測し、全周に対する剥皮部分の割合を幹周被害率とした。複数回剥皮されている立木は、最も高い剥皮高を計測し、幹周被害率は複数の剥皮幅を合計して算出した。調査林分毎に、胸高直径別剥皮率を算出し、平均胸高直径と調査区被害率との関係を解析した。



写真-1 クマ剥ぎ被害（仙台市青葉区作並）



図-1 クマ剥ぎ被害発生状況調査地

現所属：*¹ 北部地方事務所栗原地域事務所

2. 2 クマ剥ぎ被害拡大傾向調査

仙台市泉区朴沢の間伐を実施するクマ剥ぎ被害林分において、被害木の胸高直径、剥皮高、剥皮幅を計測した。間伐後に、伐根を写真撮影し、クマ剥ぎ剥皮面の両端に形成される巻き込み部分から、年輪数をカウントした(写真-2)。年輪は、クマ剥ぎ剥皮面から樹皮側に形成された早材の数とした。年輪は2箇所撮影し、2箇所の年輪数が異なる場合は、年輪数が多い方を剥皮経過年数とした。



写真-2 剥皮経過年数カウント方法

2. 3 クマ剥ぎ被害防止対策実証試験

下記2箇所にクマ剥ぎ防止対策実証試験区を設置した。調査は、被害防止資材の破損状況とクマ剥ぎ被害の発生状況を年に2回調査し、資材の耐久性と被害防止効果を検証した。また、クマの生息を確認するため、自動撮影カメラを設置した。

2. 3. 1 大和町嘉太神試験区

平成22年11月にクマ剥ぎ被害発生林分である黒川郡大和町のスギ人工林1箇所に調査区を設置した。前課題から継続して調査した。林齢は、H22年調査区設置時に25年生であった。試験区はモウソウチクを縦に分割した自作タケ試験区(写真-3)、市販されているクマ剥ぎ防止資材である信濃化学社製「ウィリー・GP ハーフタイプ(生分解性)」を設置したウィリー区(写真-4)、信濃化学工業(株)製「ウッドガード」のタケ支柱を山側に2本設置した市販タケ試験区(写真-5)、と対照区2区とした。市販タケ試験区に使用したタケ支柱は、長さL=1.0m、直径φ=2.0cmで、自作タケ試験区に使用したタケ資材は、長さ1.0mとし、クマ剥ぎが発生する割合が高い立木の山側に自作タケは1本、市販タケは2本を設置した。さらに、平成24年11月に自作タケ試験区とテープ巻区を追加して設置した。テープ巻区は、市販の荷造り用テープを高さ1.5m程度の高さまで巻き付けた(写真-6)。テープの締め付けによる立木の損傷を防ぐため、テープの巻始めと巻き終わりは挟み込む方法とした。



写真-3 自作タケ試験区



写真-4 防止資材試験区

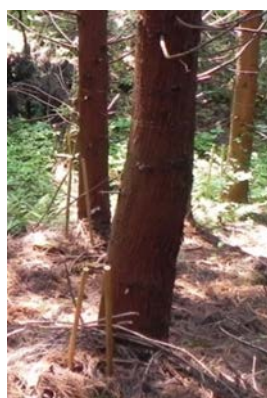


写真-5 市販タケ資材試験区



写真-6 テープ巻試験区

雪解け時期である4月～5月とクマ剥ぎ被害が発生しなくなる8月の年2回、クマ剥ぎ発生状況と被害対策資材の耐久性を調査した。

2. 3. 2 仙台市作並試験区

平成 24 年 11 月にクマ剥ぎ被害発生林分である仙台市作並のスギ人工林 1 箇所でクマ剥ぎ防止対策実証試験区を設置した。林齢は、H24 年調査区設置時に 25 年生であった。自作タケ試験区、クマ剥ぎ防止資材である信濃化学社製「ウィリー・GP」を設置したウィリー区、テープ巻区、対照区をそれぞれ 50 本設置した。それぞれの調査区は、大和町嘉太神試験区と同じ方法とした。

3 試験結果及び考察

3. 1 クマ剥ぎ被害発生状況調査

調査木の平均胸高直径は、 $23.3 \pm 7.0 \sim 33.9 \pm 4.5$ cm で、調査区剥皮率は 15.0~78.0%であった(表-1)。平均剥皮高は、 $110.2 \pm 42.3 \sim 214.5 \pm 66.4$ cm で、最小剥皮高は 20cm、最高剥皮高は 450cm であった。胸高直径と剥皮高、全周に対する剥皮率の関係は明らかにならなかった。剥皮回数は、大部分が 1 回のみの剥皮害であり、複数回剥皮された立木の割合は、調査地によって異なった(表-2)。複数回剥皮割合と、平均胸高直径や調査区剥皮率との関係は明らかにならなかった。

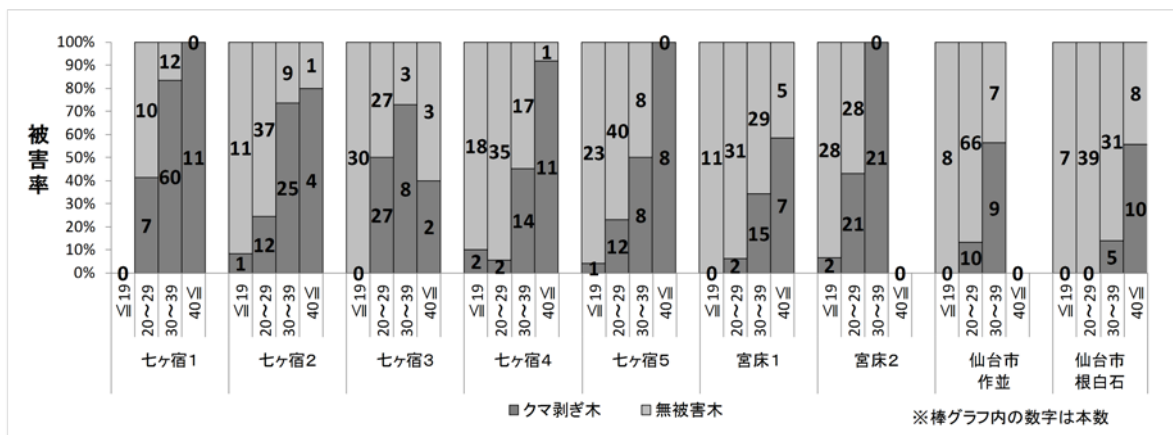
表-1 各調査区の林分条件

NO.	調査地	平均胸高直径(cm)	調査区剥皮率(%)
1	七ヶ宿1	33.9±4.5	78.0%
2	七ヶ宿2	26.2±8.6	42.0%
3	七ヶ宿3	23.3±7.0	37.0%
4	七ヶ宿4	28.2±8.6	29.0%
5	七ヶ宿5	25.5±7.8	29.0%
6	宮床1	30.1±7.6	24.0%
7	宮床2	24.0±6.3	44.0%
8	仙台市作並	25.2±4.2	19.0%
9	仙台市根白石	31.3±8.6	15.0%

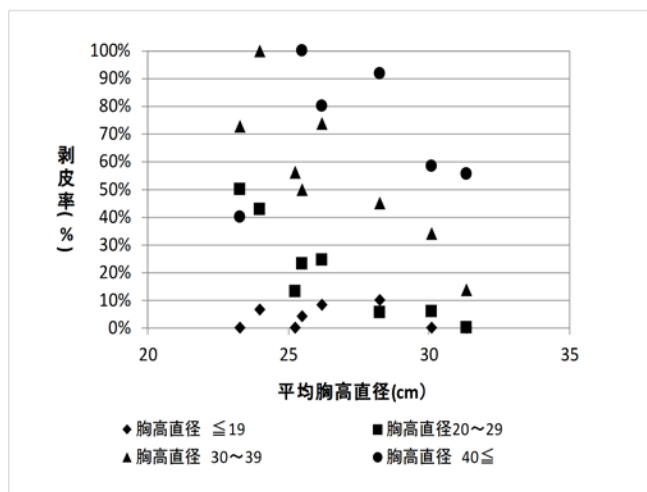
表-2 各調査区の被害発生状況

NO.	調査地	平均剥皮高(cm)	剥皮高(cm)		剥皮回数(本)			全周に対する剥皮率(%)			
			最小	最大	1回	複数回	複数回剥皮割合	~25%	~50%	~75%	~100%
1	七ヶ宿1	207.9±78.3	72	450	56	22	28.2%	16.7%	9.0%	23.1%	51.3%
2	七ヶ宿2	140.6±65.1	35	260	35	7	16.7%	57.1%	26.2%	2.4%	14.3%
3	七ヶ宿3	160.0±66.2	50	260	32	5	13.5%	37.8%	24.3%	21.6%	16.2%
4	七ヶ宿4	171.7±68.9	50	300	29	0	0.0%	44.8%	24.1%	20.7%	10.3%
5	七ヶ宿5	173.1±83.8	20	350	29	0	0.0%	31.0%	24.1%	10.3%	34.5%
6	宮床1	187.7±83.3	53	373	18	6	25.0%	16.7%	12.5%	4.2%	66.7%
7	宮床2	145.8±39.0	66	250	42	2	4.5%	13.6%	11.4%	4.5%	70.5%
8	仙台市作並	110.2±42.3	50	196	12	7	36.8%	47.4%	31.6%	5.3%	15.8%
9	仙台市根白石	214.5±66.4	115	370	15	0	0.0%	6.7%	40.0%	46.7%	6.7%

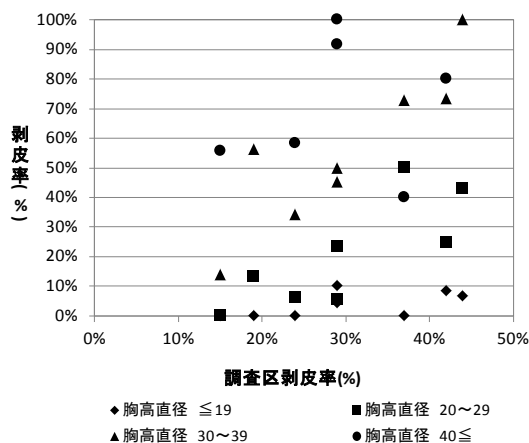
胸高直径別に剥皮率を算出した結果、胸高直径が大きくなると剥皮率が高くなる傾向がみられた(図-2)。調査区被害率が78%と高い七ヶ宿1を除いた8調査地について、胸高直径別剥皮率と平均胸高直径の関係をみると、胸高直径19cm以下は剥皮率が0~8.3%と常に低く、胸高直径40cm以上では、40~100%と常に高い結果となった。胸高直径20cm台と胸高直径30cm台の剥皮率は、平均胸高直径が太くなると減少した(図-3)。同様に、胸高直径別剥皮率と調査区剥皮率の関係をみると、胸高直径19cm以下は剥皮率が常に低く、胸高直径40cm以上では、常に高い結果となった。胸高直径20cm台と胸高直径30cm台の剥皮率は、調査区剥皮率が高くなるにつれて高くなった(図-4)。今回調査した9調査地における胸高直径30cm台の剥皮率は胸高直径20cm台の剥皮率より高かった。これらのことから、低コストで被害防止対策を実施するためには、林分によって高い確率で被害が起きる立木を選木し、それらを優先的に保護する方法が考えられる。林分の中でも胸高直径が太い立木が高い剥皮率を受けるので、クマ剥ぎ防止資材を低コストで効率的に設置するためには、対象林分の毎木調査結果から胸高直径が太い立木を優先的に保護することが有効と考えられる。ただし、林分の剥皮率が上がると剥皮率が低かった太さの立木にも被害が発生する可能性は否定できない。さらに、剥皮されやすい立木を優先的に保護した林分においては、より細い立木に被害が移行する可能性について、今後確認が必要である。



図一 各調査区の胸高直径別剥皮率



図一 平均胸高直径と胸高直径別剥皮率の関係



図一 胸高直径別剥皮率と調査区剥皮率の関係

3. 2 クマ剥ぎ被害拡大傾向調査

クマ剥ぎ被害木 19 本の平均胸高直径は、 $38.0 \pm 6.5\text{cm}$ 、平均剥皮高は $192.6 \pm 69.3\text{cm}$ であり、剥皮高の最小値は 80cm、最大値は 400cm であった。全周に対する剥皮率は、最小値が 8.1%、最大値が 83.6% であった。剥皮回数は、17 本が 1 回剥皮、2 本が 2 回剥皮であった。

クマ剥ぎ被害木 19 本のうち、間伐後に伐根が確認できたのは 10 本で、残り 9 本は搬出路の開設に伴って除去されたり、掘削時の土砂で埋もれたため、発見できなかった。年輪から判定された剥皮経過年数は、1 年が 1 本、4 年が 2 本、5 年が 1 本、6 年が 2 本、7 年が 2 本、8 年が 1 本、12 年が 2 本となった (2 回剥皮を含むため、 $n=11$)。被害木の多くは、内部に腐朽が確認された (写真一 7)。



写真一 7 クマ剥ぎ被害木の腐朽 (剥皮経過年数 8 年)

3. 3 クマ剥ぎ被害防止対策実証試験

3. 3. 1 大和町嘉太神試験区

嘉太神試験区の平均胸高直径は、 $23.7 \pm 8.0 \sim 26.0 \pm 4.1$ cm であり、試験前のクマ剥ぎ発生率は、3.1～12.8%であった(表-3)。平成27年9月における資材破損率は、自作タケ試験区1で30.6%、クマ剥ぎ防止資材(ウイリー)試験区で100%、市販タケ資材試験区で82.6%、テープ巻試験区で56.3%、自作タケ試験区2で4.0%となった(表-4)。クマ剥ぎ防止資材(ウイリー)試験区では、設置4年目の平成26年度融雪後には100%に達していた。テープ巻き区では、設置後3年目の平成27年度調査において破損率が上昇した。目視観察では、作業道沿いの日当たりの良い林縁部での破損が目立っていた(写真-8)。

表-3 嘉太神試験区の林分状況

	調査木 本数(本)	平均胸高直径 (cm)	試験前クマ剥ぎ 被害率(%)
自作タケ1	64	23.7 ± 8.0	3.1%
ウイリー(生分解タイプ)	94	24.4 ± 6.6	12.8%
市販タケ(防腐剤注入品)	50	24.9 ± 3.8	10.0%
対照区1	45	21.2 ± 5.7	0.0%
対照区2	56	24.1 ± 4.7	7.1%
テープ巻	50	26.0 ± 4.1	8.0%
自作タケ2	50	25.5 ± 3.3	8.0%

表-4 嘉太神試験区におけるクマ剥ぎ防止対策別資材破損率の推移

	防止資材設置年月	H23	H24	H25	H26	H27			
自作タケ1	H22年11月	1.60%	1.60%	4.8%	11.3%	21.0%	22.6%	29.0%	30.6%
ウイリー(生分解タイプ)	H22年11月	5.3%	14.1%	62.0%	92.4%	100%	100%	100%	100%
市販タケ(防腐剤注入品)	H22年11月	0%	70.0%	77.8%	77.8%	82.2%	84.4%	84.4%	82.6%
テープ巻	H24年12月			0%	0%	0%	4.2%	16.3%	56.3%
自作タケ2	H24年12月			0%	0%	2.0%	2.0%	4.0%	4.0%

平成24年度にクマ剥ぎ防止資材(ウイリー)区に2本、対照区に1本の合計3本のクマ剥ぎ被害が発生したが、その後、試験区における被害は発生しなかった。クマ剥ぎ防止資材(ウイリー)区の被害は、資材が破損した後に発生した。自動撮影カメラによる調査では、平成25年と平成27年に試験区内でツキノワグマが撮影された(写真-9)。撮影頻度は、平成25年に2回(撮影枚数4枚)、平成26年度に0回、平成27年度に2回(撮影枚数6枚)であった。



写真-8 テープ巻剥皮防止対策の破損状況



写真-9 嘉太神調査区内で撮影されたツキノワグマ

3. 3. 2 仙台市作並試験区

作並試験区の平均胸高直径は、 $25.2 \pm 4.3 \sim 26.7 \pm 6.7$ cm で、試験前の被害発生率は 6.0～22.0%であった平成 28 年 3 月における資材破損率は、自作タケ試験区で 16.0%、クマ剥ぎ防止資材（ウイリー）試験区で 24.5%、テープ巻試験区で 18.0%となった（表－4）。テープ巻区の破損は設置 3 年目から発生し、嘉太神試験区と同様であった。

表－5 作並試験区の林分状況

調査木 本数(本)	平均胸高直径 (cm)	試験前クマ剥ぎ 被害率(%)
自作タケ	25.2 ± 4.3	6.0%
ウイリー	25.6 ± 3.9	8.0%
テープ巻	26.2 ± 5.2	8.0%
対照区	26.7 ± 6.7	22.0%



写真－10 作並調査区内で
撮影されたツキノワグマ

調査区の設定後、新たなクマ剥ぎ被害は発生しなかった。自動撮影

表－6 作並試験区におけるクマ剥ぎ防止対策別資材破損率の推移

	防止資材設置年月	H25						H26		H27	
自作タケ	H24年11月	2.0%	4.0%	8.0%	10.0%	10.0%	16.0%				
ウイリー	H24年11月	2.0%	2.0%	12%	14%	20%	24.5%				
テープ巻	H24年11月	0%	0%	0%	0.0%	2.0%	18.0%				

カメラによる調査では、平成 27 年に試験区内でツキノワグマが撮影された（写真－10）。撮影頻度は、1 回（撮影枚数 2 枚）、のみであった。

被害防止資材の破損率は、嘉太神試験区で自作タケ試験区が設置 5 年目に 30.6%、設置 3 年目に 4.0%と低く、作並試験区でも、設置 3 年目で 16.0%と低く、設置状況は良好であったが、クマ剥ぎ被害防止効果は明らかにはならなかった。嘉太神試験区のクマ剥ぎ防止資材（ウイリー）区は、生分解タイプだったためか破損率が高かった。現在は、より強度が増した改良タイプが販売されており、耐久性の強化が期待される。テープ巻区は最も安価な方法であったが、破損率は嘉太神試験区で設置 3 年目に 56.3%、と高かった。テープ巻は 4 年毎に巻き直しが必要とされ（山中ら、1993）、他県での実証試験と同様に耐久性は 2～3 年と推測された（岐阜県森林研究所、2009；石川県林業試験場、2002）。また、テープ巻区では破損したテープの回収にも手間がかかり、巻き直しを想定すると設置労力がかかると考えられる。

4 おわりに

クマ剥ぎ被害は、成長のよい胸高直径の太い立木に発生し、剥皮部分は数年で腐朽が進むため、経済的な価値が著しく低下する。クマ剥ぎ被害防止対策は各県の調査結果から、ビニールテープ巻き、クマ剥ぎ防止資材の設置、間伐で発生した枝条の集積などが有効であることが報告されている（山中ら、1993；齊籐、2000；松田、2005）。今回の調査では、新たなクマ剥ぎ被害の発生が少なく、低コストで、耐久性があり、被害防止効果が確認できる手法を見いだすには到らなかった。クマ剥ぎ被害防止効果を持続させるためには、数年に一度は防止対策の補修や被害発生の有無を確認する必要がある。被害拡大傾向調査における剥皮経過年数には幅があり、時系列でみると軽微な剥皮害が累積していた。しかし、地域差や短期間に激害となる事例が報告されており（八神、2001；八神、2002）、被害発生のしくみは様々である。また、本県では、ニホンジカが生息域を拡大

しており、今後、ニホンジカによる剥皮害との重複が懸念される場合には、今回試験に使用したベルトタイプの被害防止資材ではなく、面的に立木を保護するタイプの資材を選択し、ツキノワグマとニホンジカの両種が引き起こす剥皮害に対応する必要がある(池田ら, 2001; 佐野ら, 2009)。今後は、補助事業を活用しながら早期に被害を把握するとともに、被害発生林分では、間伐後に保護すべき立木が決定してから、被害防止対策を実施するなど、森林施業と合わせた工夫が必要と考えられる。

この調査では、一般社団法人吉田愛林公益会と守屋木材株式会社が所有する山林を調査地として提供いただきました。厚くお礼申し上げます。

引用文献

岐阜県森林研究所：クマハギ防止対策の手引き 2009

羽澄俊裕：林業の未来とツキノワグマの被害. 森林科学 39 : 4-12 2003

池田浩一・小泉透・矢部恒晶・宮島淳二・讃井孝義・吉岡信一・吉本喜久雄・住吉博和・田實秀信：九州におけるニホンジカの生態と被害防除. 森林防疫 50(8) : 167-184 2001

石川県林業試験場：よくわかる石川の森林・林業技術 No.2 2002

松田奈帆子：ツキノワグマによる剥被害防除資材4種類の特徴と効果. 野生鳥獣研究紀要 No. 31 : 51-56 2005

林野庁：平成26年度版森林・林業白書 2015

齊藤正一：ツキノワグマによるスギ剥被害の防除技術. 山形県森林研究研修センター研究報告 第28号 : 11-21 2000

佐野明・金田英明：ニホンジカによるスギ剥被害に対するテープ巻きの防除効果. 森林防疫 58(1) : 11-13 2009

八神徳彦：クマ剥ぎによる立ち枯れ木の発生状況と地域差 石川県林業試験場研究報告 32 : 26-29 2001

八神徳彦：短期発生型のクマ剥ぎ激害地の被害状況と防護の可能性 石川県林業試験場研究報告 33 : 3-5 2002

山中典和・高柳敦・川那辺三郎：クマハギ被害とその防除の試み—京都大学芦生演習林での取組— 森林防疫. Vol. 42 No. 496 : 125-129 1993

クロマツ苗の無性繁殖による大量増殖技術の開発

今野 幸則

要 旨

東日本大震災により壊滅的な被害を受けた海岸防災林の再生には、大量のマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗が必要である。すでに選抜育種法により開発されているマツノザイセンチュウ抵抗性品種を用いて造成したマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園より、抵抗性クロマツ種子の供給を開始している。しかし、海岸防災林の再生に必要な苗木生産にあたり、種子を短期間で増産することは採種園を拡大しても困難であるが、さし木苗生産体制は比較的短期間に整備することができる。

クロマツのさし木技術は九州地方で実用化されているものの、寒冷な東北地方においては実用化できているとはいえない。本研究ではさし穂の選定やさし付け用土等の検討を行い、事業的さし木苗生産施設におけるさし穂発根率が60%を超える技術の開発を行った。

キーワード: クロマツ, マツノザイセンチュウ, さし木増殖, コンテナ苗

1 はじめに

宮城県には、特別名勝松島における風致林や沿岸における潮害防備林をはじめ住民生活に密接な関わりのある松林が多数存在し、その機能は他のものでは代替できないほどの価値を持っている。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により宮城県の海岸防災林は壊滅的な被害を受けた。被災した海岸防災林は700haを超え、再生に必要な苗木本数は500万本を超えると見積もられている。宮城県における震災復興計画では、2020年までに海岸防災林を再生させる計画となっているが、全国の抵抗性クロマツ苗木の生産量は36万本/年であり、復興期間内に苗木需要量に応えることは困難な状況にある。

一般に、林業用苗木の生産には、有性生殖により採種園から生産される種子または、無性生殖によるさし木苗が用いられる。

採種園による種子生産は、大量に苗木生産が可能な一面、種子採取まで採種木の成長を待たなければならず種子の増産までに長期間を要する。一方、さし木苗生産体制は、比較的若齢木から採穂するので、比較的短期間に整備することが出来るが、苗木を大量に生産することが困難である。

宮城県においては、2003年にマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ暫定採種園を造成し、試験的種子採取は2004年から開始していたが、採種園の改良を進め2009年にマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の育種母樹林の指定を受け、2011年2月に宮城県内の山林種苗生産者へ種子供給を開始している。しかし、採種木は若齢であり自然条件下で短期間に種子の大量増産を図ることは困難な状況にある。

これまで。短期間に苗木生産体制の整備を進めることが出来るクロマツのさし木に関しては、九州地方を中心に技術開発が進められてきている(森ら-2006, 大平ら-2007)。しかし、寒冷な東北地方においてはクロマツさし木苗生産は試験的に実施されたのみで、事業的に実施されたことはない。そこで、本研究では、これまでの研究の結果である、さし穂の摘葉(佐々木ら, 2004), 摘芽(石松, 1999; 佐々木ら, 2004), 発根促進剤(後藤, 1999; 石松, 1999; 森ら, 2006), 用土・さし床加温(森ら, 2006)が、寒冷地である東北地方における、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツさし木苗生産に適応可能であるかを検討した。宮城県においては、宮城県選抜の抵抗性品種を中心とした抵抗性クロマツ採種園からの実生苗の確保が容易で有り、採種園造成によるさし木苗生産体制の整備が短期間で進めることが出来ることから実用化技術

を開発し、被災した海岸防災林再生の一助とな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 さし木増殖

2. 1. 1 抵抗性クロマツ採穂母樹およびさし穂の調整

採穂母樹には、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園産の3年生実生苗にマツノザイセンチュウ（島原個体群・Ka-4）を接種して生存した苗木を用いた。採取後1昼夜流水に浸漬して樹脂抜きを実施した後、さし穂調整を行った。さし穂は、冬芽から5cmの長さで切り返しを行い、針葉は冬芽から1cm分を残し以下は除去した。発根促進剤としてオキシベロン液剤（バイエルクロップサイエンス社製 IBA0.4%）の原液に5秒間浸漬処理した。

2. 1. 2 さし穂採取部位についての検討

着生部位（採穂母樹上部、下部）、由来（萌芽枝、栄養枝）の異なるさし穂を各20本、3反復分を採取した。2013年度はさし付け用土をバーミキュライト80%+鹿沼土20%の混合土を用い、育苗箱へさし付けた（写真-1）。育苗箱はビニールハウス内にビニールトンネルを設置し、電熱マットでさし床の地温を23℃に設定した。散水は適宜行いビニールトンネル内に水滴が発生する状態に保った。



写真-1 育苗箱へのさし付け

2. 1. 3 さし床用土についての検討

さし床用土別のさし木試験のために、2. 1. 1で述べた抵抗性クロマツの実生7家系から採取したさし穂をさし付けた。さし床用土は、バーミキュライト、パーライト、バーミキュライト80%+パーライト20%混合用土、バーミキュライト80%+鹿沼土20%混合用土とし、さしほを育苗箱へさし付けた。育苗箱はミストハウス内さし床に置き、ビニールトンネルを設置し、さし床は温床線を用い地温を23℃に設定した（写真-2）。散水は適宜行いビニールトンネル内に水滴が差発生する状態に保った。



写真-2 ミストハウスのさし付

2. 1. 4 事業用生産施設におけるさし木実証試験

2014年度はさし付け用土をバーミキュライト80%+パーライト20%の混合土を用い、さし木苗の事業的生産施設であるミストハウス内のさし床へさし付けた。ミストハウス内さし床にも同様にビニールトンネルを設置し、さし床は温床線を用い地温を23℃に設定した。散水は1日8回（1分/回）のミスト灌水とした。事業的規模の生産確認を目的としたため、さし穂は採穂部位、由来に関係なく採穂し混合枝としてさし付けた。

2. 2 コンテナ苗化

さし木増殖により発根した苗木をマルチキャビティコンテナへ移植しコンテナ苗化した。使用したコンテナはマルチキャビティコンテナ（JFA-300）を使用し、コンテナ培土として宮城県農林種苗農業協同組合標準配合培土（ココピート 80%+鹿沼土 20%、N-500mg/l、P-900mg/l、K-750mg、微量元素含有）を使用した。移植作業前に培土に培土容量の 20%の水を加え、吸水性を高めた。発根済毛苗は、コンテナへの移植時に根の長さを 10cm に切りそろえた。コンテナ培土ははじめに深さ 5cm 程度まで充填した後締固めを実施した。毛苗の根部には保水剤（株式会社サンテクノ製 ウォーターキープ）に浸漬し、コンテナのセルに培土を充填しながら移植作業を実施した。（写真-3）



写真-3 マルチキャビティコンテナへ移植

3 結果・考察

3. 1 さし木増殖

3. 1. 1 さし穂採取部位についての検討

2013 年度に実施したさし木の発根率の平均値では、下部から採取した栄養枝では 50% を超え、栄養枝は萌芽枝よりも有意に高い傾向が認められたが、採穂部位別発根率は、さし付けした育苗箱間に大きな差が生じ、さし木に適した採穂部位を確定することが出来なかった。2014 年 2 月に「さし床用土についての検討」で確認したさし付け用土を生産事業的規模のミストハウス内さし床にさし付けしたところ、この傾向は再現性が確認された（表-1）。

表-1 採取部位別発根率

着生部位・由来	#1		#2		#3		全体平均
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	
上部栄養枝	55	45	35	60	35	55	47.5
下部栄養枝	70	85	35	75	60	70	65.8
上部萌芽枝	10	50	60	50	25	40	39.2
下部萌芽枝	10	55	65	70	30	70	50.0

寒冷地である東北地方において発根率の高い採穂台木下部の枝はクロマツのさし付け適期である 2 月には、積雪により埋まっている可能性が高くなっていることから、積雪に影響を受けない部位からの採穂でさし木苗の生産を図る必要がある（写真-4）。上部萌芽枝、特に主軸剪定後に発生する萌芽枝には秋伸びする枝も発生したことから、発根率が低下した可能性も考えられる。しかし、採穂台木上部の萌芽枝を除いて採穂することにより、効率的なさし木苗生産を図ることは可能である。



写真-4 採穂園積雪状況

3. 1. 2 さし床用土についての検討

2014年2月に実施したさし付け用土別発根試験では、発根率は平均47~69% (図-1) でバーミキュライト80%+パーライト20%の割合で混合した用土が高い発根率を示したが、用土の種類による有意差は認められなかった。

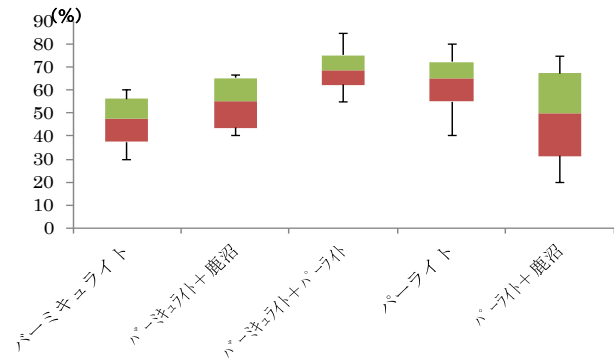


図-1 用土別発根率

3. 1. 2 事業用生産施設におけるさし木実証試験

2014年度は前年度の試験結果から高い発根率を示したバーミキュライト80%+パーライト20%の割合で混合した用土を事業的生産施設であるミストハウス内さし床に使用し、同様にビニールトンネルを設置し、さし床は温床線を用い地温を23℃に設定した。散水は1日8回(1分/回)のミスト灌水でビニールトンネル内に水滴が差発生する状態に保った。事業的規模でのさし木苗生産では採穂部位、枝の由来別に採穂を実施することは少なく、混合枝の状態でさしつけを実施するが全体の発根率は63% (図-2) を示し、育苗箱使用の試験結果が事業的生産施設においても同様の発根率を示すことが確認出来た。

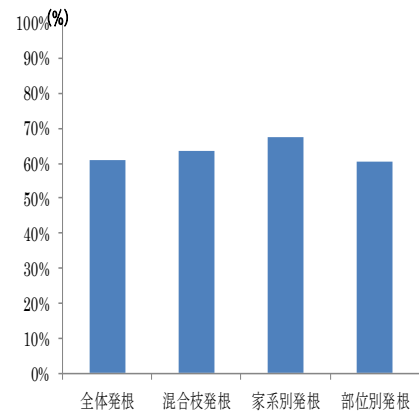


図-2 生産施設発根率

3. 2 クロマツさし木のコンテナ苗化

宮城県の海岸防災林に植栽されているマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木の大部分はマルチキャビティコンテナで育成されたコンテナ苗となっている。さし木苗についても発根した苗をマルチキャビティコンテナへ移植しコンテナ苗化を図ることにより、培土付き苗木として海岸植栽への順応性が高められる。

クロマツさし木は、発根時までに冬芽が成長し6月移植後は苗高の成長がほとん

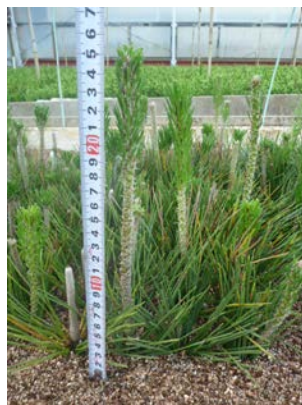


写真-5 さし穂の成長状況



写真-6 根の成長状況

ど確認出来なかった。さし付け後、3ヶ月でさし床における苗高が20cmを超える個体を確認し(写真-5)、1年生での出荷規格に到達する個体が確認出来た。一方、6月移植苗の8月初旬段階ではコンテナ底面から根の伸長が確認出来るが(写真-6)、秋植栽用としてはコンテナ苗の根鉢形成は不十分な状態であり、海岸植栽へは根鉢の充実を待つ必要がある。

4 おわりに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は、宮城県の海岸防災林に壊滅的被害を与え、造林の対象となるクロマツ海岸防災林面積が飛躍的に拡大した。仙台湾岸のクロマツ海岸防災林は江戸時代から造成・保育を続けてきたもので、沿岸部の農地を潮害・風害・飛砂から保全してきた。東日本大震災からの仙台湾岸における農業復興を図る上からも、短期間で海岸防災林の再生を図る必要が生じているが、マツ材線虫病被害の先端である東北地方においては、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木を中心とした植栽樹種の検討や、マツノザイセンチュウ未接種苗木の抵抗性種苗の有効利用が図られる工夫を凝らす必要があると考える。しかしながら、被災した海岸防災林再生に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木の大量生産には種子による実生苗生産が基本ではあるが、さし木苗による苗木量の補完も早期対応が可能である面から有効な手段である。採穂母樹にマツノザイセンチュウ接種済実生苗を用いることにより抵抗性もある程度担保される。さし穂量の確保については、東北地方では採穂台木の下部が埋雪する可能性が大きく、樹形は高台円筒形に誘導し剪定と合わせ植物調節剤を利用した萌芽促進で対応することが出来る。

一方、クロマツさし木苗のコンテナ苗化に対しては、移植技術の研究等を今後も進める必要がある。

海岸防災林の再生は、今後5年以内を目処に植栽が完了する見込みであるが、その後も植栽箇所の補植が必要となることも考えられ、その際には抵抗性の高い第二世代抵抗性品種のクロマツ苗木生産に利用できるよう、抵抗性マツの種苗供給体制を進める必要がある。

なお、この研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（課題番号 25084C）「東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産の飛躍的向上」の一環として実施した。

引用文献

- 後藤 晋（1999）クロマツのさし木増殖における発根条件の検討．日林九支研論 52：57-58
- 石松 誠（1999）マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツのさし木について．林木の育種特別号：20-23
- 森 康宏・宮原文彦・後藤 晋（2006）マツ材線虫病抵抗性クロマツの挿し木苗生産システムの開発．福岡県森林林業技術センター研究報告 7：1-19
- 大平峰子・宮原文彦・森 康宏・宮崎潤二・真崎修一・山田康裕・白石 進（2007）さし木繁殖によるマツ材線虫病抵抗性クロマツ苗木生産技術の開発．林木の育種 特別号：29-32
- 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武（2004）クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響．日林誌 86：37-40

マツノザイセンチュウ抵抗性実生家系の評価と抵抗性品種の開発に関する研究

今野 幸則

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 10 品種・アカマツ 6 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、抵抗性クロマツ種子の供給開始に伴い抵抗性クロマツ実生後代の評価を行った。また、東日本大震災において被害を受けた海岸防災林再生のため、さし木品種の検討を行った。

キーワード：マツノザイセンチュウ、クロマツ、実生後代、さし木増殖

1 はじめに

宮城県における松くい虫被害は、昭和 50 年 10 月石巻市で枯損木が最初に確認されて以来年々拡大を続け、ピーク時の平成 8 年度には被害量が 2 万 9 千 m^3 となったが、近年は被害量が 1 万 5 千 m^3 を下回り減少傾向にある。

特別名勝松島における風致林や沿岸部における海岸防災林をはじめ、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。さらに、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地に伴う大津波により、クロマツなどの海岸防災林は壊滅的被害を受けた。

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の造成、海岸林の再生に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ苗木の早期供給が求められている。しかし、クロマツ種子生産は豊凶が生じることから、抵抗性クロマツ苗木の大量・安定供給確保のために、クロマツさし木苗の供給も検討する必要がある。本報告では、平成 24 年度から 27 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実生家系の評価とさし木品種の開発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 実生家系の評価

2. 1. 1 実生苗

実生家系の評価には、抵抗性クロマツ採種園からクローン毎に採種した宮城県産抵抗性品種（鳴瀬 6 号・39 号、亘理 56 号、鳴瀬 72 号、山元 82 号・84 号・90 号）の自然交配実生苗を使用した。

2. 2. 2 接種試験

(1) 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」の運用について（平成 4 年 10 月 6 日 4 育林第 72 号、最終改正平成 15 年 4 月 1 日 14 育林第 587 号。以下、「実施要領」という）には、(国研) 森林総合研究所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、(研) 森林総合研究所林木育種センター東北育種場(以下、東北育種場という)アカマツ交配園産の岩手104号、岩泉101号、一ノ関101号、北蒲原2号、上閉伊101号の自然交配苗と宮城県林業技術総合センター内にあるクロマツ精英樹採種園産の自然交配混合苗を対照木とした。

(2) 接種試験時期及び管理

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)でも同様の結果が観察され、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。



写真-1 マツノザイセンチュウ接種後状況

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、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、20～25℃を保った。

(3) 人工接種

人工接種の方法は、当年伸長した主軸の上部を切断し、その先端部をペンチで押しつぶし、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。

2. 2 さし木品種の開発

2. 2. 1 さし穂のさし付け

さし木品種の開発には、前課題である「マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発と実生家系の評価(今野・伊藤, 2008)」で使用した抵抗性クロマツ採種園産実生苗を採穂母樹としてさし穂を採取した。

(1) さし穂

さし木試験に使用する挿し穂は、実生家系の評価試験に使用しマツノザイセンチュウを2カ年にわたり接種したマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園産実生苗から採取した。

なお、採穂は採穂母樹の発生位置、発生由来に関わらず採穂した。さし穂は採穂後一昼夜流水に浸漬し、樹脂抜きを実施した後、さし穂調整を行った。さし穂調整は冬芽から5cmの長さで切り返しをおこない、針葉は冬芽から1cm分を残し以下は除去した。冬芽も一つを残し他は除去した(後藤, 1999)。



写真-2 さし穂調整状況

(2) さし付け

平成24年度のさし付け用土はバーミキュライト100%、バーミキュライト:鹿沼土=8:2、バーミキュライト:パーライト=8:2、パーライト100%の4種類とした。パーライト100%の用土は、ミストハウス内のさし床で使用し、深さ12cmのさし床を準備した。その他の配合の用土は育苗箱(51.5×36.2×9.0cm)を利用した。

さし穂は調整をおこなった後、インドール酪酸 (IBA) 0.4%に5秒間浸漬し直ちにさし付けた。挿し床の地温確保には、森・宮原 (2002) を参考に、温床線を使用し 23°Cの設定で加温した。さし床及び育苗箱はビニールで被覆し、密閉状態として適宜散水した。

平成 25 年度のさし付け用土はパーライト 100%の用土を使用し、ミストハウス内のさし床にさし付けた。さし穂は調整をおこなった後、インドール酪酸 (IBA) 0.4%に5秒間浸漬し直ちにさし付けた。さし床の地温確保には温床線を使用し 23°Cの設定で加温した。ミストハウス内さし床にビニールトンネルを設置し、密閉状態にして適宜散水した。

平成 26 年度はバーミキュライト : パーライト = 8 : 2の用土を使用し、ミストハウス内のさし床にさし付けた。さし穂は調整をおこなった後、インドール酪酸 (IBA) 0.4%に5秒間浸漬し直ちにさし付けた。さし床の地温確保には温床線を使用し 23°Cの設定で加温した。ミストハウス内さし床にビニールトンネルを設置し、散水は1日8回 (1分/回) ミスト灌水とした。



写真—3 さし付け状況

2. 2. 2 さし穂の大量生産

さし木苗生産を安定的に継続するためには、材料となるさし穂の発生数を増加させる必要がある。マツ類の萌芽は、頂芽を剪定することにより剪定面下部の短枝から発生する (宮原ら, 2006)。

クロマツにおける萌芽促進処理には、BAP 処理による萌芽枝数の増加が上げられることが大平ら (2006) によって報告されている。採穂用実生苗の前年枝を試験直前に再剪定し、ビーエー液剤 (クミアイ化学工業 (株) 製、6-(N-ベンジルアミノ)プリン 3.0%) の 100 倍希釈液を滴るほどに散布し効果を確認した。

平成 24 年度は4月上旬から4週間、8週間 (2回/週) 散布と散布期間を変え、効果を検証した。また、6月上旬からも4週間、8週間 (2回/週) 散布と散布期間を変え、効果を検証した。平成 25 年度は散布開始時期を3月下旬、4月下旬、5月下旬とし各々4週間の散布と2週間の散布試験を実施した。平成 26 年度は散布開始時期を4月上旬とし、1ヶ月間の散布と2ヶ月の散布試験を実施した。平成 27 年度は散布開始時期を4月上旬とし、2ヶ月間の散布試験を実施した。



写真4 BAP 処理状況

3 結果

3. 1 実生家系の評価

実生家系の接種試験は、平成 21 年度から宮城県産抵抗性品種 7 家系について順次実施してきたが、当初は品種間の採種量に大きな差異があり、同一本数での試験とはなっていない。

鳴瀬 6 号の生存率は 41~88%、鳴瀬 39 号の生存率は 29~57%、亘理 56 号の生存率は 46~76%、鳴瀬 72 号の生存率は 33~100%、山元 82 号の生存率は 0~60%、山元 84 号の生存率は 70~100%、山元 90 号の生存率は 66~85%となっている (図-1)。家系間には有意差は確認できなかった。

生存率

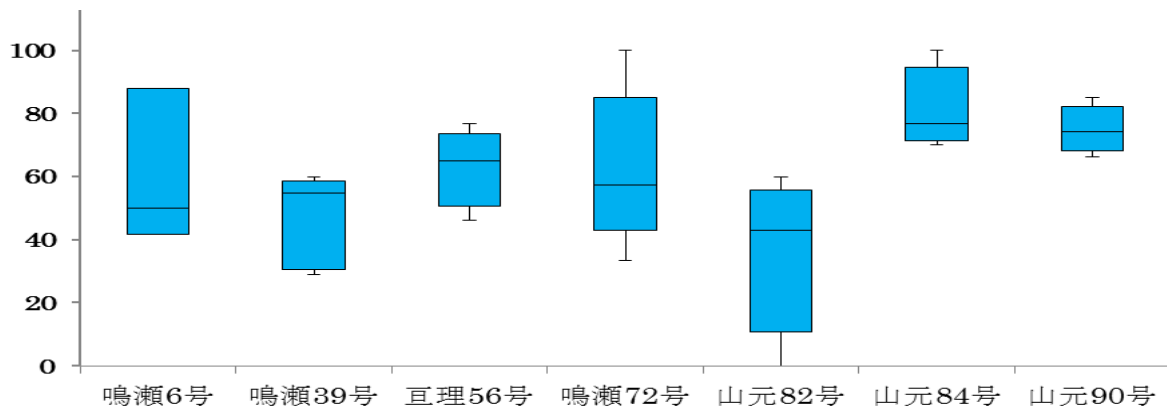


図-1 家系別生存率

3. 2 さし木品種の開発

3. 2. 1 さし穂のさし付け

平成24年度試験の平均発根率は、バーミキュライト100%用土で63%、バーミキュライト：鹿沼土＝8：2の用土で79%、バーミキュライト：パーライト＝8：2の用土で74%、パーライト100%用土で78%となり全体発根率は74%となった。抵抗性実生家系別平均発根率は、鳴瀬6号31%、鳴瀬39号88%、亘理56号92%、鳴瀬72号74%、山元82号76%、山元84号77%、山元90号71%となった（図-2）。用土の違いによる発根率に有意差は確認されなかったが、実生家系別発根率には有意差が確認された。

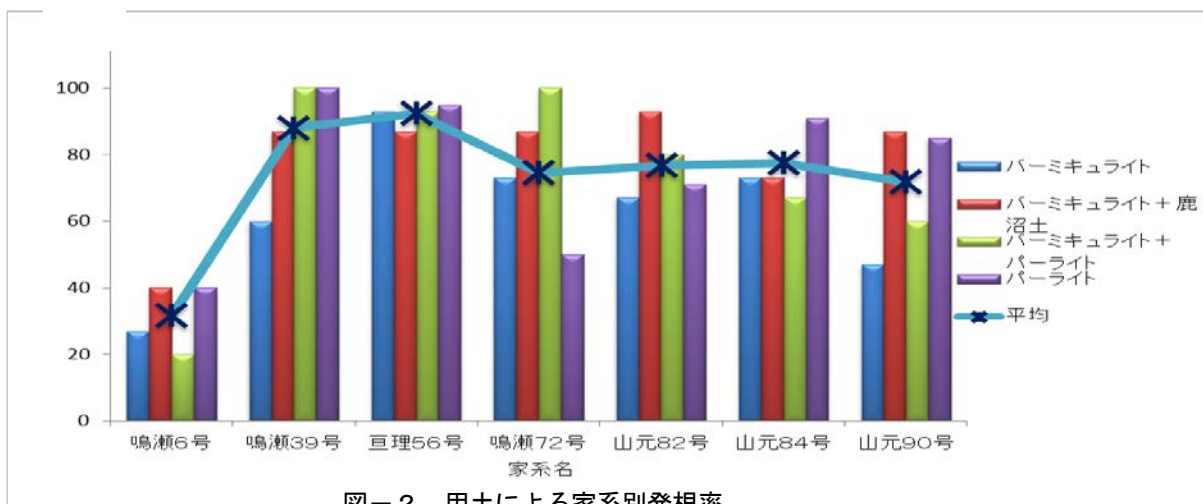
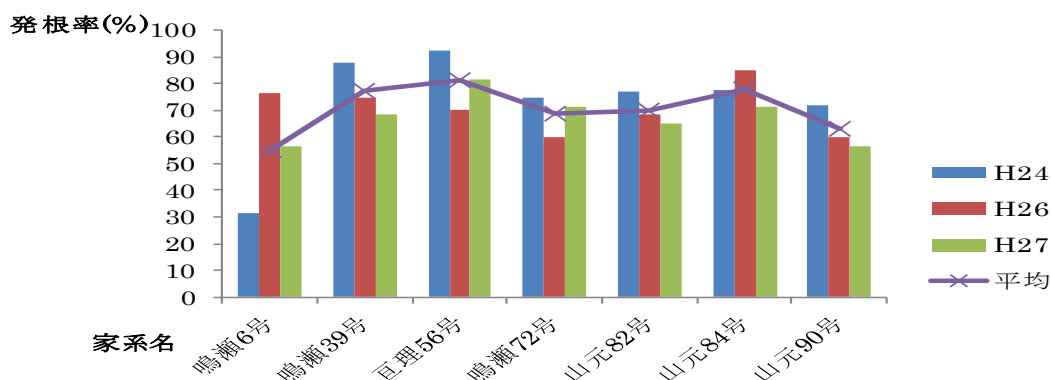


図-2 用土による家系別発根率

パーライト100%の用土を使用した平成25年度試験の結果、実生家系別発根率は鳴瀬6号76%、鳴瀬39号75%、亘理56号70%、鳴瀬72号60%、山元82号68%、山元84号85%、山元90号60%となったが、家系間の有意差は確認出来なかった。

バーミキュライト：パーライト＝8：2の用土を使用した平成26年度試験の結果鳴瀬6号56%、鳴瀬39号75%、亘理56号81%、鳴瀬72号71%、山元82号65%、山元84号71%、山元90号56%となったが、家系間の有意差は確認出来なかった。

研究期間中の家系別平均発根率は、鳴瀬 6 号 55%、鳴瀬 39 号 77%、亘理 56 号 81%、鳴瀬 72 号 68%、山元 82 号 70%、山元 84 号 78%、山元 90 号 62%となった（図－3）。



図－3 家系別発根率

3. 2. 2さし穂の大量生産

剪定作業による萌芽枝の発生は、2月の採穂時に行う剪定が一般的であるが、7月上旬の剪定作業においても萌芽枝の発生は確認出来る。7月剪定による萌芽枝は、成長期が短く翌年のさし付けに利用できる大きさ（長さ5cm以上、以下同様）まで成長しなかった。6月上旬の剪定による萌芽枝の一部は、さし付けに利用できる大きさまで成長した。

BAP処理の散布期間については、4週間の散布では萌芽促進の効果はほとんど確認できなかった。3月、4月、5月散布開始と4週間、8週間散布処理を実施したところ、4月開始の8週間散布で萌芽枝の発生数が多く確認された。採穂台木の剪定は2～3月にかけて実施するが、BAP処理を実施する際には散布時に再度頂端を切除する。7月剪定による萌芽枝の発生は確認出来るが、翌春にさし付け可能な大きさまでの成長は見られない。



写真5 BAP処理による萌芽状況

さし穂の大量生産では、剪定による限られた萌芽帯からの萌芽枝発生による採穂台木の樹形誘導を行うのみであったが、サイトカイニン散布（BAP処理）により萌芽帯を長く確保できることで、多数の萌芽枝発生に伴う剪定可能箇所が広がり、台木の多様な樹形誘導が可能となることが示された。

4 おわりに

マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業は、松くい虫被害跡地の復旧及び松くい虫被害に強い松林の造成を目指し、研究を進めてきた。

しかし、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う大津波が、宮城県の海岸防災林に壊滅的被害を与えたことにより、松くい虫被害跡地の復旧から海岸防災林の再生へ主要目標も変化してきた。つまり、松くい虫被害跡地への補植から海岸防災林被災地への全面植栽へ移行している。抵抗性クロマツ種

苗の大量生産に向けた技術開発は他の研究で実施しており、成果は得られつつある。

現在の抵抗性クロマツ苗木需要量に応えるため、抵抗性の評価が高い家系を中心とした種子供給は行っていないが、今後の補植等に用いる抵抗性の高い種苗生産を進めるため、研究成果は基礎資料として活用を進める。また、評価の高い品種を母樹とした人工交配による実生苗は、第二世代品種候補木としての可能性を持つものと期待している。さし木発根率は家系による有意差は確認されなかったが、マツ類のさし木発根の困難性を考慮し、全ての家系平均発根率が50%を超えたことは、現在供給している宮城県選抜の抵抗性品種実生苗が採穂母樹として事業的さし木苗生産に利用可能であることを確認した。また、さし穂の増産技術も確認し、早期の種苗増産要望への対応法を広げることができた。

海岸防災林の植栽は今後2～3年が最盛期であり、その後減少するが、植栽箇所の補植やマツノザイセンチュウによる被害に対応するため、今後も抵抗性品種の開発と種苗供給体制の強化に努める。

引用文献

- 今野幸則・伊藤俊一：マツノザイセンチュウ抵抗性育種に関する研究（第2報），林業試験場成果報告第17号61～76 2008
- 宮原文彦・大平峰子・森康浩：クロマツの萌芽発生に及ぼすBAP処理時期並びに剪定時期の影響，九州森林研究59：234-236 2006
- 森康浩・宮原文彦：クロマツの挿し木増殖における発根条件の検討（Ⅱ）—用土，前処理，電熱温床の効果—，九州森林研究55：134 2002
- 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、東北林木育種場（昭和62年度）年報55～61 1987
- 大平峰子・宮原文彦・倉本哲嗣・平岡裕一郎・谷口亨・藤澤義武：クロマツの萌芽発生量に及ぼすBAP散布期間の影響，九州森林研究59：232-233 2006
- 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，日林論94：475～476 1983

コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究

伊藤 俊一・梅田 久男^{※1}

要 旨

コンテナ苗による低コスト再造林の実用化に向けた取り組みは、各方面で検証が進んでおり、当県においてもいち早く低コスト化手法に対応した補助制度に改変され、コンテナ苗造林に対して補助金が認められている。

造林未済地はいまや各地で問題となっており、その対策として当研究では、平成 26 年度からの 2 年間コンテナ苗の植栽と下刈り施業の省力化について実証試験を行った。試験地は、宮城県林業技術総合センター内とし、3 試験区にそれぞれコンテナ苗と裸苗の組み合わせ 200 本ずつ計 600 本植栽し、雑草木類からの影響、光環境と生長量の関係、下刈りと生長量の関係等の調査を行った。その結果、区別生長量の比較では、C 区>B 区>A 区の順に高い傾向にあった。一方下刈り別の苗高は、C 区の高刈りが良い結果となった。地際径の生長に大きな差は見られなかったが、2 回刈りが僅かに良い生長量を示した。下刈りによる雑草木類の生長との相互関係で生長量は異なることが考えられる。下刈りに要する時間を評価した結果、高刈りは作業時間が短縮され誤伐もなかった。コンテナ苗と下刈り作業の関係では、高刈りは、初期生長が良い結果となったが、形状比が高く雑草木からの影響が示唆された。

なお、この研究課題は、2014 年度「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）の公募課題である。

キーワード：コンテナ苗，下刈り

1 はじめに

本県の森林面積は 418 千 ha、そのうち人工林面積は 199 千 ha で、人工林は森林面積の 48%を占めている。齢級別にみると、10 齢級をピークに保育が必要とする 7 齢級以下は 30 千 ha で 19%となっている（宮城県農林水産部，2015）。平準化ではない齢級構成の偏りは、再造林の低下が原因と考えられる。

毎年 4,000ha 以上の造林を誇った昭和 40 年代は、高度経済成長のさなか旺盛な木材需要から、人工林の成林が見込めない峰筋、急峻地、痩悪地にまで人工造林を強行した時代で、これは木材価格が上昇し採算が取れてきたためである。しかし現在では、「伐採収入に比べて再造林コストが高い」ことで造林未済地が増え続けている。高い造林コストを理由に、依然として再造林に対する森林所有者の意欲が低い状態が続いており、特に造林後 2 齢級までに約 150 万円/ha 余りかかる経費の 4 割は下刈りに費やされ、そのほとんどが労賃等の人件費である。育林コストを縮減しなければ、林業経営を圧迫し再造林の道も険しくなるものと考えられる。東北で再造林放棄が始まったのは、1980 年代末期といわれているが、その後林業広報誌等で再造林特集記事が組まれるようになった。本県の場合は、三島・相澤（2006）が「宮城県森林公益機能回復モデル事業」で、伐採後放置された箇所（造林未済地）を早期かつ効率的に回復させるモデル林を造成している。植栽本数を減らしつつ密植効果を上げる方法として、単植えや補植に大苗植栽を行いながら、周辺林分からの侵入やぼう芽更新した更新木の生育及び林相形成状況を追跡調査し、モデル林の成果が検証された。産学官が連携したプロジェクト研究も盛んに行われ、九州・四国地方等で行われた取り組みでは、一貫作業システム、ここ数年で急速に導入が進むコンテナ苗の効率的生産、植栽器具と植栽作業能率、下刈り省略とスギ植栽木の生長と形質、ニホンジカ被害軽減、再造林支援システム（岡ら，2013）についてまとめられている。本稿は、「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」に複数研究機関とコンソーシアム構成により応募し、「コンテナ苗植栽の事例解析」と「下刈り施業省略の適用条件の評価と実証事例の提示」を 2 年間実施した結果を述べるものである。

※1 元 林業技術総合センター

2 調査方法

2. 1 コンテナ苗植栽の事例解析とデータ集の作成

2. 1. 1 コンテナ苗の植え付け

コンテナ苗植栽試験地の立地条件と植栽後の生育に関する情報を網羅的に収集し、生長量調査等の情報を解析してデータ集を作成することを目的に実証試験を行った。

試験地の場所は、宮城県林業技術総合センター（以下「センター」という。）が管理している敷地内西斜面の傾斜 15 度未満のスギ伐採跡地に A, B, C の 3 試験区を設けた。コンテナ苗は、マルチキャビティコンテナ 300cc で育苗されたスギ苗木（クローン苗と実生混合苗）及び裸苗を、3,000 本/ha で植栽した。コンテナ苗の実証試験地（図-1）と試験地の概要は（表-1）のとおりである。



図-1 試験地位置図 [Google earth から転載]

表-1 試験地の概要

区分	内容
平均気温	11.1度
年降水量	1,294.8mm
標高	65m
斜面	西斜面
傾斜	平均斜度15度
地形	東黒川丘陵地凹斜面中部
土壌	黒ボク土
地質	凝灰岩
露岩	なし

今回の試験地別植え付けは、各区ごと 200 本づつとし、計 600 本を植栽した。A 区はクローン裸苗，B 区はコンテナクローン苗，C 区はコンテナ実生混合苗を植栽した（表-2）。

表-2 植え付け内容

試験地	植栽年	植栽本数	育苗方法	種類
A	2014.4	200	裸	クローン
B	〃	200	コンテナ	クローン
C	〃	200	コンテナ	実生混合
計		600		

※クローン家系は遠田 2 号

クローン裸苗は、コンテナ苗と比較して約 10cm 程度苗高が低い苗木を植栽したが、コンテナ苗と対象のため併せて植栽したものである。植え付け器具は、エンジン式オーガ（ゼノア AG430）スパイラル 90mm を用いた。試験地は、環境条件等の影響が極力無いよう立地、地形、傾斜、土壌とも同様の場所に設定した。

2. 1. 2 コンテナ苗の植え付け結果

植栽後の活着率を求め、活着が良かった試験区と、枯損の原因と動物から受けた食害を特定した。

2. 1. 3 下刈り条件及び日照条件とコンテナ苗の生長量

一般的なコンテナ苗は実生混合を発芽させ養生しているが、本県では低花粉スギのクローン苗生産が年々増加の傾向にあることから、今回の試験には遠田2号等低花粉のクローンコンテナ苗も植え付けした。

クローンコンテナ苗と実生混合コンテナ苗について、下刈り条件をかえ生長量を調査するとともに、3区の下刈り別苗高生長量を比較検証した。各試験地についての下刈りの条件は（1回刈り・2回刈り・高刈り）の3種類で実施した。また植栽後の形状比（苗長/根元径）が下刈りによって影響を及ぼすか形状比を求めた。

2. 2 下刈り省略作業の適用条件の評価と実証事例

2. 2. 1 雑草木類の生長量とスギコンテナ苗の生長率

下刈り前の試験地に発生した雑草木全ての草丈平均値から種類別に生長比較した。試験地に発生した雑草木類の生態から生活型を分類した。B区の上部和下部は光環境が雑草木類に影響を及ぼしており、発生した草丈生長量を比較した。雑草木類の生長量は光合成有効放射（PAR: Photosynthetically active radiation）の波長帯の影響を受けているものと思われ、植物と光合成の関係を紐解くのに必要不可欠である。なお試験に用いた機種は、光量子計（LI-COR LI-250A）で、コンテナ苗の苗高と同程度の地上から50cm位置で8月に測定した。光量子の差から雑草木と生長との関係を分析した。試験地上部と下部のコンテナ苗の生長率を調査した。

2. 2. 2 下刈り作業時間

下刈りの時期と植栽列ごと苗木本数が違う3地点で1回刈り、2回刈り、高刈り別に下刈り作業時間を計った。普通刈り（全刈り）と、高刈り（苗高よりやや高い位置で雑草木を刈り払うもの）の作業時間を比較し、試験地内で雑草木類の発生量、生長量、立地条件、草種での比較における実証試験の結果から作業時間短縮の可能性を考察した。

3 課題と評価

植え付けの注意点と光環境の違い等、今後の課題等をまとめた。

3 調査結果

3. 1 コンテナ苗植栽の事例解析とデータ集の作成

3. 1. 1 コンテナ苗の植え付け

設定した試験地は以前スギの採穂園跡地で、採穂母樹の老齢化から廃止し、前年のうちに伐採から地ごしらえ等を済ませている。植え付けに当たり近くを管理用道路が通る等、トラックがそばまで入るため、コンテナ苗の運搬は支障なく植え付けすることが出来た。

3. 1. 2 コンテナ苗の植え付け結果

コンテナ苗の植付器具としてプランティングチューブ等の専用器具が普及しているが、手配が間に合わずエンジン式オーガで植穴を掘ったため、植栽コスト等の調査は省略した。

裸苗の植え付けは根踏み作業を入念に行うが、根鉢のあるコンテナ苗の場合簡単に済ませることが植え付け時間の短縮につながった。春先が植付時期だったことに加え、植栽後に降雨があったことが乾燥防止につながった。また、試験地は位置や標高等の環境が大きく異なると活着や生長の要因を見落とす場合があり、試験地ごとの環境変化をある程度同等にできたものと考えられる。翌年枯損した本数は、クローン苗11本に対し実生

表-3 コンテナ苗の苗高と地際径の比較

クローンコンテナ苗	本数		苗高		地際径	
	H26. 4. 18	H27. 12. 7	H26. 4. 18	H27. 12. 7	H26. 4. 18	H27. 12. 7
	本	本	cm	cm	mm	mm
1 回刈	60	54	47.85±4.26	70.87±11.25	5.30±0.61	9.45±1.51
高 刈	58	55	48.58±5.68	73.84±14.00	5.70±0.80	9.07±1.90
2 回刈	60	58	47.63±3.89	72.81±15.23	5.55±0.73	10.57±2.20
活着率	94%					

実生混合コンテナ苗	本数		苗高		地際径	
	H26. 4. 18	H27. 12. 7	H26. 4. 18	H27. 12. 7	H26. 4. 18	H27. 12. 7
	本	本	cm	cm	mm	mm
1 回刈	64	51	45.60±5.82	73.30±14.95	5.56±0.57	9.26±2.39
高 刈	65	55	44.48±5.20	83.21±20.90	5.35±0.83	9.12±2.86
2 回刈	64	54	48.42±5.10	78.12±15.07	5.72±0.85	12.34±3.09
活着率	83%					

※平均値±SDを示す

混合苗が33本と、クローン苗試験区の活着は良好で、実生混合の枯死木が3倍多い結果となった。枯損原因が特定できたものとして、コウモリガの食害及び植え付け時に根と土壌との接触がうまくいかなかったためと推察された。枯損後は補植をしないこととした。秋から冬にかけて苗木に枝先や樹幹部の切断被害が散見され、食痕の切断面は鋭い刃物で切った様子からノウサギの被害と推測されたが、被害率は全体の1割程度であった。

苗木の活着率はクローンコンテナ苗が94%、実生混合コンテナ苗は83%だった。クローン裸苗は83%だった。

3. 1. 3 下刈り条件及び日照条件とコンテナ苗の生長量

試験は下刈り試験と合わせて行うため、生長率は下刈りとの関係で評価することとした。

平成26年4月の植栽時と翌年12月に苗高と地際径を測定した結果、クローンコンテナ苗の平均苗高の最大値は高刈りで73.84cm、平均地際径が2回刈りの10.57mmとなった。一方、実生混合コンテナ苗は、平均苗高の最大値は高刈りで83.21cm、平均地際径は2回刈りで12.34mmとなった(表-3)。

苗高生長量の比較では、C区>B区>A区の順に高い傾向にあった(図-2, 3, 4)。下刈り別の苗高比較では、C区の高刈りが良い結果となった。一方地際径の生長は大きな差は見られなかったが、2回刈りが僅かに良い生長量を示し、下刈りによってスギの生長量は異なることが示唆された。

2014年4月の植栽時スギコンテナ苗の苗高は、平均約40~50cmの状態に対して、スギクローン裸苗の苗高は、平均約20~40cmと植栽時の苗高サイズがスギコンテナ苗よりも小さいことが、その後の生長の差に影響していた。スギ実生混合コンテナ苗はスギクローン裸苗やスギクローンコンテナの苗高を上回る等、スギ実生混合苗の生長量が大きいことが確認された。

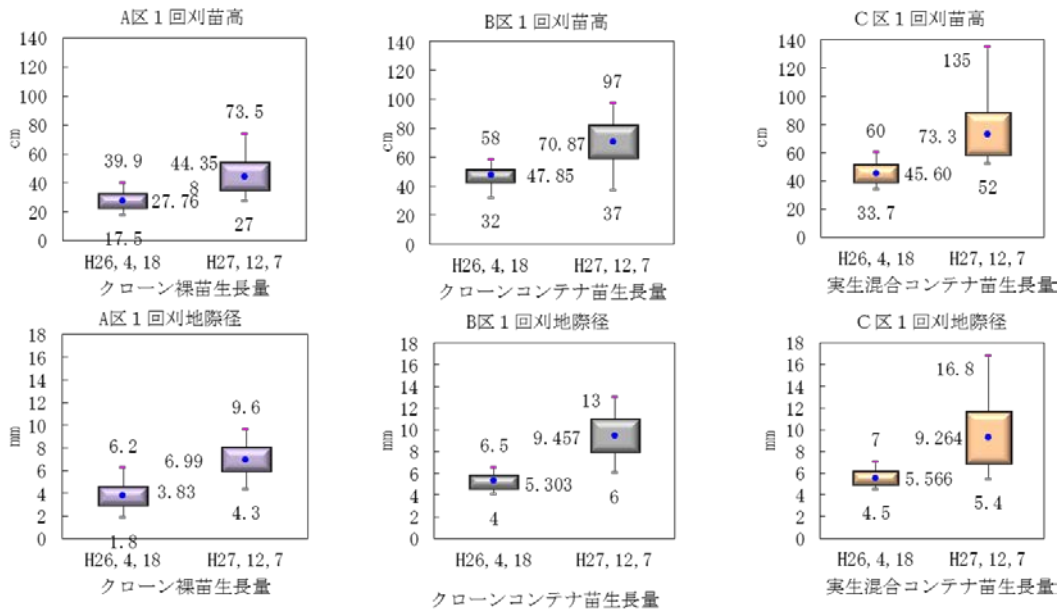
地際径は、スギ実生混合コンテナの中でも2回下刈りが良い結果となった。一方高刈りは、どの苗木も地際径が細く、下刈り位置が高く(写真-1, 2)雑草木類による影響が示唆された。



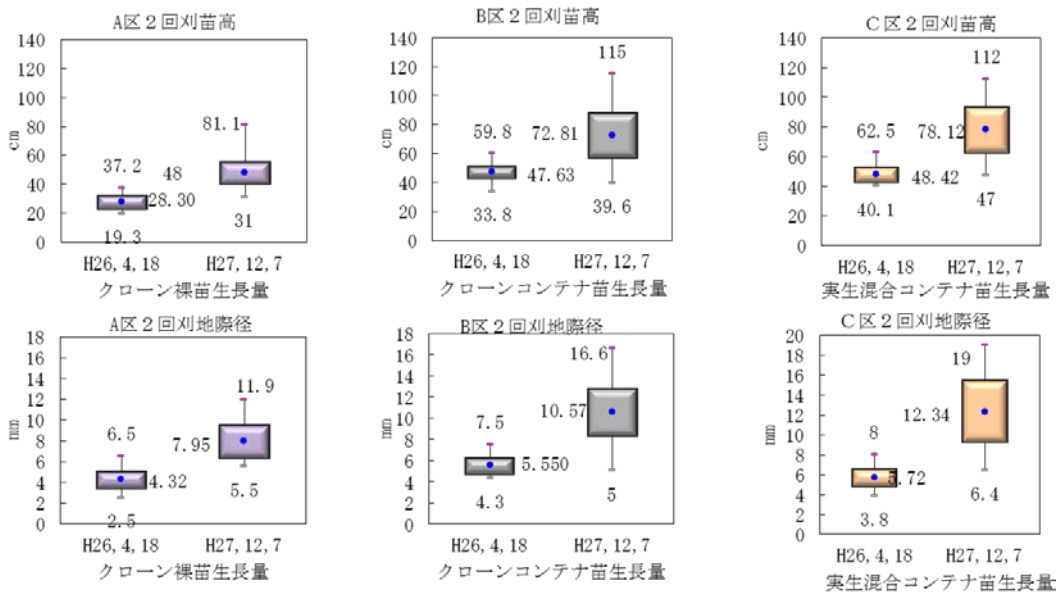
写真-1 高刈り位置 (地上約50cm)



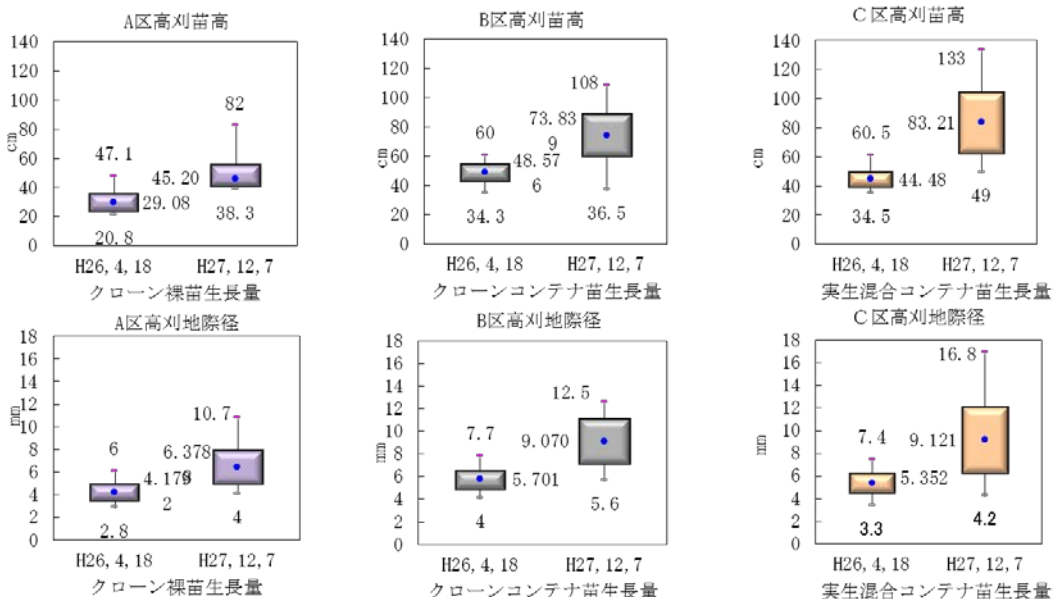
写真-2 高刈り後 (雑草が若干高い)



図一 2 苗高・地際径生長量（1回刈り）



図一 3 苗高・地際径生長量（2回刈り）



図一 4 苗高・地際径生長量（高刈り）

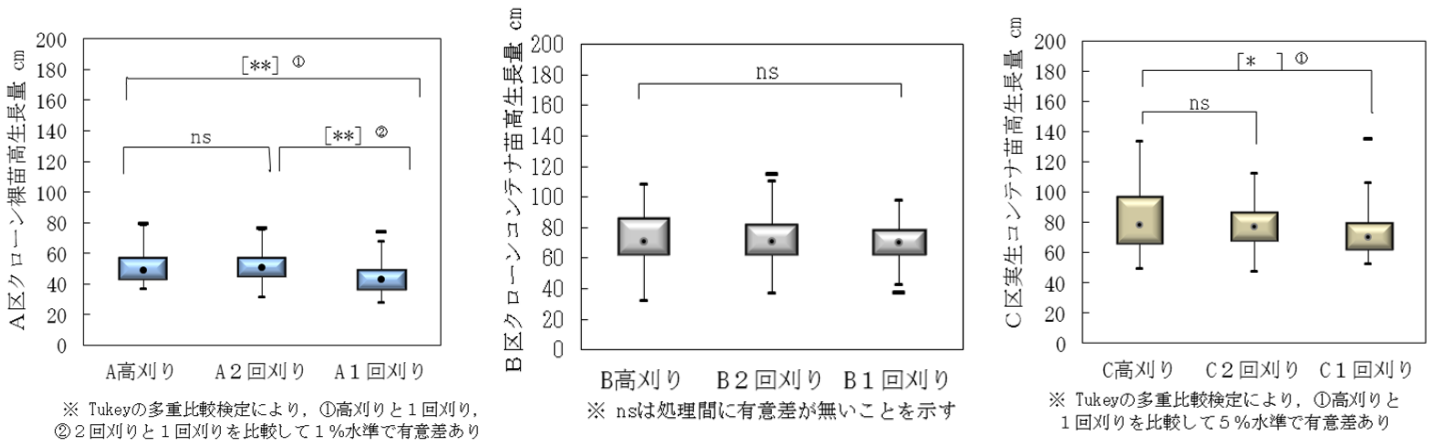


図-5 試験区別苗高生長量の比較

試験区別に2年目の苗高生長量を下刈り別々に示した(図-5)。下刈り処理間の生長量を多重比較法 Tukey-Kramer 検定を行ったところ, A区の処理間には高刈りと1回刈り及び2回刈りと1回刈りに1%水準で有意差が認められた。C区は高刈りと1回刈りの間には5%水準で有意差が認められたが, B区の処理間に有意な差は認められなかった。

今回の試験は, 下刈りとの組合せを含め苗木の形状比(H/D)がA区の1回刈りは63.4, B区は74.9, C区は78.8。2回刈りはA区66.2, B区は68.9, C区は63.3となった。高刈りのA区は70.2, B区は81.6, C区は91.6となった。高刈りはどの区でも細長い形状比が高いのに対し, 逆に2回刈りは小さい傾向であることが分かった。二元配置の分散分析で検定した結果, それぞれの処理間に有意な差は認められなかった(表-4)。形状比の差は光が届く範囲を示しているものと考えられ, 日照が全体に当たる普通刈りに比べ, 高刈りは光が梢端部分に集まりやすく, 伸長生長が良好となり形状比が高くなることが示唆された。形状比の小さい苗木は, 植栽直後から良好な生長を示すことが報告(宇都木ら, 2015)されているが, 植栽苗の形状比は小さい姿が理想とするならば, 肥大生長を促進させるさらなる検討が必要であろう。

表-4 下刈り別形状比

区分	1回刈り		2回刈り		高刈り	
	本数	H/D	本数	H/D	本数	H/D
A区	56	63.4	55	66.2	51	70.2
B区	54	74.9	55	68.9	58	81.6
C区	51	78.8	55	63.3	54	91.6
平均値±SD		72.36±8.00		66.13±2.80		81.13±10.70
分散分析		ns		ns		ns

※ 二元配置の分散分析(繰り返しあり)で下刈り間差の有意を検定した。

※ nsは処理間に有意差が無いことを示す。

3. 2 下刈り省略作業の適用条件の評価と実証事例

3. 2. 1 雑草木類と生長量

造林木の幼齢時の生長特性と雑草木類の発達状況との関係を解析するため, 試験地に自然発生する雑草木類の生長経過を調べ, 下刈りが最も適切な時期を検証した(図-6)。

木本類や宿根性草本は, 春季発芽後生長の最盛期を迎え, 開花から結実期に至り生長は停止する。伐採後の木本植物は, 萌芽なので開花結実はおきず, 生育期間を通じて生長が続き, 6~7月頃に生長の最盛期を迎え,

秋期頂芽の形成に至るまで生長が続くといわれている。試験地に発生した雑草木類の生態は一樣ではないことから、生活型に分類した。

一年生植物は、タネで越冬し春発芽して上長生長を7月頃までにし、夏から秋に開花結実する。開花前に下刈りすれば、効果があるものと考えられる。

例：コブナクサ、ダンドホロギクほか

二年生植物は、秋期にタネから発芽し、地表に葉をひろげたまま越冬し、翌春から夏にかけて開花結実するもので、開花前に下刈りすれば効果があるものと考えられる。

例：ハルジオン、ヒメジョオンほか

宿根性植物は、貯蔵根により越冬し、秋まで枝葉を保ち群生しないが、つる性のものは早期の下刈りが必要である。

例：ヤマユリ、ヤマノイモほか

多年生植物は、地上部は冬季間枯死するが、地下茎は長期間生存し、冬芽を地表面に存在するもので、大型草本で密に群生する性質があり6～7月頃旺盛に伸長し、開花期まで生長を続け下刈り後でも再発力が旺盛であるため、下刈りの最重要植物である。

例：ススキ、ヨモギほか

木本植物は、低木といわれる植物で、地下茎で繁殖し、密な一斉群落を形成し、年間を通じほぼ一定の草丈を保つもので、多年生植物とともに下刈り対象植物の代表である。

例：アズマネザサほか

高木生木本植物は、伐採跡地にいち早く侵入し旺盛に生育する初期侵入樹木で、放置すればかなりの樹高に生長する。例：タラノキ、ヌルデ、ニワトコ、イヌザンショウほか。

つる性植物は、造林木にからみ樹冠を覆って被圧することもあり、下刈り作業とともにつるの伐り作業が伴うこともある。

例：フジ、ヘクソカズラ、サルナシ、アケビほか。

多年生植物は前年に光合成した養分を貯蔵し、春とともに旺盛な生育を開始する。地下部の養分貯蔵が乏しくなった出穂開花時期に下刈りを行えば、効果が現れると思われる。試験地では生長の旺盛なススキ等の植物が優占していることから、6月下旬頃に下刈りを行わなければ苗木が被圧され生長に影響することが懸念された。

さらに、次年度分の養分貯蔵を防ぐため、その後もう一度下刈りを行えば有効であると考えられた。

雑草木類は6～7月頃に上方生長が最大になり開花する草本類

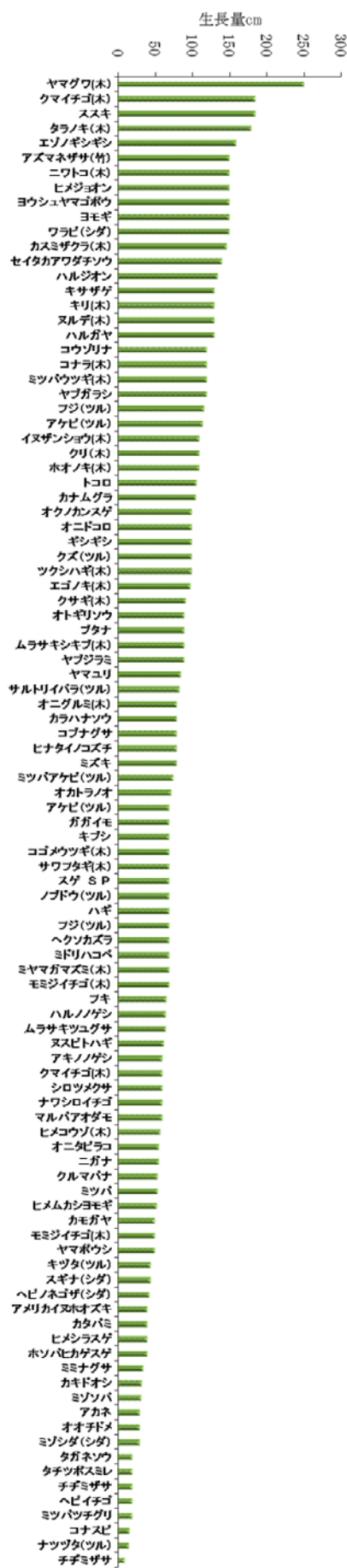
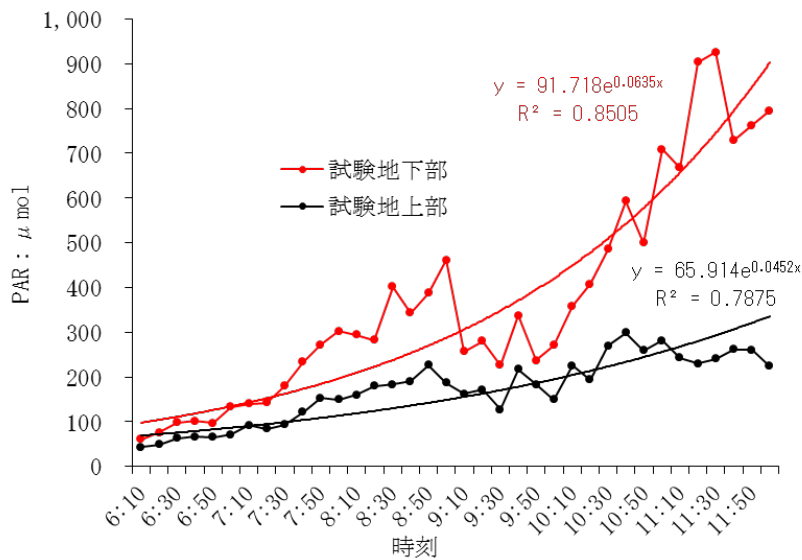


図-6 発生した雑草木類

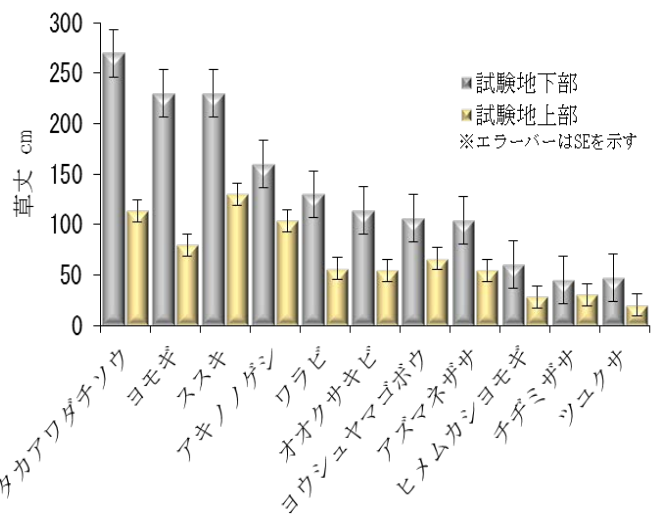
が多く、木本植物の萌芽生長も最盛期が同時期となる。少なくとも、最大生長期に達する前に下刈りを行うことが有効であるが種類が多く、生態を全て把握し、それに応じた下刈りスケジュールを組むのが最善の方法であると考えられる。



図一七 試験地PARの関係

B区のPARは、時間の経過とともに上昇し正午の段階で上部124 μ mol, 下部794.50 μ molに達し、時間の経過と有意に相関があることが分かった。(決定係数 $R^2=0.7875$, $R^2=0.8505$) (図一七)。B区は西向斜面で、東北東の雑木林に太陽光が遮られているため、晴天になれば太陽エネルギーに晒される試験地下部との日照差によるものと考えられた。

PARと雑草木の関係は、多年生草本類であるセイタカアワダチソウやヨモギ等が顕著に影響された(図一八)。試験地上部と下部の処理間を二元配置分散分析の結果、5%水準で有意差が認められた(表一五)。



図一八 PARと生長量(雑草)の関係

表一五 試験地生長量(雑草)の有意差検定

試験地別	n	平均値±SD	分散分析
下部	11	136.00±77.86	5%水準で有意差あり [*]
上部	11	66.90±36.43	

※ 二元配置の分散分析(繰返しあり)で上下間差の有意を検定した。

試験地を上下に区分すると午前の間、日照の入射が制限されている斜面上部と日射が良好な下部の間に植栽したコンテナ苗約20本の生長量をみると、植栽2年目から伸長生長量に差が生じるようになり、試験地下部は上部を上回る生長率を示した(図-9)。

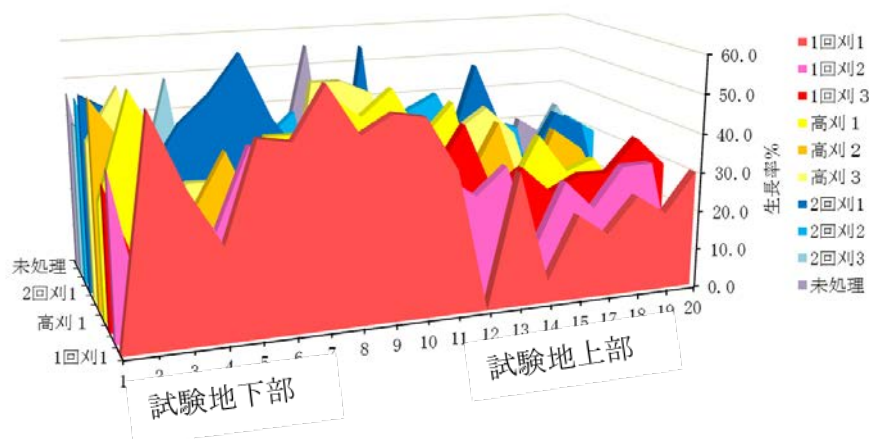


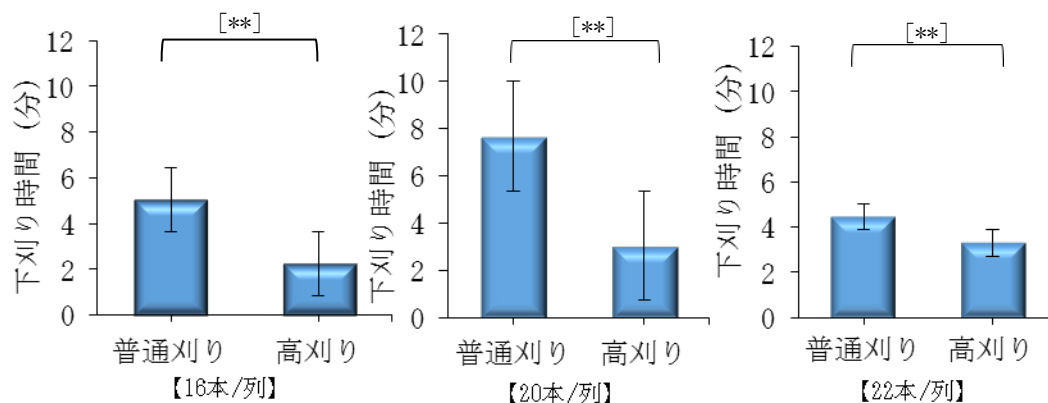
図-9 試験地上部と下部の生長率(コンテナ苗)の関係

3. 2. 2 下刈り作業時間

下刈りの時期は苗木の生長経過と雑草木類の生育によって決めることとなるが、一般的には雑草の生育最高期の直前が良いといわれる。普通刈りのような場合、作業は単純であるが他の下刈り方法に比べ労力がかかり作業コストが大きくなる欠点がある。筋刈りや坪刈りは、苗木に対する光環境が普通刈りに比べ不利となるが、2回刈りが必要な場合は普通刈りとの組み合わせで労力の節減を図れることになる。

普通刈りと高刈りのコスト比較試験で、高刈りの場合地上50cm上を平面に刈るため、作業時間の短縮が可能になったものと考えられた。作業時間を比較したところ、雑草木類の発生量、生長量、立地条件、草種が違いう上に斜面の上部と下部でかなり草量に差がみられたが、全ての地点で下刈り時間が短縮された(図-10)。Student's *t* 検定の結果、それぞれの処理間には1%水準で有意差が認められた。

高刈り作業は、過度な草刈り圧ではなく回転刃が地面に直接つかないため、誤伐の被害がなく、小石などの異物の飛散が起りにくく刃の消耗を防ぐ点に加え、日照りや風雪から保護される副次的効果が考えられる。



※ Student's *t* 検定により、普通刈りと高刈りを比較して1%水準で有意差あり
 ※ エラーバーは、SEを示す。

図-10 下刈り時間の比較

4 課題と評価

植穴はスパイラル 90mm サイズの内径が太すぎたことに加え、踏み固めが足りず根と土壌との接触が不十分だったことが植栽後に判明した。植え付けが不十分だとその後の生長にも影響が出ることから、引き続き経過観察が必要である。2年目になると高刈り位置を超える苗木も出たため、エンジン付き造園用芝刈り機を用いて苗高に合わせた高刈り作業を行う等の試験も行った。

雑草木類の生長過程は、地域や立地条件で常に変化しているが、光環境の違いで生育に大きく影響があることがわかり2年目以降生育を抑制する調査等は今後の研究をまたねばならない。

下刈りをせずに、雑草木の上部だけを刈る高刈りの方法は、高刈り後も歩くことが困難になり、かえって手間をとる場合もあった。しかし保育省力の観点からは有効であると考えられた。

コンテナ苗の生長は、下刈りの効果と密接であるが、従来慣習的に行われ実証的な研究は少ないため、植栽木の生育と光合成の関係、雑草木の生態については未解明な部分もあると考えられる。

引用文献

宮城県農林水産部：みやぎの森林・林業のすがた 2015

三島直温，相澤孝夫：伐採跡地を低コストで回復する技術を一森林公益機能回復モデル事業— 現代林業 11月号 2006

岡 健・山田 健・落合幸仁・佐々木達也・齋藤英樹・高橋正義・鹿又秀聡・上村佳奈・今富裕樹・中村松三・重永英年・野宮治人・山川博美・藤澤義武・平岡裕一郎・吉田茂二郎・伊藤 哲・平田令子・藤井 栄・金磯牧夫・渡辺直史：再造林の低コスト化をいかに進めるか 森林総合研究所 平成 25 年度 研究成果選集 2013

宇都木玄・壁谷大介・田中良明・鹿又秀聡・八木橋勉・駒木貴彰・大石康彦・北原文章：一貫作業システムの切り札 コンテナ苗の植栽試験結果 森林総合研究所 平成 27 年度 研究成果選集 2015

木質系バイオマスモデル地区における林地残材の利活用に向けた研究

伊藤 俊一

要 旨

再生可能エネルギー固定価格買取制度が施行され、本県でも気仙沼市で木質バイオマス発電施設が稼働を始め燃料となる林地残材等の利用が期待されている。本研究は、木質バイオマスモデル地区として気仙沼市の林地残材動向を明らかにすることを目的に実施した。

気仙沼市の木質バイオマス発電に利用される林地残材は、森林組合が行う法人所有森林の林産活動によって発生する未利用材が大部分を占めている。森林組合が実施した間伐事業で実証調査を行い、発電に利用される m^3 当たりの収支額を算出した。また、同地域で活動する自伐林家の1日の造材量と軽架線集材による搬出量、買取り土場までの軽トラックによる運搬量と販売額を調べた。

キーワード：木質系バイオマスモデル地区、林地残材

1 はじめに

2012年7月に再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT：Feed-In Tariff）が施行され、県内でも木質バイオマス利用への取組が気仙沼市で始まった。

気仙沼地区では、木質バイオマスエネルギーによる発電施設が稼働を始めており、当発電プラントを安定して稼働させるには8,000t/年の木質燃料が求められるが、これを確保するのは容易なことではない。

バイオマス発電がきっかけとなり、地元の森林所有者が積極的に自伐林業に取り組む事例も見られている。2014年に発足した「八瀬森の救援隊」は、共有林の間伐作業委託を受けバイオマスとして木材を供給する活動をしている。林業だけで食べていくにはハードルは高いが、団塊世代のセカンドワークとして展開している。前課題「木質バイオマス資源の供給可能性に関する調査」では、モデル地区にどれほど資源が賦存し、種別ごとに土場や林道沿いといった発生場所から発生形態の供給可能性を推計したが、本課題では、気仙沼市における林地残材等原料供給面の調査から課題を明らかにすることとした。

2 調査方法

2. 1 木質バイオマスモデル地区の動向

2. 1. 1 気仙沼市の木質バイオマスエネルギー利用等について

気仙沼地域エネルギー開発（株）は800kwの熱電併給型発電施設により、8,000～10,000t/年の原料確保が必要になる。そこで宮城県農林水産部発行の統計資料を用いてスギ・アカマツの公有林における齢級別森林資源量を比較した。気仙沼市森林組合の間伐現場で木質バイオマスの搬出調査を行い、この実証調査では合板等に利用しない丸太材を林地残材とした。フォワーダとトラックが搬出・運搬に要した諸経費【機械経費×日数＋人件費×日数】と林地残材収入額【販売価格】との差を比較した。実証調査地は当市が所有するスギ42・43年生、面積14.82ha、の間伐施業地で、全体生産量638 m^3 で、うち木質バイオマスとして搬出した林地残材分は128 m^3 であった（写真－1，表－1）。



写真-1 間伐施業地

表-1 実証調査概要

項目	調査地概要
場所	宮城県気仙沼市松崎 金取115-1 (112林班チ5ほか6筆)
地況	標高:160m~250m 北斜面
面積	14.82ha
生産量	638m ³ (用材) 内128m ³ (林地残材)
樹種	スギ
林齢	42年 (5.82ha), 43年 (9.00ha)
施業期間	H27.9.7~H28.1.15
施業内容	間伐率35% 搬出あり
作業道	総延長700m
集材方法	全幹集材
所有者	気仙沼市有林

実証調査地での素材生産施業は、森林組合が保有する高性能林業機械、プロセッサとフォワーダの各1台を核とした作業である(図-1)。

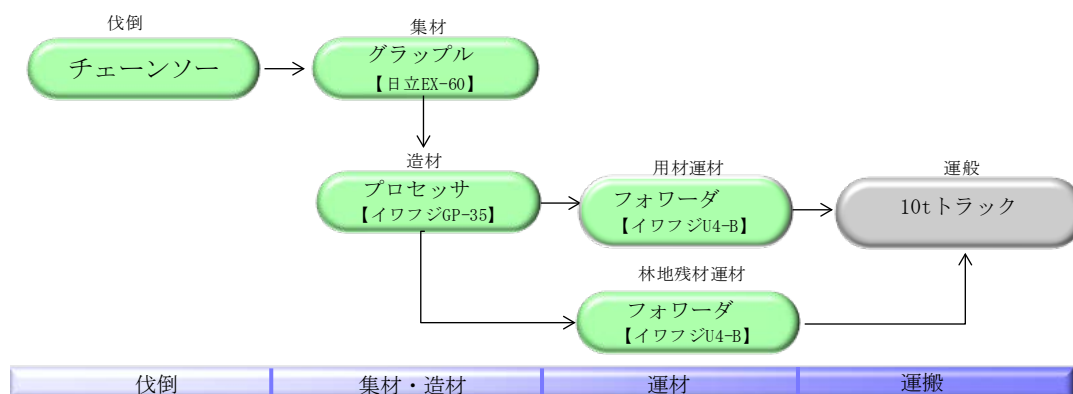


図-1 実証調査地作業フロー

2. 1. 2 自伐林家における原料の調達と伐採・集材の概要

自伐林家4人の木質バイオマス材の造材量(t/日)と販売額(円/日)を調べた。軽架線集材(2架線)は集材範囲が20m以下、傾斜角は20°、材長は2mで、荷掛手から荷下手及びウインチ操作の3人1セットで行われた。調査では販売額(円/日)と諸経費(円/日)を求めた。軽トラックによる材の運搬は、集積した林道脇の土場で2m以下の短材を人力で載せ、原木買取り土場まで約5kmを運搬し、荷下ろしするまでとし、その運搬に関わった販売額(円/日)と燃料等の諸経費(円/日)を調べた。なお、原木買取価格はt当たり現金3,000円+地域通貨3,000円併せて6,000円である。実証試験地は部分林組合が所有する間伐施業地で、面積は5.98haのスギ45年生である(写真-2, 表-2)。

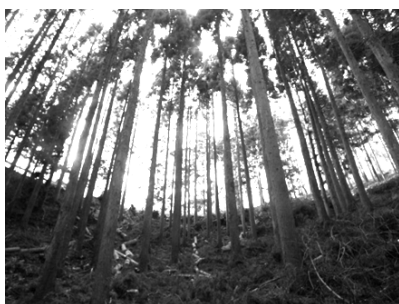


写真-2 間伐施業地

表-2 実証調査概要

項目	調査地概要
場所	宮城県気仙沼市下八瀬地内 (20林班ハ6ほか4筆)
地況	標高:80m~120m 東南斜面
面積	5.98ha
樹種	スギ
林齢	45年
施業期間	H27.5.1~H27.12.15
施業内容	間伐率30% 搬出あり
作業道	延長200m (下八瀬松川支線)
集材方法	短幹集材
所有者	下八瀬部分林組合

木質バイオマス材はチェーンソーで伐倒造材し、軽架線で集材したものを小型運材車で土場まで運材、その後各自の軽トラックで気仙沼地域エネルギー開発(株)へ運搬している(図-2)。

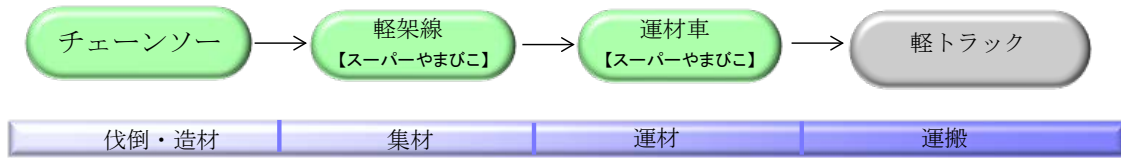


図-2 気仙沼市自伐林家の作業フロー

2. 2 木材チップの動向

2. 2. 1 木材チップ（林地残材・住宅解体材）生産量

農林水産統計資料をもとに当県の林地残材チップの生産量と住宅解体材チップ生産量の動向から東日本大震災発生前後の廃棄物の再利用への転換と需要の背景を考察した。

2. 3 木質バイオマスモデル地区の課題

今回の調査で林地残材の安定供給に向けたサプライチェーンの問題を考察し、気仙沼市森林組合と自伐林家の課題を提示するとともに、南三陸町で行われた魚網を使った林地残材の搬出について事例紹介した。

3 調査結果

3. 1 木質バイオマスモデル地区の動向

3. 1. 1 気仙沼市の木質バイオマスエネルギー利用等について

気仙沼地域エネルギー開発の木質バイオマス燃料は、主に公有林の間伐材等供給可能な原料を収集し、トータル8,000t/年を目標としている。当市内公有林のスギ森林資源量は10齢級が最も多く、7齢級の約3倍と齢級別資源のバラツキが大きい(図-3)。このまま造林面積が減少すれば、木質バイオマス原料の確保が難しくなるものと考えられる。当地区では、スギのほかに、アカマツ林も豊富にあるが、資源のバラツキはスギと同様で原料確保が難しくなる。(図-4)、(宮城県農林水産部, 2015)

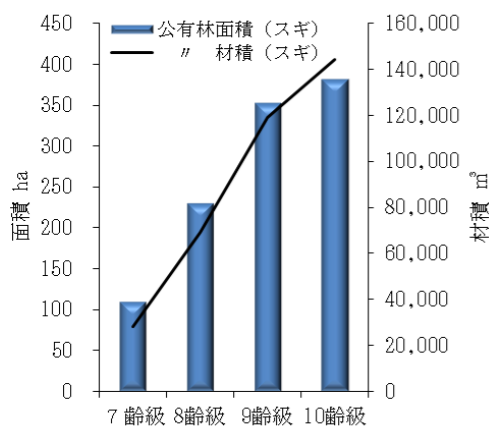


図-3 気仙沼市内公有林（スギ）の森林資源

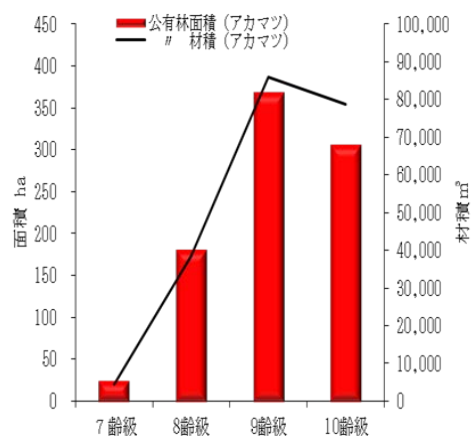


図-4 気仙沼市内公有林（アカマツ）の森林資源

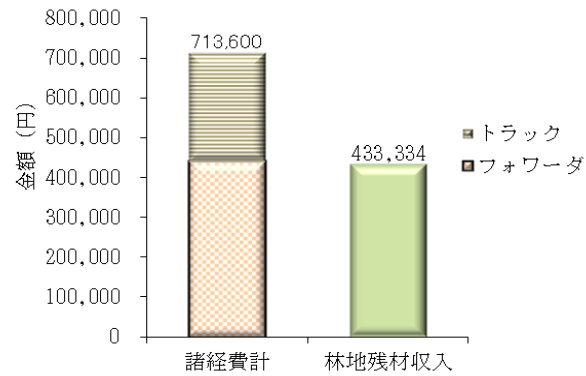


図-5 諸経費と原木収入の比較

気仙沼地域エネルギー開発(株)へ運搬した林地残材に要した諸経費はトラック1往復で22,800円×12回=273,600円にフォワーダの経費30,000円/日×11日+人件費10,000円/人×11日=440,000円で諸経費の合計額が713,600円となった。林地残材の収入額433,334円から差引くと280,266円の赤字となった(図-5)。m³当たりで換算すると、280,266円÷林地残材等の販売量128m³=2,190円/m³の赤字額となった。赤字はフォワーダによる小運搬及びトラック運搬費が高んだことが原因と考えられるが、山土場までトラックが入れば運搬コストを抑えられ採算面で有利になると考えられる(写真-3, 4)。

一方、現段階では木質バイオマス資源を安定して供給するには、搬出経費の一部を助成する等の措置が必要であるものと考えられる。



写真-3 フォワーダ「イワフジU-4」



写真-4 10tトラックで買取り土場へ搬入

3. 1. 2 自伐林家における原料の調達と伐採・集材の概要

造材量はメンバー4人で9.71t/日となり、一人当たりの平均は2.43 t/日となった。(表-3)。

表-3 造材量と諸経費

造材作業員	造材量	諸経費	諸経費
	(t/日)	(円/日)	(円/t)
A	3.22	1,014	315
B	2.98	630	211
C	2.06	670	325
D	1.45	670	462
計	9.71	2,984	307
平均	2.43	746	307

※ただし諸経費は変動費用を示す

軽架線集材量は2架線合計で6.40 t/日となり、諸経費額は1,080円/日となった(表-4)。

表－4 軽架線集材量と諸経費

架線集材	架線延長	集材量	作業員	諸経費	諸経費
		(t/日)	(人/日)	(円/日)	(円/t)
A架線	42m	3.49	3	540	155
B架線	77m	2.91	3	540	186
計		6.40	6	1,080	
平均				540	169

※ただし諸経費は混合油代

軽トラック等の小規模運搬は、運搬距離の長さがコストに影響する。今回の軽トラックの運搬では、積載量の関係から3～4回/日の往復になったが、買取り土場まで近距離だったことで諸経費が平均910円/日となった(表-5)。

メンバーによる総積載量は14t/日となり、一人当たりの平均は2.80t/日となった。販売額は84,000円/日となり、販売額1人当たりに換算すると16,800円となった。今回の収入は、「八瀬森の救援隊」の口座へ入金され、林業機械等購入の代金に充てられている。

表－5 運搬量と諸経費額

軽トラ運搬	積載量	諸経費	諸経費
	(t/日)	(円/日)	(円/t)
A	2.36	692	293
B	2.88	984	342
C	2.81	994	354
D	2.80	798	285
E	3.15	1,080	343
計	14.00	4,548	1,617
平均	2.80	910	323

※ただし諸経費は変動費用を示す

搬出方法は、「NPO法人土佐の森・救援隊」が提案したシンプルな架線で、林内作業車の軽ウインチを動力とし、木材を空中に吊り上げず地引きによるものである。軽架線集材の労働生産性は1人に換算すると1t/日前後と作業能率は低いことが分かった。大径木の搬出は難しい等欠点もあるため(写真-5)、現場状況に応じた対応が必要である。

自伐林家の中には、自家労力だけで素材生産を行う専業世帯も存在し、その搬出方法は一輪車に丸太を載せ、山道を駆け下りる搬出法である(写真-6)。1回の運搬で、細丸太5～6本程度を12～13回/日も往復するという非効率的な方法だが、既に30tの搬出を終えている。多少の曲材も買い取ってくれるため、伐った木はすべて販売できて自伐林家にとっては大きなメリットでもある。



写真－5 軽架線集材



写真－6 一輪車を使った搬出

3. 2 木材チップの動向

3. 2. 1 木材チップの生産量

木質バイオマスの燃料として、近年林地残材の利活用が注目されている。しかし、現状の木材生産システムからは収集困難な上にコスト面や販売面から不利な条件にある。今後、ますます林地残材等の未利用材は重要な木質資源として位置づけられるものの、本県の林地残材チップ生産量は2005～2007年まで毎年5千t前後の生産量となっていたが、その後は1千t未満で推移している（農林水産統計、2016）。

今後の課題としては、林地残材チップの需要はあるが供給量が追いつかないのが現状で、需要の増大に対応できるよう安定的に林地残材の収集・搬出ができる体制づくりが必須となっている。

バイオマスの燃料として需要が多い建築廃材は、震災廃棄物が大量に流通した際は建物の瓦礫だけで約2,500万トン、震災年を境に解体チップの生産量が急激に増大し、パーティクルボードの原料や木質バイオマスの燃料として活用された（図-6）。解体材に需要がある背景には、処理業者に持ち込まれるときに逆に処理費が計上できるため、林地残材とは比較にならないくらい低コストで調達が可能なためと考えられる。

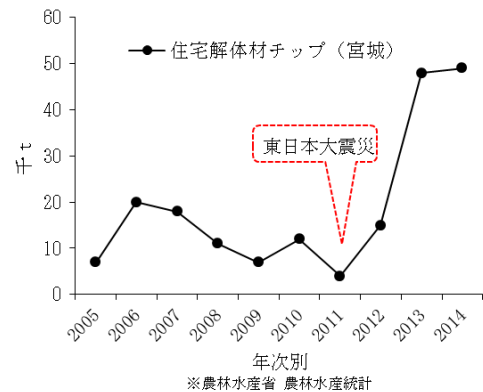


図-6 住宅解体材チップの生産量

3. 3 木質バイオマスモデル地区の課題

気仙沼地区の課題として見えてきたことは、サプライチェーンの各段階で取引単位が異なり、定量的な数量把握を困難にしていたことである。伐採地では m^3 単位で流通しても、木質チップはtで取引されている。含水率でもDB（乾量基準）かWB（湿量基準）かの基準が混在している事例があり、まずは単位や価格を整理することが必要と考えられる。森林組合からは、収集方法の改善として各集落に中間土場を設置し、木質バイオマス買取り業者のトラックが中間土場を巡回するシステムができれば、売り手と買い手双方にメリットがあるという意見も聞かれ、地域全体で体制の効率化を進めることがサプライチェーンの構築に必要と考えられた。自伐林家は伐木造材作業の経験が浅いため、安全作業を心がける等の労働安全対策の徹底が必要である。

木質バイオマスの事例紹介になるが、南三陸町の木質ペレット生産は、町内の間伐事業で出る林地残材を魚網を使った回収作業で、素材丸太と比べ形状が不均一な林地残材（端コロ）の回収を行っている（写真-7、8）。端コロ等は一般的に作業道や林道脇で造材端材が集中的に発生しているが、未収穫のまま集積し残置することが多いのが現状である。地元漁業関係者からのアイデアにより魚網を使って運材車へ積載する提案がされた。魚網の規格は民間会社と素材生産事業体の意見により縦3.50m×横4.00mの巾着型をし、重量10kg、耐荷重は約2tとし価格は35,000円/枚である。

この方法は土場からトラック輸送ができない悪路条件において効果的であり、運材車へ積載した用材の上にハーベスタまたはグラブにより吊り上げ、魚網ごと載せるだけで安定した搬出が可能と考えられる（図-7）。木質ペレットの製造は、環境省の委託を受けた民間会社が実施した「木質バイオマスエネルギーの実証調査事業」（南三陸町、2013）で設置された木質バイオマスデモプラントにおいて、木質ペレット製造を実施した（写真-9）。なお、搬入した林地残材は樹皮に放射性物質の付着が考えられたが、測定の結果は全て暫定許容値（400ベクレル/kg）以下であった。



写真-7 網上で造材



写真-8 運材車に積載



写真-9 デモプラントに搬入

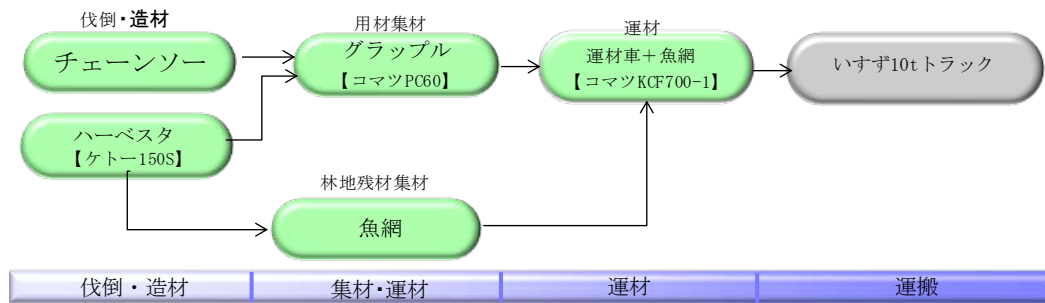


図-7 木質ペレット収集の作業フロー

南三陸町の木質ペレットは、地元の経済波及効果に貢献できるということに満足感を得る方も多いことから、ペレットストーブを使うことが地域の森をどれだけ良くするかを、広く住民や事業者と考えるべきである。

木質バイオマスのモデル地域は、恵まれた森林資源を有している。本格的な木質エネルギーの供給が実現できても木質バイオマス資源の浪費はせず、利用量は森林の成長量の範囲内に抑え、森林資源を持続させることの重要性も伝えていかなければならない。

引用文献

南三陸町：南三陸町 バイオマス産業都市構想 2013

宮城県農林水産部：みやぎの森林・林業のすがた（平成26年度版）2015

農林水産統計：木材価格（平成28年1月）2016

平成28年度
林業技術総合センター成果報告
第25号

平成29年2月発行

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^{はぬき}衡字^{はぬき}柞木14

電話 022-345-2816

FAX 022-345-5377

E-mail stsc@pref.miyagi.jp

