

雪と造林

第 19 号



令和 3 (2021) 年 3 月

豪雪地帯林業技術開発協議会

発刊にあたって

豪・多雪地帯における林業技術の開発と林業振興を目的に昭和45年度に創設された豪雪地帯林業技術開発協議会は、令和2年度に半世紀の節目を迎えました。その間、会員機関の増減を経ながら、現在は全国の公設林業試験研究機関のうち、秋田県、新潟県、長野県、岐阜県、富山県、石川県、鳥取県の7県の機関で構成されています。

戦後の拡大造林期に植栽された人工林が成熟し本格的な利用期を迎える中、主伐～再造林の確実かつ低コストに実施することへの要望は高く、そのための技術開発が不可欠になっています。その半面、わが国は世界有数の多雪地域であり、国土面積のおよそ半分が豪雪地帯、いわゆる「雪国」の指定を受けています。そのため、これらの技術の開発や適用は、雪国特有の気象や立地条件に配慮し、現場にあわせた適切なものである必要があります。この「雪と造林」誌は本協議会の機関誌であり、今号は昭和51年の発刊から数えて19号目にあたります。本誌を通じ、会員機関の取り組みの成果や技術情報を発信していくことにより、多雪地域における林業技術の推進に貢献できるものと考えております。

さて、今年度は全世界的な新型コロナウイルス感染症の拡大により、他地域への移動や会合に制限がかかり、本協議会の活動にも大きく影響しました。一時は1年間の事業凍結も検討されましたが、年次活動を絶やすことがないようにとの思いや、なにより会員相互の情報交換の場を確保するため、今年度の活動はメールを活用して開催することになりました。文字のやりとりによる意思疎通の大変さをしみじみ感じましたが、その半面、遠方や地元行政機関の方の参加も広く得て、現場で今まさに直面している具体的な問題に対する意見交換や情報提供をリアルタイムに行えたことは、オンラインならではの利点だったと思います。

来年度以降の協議会の開催形態は現時点では未定ですが、時勢を見極めたうえで最善の方法を選択して参りたいと考えています。そして、どのような形であろうと、本協議会および本誌が雪国の皆さまの森林づくりにお役に立てることを願っております。

令和3年3月

豪雪地帯林業技術開発協議会会長
岐阜県森林研究所所長 山崎 靖

目 次

○ 発刊にあたって	1
○ 秋田県大潟村の広葉樹防風林の落葉期の防風防雪効果 秋田県林業研究研修センター 新田 響平・和田 覚	3
○ 一年生幼苗移植法によって育苗した9種のスギコンテナ苗の形状 新潟県森林研究所 塚原 雅美	7
○ スギコンテナ苗の生育に及ぼすビニールハウスと育苗資材の影響 新潟県森林研究所 塚原 雅美	10
○ 再造林を安く確実にを行うにはー造林作業の機械化と下刈り省力化ー 長野県林業総合センター 大矢 信次郎	14
○ 岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップ(更新版)の作成について 岐阜県森林研究所 久田 善純	18
○ 富山県における雪起こし実施回数推定モデルの作成 富山県農林水産総合技術センター森林研究所 関子 光太郎	22
○ 多雪地帯での低コスト再造林技術ースギコンテナ苗の7年生時の成績ー 石川県農林総合研究センター林業試験場 小谷 二郎	26
○ 積雪地域におけるカラマツ植栽木へのシカ食害対策の効果 鳥取県林業試験場 富森 加耶子	30
○ 豪雪地帯林業技術開発協議会規約	34

秋田県大潟村の広葉樹防風林の落葉期の防風防雪効果

新田 響平・和田 覚（秋田県林業研究研修センター）

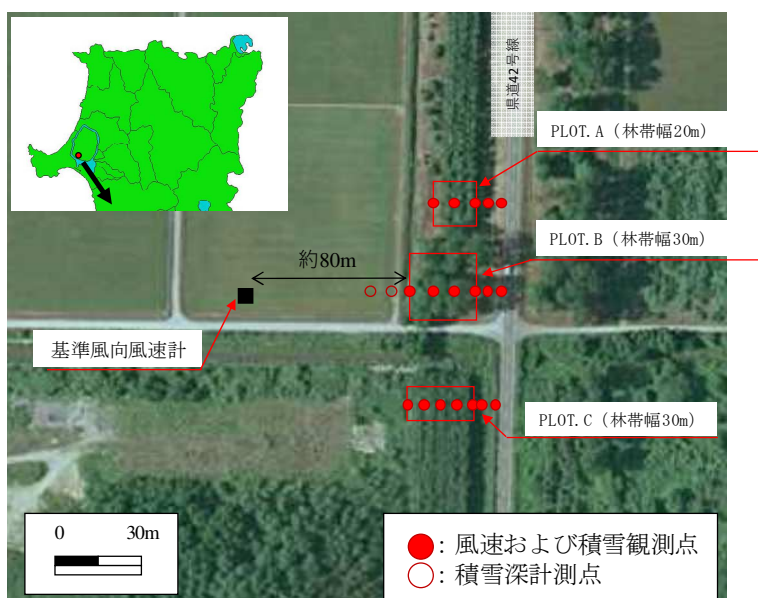
I はじめに

内陸防風林は防風効果により、背後の農地の収量を確保するほか、地吹雪の発生を防ぐなどの防雪機能も有する防災林の1つである。その造成樹種は主に常緑広葉樹や針葉樹が採用されている。これは落葉広葉樹の防風機能が、特に落葉期において針葉樹や常緑樹に比較して低いとされているためと考えられる。しかし、防風林に対しても景観の向上や生物多様性保全のニーズが高まっていること、また、病虫害蔓延のリスク低減が期待できること等の理由から広葉樹の導入も選択肢として必要である。秋田県においては全県的に分布する高木性の常緑広葉樹種がないため、これらの要求を満たすためには落葉広葉樹も造成樹種の候補とせざるを得ない。しかし防風林の構造は他の防風防雪施設（防風柵、防雪柵など）に比べて構造が複雑なため、防風あるいは防雪機能が十分に解明されないまま現在に至っている。特に広葉樹林帯の防風防雪機能については個々のサイトにおける観測事例に留まっており、体系的に整理されていない。防風防雪機能と林帯幅や林分構造などとの関係が明らかとなれば、落葉広葉樹防風林であっても造成時の工夫により防風機能を高められる可能性がある。

秋田県の中央に位置する広大な干拓地である大潟村では、冬季に卓越する西あるいは北西の強風と、それによって引き起こされる地吹雪の防止のため、幹線道路沿いに落葉広葉樹防風林が造成されている。本研究ではこの防風林を対象として、林分構造が防風及び防雪機能に与える影響について調査した。本報告においては落葉期の防風機能について報告する。

II 調査地・調査方法

調査地は秋田県大潟村西野地内の南北に隣接する3つの広葉樹防風林（北側からA区、B区、C区とする）である（図－1左）。A区およびC区は西から1列ずつケヤキ、エゾイタヤ、ハルニレ、ヤチダモの4樹種が南北方向に植栽されており、A区ではこれが3回繰り返しにケヤキ1列を追加した計13列、C区は5回繰り返しの計20列植栽されている。林帯幅はA区20m、C区30mで、調査時（2016年）の林齢はA区17年生、C区16年生で



図－1. 調査地の位置図および調査区の配置図

国土地理院の航空写真を加工して作成

ある。中央の B 区は植栽されたセイヨウハコヤナギやキハダのほか、その下層にヤマグワやニセアカシアなどの天然の広葉樹が生育する広葉樹林であり、林帯幅は 30m である。林齢は航空写真から推定すると最も大きいセイヨウハコヤナギで 40～50 年生である。

A～C 区それぞれに 1 箇所ずつの調査プロット（以下 P1. A、P1. B、P1. C と呼称）を設定した。プロットサイズは P1. A が 20×20m (400 m²)、P1. B が 30×30m (900 m²)、P1. C が 15×30m (450 m²) である。設定した調査プロットにおいて、胸高直径（測定高 1.3m）2cm 以上のすべての樹木を対象として樹種、胸高直径、樹高、枝下高を測定するとともに、プロット内における東西方向の座標を計測した。調査は 2016 年 5 月に実施した。

林内に吹き込む風を計測するため、風向計と風速計を林帯の西側約 80m 地点に地上高 2.5m で設置した（図－1 左）。また林内の各調査プロットおよびその東側に風速観測点を設定し（図－1 右）、三杯式風速計を用いて観測点を移動させながら風速観測を実施した。観測は各観測点で 15 分以上、地上高 1m と 2m で実施した。一連の観測は 2017 年 2 月 14 日と 15 日におこなった。観測データについて、同時刻に観測された基準風速に対する各観測点における風速の比（以下、風速比）を算出した。その後、基準風速で 2.5m/s 以上かつ西の風（風向方位角 258.75～281.25°）が観測された時間のみ抽出し、観測点毎に風速比の平均値を算出した。

また広葉樹林帯の防雪効果を調査するため、各プロットの風速観測点と P1. B の最も西側の観測点から西に 20m、40m の位置において 2017 年 1 月 26 日に積雪深を計測した。

Ⅲ 結果と考察

各プロットにおける毎木調査結果を表－1 に示す。全体の立木密度は P1. A で 1,850 本/ha、P1. B で 667 本/ha、P1. C で 3,400 本/ha であり、P1. B が最も疎で、P1. C が最も混み合っていた。一方、胸高断面積合計は P1. A で 21.8 m²/ha、P1. B で 40.1 m²/ha、P1. C で 28.8 m²/ha であり、P1. B が最も高かった。P1. A における樹種別の平均胸高直径はケヤキ 9.4cm、ヤチダモ 13.7cm、ハルニレ 15.7cm、エ

表－1. 各プロットにおける樹種別のサイズおよび密度

		胸高直径 mean±se (cm)	樹高 mean±se (m)	枝下高 mean±se (m)	立木密度 (本/ha)	胸高断面積合計 (m ² /ha)
PLOT. A	ALL	11.2±0.6	8.4±0.3	1.8±0.1	1,850	21.8
	ケヤキ	9.4±1.4	6.3±0.8	0.7±0.3	100	0.7
	ヤチダモ	13.7±0.7	10.8±0.2	2.9±0.3	425	6.6
	ハルニレ	15.7±0.6	9.8±0.2	1.4±10.2	600	12.0
	エゾイタヤ	6.3±0.4	6.1±0.3	1.6±0.2	725	2.5
PLOT. B	ALL	21.2±2.3	10.3±1.2	3.0±0.4	667	40.1
	セイヨウハコヤナギ	50.8±3.2	25.6±1.7	7.8±0.9	144	30.7
	高木	18.4±2.2	9.0±0.9	2.8±0.3	178	5.7
	小高木・低木	10.2±1.0	4.7±0.3	1.1±0.1	344	3.7
PLOT. C	ALL	9.6±0.3	8.5±0.2	2.7±0.2	3,400	28.8
	ケヤキ	7.2±0.8	7.0±0.4	1.4±0.2	467	2.3
	ヤチダモ	9.6±0.4	9.9±0.3	4.6±0.3	956	7.6
	ハルニレ	12.7±0.6	8.8±0.3	2.1±0.3	1,067	15.1
	エゾイタヤ	7.0±0.4	7.3±0.4	2.0±0.2	867	3.6
	その他	7.7±2.0	8.0±1.2	2.9±1.4	44	0.2

ゾイタヤ 6.3cm で、平均樹高はケヤキ 6.3m、ヤチダモ 10.8m、ハルニレ 9.8m、エゾイタヤ 6.1m であり、ケヤキやエゾイタヤに比較してヤチダモ、ハルニレのサイズが大きく、全体として 2 段林の構造を呈していた。樹種別の立木密度ではケヤキが 100 本/ha で極端に少なかったものの、ほかの 3 種は 425~725 本/ha で大きな差はなかった。胸高断面積合計の割合ではハルニレ 12.0 m²/ha が最も高く、次いでヤチダモ、エゾイタヤ、ケヤキであった。Pl. B ではセイヨウハコヤナギのほか、キハダやニセアカシア、ミズキ、サクラ類といった高木性広葉樹が生育しており、ヤマグワやタラノキ、キンギンボクといった小高木や低木の生育も確認された。樹種別の平均胸高直径はセイヨウハコヤナギで 50.8cm、その他高木 18.4cm、小高木・低木 10.2cm、平均樹高はセイヨウハコヤナギで 25.6m、その他高木 9.0m、小高木・低木 4.7m であり、極端に大きいセイヨウハコヤナギの下層に数種の広葉樹が生育する多段林状の林分構造であった。ただし、セイヨウハコヤナギ以外の高木性広葉樹はプロット西側に集中していた。Pl. C における樹種別の平均胸高直径はケヤキ 7.2cm、ヤチダモ 9.6cm、ハルニレ 12.7cm、エゾイタヤ 7.0cm で、平均樹高はケヤキ 7.0m、ヤチダモ 9.6m、ハルニレ 8.8m、エゾイタヤ 8.0m であり、ケヤキやエゾイタヤがヤチダモ、ハルニレに比較してやや小さいものの、一斉林的な構造となっていた。

各プロットの西端ラインを基準とする距離別の平均風速比と積雪深を毎木調査個体すべての樹高および枝下高とともに図-2 に示す。Pl. A における風速比は観測高 2m では林帯西端で 0.90、林帯中央部で 0.46、林帯東端で 0.70、林帯東 5m で 0.53、林帯東 10m 付近で 0.91 と乱高下していた。これは樹木の下枝により、吹き抜ける風が乱れたためと考えられる。一方で観測高 1m では林帯西端と林帯中央部で 0.72、林帯東端で 0.58、林帯東 5m で 0.70、林帯東 10m 付近で 0.80 となっており、林帯西端から東側にかけて風速が低下し、風下側で風速が回復する様子が観察された。積雪深については風上側では 50cm 程度であったのに対し、林帯西側で 40cm、林帯中央で 30cm、林帯東側で 60cm となっており、風下側で深かった。これは林帯によって風速が弱められたことで雪が吹き溜まったものと

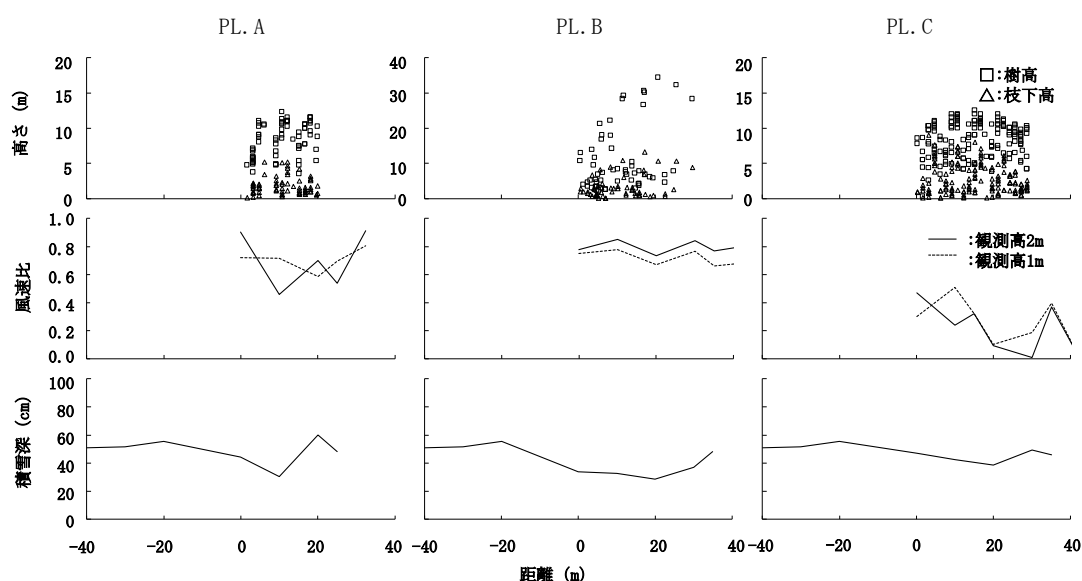


図-2. 各プロットにおける林帯内の距離別の樹高、枝下高、風速比、積雪深

考えられた。

PL.B の観測高 2m における風速比は観測箇所にかかわらず 0.7~0.8 の範囲で推移しており、変動が少なかった。また観測高 1m においては観測高 2m よりもやや低い 0.6~0.7 の範囲で推移しており、観測 2m における観測値と連動していた。積雪深は林帯内では 30~40cm で風上側よりもやや浅く、林帯東では約 50cm で風上側と同程度であった。PL.A に比較して風速比が高く推移していることから、防風効果は PL.A よりも低いと判断された。これは林分構造、特に立木密度の低さが影響していると推察された。

PL.C では観測高 2m では林帯西端で 0.47、10m で 0.24、15m で 0.32、20m で 0.10、林帯東端 30m で 0.01、林帯東側 5m で 0.37 となっており、15m 付近でいったん増加するものの、概ね林帯西側から東側にかけて風速が低下し、風下側で風速が回復する様子が観察された。一方で観測高 1m では林帯西端で 0.30、林帯西端から 10m で 0.51、15m で 0.32、20m で 0.10、林帯東端で 0.19、林帯東側 5m で 0.40 となっており、林帯内の林帯西端から 20m 地点の風速比が最も低かった。PL.C における風速比は 3つの調査区の中で最も低い範囲で推移しており、防風効果は最も高いと判断された。積雪深は林帯内が 40~50cm であり、風上側と比較しても差は小さかった。積雪深に差が見られなかった理由は、高い防風機能により、地表付近の雪の移動が抑制され、吹きだまりが生じなかったためであると思われる。

3つの調査区間の防風機能を風速比から評価すると、PL.C で最も高く、次いで PL.A、PL.B であった。特に林帯幅 30m の PL.B に比較して林帯幅 20m の PL.A の防風機能が高いと判断されたことから、広葉樹林帯の防風機能は林帯幅だけでなく、林分構造、特に密度の影響が大きいと推察される。防風機能は単位体積空間あたりの幹枝葉面積密度に林帯幅を乗じた指標と相関があることが報告されている。本研究において幹枝葉面積密度は測定していないものの、各林帯における樹高と枝下高の分布から同様の結果が得られる可能性は高い。すなわち落葉広葉樹であっても林分構造を工夫することにより一定の防風機能が得られる可能性が示唆された。一方で防雪機能については林帯の風下側で吹きだまりの形成が確認されたことから、一定の効果はあったものと考えられるが、林帯西側の県道における視野等への影響までは調査できなかった。今後は当該調査地における単位体積空間あたりの幹枝葉面積密度から防風効果の推定を試みるとともに防雪機能について定量的な評価を検討する予定である。

一年生幼苗移植法によって育苗した9種のスギコンテナ苗の形状

塚原 雅美（新潟県森林研究所）

I はじめに

コンテナ苗は、林野庁により 2007 年に国産のマルチキャビティコンテナ（JFA150、JFA300）が実用化され（山田・三木 2015）、2008 年には育苗マニュアルが開発された。その後各地の種苗生産者や民間企業らにより地域適合や資材開発が図られ、技術の多様化が進んでいる。例えば、根鉢サイズ（松本・佐藤 2017）や、生分解性資材（北原ら 2018、平田ら 2019）が検討され、一年生幼苗やセルトレイに播種した稚苗の移植、種子選別による一粒播種（森林総合研究所 2019）など多岐にわたる技術が開発されている。

新潟県内では、2018 年秋からスギの裸苗生産者が露地栽培のスギコンテナ苗約 1 万本の供給を開始した。そこで、県内生産者による一年生幼苗移植法での育苗可能性及び資材の適性を確認するため、生産者が 9 種の資材で育苗した苗について、その形状を調査した。

II 試験地及び調査方法

供試苗は、新潟県胎内市の山林種苗生産者が育苗した。すなわち、2017 年 4 月に苗床に播種した幼苗を、同年 11 月の床替え作業と同時に掘り取って仮植し、それを 2018 年 4～5 月にコンテナに移植して育苗した苗である。生産者の苗畑は、標高 15m、北緯 38.1 度、東経 139.4 度の水田地帯に位置し、露地で人工灌水設備がある。最寄りの AMeDAS 観測地点（中条）の気象平年値（統計期間 1981～2010 年）は、平均気温 13.9 度、降水量 2241.9 mm、最深積雪 0 cm である。さらに、同じ生産者が 2017 年 4 月にコンテナに多粒直播し、適宜間引きと追肥を行って育苗したコンテナ苗も比較のため調査した。

以後幼苗移植苗は移植苗、多粒直播苗は直播苗と表記する。供試移植苗は全部で 9 種、直播苗は 4 種である（表 1）。また充填資材は全て株式会社シダラ製コンテナ苗木育苗用培土（ココピート 80%、鹿沼土 20%、肥料 5 g/l）である。そしてこれら供試苗が 2 年生となる 2018 年秋の 10 月に、1 つのマルチキャビティコンテナまたは育苗トレイ（以後ユニットと表記する）毎に新潟県の出荷規格 30 cm 以上に到達した個体数と、

表 1. 育苗に使用した資材と苗種類及び育苗数

苗種類	根巻防止方式	種類	容量 (cc)	育苗数	育成孔数*
移植苗	生分解性不織布 ¹⁾	P-Pla150	150	105	35
		P-Pla250	250	105	35
		P-Pla300	300	105	35
	リブ ²⁾	P-Rib150	150	120	40
		P-Rib390	390	90	15
	リブ・スリット ²⁾	P-RibSlit150	150	120	40
		P-RibSlit300	300	72	24
	スリット ³⁾	P-Slit150	150	120	40
		P-Slit300	300	72	24
直播苗	リブ ²⁾	S-Rib150	150	120	40
		S-Rib300	300	96	24
	スリット ³⁾	S-Slit150	150	120	40
		S-Rib300	300	24	24

1) グリーンサポート社製 biopot®、2) 林野庁コンテナ、3) 東北タチバナ社製コンテナ

※コンテナまたは育苗トレイを 1 ユニットとした時の苗数を示す。

1/3 以上の個体の苗長及び地際直径を計測した。
根鉢の形成については、11 月の出荷時に目視で確認した上で苗種類毎に 2、3 個体を採取し（直播苗は S-Rib150 のみ 4 個体）、根鉢の培地を洗い流した後絶乾して T/R 率を求めた。

Ⅲ 結果と考察

移植苗の得苗率は、いずれの苗種類でも全て 80%以上で（表－2）、ユニット単位で見ても大半が 80%を超えた（図－1）。苗長も大半が新潟県の出荷適合規格 30 cm 以上で、林野庁標準規格より H/D 比の低い形状だった（図－2）。その一方で比較に用いた直播苗は出荷適合サイズに満たない苗が大半だった（図－2）。根鉢の形成状況は、苗長 30 cm 以上に達した苗を出荷のために引き抜いた際の観察において、いずれの移植苗も根鉢が形成されていた。すなわち、育成孔の底や側面に根が到達しており、引き抜く際にも根鉢が崩れず育成孔の形状を保持できた。T/R 率は、P-RibSlit タイプ以外のいずれの資材でも根鉢容量に応じて低くなる傾向があり、同一のコンテナで育苗した播種苗 S-Rib150 と移植苗 P-Rib150 との比較では、移植苗 P-Rib150 の T/R 率が高かった（図－3）。

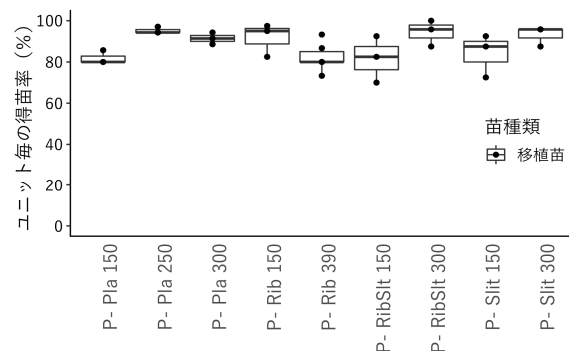
上記の結果から、移植苗はいずれの資材でも外観上は遜色なく出荷適合規格の苗を育苗できたと言えた。また、今回比較に用いた直播苗と比べサイズ・得苗率共に大きく、生産者にとって目的の大きさの苗を育成しやすかったものと考えられる。

本研究により幼苗移植でも多様な資材を遜色なく利用できることが明らかになったことから、需要に応じた形状の苗を柔軟かつ効率的に育苗できる可能性がある。さらに、コンテナを使用する期間も短く、追肥をしなくても十分な大きさに育成できるため、裸苗と並行してコンテナ育苗を行う生産者には適した方法だろう。しかしながら、植

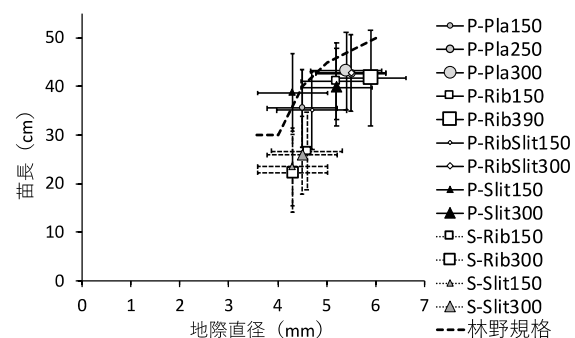
表－2. 根巻防止方式と容量別の移植苗の得苗率※

種類	得苗率
P-Pla150	82%
P-Pla250	95%
P-Pla300	91%
P-Rib150	92%
P-RibSlit150	82%
P-RibSlit300	94%
P-Rib390	82%
P-Slit-150	84%
P-Slit-300	93%

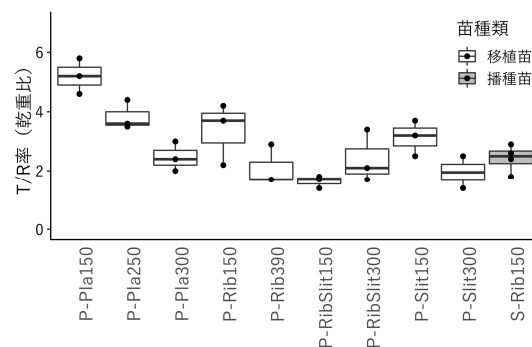
※出荷適合規格(苗長 30 cm・根鉢形成)到達率



図－1. 移植苗のユニット単位での得苗率



図－2. 供試験苗の直径と苗長の関係（平均値±SD）



図－3. 供試験苗の T/R 率

栽後の成長速度に差がないか等については、植栽試験により確認する必要があり、今後明らかにしたい。

IV 謝辞

本研究は、関東森林研究 72 号に掲載されたものである。本研究にご協力いただいた新潟県山林種苗協会中条支部花野栄三郎氏に深謝いたします。

引用文献

- 平田令子・伊藤哲・古里和輝・長倉良守 (2019) : 生分解性ペーパーポットを用いたスギ挿し木苗の植栽 2 年間の成長と根系発達. 日林誌 101 : 201~206
- 北原文章・藤本浩平・渡辺直史・山崎 真 (2018) : 植栽後 1 年間におけるバイオポット苗とコンテナ苗の成長特性の比較. 森林計画誌 52 : 1~6
- 松本 純・佐藤嘉彦 (2017) : スギコンテナ苗の根鉢サイズが植栽後の成長に与える影響. 九州森林研究 70 : 163~164
- 森林総合研究所 (2019) 新しいコンテナ苗生産方法の提案. pp34
- 山田 健・三木洋一郎 (2015) コンテナ苗、その特徴と造林方法. 全国林業改良普及協会

スギコンテナ苗の生育に及ぼすビニールハウスとコンテナ資材の影響

塚原 雅美（新潟県森林研究所）

I はじめに

コンテナ苗は、容器で栽培された根鉢付き苗の一種で、従来の裸苗よりも植栽適期を拡大できる可能性があることから、林野庁がその普及と生産拡大の取組を進めている（林野庁 2019）。栽培にあたっては、専用の容器（コンテナ）と、コンテナの底面を宙に浮かせるための育苗床（ベンチ）と雨よけ、庇蔭、人工灌水などの設備（遠藤・山田 2008）、環境がコントロールされた温室（Landis *et al* 1994、宇都木 2019）などを用いる。すなわち、生産者は苗木生産本数に見合ったコンテナや、温室などの生産設備の初期投資を行う必要があり（横田ら 2016）、設備の簡素化や、生産環境や気候に応じた資材の選定などの技術のローカライズにより、生産者の初期投資やリスク低減を図ることは、コンテナ苗の生産体制の構築に有効と考えられる。

そこで本研究では、新潟県の山林種苗生産環境における施設の簡素化と適当なコンテナ資材選定の参考となる情報を得るために、ビニールハウス・懸架台の有無およびコンテナの種類を変えてスギコンテナ苗を栽培し、2年間の成長を比較して、その影響を評価した。

II 試験地及び調査方法

試験は、新潟県村上市鵜渡路地内（東経 139° 31'、北緯 38° 16'、標高 30m）で行った。最寄り AMeDAS 観測地点（村上）の平年値（統計期間 1981～2010）は、平均気温 12.5 度、降水量 2129.4（mm）である。

育苗資材は、国産のマルチキャビティコンテナ JFA-150（山田 2015、中村 2019）（以下 JFA とする）（写真 1）、BCC 社製の単独コンテナ（山田 2016） SolidCell 150（以下 S0）（写真 2 左）・SideSlitCell 150（以下 SS）（写真 2 中）を使用した。育成孔の容量はいずれも 150cc で、JFA と S0 は育成孔の内側面に縦筋状突起（リブ）が、SS には育成孔の側面に幅 2mm 程度の細長い空隙（サイドスリット）が設けられ、これにより根巻を防止する。また、S0、SS は縦 37.5cm、横 56.5cm、高さ 16 cm ほどの専用トレイ（FlexFrame -77HM）に 7 列×11 列配置する仕様となっており、本研究においては一枚のトレイの左右に S0、SS を 35 本ずつ配置し、中一列は空き育成孔とした（写真 2 右）。1 トレイの最大育成孔密度は、JFA が 333 本/m²、S0、SS が 362 本/m²である。



写真 1. JFA-150 (JFA)

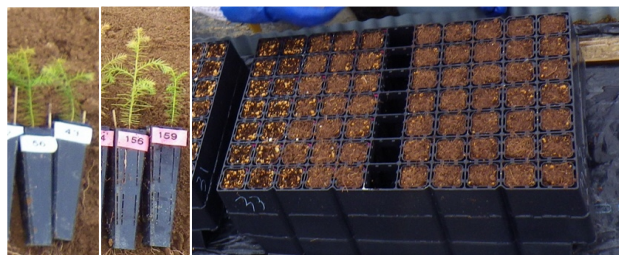


写真 2. SolidCell 150 (S0)、SideSlitCell 150 (SS) 及び FlexFrame77-HM の配置

コンテナの充填資材には、全国山林種苗協同組合連合会推奨品である株式会社シダラ製「コンテナ苗木育苗用培土」ココピートオールド 80%、鹿沼土 20%、緩効性化学肥料 100 日タイプ 5g/l (N:P:K = 10:18:15、その他に微量元素 Mg・Mn・B・Fe・Zn を含む) を用いた。充填時には、JFA の場合には、遠藤 (2018) に従い、一度トレイ表面まで培地を満たした後、トレイ同士を重ね、トレイの深さ (13 cm) の 1/3 程度になるまで上から人が乗って押し込み、さらに培地を表面まで均一に満たした。SO、SS に関しては、育成孔毎に手で培地を充填し、育成孔同士を重ね、手で押し込んだ後、さらに培地を育成孔の縁まで充填した。

育苗期間は、2013 年 4 月から 2014 年 10 月の 18 ヶ月である。種子は新潟県が販売するスギ種子を使用した。2013 年 4 月 5 日に、全ての資材の育成孔に水選・浸水処理をした種子を 5 粒程度播種し、ビニールハウス内で管理した。3 週後に未発芽の育成孔 (1 コンテナあたり 15~30%) に再播種を、そして 5 月 30 日に複数発芽が認められた育成孔には間引きを行い、再播種をしても発芽が認められなかった育成孔には間引いた稚苗を移植した。そして、7 月 4 日にコンテナの一部を屋外の架台に移動した。育苗期間を通じてビニールハウスで育苗する試験区を HH、屋外で育苗する試験区を OH とする。ただし、冬期の積雪期間中 (2013 年 12 月 16 日から 2014 年 4 月 9 日) は、HH、OH ともにビニールハウス内で管理した。全ての育苗本数、すなわち育成孔数は 540 本である。その他の育苗管理の方法は、毎日早朝 1 回か早朝と夕刻の 2 回の灌水を行い、追肥・消毒等の管理は並行して行っている他の育苗作業と同様に行なった。上長成長の 1 成長期が経過した 2013 年 12 月 16 日 (1 年生苗時) と、2 成長期が経過した 2014 年の 9 月 30 日 (2 年生苗時点) の 2 回、成長調査を行なった (表-2)。

解析にあたっては、コンテナの配置、再播種、移植の影響を極力除外するため、コンテナ外周 (辺縁部) の育成孔の苗は対象から除外し、中心部の普通苗 (表-1、2) のデータのみを対象とした。そして、1 トレイあたりの枯損数と 1 年生時の成長量及び 2 年生時の成長量に及ぼす資材、試験区の効果について、一般化線形モデル (GLM) を構築し、赤池情報量基準によるモデル選択によって評価した。枯損数を応答変数としたモデルでは、応答変数の誤差分布として二項分布を仮定し、リンク関数は logit を使用した。1 年生時成長量と 2 年生時成長量に関しては、苗長、地際直径を計測したが、互いに相関関係にあることから (図-1)、苗長を応答変数としたモデルを構築することとした。応答変数の誤差分布とし

てガンマ分布を仮定し、リンク関数は identity を使用した。説明変数は、いずれも資材と試験区とした。統計解析には、R-4.0.2 (R Core Team 2020) の glm 関数を使用した。

表-1. 供試苗概要 (2 年生時)

試験区	資材	育成孔数	トレイ中心部の苗							
			普通苗数	稚苗移植苗数	再播種苗数	規格外苗数	枯損苗数	合計苗数	健全率 ¹⁾ (%)	枯損率 ²⁾ (%)
HH	JFA	120	32	4	12	2	4	54	59.3	7.4
HH	SO	105	35	3	3	1	3	45	77.8	6.7
HH	SS	105	16	2	0	8	19	45	35.6	42.2
OH	SO	105	33	5	2	1	4	45	73.3	8.9
OH	SS	105	31	2	3	3	6	45	68.9	13.3

1) 健全率 = 普通苗数 / 合計育苗本数・100 2) 枯損率 = 枯損数 / 合計育苗本数・100

HH: 通年ビニールハウスで育苗 OH: 露地で育苗 (積雪期間はビニールハウス内で管理)

JFA: リブ式コンテナ (JFA-150)、SO: リブ式コンテナ (SolidCell 150)、SS: スリット式コンテナ (SideSlitCell 150)

Ⅲ 結果と考察

試験区と育苗資材別 2 年生苗の枯損率は 6.7%～42.2% (表-1) で、すべて 2 年生時の枯損だった。応答変数を枯損数としたモデル選択の結果、試験区・資材のいずれも AIC 最小モデルに選択され、試験区 OH は HH に対し負の効果、資材 SO、SS はいずれも JFA に対して正の効果があり、係数の値から SS の影響が最も大きかった (表-3)。1 年生苗長、2 年生苗長を応答変数としたモデルにおいては、試験区 HH に対し OH に負の効果が認められ (表-4、表-5)、資材 JFA に対して SO、SS に正の効果が認められた (表-4)。すなわち、露地では枯損しにくい反面、1 年生時の成長がビニールハウスよりも抑制され、その傾向が 2 年生時まで継続していた。また、係数の絶対値から、SS が枯れやすく、また、SO の苗長成長が最も促進されていた。その要因として、通気性・通水性がより高いサイドスリット式は、雨水が遮断されるビニールハウスでは乾燥しやすく、雨水の影響を受ける露地環境では緩効性肥料の流亡により肥効が持続しにくかったことなどが推察できる。ただし、JFA (マルチキャビティタイプ) と SO、SS (単独キャビティタイプ) の成長差については、トレイの密度や培地の圧密程度などの他の要因についてさらに検討する必要がある。

次に、本試験の結果について実務上の課題として形状比について検討する。形状比は、

植栽後の初期成長速度に影響を及ぼす (平田ら 2014、八木橋 2016) ため、必要に応じて調節できることが望ましい。林野庁が示すコンテナ苗標準規格の H/D 比を求めると概ね 8.0 程度となる。そこでこれを基準とすると、本試験苗 2 年生の H/D 比は、最も低い JFA でも 8.0 を上回り、全体として高い傾向にあった。すなわち、苗長成長の抑制が必要な状態だったものと考えられる。徒長の抑止に関しては、コンテナ育苗の基本となる施設栽培 (Landis *et al* 1994、宇都木 2019) や、日よけや雨よけを設備した上での人工灌水による育苗 (遠藤・山田 2018) であれば、灌水量で調節可能と考えられ

表-2 解析対象苗のサイズ (平均値±標準偏差)

苗齢	試験区	資材	苗長 (cm)	地際直径 (mm)	H/D	本数
1 年生	HH	JFA	20.8 ± 4.3	2.9 ± 0.5	7.2	32
		SO	28.0 ± 5.7	3.1 ± 0.7	9.1	35
		SS	26.7 ± 4.2	3.4 ± 0.7	7.8	16
	OH	SO	24.7 ± 4.9	3.2 ± 0.6	7.6	33
		SS	20.4 ± 4.0	2.8 ± 0.5	7.2	31
2 年生	HH	JFA	43.5 ± 8.8	5.2 ± 0.9	8.4	32
		SO	49.9 ± 8.5	4.8 ± 0.8	10.4	35
		SS	53.7 ± 7.2	5.1 ± 0.7	10.4	16
	OH	SO	47.8 ± 7.0	4.6 ± 0.7	10.3	33
		SS	43.9 ± 8.7	4.2 ± 0.6	10.6	31

HH: 通年ビニールハウスで育苗 OH: 露地で育苗 (積雪期間はビニールハウス内で管理)

JFA: スリットなしコンテナ (JFA-150), SO: スリットなしコンテナ (SolidCell 150), SS: スリットありコンテナ (SideSlitCell 150)

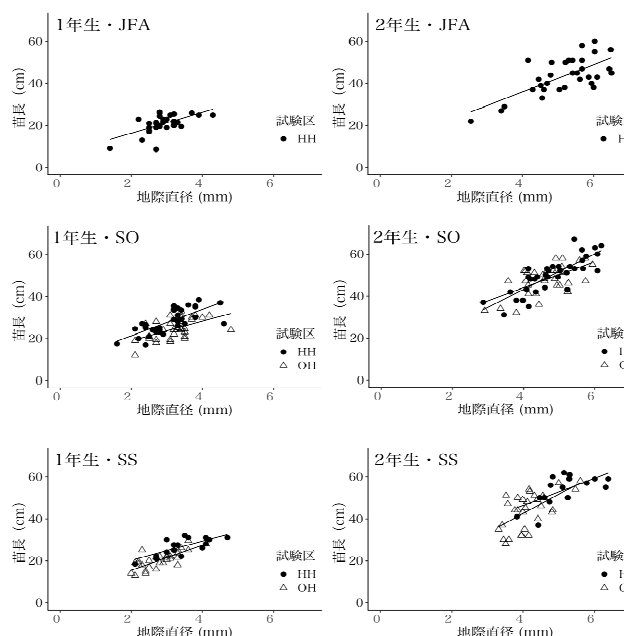


図-1. 解析対象苗の地際直径と苗長の関係

※試験区 HH: 通年ビニールハウスで育苗 OH: 露地で育苗 (積雪期間はビニールハウス内で管理)

※資材 JFA: スリットなしコンテナ (JFA-150), SO: スリットなしコンテナ (SolidCell 150), SS: スリットありコンテナ (SideSlitCell 150)

実線は線形回帰モデル (グレーはそれぞれの 95% 信頼区間) を示す。

るが、降水の影響がある露天環境ではそれが難しい。その観点においては、排水性の高い資材にもメリットがあるものと考えられ、今後そのような観点においての資材開発や、降水量など地域の自然環境に応じた資材選択に関する整理が必要と考えられる。

IV 謝辞

本研究は、新潟県森林研究所研究報告 61 号（令和 3 年 3 月）に掲載した論文からの抜粋である。本研究にご協力いただいた新潟県山林種苗協会中条支部花野栄三郎氏に深謝いたします。

引用文献

- 遠藤利明・山田 健（2018）：JFA-150 コンテナ育苗・植栽マニュアル（平成 20 年度 低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書. 林野庁）. 74～92
- 平田令子・伊藤 哲・古里和輝・長倉良守（2019）：生分解性ペーパーポットを用いたスギ挿し木苗の植栽 2 年間の成長と根系発達. 日林誌 101：201～206
- 平田令子・大塚温子・伊藤 哲・高木正博（2014）：スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後 2 年間の地上部成長と根系発達. 日林誌 96：1～5
- 北原文章・藤本浩平・渡辺直史・山崎 真（2018）：植栽後 1 年間におけるバイオポット苗とコンテナ苗の成長特性の比較. 森林計画誌 52：1～6
- Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E., Barnett J. P. (1994) : The container tree nursery manual. Volume 1, Nursery planning, development and management. Agriculture handbook, 674
- 中村松三・伊藤 哲・山川博美・平田令子（2019）：低コスト再造林への挑戦、一貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 日本林業調査会
- 中村松三（2019）：コンテナ苗とは（中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子 低コスト再造林への挑戦、一貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化. 日本林業調査会）. 56～57
- R Core Team (2020) : R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 林野庁（2019）：林業の動向（中山間地域）（令和元年度森林白書. 林野庁編）. 108～140
- 宇都木玄（2019）：海外のコンテナ苗事情（低コスト再造林への挑戦. 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子編、日本林業調査会）. 75
- 八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間 岳・野口麻穂子・落合幸仁（2016）：スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日林誌 96：139～145
- 山田 健（2015）：コンテナ苗の特徴、育苗・造林技術の動向（コンテナ苗 その特徴と造林方法. 山田 健・三木陽一郎共著、全国林業改良普及協会）. 16～31
- 横田康裕・鹿又秀聡・平野悠一郎・北原文章・齋藤英樹・高橋正義・都築伸行（2016）：九州地方におけるコンテナ苗生産の課題. 九州森林研究 69：11～17

再造林を安く確実に行うには

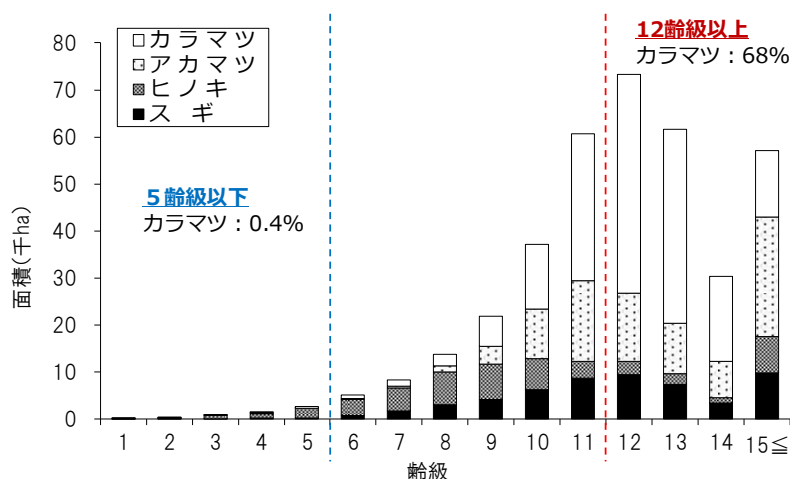
ー造林作業の機械化と下刈り省力化ー

大矢信次郎（長野県林業総合センター）

I はじめに

長野県の民有林では森林資源の充実が進みつつあり、2018年4月時点でカラマツは12 齢級以上の面積割合が68%に達している。一方、5 齢級以下のカラマツ林の割合は0.4%に過ぎない（図ー1）。これらの資源を活用しながら次世代の人工林を造成するためには、他国に比べてはるかに高い日本の造林コストを引き下げる必要がある。造林コストの低減は作業の効率化・軽労化によって実現されるものであり、森林所有者の費用負担が軽減されるだけでなく、事業体にとっても各現場の作業時間が短縮され、結果としてより多くの森林を整備することが可能になる。

造林コストを削減する手段として、「伐採・造林一貫作業」（以下、一貫作業）が各地で行われている。従来の皆伐・再造林では、伐出、地拵え、植栽の各作業を「足かけ3年」で行うことが一般的であったが、一貫作業ではそれらを基本的に1年で完結させている。伐出作業で使用した機械を地拵えや苗木運搬、獣害防護柵等の資材運搬に活用することにより、効率化・低コスト化を図っている。また、競合植生の勢力が強くなる前に植栽を行い、下刈りを軽減することも重要な目的としている。これまでに当センターでは、一貫作業の生産性とコストについて検討を進めてきた。その結果、特に地拵えの機械化によるコスト削減効果が大きいことが明らかになった（大矢ら 2016；大矢ら 2018）。また、機械地拵えにともなう地表攪乱によって下刈り作業の軽減の可能性も期待できたため、ここではこの2点を中心に報告する。

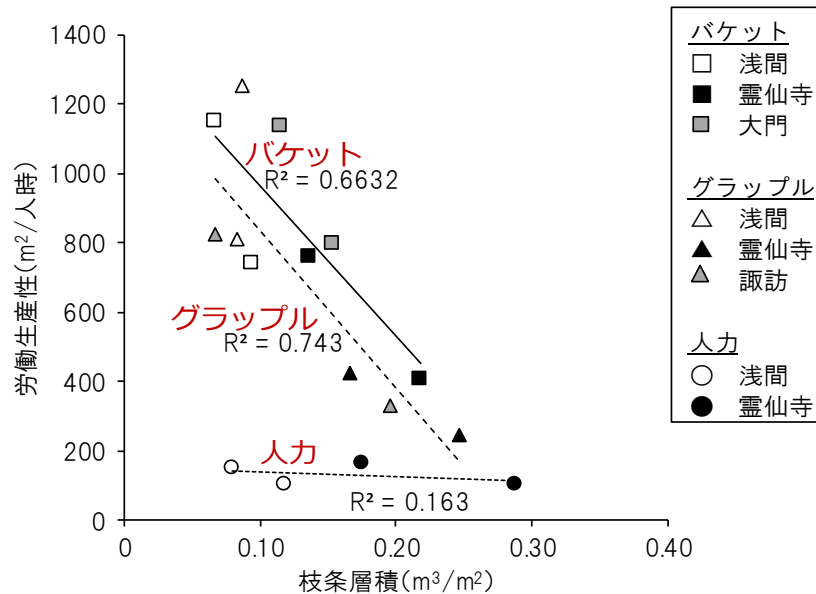


図ー1. 長野県の主要針葉樹人工林の齢級構成

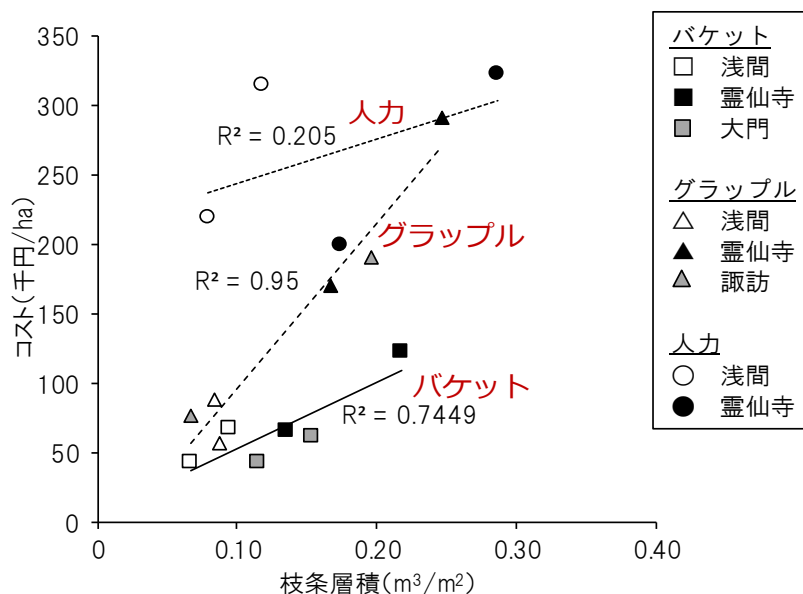
II 地拵えの低コスト化

機械地拵えの生産性とコストを明らかにするため、霊仙寺山国有林（長野県上水内郡信濃町、多雪地）、浅間山国有林（長野県北佐久郡御代田町、寡雪地）ほかにおいて、バケット、グラップル、人力

による地拵え作業の工期調査を行った。その結果、同試験地・同傾斜の人力作業と比較して、両機械による地拵えの労働生産性は約2～12倍に増加、コストは14～90%に減少し、コスト削減効果が認められた（図一2、3）。集積する枝条量が多いほど機械地拵えの生産性は低下し、コストは増加する。枝条量が多い場合には機械の償却費が比較的高いグラップルでは、コスト面でやや不利な傾向があった。枝条や端材を林内になるべく残さないよう、全木集材を行うことはもちろんのこと、材の利用率を高めることが地拵えのコスト削減にもつながると考えられた。



図一2. 地拵え方法ごとの枝条量と労働生産性の関係



図一3. 地拵え方法ごとの枝条量とコストの関係

Ⅲ 下刈りの低コスト化

バケット地拵えでは、枝条を寄せる際に低木類の根株や種子を多く含む表層土壌も合わせて移動することができる。そのため、バケット地拵えでは競合植生の発生と成長が抑制され、スギ植栽後2年目の6月においても9割以上の植栽木は競合植生に被圧されていなかった(図-4)。一方、人力地拵え及び無地拵えでは、同時点で半数以上の植栽木が競合植生に被圧されていた。また、バケット及びグラップル地拵えでは植栽木の成長量及び生存率も向上している(図-5)。これらのことにより、バケット地拵えを行った場合、スギの植栽当年及び2年目の下刈りを省略できる可能性が示唆された。

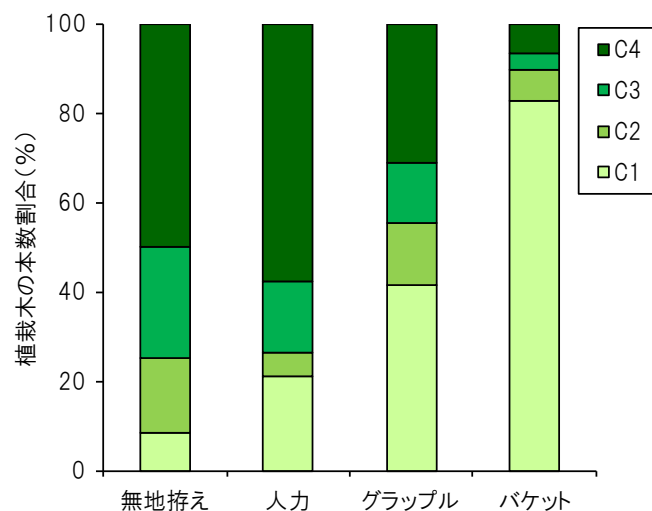


図-4. 地拵え区分ごとのスギ植栽木と雑草木の競合状態
(植栽2年目の6月、下刈りなし)

※競合状態の指標

C4: 植栽木が雑草木に完全に覆われている

C3: 植栽木と雑草木の梢端が同位置

C2: 植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出

C1: 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出

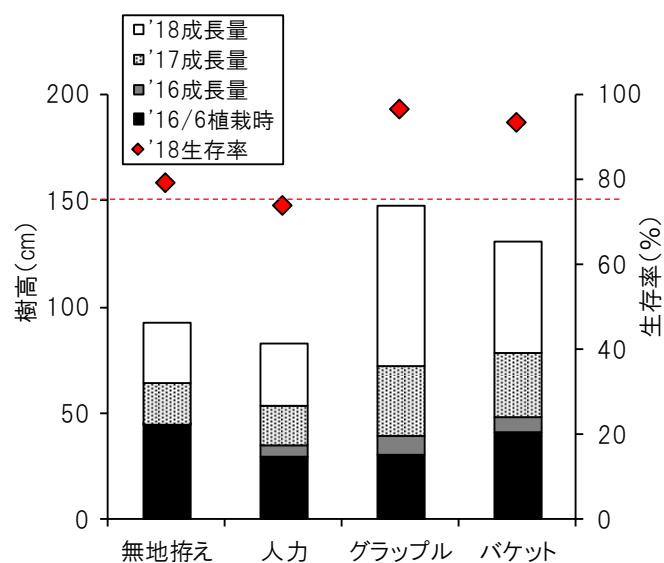


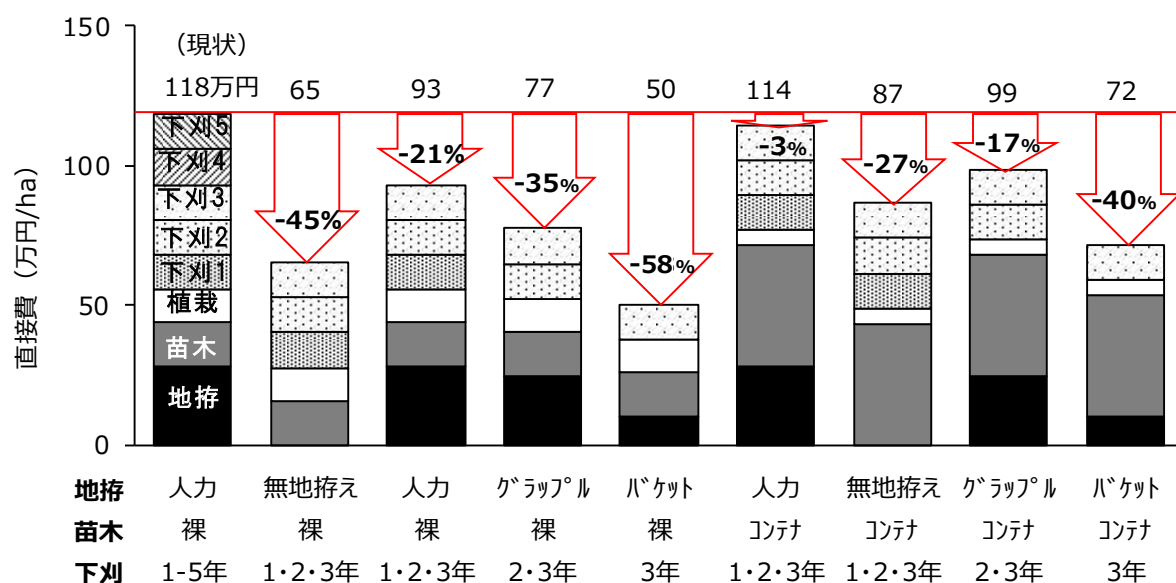
図-5. 地拵え区分ごとのスギ植栽木の成長量と生存率

※下刈りなしで管理した場合

※図中の点線は競合植生の群落高の目安を示している

Ⅳ 地拵え～下刈りまでのコスト試算

下刈りの年数を削減するためには、植栽木の樹高を競合植生の高さ（概ね 150cm 以上）を超えるまで素早く成長させることが必要である。地拵え、植栽、下刈りのコストを試算し積上げると、植栽木の樹高が 3 年で競合植生を超える場合、バケット地拵えでは従来作業に比べて最大で 68% のコスト削減が期待できた（図－6）。ただし、機械地拵えを行った場合でも、一律に下刈りを省略したりせず、現場の競合状態を見極めながら、下刈りの要否を判断することが重要である。



図－6. 地拵え～下刈りまでの再造林コスト試算（カラマツ）

謝辞 本研究は、革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発（平成 28～30 年度）」の助成を受け実施したものである。

引用文献

大矢信次郎・斎藤仁志・城田徹央・大塚大・宮崎隆幸・柳澤信行・小林直樹（2016）：長野県の緩傾地における車両系伐出作業システムによる伐採・造林一貫作業の生産性. 日林誌 98:233～240
 大矢信次郎・中澤昌彦・猪俣雄太・陣川雅樹・宮崎隆幸・高野毅・戸田堅一郎・柳澤賢一・西岡泰久（2018）：緩傾斜地から中傾斜地における機械地拵え作業の生産性とコスト. 森利誌 33:15～24

岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップ（更新版）の作成について

久田 善純（岐阜県森林研究所）

I はじめに

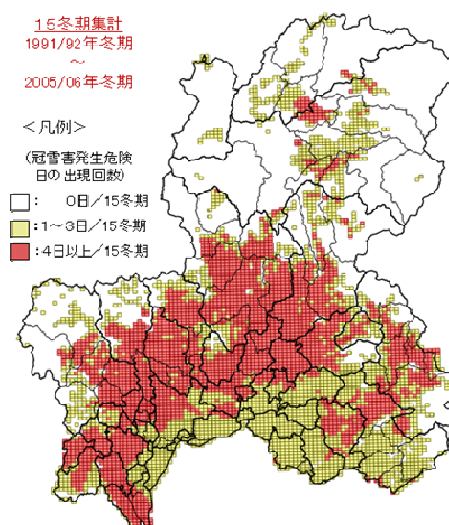
冠雪害の危険性が高い地域を把握するため、横井・古川（2007）は、佐伯・杉山（1965）、森澤（2004）等の手法を参考に「岐阜県版スギ人工林冠雪害危険度マップ」を作成した（図－1）。同マップは、スギを基準とする冠雪害が発生しやすい気象条件の日（表－1；以下、「冠雪害発生危険日」という）に該当する日数を3次メッシュ（約1km四方）単位で集計し、過去15冬期中の頻度を危険度として図化したものであり、これまで、地域森林計画書への掲載をはじめ、被害軽減のために林分の密度管理が特に重要な地域の指標として、施業計画や普及業務等の様々な機会に活用されてきた。

しかし、その後の2014年12月に飛騨地方を中心に発生した冠雪害では県北部の危険度の適合度が低く、精度の向上が課題となった。また、平年値メッシュデータ（国土交通省 2012）による最深積雪深の地域分布の更新と、「農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO）」の運用開始（大野ら 2016）により、空間解像度の高い気象メッシュデータを利用できる環境が整った。そこで、本研究ではこれらの公表データを活用して2019/20年冬期までの気象値を反映するとともに、危険日の判定計算モデルの一部改良により県内の冠雪害危険度を改めて評価し、危険度マップの更新版の作成に取り組んだ。

II 方法

気象データは、岐阜県全域（10,600メッシュ）を対象に2000/01年冬期～2019/20年冬期の20冬期分（1冬期：12月1日～翌年3月31日）の日平均気温、日最高気温、日最低気温、日降水量を、メッシュ農業気象データシステム（小南ら 2019）から収集した。また、平年値メッシュデータの年最深積雪深値を、国土数値情報ダウンロードサービスから取得し、一部を気候値メッシュデータ（国土交通省 1987）で補正のうえ、危険日判定計算に用いた。

危険日の判定計算にあたり、横井・古川（2007）は日降水量の閾値を年最深積雪深30cm、100cmを境として3段階に分けている（表－1の①；図－2（ア））。ここでは、計算モデルを改良して、日降水量の閾値が年最深積雪深値に応じて漸増するよう様々な勾配を検討したうえで、[積雪深30cm、日降水量20mm]と[積雪深135cm、日降水量50mm]との間を、日降水量/年最深積雪深：20/70の勾配で漸増する設定とした（図－2（イ）；詳細は久田ら（2021）を参照）。それ以外の条件については、表－1の



図－1. 2007年版冠雪害危険度マップ

横井・古川（2007）より作成

表－１． 冠雪害発生危険日の判定に係る日降水量の閾値と危険日判定の3条件(横井・古川 2007)

3次メッシュ上の年最深積雪深(d) (cm)	$d < 30$	$30 \leq d < 100$	$d \geq 100$
日降水量の閾値(p) (mm/日)	$p \geq 20$	$p \geq 30$	$p \geq 50$

冠雪害発生危険日の3条件： 次の①②③の3条件を全て満たす日を「冠雪害発生危険日」と判定する

① 平年の最深積雪深(d) ごとに定めた閾値以上の日降水量(p) (上記) があること

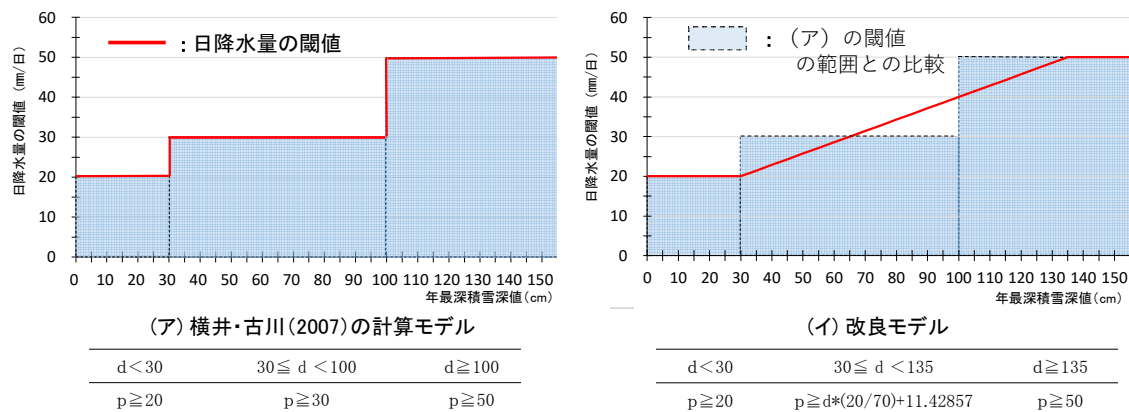
② その降水日が雪であること

雨／雪の判別は、下記の判別関数において、 $Z < 0$ の場合、雪とする

$$Z = (0.412 \cdot T_{ave}) + (0.114 \cdot T_{max}) - (0.719 \cdot T_{min}) - 1.325$$

③ その日の日最低气温が -3°C 以上であること ($T_{min} \geq -3$)

(※但し、Z：判別得点、 T_{ave} ：日平均気温($^{\circ}\text{C}$)、 T_{max} ：日最高気温($^{\circ}\text{C}$)、 T_{min} ：日最低気温($^{\circ}\text{C}$))



図－２． 年最深積雪深値(d) ごとの日降水量の閾値(p) の設定

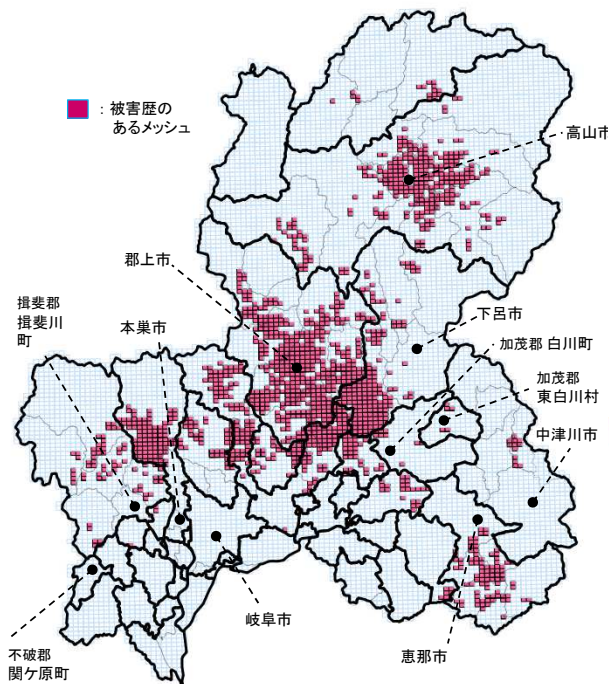
② (雨／雪の判別)、③ (日最低气温 -3°C 以上の日の抽出) のとおり実施した。

メッシュ毎に20冬期中の冠雪害発生危険日数を集計し、ランク分けして危険度マップとして図化した。また、民有林の森林被害報告において、冠雪害が特に多かった冬期である1998/99年冬期、2000/01年冬期、2001/02年冬期、2005/06年冬期、2014/15年冬期について、被害報告があった林小班を含むメッシュを抽出して図－３の「冠雪害被害歴メッシュ」を作成し、危険度マップの精度を検証した。

Ⅲ 結果と考察

新しい冠雪害危険度マップ(図－４)では、郡上市、下呂市、本巣市、揖斐郡揖斐川町等の県中部域に高い危険性があることが示された。この県中部域の傾向は、横井・古川(2007)の結果(図－１)と一致する。さらに、高山市等の県北部域については、横井・古川(2007)の結果(図－１)よりも危険度の高い箇所が多くなり、20冬期中の冠雪害危険日判定日数が6日以上で判定したメッシュが、過去の被害歴のあるメッシュ(図－３)の87.4%をカバーした。

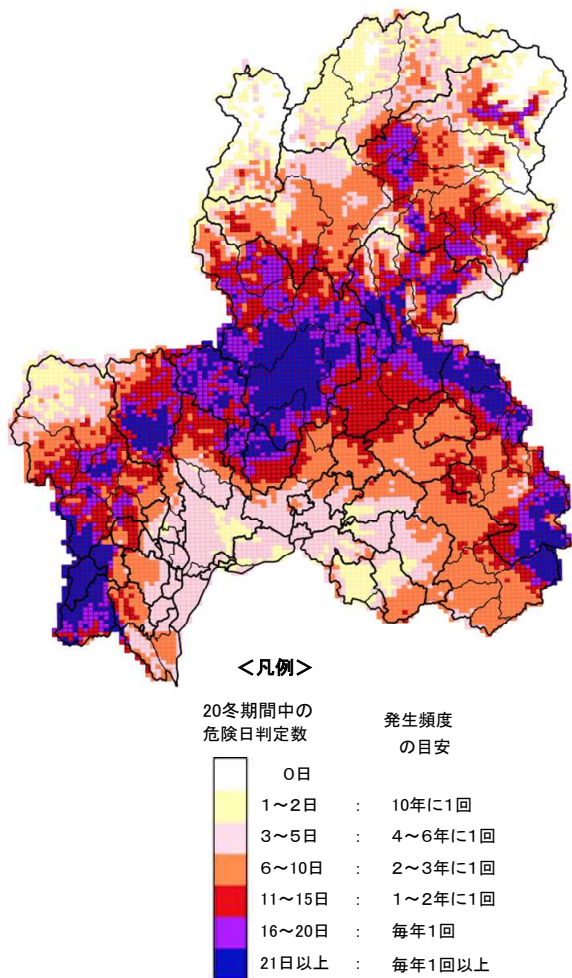
一方、下呂市東部、中津川市、恵那市、加茂郡白川町、同郡東白川村等の県東部地域では、危険度が高く判定された部分が多かった(図－４)が、被害報告のある箇所が少なかった(図－３)。これらの地域は森林資源構成上、スギよりもヒノキの造林地の割合が高い。ヒノキはスギと比較して冠雪害を受ける事例が少ない(豪雪地帯林業技術開発協議会 1984)ことから、ヒノキ人工林が多いこれらの地域においては、危険度判定が高い割に被害事例が少なかったと考えられる。ただし、県内では間伐後約3年経過後の約40年生ヒノキ林分において形状比の高い個体が冠雪害を受けた報告(大洞ら



※被害報告のあった林小班の箇所(範囲)と、3次メッシュ(約1 km四方)が重なった箇所を抽出し着色したもの。被害記録の有り／無しを判別するものであり、同メッシュ内の被害程度(被害率等)や発生頻度を示すものではない。

※図中の太線は2020年時点の市町村界、細線は2000年時点(平成の市町村合併以前)の旧市町村界を示す。

図－３．冠雪害被害歴メッシュ



図－４．冠雪害危険度マップ（更新版）

2007) 等、ヒノキ林における被災事例があるため、スギ人工林に限らずヒノキ人工林においても、危険度マップ上の危険地域内では適切な密度管理が重要である。

本研究における冠雪害危険度は、スギにおける冠雪の発達に関する実験結果（林業試験場防災部雪害研究室 1952）に基づき、冠雪害が発生しやすい気象条件の判定（佐伯・杉山 1965；森澤 2004；横井・古川 2007）の手法に準じて行ったもので、気温と降水量のみを用いて日単位で評価した。この手法によっても比較的高い適合度合が得られたが、近年では風速も含めた気象データから着雪現象を推定し、樹木力学モデルを踏まえて冠雪重量を推定するモデル（勝島ら 2017；2018；2019；勝島 2019；2020）が提案されている。今後、この手法を取り入れることによって、当県の冠雪害危険度マップもさらに精度の高い評価が可能になると考えられる。

引用文献

豪雪地帯林業技術開発協議会編（1984）：雪に強い森林の育て方．170pp，日本林業調査会，東京
 久田善純・原田守啓・斎藤琢・丸谷 靖幸（2021）：農研機構メッシュ農業気象データを用いた岐阜県スギ人工林冠雪害危険度マップの作成．岐阜県森林研研報 50：1-9

- 勝島隆史・嘉戸昭夫・相浦英春・南光一樹・鈴木覚・竹内由香里・村上茂樹 (2017) : 気象条件に対する冠雪重量変化の解析とモデル開発. 第 128 回日本森林学会大会学術講演集 : 218
- 勝島隆史・嘉戸昭夫・相浦英春・南光一樹・鈴木覚・竹内由香里・村上茂樹 (2018) : 気象データから冠雪害の発生リスクを評価する. 第 129 回日本森林学会大会学術講演集 : 84
- 勝島隆史・南光一樹・安田幸生・高橋正義・鈴木 覚 (2019) : 冠雪害リスク評価モデルに組み込み可能な樹木力学モデルの開発. 第 130 回日本森林学会大会学術講演集 : 222
- 勝島隆史 (2019) : 冠雪害の物理過程と対策. 山林 1626 : 58~65
- 勝島隆史 (2020) : 冠雪害における着雪現象と樹木力学. 森林科学 88 : 12~15
- 国土交通省 (1987) : 気候値メッシュデータ. 国土数値情報ダウンロード (オンライン)
- 国土交通省 (2012) : 平年値メッシュデータ. 国土数値情報ダウンロード (オンライン)
- 小南靖弘・佐々木華織・大野宏之 (2019) : メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver. 4. 67pp. 農研機構, 茨城
- 森澤猛 (2004) : AMeDAS データを用いた冠雪害危険地域判定 (I) —1980 年代のデータを用いて—. 中森研 52 : 69~72
- 大洞智弘・横井秀一・井川原弘一 (2007) : 間伐後のヒノキ林に発生した冠雪害. 岐阜県森林研研報 36 : 1~5
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江 (2016) : 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16 : 71~79
- 林業試験場防災部雪害研究室 (1952) : 冠雪の研究 (第 1 報). 林試研報 54 : 115~164
- 佐伯正夫・杉山利治 (1965) : 林木の冠雪害危険地域. 林試研報 172 : 117~137
- 横井秀一・古川邦明 (2007) : 国土数値情報と AMeDAS データから作成した岐阜県版スギ人工林冠雪害危険度図. 森林計画誌 41(1) : 111~116

富山県における雪起こし実施回数推定モデルの作成

図子 光太郎（富山県農林水産総合技術センター森林研究所）

I はじめに

戦後拡大造林期に植栽された人工林の多くが本格的な利用期を迎え、主伐-再生林のながれが今後さらに加速すると予想される。しかし、木材価格の低迷により主伐収益の大幅な増加が見込めないなか、再生林時の植栽や保育に要する経費は人件費などの上昇に伴い年々増加しており、林業の経営環境はより厳しさを増している。とくに多雪地域や豪雪地域では積雪による樹幹の折れ、割れ、曲がりなどの被害抑制および生育や成林率の向上のために雪起こしを必要とする場合がある。その実施期間は、植栽木が積雪深の2～2.5倍に達するまでとされ（竹内 1998）、実施期間が10年以上に及ぶこともまれではなく、こうした地域での林業採算性の確保をより困難なものにしている。雪起こし実施の多寡は林業経営の成否を左右する要因であるにもかかわらず、それらについて十分な検討や見積もりが行われないまま、主伐や再生林に踏み切る事例も散見される。これは、対象林分における雪起こしの実施履歴や経費に関する記録がない、あるいは記録があっても十分に整理・分析がされておらず、有効活用できないことが一因と考えられる。そこで本研究では、富山県農林水産公社から提供を受けた公社営林の施業記録をもとに、県内人工林における雪起こしの実施回数を地形環境因子から予測するための推定モデルを作成したので報告する。

II 方法

富山県内における雪起こしの実施回数を把握するため富山県農林水産公社（以下、公社）が管理する分収造林地の施業台帳を用いた。公社の分収造林事業は、1966（昭和41）年から2014（平成26）年にかけて、7,459 ha（350事業地）の森林造成を実施した（図-1）。これは県内民有人工林面積の約15%に相当する。公社の施業台帳には各種保育施業を実施した年度および面積が事業地内の小班毎に記載され、雪起こしについては実施本数割合についても記されている。実施本数割合は数%から100%まで事業地や年によって様々である。本研究では事業地毎の雪起こしの実施回数を以下の式のように定義した。

$$y = \frac{\sum_j \sum_i r_{ij} \cdot a_j}{\sum_j a_j}$$

ここで y は事業地毎の雪起こし実施回数、 r は雪起こし実施木の本数割合、 a は小班面積、 i は実施年度、 j は小班である。

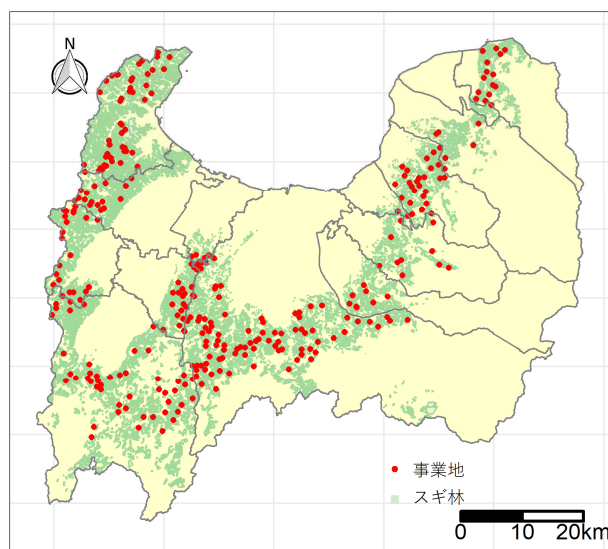


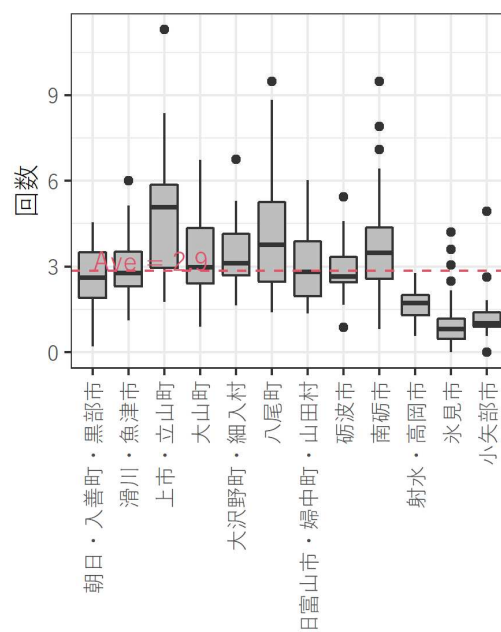
図-1. 公社営林位置図

雪起こし実施回数推定モデルの特徴量として供する地形環境因子として緯度、経度、標高、海岸線からの距離、斜面傾斜、斜面方位（北からの偏差）、縦断曲率、水平曲率、開度、湿潤指数、平均年最深積雪を用いた。このうち、海岸線からの距離、斜面傾斜、斜面方位、縦断曲率、開度（Wilson 1984）、湿潤指数（Beven and Kirkby 1979）は GIS に取り込んだ 10 m メッシュの数値標高モデルから算出した。平均年最深積雪は相浦ら（2018）が提案したメッシュ気候値 2010（気象庁 2012）の平均気温と降水量から推定する手法を用い 10m メッシュ毎に算出した。各団地の地形環境因子は事業地の範囲ポリゴンに含まれるセル値の平均とした。雪起こし実施回数の推定モデル作成には機械学習の一種である eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) を用いた。XGBoost は Gradient Boosting とランダムフォレストを組み合わせたアンサンブル学習であり、他の機械学習手法よりも予測精度において優れているとする結果が報告されている（長谷川・羽森 2019）。解析にあたって統計解析ソフトウェアの R version 4.0.2（R Core Team 2020）とそのライブラリーである“xgboost”、“caret”を使用した。

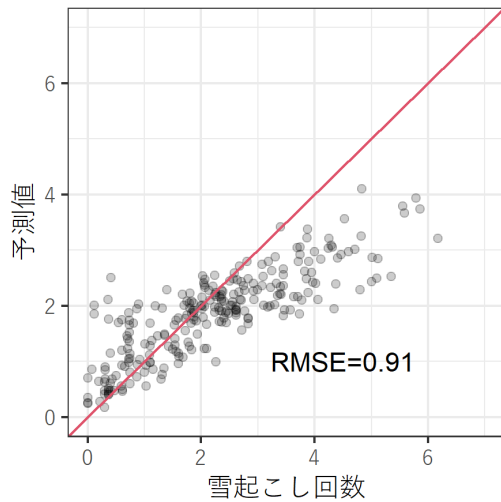
Ⅲ 結果および考察

含まれる事業地数が概ね 20 以上になるよう近隣の市町村（ただし、富山市については旧市町村による）を組み合わせる県内を 12 の地域に分け、雪起こしの実施回数を比較した（図－2）。全事業地の平均実施回数は 2.9 回であったが、地域間での差が大きく、地域間に統計的有意差が認められた（ $p < 0.001$ ）。実施回数が特に多いのは県中央部からやや東寄りに位置する上市・立山町であり（平均 4.9 回）、次いで県中央部の富山市八尾町（平均 4.0 回）、県南西部の南砺市（平均 3.8 回）の順となった。一方、県北西部における実施回数は総じて少なく、射水・高岡市では平均 1.6 回、小矢部市では平均 1.3 回、氷見市では平均 1.0 回であった。ここには示していないが、下刈り、除伐など他の初期保育施業について実施回数を同様に地域間で比較したところ、地域による実施回数の差は小さく、地域間による統計的有意差も認められなかった。このように雪起こしは他の施業種に比べ実施回数や経費の地域差が生じやすい施業といえる。

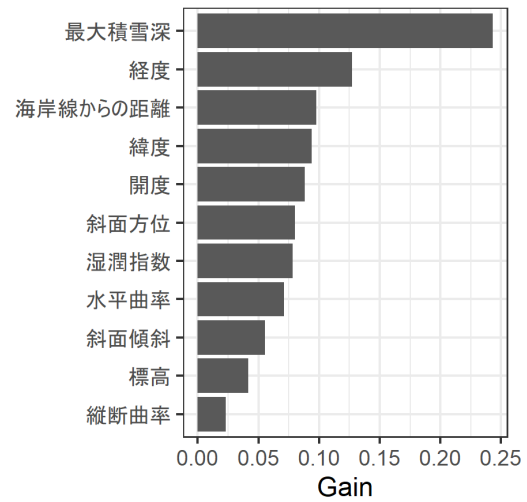
XGBoost を用いた雪起こし実施回数推定モデルの予測値と実施実績との関係を図－3 に示した。予測値は実施回数の多い事業地においてやや頭打ちになる傾向を示したが、推定精度の指標である二乗平均平方根誤差（RMSE）は 0.91 となり、実用的な精度を有することが示された。XGBoost による推定モデルは推定値を算出するための具体的な数理モデルをもたないことから、用いられた特徴量がモデル内においてどのような働きをするかについて明示するこ



図－2. 地域別の雪起こし実施回数の比較
箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの 1.5 倍内にある最大値および最小値、ひげの外黒丸（●）は外れ値を表す。

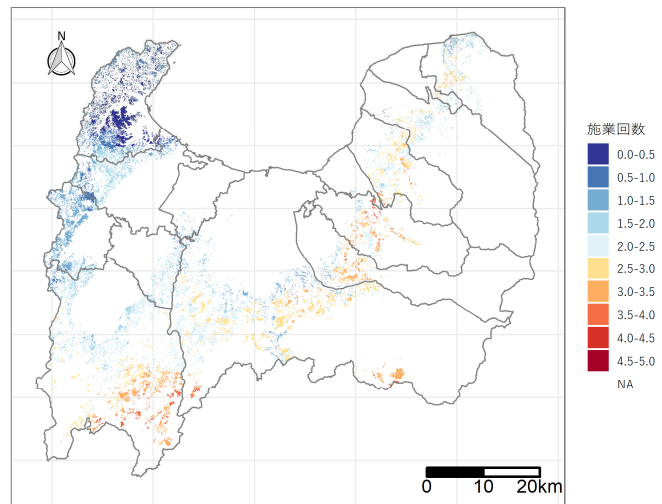


図－３．雪起こし実施回数の実績と予測値との関係



図－４．推定モデルに投入した特徴量の影響度

とはできない。ただし、作成したモデルに対する各特徴量の影響度については示すことができる（図－４）。それによると雪起こし実施回数に対しては平均最深積雪の影響度が突出した。植栽木の倒伏を引き起こす雪の沈降圧や移動圧は積雪深に応じて連続的に増加することから（石川 1969）、平均最深積雪の影響が顕著となるのは当然の帰結といえる。次いで影響度が高かったのは経度であり、海岸線からの距離、緯度、開度、斜面方位がそれに続く。緯度・経度は積雪深分布推定にはよく用いられる変数である（佐藤 1987；気象庁 2002）。また、中峠・北川（1976）は同じ北陸地域の福井県における積雪深を海岸線からの距離と標高とを変数に用いることによってよく説明できるとしている。開度は風の影響を介して生じる積雪深の局所変動をよく説明するとされている（Winstral et al. 2002）。さらに、斜面方位によって積雪深が変化することもよく知られている（岡本ら 2004）。このようなことから、比較的影響度の高かった特徴量は相浦ら（2018）のモデルでは表現しきれない積雪深分布の変動を補完的に説明している可能性がある。そうした一方で、これらの地形環境因子は気温、日射量、降水量、土壌水分量などの分布変動を介し、植栽木の生育に支配的な影響を及ぼすことが知られている（Zushi 2007）。雪起こしの実施回数は積雪深と植栽木の樹高との関係によって決まることを考えると、ここで作成した推定モデルは積雪深分布とスギの樹高生長の双方を反映した結果といえるかもしれない。



図－５．モデルから推定した県内スギ林における雪起こし回数

作成した推定モデルを用い、県内スギ林における雪起こし実施回数を推定し、マップ化した（図－

5)。県南西部の高標高地帯に実施回数が4回を上回るエリアが広く分布している。雪起こしの実施時における本数割合は平均38%であることから、実施回数が4回を上回る地域では概ね10年以上にわたり雪起こしが必要であることを意味する。その一方で、県北西部の低標高地帯では実施回数が総じて少なく、一部には雪起こしがほとんど必要ないエリアも存在する。雪起こしは労力および経費が他の保育施業と比べても非常に大きい施業であることから、経営的にはできるだけ実施回数を抑えるべきであるのはいうまでもないが、雪起こしの省力はしばしば形質や成林率の低下を招く（平 1987）。したがって、ここで作成した推定モデルやマップを利用し、雪起こしの実施回数や経費を見積もり、採算性の面から経費の妥当性を検討したうえで、主伐や再生林の可否を判定することが重要である。

謝辞 本研究の実施にあたり、富山県農林水産公社の皆様に多大な協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 相浦英春・中島春樹・石田仁（2018）：富山県内を対象としたメッシュ平年値の気温と降水量による平均年最深積雪の推定. 日林誌 100 : 174～177
- Beven K. J., and Kirkby M. J. (1979) : A physically based variable contributing area model of catchment hydrology. Hydrol. Sci. Bull. 24 : 43～69.
- 長谷川博康・羽森茂之（2019）：アンサンブル学習とニューラルネットワーク”じゃらん”データを使った分析. 国民経済雑誌 220 : 17～29
- 石川政幸（1969）：多雪地帯の造林と雪. 北方林業 239: 1～3
- 気象庁（2002）：メッシュ気候値 2000 解説
- 気象庁（2012）：メッシュ気候値 2010 解説
- 中峠哲朗・北川茂（1976）：福井県における積雪深分布の一次近似. 雪氷 37 : 14～21
- 岡本隆・黒川潮・松浦純生・浅野志穂・松山康治（2004）：山地の積雪深分布計測における航空レーザスキャナの適用性に関する検討. 水文・水資源学会誌 17 : 529～535
- R Core Team（2020）：The R project for statistical computing (online). <https://www.r-project.org/>. 2021 年 3 月 22 日参照
- 佐藤啓祐（1987）：山形県における積雪環境に関する研究（1）. 山形林試研報 17 : 1～22
- 平英彰（1987）：スギ根元曲がりの形成機構と抑制方法に関する研究. 富山林研報 12 : 1～80
- 竹内郁雄（1998）：初期保育. (林業技術ハンドブック. 林野庁監修, 全国林業改良普及協会)、824～848
- Wilson J. D. (1984) : Determining a topex score. Scot. For. 38 : 251～256
- Winstral A., Elder K., Davis R. E. (2002) : Spatial snow modeling of wind-redistributed snow using terrain-based parameters. J. Hydrometeorology 3 : 524～538
- Zushi K. (2007) : Regional estimation of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) productivity by use of digital terrain analysis. J. For. Res. 12 : 289～297

多雪地帯での低コスト再造林技術

—スギコンテナ苗の7年生時の成績—

小谷 二郎（石川県農林総合研究センター林業試験場）

I はじめに

全国的に、戦後の拡大造林により造成された針葉樹人工林の大半が成熟期を迎え、主伐による材の安定供給に資するとともに、将来を見据えた跡地の再造林による資源の平準化が必要となっている。森林所有者の再造林意欲を高めるためには、材の生産性を高めることに加え、再造林にかかるコストの低減が重要と考えられる。低コスト再造林の鍵を握るのは、コンテナ苗の成績と考えられる。コンテナ苗の有利性は、活着や成長だけでなく育苗の利便性や植栽効率などにも現れる（壁谷ら 2016）ことから、今後益々コンテナ苗の利活用が高まる可能性が考えられる。石川県でもコンテナ苗の植栽試験（小倉ら 2013；小谷ら 2019）を行い、それなりの効果が確認されている。しかしながら、本県のような多雪地帯において、コンテナ苗の成績に関して5年以上継続して調査した事例は少ない。

そこで、この試験では、7年生の植栽地においてコンテナ苗の成長を検証するために、コンテナ苗と裸苗を用いて苗木の大きさの違いを比較するとともに、本県で開発した苗木植栽機と従来のクワとの比較についても検討したので、その結果を報告する。

II 試験地と試験方法

試験地は、石川県西侯県有林地内（小松市西侯町）で、スギ再造林を行った3.5haに設けた。標高350m、斜面傾斜5～30°、土壌型適潤性褐色森林土（B₀型）である。この地域の最深積雪深の平年値は190cmと推定される。また、付近のスキー場情報により、2015～2017年および2019年は平年並かやや少ない傾向であったのに対し、2018年の最深積雪深は300cm（約1.6倍）と推定された。

2015年4月（皆伐の4か月後）に、造林地内に植栽方法別（クワ・苗木植栽機）、苗木形態別（コ

表－1. 試験地の概要（2015年）

試験区	植栽方法	略称	供試数	樹高(cm)	根元径(mm)	形状比	備考
コンテナ普通苗(500ml)	苗木植栽機	コ・普・植	46	51.1	6.6	77.4	2年生
	グラップル※	コ・普・植・G	42	68.5	9.2	74.5	
コンテナ大苗(1,180ml)	苗木植栽機	コ・大・植	48	85.3	9.7	87.9	3年生
	クワ	コ・大・ク	44	82.6	9.8	84.3	
裸大苗	苗木植栽機	裸・大・植	49	105.0	19.3	54.5	4年生
	クワ	裸・大・ク	49	103.0	18.8	54.7	
裸普通苗	クワ	裸・普・ク	45	52.5	12.6	41.7	3年生

※グラップルによる耕耘ののち苗木植栽機で植栽

ンテナ苗・裸苗)、苗木サイズ別(普通苗・大苗)に異なる組み合わせの試験区を設けた(表-1)。苗木植栽機は石川県で開発した動力式オーガーの改良機械(千木ら2017)である。コンテナ苗は、Mスターコンテナを用い、普通苗は500ml、大苗は1,180mlの根鉢で育成した。このうち、コンテナ普通苗で苗木植栽機を用いる場所の一部に、事前にグラップルによる耕耘作業を組み合わせた(小倉、2016)。植栽密度は、1,500本/haである。試験区は、1区画300m²とし合計7区(2,100m²)とした。

植栽直後と毎年秋に、樹高、根元直径を測定した。解析は、一般的な分散分析に加え、一般化線形モデル(GLM)を用いて、生存や成長量(成長率)に対する、苗木サイズ、苗木形態、植栽方法の影響を評価した(グラップルによる耕耘作業を組み合わせた区は省いた)。統計解析にはJMP ver. 9 (SAS Institute 2011)を用いた。

III 結果

7年生での生存率の比較

現在までの生存数(生存率)を表-2に示す。コンテナ普通苗、コンテナ大苗+クワ、同じく裸普通苗+クワがいずれも80%以上の高い生存率を示した。それに対し、裸大苗はクワ(57.1%)でも植栽機(65.3%)でも生存率が低かった。

樹高・根元直径の推移

現在の樹高は、大苗(319.4~379.8cm)が普通苗(313.5~355.2cm)よりやや大きい傾向を示した(図-1)。しかしながら、コンテナ普通苗+植栽機+グラップル(319.8cm)が裸大苗+植栽機(379.8cm)に次ぐ順位となった。6年間の年平均成長量(表-2)は、裸大苗+クワ(36.4cm)が小さかった以外は、ほぼ同等であった(一元配置分散分析、Tukeyの多重比較、 $p < 0.05$)。平均成長率は、コンテナ普通苗(22.5%、24.3%)および裸普通苗+クワ(23.4%)が高く、植栽方法に関係なく裸

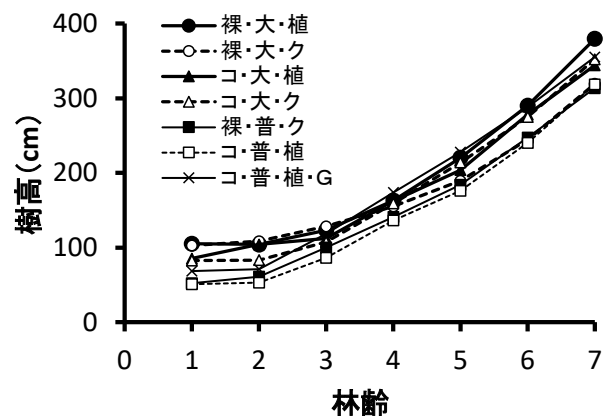


図-1. 樹高の推移

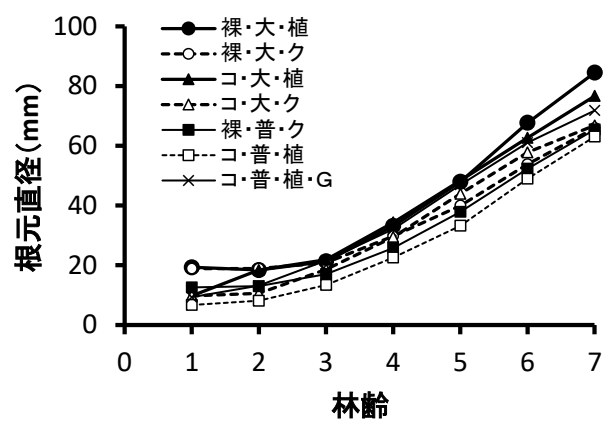


図-2. 根元直径の推移

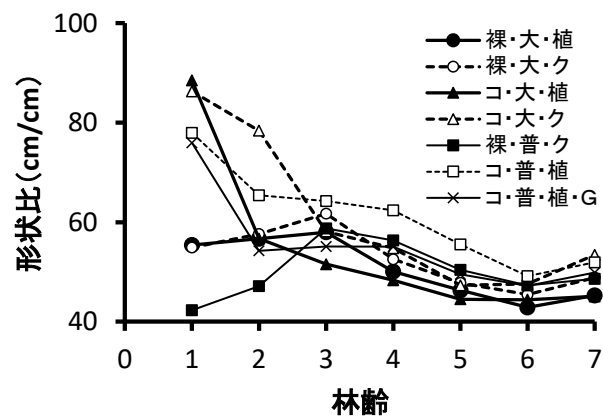


図-3. 形状比の推移

表－２．７年生時の生存数（率）、樹高と根元直径の年平均成長量（率）および形状比

試験区(略称)	生存数 (%)	樹高成長		根元径成長		形状比
		$\Delta/y(\text{cm})$	%	$\Delta/y(\text{mm})$	%	
コ・普・植	38(82.6)	44.9 a	24.3 a	9.4 bcd	27.0 a	51.9 ab
コ・普・植・G	38(90.5)	47.8 a	22.5 ab	10.4 ab	25.7 a	49.9 ab
コ・大・植	37(77.1)	43.7 a	20.4 cd	11.2 a	26.0 a	45.1 c
コ・大・ク	36(81.8)	46.3 a	21.8 bc	9.6 bc	25.3 a	53.4 a
裸・大・植	32(65.3)	45.8 a	18.7 df	10.8 ab	20.7 b	45.3 c
裸・大・ク	28(57.1)	36.4 b	17.2 f	7.9 d	18.4 c	48.9 abc
裸・普・ク	41(91.1)	43.7 a	23.4 ab	8.9 cd	22.2 b	48.6 bc

※グラップルによる耕耘ののち苗木植栽機で植栽

表中のアルファベットは、Tukeyの多重比較の結果(同じ場合は有意差がないことを示す)

大苗（17.2%、18.7%）が低かった（一元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$ ）。GLM解析の結果、平均成長率では大苗は負（ $p<0.0001$ ）に、コンテナ苗は正（ $p<0.0001$ ）に影響した。

根元直径においても、大苗（65.9～85.9mm）が普通苗（63.1～71.8mm）よりも大きい傾向がみられた（図－２）。6年間の年平均成長量（表－２）は、裸大苗＋クワ（7.9mm）および裸普通苗＋クワ（8.9mm）が他よりも小さい傾向にあった（一元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$ ）。平均成長率は、コンテナ苗（25.3～27.0%）が裸苗（18.4～22.2%）よりも高い傾向がみられた（一元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$ ）。GLM解析の結果、平均成長率では大苗が負（ $p<0.05$ ）に、コンテナ苗が正（ $p<0.0001$ ）に影響した。

形状比の推移

植栽時の形状比（樹高÷根元直径）は、裸普通苗 42.3、裸大苗 54.9～55.4、コンテナ苗 75.9～88.5、とコンテナ苗で高かったのに対し、7年生時には差が小さくなり、ほとんどが50以下で、コンテナ大苗＋クワ（53.4）、コンテナ普通苗（49.9、51.9）などが高い傾向にあった（一元配置分散分析、 $p<0.05$ 、Tukeyの多重比較、 $p<0.05$ ）（図－３；表－２）。6年間の形状比の推移は、コンテナ苗は初期に高く、年とともに減少傾向を示したのに対し、裸苗では3年目まで上昇したのち減少傾向を示した。

Ⅳ 考察

裸苗とコンテナ苗の比較

今回の試験結果から、5年生時（小谷ら 2019）同様、生存率、樹高および根元直径の平均成長量（率）のいずれもコンテナ苗で好成績であった（表－２）。ただし、普通裸苗は、コンテナ苗と同等の生存と成長を示していることから、これまでのように春または秋での植栽には適していると考えられる。特徴的なのは、コンテナ苗は裸苗に比べて根元直径の成長が良好であった（表－２）点である。これは、コンテナ苗の形状比が裸苗に比べて高い（図－３；表－２）ことが関係していると考えられる。植栽初期に形状比が高いコンテナ苗は、樹高成長が小さく、直径成長を大きくする傾向があるとされる（八木橋ら 2016）。今後、形状比の変化と成長や形質への影響を注視する必要がある。

苗の大きさの影響

今回の試験では、大苗として苗高 82.6～105.0cm（通常の約 1.5～2 倍）の苗を用いた（表－1）。その結果、樹高の成長ではコンテナ、裸苗とも普通苗で高く、根元直径の成長ではサイズに関係なくコンテナ苗で大きくなる傾向がみられた（表－2）。一方、裸大苗では生存、成長ともに不良になる傾向がみられた（表－2）。これらの結果から、活着・成長とも普通苗の方が好成績であり、大苗の場合はコンテナ苗として用いるべきと考えられる。

植栽方法の違い

コンテナ苗は、植栽機でもクワを用いた場合でも生存率が高く成長が良好であったのに対し、裸大苗は、どちらの植栽方法でもコンテナ苗よりも不良であった（表－2）。このことから、生存や成長に対する影響は植栽方法の違いには強く表れていないと考えられる。コンテナ苗の植栽に関して、傾斜地ではスベードなどよりもクワの作業効率が良好であることが報告されている（小倉ら 2013）。一方、植栽機は、25° の傾斜地でもクワよりも作業効率が良かった（千木ら 2017）。作業効率を高めるためにも、今後苗木植栽機が普及していくものと考えられる。

以上のことから、春の植栽においては、コンテナ苗は大きさや植栽方法に関わらず、従来の裸普通苗のクワ植栽と比較し、活着や成長が変わらないか、むしろやや好成績であることが明らかとなり、多雪地帯でも十分利用可能であることが判った。

引用文献

- 壁谷大介・宇都木玄・来田和人・小倉 晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎 真・屋代忠幸・梶本卓也・田中 浩（2016）：複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性. 日林誌 98：214～222
- 小谷二郎・千木 容・池田虎三・小倉 晃（2019）：多雪地帯でのスギコンテナ苗の成長に対する苗木の大きさや植栽方法の影響. 石川県農林総合研究報告 50：6～11
- 小倉 晃（2016）：グラップルによる耕転跡地に植栽されたスギ大苗の初期成長. 山林 1585：25～30
- 小倉 晃・千木 容・小谷二郎・池田虎三・間明弘光（2013）：石川県におけるマルチキャビティコンテナ苗の植栽コスト事例－スギ・クロマツ－. 石川県農林総合研究報告 45：20～22
- SAS Institute（2011）：JMP (Statistical discovery software) version 9 (日本語版). SAS Institute
- 千木 容・川崎萌子・池田虎三（2017）：苗木植栽機によるスギコンテナ苗木植栽における労働生産性について. 石川県農林総合研究報告 48：39～41
- 八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間 岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田健・落合幸仁（2016）：スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日林誌 98：139～145

積雪地域におけるカラマツ植栽木へのシカ食害対策の効果

富森 加耶子（鳥取県林業試験場）

I はじめに

主伐後の再造林等による持続的な森林経営が進められる中（林野庁 2019）、鳥取県では植栽樹種のニーズが多様化している。本県ではスギやヒノキが主要な造林樹種であるが、近年は、短期間で成長し早期に収穫が期待できる早生樹やニホンジカ *Cervus nippon*（以下、シカ）による枝葉や樹皮の採食被害（以下、食害）を受けにくい樹種などが求められている。そのような中、本県の一部の林業事業体からはカラマツが注目されている。カラマツは初期成長が早く（高橋 1960）、材の強度に優れ（田村ら 2015）、マツ材線虫病による集団枯損の事例が少ないといった点、また、シカによる枝葉の食害を受けてもすぐに新たな枝が伸長するため、食害耐性の高い樹種といわれており（Akashi 2006）、造林樹種としての期待が高まっている。

鳥取県では東部地域を中心にシカの生息密度が高く（鳥取県 2017）、造林する上で植栽木への食害対策は必須である。様々なシカ食害防止用の器材が開発される中、侵入防止柵やツリーシェルターは多雪地帯では積雪による損壊が懸念されるため、各地域の環境に適した食害対策手法を確立する必要がある。

本研究では、カラマツの食害状況を把握するとともに、施用が比較的容易と考えられる食害防止クリップ及び忌避剤による食害対策の効果を検証した。

II 材料と方法

1 試験地の設定

試験は鳥取県八頭郡智頭町駒埴地内（北緯35度13分、東経134度21分）のカラマツ造林地で行った（図-1）。当該地はシカの食害によるスギ不成績造林地跡であり、2019年12月9日に所有者によって2年生のカラマツが2,700本/haで植栽された。造林地の標高は680m、面積は約1haである。造林地から約15km離れた智頭アメダス観測所における年平均気温は12.9℃、年平均降水量は1924.1mm、平年の最深積雪は40cmである（気象庁 2020）。斜面は南西向き、土壌は褐色森林土、植生はススキ、ワラビ、イネ科草本が多く出現する。

植栽同日に造林地の中に試験区を3か所設置し、各試験区の植栽木には異なる処理を施した（図-1）。3つの試験区は隣接しており、それぞれの面積は約0.02haであ

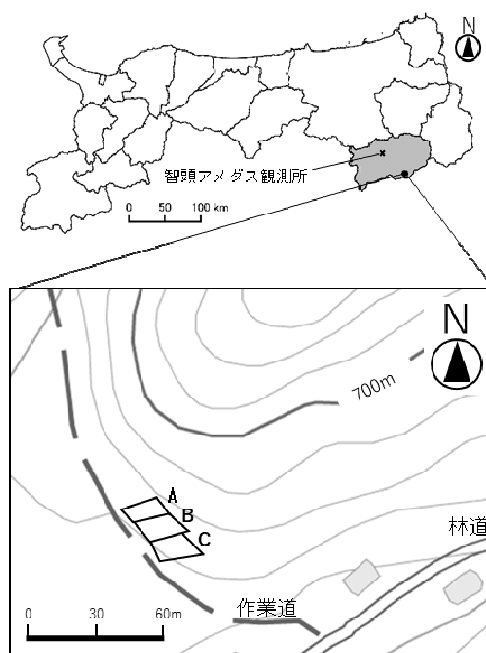


図-1. 試験地の位置図

A: 無処理区、B: クリップ区、C: 忌避剤区を示す。

る。供試木は無作為に抽出したが、植栽時の平均樹高はクリップ区と忌避剤区の間に差がみられた (Steel-Dwass 法、 $p < 0.05$)。

クリップ区は、植栽木に TS プロテクション (TS Holz 社製、写真-1、以下クリップ) を装着した。クリップは主軸の先端に巻き付けて固定し、長く伸びた突起部 (長さ 20cm) でシカの食害から主軸を物理的に保護する仕様である。主軸より突起部が大きく出るように装着するとクリップの重みで主軸が傾くため、クリップは主軸の先端から突起部が 5cm 程度出るように装着した (写真-2)。クリップの

表-1. 各試験区の概要

試験区名	面積 (m ²)	供試数 (本)	平均樹高 (cm) ±標準偏差
無処理区	207.41	56	62.1 ± 21.1
クリップ区	244.44	66	58.0 ± 18.9
忌避剤区	266.67	72	64.8 ± 22.4

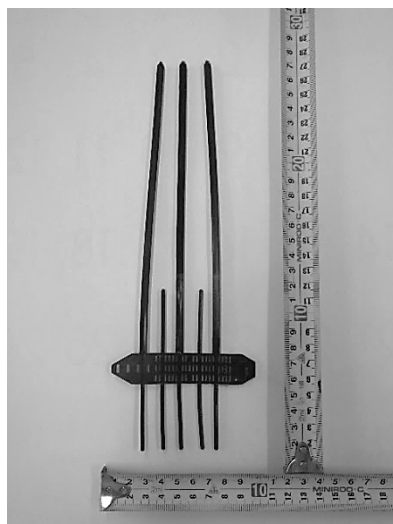


写真-1. 使用した TS プロテクション (縦 26cm × 横 9.5cm)



写真-2. TS プロテクション装着時の様子 (樹高 56.5cm)

装着は植栽同日の 2019 年 12 月 9 日に行い、現地調査時には毎回クリップを着け直した。

忌避剤区は、植栽木に野生動物食害忌避剤のジラム水和剤 (農林水産省登録第 17911 号、以下忌避剤) を散布した。散布方法は当該造林地の施業者が実施する方法に従い、忌避剤を 4 倍希釈した後、手動の蓄圧式噴霧器で 1 本あたり約 15ml を植栽木の全面に散布した。忌避剤の散布は、植栽当年の 2019 年 12 月に 1 回、翌年の 2020 年 4 月、7 月に 2 回行った。試験地の下刈りは 2020 年 6 月末に行った。

2 現地調査

2019 年 12 月から 2020 年 11 月にかけて食害状況及び成長の調査を行った。食害調査は毎月実施し、食害痕の有無を目視で確認した。食害痕が見られた場合は部位を主軸又は側枝に分けて記録し、次回以降の調査で識別できるように油性ペンで印を付けた。4 月、7 月の調査は忌避剤の散布前に行った。成長調査は 2019 年 12 月、2020 年 10 月に実施し、主軸又は側枝のうち地上から最も高い枝までの高さを樹高として測定した。

III 結果と考察

1 植栽木の食害状況

調査終了時点での累積食害率は無処理区 91.1%、クリップ区 95.5%、忌避剤区 84.7%であり、処理間有意な差はなかった (図-2、Tukey の方法)。1~3 月までの食害率は、無処理区 30%に対してクリップ区及び忌避剤区では 15%以下で推移した。しかし、その後は 3~4 月、6~7 月、8~9 月に食害率

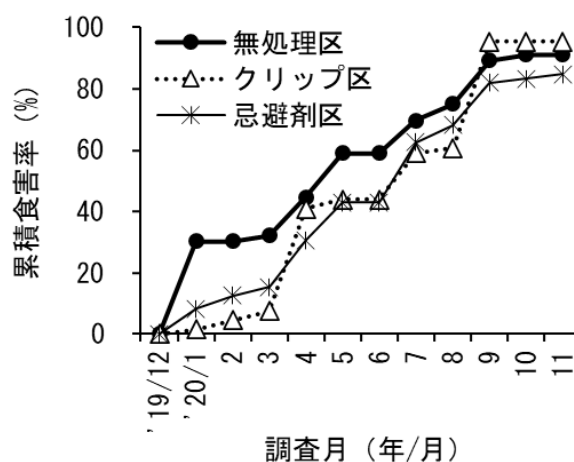
が大きく増加した。3～4月はカラマツの展葉、6～9月は成長によってクリップから抜け出した部分や忌避剤が付着していない部分が食害を受けたことで食害率が増加したと考えられた。いずれの処理区も繰り返し食害を受けたことで樹形が盆栽状となったり、枯死に至ったりした個体は見られなかった。

調査終了時点での食害部位の内訳を図－3に示した。無処理区及びクリップ区では約80%の個体が主軸及び側枝の食害を受けた。

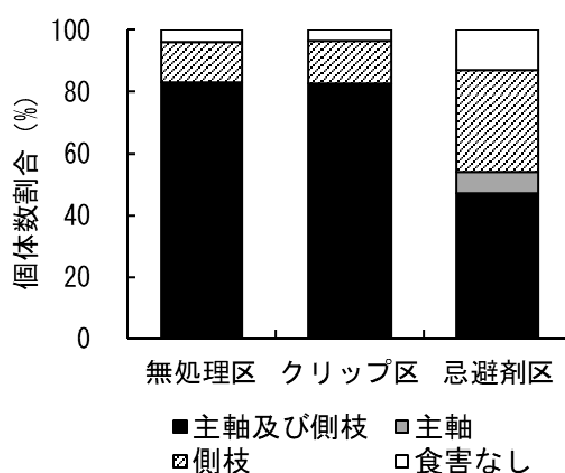
クリップ区は、植栽木の主軸が保護されているにもかかわらず、側枝だけでなく主軸の食害も多かった。現地での観察から、主軸がクリップの先端よりも大きく伸長したことや風の影響と思われるクリップのずれ及び落下が原因と推察された。高知県でスギ、ヒノキを対象にクリップの効果を検証した事例では、主軸を保護するためには成長期にクリップの着け直しが必要と指摘している（四国森林管理局 2019）。本試験では1か月に一度クリップを着け直したが、継続的に主軸を保護することは困難であった。このことから、カラマツに対するクリップの食害防止効果を高めるためには、一か月よりも短い間隔でクリップの着け直しが必要と考えられた。

忌避剤区は、主軸及び側枝の食害を受けた個体が45.8%、主軸のみが6.9%であり、3処理の中で主軸の食害が最も少なかった。尾崎（2001）の報告では、ヒノキを対象に本試験と同じ忌避

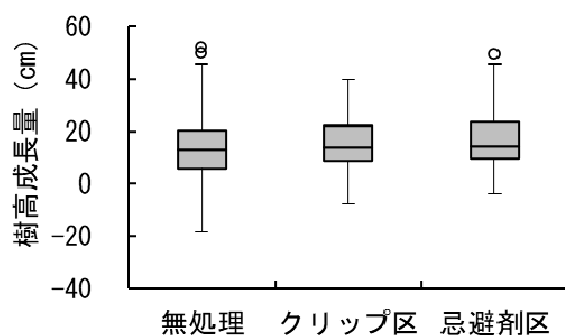
剤を4倍希釈で使用し、1本あたり40mlを6月と9月に散布した結果、主軸の食害率は46～79.6%であった。本試験では1本あたり15mlの散布量で主軸の食害率54.3%であり、尾崎（2001）と同様にシカの食害を完全に防止することはできなかったが、少ない散布量でも樹高成長に重要と思われる主軸の食害を約50%防ぐことができると考えられた。



図－2. 各処理区の食害率の変化



図－3. 調査終了時点での食害部位の内訳



図－4. 各処理区の樹高成長

2 植栽木の樹高成長

各処理の1成長期間における平均樹高成長量は、無処理区 15.7 ± 13.9 cm、クリップ区 15.7 ± 9.7 cm、忌避剤区 16.4 ± 11.1 cm であり、処理間で有意な差はなかった（図－4、Steel-Dwass 法）。1の結果より、忌避剤区は無処理区及びクリップ区と比較して主軸の食害が少なかったが、樹高成長は同等であった。これは、いずれの処理区も食害を受けた主軸近くの側枝が主軸と同等又はそれ以上に成長したことによるものと考えられた。今回は1成長期の結果であるため、今後も引き続き成長調査を行い、繰り返しの食害による成長や樹形への影響を調査する必要がある。

IV おわりに

本試験では食害対策の有無にかかわらず多くの個体が食害を受けたが、忌避剤区では主軸の食害が最も少なかった。シカによる食害の防止は困難であったが、カラマツに対してはクリップよりも忌避剤を用いた対策が適すると考えられた。今後も引き続き成長調査を行うとともに、成長に伴い発生が予想される樹皮の食害についても調査する必要がある。また、今回の調査期間中は平年と比較して積雪量が著しく少なかった（最大積雪深：20cm）ため、各処理区に対する積雪の影響についても検討する必要がある。

引用文献

- Akashi, N. (2006) : Height growth of young larch (*Larix kaempferi*) in relation to the frequency of deer browsing damage in Hokkaido, Japan. J. For. Res. 11: 153～156
- 気象庁 (2020) : 気象庁ホームページ:過去の気象データ検索. <https://www.jma.go.jp/jma/index.html> (2021年1月26日閲覧)
- 尾崎真也 (2001) : 兵庫県におけるニホンジカによる幼齢造林木被害とその防除. 兵庫県立森林・林業技術セ研報 49 : 19～23
- 林野庁編 (2019) : 令和元年度版 森林・林業白書. 一般社団法人 全国林業改良普及協会
- 四国森林管理局 (2019) : 四国森林管理局ホームページ:シカ食害防止クリップの効果の検証. <https://www.rinya.maff.go.jp/shikoku/> (2021年1月26日閲覧)
- 高橋松尾 (1960) : カラマツ林業総説. 日本林業技術協会
- 田村明・松本和茂・藤本高明・黒丸亮・来田和人 (2015) カラマツの次世代化に向けた材質育種の取り組み. 森林遺伝育種 4 (4) : 162～166
- 鳥取県 (2017) : 鳥取県第二種特定鳥獣（ニホンジカ）管理計画

豪雪地帯林業技術開発協議会規約

第1条 本会は、豪雪地帯林業技術開発協議会と称する。

第2条 本会は、豪・多雪地帯をもつ県の林業試験研究機関をもって組織する。

第3条 本会は、豪・多雪地帯における林業技術上の重要事項について効率的な方策を図り、もって豪・多雪地帯の林業の振興に寄与することを目的とする。

第4条 本会は、前条の目的を達成するために次の事項を協議し、その実現に努める。

- (1) 豪・多雪地帯の林業技術推進に関する重要事項
- (2) 豪・多雪地帯の林業に必要な試験研究の共同推進
- (3) 試験研究機関の運営に関する連絡協調
- (4) その他の必要事項

第5条 本会に会長と会計監事をおくものとする。

2 会長は会議開催府県の場合・所長をあてるものとする。

3 会計監事は、次年度開催府県の場合・所長をあてるものとし、会計を監査し、本会の会議において報告するものとする。

4 会計監査は書面監査ができるものとする。

第6条 本会に顧問をおくことができる。

第7条 会議は毎年度開催するものとする。このほか会員或いは、開催担当県が必要と認めるときに開催できるものとする。

2 会議の開催は別表に定める。

第8条 会議は会長が召集し、議長は会長がこれにあたるものとする。

第9条 会議の議事は出席全員の過半数の同意をもってこれを決定とし、可否同数のときは議長の決するところによる。

第10条 本会の経費は負担金・寄付金およびその他の収入をもって充てるものとする。

第11条 本会への加入或いは脱退は任意とし、その手続きは次のとおりとする。

2 加入は、加入しようとする都道府県が会議或いは開催担当府県にその旨を申し入れるとともに、本会規約に定める負担金の金額を払込み終了した時に認められる。

3 脱退は、脱退しようとする都道府県が会議或いは開催担当府県にその旨を申し入れた年度の終わりににおいて認められる。

第12条 本会の事業年度は4月1日に始まり、翌年3月31日に終わる。

—会員—

富山県、新潟県、石川県、岐阜県、秋田県、鳥取県、長野県（入会順）

雪と造林投稿規定

1. 投稿者は豪雪地帯林業技術開発協議会の機関に勤務する職員、または過去に勤務した職員に限ります。ただし、筆頭者以外の共同執筆者はこれら職員以外の者をふくむことが出来ます。
2. 投稿内容は、主として機関の試験研究業務として実施した調査、研究にもとづくものとします。
3. 投稿内容は、雪と森林の関わりや積雪地帯の造林や環境に関連あるものとします。
4. 投稿内容は未発表のものに限定しません。
5. 原稿は「雪と造林」投稿規定及び同執筆要項にしたがって記載してください。
6. 投稿は原則として各機関1編とします。別に指定する期日まで提出してください。

雪と造林 第19号

発行日	2021（令和3）年3月31日
発行	豪雪地帯林業技術開発協議会
編集	岐阜県森林研究所 渡邊 仁志
	〒501-3714 岐阜県美濃市曾代 1128-1
	TEL 0575-33-2585 FAX 0575-33-2584
印刷	同上
