

Ⅱ 試験研究の内容

コンテナ苗の品質安定化技術の構築

育林部 二本松裕太・小山泰弘

コンテナ苗は育苗上の制約から形状比が過大になりやすいが、カラマツでは育苗中の密度を1コンテナ当たり24本に調整することで苗木形質のばらつきを抑え、形状比を低くできることが明らかとなっている。一方、育苗密度を下げるほど面積あたりの生産性は低くなる。そこで、実用的な育苗密度として1コンテナ当たり32本の育苗を県内4か所の苗畑で試行したところ、この育苗密度でも苗木の形状比を低く抑え、得苗率を向上する効果があることを確認した。さらに、密度調整は育苗上の様々なリスクを低減し、均質な苗木を生産する手法となりうると考えられた。

キーワード：カラマツ、育苗密度、形状比、得苗率、現地適応化

1 研究の目的

近年植栽数が増えているコンテナ苗は裸苗よりも形状比が過大になりやすく、形状比が高い苗は植栽後の伸長成長が悪いとの指摘がある。一方、カラマツの育苗においては1成長期の育苗期間で出荷規格（苗高 25cm 以上）を満たす苗の生産が可能であり、長野県内で主に使われている150cc40孔のコンテナ容器の場合、40孔全て使うのではなく1コンテナあたり24本に密度を調整することで、苗木形質のばらつきを抑え、形状比を低くできることが明らかとなっている。しかし、育苗密度の調整が形状比を低く抑えるのに有効ではあるものの、面積あたりの生産性が低くなるため、生産現場で1コンテナあたり24本まで密度を下げるのは実用的ではない。そこで、本研究では苗木生産事業者の協力を得て、実際の生産現場で受け入れられるであろう1コンテナあたり32本での育苗を県内複数の苗畑で試行し、形状比100以下の苗の得苗率を比較するとともに、どの生産現場でも有効な手法であるかを検証した。

本研究は県単課題（令和6年度～令和10年度）として実施しており、一部は令和6年度現地適応化実証試験として、北アルプス地域振興局林務課と連携して対応した。また、この成果は第136回日本森林学会において発表した。

2 試験の方法

2024年4月25日に、3週間の低温湿層処理を施したカラマツ種子（令和5年中箕輪採種園産、材質優良品種）をヤシガラ培土を充填した150ccコンテナ容器（株式会社東北タチバナ製 MT-150-40P）に直接播種した。同じ種子を育苗用培土を敷き詰めた育苗箱でも発芽させ、5月16日にコンテナ容器の未発芽孔に毛苗を移植した。その後、6月5日時点で枯損した孔に対しては再度毛苗を移植した。育苗密度は1コンテナ当たり40本（40本区：292本/m²）と32本（32本区：234本/m²）の2試験区とし、各区12コンテナずつを用意した。元肥として緩効性肥料ハイコントロール650-100Eと085-360（ジェイカムアグリ株式会社製）をそれぞれ培土1Lあたり5gと10g混合した。育苗初期はハウス内で育苗管理し、6月20日に露地出しを行った。6月27日及び7月1日に経験年数に差がある県内3者（A～Cとする）の苗木生産事業者の苗畑に同数ずつ移送し、当センターを含む4か所で各区3コンテナずつ育苗管理を続けた。管理は各苗畑で通常実施しているものとした。B苗畑のみ、8月と9月に追肥を実施した。成長休止後に苗高と根元径を測定した。

3 結果と考察

各苗畑における成長休止後の苗高と根元径を図-1に示す。センターでは試験区間の苗高と根元径に有意な差は検出されなかったが、B苗畑及びC苗畑では32本区で苗高が小さく、A苗畑では

32 本区で根元径が大きくなった。また、特にB 苗畑とC 苗畑ではいずれの形質も 40 本区の方ではばらつきが大きい傾向が見られた。32 本区では育苗密度を減らしたことでコンテナ容器内の苗木間の樹高方向の競争が軽減し、肥大成長に対して、伸長成長が抑えられたと考えられた。

次に各苗畑で得られた苗木の形状比区分の構成割合を図-2 に示す。現在の規格である苗高 25cm 以上に加え、形状比 100 以下であることを基準とした場合、得苗率はいずれの苗畑でも 32 本区の方が高く、およそ 8 割の得苗となった。また、苗高は 25cm 以上を満たすが、形状比が 100 超となる苗の発生は 32 本区の方で抑えられる傾向が見られた。以上のことから、1 コンテナ当たり 32 本の密度調整は、どの苗畑においても形状比を低く抑え得苗率を向上する効果があると判断した。なお、コンテナ当たりの得苗数をみても、A 苗畑を除くと 32 本区は 40 本区と同等以上であった。

今回の試験では苗畑によって得られた苗木の形質に違いがあった。例えば、B 苗畑では他の苗畑に比べ 40 本区で形状比 100 超の割合が多くなったが、これは追肥が行われたことで養分過剰となったことが原因と考えられた。また、一般的に風通しの悪い過密・過湿状態での育苗は病害のリスクが高いとされるが、C 苗畑では特に 40 本区で菌害が激発し得苗率が低くなった。B 苗畑とC 苗畑で 40 本区の苗木形質のばらつきが大きくなったのはこのことが影響した可能性がある。育苗密度を下げることは、どんな生産者にとっても、より低リスクで均質な苗木を生産できる手法になりうると考えられた。

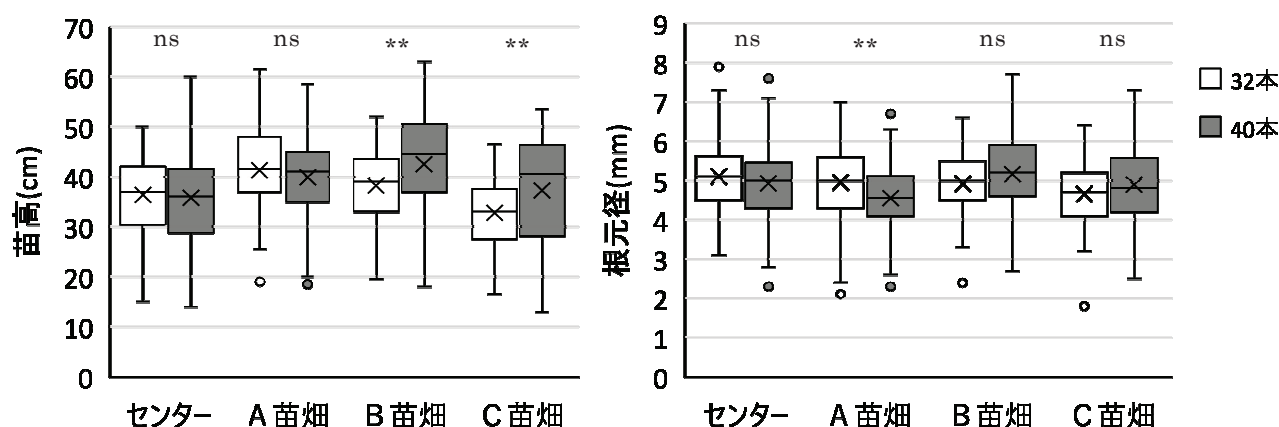


図-1 各苗畑における成長休止後の試験区別の苗高と根元径

枯損や先端枯れ等の異常個体は除く。(**: $p < 0.01$, ns: $p > 0.05$, t 検定)

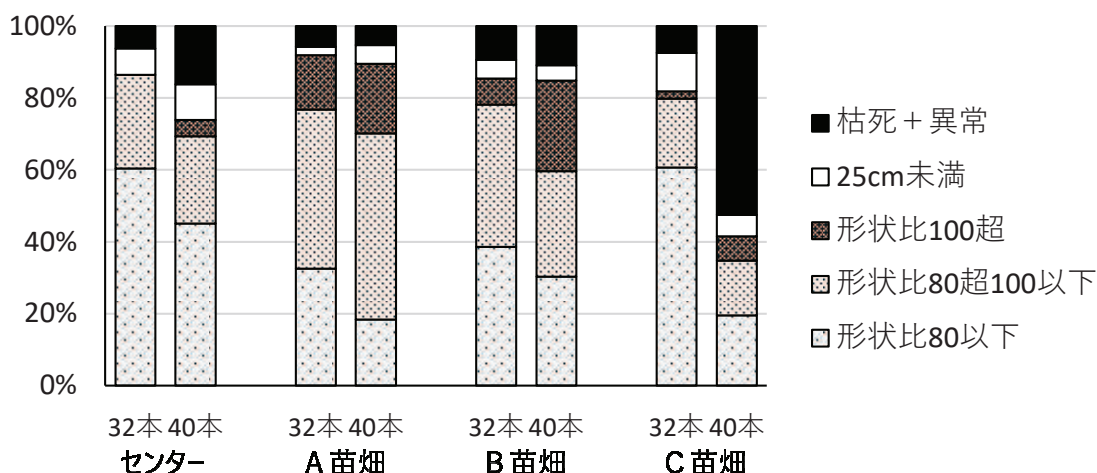


図-2 各苗畑で得られた試験区別の苗木の形状比別の構成割合

採種園等における種子採取開始日の見直しに向けた調査業務

育林部 二本松裕太

林業種苗法施行規則によりカラマツの採種は9月1日以降と定められているが、気候変動の影響により採種適期が早まっている可能性があるため、時期別・系統別に球果採取を行い、球果の状態や種子の発芽率を調査した。その結果、8月中旬には既に球果の開裂が始まり、9月1日より前に種子の飛散が始まっている可能性があった。また、系統によって種子の成熟時期が異なる可能性はあるが、8月中の球果採取でも発芽可能な種子が得られた。今後、同様の調査を継続して実施し、複数年、複数系統のデータから採種適期を検討する必要がある。

キーワード：カラマツ、気候変動、採種適期、種子生産、発芽率

1 研究の目的

発芽可能な成熟種子を確実に採取するため、林木種子の採種開始日は林業種苗法施行規則により、樹種別に定められている。本県の主要造林樹種であるカラマツは9月1日以降に球果を採取することとなっているが、近年の気候変動の影響により、種子の成熟時期や飛散時期が早まっている可能性がある。そのため、長野県内におけるカラマツ種子の採取適期を明らかにすることを目的として、時期別に採取した球果の状態や種子の発芽率等を調査した。

なお、本研究は林野庁委託事業「採種園等における種子採取開始日の見直しに向けた調査業務」を実施する森林総合研究所林木育種センターからの受託研究として実施した。

2 方法

林木育種センターから示された試験方法に従い、東信森林管理署が管理する清万採種園（御代田町）において、8月13日、8月20日、9月4日（以下、8/13、8/20、9/4と表記）の3回にわたって、カラマツ精英樹3系統（岩村田20号、北佐久3号、岩村田29号）から10個ずつの球果採取を行った。それぞれ複数の枝から平均的なサイズの球果を採取するよう努めた。岩村田20号については結実量が少なかったため、採取は初回の球果3個のみとした。昨年に結実した球果が枝上に多数認められたが、種子が得られる可能性を考慮し、8/13採取の際には昨年の球果も各系統10個ずつ採取した。球果の採取後、球果の色沢や開裂状況について観察した。

採取した球果は紙袋に入れて持ち帰り、換気扇と扇風機を常時稼働している室内で2～3週間風乾し、さらにデシケーター内で2週間乾燥させた。脱粒の際、種子が球果から落ちきらなかったため、全球果をペンチで壊して種子をすべて取り出し、ハネはもみ取った。その後、総種子数をカウントした上で、虫食い等の異常種子を除外し、精選種子とした。このとき、極小の種子であっても肉眼で種子であることが判別できるものは極力総種子数に含めた。

精選種子は球果採取時期別、系統別に発芽試験に供試した。50粒3反復を基本としたが、精選種子が150粒に満たない検体は反復数を減らして実施した。前処理として、1日流水にさらした後、21日間の低温湿層処理を実施した。試験中の温度管理は20℃-16時間（暗期）、30℃-8時間（明期）とし、28日目を発芽率算出の締切日とした。

3 結果と考察

8/13及び8/20の採取では球果に緑色の部分が残っていたが、9/4の採取では褪色が進んでいた。8/13の採取時点ですでに開裂が始まり、ハネが露出しているものが認められた。8/20及び9/4に採取した球果では、運搬中に紙袋の中で種子が落ちるものもあり、すでに種子の飛散が始まっていると考えられた（図-1）。

採取時期別、系統別の球果乾重、種子数と発芽試験の結果を表-1 に示す。球果乾重には系統間に差があり、また大凶作だった令和6年の球果は比較的結実のあった令和5年の球果と比べて小さかった。また、球果当たり総種子数と1000粒重についても系統間の差があり、球果の大きい岩村田29号は種子数が多く種子重も大きかった。系統ごとにみると、採取時期と球果当たりの総種子数には一定の傾向は見られず、飛散による減少は確認できなかった。1000粒重については北佐久3号、岩村田29号ともに8/20に採取したものが最大となっていた。

発芽試験の結果、初回8/13の採取では岩村田29号でのみ発芽が認められた。8/20と9/4の採取では北佐久3号と岩村田29号のいずれも発芽を確認した。ただし、標準的な発芽率(40%)と比べるといずれの検体も発芽率は低かった。なお、去年の球果から得た種子はいずれの系統も発芽は認められず、古い球果内に残っている種子は使用できないことが分かった。

今回の結果は大凶作年の単年のデータではあるが、種子採取が可能になる9月1日より前に種子の飛散が始まっている可能性があること、系統によっては8月中旬には発芽可能な種子を得られることが示唆された。また、年度や系統によって球果の形状や得られる種子数に差があることも分かった。令和6年の春以降の気温は過去10年の中でも高めの傾向であったが、それが種子の成熟時期に影響している可能性があり、今後、同様の調査を継続的に行い、複数年、複数系統のデータから球果開裂状況や種子の成熟時期を精査し、採種適期を検討する必要がある。



北佐久3号(8/20採取)



北佐久3号(9/4採取)



岩村田29号(8/20採取)



岩村田29号(9/4採取)

図-1 採取時期別の球果の外観

表-1 採取した球果の重量と得られた種子数及び発芽率

系統名	球果 採取日	球果数	球果乾重 (mg/球果)	精選種子数	総種子数	球果当たり 総種子数	1000粒 重(g)	発芽率 (%)
岩村田20-古	8/13	10	1756	30	58	6	1.467	0.00
岩村田20	8/13	3	1198	26	63	21	2.500	0.00
北佐久3-古	8/13	10	1888	17	33	3	1.294	0.00
北佐久3	8/13	10	1479	143	318	32	2.783	0.00
北佐久3	8/20	10	1521	162	386	39	2.864	4.50
北佐久3	9/4	10	1383	119	283	28	2.555	5.50
岩村田29-古	8/13	10	2967	25	66	7	2.360	0.00
岩村田29	8/13	10	2338	461	596	60	3.215	12.50
岩村田29	8/20	10	2724	264	455	46	3.686	13.00
岩村田29	9/4	10	2598	283	617	62	2.936	7.50

※グレーの網掛けは令和5年に結実した古い球果の検体を示す

日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

育林部 大矢信次郎

H25年に行われたALSデータを基にスギ（裏系）の樹高成長曲線を作成し、R4年に行われたALSデータと比較することにより成長曲線の精度検証を行った。その結果、樹高推定値は若齢級ではやや過小、高齢級ではやや過大に出やすい傾向がみられたものの、18m～36mにおける樹高推定値は半数の点でレーザ計測値との差が±5%以内に収まり、また中央値も45度線上にあったことから、今回作成した樹高成長曲線式は実用上問題ない精度と考えられた。

キーワード：航空レーザ計測、単木樹高データ、樹高成長曲線、スギ

1 はじめに

人工林資源量の充実に伴い、主伐、再造林を行う林分が増加している一方、主伐後に再造林を行う林分は3割程度にとどまっており、将来の木材生産林の確保が課題となっている。また、木材生産林を造成するにあたっては、林木の成長及び交通アクセスが良い、地位と地利に優れた林地を抽出し、採算性の高い林業を実現する必要がある。そこで本研究では、新たな地位と地利の評価技術を開発し林業適地を抽出する技術を開発する。今年度は、平成25年に取得した航空レーザ計測（ALS）データを基にスギ（裏系）の樹高成長曲線を作成し、樹高推定値と令和4年のALSデータを比較することにより成長曲線の精度検証を行った。なお、本研究は森林総合研究所を代表研究機関とした国委課題（令和5年～令和9年）として実施した。

2 試験の方法

レーザ計測（ALS）によって得られた長野県下の単木樹高データ及び森林簿データを利用して、長野県下のスギ（裏系、対象地域：長野・北信・北アルプス）の樹高成長曲線を以下の手順により作成した。①H25年計測の単木樹高データに林相区分図の樹種を付与したポイントデータを用意し、②森林簿の樹種（スギ）と一致した人工林の施業班を抽出、③各林分の樹高中央値を求め林分樹高とし（図-1）、④3齢級～20齢級の林分樹高四分位範囲（図-2）から各齢級10林分ずつサンプリング（図-3）、⑤Excelのソルバーアドインを用いて各種樹高成長曲線式の適合性を検討し樹高成長曲線の中心線を決定（図-3）した。成長曲線式はミッチャーリッヒ式（ $H_t = k(1 - a(\exp(-b \cdot t)))$ ）を適用した（ H_t ：上層樹高、 t ：林齢、係数 $a=1.2737$ 、 $b=0.0353$ 、 $k=28.7835$ ）。係数 a と b を固定し、単木樹高データ各点の樹高と林齢を代入すると各点固有の係数 k が得られ、任意の林齢における樹高推定値が求められる。H25年の単木樹高データの位置におけるR4年のDCHM（数値樹冠高モデル）値と樹高推定値を比較することにより樹高成長曲線式の精度を須坂市のスギ林を対象に行った。なお、間伐や皆伐によって失われた点は除去した。

3 結果と考察

須坂市のスギ人工林における樹高推定値とR4年レーザ計測値の関係を図-4に示した。推定値とレーザ計測値の関係は、予測値と計測値が等しいライン（45度線）付近に概ね集中していたが、推定値は若齢級ではやや過小、高齢級ではやや過大に出やすい傾向がみられた。推定値よりレーザ計測値が極端に大きい点については、送電線や鉄塔等をフィルタリングしていない影響と考えられる。また、推定値よりレーザ計測値が極端に小さい点については、冠雪害等による樹高の低下が考えられ、高齢級側で多くみられた。図-4では45度線付近で点が重なって見づらいため、推定値0.1m単位でレーザ計測値の四分位範囲（中央値から±25%の範囲）を図-5に示した。

その結果、樹高推定値 18m～36m における四分位範囲内、すなわち半数の点でレーザ計測値との差は±5%以内に収まり、また中央値も 45 度線上にあったことから、今回作成したスギ（裏系）の樹高成長曲線式は実用上ほぼ問題ない精度と考えられた。

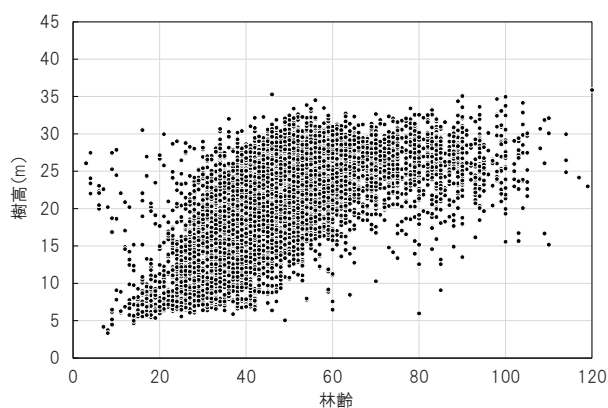


図-1 スギ（裏系）の林分樹高中央値と林齢の関係

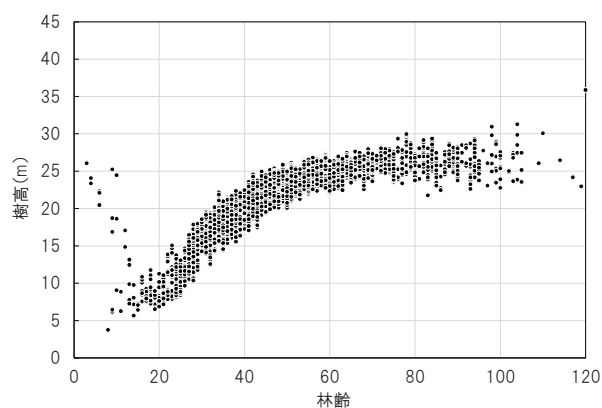


図-2 各林齢における四分位範囲内の林分樹高中央値

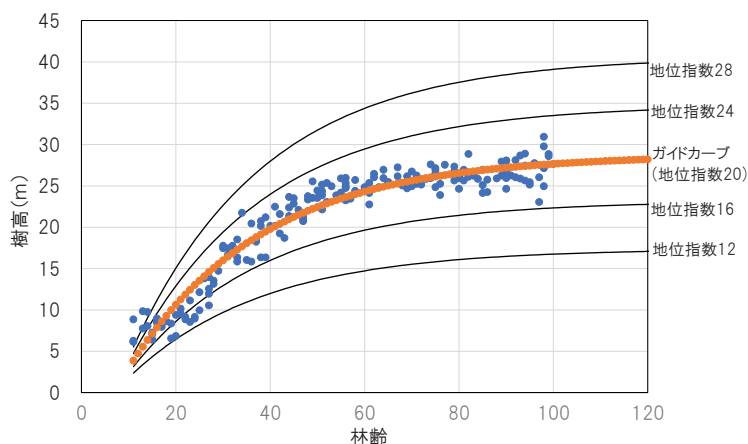


図-3 スギ（裏系）のサンプリングデータと樹高成長曲線中心線（ガイドカーブ）及び地位指数曲線

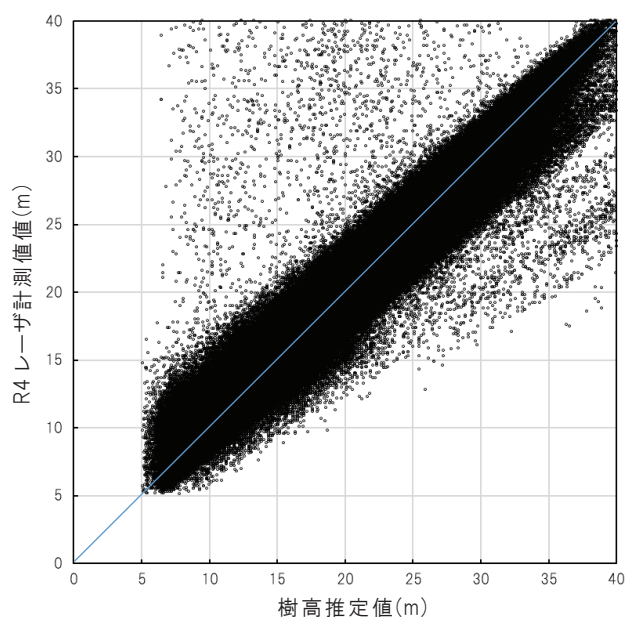


図-4 須坂市における樹高推定値とレーザ計測値の関係

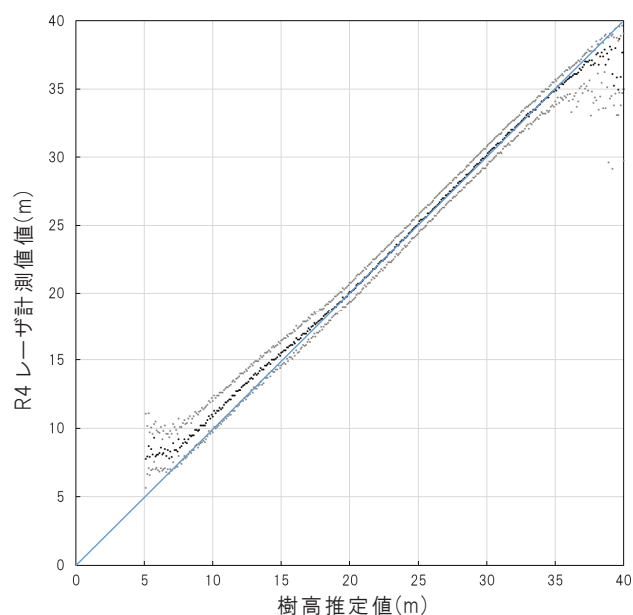


図-5 須坂市における樹高推定値とレーザ計測値の四分位範囲（±50%）の関係
※灰色点群の垂直上下間が四分位範囲、その中間の黒点が中央値

人工林の成長量及び経済性評価による更新判断の検討

育林部 大矢信次郎

高成長が期待できる林分を可視化するため、航空レーザ計測データを用いて作成した樹高成長曲線から地位指数マップの作成を検討した。佐久穂町のカラマツ、須坂市のスギについて、単木樹高データ、樹種、林齢を20mメッシュ化し、各成長曲線式から地位指数を算出しカラーランプ表示によりマップ化した。地位指数マップでは尾根地形より沢地形、高標高より低標高で地位指数が高い傾向が認められ、土壌水分や温度等の立地条件を反映していることが確認でき、メッシュごとに将来の成長量を予測することが可能となった。

キーワード：航空レーザ計測、地位指数マップ、樹高成長曲線、カラマツ、スギ

1 はじめに

長野県の人工林は、12 齢級以上の面積割合が全体で約 60%に達し、主伐・再造林を行う林分が徐々に増えてきている。しかし、主伐して再造林を実施するのか、それとも長伐期施業とするのか、林分ごとに伐期を判断する基準は曖昧である。また、路網等が整備された地利のよい林分であっても主伐後に再造林が行われない事例もあり、持続的な人工林資源の育成に課題がある。そのため本研究では、航空レーザ計測による広域的な樹高データや路網整備状況等の GIS データを活用しながら収益性の高い林分（成長が良く搬出が容易な林分）を抽出し、主伐・再造林を行う林分と長伐期施業を行うべき林分を仕分けすることを目的とする。本年度は、航空レーザ計測データを利用して作成した樹高成長曲線から地位指数マップを作成し、高成長林分を可視化する方法を検討した。なお、本研究は県単課題（令和 6 年～令和 10 年）として実施した。

2 試験の方法

平成 25 年度に長野県民有林全域で行われた航空レーザ計測等により得られた各市町村の単木樹高データと林相区分図の樹種データ及び森林簿の施業班データを用いて、前研究課題（大径・優良材生産を目指した人工林管理技術の確立）において長野県のカラマツ樹高成長曲線式をミッチャーリッヒ式により作成した。今年度は同様の手法を用いてスギ（裏系）の樹高成長曲線を作成するとともに、佐久穂町のカラマツ人工林及び須坂市のスギ人工林を対象として、地位指数曲線及び地位指数マップの作成を検討した。QGIS を使用して単木樹高データの 10m グリッド内の最大値を求め、それらを平均化して 20m メッシュ値とした。20m メッシュ内の単木樹高データ位置における森林簿上の林齢及び樹種から最頻値を求め、各メッシュの林齢、樹高から各樹種の成長曲線式の係数を決定した。各メッシュの地位指数（基準林齢 40 年生時の樹高値）を求め、カラーランプ表示によりマップ化した。

3 結果と考察

佐久穂町のカラマツ及び須坂市のスギの地位指数曲線を図-1～2 に、地位指数マップを図-3～4 に示した。スギ（裏系）の成長曲線は、幼齢～若齢時の成長はカラマツより小さいが、40 年生以降はカラマツをやや上回る成長を示しており、積雪の影響を受けていることが考えられた。また、地位指数マップでは両樹種とも高標高より低標高、また尾根地形より沢地形の方が地位指数が高い傾向を示しており、土壌水分や温度等の立地条件を反映していることが確認できた。これにより、20m メッシュ単位で人工林の成長量を予測することが可能となった。ただし、実際の林分では考えにくい地位指数 30 以上のメッシュも少数ではあるが存在した。これらは、送電線や鉄塔など特に高い地物の影響を受けていると考えられ、現地での精査により調整が必要と考えら

れた。今後、改良を加えながら各市町村における各主要造林樹種の地位指数マップを作成し、「もりぞん」等の森林ゾーニングツールによる活用を図りたい。

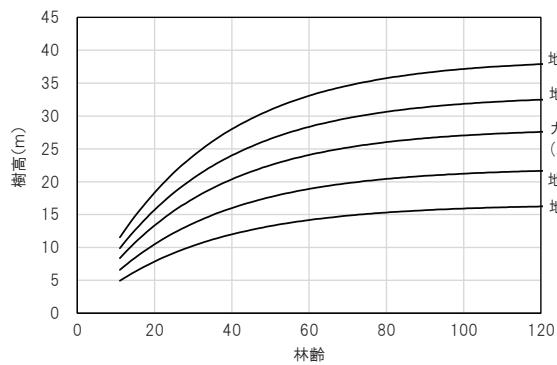


図-1 カラマツの地位指数曲線

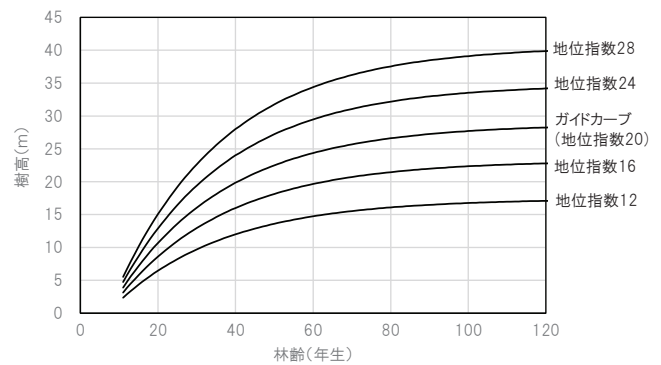


図-2 スギ（裏系）の地位指数曲線

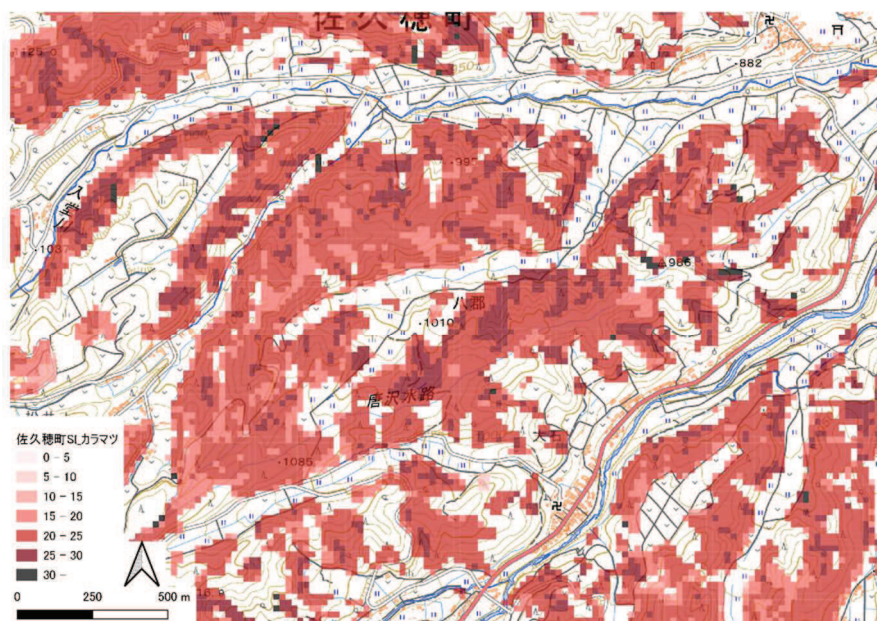


図-3 佐久穂町のカラマツ地位指数マップ

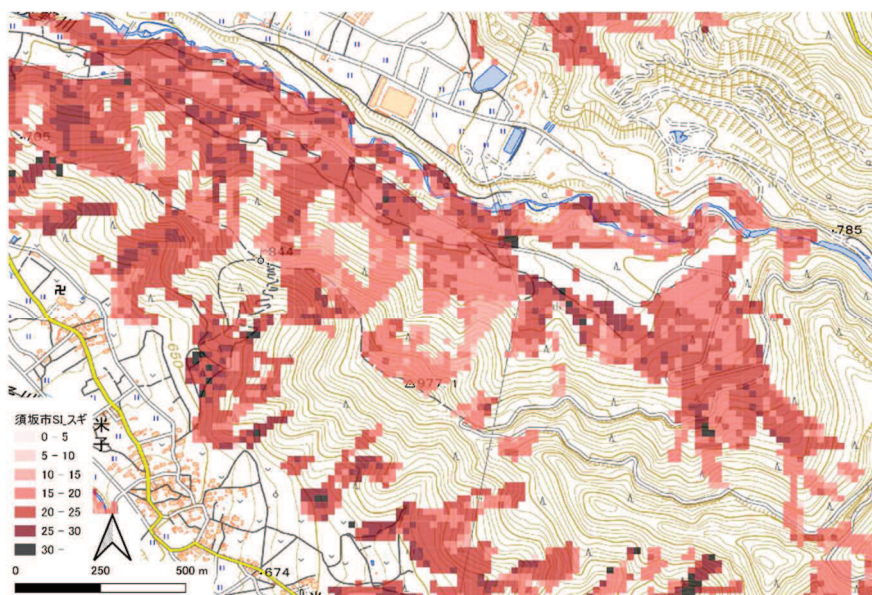


図-4 須坂市のスギ地位指数マップ

脱炭素社会の実現に資する森林管理技術の開発

育林部 大矢信次郎

寒冷地での造林事例もある中国南部原産のコウヨウザンを対象として、長野県中部においてその初期成長等をカラマツと比較した。その結果、コウヨウザンは苗木産地と植栽地の開葉時期が異なったため霜害を受けやすく生存率が低下したこと、形状比が高く自立しない苗木が多かったため樹高成長が停滞したこと等の影響を受け、4成長期後にはカラマツと比較して樹高と根元径に1成長期分の遅れが生じた。

キーワード：コウヨウザン、早生樹、苗木産地、霜害、形状比

1 はじめに

長野県は「2050 ゼロカーボン」を掲げ、脱炭素社会の実現に向けた施策を展開している。各分野でCO₂排出量を減少させる努力が求められている一方で、森林にはCO₂吸収源としての役割が求められ、より効果的に吸収能を発揮させることが期待されている。そのため、早生樹造林が近年再び注目され、既存の主要造林樹種より初期成長に優れ造林コストが削減されることや、輪伐期の短縮などが期待されている。現在早生樹候補として挙げられている樹種のうち、コウヨウザンは中国南部原産のヒノキ科の針葉樹であるが、静岡県の高標高1,000mを超える寒冷地でも比較的良好な成長が報告されている。長野県でも南部の飯田市や阿智村で単木的に植栽され生育が確認されていることから、ある程度の耐寒性を有していると考えられる。そのため本研究では、長野県南部より寒冷な中部におけるコウヨウザンの適応性を評価するため、その初期成長等をカラマツと比較した。なお、本研究は県単課題（令和4年～令和8年）として実施した。

2 試験の方法

中国産輸入種子により広島県で生産されたコウヨウザンコンテナ苗を2021年3月10日に塩尻市片丘の長野県林業総合センター内のアカマツ伐採跡地（土壌型：B1D、斜面方位：南南西、標高：約800m、年平均気温：10.4℃、年平均降水量：1,216mm）に植栽した。苗木は中苗（平均苗高約50cm）と大苗（同約70cm）の2種類、植栽密度は1,000～3,000本/haで各苗を160本植栽した。比較対照として、カラマツコンテナ苗（種子：長野県産第一世代精英樹、育苗地：長野県山形村）を同時期に同林分の斜面上側に、中苗（平均苗高約45cm）・大苗（同約60cm）を植栽密度1,000～2,500本/haで各苗を160本以上植栽した。両樹種とも植栽後に樹高、根元径を測定し初期値とし、以後、毎成長期後に測定し両樹種の成長を比較した。また、4成長期後の両樹種の樹冠は隣接木と接していなかったため、植栽密度の影響はないと判断し解析上区別しなかった。なお、試験地には防護柵を設置したため、ウサギやシカ等の食害はなかった。

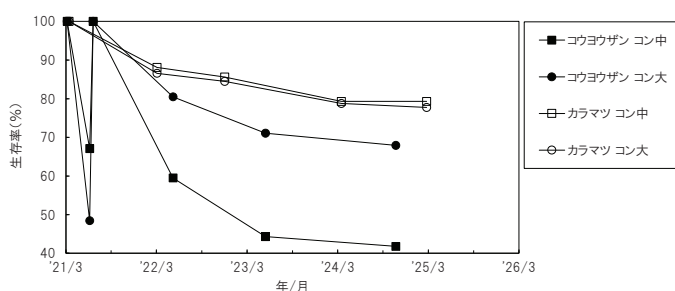
3 結果と考察

2021年3月に植栽したコウヨウザンの生存率は、同年5月までに中苗は67%、大苗は48%に低下した（図-1）。6月23日に補植を行った後も枯死木は発生し、翌年春の生存率は中苗で60%、大苗で81%に低下した。その後、生存率の低下は緩やかになったが、4成長期後の2024年秋の生存率は中苗が42%、大苗が68%まで低下した。植栽日の3月10日及び補植日の6月23日以後10日間に5mm以上の降雨は3回及び6回観測されており（図-2）、活着に乾燥害の影響は考えにくかった。また、コウヨウザンの苗木が納品された3月上旬には既に新葉が伸長を始めていたが、塩尻に植栽した後の3月中旬～4月中旬の1ヵ月間には日最低気温が氷点下の日が19日あったことから（図-2）、耐寒性が低い新葉の枯損が植栽木を衰弱させ、枯死を招いたことが示唆された。一方カラマツは、生存率の低下が緩やかに認められたものの、4成長期後においても約80%であ

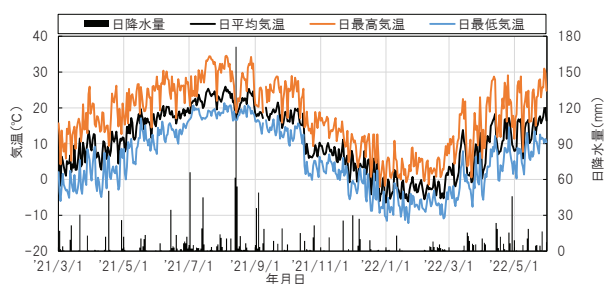
った。

次に、コウヨウザンの樹高成長は1成長期目に顕著な停滞が認められ、中苗、大苗とも平均成長量は7～8 cm 程度であった（図－3左）。2成長期目も大きく改善はせず 20～26cm であったが、3成長期目以降は 40cm 以上の成長量を示した。一方、カラマツの樹高成長量は、1成長期目は10数 cm 程度であったが2成長期目以降は平均 50cm 以上となった。コウヨウザンは初期の成長停滞が影響し、4成長期後の平均樹高はカラマツより有意に低く、カラマツの3成長期後の値と比較しても有意差がないか有意に低く、1成長期分の遅れが認められた。また、コウヨウザンの1～2成長期目の根元径成長量の停滞は樹高ほど顕著ではなかった（図－3右）が、4成長期後のサイズはカラマツより有意に小さく、樹高と同様カラマツより1成長期分の遅れが認められた。

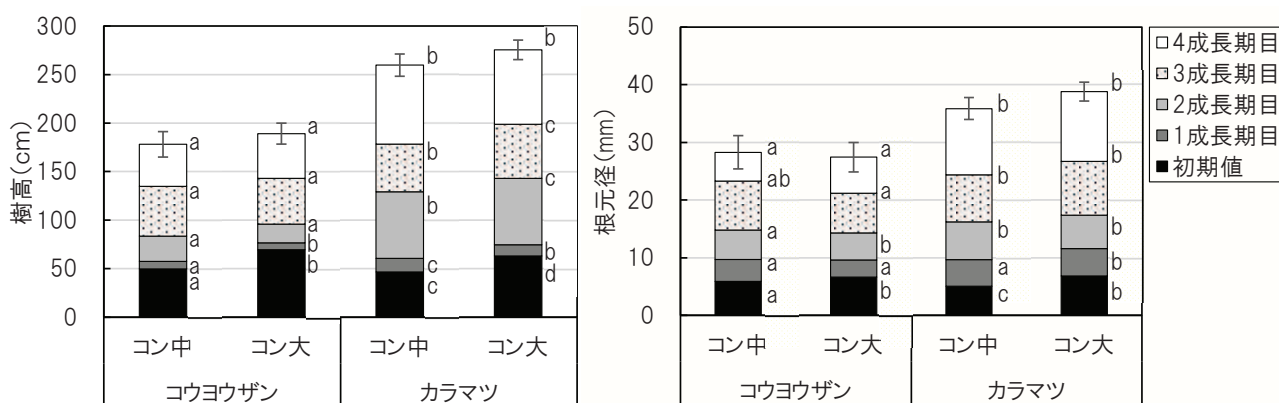
今回植栽したコウヨウザンは、苗木の形状比が高かったことに加えて植栽直後に霜害を受けたことにより樹高成長等が遅れたと考えられるが、それらの影響が小さくなった数年後においてもカラマツの成長量を上回ることにはなかった。以上のことから、長野県中部においてはコウヨウザンの初期成長に優位性は認められず、カラマツの方が適地であると考えられる。



図－1 コウヨウザン及びカラマツ植栽木の生存率の推移



図－2 植栽地の気温と降水量(21年3月～22年5月)



図－3 コウヨウザン及びカラマツ植栽木の樹高（左）と根元径（右）の成長経過

※初期値・各成長期後のサイズを4苗種間で比較、同一符号を含まない苗種間に有意差あり(Tukey-Kramerの多重比較検定, $p < 0.05$)
※エラーバーは標準誤差

未利用低質材有効活用手法の評価検証

ー信州産業サステイナブルプロジェクトー

育林部 小山泰弘・柳澤賢一

春に発生する希少種がニホンジカに食害されないように竹の杭での防除を試みた。杭の間隔が1m程度空いているとニホンジカやニホンカモシカが侵入したが、間隔を30cm程度まで狭めると侵入防止できた。しかし、設置から2ヶ月後には杭を壊して侵入するニホンジカが確認された。このことから竹の杭を打つだけの簡易な防除でも短期間の効果は得られたが、持続しなかった。

キーワード：林地残材、竹材、獣害防除、ニホンジカ

1 はじめに

伐採時に発生した枝条の有効利用を目的として、ニホンジカの防護柵代わりに利用できないかを検討するため、麻績村の皆伐地で天然更新を目的に実施したが、ニホンジカの個体密度が高すぎて枝条による防護は期待できなかった。そこで本年は、麻績村よりもニホンジカの個体密度が低いと考えられる安曇野市明科に試験地を変更してニホンジカの生息状況を調査するとともに、短期間だけ生育する春植物の防除を試みることで、林地残材を用いた防除が有効であるかどうかを確認することを目的とした。

なお本研究は、長野県試験研究機関連携会議が2023～2027年度にかけて実施する「信州産業サステイナブルプロジェクト」の中で示された中課題「環境の負荷を軽減する技術の開発」の小課題「未利用資源を活用した地域循環モデルの構築」の一つとして、林務部の県単研究課題として実施しているものである。また、研究に際しては、特定非営利活動法人森倶楽部21の協力を得たほか、成果の一部は第136回日本森林学会において発表した。

2 方法

試験地は、安曇野市明科の標高850mに位置するスギ林とした。当該スギ林内には、春植物の一種で安曇野市版のレッドリストに記載された希少種が生育しており、定期的に開花調査を行っている。開花調査の結果、盗掘被害は発生していないものの、ニホンジカとみられる食痕があり、被害対策の必要性があるため、希少種が生育する短期間の防除効果を狙って、地域の未利用資源である竹を杭として活用することとした。

希少種が地上へ発生する直前の2024年3月5日に50～100cm間隔でエリアの周囲を囲むように竹杭を打ち込んだ。その後、希少種の芽が出始める3月24日に杭間の距離が50cm以下になるように竹杭を追加して打ち込み(写真-1)、開花盛期の2024年4月29日に区域内の開花個体調査を行った。当該区域における野生動物の挙動は、区域全体が見渡せる場所に赤外線センサーカメラ(TREL20J)を設置し、杭の設置前にあたる2023年12月14日～2024年12月24日まで観測した。



写真-1 竹の杭で囲んだ様子

3 結果と考察

森倶楽部 21 が 2004 年から実施していた希少種調査の結果は図-1 のとおりで、2021 年以降は 10 輪に満たない状況が続き絶滅が心配された。今回撮影したセンサーカメラには、ニホンジカが最も多く撮影されていたが、ほかの哺乳類も撮影できた。このうち、冬期間にはニホンカモシカがよく撮影されており、ニホンジカよりも多いこともあった。ニホンカモシカは、ニホンジカと同様に草食性で、対象としている希少種を食害する可能性があることから、竹杭の効果測定では、両種を合わせて分析した。分析に際しては竹杭の設置前（12/14～3/5）、杭間の広いところがある設置中（3/5～3/24）、杭間を狭くした設置後（3/24～4/29）で、ニホンジカ及びニホンカモシカ両種の出現回数を、希少種発生区域内へ侵入したのか否かで区分したところ、図-2 のように広い範囲でも杭を立てるだけで侵入が抑制され、杭間を狭めた 3 月 24 日以降は侵入していなかった。

一方で、4 月 29 日の開花調査の結果は、図-3 のとおり防除を行わなかった前年と変わらなかった。これだけを考えれば、期待した防除効果が得られなかったとも思われるが、当該希少種は、種子繁殖だけでなく栄養繁殖も行われるがどちらも塊茎が大きくなると発生しないため、単年度の防除では効果が発現しなかったものと判断した。一方で、開花数の減少が無かったことを考えれば、防除効果があったともいえたが、実際の効果は翌年以降の経過観察が必要と判断した。

なお、センサーカメラの観測によるニホンジカの出没状況を 5 月以降も確認したところ、4 月中は侵入していなかったニホンジカは 5 月 12 日に隙間を見つけて侵入したのち、6 月以降は杭を曲げて侵入するようになった（図-4）。このことから竹杭を使ったような簡易な防除は、2 ヶ月程度の短期間の効果にとどまることが判明した。一方で、竹杭内に侵入するのは杭の間隔が広い場合か、杭が壊れている場合に限られており、杭のメンテナンスをこまめに行えば継続できた可能性があったことから、効果検証を進めるため翌年も継続して調査を行う。

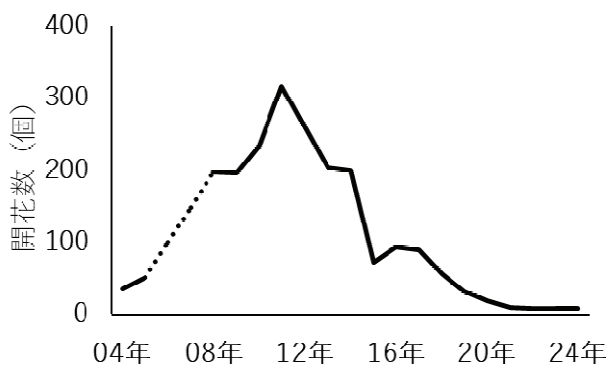


図-1 調査地における希少種の開花数変化

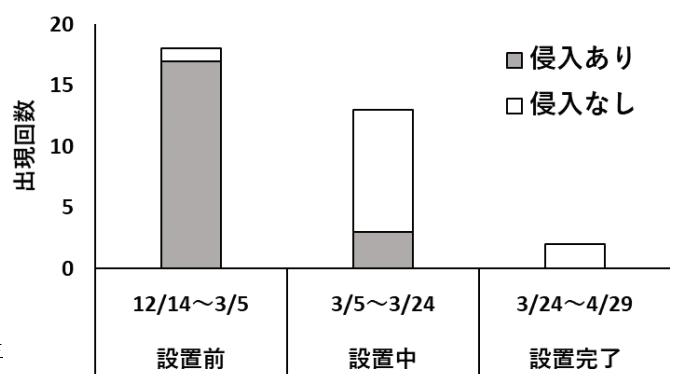


図-2 調査地周辺に出現したニホンジカ及びニホンカモシカの出現状況

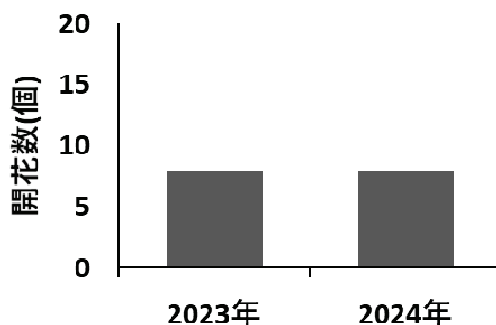


図-3 杭設置前後の希少種開花数

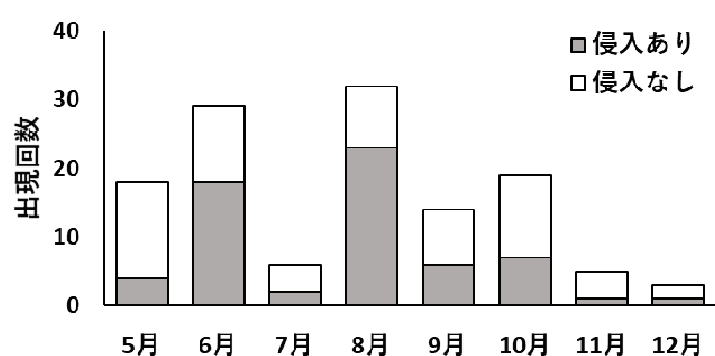


図-4 希少種開花後のニホンジカ出現回数と柵内侵入状況

マツ枯れ被害後の更新管理方法の研究

育林部 二本松裕太

筑北村内のマツ枯れ被害地において被害木を伐採しなかった場合の植生変化を令和2年秋から令和6年春にかけて調査した。上層のアカマツの大半が枯損し、局所的に倒木等による攪乱があったとしても、下層に存在していた前生樹がそのまま成長し、3成長期の間に樹種構成が劇的に変化することはなかった。植生の推移は前生樹種の構成に依存し、高木性樹種が多くなければ高木性樹種が優占する森林には更新しにくいと考えられた。

キーワード：マツ枯れ、伐倒木、天然更新、高木性樹種、ソヨゴ

1 試験の目的

マツ材線虫病によるアカマツの枯損被害に対し、被害拡大防止と森林の健全化に向け、被害地及びその周辺のアカマツを全て伐採し、違う樹種に転換を図ることが各地で実施されている。これまでの報告では、アカマツ林では下層植生が繁茂しており前生樹が多く残ることから天然更新が容易であるとされるが、枯損木を伐倒して引きずって搬出する場合や丸太を直置きするなど前生樹を痛めた場合は更新が困難になることが予測される。また、被害木を伐採しないことで不用意な倒伏で前生樹が影響を受ける危険も考えられる。そこで、本研究は、伐採木の処理に関して、被害木を伐採しない場合も含め、前生樹への影響が考えられる処理を行った場合でも天然更新が可能であるか検証することを目的とした。

令和6年度は東筑摩郡筑北村内の令和2年度に設定した調査プロットにおいて、上木の伐採を行わなかった場合の植生変化を調査した。本研究は県単研究課題（令和2～6年度）として実施した。

2 調査方法

令和2年度に筑北村内のアカマツ林2箇所を設定した調査区Cと調査区Dにおいて、令和6年5月に植生状況を調査した（表-1）。それぞれ、アカマツ以外の前生の高木性樹種が比較的多い林分、少ない林分として設定した箇所である。調査区は20×20mの方形枠とし、調査区の設定以降、伐採等の施業は行っていない。樹高0.5m以上のすべての樹種を対象とし、樹高0.5m以上、2m以上、5m以上、10m以上の区分で個体数をカウントした。

表-1 調査区の概要

調査区	施業内容	標高	斜面方位	前生高木種 (樹高5m以上)
C	なし	670m	東	1000本/ha
D	なし	700m	東	300本/ha

3 結果と考察

前生の高木性樹種が多い調査区Cでは、令和2年秋時点のアカマツ枯損率は38%だったが、令和6年春には90%まで枯損が増え、樹高2m以上の高木性樹種の成立本数は生き残ったアカマツを除くと、1,275本/haとなった（表-2(a)）。令和2年と令和6年の階層別の密度を比較すると全体的に上の樹高階にシフトしており、10m以上の層のアカマツを除く高木性樹種は200本/haから450本/haに増加した（図-1(a)）。一方、2～10mの層では常緑低木のソヨゴが優占しており、高木性樹種の総数はほとんど増えなかった。前生の高木性樹種が少ない調査区Dでは、同じ期間でアカマツが新たに3本枯損し、枯損率は73%から78%となった。樹高2m以上の高木性樹種の成立本数は生き残ったアカマツを除くと575本/haであり、調査区Cと比べて少なかった（表-2(b)）。2～

10mの層では調査区Cと同様にソヨゴが優占し、高木性樹種の総数は増えなかった（図-1(b)）。また、いずれの調査区においても 0.5～2 mの下層に存在する高木性樹種は中低木性樹種と比べて少なかった（表-2）。

以上の結果から、上木のアカマツを伐採せずに放置すると、主にもともと下に存在していた前生樹がそのまま成長し、樹種構成が劇的に変化することはないと言えた。なお、上木の枯損に伴って倒伏、折損する個体も散見されたが、下層木への影響は軽微だった。つまり、マツ枯れ被害林に対して手を入れずに放置した場合、その後の植生の変化は前生樹種の構成に依存し、ソヨゴのような競合種に対して高木性樹種が多くなければ、高木性樹種による更新が進みにくいと考えられた。

なお、ソヨゴは県内のアカマツ林の林内では普通に出現する常緑の低木樹種であるが、今回の調査地のようにマツ枯れ被害跡地で優占する事例は県外でも報告され、高木性樹種の成長を阻害するため長期にわたって上層木を欠く状態が持続した例もある。さらに更新を阻害する要因としてはニホンジカによる影響も挙げられ、当地における更新が進むかどうかは今後も注視する必要がある。

表-2 調査区C・Dにおける樹種区分別の成立個体数

(a) 調査区C

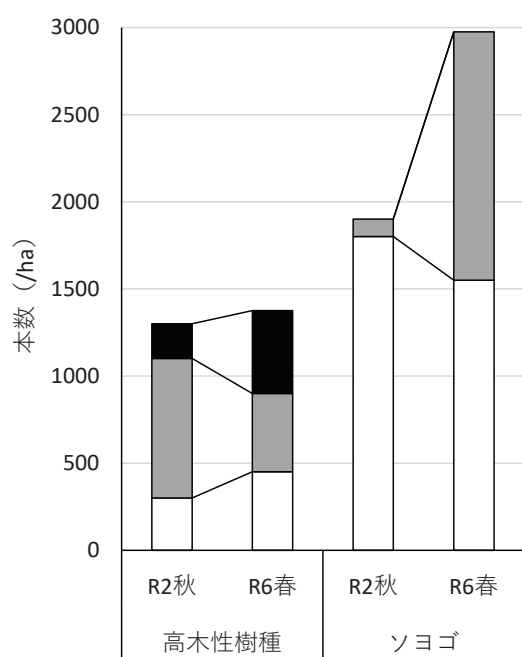
区分		10m以上 (本/ha)	2m以上 (本/ha)	0.5m以上 (本/ha)
高木性樹種	アカマツ	150	0	0
	アカマツ以外	450	825	225
中低木性樹種	ソヨゴ	0	2625	550
	その他	0	400	525

(b) 調査区D

区分		10m以上 (本/ha)	2m以上 (本/ha)	0.5m以上 (本/ha)
高木性樹種	アカマツ	350	0	0
	アカマツ以外	50	525	300
中低木性樹種	ソヨゴ	0	1125	250
	その他	0	775	1075

萌芽枝が複数出ている場合はまとめて1本とした。

(a) 調査区C



(b) 調査区D

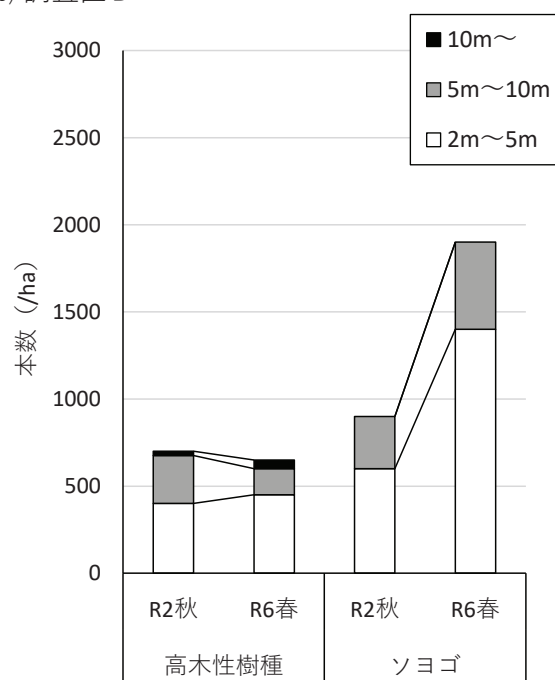


図-1 調査区C・Dにおける高木性樹種（アカマツを除く）とソヨゴの成立本数の変化

萌芽枝が複数の場合、それぞれを1本として作図しているため、表-2とは合計が一致しない。

高標高地におけるマツ材線虫病の被害実態に応じた 新たな防除手法の確立

育林部 柳澤賢一

高標高地におけるマツ材線虫病（松くい虫）被害実態を把握するため、松本市の標高別の被害本数調査とドローンによる松枯れ木の最高標高を探索した結果、標高 1,200m 以上では継続した被害の発生は認められず、暖冬だった 2024 年でも 2023 年度に発生した標高 1,408m 付近の新たな被害の拡大は認められなかった。

キーワード：マツ材線虫病、高標高地、標高別被害率、暖冬

1 はじめに

依然として県内で被害が拡大しているマツ材線虫病被害については、2023 年度の全県の被害数量が約 55,280m³ となり、12 年ぶりに増加に転じ、全国で最も多かった（2024 林務部）。一方、被害侵入が比較的遅かった本県においては、被害が侵入していない未被害市町村や高標高地を中心にアカマツが生残している。残されたアカマツ林を効果的に保全するためには、被害リスク評価を行い、被害実態に応じた防除戦略の策定が重要である。そこで本研究では、標高 800m を超える高標高地におけるマツ材線虫病の被害拡大速度の把握と被害リスクを評価するため、標高 800～1,500 m までアカマツ林が連続して分布する松本市において、標高別の被害実態調査を進めている。本年度は、標高別プロットにおける被害調査と、2023 年度に発生した本病被害木の過去最高標高地点である標高 1,408m 周辺をドローンで探索し、暖冬だった 2024 年度の被害の拡大状況を把握したので報告する。なお、本調査は県単課題（令和 4 年度～令和 8 年度）として、松本市本郷財産区および松本地域振興局林務課の協力により行った。

2 調査方法

2.1 標高別プロット調査

調査地は標高 800m より低標高域で被害が激害化している松本市里山辺および三才山地籍内のアカマツ林のうち、標高 1,500m 付近までアカマツ林が連続している林分とした。標高別のアカマツ枯損率の推移を把握するため、標高 800m, 1,000m, 1,200m, 1,400m 地点にそれぞれ 30m×30m の方形プロット調査区（以下、800m、1,000m、1,200m、1,400m と略記）を設けた。調査期間は 2018 年 5 月から 2024 年 12 月までとし、各年 4 月から 12 月までの毎月、プロット内のアカマツ枯損率を調査した。あわせて電動ドリル（15mm 刃）を用いて枯死木から材片を採取し、バールマン法またはマツ材線虫病診断キットにより病原体であるマツノザイセンチュウの有無を調査した。

2.2 被害木の最高標高地点探索

本病被害の最高標高地点を探索するため、2.1 と同じアカマツ林を対象にドローン撮影による被害木の探索を行った。ドローンは Mavic 2 Zoom (DJI 社製) を用い、風速 5m/s 以下の好天時に対地高度を 150m とし、オーバーラップ率は航行上（進行方向前後）で 80%、航行間（進行方向左右）で 60% として撮影した。撮影は 2024 年の当年枯れ被害が出揃うと考えられる 2024 年 12 月上旬に行った。撮影した画像のオルソ化には、Agisoft Metashape (1.6.5) を用いた。まず、オルソ画像上で、葉の一部または全体が赤色または黄変したアカマツをそれぞれ赤変木または黄変木としてラベリングした。次に、枯死木のうち当年枯れと考えられる赤変木の緯度経度を参考に現地調査を行い、標高 1,250～1,500m で発見された赤変木全てから材片をサンプリングし、2.1 と同様の方法でマツノザイセンチュウの有無を鑑定した。

3 結果と考察

3.1 標高別プロット調査

マツノザイセンチュウが検出されなかった標高別未被害本数率の推移を図-1 に示す。未被害本数には健全木とマツ材線虫病以外で枯損したアカマツを含む。未被害本数率は 800m では最初の被害発生後 3～4 年目の 2020～2021 年に急速に減少した。一方、1,000m では 2021 年 5 月に初めて被害が発生したのち微減した。また 1,200m では 5 年目の 2022 年の被害のみで、それ以降は新たな被害は発生しなかった。1,400m では被害の発生はなかった。2024 年 12 月の未被害本数率は、800m で約 26%、1,000m で約 88%、1,200m で約 97%、1,400m で 100% となった。被害率の増加速度は標高別で明らかに差があり、標高 1,200m 以上では継続した被害の発生は認められなかった。

3.2 被害木の最高標高地点探索

ドローンにより探索した赤変木別のマツ材線虫病鑑定結果を表-1 に示す。標高 1,250～1,500m で当年枯れのアカマツは 9 本で、うち 3 本が本病陽性となった。調査地内で 2023 年度に確認された過去最高標高の年越し枯れ被害である標高 1,408m の本病枯死木周辺では、新たな陽性は発生しなかった。これまで標高 1,200m 以上では、寒冷な気候により媒介昆虫の幼虫が越冬できないため感染源リスクは低いとされてきたが、2024 年のように暖冬だった年でも被害の拡大はなかったことから、冬の気温だけではなく、標高が高く年間の気温が低いことが媒介昆虫の生育、線虫の増殖率などの感染リスクを下げている可能性があった。以上より、標高 1,200m 以上の被害発生を抑えるためには、単年の気温条件に関わらず媒介昆虫の発生源である低標高側を重点的に防除することが重要と考えられた。

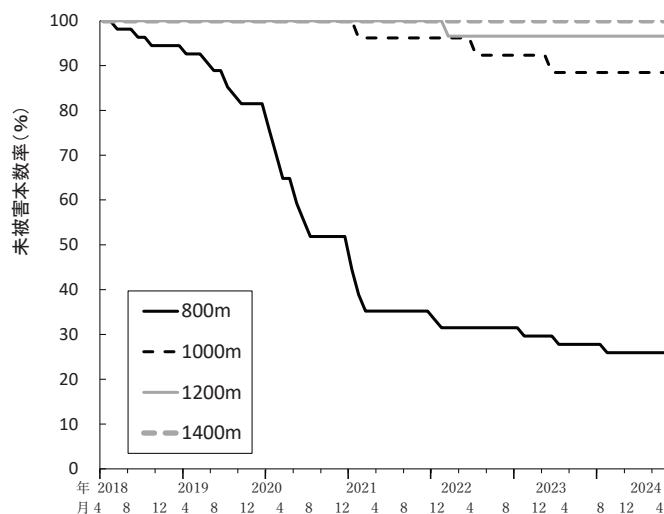


図-1 標高別未被害本数率の推移

表-1 赤変木別マツ材線虫病の鑑定結果

標高 (m)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	マツ材線虫病鑑定結果 + : 陽性、- : 陰性
1,476	40	19	-
1,466	38	19	-
1,374	42	23	-
1,357	52	20	-
1,333	38	22	-
1,312	30	20	+
1,280	43	21	-
1,264	50	25	+
1,251	55	22	+

捕獲と防除を組み合わせた総合的獣害対策の検証

育林部 柳澤賢一

従来より低コストな自動撮影カメラの実用性を検討するため、従来カメラと低コストカメラのシカ撮影頭数の精度を比較した。その結果、低コストカメラは従来カメラと比べ平均 29%のシカ頭数の見落としがあったが、昼夜問わず 7 割以上のシカを捉えて出現の濃淡の傾向を表しており、捕獲箇所を選定する上では実用上問題ないと判断した。低コストカメラを用いてシカの捕獲箇所を選定しにくくりワナ捕獲を実施しても、効率的な捕獲が可能だった。

キーワード：ニホンジカ、低コスト自動撮影カメラ、日撮影頭数、くくりワナ

1 はじめに

主伐再造林を推進していくためには、幼齢木から成木までのいずれの成長段階でもニホンジカ等の獣害を抑えることが必須である。しかし、近年のシカによる農林業被害額の下げ止まりから、個別の手法だけでは防除効果に限界があると考えられ、より効果的かつ低コストな防除対策を進めるには、地域の被害の実態に合わせた捕獲と防除を組み合わせた総合的対策手法の確立が必要である。

効率的捕獲手法についてはこれまでの実証試験の結果から、ワナ設置前 30 日間の自動撮影カメラのシカ撮影頭数が平均 1.0 頭/日以上であれば狩猟初心者でもシカをワナ捕獲できることが示唆された。しかし、従来の自動撮影カメラは 1 台あたり 4 万円程度と高額であるため、狩猟初心者への普及が進んでいない。そこで本報告では、1 台あたり 6 千円程度の低コスト自動撮影カメラと従来品を比較して実用性を検証するとともに、低コストカメラで得られた画像データを元にシカの高密度生息地域でワナ捕獲を実施したので、その結果を報告する。なお、本課題は県単課題（令和 6～10 年度）および一部を令和 6 年度効率的捕獲実証事業として実施した。

2 方法

2.1 低コストカメラの仕様

従来カメラと低コストカメラの主な仕様を表-1 に示す。どちらのカメラも昼夜問わず赤外線センサー範囲で温度変化があった場合に、静止画や動画が撮影される。ただし、センサーの反応範囲と距離とが異なり、低コストカメラは左右角度の反応範囲が広い一方、奥行きの反応距離は短い。また、価格は約 6 千円で従来カメラの 1/6 以下だった。

2.2 低コストカメラのシカ撮影頭数の精度検証

従来カメラに対する低コストカメラのシカの見落とし率を把握するため、塩尻市東山（図-1）で両カメラを同じ立木に上下に並べて 1 台ずつ括りつけ、同じ方向に向けて固定した。低コストカメラは No. ①～⑩の 10 台とし、区域内に分散して設置した。調査期間は 2024 年 7 月 19 日から 8 月 19 日の 31 日間とし、撮影された画像からシカ撮影枚数、その他の動物撮影枚数、何も写っていない空打ち枚数、日中（6 時から 18 時）のシカ撮影頭数、夜間（18 時から 6 時）のシカ撮影頭数を目視で解析しカメラ間で比較した。

2.3 ワナ捕獲実証

低コストカメラデータを用いれば効率的にシカをワナ捕獲できるかを検証するため、塩尻市東山（図-1）の牧草地周辺で低コストカメラ 10 台（No. 1～10）を分散して設置し、ワナ設置前 30 日間のシカの平均日撮影頭数が多い場所をワナ捕獲箇所とした。選定した箇所で、笠松式足くくりワナ（直径 20cm）をカメラの画角内または隣接地の獣道に複数基設置した。捕獲実証期間は 2024 年 10 月 15 日から 11 月 14 日までの 30 日間とし、捕獲者が捕獲実証期間中は毎日ワナの見回りを行った。捕獲結果はワナ 1 基 1 日あたりの捕獲効率（CPUE、頭/ワナ日）で評価した。

3 結果と考察

3.1 低コストカメラのシカ撮影頭数の精度検証

従来カメラと低コストカメラの撮影枚数の比較を表-2 に示す。従来カメラ（A）と低コストカメラ（B）の比率（B/A）は、10 台の平均でシカ撮影枚数が 0.76、その他動物枚数が 0.35、空打ち枚数が 0.32 だった。また、日中の画像に写ったシカ頭数は 0.76、夜間のシカ頭数は 0.70 だった。シカの合計頭数は従来カメラが 1,670 頭、低コストカメラが 1,180 頭で、その比率は 0.71 となり、29%の見落としがあった。期間中の電池切れやその他のトラブルはなかった。以上より、低コストカメラは従来カメラに比べてシカの頭数が減少するものの昼夜問わず 7 割以上のシカを捉えて濃淡の傾向を表しており、解析に不要な小動物などその他動物枚数や空打ち枚数が少ない一方で、大型哺乳類であるシカは比較的良好に捉えていることから、シカの捕獲箇所を選定する上では実用上問題がないと判断した。

3.2 ワナ捕獲実証

シカの日撮影頭数と捕獲結果を表-3 に示す。日撮影頭数の多かった No.1~8 でワナを複数基設置した結果、30 日間でシカ 16 頭を捕獲した。今回の平均 CPUE は 0.0190 であり、カメラを用いない場合のくくりワナの平均 CPUE=0.0050（2024 林務部）に比べ効率的だった。

表-1 カメラ別シカの平均日撮影頭数

	従来カメラ	低コストカメラ
静止画最大解像度	1200万画素	1600万画素
トリガースピード	0.65秒	0.80秒
赤外線センサー	940nm赤外線LED	940nm赤外線LED
センサー反応範囲	左右50°	左右90°
センサー反応距離	25m	13m
記憶媒体	SDカード32GB	microSDカード32GB
電源	単三型乾電池12本	単三型乾電池8本
重量	400g	256g
価格（2024年7月）	約4万円	約6千円

表-2 従来カメラと低コストカメラの撮影枚数の比較（A：従来カメラ、B：低コストカメラ）

カメラ	シカ撮影枚数			その他動物枚数			空打ち枚数			全撮影枚数			日中シカ頭数			夜間シカ頭数			シカ頭数計		
No.	A	B	B/A	A	B	B/A	A	B	B/A	A	B	B/A	A	B	B/A	A	B	B/A	A	B	B/A
①	14	4	0.29	0	0	-	8	8	1.00	22	12	0.55	4	5	1.25	11	1	0.09	15	6	0.40
②	20	11	0.55	20	7	0.35	13	9	0.69	53	27	0.51	8	3	0.38	15	9	0.60	23	12	0.52
③	41	12	0.29	0	0	-	11	13	1.18	52	25	0.48	6	2	0.33	46	11	0.24	52	13	0.25
④	556	317	0.57	5	1	0.20	316	82	-	877	400	0.46	0	0	-	888	480	0.54	888	480	0.54
⑤	2	8	4.00	0	0	-	11	7	-	13	15	1.15	0	1	-	3	11	3.67	3	12	4.00
⑥	85	39	0.46	0	0	-	148	29	0.20	233	68	0.29	38	25	0.66	102	42	0.41	140	67	0.48
⑦	12	12	1.00	0	0	-	9	14	1.56	21	26	1.24	1	1	1.00	11	11	1.00	12	12	1.00
⑧	373	388	1.04	19	9	0.47	606	132	-	998	529	0.53	0	0	-	433	446	1.03	433	446	1.03
⑨	7	12	1.71	7	0	0.00	12	6	0.50	26	18	0.69	9	13	1.44	1	4	4.00	10	17	1.70
⑩	63	93	1.48	4	2	0.50	28	70	-	95	165	1.74	0	0	-	94	115	1.22	94	115	1.22
計	1173	896	0.76	55	19	0.35	1162	370	0.32	2390	1285	0.54	66	50	0.76	1604	1130	0.70	1670	1180	0.71



図-1 低コストカメラ検証と捕獲実証区域

表-3 シカの日撮影頭数と捕獲結果

カメラ	捕獲前シカ日撮影頭数（頭/日）	わな基数	わな日数	捕獲頭数	CPUE
No.					
1	2.17	5	150	3	0.020
2	1.37	4	120	2	0.017
3	3.14	6	180	1	0.006
4	4.00	6	180	4	0.022
5	1.20	2	60	2	0.033
6	0.91	2	60	1	0.017
7	0.89	2	60	1	0.017
8	3.91	4	120	4	0.033
9	0.89	0	0	0	-
10	0.91	0	0	0	-
平均・計	1.94	31	930	18	0.019

外来生物等による森林被害を低減する複合リスク緩和手法の開発

育林部 柳澤賢一、小山泰弘

防除手法がほとんどないツヤハダゴマダラカミキリ幼虫を駆除するため、4月下旬に切り込みを入れたバッコヤナギの被害枝を生分解性シートで被覆し、キルパー40を用いて14日間のくん蒸処理を行った。その結果、幼虫の死亡率は無処理区では9.1%、くん蒸処理区では100%となり、駆除効果が認められ、農薬登録のための有効例となった。

キーワード：ツヤハダゴマダラカミキリ、伐倒くん蒸処理、キルパー40、春季処理

1 はじめに

近年、外来カミキリムシをはじめとした樹木枯損を引き起こす穿孔性害虫等が木質（木材、栽培木、梱包資材）の輸出入により国内に侵入し、広域で農林水産上の問題となるとともに、生態系などへの影響が懸念されている。しかし、それらの害虫の不用意な移動を防ぐ手段や、新たに侵入した害虫の防除方法は侵入時点で確立していない。

県内においては、令和5年9月に特定外来生物ツヤハダゴマダラカミキリ（*Anoplophora glabripennis*、以下、ツヤハダとする）の定着が佐久市で初めて確定された。本報告では、防除手法がほとんどない本種の幼虫に対し、松くい虫防除対策で使われる薬剤による被害木の伐倒くん蒸処理の有効性について検討した。なお本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「日本と木材輸出相手国の樹木を外来病害虫から護る複合リスク緩和手法の開発」JPJ012712の補助を受けるとともに、技術協力「ツヤハダゴマダラカミキリ伐倒木燻蒸効果試験（キルパー40）」として行った。

2 方法

2.1 供試木と供試薬剤

供試木は佐久市内で発生したツヤハダのフラスの排出がみられるバッコヤナギ被害木2本（胸高直径10.5～25.5 cm）とし、伐倒後の被害枝を環境省の飼養等許可を受けた移動用施設で許可施設内に搬入し、40～60 cmに玉切りして供試枝とした。薬剤の浸透性を高めるため、くん蒸処理直前に供試枝に対し20 cm間隔で太さに応じて深さ2～5 cm程度の切れ込み処理を行った。供試薬剤は、キルパー40（有効成分：ナトリウム＝メチルジチオカルバマート、サンケイ化学株式会社製）を用いた。

2.2 試験地と試験区

試験地は林業総合センター林内に設置した昆虫網室内（標高870 m）とした。試験区は供試薬剤区と無処理区の2区とし、各区に同一被害木由来の枝が集中しないよう、また産卵痕数が偏らないように5本ずつ配分した（表-1）。また、被覆内の温度を調査するため、データロガー（おんどとり Jr. TR-51i、株式会社ティアンドディ）を各区の被覆シート内に入れた。

2.3 処理方法と調査方法

切り込み処理とくん蒸処理はツヤハダ成虫の羽化脱出時期前にあたる2024年4月25日に行った。昆虫網室内の地面に供試枝を各区5本ずつ並べ、それぞれ生分解性被覆シート（ビオフィレックス、アキレス株式会社）を被せ、供試薬剤区は3方向の裾を土で埋め、規定量の薬剤を供試枝に施用した後、残る1方向の裾を速やかに土で埋めた。無処理区は4方向の裾をそのまま土で埋めた。薬剤の処理量は、供試薬剤区のキルパー40を750 ml/m³とした。くん蒸処理から14日後の2024年5月9日以降に、供試枝を割材してツヤハダの幼虫（蛹も含む）の生死をカウントし、殺虫効果の指標として死亡率を算出した。ただし、明らかな人為の潰れによる死亡幼虫は除外した。

3 結果と考察

3.1 処理期間中の温度条件

各区の被覆内で記録された温度データを図-1に示す。くん蒸処理期間中の各区の被覆内温度は、最低温度が7.7～8.0℃、最高温度が24.6～25.5℃、平均温度が15.1～16.2℃だった。

3.2 殺虫効果

くん蒸処理期間経過後の各区の供試枝内におけるツヤハダ幼虫数と死亡率を表-2に示す。ツヤハダの生存幼虫頭数は処理区が0頭、無処理区が10頭、死亡幼虫数は処理区が13頭、無処理区が1頭となり、死亡率は処理区が100%、無処理区が9.1%となった。死亡幼虫数は処理区が無処理区に比べて多く、有意に差があった（フィッシャーの直接確率検定、 $p<0.01$ ）。

以上の結果から、ツヤハダ成虫の羽化脱出時期前の4月下旬におけるキルパー40によるバッコヤナギの切り込みくん蒸処理は、標高870mの本県里山地域でも材内のツヤハダ幼虫に対し駆除効果があると認められた。今後は有効試験例を増やして農薬登録の適用拡大につなげ、現場で利用できる技術として確立するとともに、切り込み処理の省略やより低い温度条件など被害地条件に応じた有効性を検証し、確実にくん蒸処理方法を提示する必要がある。

表-1 各区の供試枝の大きさ

試験区	供試枝	元口径 (cm)	末口径 (cm)	長さ (cm)
供試薬剤区 (キルパー40)	①	12.0	11.5	48.0
	②	9.0	8.5	51.0
	③	13.0	11.0	50.0
	④	6.0	6.0	64.0
	⑤	8.0	8.0	56.0
無処理区	⑥	8.5	8.5	48.0
	⑦	8.5	8.0	48.0
	⑧	5.0	3.5	60.0
	⑨	8.0	7.0	46.0
	⑩	8.5	8.0	54.0

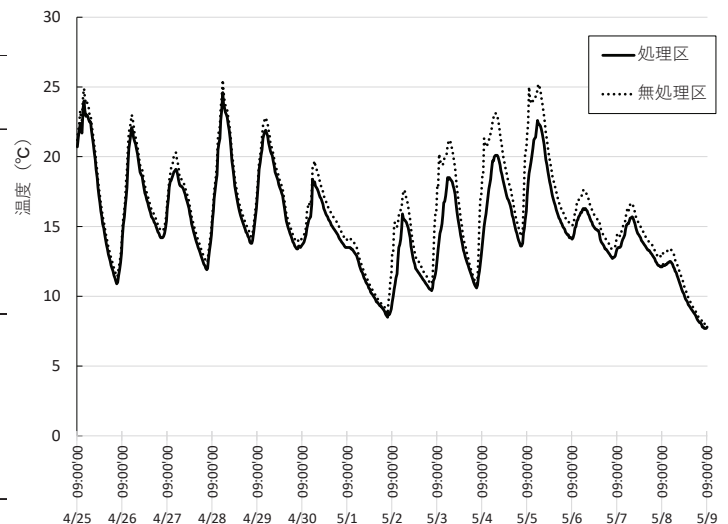


図-1 くん蒸期間中の各区の被覆内温度

表-2 各区の供試枝内におけるツヤハダゴマダラカミキリ幼虫数と死亡率

試験区	供試枝	元口径 (cm)	末口径 (cm)	長さ (cm)	幼虫数			死亡率 (%)
					生	死	計	
処理区	①	12.0	11.5	48	0	4	4	100.0
	②	9.0	8.5	51	0	8	8	100.0
	③	13.0	11.0	50	0	0	0	-
	④	6.0	6.0	64	0	0	0	-
	⑤	8.0	8.0	56	0	1	1	100.0
	合計				0	13	13	
無処理区	⑥	8.5	8.5	48	2	0	2	0
	⑦	8.5	8.0	48	5	0	5	0
	⑧	5.0	3.5	60	0	0	0	-
	⑨	8.0	7.0	46	3	1	4	25.0
	⑩	8.5	8.0	54	0	0	0	-
	合計				10	1	11	
	平均	7.7	7.0	51.2				9.1