

# I 森林技術部門



# クラッシャー地拵じごしらえに伴うチップによる草本の抑制及び 植栽木の成長比較について

中部森林管理局 北信森林管理署 業務推進官 ○井出 萌いであもえ

## 要旨

北信森林管理署（以下「北信署」という。）では、緩斜面での施業が多いことから、平成27年度より重機のヘッドをバケットにした車両系機械地拵を実施しており、令和3年度には新しい林業の一環としてヘッドをブラッシュクラッシャーに換えたクラッシャー地拵を試行し、草本の抑制効果について検証を行いました。今回は、その後の経過の追跡調査に加えて、植栽木の成長に与える影響について調査し、従来のバケット地拵との比較も実施しました。

## はじめに

現在、林業の課題として、伐採時期を迎える人工林は多く存在するが造林にかかる初期費用が高いことから、伐採後の造林が難しいといった課題があります。北信署管内においても、伐採時期を迎える人工林が多く存在することに加え、長野県内の造林事業者が減少傾向にあることから、今後造林を進めていくためには労働環境の改善・効率化が重要だといえます。

そこで、造林事業の労働環境の改善・効率化の取組として、北信署では平成27年度より、傾斜20度以下の緩斜面においてバケットを装着した重機による車両系機械地拵（以下「バケット地拵」という。）を実施してきました。バケット地拵では、地表を剥ぐように地拵を行うため草本の発生が抑制されやすく、次年度の下刈を省略できることが多いといった特徴があります（写真1）。

こうした取組を行ってきた中で、新しい林業の一環として、令和3年度にはブラッシュクラッシャーを装着した重機を用いた車両系機械地拵（以下「クラッシャー地拵」という。）を実施しました。なお、ブラッシュクラッシャーとは何枚もの回転する刃とレーキ（熊手状のパーツ）が一体化したアタッチメントで、地拵時には回転する刃で造林地にある枝条や根株等を粉碎しながら作業をしていくため、クラッシャー地拵後の造林地にはチップ状になった木片が地表に撒かれた状態となります（写真2）。こうした特徴から「チップによる草本の抑制効果が見込めるのではないか」といった考察のもと、令和4年度の中部森林技術交流発表会にて発表された「新しい林業への挑戦 ～クラッシャー地拵への検証～」[1]の中で研究・発表され、そこでは「クラッシャー地拵に伴うチップによる草本の抑制効果は低い」と報告しましたが、クラッシャー地拵のみの1年間の研究であったため、今回は草本の抑制効果について、その後の経過の追跡調査に加えて、植栽木の成長に与える影響について調査し、従来のバケットとの比較も実施しました。



(写真1：バケット地拵)



(写真2：クラッシャー地拵)

## 1 調査地及び調査方法

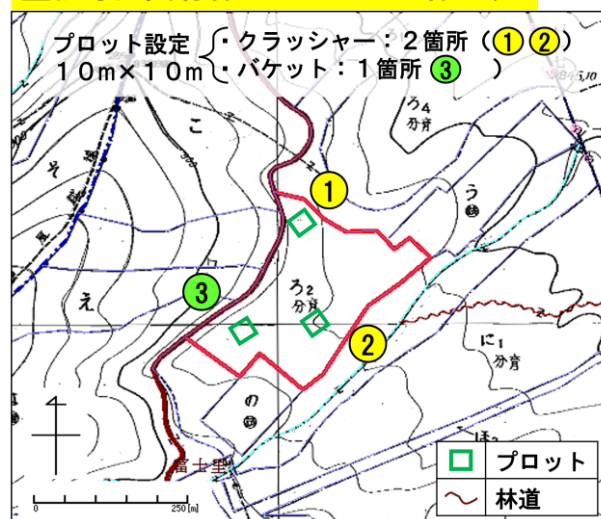
### (1) 調査地

調査地は、長野県上水内郡信濃町に位置する<sup>かみみのちぐんしなのまち</sup> 霊仙寺<sup>れいせんじ</sup> 山国有林1038ろ2林小班で、土壌は弱湿性黒色土、傾斜は7.9度の東向き斜面、植生は<sup>かん</sup> 灌木と雑草（クサギ、ゼンマイ、イネ科等）の混生となっています。また、令和3年度に地拵と植付を3.06ha実施しており、植栽樹種はスギのコンテナ苗で、5,300本植付しています。

### (2) 調査方法

調査地内10m×10mの調査プロットを、クラッシャー地拵実施箇所に2つ、バケット地拵実施箇所に1つ設定し（図1）、草本の繁茂状況の確認を行うために各プロットとその周辺にて撮影を行ったほか、植栽木の成長状況調査として植栽木の樹高と根本直径を測定・記録しました。なお、調査期間は令和3年11月から令和6年11月までとし、調査は春（6月頃）と秋（11・12月頃）の年2回、計7回行いました。

### 霊仙寺山国有林1038ろ2林小班



(図1：霊仙寺山国有林1038ろ2林小班（プロット位置）)

## 2 結果

### (1) 草本の抑制効果について

令和3年10月の地拵直後に撮影した現地写真（写真3）をみると、クラッシャー地拵箇所では全体的に木質チップが撒かれていることが確認でき、バケット地拵箇所では地拵によって地表が攪乱された跡が確認できます。その後の令和4年度から令和6年度の現地写真（写真4）をみると、令和4年6月時点では、クラッシャー地拵箇所よりもバケット地拵箇所の方が多少草本が少なく見えるものの同等程度でありましたが、令和6年6月時点では、クラッシャー地拵箇所では草本によって地山が見えないのに対し、バケット地拵箇所では草本の薄い箇所が散在し地山が見えている状況が確認できます。以上のことから、草本の抑制効果はクラッシャー地拵に比べ、バケット地拵の方が高い傾向にあると考えられます。

クラッシャー地拵

R3.10



バケット地拵

R3.10



(写真3：現地写真（令和3年10月時点）)

クラッシャー地拵

R4.6



バケット地拵

R4.6



R6.6



R6.6



(写真4：現地写真（令和4年6月～令和6年6月）)

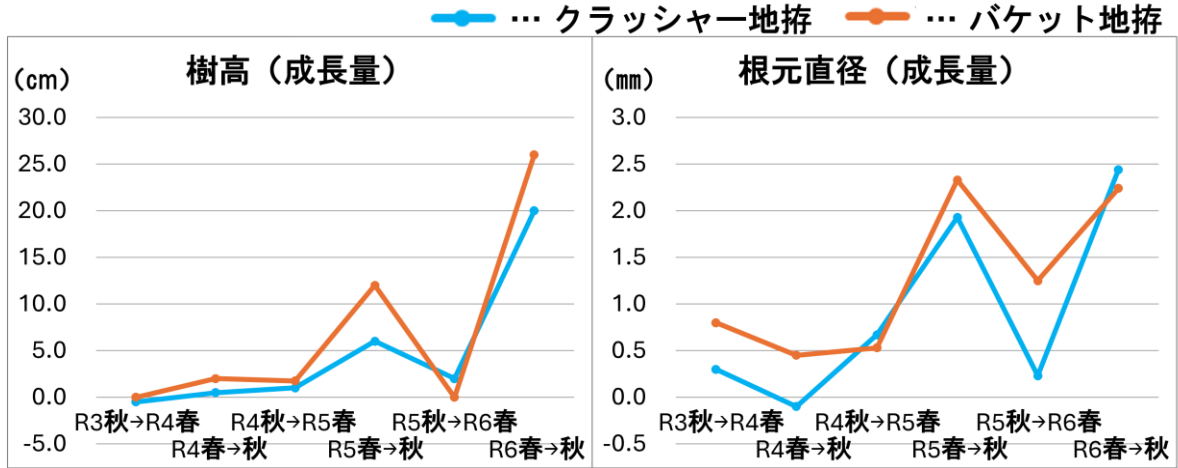
## (2) 植栽木の成長に与える影響について

### ア 成長量

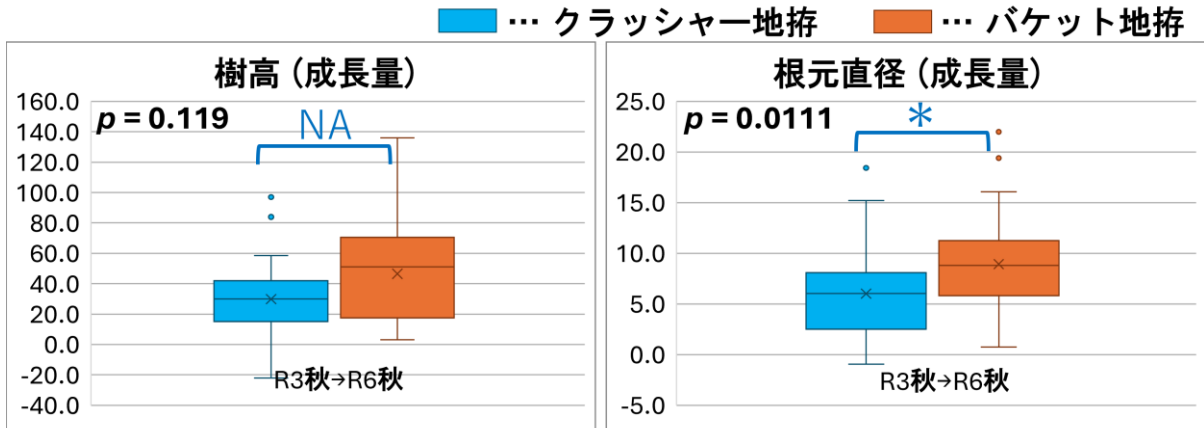
植栽木の樹高・根本直径について、前回の調査からどの程度成長したのか、測定値の差（調査時の測定値－前回調査時の測定値）を成長量として算出し、図2のとおりグラフにまとめた結果、樹高・根本直径ともにバケット地拵の方が全体的に高い傾向となりました。

そこで、バケット地拵とクラッシャー地拵の間に有意差があるのかを確認するため、Mann-Whitney U 検定 ( $p > 0.05$ ) を用いて有意差の検定を行い、図3のとおりにまとめた結果、樹高ではクラッシャー地拵よりもバケット地拵で高い値を示す傾向はあるものの有意差は確認できず、根本直径ではクラッシャー地拵よりもバケット地拵で有意に高い値を示すことが確認できました。

以上の結果から、成長量はクラッシャー地拵よりもバケット地拵の方が高くなると考えられます。



(図2：成長量 (折れ線グラフ))

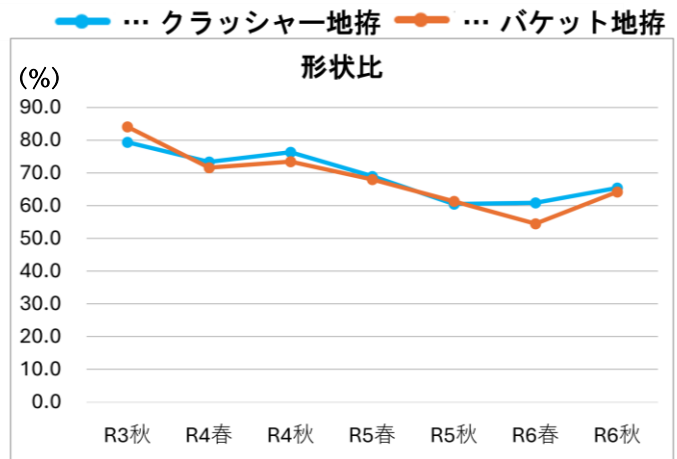


Mann-Whitney U検定 ( $p > 0.05$ ) ※ \*の有無=有意差あり

(図3：成長量 (箱ひげ図))

### イ 形状比

植栽木の樹高・根本直径について、形状比 (樹高÷根本直径) を算出し、図4のとおりグラフにまとめた結果、令和4年春以降はバケット地拵の方が低い値となる傾向はみられるものの、全体的に大きな差は確認できず、最終的な令和6年秋の値をみても、バケット地拵で65.4%、クラッシャー地拵で64.2%と同程度であったことから、形状比においてはクラッシャー地拵、バケット地拵で差は無いと考えられます。



(図4：形状比)

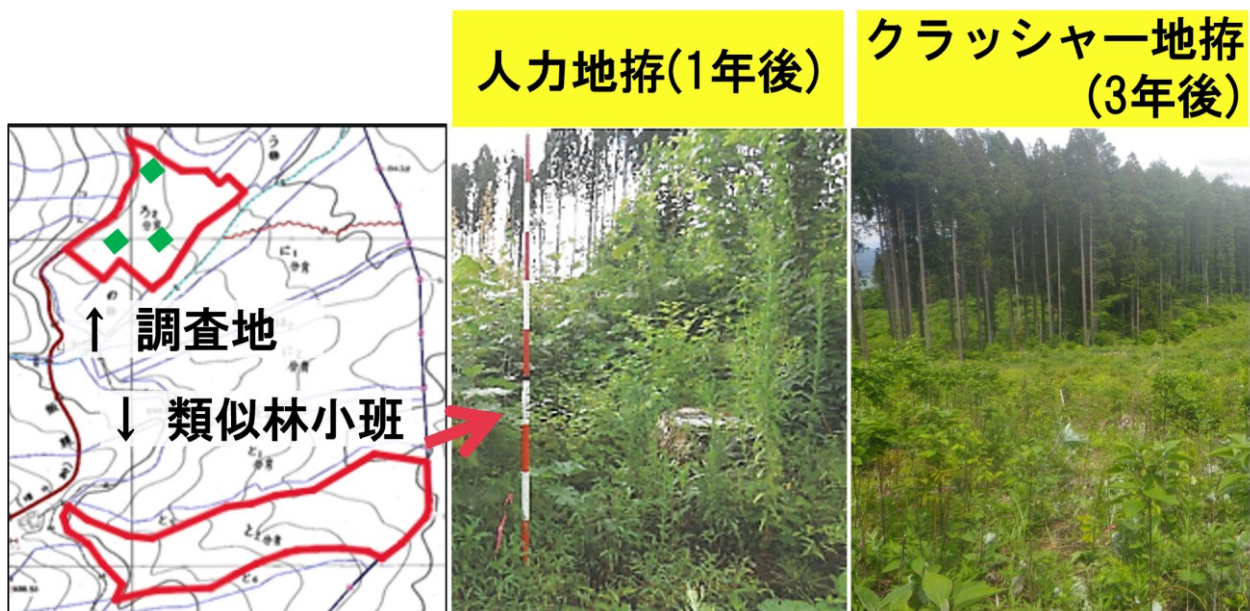
### 3 考察・まとめ

#### (1) 草本の抑制効果について

今回、草本の抑制効果についてクラッシャー地拵よりもバケット地拵の方が高くなる傾向となった要因として、クラッシャー地拵箇所のチップの層が薄かったことが考えられます。令和4年度の研究発表でも述べられていましたが、本調査地では全体的にチップの層が5 cm程度と薄く、草本の抑制効果があまり発揮できていなかったと考えられます。対して、バケット地拵では表土を剥ぐように地拵を行うことから表土が攪乱されるため、草本の抑制効果が高くなったと考察します。

なお、本調査の結果としてはクラッシャー地拵の草本抑制効果は低いとなったものの、人力地拵と比較すると高い抑制効果を発揮することが考えられます。写真5のとおり、本調査地と類似した林小班でかつ人力地拵を行った箇所と比較すると、人力地拵箇所では地拵後1年程度で1 mを超える草本が繁茂したのに対し、クラッシャー地拵箇所では3年程度で植栽木と同等か少し高い程度の草本しか見られません。

以上のことから、草本の抑制効果については、バケット地拵が最も高く、次いでクラッシャー地拵、人力地拵の順となると考えられます。



(写真5：草本の繁茂状況（人力地拵とクラッシャー地拵の比較）

#### (2) 植栽木の成長に与える影響について

今回、形状比についてクラッシャー地拵とバケット地拵で同程度の値を示し、かつどちらの値も高くない値を示したことから、クラッシャー地拵、バケット地拵ともに植栽木は伸長成長を優先していないことが考えられました。本調査地の植栽木はスギであり、「スギの苗木は周辺の植生による被圧が高くなると伸長成長を優先する」(谷本丈夫 1983) [2]とされていることから、クラッシャー地拵、バケット地拵ともに、植栽木に対する被圧を低く抑える程度の草本抑制効果は発揮されていたと考えられます。以上のことから、クラッシャー地拵、バケット地拵ともに下刈の省略につながる見込みがあると考察します。なお、バケット地拵については既に地拵の次年度の下刈を省略するという取組をしていますが、クラッシャー地拵についても同様に次年度の下刈省略について省略の検討が可能であると考えます。

以上の結果及び考察から、植栽木の成長に与える影響としては、成長量の結果からクラッシャー地拵よりもバケット地拵の方が成長が良くなると思われるものの、形状比の結果ではどちらの地拵方法でも同等であるとともに、クラッシャー地拵においても、草本の抑制効果により、下刈省略の見込みがあると言えます。

## おわりに

本調査では、草本の抑制効果及び植栽木の成長に与える影響についてクラッシャー地拵よりバケット地拵の方が全体的に良い効果を示す結果となりましたが、クラッシャー地拵では枝条や根株等を粉碎しながら地拵を行う特性上、造林地が整地されるため、その後の車両系機械による林内作業が容易になります。こうした条件から、令和7年度にはICTを活用した改良版のクラッシャーによる下刈作業が行われました(写真6)。

今後も引き続き、こうした新技術の検証や、林業の労働改善・効率化に向け、取り組んでまいります。



(写真6：ICTを活用した改良版のクラッシャーによる下刈作業)

## 資料文献一覧

- [1] 前田賢吾, 岩塚伸人. 2023. 造林コスト低減のための超緩効性肥料の活用. 中部森林管理局: 令和4年度中部森林技術交流発表集p. 1-8 [引用]
- [2] 谷本丈夫. 1983. 造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する基礎的研究(第2報) スギ幼齢木の成長と雑草木との相互関係の解析とその応用. 森林総合研究所: 林業試験場研究報告No. 324, 1983. [引用]

# 植栽時期の拡大に向けた冬期の植栽試験 ～凍上の観点から～

中部森林管理局 東信森林管理署 地域技術官 ○木田 和泉  
森林官補 ○岩本 真由子

## 要旨

本調査は、カラマツ造林事業の省力化と低コスト化を目的に、これまであまり行われてこなかった冬期植栽について検証するための調査です。冬期植栽を行うことで発生が懸念される凍上に注目し、11月～1月の異なる植栽時期と、各月に通常植え・深植えといった条件を設定しました。それぞれの条件で、苗木の活着率や生育への影響を比較・評価します。今後の結果によっては、実際の事業への適用を目指し、実証を進めます。

## はじめに

造林作業の省力化と低コスト化に向けた取組の一つとして、伐採造林一貫作業を推進中です。しかし、現在植栽時期は秋までに限定されています。面積の大きい場所では植付までを完了できず、地拵まで終わった段階で冬を迎えるため、一度事業を終了させ、翌年度の春に改めて別事業として植付を発注する必要が生じています。

これまでは、慎重を期して植栽時期を決定してきましたが、もし植栽可能時期を延長させることができれば、同じ年に植付までを完結させることができ、地拵までの場合と比べて、さらなる省力化とコスト削減への貢献が期待できます。

一方、これまでのコンテナ苗の植栽時期を探る先行研究においては、主に春から秋にかけて、遅くとも11月までの植栽を対象とした研究が行われている状況です。その結果によれば、11月植えのカラマツコンテナ苗の活着率は他の月に植えたものと変わらず、成長量は小さいとされています（成松ら 2016）[1]。10月植えを行った別のカラマツコンテナ苗を対象とした先行研究においても同様で、活着率は高く、成長量が小さい結果となっています（原山ら 2016）[2]。

そして、冬期植栽に関しては、困難との報告があり（遠藤 2007）[3]、これまでは植栽時期として想定されてきませんでした。しかし、これらの冬期植栽に否定的な指摘は、経験的知見に基づくものが多く、定量的な基礎データが不足しており、検証の価値があると考えられます。

過去の東信署管内の植付実績としては、令和5年12月植えカラマツコンテナ苗について、大門山国有林に植栽されたものから200本の抽出調査を行い、展葉により生存状況を確認したところ、活着率は85%前後であり、12月植えにおいてもおおむね活着していることがわかりました。この結果は、コンテナ苗には一定の寒さへの耐性があり、植栽時期を後ろ倒ししても、活着率に大きな影響を与えない可能性が示唆されたものと考えられます。

一方、樹高等への影響は不明です。また、以上の調査対象地は当署発注の請負事業により植栽されたもののため、植栽方法が統一されているとは限らない状況にあります。計測項目を追加した、さらなる検証が必要であると考えられます。

## 1 調査地及び調査方法

### (1) 調査対象

本調査の検証対象樹種は、カラマツコンテナ苗とします。調査箇所である長野県東信地域の主要樹種であり、長野県や北海道などの寒冷地での植栽実績が豊富であるためです。また、苗木の形状は、国有林で一般に用いられているコンテナ苗を使用することとしました。

そして、冬期植栽によって発生する可能性がある各種寒さの害のうち、今回は特に「凍上」に着目することとしました。凍上とは「しみあがり」とも呼ばれる、地中の水分が凍結して土壌表面が持ち上がる現象で（辰野 1969）[4]、それにより、苗木が押し上げられ、倒伏することで被害につながるとされています（Chantal 2007）[5]。

カラマツの裸苗では、先行研究により凍上によって倒伏の被害を受けると報告されていますが（岩本 1965）[6]、根鉢の形状が異なるコンテナ苗では、被害状況が異なる可能性があると考えられます。そして、カラマツコンテナ苗を直接の対象とした凍上の影響調査はこれまで行われていないとみられ、冬期植栽を考える上で検証の必要があると考えました。

## (2) 調査地

本研究では、立科国有林109い林小班を試験地としました。試験地は、植栽指定のない植付予定地で、皆伐箇所のうち、0.07haを選定しました。日当たりのよい斜面で、皆伐地のため風が比較的強い傾向がみられます。試験地0.07haの周囲は、別途春植えを行っているという状況です。

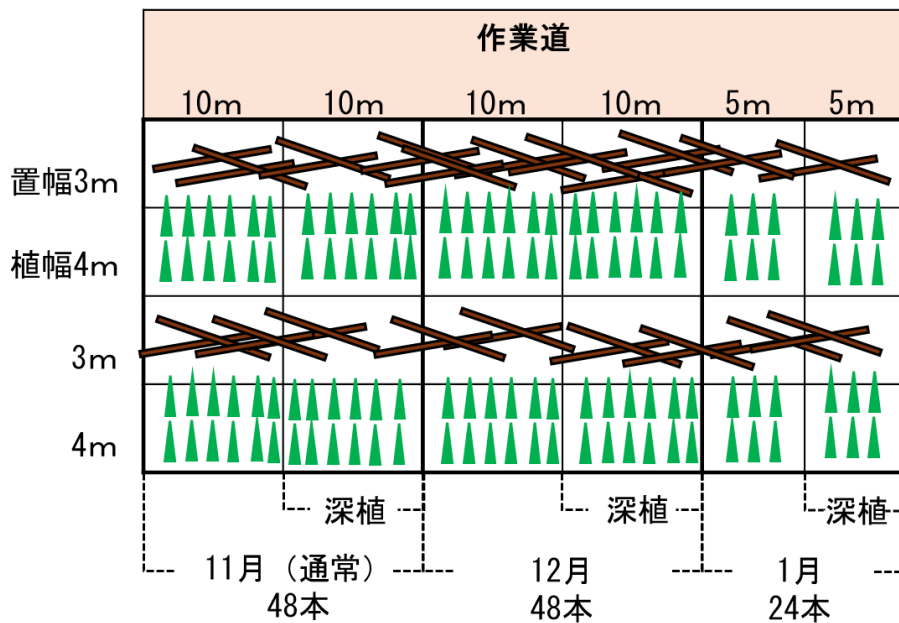
なお、土壌等の調査は今後行う予定です。



(写真1：試験地全景)

## (3) 植栽方法

苗木は、全て地上長25cm以上、容器容量150ccのカラマツコンテナ苗を使用しました。これは国有林において通常植えられている規格の苗です。そして、図1のとおり、11月に48本、12月に48本、1月に24本の植栽を行いました。これは、植栽地の面積に合わせ、haあたりの本数が1,600本になるようにしたもので、1月は凍結により植栽が可能か不明であったので、減らす配分としました。さらに、凍上対策には深植えが有効と示唆された報告があるため（石田 n. d.）[7]、各月半数の苗木は深植えにすることとしました。



(図1：植付図)

11月と12月の植栽では、コンテナ苗用植栽器具を使用して穴をあけました。深植えでは、植栽器具のドリルを根元まで押し込むことで、通常植えより深く植えました。その後、苗木を入れて踏み固めを行いました。1月植栽は地表が凍結しており、植栽器具のドリルが入らなかったため、ツルハシで凍結表面を割るという作業を追加しました。その後は、他の月と同様の手順を踏みました。

植栽後、目印として苗木から約20～30cm離れた位置にテープを巻いた杭を立て、誤って踏み等の影響を排除しました。植栽した苗木にはナンバータグを付してあり、毎木の追跡調査ができるようになっていきます。



(写真2：植栽の様子)

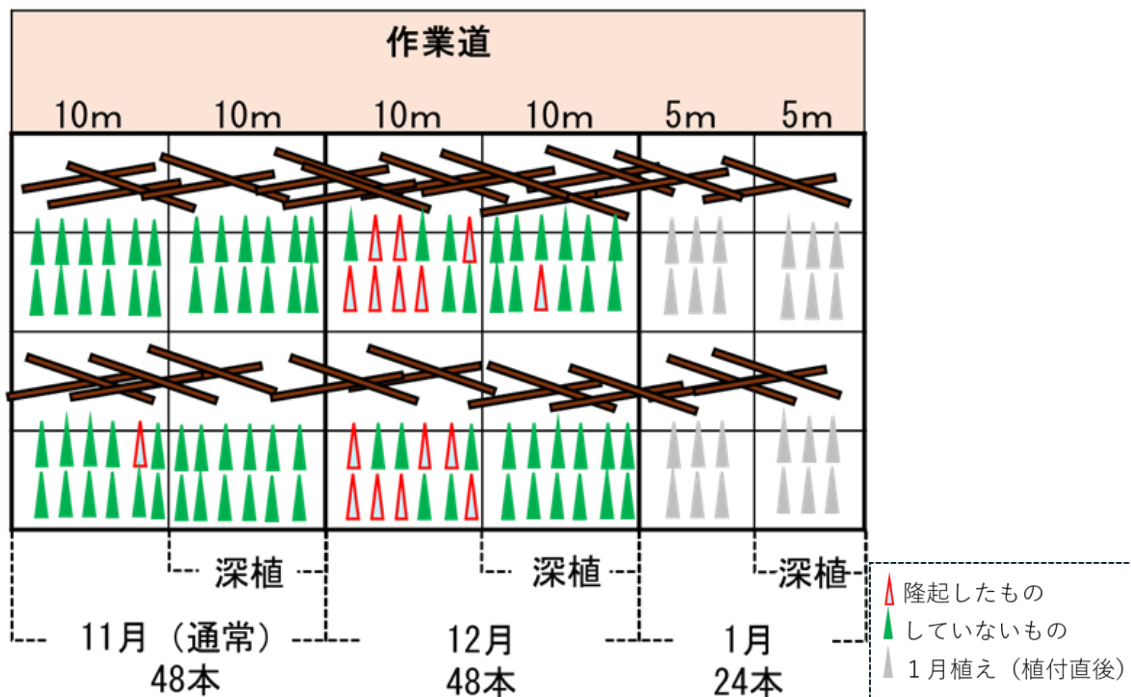
(写真3：植付後の苗木・杭)

#### (4) 調査方法

すべての苗木において、樹高と地際直径をコンバックスとノギスを用いて記録しました。凍上したものは、根鉢が地表から突出した高さについて記録しました。今後、月1回、全ての苗木について測定を続けていく予定です。さらに、展葉後は、展葉や葉の色等を元に、生存状況についても継続調査します。

## 2 中間報告

1月植栽を行う際に、11月・12月植栽苗について確認したところ、一部で凍上とみられる苗鉢の隆起が発生していることが確認できました。凍上の平均値は約2cmですが、0.5cmから4cmまでと、凍上の程度には、ばらつきがみられました。図2のとおり、11月植えに1本、12月植えに15本、計16本において凍上がみられました。凍上が起こった箇所には偏りがみられ、風や土質等の影響が考えられます。なお、深植えでみられた苗鉢の隆起は1本のみとなっており、現時点では深植えが凍上に有効であるという仮説を裏付ける結果となっています。



(図2：凍上とみられる隆起の発生状況)

### 3 展望

本調査の植栽作業時には長野県佐久地域振興局にもご協力をいただいております、今後も経過観察や情報共有等において連携をとって行く予定です。

今後の保育作業は通常と同様とします。1年目の令和7年度は、植付を行い、毎木根際直径と樹高の調査を行います。2、3、4年目も1年目同様の調査に加えて、現地状況を勘案して下刈を行います。

先行研究では、凍上の影響は、植栽後最初の冬が最大になるとされているため (Heidmann 1976) [8]、2年目となる令和8年度で、植栽月ごとの活着率や樹高成長曲線を作成するなどして、一旦取得したデータを整理し、それを元に植栽月別・植栽方法別に比較分析する予定です。その後も調査は継続し、下刈終了時に改めて取りまとめます。

### おわりに

本調査によって、冬期植栽の可能性を実証的に評価し、植栽作業時期延長の目安について、より具体的な知見を得られることが期待されます。本調査結果次第では、より大きい面積の植付地で実証を進め、造林作業の省力化・低コスト化に貢献したいと考えております。

### 参考文献等一覧

- [1] 成松 眞樹, 八木 貴信, 野口 麻穂子. カラマツコンテナ苗の植栽時期が植栽後の活着と成長に及ぼす影響. 日本森林学会誌, 2016, 98 (4), p.167-175. [引用]
- [2] 原山 尚徳, 来田 和人, 今 博計, 石塚 航, 飛田 博順, 宇都木 玄. 異なる時期に植栽したカラマツコンテナ苗の生存率, 成長および生理生態特性. 日本森林学会誌, 2016, 98 (4), p.158-166. [引用]
- [3] 遠藤 利明. コンテナ苗の技術について. 山林, 2007, 1478, p.60-68. [引用]
- [4] 辰野 良秋. 霜柱による侵食防止工に関する実験的研究. 信大農演報, 1969, 3, p.1-79. [引用]
- [5] CHANTAL, M., HANSEN, K. H., GRANHUS, A., BERGSTEN, U., LÖFVENIUS, M. O., GRIP, H. Frost-heaving damage to one-year-old *Picea abies* seedlings increases with soil horizon depth and canopy gap size. Canadian Journal of Forest Research, 2007, 37 (7), p.1236-1243. [引用]
- [6] 岩本 巳一郎. 主要造林樹種の植栽時期を変えた実験資料. 北方林業, 1965, vol.17, p.171-173. [引用]
- [7] 石田 朗. コンテナ苗を用いた森林造成の実用化に関する研究 [online]. 愛知県, n.d. 入手先: <https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/397755.pdf> (参照 2026-01-06) [引用]
- [8] HEIDMANN, L. J. Frost heaving of tree seedlings: A literature review of causes and possible control. Fort Collins: USDA Forest Service, 1976. (USDA Forest Service General Technical Report RM-21) [引用]

# 治山事業における竹の利用について ～竹材による筋工の施工～

中部森林管理局 伊那谷総合治山事業所 一般職員  
一般職員  
技術専門官

○濱口 青空  
○近江澤 岳人  
帆足 郁

## はじめに

治山事業においては、小径丸太の有効活用を図るため、丸太筋工や丸太残存型枠など、各種木製構造物を採用し施工しています。これらの構造物では、直径10cm程度の丸太を標準規格として使用しています。しかし、近年では納入される丸太は直径15cm前後のものが多くなっている現状があります。これは、人工林の多くが伐期齢を迎え、従来利用してきた若齢級の人工林が減少していることが要因と考えられます(図1)。

このような背景を踏まえ、小径丸太の代替資材として活用できるものがないか、試験施工を行い検証することとしました。

## 1 調査概要

### (1) 施工上の課題

丸太の大径化に伴う影響として、段数が指定されている構造物においては標準的な高さより高くなってしまいうため、施工現場において1段目の横木の一部を地中に埋めて高さ調整を行い、固定用杭木を標準より長尺とし強度を確保するなど施工者が独自に工夫している状況があります。

また、資材重量の増加により作業員の身体的負担も増しており、施工性および安全性にも影響を及ぼしています。

### (2) 代替資材の検討

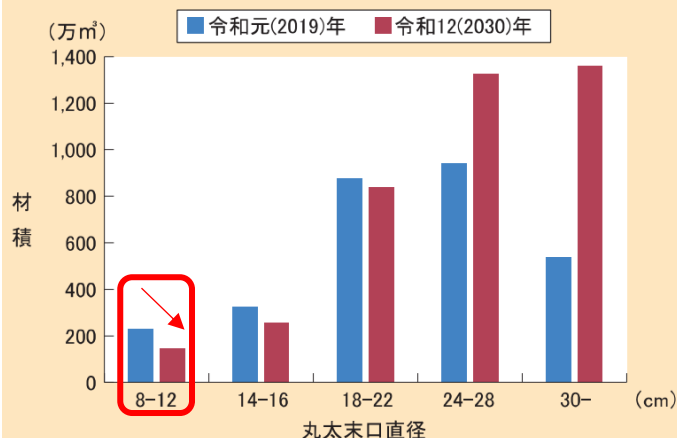
丸太に代わる資材の検討については、以下の条件を満たすものを対象としました。

- ・丸太と同程度(直径10cm前後)の規格であること
- ・木製構造物として使用可能な強度を有すること
- ・当事業所が所在する長野県南信州地域において調達可能なこと

検討の結果、南信州地域では森林面積に占める竹林の割合が県平均の約2倍と高く、放置竹林の維持管理が地域の課題となっていることに着目し、代替資材として竹を選定しました。

竹材は、割れやすく生物劣化が生じやすい欠点があるものの、直径10cm程度のものを入手することが可能であり、引張強度は木材と比較して2～4倍程度と高く、かつ軽量であるという性質を有しています。

## 資料Ⅲ-32 丸太末口直径別の供給量見込み



資料：林野庁「森林・林業基本計画に掲げる目標数値について(案)」(林政審議会資料(令和3(2021)年3月30日)資料1-4)

(図1：丸太供給量の状況) [1]

### (3) 工種の選定

丸太の代替資材として竹材を適用するに当たり、以下の条件を設定して工種を選定しました。

- ・令和7年度の工事において施工する工種から選定する
- ・試験的な施工のため大規模な構造物は除外する
- ・既存の木製構造物と経年変化などが比較できること
- ・構造物が破損した場合には補修が容易に行えること

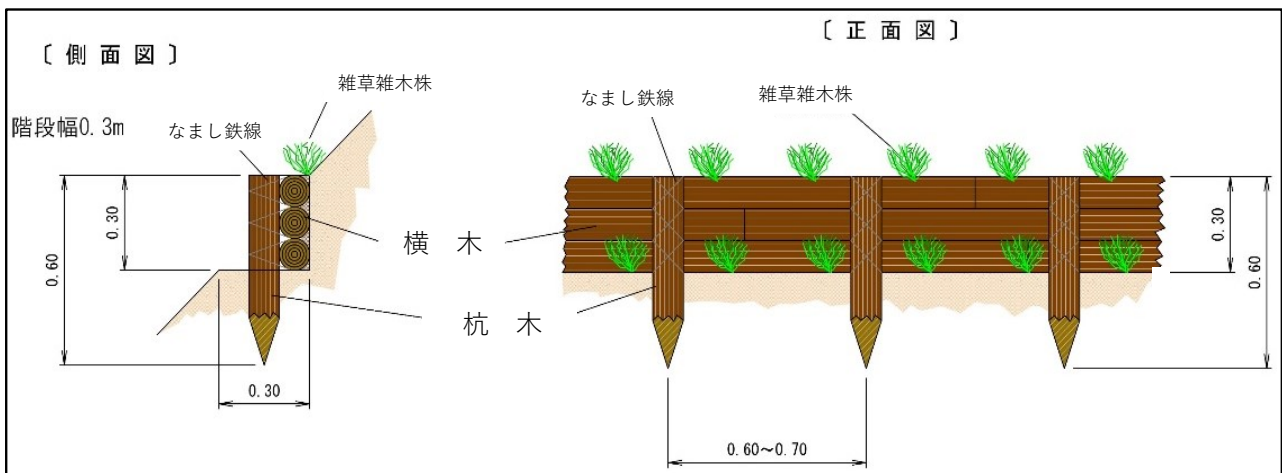
これらの条件を満たす工種として「丸太筋工」を対象とすることとしました（写真1）。



(写真1：丸太筋工)

筋工は斜面を流下する雨水を分散し、植生の生育環境を改善することを目的とした工法です（図2）。

竹材を杭木として地面に打ち込むと割れの発生や打ち込みの難しさが予想されました。そのため、横木のみを竹材へ置き換えた筋工（以下「竹筋工」という。）として試験施工を行うこととしました。



(図2：丸太筋工標準図)

施工場所については、前述の条件の中から小西川治山運搬路新設工事における残土処理場施工地が林道や治山運搬路といった道路からも近く、既存工法との比較や破損時の補修も容易であることから施工地として決定しました（写真2、3）。



(写真2：施工場所)



(写真3：施工場所近景)

#### (4) 竹材の調達

竹材の調達方法については、竹材が一般的な資材として流通しておらず、近隣の国有林内には竹林が見当たらなかったことから検討を要しました。調達先について管内の建設業者への聞き取りの結果「会社所有の山林より竹（モウソウチク）を資材として販売可能」との回答を得ました（写真4）。

今回の施工で納入された竹材と丸太の重量と材料単価を比較しました（表1）。



(写真4：竹材供給山林)

(表1：竹材・丸太単価比較)

| 項目   | 竹材                 | 丸太          |
|------|--------------------|-------------|
| 規格   | 直径 10cm 程度、長さ 2.0m |             |
| 重量   | 約 5.7kg/本          | 約 11kg/本    |
| 材料単価 | 約 920 円/本          | 約 1,350 円/本 |

#### (5) 竹筋工の施工

##### ア 施工前の打合せ

受注者との事前打ち合わせでは「丸太筋工では横木同士の固定に 銚かすがいを使用しているが、竹材では割れが生じやすいため同様の固定ができない」「なまし鉄線による緊結のみでは横木が動いてしまうのではないか」との指摘がありました。

これらの懸念から強度確保のため杭木の本数を増やして支持力を高めることも提案されましたが、丸太筋工との比較を行うため、構造は丸太筋工と同一として施工を行うこととしました（写真5）。



(写真5：施工前の打合せ)

##### イ 施工の流れ

###### (ア) 位置決めおよび杭木の配置

筋工の施工位置を決定するため、水系を張り杭木の間隔を確認しながら位置出しを行い、杭木の打ち込みを行いました。施工延長は10mとしました（写真6）。

###### (イ) 杭木および横木の固定

資材の太さや曲がりを確認し、極力隙間が生じないように配置を調整しながら固定を行いました。懸念された横木の固定については、なまし鉄線による緊結のみで十分固定可能であったため、杭木の追加や新たな固定方法の検討は行いませんでした（写真7）。

###### (ウ) 横木の段数

竹材は直径10cm程度を標準として納入されましたが、中には規格未満のものがあつたことや、竹の形状として先端に向かって先細りとなることから、丸太筋工の標準である横木3段では、高さ30cmを確保することができませんでした。そのため、竹筋工は横木を4段とし、必要な高さを確保しました（写真8）。



(写真6：杭木の打ち込み)



(写真7：横木の固定)



(写真8：横木の高さ)

### (エ) 横木間の隙間への対応

竹材は丸太と比較して曲がり大きいものがあり、横木間に最大で約4cm程度の隙間が生じてしまいました。

この箇所については、背面に竹材を追加して隙間を塞ぎましたが、滑りやすい竹材を浮かせた状態で緊結する必要があることや、既に緊結したなまし鉄線と干渉するなど、施工性における課題が確認され、効率的な施工方法について検討していく必要があります(写真9)。



(写真9：横木間の隙間)

## 2 まとめ

### (1) 結果

竹材を横木に使用した竹筋工の施工を行った結果、筋工として求められる機能は確保されており、構造物として特段の支障は確認されませんでした。横木の固定についてもなまし鉄線による緊結のみで十分な固定が確保され、施工後に横木の移動は確認されなかったことから、丸太筋工と同等の施工が可能であることが確認されました(写真10)。



(写真10：竹筋工完成)

### (2) 竹材におけるメリット・デメリット

#### 【メリット】

#### ・軽量である

竹材はカラマツ丸太と比較してほぼ半分の重量でした。このため、作業時の負担が大きく軽減され、作業効率の向上が期待されます。特に急傾斜地で施工する山腹工においては、安全面を含めたメリットが大きいと考えられます。

#### ・安価である

今回の工事の見積条件では、竹材は丸太と比較して1本あたり約430円安価であり、施工延長10m(横木4段)あたりでも一定のコスト削減効果が確認されました。

#### ・放置竹林の整備につながる

竹材を資材として有効利用することで、放置竹林の整備が進み、林地や農地の保全に寄与するとともに、近年問題となっている獣害対策への貢献も期待されます。

### 【デメリット】

- ・ 滑りやすい

竹材は材質的に滑りやすく、横木を重ねる際に位置決めの手間を要する場面がありました。

- ・ 曲がりや強く隙間がしやすい

曲がりや形状のばらつきにより横木間に隙間が生じやすく、土砂流出防止のために追加の竹材で隙間を埋めるなど、施工の手間が増加しました。今後は、背面に植生シートを張り付けるなど、施工効率が低下しにくい対策の検討が必要です。

- ・ 割れやすく劣化しやすい

丸太と比較して割れやすく、劣化しやすい特性があるため、耐用年数については引き続き経過観察を行う必要があります。

- ・ 資材の調達方法に限られる

一般的な流通経路が少なく、大規模な施工を行う場合には、まとまった資材量の確保が課題となります。このため、今後は安定的な資材確保に向けた調達方法の整理が必要です。

### 3 結論

この取組は、木材を全面的に竹材へ置き換えることを最終目標とするものではありません。しかしながら、小径丸太の供給量が減少する状況下において、代替資材として竹材を一部でも活用することは、労務負担の軽減やコスト縮減といった事業面の効果に加え、南信州地域で問題となっている放置竹林の整備促進につながり、林地保全や獣害対策など、多面的な効果が期待されます。

一方で、治山施設における竹材の利用は一般的とは言えず、耐久性の評価、施工方法の整理、資材調達体制の確立など、今後検討すべき課題も多くあります。これらの課題を踏まえつつ、代替資材の一つとして竹材の活用可能性について、引き続き検証を進めていく必要があります。

### 参考文献等

- [1] 林野庁 令和5年度 森林・林業白書（資料Ⅲ－32 丸太末口直径別の供給量見込み p.155）（2026年2月17日閲覧）<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r5hakusyo/attach/pdf/zenbun-38.pdf>  
[引用]

# 造林コスト低減に向けた超緩効性肥料の活用効果について

中部森林管理局 木曾森林管理署 一般職員 ○八木 雅子  
日本林業肥料株式会社 ○工藤 友裕

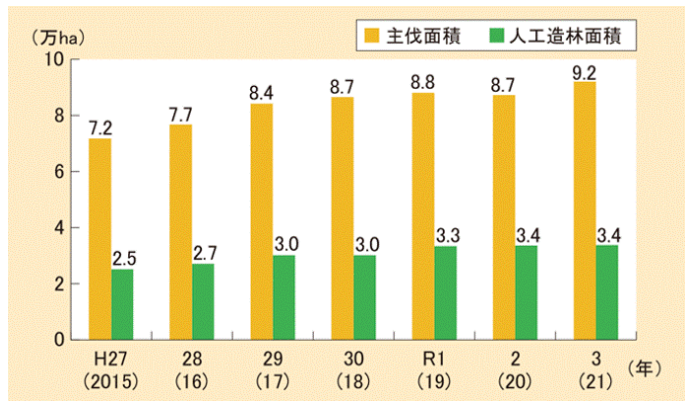
## 要旨

近年の課題である造林コストの低減に向けて、各所で様々な取組が積極的に進められています。今回、肥効期間が2年～2年半の超緩効性肥料\*1であるマウントキングSの施肥をヒノキ造林地にて行いました。施肥コストと計5回（約4年分）の成長量の調査結果を元に、下刈省略の可能性と獣害の被害軽減効果について考察しました。

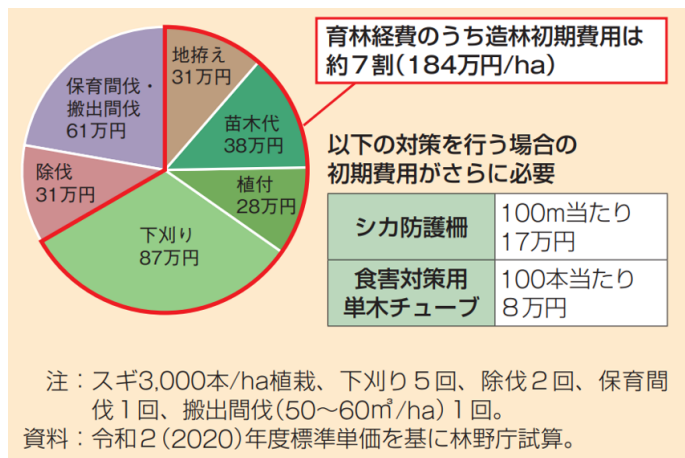
## はじめに

現在、主伐面積に対する人工造林（再造林）面積の割合は低く、おおむね3～4割程度で推移しています（図1）。再造林が進まない主な原因として、木材価格の低迷と、造林費用の負担が大きいことが挙げられますが、木材価格については今後大幅に上昇する見込みが薄い状況です。そのため、林業の経営収支を改善するには造林コストの低減が求められます。

主伐後の再造林にかかる経費のうち、初期費用が約7割程度となっています（図2）。中でも下刈コストはその約半分を占めるため、各所で削減の方法が模索されています。また、近年はシカやウサギ等による獣害被害も増加しており、シカ防護柵や単木保護ネットの設置といった獣害対策にかかる費用も別途加算されます。被害の程度によっては補植が必要となる場合もあります。このため、各所で獣害を低減させる方法が模索されています。



（図1：主伐面積と人工造林面積の推移）[1]



育林経費のうち造林初期費用は約7割(184万円/ha)

以下の対策を行う場合の初期費用がさらに必要

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| シカ防護柵           | 100m当たり<br>17万円 |
| 食害対策用<br>単木チューブ | 100本当たり<br>8万円  |

注：スギ3,000本/ha植栽、下刈り5回、除伐2回、保育間伐1回、搬出間伐(50～60㎡/ha)1回。  
資料：令和2(2020)年度標準単価を基に林野庁試算。

（図2：主伐後の再造林に係る経費）[2]

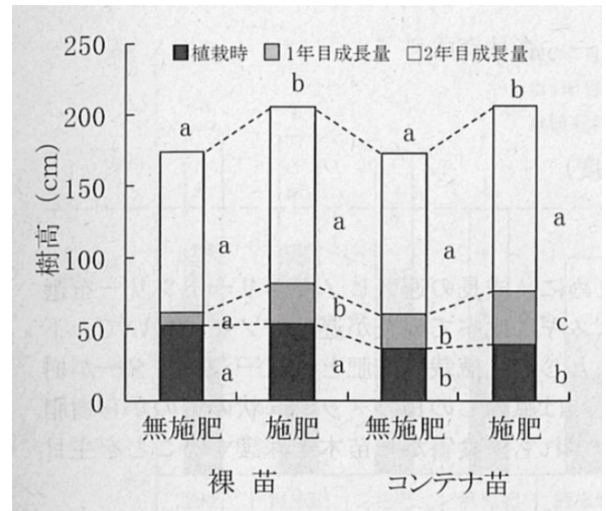
## 1 課題の背景

### (1) 下刈コスト低減のためのアプローチ

下刈コストを下げるために現在挙げられている方法は、「エリートツリー等の活用」、「下刈頻度の低減」、「大苗の活用」、「緩効性肥料の活用」などがあります。「エリートツリー等の活用」は、初期成長に優れた次世代精英樹（エリートツリー）や早生樹\*2を活用し下刈期間を短縮する方法、「下刈頻度の低減」は、下刈作業の隔年化や早期切上げ等でコストを削減する方法、「大苗の活用」は通常より樹高が高い苗木を植えて下刈期間を短縮する方法です。このうち「緩効性肥料の活用」は、植栽直後の樹木の初期成長を促進し下刈期間を短縮する方法です。今回私たちは、肥効期間のより長い「超緩効性肥料」であるマウントキングSを植栽直後の樹木に用いて、下刈省略の可能性と獣害の被害軽減効果について考察しました。

## (2) 先行研究について

緩効性肥料の先行研究は、静岡県農林技術研究所で平成27年から平成28年の間に実施されております（近藤ら2017）[3]。この研究で用いられた肥料はハイコントロール650の360日タイプで、薄いプラスチックの膜で肥料を覆った緩効性肥料です。樹種はスギの裸苗、コンテナ苗を使用しており、植栽直後の苗木に施肥し、1成長期（植栽して1年目の春～夏）と2成長期（植栽して2年目の春～夏）の樹高成長量を調査しています（図3）。裸苗もコンテナ苗も、1成長期の成長量は有意に促進されましたが、2成長期の成長量に差はありませんでした。また、調査結果を見ると、1成長期に比べ2成長期は樹高成長量が大きいことが分かります。このため、2成長期まで肥効効果のある緩効性肥料を使えばより成長が期待できると推測しました。



(図3：樹高成長量の調査結果) [3]

今回は、令和5年度中部森林技術交流発表会で発表された、「造林コスト低減のための超緩効性肥料の活用」(2024 内田、工藤) [4]の続報であり、2成長期以降の成長量の調査データを新たに加えて、考察を行いました。さらに超緩効性肥料の施肥にかかるコストの試算も行い、下刈や獣害対策コストとの比較検証も行いました。

## 2 方法

### (1) 試験地

木曾森林管理署管内である長野県木曾郡上松町あげまつまち おがわいりの小川入国有林223い林小班において試験を実施しました（図4）。平均気温は約10℃、年降水量は約2,000mm、標高は約1,200mです。北斜面の地形で、平均傾斜角は28.3度、土壌型はB<sub>E</sub>：弱湿性褐色森林土（一部B<sub>D</sub>：適潤性褐色森林土の可能性あり）となっています。現地の下層植生は120cm程度の丈のササが大半を占めており、その合間から樹高2～5m程度のマルバノキ等の雑木がまばらに生えています。

この小班での施業履歴は、2022年に地拵・植付・忌避剤の散布を行い、2023年は忌避剤と除草剤の散布、2024年と2025年は忌避剤の散布のみを行いました（図5）。除草剤はササを中心とした下層植生の抑制を目的として散布を行い、2025年5月・11月の調査時点ではササの7割程度が立ち枯れている状況でした。



(図4：試験地位置図)

| 実施年度 | 作業内容  | 実施面積 (ha) | 備考                   |
|------|-------|-----------|----------------------|
| R4   | 新植地拵  | 2.53      |                      |
|      | 新植植付  | 2.53      | ヒノキコンテナ苗 4,050本 (春植) |
|      | 忌避剤散布 | 2.53      | カジランS (春8ℓ・秋8ℓ)      |
| R5   | 薬剤散布  | 1.52      | テトラピオン粒剤 80kg        |
|      | 忌避剤散布 | 2.53      | カジランS (春4ℓ・秋4ℓ)      |
| R6   | 忌避剤散布 | 2.53      | ジラム水和剤 (春16ℓ・秋27ℓ)   |
| R7   | 忌避剤散布 | 2.53      | ジラム水和剤 (秋27ℓ)        |

(図5：施業履歴)

## (2) 試験概要

2022年5月にヒノキのコンテナ苗を植栽した後、プロットを2つ（施肥区、無施肥区）設定しました。施肥区内にあるヒノキ苗約100本に対して、2022年6月に地表株元に局所施肥を行いました（写真1）。造林地全体にばらまくような施肥だと、苗木以外の草木の成長も促進される恐れがあることから局所施肥を採用しました。樹高と根本径を2022年6月、2023年4月、2023年11月、2024年12月、2025年11月の計5回、各プロット30個体ずつ測定しました。2023年11月までの成長については、令和5年度中部森林技術交流発表会にて発表しました[5]。

一般的に、植物に多量の施肥を行うと徒長して軟弱になることが知られています。今回は植栽木が徒長しない適切な施肥量であるか確認するため、形状比（比較苗高）<sup>\*3</sup>の算出も行いました。なお、本試験では樹高を根本径で除した値を形状比としています。



(写真1：株元への施肥の様子)

## (3) 使用材料

今回使用したのは「マウントキングS」という超緩効性肥料です（写真2）。通常の肥料よりも圧倒的に粒が大きく、桃の種程度の大きさです。肥効期間は2年～2年半で、「まるやま1号」や「まるやま3号」といった従来の緩効性肥料と比較しても肥料の効果が長く続くのが特徴です。保証成分はN12%、P6%、K6%、Mg2%で、製品重量は1個あたり約15gで、今回の試験では苗木1本に対し肥料10個（1本あたり約150g）を施肥しました。



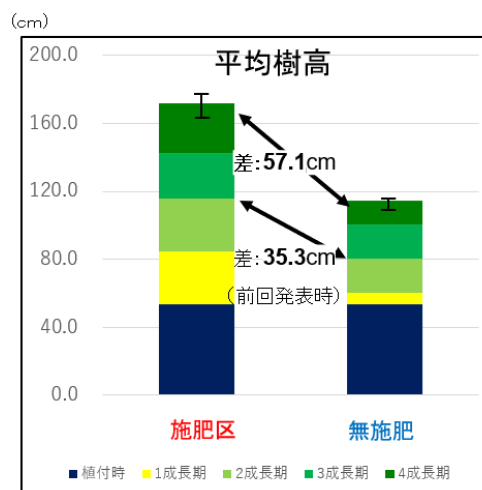
(写真2：超緩効性肥料（マウントキングS）)

## 3 結果

### (1) 調査結果（樹高）

植付直後の平均樹高は53.7cmで、2025年11月に調査を行った際の平均樹高は施肥区では171.8cm、無施肥区では114.7cmでした（図6）。施肥により明らかに樹高成長が促進されたので、下刈省略や獣害の被害軽減効果の可能性が示唆されました。

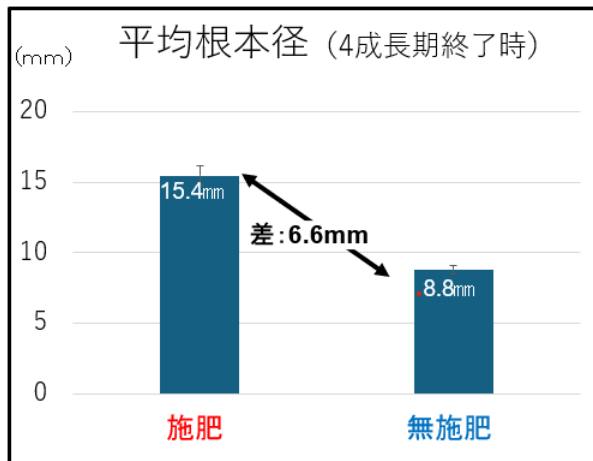
また、第2成長期終了時点での施肥区・無施肥区の樹高差は35.3cmであったのに対し、4成長期終了時点での施肥区・無施肥区の樹高差は57.1cmでした。2成長期終了時点以降も、さらに成長の差が広がり続ける結果となりました。



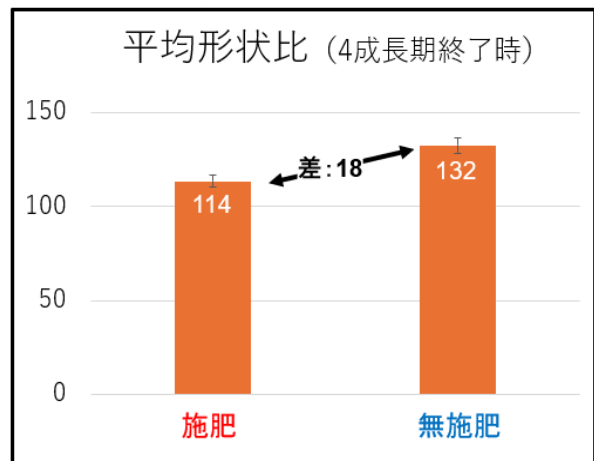
(図6：平均樹高の結果)

### (2) 調査結果（根本径・形状比）

第4成長期終了時点の平均根本径は、施肥区は15.4mm、無施肥区は8.8mmとなり（図7）、施肥区の平均根本径の方が6.6mm太くなりました。根本が太くなったので、ウサギやネズミ等の小動物による獣害は低減できると考えられます。算出した平均形状比（図8）は、施肥区は114、無施肥区は132となり、施肥をしても徒長することなく形状比が低下し、気象害の影響を受けにくいがっしりした木に成長したことが分かります。



(図7：平均根本径の結果)



(図8：平均形状比の結果)

### (3) コスト試算

今回とは別の試験地である、駒ヶ岳<sup>こまがたけ</sup>国有林312ぬ林小班の植栽実施箇所にて施肥を行い、コストを試算しました。この小班の平均傾斜角は27.9度、土壌型はB<sub>D</sub>：適潤性褐色森林土、南斜面の地形で、令和6年度にカラマツ中苗を2,500本/ha植えました。作業は2人で行い、苗木1本に対して8個ずつ地表株元へ局所施肥をしました。結果は、3時間で合計989本の施肥が完了し、これをhaあたりの人工に換算すると1.90人・日/haになります。

日本林業肥料株式会社<sup>ニッポンリン業肥料株式会社</sup>の多岐にわたる試験の結果、針葉樹は6個、広葉樹は10個が現在の施肥の目安量となります。そのため、苗木1本あたり肥料6個の施肥を行った場合でコスト試算をすると、1.43人・日/haという結果となります。さらに、肥料を植栽箇所へ運搬するために複数回往復するコストも加味するとおおよそ2.0人・日/haとなると考えられます。

## 4 考察

### (1) 成長について

今回、平均樹高は肥効期間が終了した2成長期以降も広がり続ける結果となりました。上記したように本試験地では、除草剤散布を植栽2年後に行いましたが下刈は一度も実施しておらず、ササや雑木が密生した状態です。このことから、施肥区の苗は草木の影でも成長が止まることなく無施肥区との樹高差を広げ続け、さらに植栽約2年後に茎頂が草丈120cmを越え光環境が改善されたことで、2成長期以降の樹高差がより顕著になったことが推測されます。

### (2) コストについて

2,500本/ha植付の際の、肥料代と施肥にかかる人件費については以下の通りです。

- 肥料代  $5.8\text{円/個} \times 6\text{個} \times 2,500\text{本/ha} = 87,000\text{円/ha}$
- 人件費  $2.0\text{人}\cdot\text{日/ha} \times 24,100\text{円/人}\cdot\text{日} = 48,200\text{円/ha}$   
(コスト試算で算出した人工) (労賃単価 (令和8年2月現在))

施肥コストは、材料費と人件費の合計です。

- 施肥コスト  $87,000\text{円/ha} + 48,200\text{円/ha} = 135,200\text{円/ha}$

これに対し、下刈コストは約17万4千円/ha・回です。また、忌避剤コストは1年に2回散布することを想定すると、約14万3千円/ha・年です。つまり、施肥によって下刈1回が削減できたり、忌避剤散布を1年分(2回)削減したりすることができれば、造林コスト全体を低減させることができます。

### (3) 施肥に伴う土壌汚染リスクについて

緩効性肥料の施肥に伴い、マイクロプラスチックや硝酸態窒素\*4による土壌・地下水汚染のリスクが懸念されます。

マイクロプラスチックのリスクについては、本製品はノンコーティング（プラスチック不使用）の緩効性肥料なので問題ありません。

硝酸態窒素のリスクについては、本製品で林地に施肥される窒素施肥量は一般農地の施肥量と比較して非常に少なく、かつ2年以上かけて溶出するため、問題ないと考えられます。本製品を2,500本/ha植付の林地に苗木1本あたり6個施肥した場合、窒素施肥量は27kg/haです。一方で一般農地の窒素施肥量は、水稲78kg/ha、果樹144kg/ha、野菜220kg/haと推定されています[5]。

### おわりに

今回の施肥試験を通じて、施肥区の樹高成長量は無施肥区よりも圧倒的に大きくなり、下刈削減に大きく貢献できる可能性が示されました。さらに、超緩効性肥料マウントキングSの施肥は、植栽木の株元への施肥なのでコンテナ苗だけでなくどんな苗木形態に対しても実施可能であること、重機を導入する等のインシヤルコストが不要で下刈1回分よりコストがかからないことがメリットです。

試験地とした小川入国有林223い林小班の施肥区・無施肥区の土壌型は、弱湿性褐色森林土あるいは適潤性褐色森林土で、いずれも肥沃な土壌といえます。肥沃な土壌ほど、相対的に施肥の効果が出にくいことも先行研究[6]より示されています。今後はポドゾルのような栄養分が乏しい土壌にて施肥試験を行い、そのような場所でこそ施肥の効果が大きく発揮されることを示していきたいと考えています。

スギやカラマツに対しても、他の試験地で同様に施肥試験を実施しており、2成長期終了時点では樹高・根本径ともに比較的良好に成長しています。こちらについても試験を継続し、どの樹種でも長期にわたって成長が促進されることを示していきます。

シカやウサギ等の食害が深刻な箇所については、施肥のみでは完全に防除することが難しいと考えられるので土壌、食害状況、植生といった現地の状況に合わせて、施業の組合せを検討していきます。

本研究は日本林業肥料株式会社との共同研究です。これまで一連の研究にご協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献等一覧

- [1] 林野庁 令和5年度 森林・林業白書（資料I-10 主伐面積と人工造林面積の推移 p.46）（2026年2月17日閲覧）<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r5hakusyo/attach/pdf/zenbun-38.pdf> [引用]
- [2] 林野庁 令和2年度 森林・林業白書（資料特1-26 再造林費用の現状 p.31）（2026年2月17日閲覧）<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/R2hakusyo/attach/pdf/zenbun-64.pdf> [引用]
- [3] 近藤ら（2017）植栽時施肥がスギコンテナ苗の成長に及ぼす影響（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター 平成28年度静岡県農林技術研究所成績概要集（森林・林業編）） [引用]
- [4] 内田ら（2024）造林コスト低減のための超緩効性肥料の活用（令和5年度中部森林技術交流発表集：p.7-13） [引用]
- [5] 西尾道徳（2002）日本における化学肥料消費の動向と問題点（日本土壌肥科学雑誌 73(2)：p.219-225.） [参考]
- [6] 渡邊ら（2012）スギの初期成長に及ぼす立地と施肥の影響, および省力造林の可能性（岐阜県森林研究所研究報告, 41） [参考]

- [7] 渡邊ら (2017) ヒノキにおける実生裸苗と緩効性肥料を用いて育成した実生コンテナ苗の初期成長 (日本森林学会誌 99.4 : p.145-149) [参考]
- [8] 優れたヒノキコンテナ苗の作り方と植栽時の留意点(岐阜県森林研究所 2019年12月) [参考]
- [9] 下刈り作業省力化の手引き(林野庁 令和5年3月) [参考]
- [10] コンテナ苗の大苗化の手引き(林野庁 令和4年3月) [参考]
- [11] エリートツリーの開発・普及(森林総合研究所林木育種センター) (閲覧日: 2026年2月17日)  
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/souseiju2019-7.pdf> [参考]
- [12] 林野庁 森林整備保全事業標準歩掛 (参考資料) (5-1-12 (参考歩掛) 獣害対策 p.729) (2026年2月17日  
閲覧) [https://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/gi\\_jutu/attach/pdf/bugakarisan kou-75.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/gi_jutu/attach/pdf/bugakarisan kou-75.pdf) [参考]

---

\*1 超緩効性肥料: 緩効性肥料 (溶出期間は1年以下) よりもさらに溶出期間の長い肥料。

\*2 早生樹: 成長が早い樹種。特に利用価値が高いとされる有用樹種として、国内ではコウヨウザンやセンダンが代表的。

\*3 形状比: 通常は樹高を胸高直径で除した値のことで、樹高成長に対する胸高直径の太さ (形状比の低さ) で風雪等への耐性を評価できる。ここでは苗木を評価するため、苗高を根本直径で除した値である「比較苗高」を指して形状比とする。

\*4 硝酸態窒素: 土壌中に存在する無機窒素の形態のひとつ (ほかアンモニア態窒素等) で、硝酸性窒素とも。水に溶けやすく、農作物等への過剰な窒素肥料の施肥により地下水を汚染する場合があります、水質汚濁防止法の有害物質に指定されている。人間を含む動物が多量に摂取することでメトヘモグロビン血症 (酸素欠乏の症状) などの健康被害を引き起こす可能性がある。

# 多様な森林への誘導に向けたモデル林における取組について

中部森林管理局 木曽森林管理署 南木曽支署 主任森林整備官 ○栢木 洋平  
一般職員 ○三宅 正義

## 要旨

平成29年度の皆伐箇所「多様な森林への誘導に向けたモデル林」が設定され、その後、更新補助作業の異なる区画を5区画設定しました。プロット内の植栽木や天然更新稚樹の発生・生長及びササとの競合状況について、平成29年度から令和7年度まで調査を継続し、多様な森林への誘導に向けた施業方法を検討しました。更新には母樹の占有面積率が15%以上必要であることが確認でき、適切なササのコントロールが必要と考えられました。

## はじめに

充実した人工林資源を最大限活用するとともに、効率的かつ効果的に森林を整備・保全し、公益的機能を持続的に発揮していくため、地域の状況を踏まえ、奥地水源など条件不利地では、針広混交林化、広葉樹林化を推進していく必要があります。このような中で、平成28年5月に森林・林業基本計画が改正され、国有林は育成複層林\*1化等の取組を先導的に進めることとしており、地球温暖化対策や生物多様性保全等の観点から、引き続き、多様な森林づくりを推進することとしています。

中部森林管理局においても、森林・林業基本計画を踏まえ、針広混交林等の育成複層林への誘導や再造林の低コスト化に取り組むため、平成28年度から天然力を活用した多様な森林づくりを推進しています。しかし、現状の課題として、針広混交林へ誘導するにあたり、伐採系施業の方法や再造林の低コスト化が課題とされています。

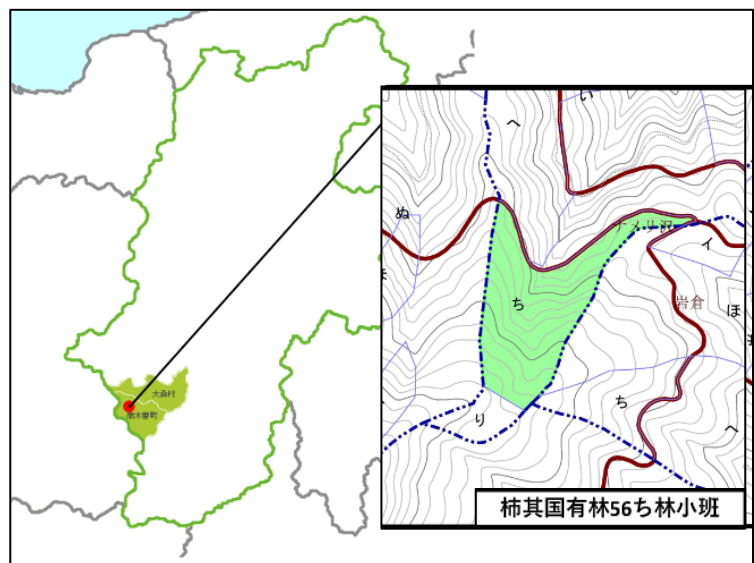
南木曽支署のこれまでの取組として、多様で健全な森林づくりを推進するため、平成28年度に管内の平均的な林相を有する皆伐予定箇所にモデル林を設定し、天然性有用樹の保残や林床に発生している天然稚樹を生長させるため伐採方法の検討や保残状況の調査に取り組んできました。

## 1 調査地概要・調査方法

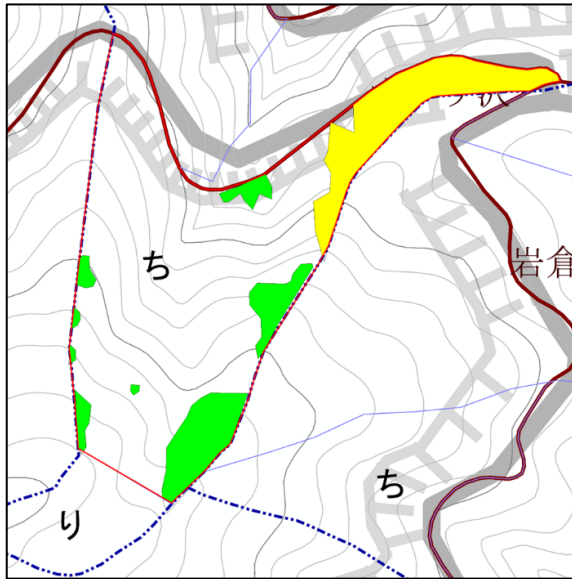
### (1) 調査地概要

モデル林の場所は、長野県南西部に位置する柿其<sup>かきぞれ</sup>国有林56ち林小班となります（図1）。

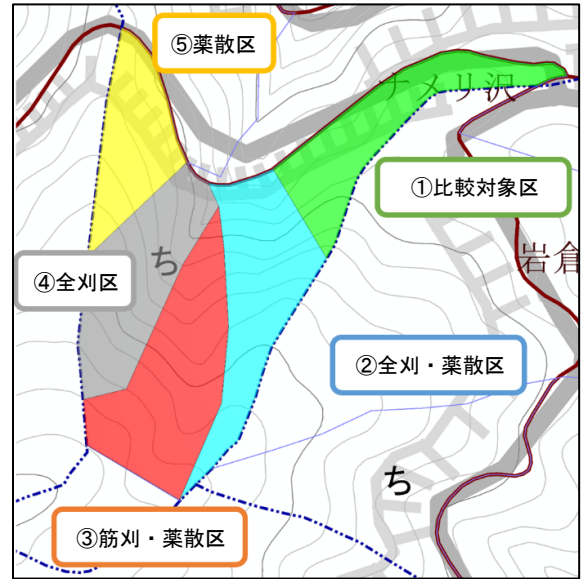
伐採前の検討会・事前調査を踏まえ、平成29年度に母樹となる有用広葉樹\*2（図2の緑の部分）、植栽樹種と同程度の生長が見込める下層木（図2の黄色の部分）を保残し、搬出方法は、林地保全のため林道に近い部分については機械木寄により直取りし、上部は、ダブルエンドレス方式の全木架線集材により搬出し、対象面積2.35haに対して26%の母樹を保残しました。



(図1：モデル林位置図)



(図2：モデル林内の母樹保残箇所)



(図3：各区画設定箇所)

伐採後の現地検討会において、母樹等からの種子飛来による天然更新が示唆されました。また、更新補助作業の検討が必要であることから、地拵方法、薬剤散布の有無の異なる区画を設定し、作業を実施しました。区画について、①比較対象区、②全刈地拵と薬剤散布を行った区画（以下「②全刈・薬散区」という。）、③筋刈地拵と薬剤散布を行った区画（以下「③筋刈・薬散区」という。）、④全刈地拵のみを行った区画（以下「④全刈区」という。）、⑤薬剤散布のみを行った区画（以下「⑤薬散区」という。）の5つの区画を設定しました（図3）。使用した薬剤はテトラピオン粒剤（ササ等のイネ科植物に選択的に作用する除草剤）になります。モデル林は保安林に該当するため平成30年度に母樹の保残を行った区域を除いた箇所<sup>じごしらえ</sup>に保安林指定施業要件に合わせ、ヒノキ裸苗3,000本/haの春植栽を行いました。植栽後は平成30年度から令和5年度まで各年春・秋にシカ等忌避剤（ジラム水和剤）散布を実施してきました。

モデル林の概要は表1のとおりです。土壌成分について、土壌型：弱湿性褐色森林土（BE）、地質：石英粗岩、土性：砂壤となります。

(表1：モデル林概要)

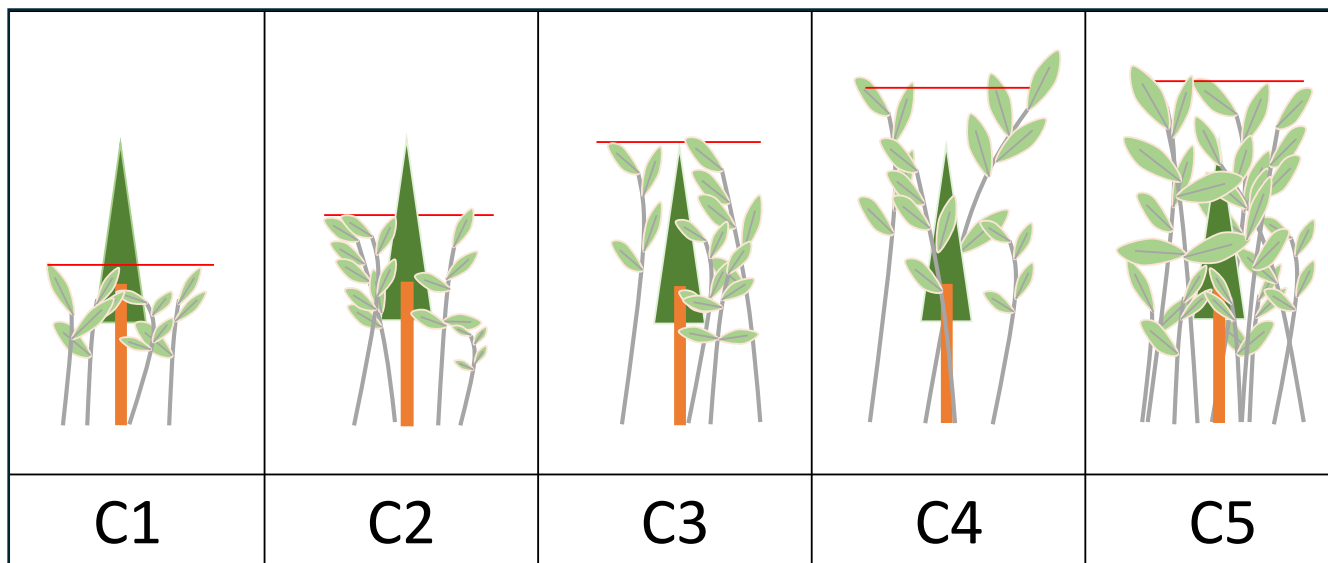
|           |              |
|-----------|--------------|
| 面積        | 2.35ha       |
| 前生林       | ヒノキ単層林（97年生） |
| 標高        | 1,120~1,240m |
| 平均傾斜度     | 36.1°        |
| 斜面方位      | 北東           |
| 植生        | ササ           |
| 地位        | 8            |
| 年平均降水量[1] | 2381.2mm     |

## (2) 調査方法

調査プロットは各5区画に2m四方のプロットを1か所ずつ設定しました。

調査内容として、植栽木については樹高と直径を調査しました。稚樹については高さ2cm以上のものを対象とし、発生稚樹及び生長量について追跡調査を実施しました。調査期間は平成29年11月から令和7年11月までの7年間とし、令和2年度までは秋・夏の調査、それ以降は年に1回調査を実施しました。

ササの回復状況についてはササ丈とササ密度を調査し、棚橋（2022）[2]を参考に5段階で評価しました（図4）。



|    |                            |
|----|----------------------------|
| C1 | 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上外に出ている  |
| C2 | 植栽木の樹冠が周辺の雑草木から1/4程度外に出ている |
| C3 | 植栽木の樹冠と周辺の雑草木の高さが同じぐらい     |
| C4 | 周辺の雑草木が植栽木の樹冠より高くなっている     |
| C5 | 植栽木の樹冠が周辺の雑草木に完全に覆われ鬱閉している |

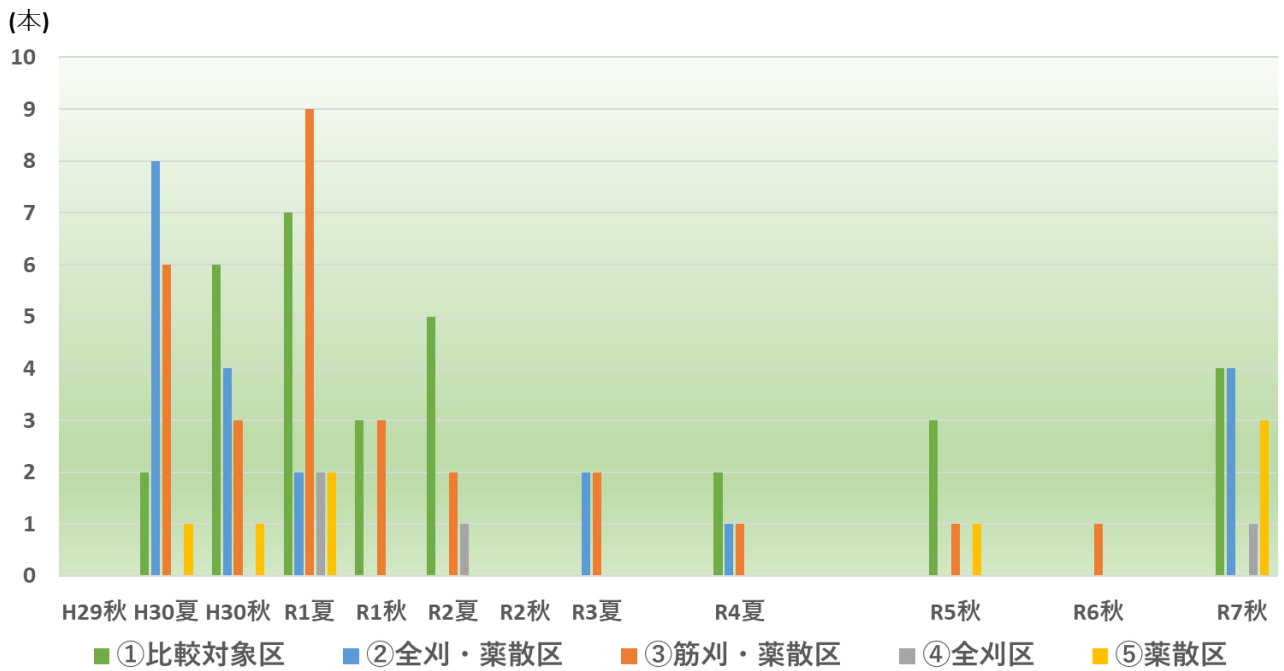
(図4：雑草木競合調査の5段階の模式図)

## 2 結果・考察

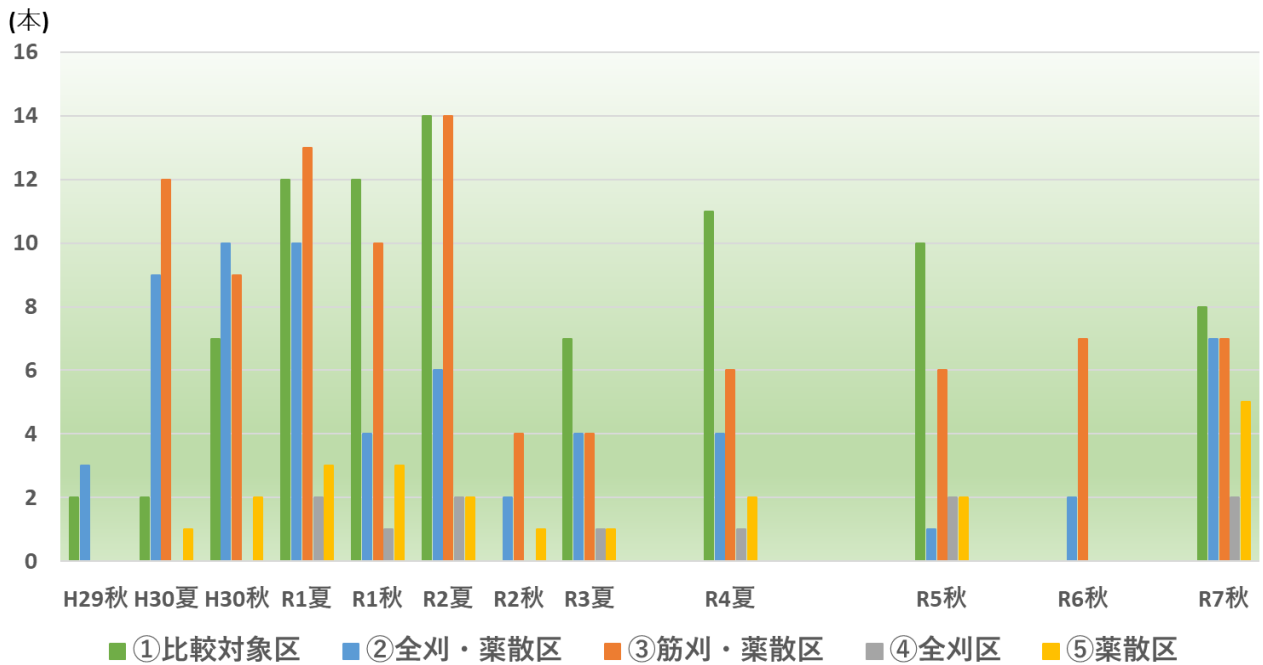
モデル林内に保残された母樹はヒノキ、サワラ等の針葉樹のほか、有用広葉樹としてウダイカンバ、カエデ、コシアブラ、ホオノキ、ミズメ、ミズナラとなります。プロット内に発生した稚樹について、針葉樹はサワラ、ヒノキ、ヒバの3種が、広葉樹ではカエデ、カバノキ、コシアブラ、シデ、シロモジ、ホオノキ、ミズナラが確認できました。

図5のとおり毎年新規に発生した有用稚樹をカウントしたところ、①比較対象区、②全刈・葉散区、③筋刈・葉散区では植栽後1～2年までの発生が比較的良かったことがわかりました。7年間の合計発生数は①比較対象区で5,000本/ha、②全刈・葉散区で3,300本/ha、③筋刈・葉散区で4,300本/haでした。しかし④全刈区では625本/ha、⑤葉散区では1,250本/haと発生数が少ないことがわかりました。

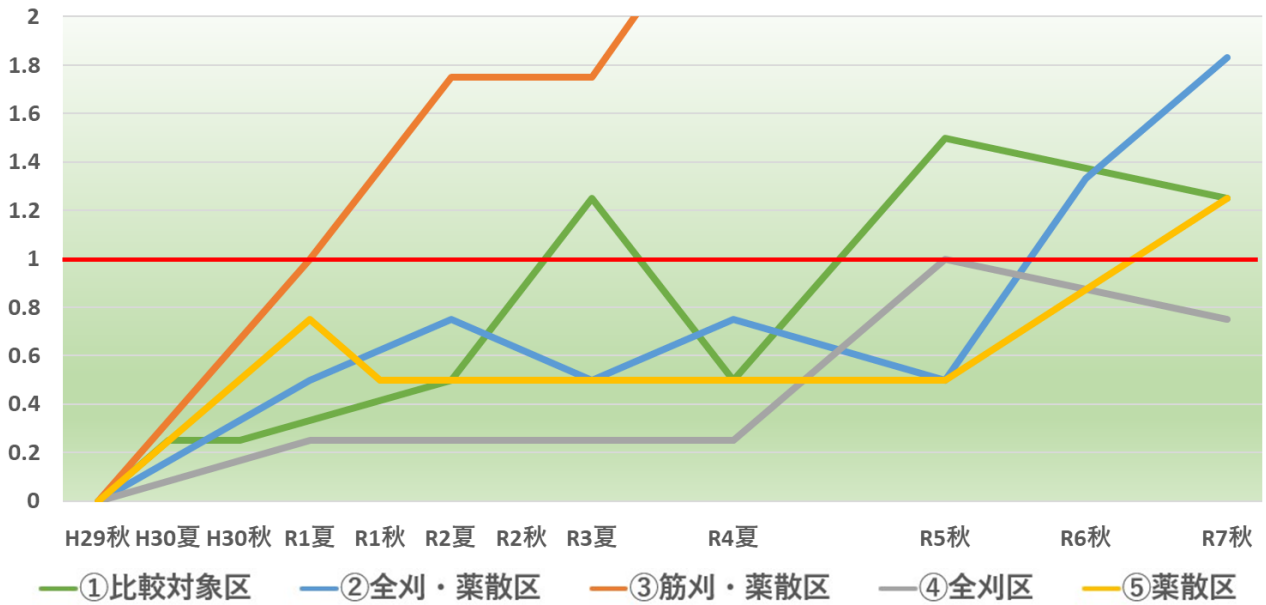
図6のとおり連年の残存している稚樹本数の推移を示しました。図5で確認できるとおり、植栽後1～2年では④全刈区と⑤葉散区に対して①比較対象区、②全刈・葉散区、③筋刈・葉散区の本数が多く残っていました。しかし②全刈・葉散区においては令和元年夏以降、獣による食害が顕著に確認されており、残存本数が減少しました。



(図5：各年新規発生稚樹の個体数)



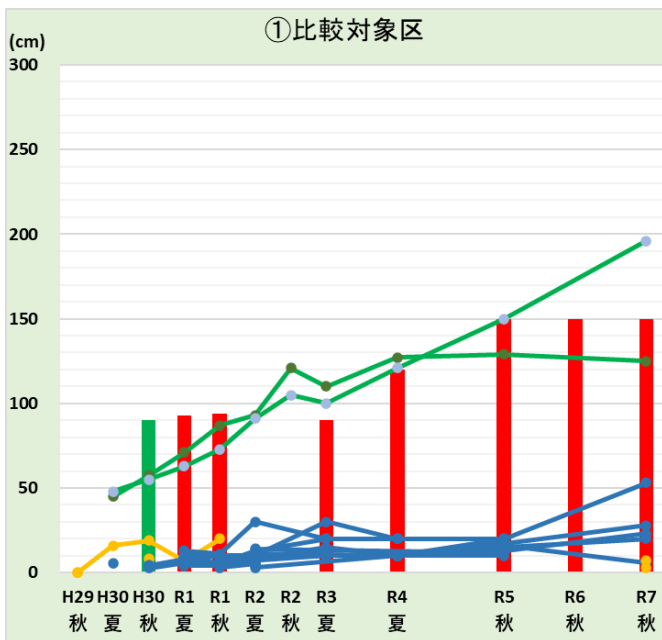
(図6：残存稚樹の個体数)



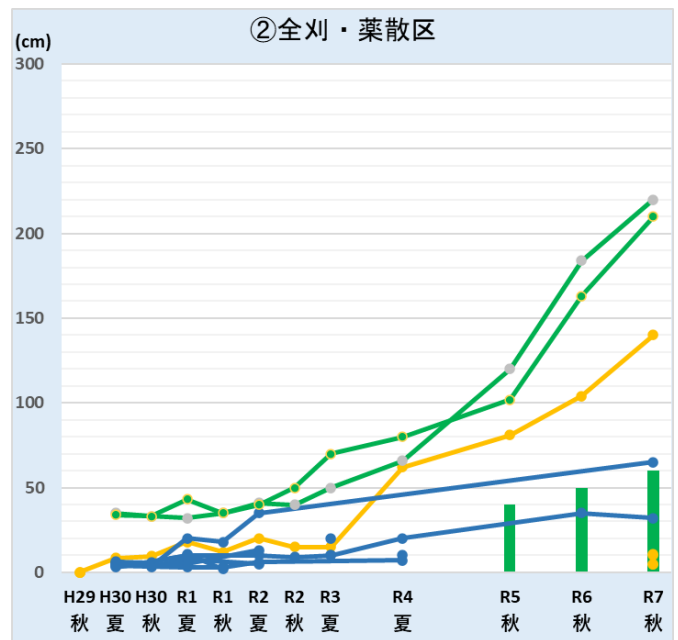
(図7：更新指数の推移)

図7は各区画の更新指数の変動を示したグラフになります。更新指数は「地域管理経営計画書別冊 管理経営の指針」を参考に、発生した稚樹のみを対象樹種として算出しました。発生数、生長ともに良かった③筋刈・葉散区が伐採後2.5年で更新が完了しました。②全刈・葉散区についても発生数、生長ともに良かったのですが、食害の影響により③筋刈・葉散区から4年遅れ、6.5年に更新が完了しました。①比較対象区については、稚樹の生長は少なかったですが発生稚樹が最も多かったため更新は完了しました。しかし稚樹の増減による変動が大きいことがわかりました。④全刈区、⑤葉散区では生長は低く、また稚樹の発生数が少なかった④全刈区では更新に至りませんでした。

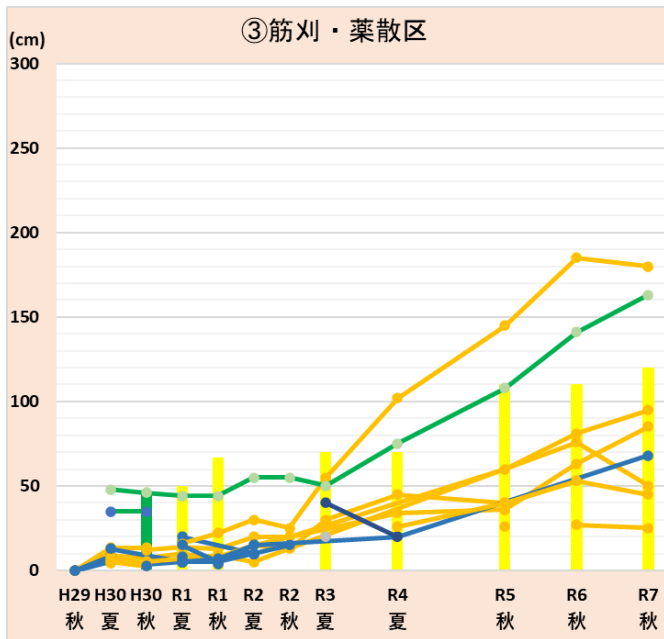
各区画の発生稚樹の生長、ササ丈及び密度の推移を図8①～⑤に、凡例を図8⑥に示します。



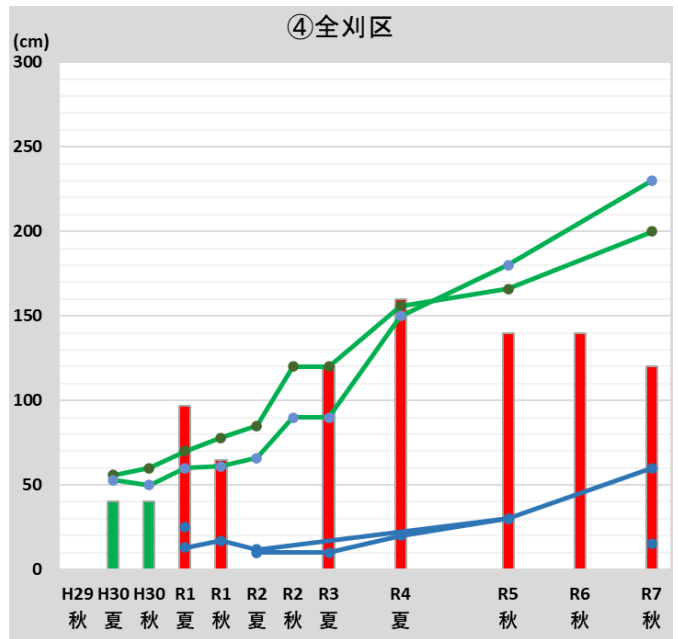
(図8①：発生稚樹生長およびササ競合状況)



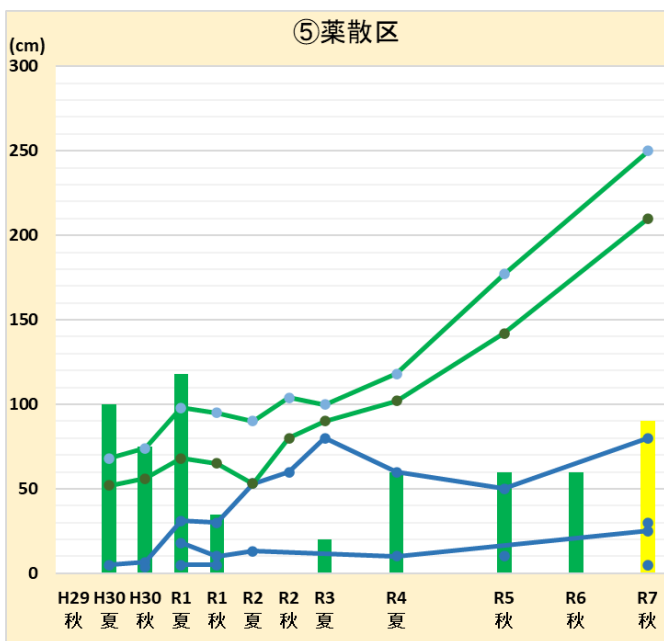
(図8②：発生稚樹生長およびササ競合状況)



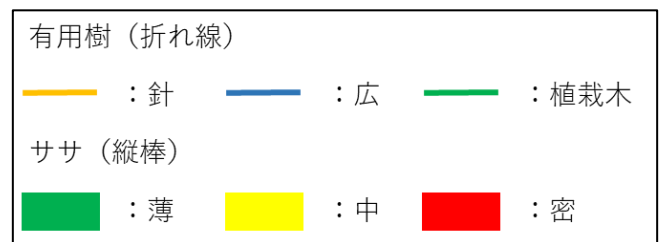
(図8③：発生稚樹生長およびササ競合状況)



(図8④：発生稚樹生長およびササ競合状況)



(図8⑤：発生稚樹生長およびササ競合状況)



(図8⑥：①～⑤の凡例)

①比較対象区と③筋刈・葉散区を比較すると、両区画とも稚樹の発生数は5,000本/ha、4,300本/haとどちらも多かったです。③筋刈・葉散区の平均連年生長が10.0cmに対して、①比較対象区は2.2cmとなりました。①比較対象区ではササ競合指数がC5と密度が濃いため、稚樹生長を抑制したと考えられます。

③筋刈・葉散区と②全刈・葉散区を比較すると、連年生長量は10.0cm、10.5cmと、どちらも10cm程度でした。②全刈・葉散区の稚樹の発生数は3,300本/haでしたが、稚樹の消滅が多く発生しており、食害跡が多く確認できました。②全刈・葉散区ではササの生長がほとんどなかったことから獣が侵入しやすい環境となっており食害が多くなっていることが考えられます。

次に①比較対象区と④全刈区を比較すると、薬剤散布を行っていない④全刈区ではササの回復が早く、密度が濃い状況のため、①比較対象区同様にササ競合指数がC5となりました。しかし④全刈区では地拵を行ったにもかかわらず、稚樹発生数が625本/haと少ないことがわかりました。母樹占有率が①比較対象区で70.74%あるのに対して、④全刈区では4.36%と少なかったことが稚樹の発生に大きく影響していると考えられます。また、平均連年生長については①比較対象区の2.2cmに対して④全刈区では8.5cmであり、地拵の影響もあったと考えられます。

最後に⑤薬散区と④全刈区を比較すると、⑤薬散区では母樹占有率が0.09%に対して、④全刈区では4.36%でした。発生稚樹本数は⑤薬散区で1,250本/haに対して、④全刈区では625本/haとなり母樹面積と逆転していることが確認できました。地拵による埋没種子等の発生もなく、ササの密度の影響を受けていると考えられます。平均連年生長に関して、⑤薬散区ではササの競合指数はC3であり、生長量は6.7cmでした。④全刈区では、ササとの競合指数は①比較対象区同様C5であり、生長量は8.5cmでした。④全刈区の方が若干生長はよくなっているため、地拵の影響が大きいものと考えられます。

表2に各区画のササ丈、競合指数、母樹占有率、発生稚樹本数、連年生長量、更新期間、植栽木樹高を示しました。

(表2：調査結果)

| 調査区画             | ①<br>比較対象区 | ②<br>全刈・薬散 | ③<br>筋刈・薬散 | ④<br>全刈のみ | ⑤<br>薬散のみ |
|------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| ササ生長(cm)：競合      | 150密：C5    | 60疎：C1     | 120中：C4    | 140密：C5   | 90中：C3    |
| 母樹占有率(%)         | 70.74      | 34.08      | 14.08      | 4.36      | 0.09      |
| 発生稚樹本数<br>(本/ha) | 5,000      | 3,300      | 4,300      | 625       | 1,250     |
| 連年生長量(cm)        | 2.2        | 10.5       | 10.0       | 8.5       | 6.7       |
| 更新期間(年)          | 5.5        | 6.5        | 2.5        |           | 7.5       |
| 植栽木(cm)          | 160        | 215        | 163        | 215       | 230       |

生長については、地拵を実施した②全刈・薬散区、③筋刈・薬散区、④全刈区の3区画で生長がよく、①比較対象区、⑤薬散区を確認すると、ササの被圧の影響もありますが地拵による影響の方が大きいことがわかりました。発生稚樹については、ササの被圧が多かった①比較対象区での発生が一番顕著であり、これは母樹占有面積が大きく影響していることが考えられます。ただし、雑草木の影響に付随する形で獣害の被害状況があったことから、結果的に③筋刈・薬散区の更新が一番早かったものと考えられます。更新指数で見ると④全刈区、⑤薬散区で稚樹の発生が少ないことが更新の遅れの原因となり、①比較対象区についても稚樹発生が多いため更新できているものの変動が大きいことがわかりました。したがって、今回の調査結果からササの生長については、誤伐を避けるため下刈は行わないこととした上で、完全被圧とならないよう、雑草木の生長遅延剤、発生稚樹への後施肥等によりコントロールが必要となります。さらに確実な天然更新をするためには少なからず母樹となる木が周辺に15%以上必要であり、発生稚樹を生長させるためには地拵も必要であることがわかりました。

## おわりに

本研究にご協力いただきました職員の皆様におかれましては、厚く御礼申し上げます。本研究が森林施業の一助となることを願います。

## 参考文献等一覧

- [1] 気象庁 過去の気象データ（令和8年1月9日閲覧）[https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/nm1\\_amd\\_ym.php?prec\\_no=48&block\\_no=1022](https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/nm1_amd_ym.php?prec_no=48&block_no=1022)
- [2] 棚橋和彦(2022) ヒノキコンテナ苗と下刈省力の組合せによる初期保育技術の開発. 令和4年度中部森林管理局森林技術交流発表集

---

\*1 育成複層林：帯状や群状等で伐採し、複数の樹冠層を構成する森林として人為により成立・維持する森林のこと。

\*2 有用広葉樹：建材、家具材、薪炭ほか果実の食用など、利用価値が高い広葉樹全般を指す。ここではウダイカンバ、カエデ、コシアブラ、ホオノキ、ミズメ、ミズナラ、シデ、シロモジなど。

# 雪崩多発森林への独立基礎型流木捕捉工の設置について

中部森林管理局 富山森林管理署 一般職員 ○白井 朋香  
森林情報管理官 祐成 亮一

## 要旨

独立基礎型流木捕捉工（以下「補足工」という。）の継続的なモニタリング調査を実施し、流木捕捉効果を検証しました。その結果、機能面と維持管理面における実効性の確認ができた一方で、改善点も明らかとなりました。

## はじめに

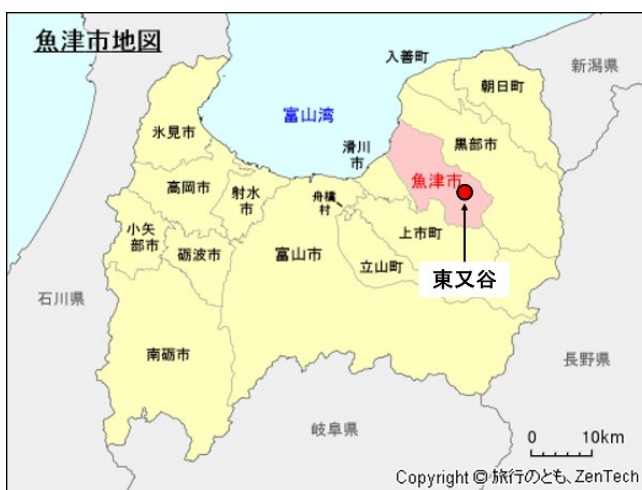
当署管内においては急峻な地形と日本海側特有の豪雪ゆえ、多くの現場で雪崩が発生しています。雪崩によりなぎ倒された立木は溪床に堆積するため、降雨時に流木化する可能性が高くなります。そうしたことから雪崩に伴う流木被害を防止するため、令和元年及び2年に捕捉工を設置しました。また、設置後は継続的なモニタリング調査を実施し、流木捕捉効果を検証することとしました。

## 1 調査地及び調査方法

### (1) 設置箇所概要

捕捉工は富山県魚津市の片貝国有林55林班に位置する東又谷下流（標高約760m）へ設置しました（図1、2）。設置箇所上流の傾斜は兩岸ともに30～40°の急勾配となっており、ブナ、ミズナラを中心とする天然広葉樹林が広がっています（写真1）。ただし林況については、カシノナガキイムシによる被害を受けた経歴があるため、枯損したナラの木が多く見受けられるというのが特徴です。

捕捉工を設置する位置の条件として、河床が広いことや勾配が緩いこと、流木の撤去といった管理が可能であることなどがガイドラインで示されています[1]。そのため溪床の幅が約60m、勾配が3.6%となっている地点を設置箇所として選定し、流木撤去等のメンテナンスを行う際に流路へ進入できるよう、作業道を作設しました（図3）。



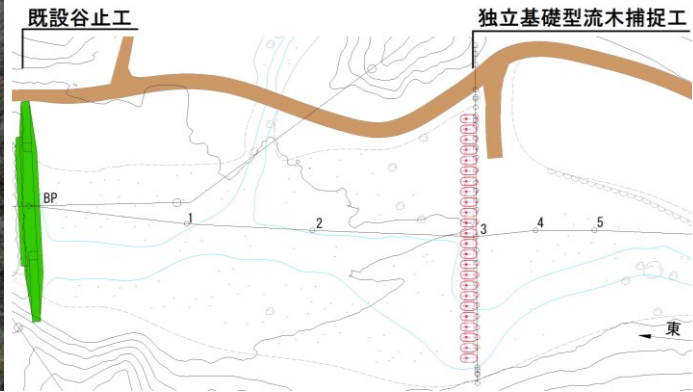
(図1：東又谷 位置図)



(図2：設置箇所 位置図)



(写真 1 : 設置箇所上流の状況)



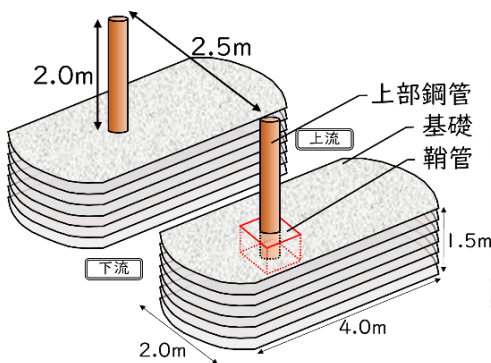
(図 3 : 平面図)

## (2) 捕捉工の構造概要

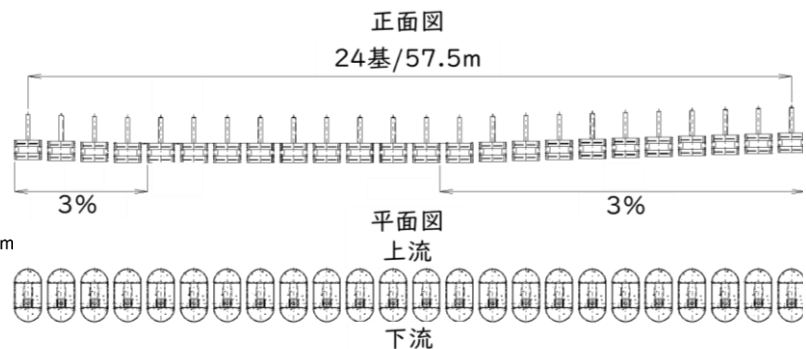
捕捉工は「基礎」、「上部鋼管」、「基礎と上部鋼管を接続するための<sup>きやかん</sup>鞘管」から構成されており(図4)、鞘管の内部には補助部材が溶接されています。補助部材の役割は、施工時に上部鋼管の位置と方向を保持することです。上部鋼管は鞘管に砂を突き固めながら充填することで固定し、砂の流出を防止するため最上部には厚さ10cmのキャッピングモルタルを打設しました。モルタルによる固定は一部であるため、被災や腐食等、老朽化した際には上部鋼管を新材と取り替えることが可能となっています。

基礎については1基ずつ独立した構造をしていることから透過型ダム等のような袖部が不要であり、少量のコンクリートによる施工と溪床全幅にわたる広い流木捕捉部の設計が可能となっています。したがって、流木捕捉部面積当たりの直接工事費について比較すると、従来から行われてきた既設ダムの遮水型から透過型への改良や透過型ダムの新設等よりも経済的であるといえます[2]。また、独立した構造であることにより直線型、千鳥型、V字型、逆V字型といったような現場の状況に応じた自在な配置が可能となっています。東又谷においては試験的に直線型の配置を選択し、流木の捕捉に伴い流路が変化することを抑制するため流心に向けて3%の勾配を設けました(図5)。

上部鋼管の間隔については基礎の幅(2.0m)に加え、施工上必要となる隣接基礎の間隔(0.5m以上)を確保する必要がありますが、流木を捕捉する確実性が高まるよう最小間隔の2.5mに設定しました。最も溪岸に近い鋼管の上端と溪岸の水平距離については両岸から流木がすり抜けることを防止するため、スリット間隔以下としました。



(図 4 : 構造図)



(図 5 : 割付図)

### (3) 検証方法

#### ア モニタリング調査内容

モニタリング調査として、捕捉工周辺における土砂の堆積と侵食状況を把握するため平面・縦断・横断測量を実施しました。加えて、施設の機能維持や流木捕捉効果の検証を行うため現地調査を行いました。

#### イ 捕捉工周辺の状況確認方法

流木の発生・捕捉状況を確認するため、捕捉工設置箇所の右岸と上流部に定点カメラを各1台設置し、1時間ごとの24時間撮影を行いました。捕捉量については撤去した流木を産業廃棄物として処理する際の計量により得られた値を用いることとしました。

## 2 結果

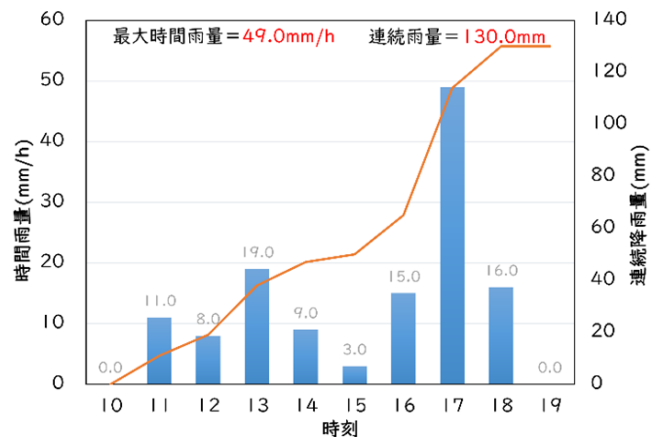
捕捉工を設置したことにより確認された現象について、以下で2つの事例について紹介します。

### (1) 集中豪雨の発生

令和4年8月20日に最大時間雨量49.0mm、連続雨量130.0mmの降雨が発生し（図6）、大径木を含む102tの流木が捕捉されました（写真2）。また、流木を捕捉したことによりスリットが閉塞したため、土砂が堆積するという現象も確認されました。スリット背面に流木や土砂が堆積している状態では流木捕捉機能が低下することが想定されたため、メンテナンスとして流木の撤去と河床整理を行いました。

土砂の堆積については主に流路中央部に見られ、流れが左右に分かれたことから、兩岸ともに侵食が発生しました（写真3）。今後も同様の現象が起こることを危惧し、侵食を受けた溪岸部は現場にある大転石を用いた護岸工の設置により復旧しました（写真4）。流木の処分に要した費用は246.6万円、河床整理（46.5時間）の直接工事費は55.5万円でした。

メンテナンスが完了した後に捕捉工の破損状況等を目視で確認したところ、基礎、上部鋼管ともに流木捕捉に伴う破損・傾斜は見られず、河床の洗掘も少量でした（写真5）。



(図6：令和4年8月20日の降雨データ)



(写真2：流木捕捉状況)



(写真3：左岸側の溪岸侵食)



(写真4：左岸側の護岸工)



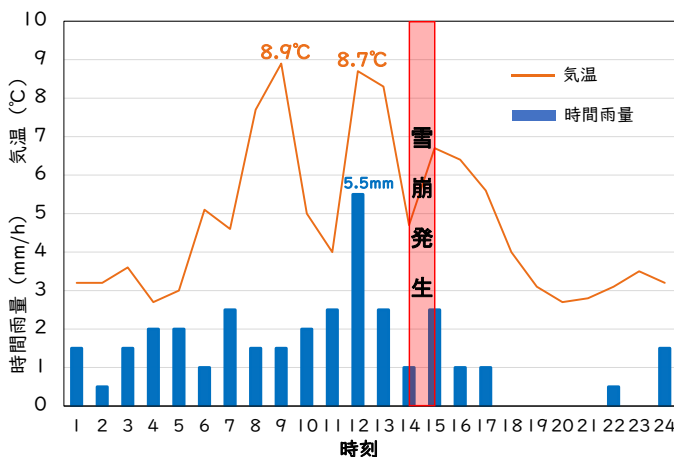
(写真5：流木撤去後の周辺状況)

## (2) 大規模な雪崩の発生

令和5年2月19日に約9℃と季節外れの暖気と最大時間雨量5.5mmの降雨が観測されました(図7)。その際に捕捉工より上流の支流で大規模な雪崩が発生し、捕捉工を直撃しました(写真6)。雪解け後に捕捉工を点検したところ、基礎については鞘管を含め損傷は見られませんでした。流路中央部に位置する捕捉工の上部鋼管7本に傾斜が確認されました(写真7)。

ガイドラインでは補修方法を検討する際に捕捉工の損傷レベルを判定し、その結果を基に判断することとされています。そのためモニタリング調査の有識者による現地検討会を開催し、上部鋼管のへこみ・たわみ、その他施設の破損状況を調査しました。その結果、傾斜していた7本のうち5本について、キャッピングモルタルの破損が確認されたとともに、上部鋼管のへこみ・たわみが補修を必要とする基準を上回ったため、新材材と取り替えることとなりました。加えて新材材については、雪崩を含む想定外の加重により再度損傷を受けないよう、CFT(Concrete Filled steel Tube)構造化(鋼管内部にコンクリートを充填する補強方法で、従来の透過型ダムを補強する際に用いられているもの)を試験的に実施することとなりました(写真8)。

以上の補修と併せて工程調査を行い、各工程で必要となった1基当たりの人工と時間を算出しました。工程はいずれも2～3人で実施することができ、1基を補修するために必要な時間は最大90分という結果が得られました(図8)。しかし、鞘管内部の補助部材が変形し上部鋼管に食い込んでいた場合には鋼管を引き抜くことが困難であったため、補助部材の撤去が必要となりました(写真9)。この工程は18分と、補修作業の中で最も時間を要しました。



(図7：令和5年2月19日の気象データ)



(写真6：雪崩の様子)



(写真7：捕捉工の破損状況)



(写真8：CFT構造化の様子)

|               | 人工<br>(人/基) | 時間<br>(分/基) |
|---------------|-------------|-------------|
| モルタル 除去       | 2           | 4           |
| ↓             |             |             |
| 鞘管内の砂 除去      | 2           | 8           |
| ↓             |             |             |
| 鋼管 引き抜き       | 2.5         | 15          |
| ↓             |             |             |
| 補助部材 撤去       | 2           | 18          |
| ↓             |             |             |
| 新鋼管 設置        | 2.5         | 15          |
| ↓             |             |             |
| 鞘管内への砂 充填     | 2           | 8           |
| ↓             |             |             |
| モルタル 充填       | 2           | 12          |
| ↓             |             |             |
| 鋼管へのコンクリート 充填 | 3           | 10          |

(図8：補修作業のフローチャート)



(写真9：CFT構造化の様子)

### 3 考察

モニタリング調査や雪崩発生後の有識者によるヒアリング及び現地調査の結果を踏まえ、より適切な捕捉工の構造・配置を検討した結果を以下に示します。

#### (1) 捕捉工の実効性

降雨時には大量の流木を捕捉することができました。また、捕捉した流木の撤去や河床整理といったメンテナンスは容易に実施することができました。したがって、優れた流木捕捉機能の発揮とメンテナンス面における実効性を確認できたといえます。ガイドラインに示されている設置位置の条件（勾配の緩さ、河床の広さ、作業道の確保等）に加え、上部鋼管が単柱構造をしており流木と複雑に絡み合う恐れが少ないことがメンテナンスを容易に実行できた要因として考えられます。

一方で、流木の捕捉に伴い流路が変化することで溪岸侵食が発生しました。この現象は東又谷特有のものではなく、他の現場においても起こり得る現象であることから、溪岸侵食を防止するために護岸工を設置することの重要性が明らかとなったといえます。

#### (2) 雪崩による捕捉工の被害

雪崩の発生原因として、季節外れの暖気と降雨による積雪加重の増加が考えられます。東又谷において、雪崩は毎年のように支流で発生していますが、例年であれば本流に到達した時点で停止します。一方、令和5年に発生した雪崩については通常よりも規模が大きかったことが想定され、本流に沿ってさらに流下し、捕捉工まで到達しました。雪崩の衝撃により上部鋼管が破損・傾斜したことを踏まえると、雪崩が発

生しやすい溪流においては流下する危険性の高い区間を避けて計画することが望ましいと考えられます。ただし、CFT構造化を実施することで鋼管強度の上昇が期待できるため、雪崩を含む想定外の加重に対する備えとなりえるといえます。現段階では試験的に1回実施したのみの工法となっていますが、今後のモニタリング調査の結果によっては、捕捉工を設置する箇所の選択肢を広げることができる工法であると考えています。

捕捉工の補修については、変形の程度によって補助部材が鋼管を取り替える際の妨げとなりました。そのような場合には補助部材を撤去しても問題はなく、撤去後の再設置は現場溶接によって行われるため、強度の観点から必要性が低いと考えられます。工程調査によると補助部材の撤去は最も時間を要する工程であったことから、補修作業を進める上で障害となることが分かります。ただし、補修は損傷を受けた捕捉工に限定した実施が可能であり、1基を補修するために必要な時間は最大でも90分と、かなり短時間で補修作業を終えられたため効率的であったといえます。

#### 4 結論

雪崩により損傷した捕捉工を復旧するため、鋼管の取替えだけでなくCFT構造化による補強を実施しました。補修後の状況として、令和7年度には雪崩が捕捉工に直撃することはなく、降雨についても数次にわたる時間雨量20mm程度が発生したのみでした。捕捉された流木量は約24tと(写真10)、令和4年8月20日の豪雨時と比較して少量であり、捕捉工の損傷も確認されませんでした。しかし、捕捉工と補修作業のいずれに関してもいまだ事例が少ないため、流木捕捉状況や雪崩等による捕捉工の被害状況については情報が十分とは言えません。

東又谷においては捕捉工の上流に枯損木の堆積が確認されており(写真11)、また東又谷の他にも当署管内には流木が発生する恐れのある場所が存在しているというのが現状です。そのため、これまで下流域における被害報告は聞いておりませんが、今後も検証を継続し流木対策を推進していきたいと思えます。



(写真10：令和7年の流木捕捉状況)



(写真11：上流の枯損木堆積状況)

#### 参考文献等一覧

- [1] 林野庁 中部森林管理局. 独立基礎型流木捕捉工 設計・施工ガイドライン. (オンライン) 2021年3月. (2026年2月17日閲覧) <https://www.rinya.maff.go.jp/chubu/chisan/attach/pdf/guideline-1.pdf> [引用]
- [2] 中澤敏雄. 既設治山ダムを活用した流木捕捉工の開発～流木災害防止緊急治山対策プロジェクト～. 水利科学. 2021年, 第63巻, 1. [参考]

# 地上レーザ計測と航空レーザ計測を組み合わせた収穫調査の効率化

|                 |      |        |
|-----------------|------|--------|
| 中部森林管理局 飛騨森林管理署 | 次長   | ○久保 喬之 |
|                 | 一般職員 | 棚田 みのり |
|                 | 一般職員 | 谷口 さゆり |
|                 | 一般職員 | 細川 雅   |
|                 | 一般職員 | 川野 純也  |

## 要旨

本取組は、地上レーザスキャナ（以下「OWL」という。）と航空レーザ計測データ（以下「LPデータ」という。）を組み合わせ、従来は計測困難であった下層植生が繁茂する林分及び樹高20m超の高木における調査手法を検証しました。1.2mの胸高直径と地上3m直径の平均比率108.2%を活用した胸高直径推定、及びOWL直径階級とLPデータ樹高階級を対応づけた樹高推定手法を構築し、その精度検証を行いました。総計1,433本の直径データ及び514本の樹高データに基づく検証の結果、推定胸高直径の約79%が誤差±2cm以内、推定樹高の約80%が誤差±2m以内に収まり、計測困難であった下層植生が繁茂する林分及び樹高20m超の高木における調査の可能性を示します。

## はじめに

現在、人工林の約6割が利用期を迎え、森林資源の循環利用に向け、森林資源量の調査、収穫調査の効率化が重要となっています。調査の効率化を目的として中部森林管理局では、平成28年頃よりOWLが導入されています。

OWLとは、レーザを照射し反射して戻る時間から距離を取得する計測機器です。レーザの届く範囲を網羅的に計測し、短時間で樹木や地形の詳細な3次元データを取得できます。取得したデータは専用アプリケーションで解析・表示できます。この技術により森林資源調査では、従来の調査に比べ時間と労力を大幅に軽減できます。

しかし、レーザの特性により、障害物や到達距離の影響で計測できる条件が限られ、現在活用が進んでいません。OWLが十分に活用されていない主な理由は、2点挙げられます。

### ・下層植生の影響

材積計算に必要な1.2mの胸高直径部分が、下層植生によりレーザが遮断され計測が困難になります。

### ・樹高の計測精度

OWLのレーザ到達距離は約20mであり、それを超える立木の樹高は著しく精度が低下します。

利用期を迎えた森林の多くは、除伐や間伐の整備が適切に行われ、森林内には、林床に光が入り下層植生が繁茂しています。また、50年生以上の森林は、ほとんど樹高が20mを超えます。このような、OWLでの計測が困難・計測精度が低下する林分は非常に多く、今後も増えていきます。

OWLの活用を進めるに当たり、この2つの課題の解消は非常に重要となります。このことから、現地での検証を重ね、計測・計算方法を工夫することで課題の解決に取り組みました。

## 1 下層植生の影響、課題解決に対する取組と検証

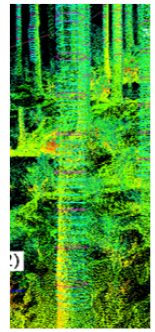
### (1) 仮説

現地での計測を進める中で、胸高1.2m部分の直径が下層植生でレーザが遮断されていても、立木上層には正確にレーザが当たり直径が計測されています。この、上層で計測された直径から胸高直径を推定でき

るのではないかと仮説を立て検証を実施しました。

まず、上層の計測状況を判断するため下層植生が繁茂する林分で検証実施しました（図1）。OWLは、胸高直径及び地上から50cmごとの立木の直径を計測しています。計測状況を検証した結果、1.2mの胸高直径は、下層植生によりレーザが遮断され欠測率が高くなっています。また、計測できていても、立木周辺の下層植生を合わせた直径となる傾向があり、異常な数値を示すことがあります。

| OWL計測高(m)  | 欠測数(本)   | 欠測率         | (n=431) |
|------------|----------|-------------|---------|
| 5.0        | 0        | 0.0%        |         |
| 4.5        | 0        | 0.0%        |         |
| 4.0        | 1        | 0.2%        |         |
| 3.5        | 2        | 0.5%        |         |
| <b>3.0</b> | <b>9</b> | <b>2.1%</b> |         |
| 2.5        | 20       | 4.6%        |         |
| 2.0        | 38       | 8.8%        |         |
| 1.5        | 61       | 14.2%       |         |
| 1.2        | 101      | 23.4%       |         |



（図1：下層植生繁茂林分のOWL欠測率）

高さごとの欠測率を確認してみると、上層にいくにつれ欠測率が低くなっています。この計測結果から、欠測が少なく、かつ、胸高に近い地上3m地点の直径により胸高直径を推定する検証を行いました。

## （2）調査地の概要

検証を行った調査地は以下のとおりです。

- ・岐阜県：宮・庄川、飛騨川、木曽川の各森林計画区
- ・長野県：千曲川上流・千曲川下流（4か所）・中部山岳・木曽谷（2か所）の各森林計画区
- ・愛知県：尾張東三河森林計画区

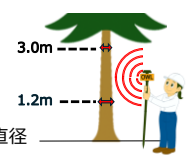
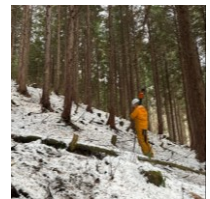
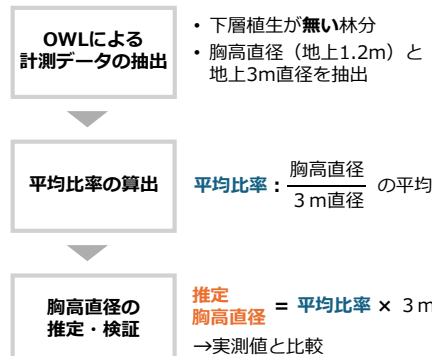
各森林計画区で計測されたデータ14か所のプロットを検証しました。

調査木は、各プロットで計測された1,433本です。

## （3）検証方法

検証方法は、下層植生が無い林分で、OWLにより計測を行い取得した計測データから、胸高直径と地上3mの直径を抽出します。次に、抽出した胸高直径を地上3m直径で割った値の平均値、平均比率を算出します。算出した平均比率を、あらかじめ地上3mの直径にかけ、推定胸高直径を求めます。求めた推定胸高直径と、OWL実測の胸高直径を比較・検証しました。

### 検証方法



（図2：平均比率の検証方法）

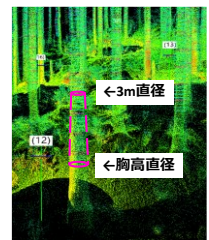
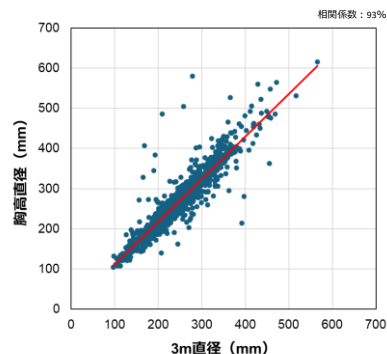
## （4）結果

OWLで計測した胸高直径と、地上3m直径の比率は、（図3）の結果。

横軸が地上3m直径、縦軸が胸高直径です。大きく外れた値は計測時のブレが原因と考えられます。調査結果から直径の平均比率は108.2%となります。

この108.2%に、OWLで計測した地上3m直径を乗じた推定胸高直径と、OWL実測の胸高直径との誤差を検証。推定胸高直径とOWL実測胸高直径との誤差検証結果は図4のとおり。

赤枠が誤差2cmの範囲を示します。



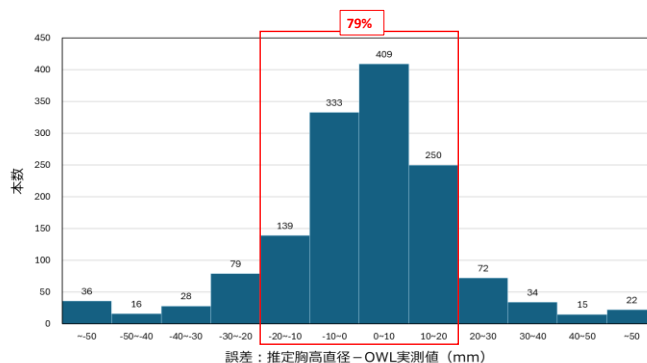
胸高直径と地上3m幹径の平均比率は108.2%

（図3：平均比率の検証結果）

検証では調査木の79%が、誤差2cmの範囲内に収まりました。

従来の輪尺による計測は、胸高直径を2cm括約で測っていますので、誤差が2cm以内であれば、従来の調査方法と同程度の精度といえます。

このことから、検証した上層計測値からの推定胸高直径は精度が高く、下層植生が繁茂しOWLでの計測が困難とされていた林分においても、胸高直径を実用的な精度で推定できます。



対象木の79%が誤差±20mm以内に収まった。

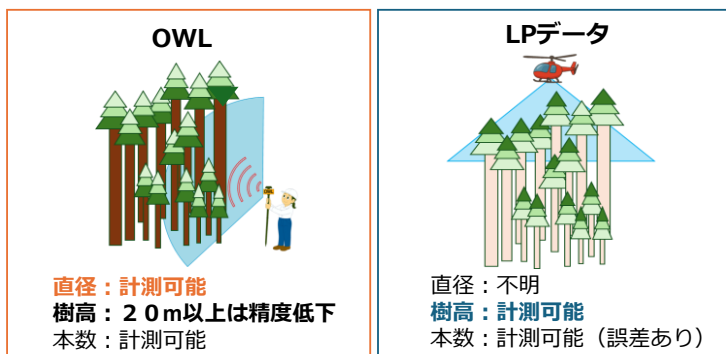
(図4：推定と実測値との誤差)

## 2 樹高の計測精度、課題解決に対する検証と結果

### (1) 仮説

OWLで精度が低下する20m超えの樹高を、LPデータから推定できないか検討しました。LPデータは、航空機に搭載したレーザスキャナから地表に光を照射し、反射して戻る時間から距離を測定し取得したデータです。特徴として、地形や建物の形状、標高を精密に調べることができ、広範囲の3次元データを取得可能です。森林を計測した場合は、樹冠や樹高情報を取得できます。なお、LPデータの精度については、測量法公共測量の準則に従い実施し、精度検定が行われています。

OWLとLPデータの特徴について整理します(図5)。OWLは、直径と本数の計測は得意ですが、20mを超える樹高は精度が低下します。LPデータは、樹高計測が得意で、本数計測は、ある程度の誤差はありますが計測できます。一方、計測の性質上、直径計測はできません。2つのデータを、同じ立木としてひもづけることができればよいのですが、ひもづける作業は、非常に手間がかかります。そこで、OWL計測で本数の多い(出現率の高い)直径階級は、LPデータで本数の多い(出現率の高い)樹高階級であると仮定し、直径と樹高をひもづけ、このデータから樹高を推定する方法を検討しました。



(図5：OWLとLPデータの特徴)

中部森林管理局の規程では、直径階を同じくする立木の樹高がおおむね均等であるときは、標準木を設定し樹高曲線により平均樹高を算定できることとなっています。

この、直径と樹高を対応させた標準木データを用いて樹高曲線を作成し、その曲線による樹高推定の精度を検証しました。

この、直径と樹高を対応させた標準木データを用いて樹高曲線を作成し、その曲線による樹高推定の精度を検証しました。

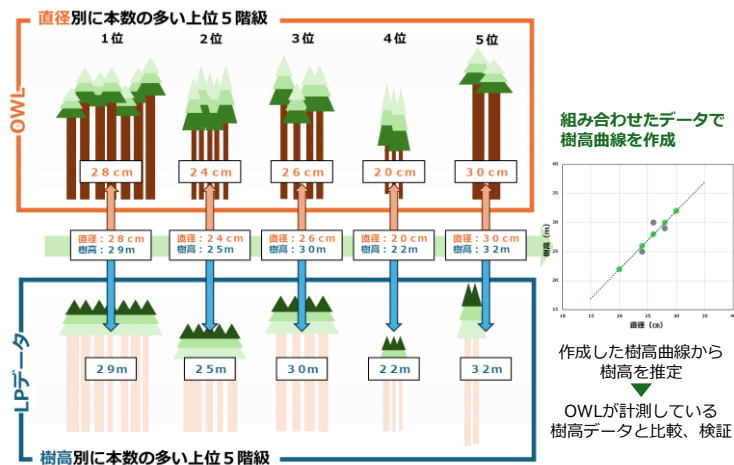
### (2) 調査地の概要

検証した調査地は、飛騨署管内の国有林16箇所に設定しました。調査対象は514本です。この内、比較したのは、OWLで計測できている樹高20m以下の250本を検証しました。

### (3) 検証方法(図6)

まず、OWLで計測したプロットを含むように、LPデータから樹高を取得する区域を設定します。次に、QGISとそのプラグインを使い、設定した区域のLPデータから、樹高と本数を抽出します。この際、LPデータは過去に取得されたデータであるため、計測年からの経過年数に応じ、収穫予想表を用いて樹高を補正し

ます。LPデータの樹高と、OWLで得られた直径について、それぞれ本数の多い順に並べ、上位5つの階級を抽出します。OWL計測で本数の多い直径階級は、LPデータでも本数の多い樹高階級であると仮定し、直径と樹高を1位同士、2位同士、という形で組み合わせます。図5を例にすると、1位の直径28cmは1位の樹高29mと組み合わせるといことです。この5組の組合せを標準木とし、樹高曲線を作成します。残りの直径階級は、作成した樹高曲線に直径を当てはめ、樹高を推定します。この推定した樹高の精度を検証するため、樹高実測値と比較します。

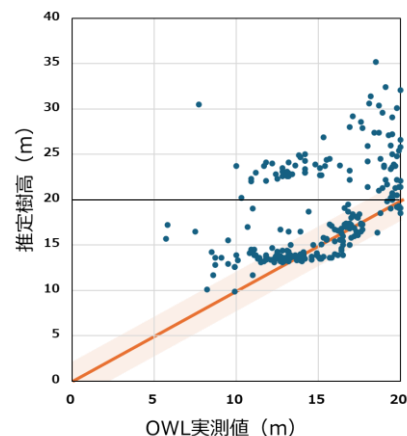


(図6: 樹高推定検証方法)

#### (4) 結果 (図7)

推定樹高が20m以下となった調査木では、約80%が誤差2mの範囲に収まり、推定した樹高の精度が比較的高いことが確認できました。一方、推定樹高20m以上について確認してみると、OWL実測値と大きくかい離しています。この結果は、樹頂点がOWLのレーザ到達範囲を超えた場合、樹高が正しく計測できておらず、OWLが高い木の樹高計測が苦手であることが再確認できました。

検証の結果、LPデータを活用した樹高推定は、2m程度の誤差で樹高の推定ができ、OWL計測精度が低下する樹高20m以上の林分でも比較的高い精度で樹高の推定が可能であることがわかりました。



(図7: 推定樹高の誤差)

### 3 まとめ

検証結果から、OWLとLPデータから比較的高い精度で胸高直径と樹高を推定でき、いままで計測不可、計測精度が低下するとされていた下層植生が繁茂している林分、樹高20m以上の林分でも、実用的な制度で調査が可能であると考えます。

今回の検証に当たり、検証した手法が利用しやすいよう、直径の推定・樹高の推定と材積計算までできるエクセルファイルを作成しました。この手法が妥当と認められ、OWLのアプリケーションに機能が追加されることで普及が進むと考えます。LPデータは、国有林・民有林ともに整備が進んでおり広域で利用可能です。

### 今後の課題と取組

今回の取組、また、現地の調査を重ねる中で新たな課題も確認できました。

下層植生については、今回対象とした下層植生は主に笹でしたが、灌木が繁茂している場合や複層林の場合は、上層も込み合っているため、レーザが遮断されやすいという問題があります。

樹高計測については、LPデータは、計測から15年以上経過したデータもあり、更新が必要ですまた、データの活用には、職員の知識・技術の習熟が求められます。

今後の取組として、計測実績を重ね、樹種や地域に応じた平均比率や材積計算を整備することで、精度の向上を図りたいと考えています。そして、今まで計測不可、計測精度が低下するとされていた林分を含め利用を進めたいと考えています。

# 林道業務におけるICT技術の活用について ～3D点群データを使用した測量業務の効率化を目指して～

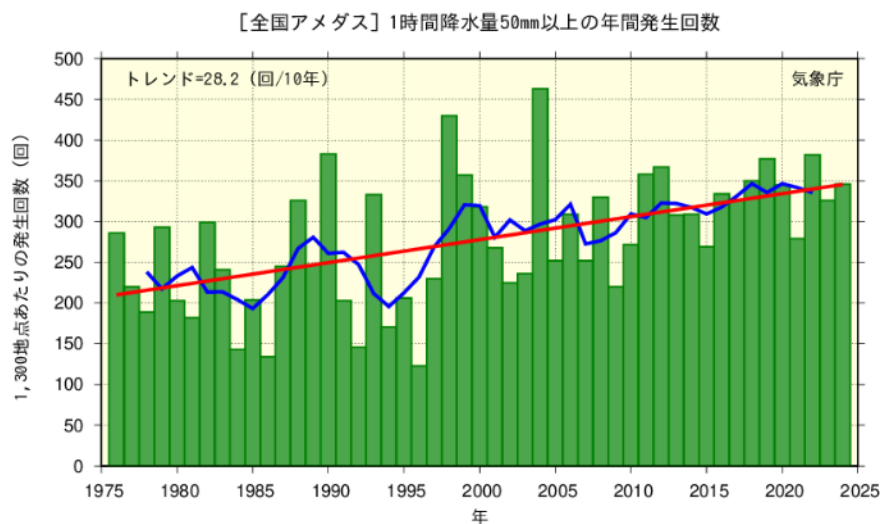
中部森林管理局 岐阜森林管理署 一般職員 ○柴田 隼輔  
株式会社マプリー 営業部 宮田 知幸

## 要旨

近年、地球温暖化などの影響により、豪雨災害が多発しており、岐阜森林管理署管内においても多くの被害を受けました。図1は気象庁より発表された1時間降水量が50mm以上の発生回数を表しており、大雨の発生回数が年々増加傾向にあると読み取ることができます。

したがって、林道被害が増えることが想定されることに伴い、現地調査の実施回数が増え、少人数の土木担当者だけでは対応が難しい現状にあるため、作業の効率化が必要ではないかと考えました。

そこで、作業の効率化を図る手段として、ICT技術を活用しようと考えました。令和6年度に中部森林管理局として、スマートフォンによるレーザスキャナや災害調査用のアプリケーションの活用を図るため、各森林管理署に配備された(株)マプリーで開発されたアプリケーション「mapry林業」がインストールされたスマートフォンと、提案のあった背負式LiDAR<sup>\*1</sup>機器「LA03」の2つを使い、これらで取得できる3D点群データを活用し、従来の測量と比較し作業効率の検証を行いました。



(図1：1時間降水量50mm以上の年間発生回数) [1]

## 機器の概要

### (1) mapry林業

林業や森林管理の調査業務を簡単に。

精度の高いデータ取得から野帳作成まで、森林整備に最適なツール。

iPhone内に内蔵されているiPhone LiDAR (測距距離約5m) を使用。

毎木調査(単木)、周囲測量、作業道計測の3つのモードから簡易に森林調査業務ができる。



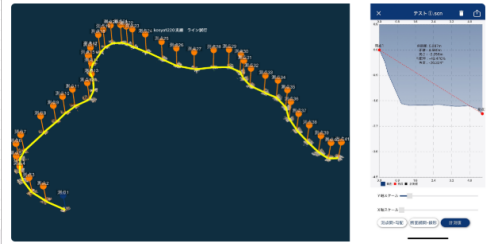
(図2：「計測・解析・管理」をシームレスにつなぐイメージ図) [2]



(図3：毎木調査 (ARプロット)) [2]



(図4：周囲測量) [2]



(図5：作業道計測) [2]

## (2) mapry LA03

毎木調査、地形測量が1台だけで全て完結する。

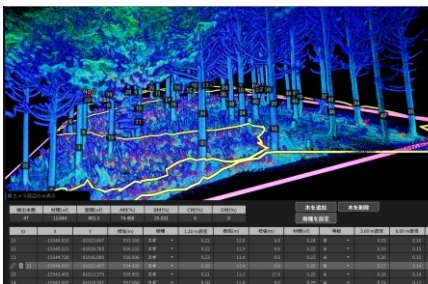
歩くだけで3次元点群データを計測できるため危険場所に踏み入らずに測量が可能 (測距距離40m)。

専用のmapryPC版では林業に特化した機能として点群解析ソフトをカスタマイズした自社開発品。

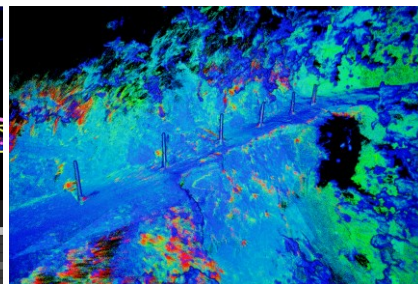
胸高直径、樹高、材積を容易に取得、専用のフィルタリング機能があり、DTM<sup>\*2</sup>データ、DSM<sup>\*3</sup>データが簡単に作成可能。



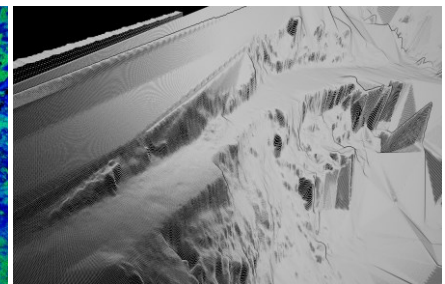
(写真1：LA03) [2]



(図6：プロット調査)



(図7：林道計測データ)



(図8：DTM (地表面) データ)

## 1 調査地及び調査方法

今回の調査箇所は、岐阜県<sup>げろ</sup>下呂市<sup>おさかちやう</sup>小坂町<sup>あかんた</sup>にある赤沼田国有林内の林道であり、比較的小規模の林道災害箇所を選定しました。被災内容としては、大雨によって路肩側の盛土のり面が崩壊を起こしたものです。延長は15m、崩壊した法面の高さは、5mほどです。

この調査箇所、従来のポール横断測量とスマートフォン、背負式LiDAR機器を使用して、時間、安全性、労力の3つの観点から比較します。なお、中心線の測量はあらかじめ落とした状態で測量を開始することとします。

### (1) 従来型横断測量 (ポール横断)

#### ア 現地調査

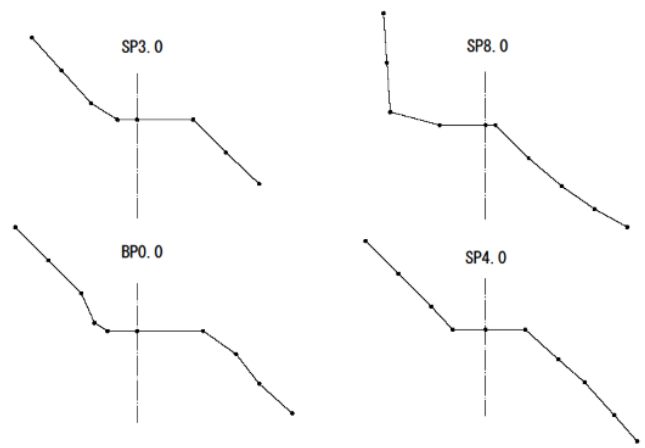
まず、従来のポール横断測量を行いました。測点ごとに崩壊地を上り下りする必要があるため、非常に負担が大きく、また、軟弱の崩壊地を歩く際に、転石などにより滑りやすくなることもあり、安全性の確保が取れず、時間を有してしまいました。また、野帳を書く人と、測量する人との間で、言い間違い、聞き間違い、書き間違いといったミスが起こりやすかったです (写真2)。

## イ 作図作業

作図作業について、現地作業で落とした数値をひとつずつ手入力で行います。入力を行う際に、現地作業で得られた測量数値の入力間違いが発生していないか注意しながら作図する必要があるため、作業に時間がかかりました（図9）。



（写真2：ポール横断測量の様子）



（図9：CADデータ）

## （2）スマートフォン（mapry林業）

### ア 現地調査

次に、スマートフォンでの測量を検証しました。林道全体と、崩壊地を縫うようにスキャンをしています。従来型測量よりも作業時間の削減はできるようになりましたが、安全性について、iPhoneの機能上、レーザの放射距離が5mと限られており、崩壊地でのスキャンの際にはある程度危険が伴いました（写真3）。

### イ 作図作業

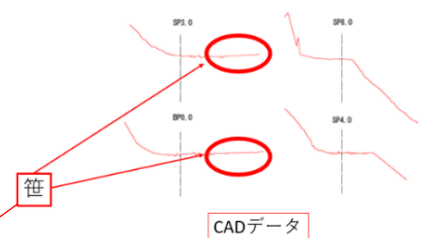
作図作業について、まず現地の林道をスキャンし点群データを得ました。得られた点群データからアプリケーション内で自動的に横断線の作成をします（図10）。点群データで映し出されたポール測点を確認しながら、横断線、中心線を作成していき、CADデータへと変換します。得られたCADデータが図11になります。多くの点群を取得することができるため、現地と同じような地表面を得ることができました。しかし、ササが繁茂していた影響で十分に得られなかった点群データについては、横断線の選定をするとき赤色の丸印のように実際の地表面とは違ったデータが出力されました。



（写真3：崩壊地内での測量状況）



（図10：点群データ及び横断線）



（図11：CADデータ）

### (3) 背負式LiDAR機器 (LA03)

#### ア 現地調査

最後に、背負式LiDAR機器 (LA03) での測量を検証しました。こちらは、レーザの照射距離がスマートフォンよりも広範囲なため、林道上を歩くだけで測量ができました。時間短縮とともに、労力の負担も軽減、安全性の向上にもつながりました (写真4)。

#### イ 作図作業

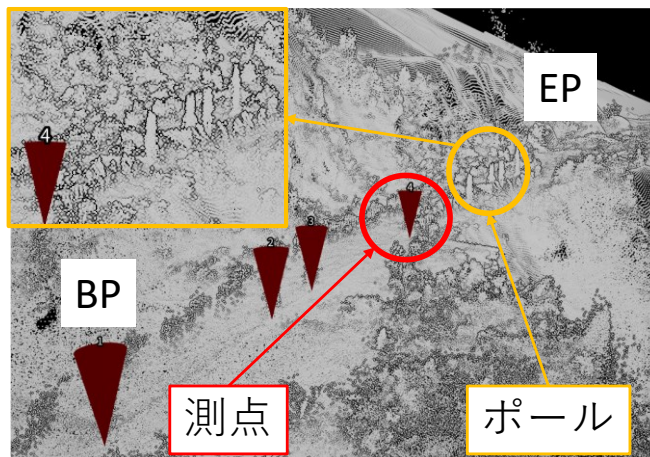
作図作業について、現地の林道をスキャンし、点群データを得ました。こちらは、スマートフォンのように、LiDAR機器でのデータ編集ができませんので、パソコンでの解析ソフトウェア (mapryPC) を利用して点群データから横断線の取得までを行っていきます。

#### ウ 解析ソフトでの作業内容

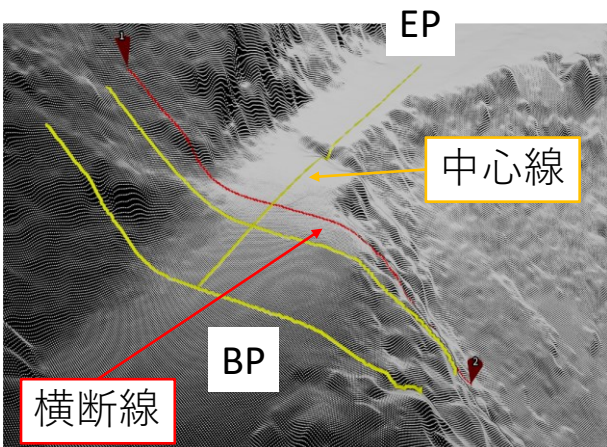
ここからは、解析ソフト (mapryPC) での作業を説明します。まず、得られた3D点群データをDTM化 (建物や樹木等の高さは含まない地表面データ化) します。DTM化したデータに、点群データにて映し出されたポールを目印に、測点を指定していきます (図12)。測点を打ち終わったら、測点に沿って横断線を中心線と直角になるよう指定していきます。この作業において、中心線に直角となるよう指定できる機能が備わっていないため、フリーハンドで横断線を描く必要があり、作図作業に時間と労力がかかりました (図13)。得られたCADデータが図14になります。スマートフォンよりも多くの点群データが取得できたため、より現地の地表面に近いデータを得ることができました。



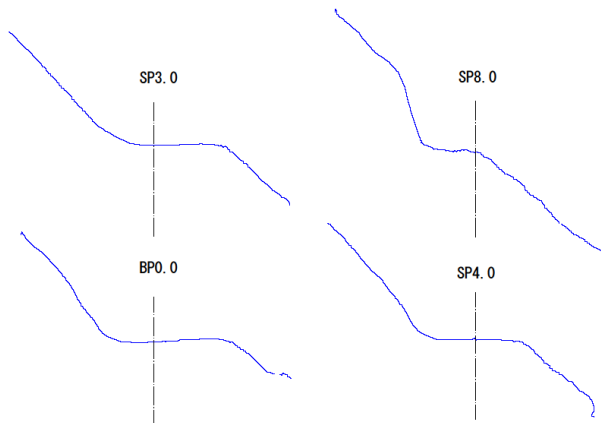
(写真4 : 林道上での測量状況)



(図12 : 中心線を点群データより落とす作業)



(写真13 : DTMデータから横断線を落とす作業)



(写真14 : CADデータ)

## 2 調査結果

以上、3つの測量を行い、3つの観点を比較した結果が右の表になります。LiDAR機器等を使用することにより、従来のポール測量と比べて時間の短縮と安全性の向上、労力の負担の軽減となることが分かりました。

また、横断線の作図の精度について比較したところ、従来型測量に比べて、点群データで得られた横断線については、より細かな地表面を取得しているため、変化点が多くなっておりますが、従来型の任意で決めた変化点と比べても、同じような横断線を取得することができましたので、点群データで得られた横断線も問題なく使用できると考えております。

(表1：結果比較)

### ・現地作業

|              | 従来型測量 | スマートフォン | 背負式LiDAR機器 |
|--------------|-------|---------|------------|
| 時間           | 60分   | 15分     | 5分         |
| 安全性<br>(危険度) | 大     | 中       | 小          |
| 労力<br>(負担)   | 大     | 中       | 小          |

### ・作図作業

|            | 従来型測量 | スマートフォン | 背負式LiDAR機器 |
|------------|-------|---------|------------|
| 時間         | 30分   | 10分     | 15分        |
| 労力<br>(負担) | 大     | 小       | 中          |

## 3 考察

結果を踏まえてそれぞれの測量の利点を生かした測量方法について提案します。

まず、ポール横断では、3D点群データでの取得が困難であるササや、枝条などが多くあるような箇所での測量が利点です。スマートフォンでは、手軽に持ち運びができることを生かし、現地で測量結果の確認と復旧計画の検討を行えることが利点です。背負式LiDAR機器では、安全かつ時間の短縮に優れているため、1日で多くの林道を調査でき、点群データをもとに、さまざまな修正ができることが利点です。

## 4 結論

今回の検証を行い、LiDAR機器等の活用によって測量業務の効率化を図ることが可能になったと分かりました。災害が起きた際にこの機器等を使い迅速に対応できるようにするためにも、普段の通常業務や監督業務の際に、積極的に活用していき、LiDAR機器の熟練度を高めることが重要であると考えます。また、今回使用したLiDAR機器等については、さらなる作業効率の向上ができることを考えるため、検証で得られた結果をもとに、提案していきたいと考えております。

## 参考文献等一覧

- [1] 気象庁HP 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化(2026年2月17日閲覧) [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html) [引用]
- [2] 株式会社マプリーHP <https://mapry.co.jp/> [参考]

\*1 LiDAR(Light Detection And Ranging)：照射したレーザー光の反射から距離を測定し、DTMデータ、DSMデータ等を作成する技術。

\*2 DTM (Digital Terrain Model)：数値地表モデル。地表面の標高からなる3次元データのことで、建物や樹木等の高さは含まない。

\*3 DSM (Digital Surface Model)：数値表層モデル。地表面とそこにある地物表面の標高からなる3次元データのことで、建物や樹木等の高さを含む。

# 航空レーザ計測とドローンSfM\*1の組み合わせによる 森林資源データ等の取得方法の検討

中部森林管理局 計画保全部 治山課 国有林治山係長 ○城倉 恵介  
総務企画部 企画調整課 課長 ○遠藤 歩

## 要旨

デジタル技術は日々進歩しており、技術や手法が多く存在する中、当局管内でもドローンや航空レーザデータ等のICT機器やデータ整備が進んでいますが、これらの機器やデータが比較的単純な作業のみの活用にとどまっており、森林調査に有効的に活用されているとは言えない実態となっています。

職場内では無数にある情報や手法に対して、適切な作業方法の選択に困惑する場面も多いことから、職員がICT技術の活用に対し前向きに取り組めるよう、ドローン自動操縦による計測から当該データのQGIS\*2による解析方法までの一連の流れについて整理することにしました。

## 1 はじめに

当局の主力となるデジタル技術として、機動的なデータ取得が可能なドローンが全署配備済みであることと、航空レーザ計測による数値標高モデル (DEM\*3) が当局管内の国有林約99%の面積において整備済みであることが挙げられます。そこで、これら2つの技術の組合せによる森林情報取得の手法の整理をすることとしました。

## 2 調査地及び調査手法

### (1) 調査地の選定について

本調査地は、東信森林管理署管内の立科<sup>たてしな</sup>国有林111い林小班で行いました。調査地の選定理由は、現地は60年生のカラマツ林 (10.81ha) が広がっていること、過去に収穫調査やUAVレーザ計測、航空レーザ計測が実施されていたことにより、本調査結果と比較検討が可能であると判断したためです。

### (2) 調査の準備及び手順

#### ア 準備

本調査で使用するドローンは、機動性は高いものの、標高値に誤差が出やすいため標高基準を設ける必要がありました。そこで、調査地内に対空標識を3か所設置しました (実際の山林での調査を想定し、作業効率の観点から、林道脇のみに設置したため、3か所としました)。また、対空標識の標高値及び座標をGNSS\*4機器により計測しました。標高値を事前収集し標高誤差の修正に用います (写真1、2)。

#### イ 手順 (ドローン)

ドローンの自動操縦機能により連続写真撮影を実施します。オーバーラップ率90%、サイドラップ率60%で撮影することとし、操縦器の内蔵アプリケーションにより、飛行経路等を設定しました。その後、必要な高度設定の上、自動操縦により調査地の撮影を行いました。



(写真1：使用したドローン (EVO II v3))



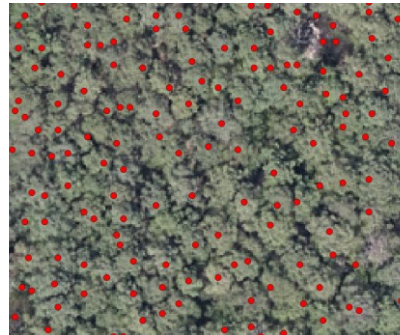
(写真2：GNSS機器と対空標識)

### ウ 手順（オルソ化\*<sup>5</sup>ソフト）

オルソ化ソフトにより数値表層モデル（DSM\*<sup>6</sup>）の作成を行います。現地の対空標識で取得した標高値及び座標を基に、画像上の標高値及び座標を補正することで、精度の向上を図りました。

### エ QGISによる解析

ドローンにより取得したDSMデータをQGISにより解析を行います。事前に調査地の航空レーザデータを入手し、QGISの機能である「ラスタ計算機」により、表面（樹冠）の高さから地面の高さを差し引いたデータ（DCHM\*<sup>7</sup>）を作成。作成したデータをQGISのプラグイン「Tree Density Calculator\*<sup>8</sup>」を使用し、樹頂点の抽出を行いました（写真3、4）。



（写真3：単木への樹頂点抽出）



（写真4：広葉樹等への過度に出る樹頂点）

### オ 各調査との比較検討

取得したデータや収穫調査復命書、各調査データを収集・整理を行い比較検討し分析を行います。なお、本調査地には広葉樹や枯損木も混じっていたことから、針葉樹のみで単純比較するため、航空写真により事前に区分けを行い、広葉樹・枯損木の情報を除去しています。

（※具体的な調査手順については【[参考1](#)】を参照してください。）

## 3 調査結果とその分析

### （1）他の調査との調査結果の比較

今回の調査のほか、2（1）で示した過去の調査との結果を比較した表が、表1となります。この際、航空写真から目視により1点1点ポイントを落としましたものを、比較対象として用意しました。

#### ア 本数についての考察

収穫調査によるもの、ドローンによるもの及び航空レーザ計測によるものは、目視によるものと比較し、それぞれ、約300本、約800本及び約600本の差となりました。また、UAVレーザによるものは同約3,000本差が生じています。

UAVレーザによるものの抽出本数が多いことについては、樹木1本に対して無数の点を抽出したことにより多くポイントが抽出されたと推察しました。

#### イ 樹高についての考察

ドローンによるもの以外の3つの調査方法については、樹高値が20数mに固まっており、信頼度が高いものと言えます。他方、ドローンについては42mと、他の倍近い値となってしまいました。ドローンはもともと高さ方向の計測に弱いという性質があることから、他の調査よりも大きく飛び抜けたデータとして表れたものと推定します。

（表1：調査結果の比較）

| 調査方法         | 調査日    | 自動抽出値<br>(本) | 広葉樹等<br>(本) | 差分本数<br>(本) | 本数比較<br>(対目視) | 平均樹高<br>(m) |
|--------------|--------|--------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| ドローン         | R7年12月 | 5,675        | 1,036       | 4,639       | +823          | 42.6        |
| 航空<br>レーザ計測  | R7年8月  | 5,684        | 1,224       | 4,460       | +644          | 23.6        |
| UAVレーザ<br>測量 | R7年2月  | 8,097        | 1,195       | 6,902       | +3,086        | 20.7        |
| 収穫調査<br>復命書  | R4年9月  | 5,329        | 1,210       | 4,119       | +303          | 24.9        |
| 目視<br>(航空写真) | R7年8月  | 3,816        | —           | 3,816       | 0             | —           |

## (2) 比較を踏まえた考察

3 (1) の比較から、メリット・デメリットを表2のとおりまとめました。

この表のとおり、それぞれの調査方法に長短があり、精度の高い調査を実施するためには、一つの調査方法に頼ることは困難であると考えます。

## (3) 調査手法の改善提案

表1の調査結果により本数の差が少ないドローンと航空レーザ計測について、表2、表3のとおりメリット・デメリットを比較したところ、ドローンでは高さの弱みに対し、航空レーザ計測では高さを抽出することができること、航空レーザ計測では最新情報への更新に時間を要するに対し、ドローンでは最新の森林情報が取得可能であることから、双方の長所と短所を補えるのではないかと考えました。そこで、ドローンによる調査と航空レーザ計測による調査を組合せ、双方のデメリットをメリットで補う手法を検討することとしました。

(表2：各調査方法のメリット・デメリット)

| 調査方法     | メリット                           | ・デメリット                                   |
|----------|--------------------------------|--|
| ドローン     | ・小範囲のデータ取得が可能<br>・最新の情報を取得しやすい | ・広範囲を計測出来ない(10ha程度)<br>・計測時間に制限がある       |
| 航空レーザ計測  | ・広範囲のデータ取得が可能<br>・細かいデータの取得が可能 | ・データ取得に時間が必要<br>・データ更新に時間が必要<br>・高額費用が必要 |
| UAVレーザ測量 | ・小～中範囲のデータ取得可能<br>・離陸ポイントを選べる  | ・データ取得に時間がかかる<br>・計測会社が限られる<br>・高額費用が必要  |
| 収穫調査復命書  | ・毎木調査によりデータ取得<br>・調査時期を選べる     | ・現地調査に時間がかかる<br>・調査内容に差が出やすい             |
| 目視       | ・目視調査可能                        | ・時間と手間がかかる(本調査地概ね3時間)<br>・繁茂箇所は判読しにくい    |

(表3：ドローンと航空レーザ計測との対比)

| ドローン   | 航空レーザ計測  |
|--|--|
| <b>メリット</b><br>・少数で現地調査が可能<br>・持ち運びが簡易<br>・ <u>現地の最新情報の取得が可能</u>   | <b>メリット</b><br>・簡易に樹頂点抽出が可能<br>・ <u>樹木の高さ抽出も可能</u><br>・航空写真により森林状態を把握              |
| <b>デメリット</b><br>・計測環境に左右される<br>・高さに弱みがある<br>・飛行時間の制限<br>・飛行範囲も限られる | <b>デメリット</b><br>・ <u>データ更新時期に時間がかかる</u><br>・ <u>莫大な費用がかかる</u><br>・ <u>処理時間がかかる</u> |

### 【改良案】

- 事前準備として現地調査前にQGISを使用し航空レーザ計測データ及び航空写真により、調査地の単木の有無や広葉樹帯・枯損木帯のフィールドの整理を実施します。併せて、樹木本数と平均樹高の抽出を行い、調査地がわかるフィールドの整理を行います。
- 現地調査ではドローンによる現地調査を実施し、最新の森林情報の取得を行います。調査時には対空標識を設置し標高誤差を少なくします。
- 現地調査(プロット調査)において、ビッターリッヒ法<sup>\*9</sup>による胸高断面積合計から、1本あたりの平均材積を抽出します。(※ビッターリッヒ法の計算式等は【参考2】を参照してください。)
- 事前準備で整理したフィールドに現地調査で取得したDSMデータ、航空レーザ計測データのDEMを入力し、QGISのツールによりDCHMを作成し、QGISのプラグインにより樹頂点の抽出を行います。
- 抽出したデータを、①で事前準備したデータと比較し平均樹高と本数を確定させます。併せて、③により1本あたりの平均材積を確定した平均樹高及び本数により全体の材積を抽出します。

ドローンと航空レーザ計測データでの森林資源データ取得(改良案)

事前準備(QGIS)

- ① 調査地がわかるフィールドの整理(航空写真等)
- ② 航空レーザ計測データにより樹木本数を抽出
- ③ **平均的な樹高の把握**

現地調査(ドローン)

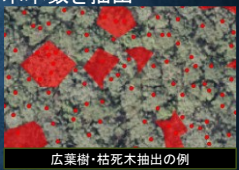
- ④ 上空から情報収集
- ⑤ **最新の本数情報等**を取得

現地調査(プロット調査)

- ⑥ ビッターリッヒ法による胸高断面積合計から、一本当たりの材積を抽出

室内(QGIS)

- ⑦ QGISのフィールドに現地情報を合わせ整理する



広葉樹・枯死木抽出の例

(図1：改良案の作業の流れ)

以上の手法により、森林資源量の簡易的な把握ができるものと考えます。

#### 4 まとめ（今後の課題）

今回の調査では、ドローンの弱点である高さに欠点が出てしまったことから、高さの補正方法について検討する必要があると考えます。また、航空レーザ計測も更新のスパンが長いことから小範囲での計測や安易に調査ができる方法を検討していきたいと考えます。

また、今後のICT技術の更なる活用に向けては、現場での使用頻度が多いドローンについて、応用技術を持った操縦者の育成が必要であると考えます。また、QGISを使用できる技術者の更なる育成のほか、発展著しいAI技術を広葉樹の樹冠解析などに応用できないか検討の余地があると考えます。

今後は、本調査方法をマニュアル化するとともに、後世に手法を伝えていきたいです。

#### ==【参考1】本調査の具体的な調査手順==

##### (1) ドローンによるデータ取得

###### ア 連続写真の撮影

ドローン操縦器に内蔵されているアプリ（Autel Explorer）により、自動飛行経路を設定の上、連続写真撮影を実施。この際、解析精度の向上を図るため、対空標識を設置。

###### (ア) 自動飛行の設定

内蔵アプリケーションにより設定。（オーバーラップ率：90%、サイドラップ率60%。）

###### (イ) 対空標識の設置

高度誤差を抑えることを目的に設置。（A3サイズで用意。3か所設置。）

###### (ウ) 対空標識の座標情報の取得

ハンディタイプのGNSS機器で、高度、緯度、及び経度を取得。

###### (エ) 自動飛行の開始

適宜の区域に分け、飛行。（目視内飛行の範囲で設定。150m未満で飛行。）

##### イ 連続写真のオルソ化ソフトによる解析

アで撮影した連続写真を、オルソ化ソフトにより解析し、DSM（及びオルソ画像）を取得。

###### (ア) 画像のアライメント

単写真に付与された位置情報を基に、写真を整列。

（タイポイント400,000、キーポイント400,000で設定。）

###### (イ) 対空標識への座標付与

対空標識が移っている写真にマーカーを落とし、手作業で位置を調整。

（調整後、マーカーに、GNSS機器で測定した経度・緯度・高度情報を付与。）

###### (ウ) カメラ座標の削除、カメラ位置の最適化

対空標識の位置情報を信頼し、ドローンで取得したカメラ位置情報を削除。その上で、写真の再アライメント（再配置）を実施。

###### (エ) 高密度点群の生成、メッシュの構築

再配置後の写真から、位置情報をもつ点群を取得し、その点群をメッシュでつなぎ、3次元モデルを構築し、DSMを取得。

## ウ DSM取得作業時における留意点

後述のQGISでの解析に適したデータとするため、以下の点に留意する必要。

### (ア) 画像のアライメント時

タイポイント、キーポイントには、上限を設定。

(※設定しないと、解析に時間がかかる)

### (イ) 対空標識への座標付与時

経度・緯度を平面直角座標系に変換する際、変換誤りに注意。

### (ウ) カメラ座標の削除時

座標は削除しても、カメラ角度（ヨー、ピッチ、ロール）は削除しない。

(※解析に異様に時間がかかるほか、DSMの向きが不正確になる場合がある。)

### (エ) DSMの構築時

ピクセルサイズを、後述するQGISのプラグインの設定と、整合がとれたものとする。

(今回は0.5m/ピクセルで設定。)

## (2) QGISによる解析

### ア ラスタ計算機によるDHCMの作成

QGISの「ラスタ計算機」という機能を使い、(1)で取得したDSMデータと、航空レーザ計測由来のDEMデータとの差分をとることで、DCHMデータを作成。

### イ プラグインツールによる、樹頂点の抽出

QGISのプラグインツール「Tree Density Calculator」(ツリー・デンシティー・キャルクレーター)を用いて、アで作成したDCHMから、樹頂点を抽出。

#### 【「Tree Density Calculator」の設定のポイント】

##### ① Sliding window size

樹冠サイズ、植栽感覚の目安に0.5などラスタの解像度刻みで設定する。

本調査では「1.5」に設定。

##### ② Snap distance in meters, max half of sliding window size

①の半分の値で設定する。窓内に同じピクセル値があった場合に樹頂点が複数抽出されないよう設定しておくもの。スナップ距離内に複数の樹頂点が抽出された場合に中間に統合する。

本調査では「0.75」に設定。

### ウ 目視による、広葉樹等の除外

イにより抽出した樹頂点は、針葉樹については1本につき1点が抽出されるが、広葉樹や枯れ木については、1本につき複数点が抽出された。そのため、航空写真を基に、目視によるポリゴン区分けで、広葉樹等を除外。

### エ 樹頂点ポイントへの高さ情報の付与

抽出した樹頂点に、QGIS内のプロセッシングツール「ベクタレイヤにラスタ値を付加」を用いて、高さ情報を付与。

## (3) 使用した機材等

- ・ドローン：EVO II v3
- ・対空標識：X型 (28.5cm×28.5cm)
- ・QGIS：ver3.22.9

== 【参考2】ビッターリッヒ法を行う場合の、プロット数及び胸高断面積合計[1] ==

(1) プロット数

$$n = (t \cdot c / E)^2$$

n = 標本点数

t = 信頼度係数 (信頼度を95%とすると t ≈ 2)

c = 変動係数 (林相が均一な人工林は約 20%～中庸な人工林は約40%～不均一な人工林は約60%)

E = 推定誤差 (10%以内)

(t=2、c=20%、E=10%とすると、n=16)

(2) 胸高断面積合計

$$B = n \times K$$

B = 胸高断面積合計 (m<sup>2</sup>/ha)

n = カウント本数

K = 断面積定数

(K = 2500 × (スリットの幅 / スリットまでの長さ)<sup>2</sup>)

(50cm先にある幅 2 cmのスリットを用いると K = 4)

資料文献

[1] 昭和33年9月25日付 長利第746号「中部森林管理局収穫調査規程」(最終改正令和5年3月24日付 4  
中資第158号) [引用]

\*1 SfM (Structure from Motion) : 複数視点の画像から3次元データを復元する手法。

\*2 QGIS : 無償で利用可能なGIS (Geographic Information System : 地理情報システム) ソフト。

\*3 DEM (Digital Elevation Model) : 数値標高モデル。地表面の標高からなる3次元データのこと、建物や樹木等の高さは含まない。

\*4 GNSS (Global Navigation Satellite System) : 人工衛星を利用して地上の現在位置を計測するためのシステム。

\*5 オルソ化 : 写真上の像の位置ズレをなくし、空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に正射変換すること。

\*6 DSM (Digital Surface Model) : 数値表層モデル。地表面とその上にある地物表面の標高からなる3次元データのこと、建物や樹木等の高さを含む。

\*7 DCHM (Digital Canopy Height Model) : 樹冠高モデル。DSMとDEMの差分から得られる地物(ここでは樹冠)の標高からなる3次元データ。

\*8 Tree Density Calculator : ラスタを一定の大きさの窓で走査し、中心のピクセル値が窓内で最大だった場合、その中心を樹頂点として抽出するプラグイン。

\*9 ビッターリッヒ法 : 専用の視準器等を用いて周囲の立木を観察し、単位面積当たりの胸高断面積合計を調べる手法。

# 林野庁統一課題への取組 ～超緩効性肥料を用いたエリートツリー等コンテナ苗の活用～

中部森林管理局 森林技術・支援センター 一般職員 ○川俣 建太  
森林技術普及専門官 田口 康宏

## 要旨

林野庁統一課題として令和7年度から試験を開始した「超緩効性肥料<sup>\*1</sup>を用いたエリートツリー<sup>\*2</sup>等コンテナ苗<sup>\*3</sup>の活用」に関する取組について報告します。本課題は再生林の省力化・低コスト化を目的として、岐阜県高山市に位置するマツ谷<sup>だに</sup>国有林に試験地を設定し、①超緩効性肥料を施肥した特定母樹<sup>\*4</sup>由来の苗（以下「特定苗<sup>\*4</sup>」という。）、②超緩効性肥料を施肥しない特定苗、③普通苗の3種類のスギコンテナ苗を用いた比較試験を開始しました。初年度の結果として活着率は98%と高く、苗木の活着は良好でしたが、現時点で明確な成長差はみられませんでした。今後は1年ごとに成長量の調査および下刈の要否を判断することで、超緩効性肥料の成長促進効果、エリートツリー等コンテナ苗の植栽適地および下刈の省力化効果を検証し、5年後の実用化を目指します。

## はじめに

令和5年12月に、新たな「国有林野の管理経営に関する基本計画<sup>\*5</sup>」が策定されました[1]。これを踏まえ、森林・林業施策全体の推進への貢献を目指すうえで早急な実用化を要するなど、特に重要であると考えられる課題が、国有林全体で取り組む「統一課題」として林野庁により設定されました。具体的には、林業収支のプラス転換を可能にする「新しい林業」の実現に向け、効率的な施業の推進および民有林関係者への普及の2点を念頭に置き、設定されたテーマが「超緩効性肥料を用いたエリートツリー等コンテナ苗の活用」です。

国有林の造林事業では、造林作業の省力化と低コスト化に向けた様々な取組が行われています[2]。エリートツリー等コンテナ苗はその成長の速さから、下刈回数の縮減による造林作業の省力化、低コスト化が期待されており、今後供給体制が整備されていくものと考えられます。一方、エリートツリーの成長の過程でその能力を十分に発揮するためには、土壌や微地形等が影響するとの調査結果もあり[3]、これらを踏まえた実用化に向けた調査が必要です。また、エリートツリー等コンテナ苗が良好に成長するためには、成長初期に十分な栄養分が必要であると想定されます。渡邊ら[4]は、従来のヒノキコンテナ苗に超緩効性肥料<sup>ちとこえ</sup>を元肥<sup>\*6</sup>として用いることで、下刈年数の短縮につながる可能性を示しました。エリートツリー等コンテナ苗においても、超緩効性肥料を利用することでこの問題を解決できる可能性があります。

そこで本統一課題では、エリートツリー等コンテナ苗の成長過程における、超緩効性肥料の成長促進効果および植栽適地を検証するとともに、5年後の実用化を目指し、再生林の省力化・低コスト化の可能性を探ることを目的としています(写真1)。



(写真1：植栽をする職員(左上)、スギコンテナ苗(左下)、ドローンで撮影した植栽参加者の集合写真(右))

## 1 試験地設定

### (1) 概要

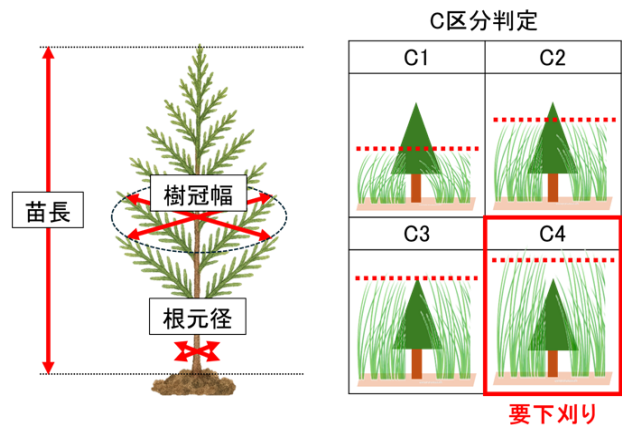
試験期間は令和7年度から令和11年度までの5年間です。試験地は、飛騨森林管理署管内のマツ谷国有林（岐阜県高山市清見町<sup>きよみちやう</sup>）に設定しました（写真2）。標高は1,050mです。



(写真2：マツ谷国有林)

### (2) 調査項目

苗木の生育状況を評価するために、苗木の活着率(生存率)、苗長、根元径、樹幹幅を測定します（図1左）。根元径と樹幹幅については2方向で測定し、その平均を求めます。これらの項目は年1回、成長期を過ぎた秋以降に測定します。また、下刈の要否を判断するため、雑草木の種類、高さおよび植栽木との競合状態を調査します。植栽木と雑草木の競合状態はC区分判定により判断します。C区分判定とは植栽木に対する雑草木の高さを4段階(C1, 植栽木の樹冠が雑草木から半分以上露出; C2, 植栽木の梢端が周辺の雑草木から露出; C3, 植栽木と雑草木の梢端が同じ高さ; C4, 植栽木の樹冠が雑草木に完全に被覆)に分け、下刈の要否を判断する方法です（図1右）[5]。



(図1：測定項目およびC区分判定のイメージ)

### (3) 供試材料

本試験では、3種類のスギコンテナ苗（①超緩効性肥料を施肥した特定苗、②特定苗、③普通苗）を使用します（表1、写真3）。

これらの苗木はすべて岐阜県下呂市で生産されたものであり、苗齢は1年、苗長は35cm以上、コンテナ容量は150ccです。使用した超緩効性肥料はハイコントロール650(N16-P5-K10)という製品の溶出日数700日タイプで、培土1Lにつき10gの割合で施肥されています。

(表1：使用したスギコンテナ苗)

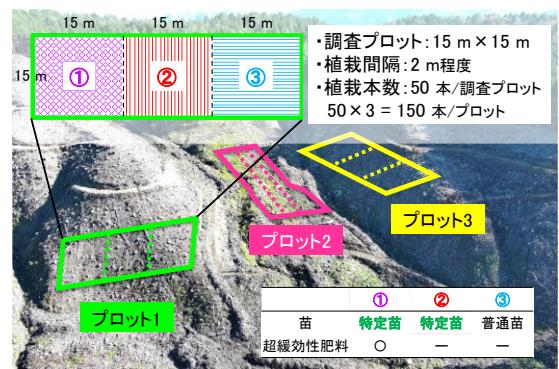
|        | ①   | ②   | ③   |
|--------|-----|-----|-----|
| 苗木     | 特定苗 | 特定苗 | 普通苗 |
| 超緩効性肥料 | ○   | —   | —   |



(写真3：エリートツリー等コンテナ苗)

### (4) 調査プロット

図2に示すように、試験地内に3か所のプロットを設定しました。1つのプロットは3つの調査プロットで構成されています。各調査プロットは基本的に一辺が15mの正方形であり、斜面に向かって左から①超緩効性肥料を施肥した特定苗、②特定苗、③普通苗を植栽しました。苗木は調査プロット内に植栽間隔2m程度で50本ずつ、合計150本を植栽しました。試験地内の3つのプロットには合計450本のスギコンテナ苗を植栽しました。なお、プロット2においては土壌が均質ではなかったため、同じ面積となるよう縦に細いプロットとしました。



(図2：試験地内の調査プロット)

## 2 取組の経過

本統一課題は共同研究機関である岐阜県森林研究所をはじめ、中部局や近隣の署の協力を得ながら取り組んできました（図3）。

令和6年度は候補地の選定、関係者への協力依頼、現地検討会、試験地設定等を行いました。

令和7年度に入り、4月に地拵<sup>じごしらえ</sup>を行いました。5月には岐阜県森林研究所にご協力をいただき、土壌調査を実施しました。7月には防護柵の製造元企業の方から技術指導を受け、センター職員で防護柵を設置しました。令和7年9月2日に苗木の植栽を行いました。その後、各苗木にナンバータグをつけ個体の識別を行い、初期調査を実施しました。なお、植栽から1か月後に苗木の活着状況を確認し、未活着であった個体については補植を行いました。そして成長期の過ぎた11月に期末調査を実施しました。

### 取り組みの経過



(図3：本統一課題への取り組みの経過)

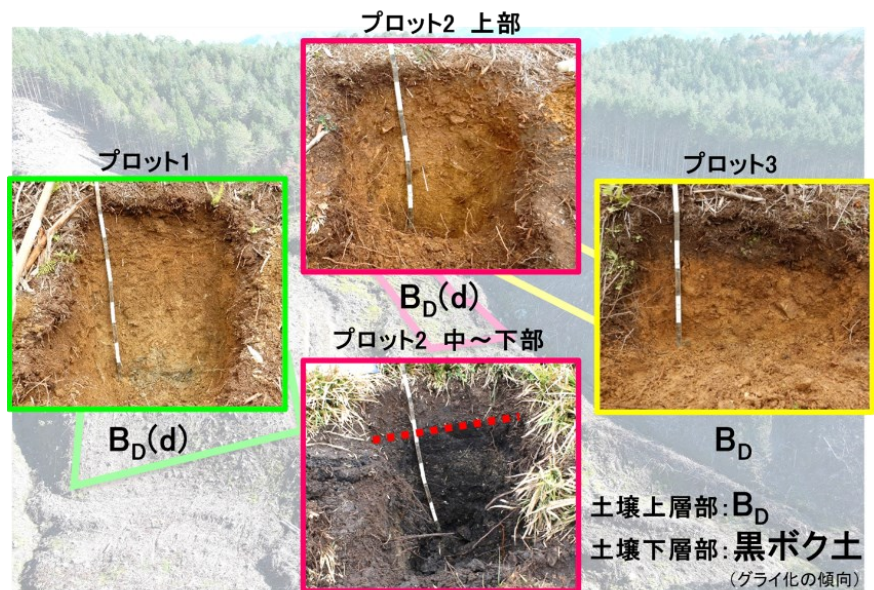
## 3 結果・考察

### (1) 土壌調査

試験地内のプロット4か所の土壌調査を行いました（図4）。プロット1およびプロット3については1か所ずつ、プロット2についてはプロット内の土壌が均質ではなかったため2か所を調査しました。その結果プロット1およびプロット2斜面上部の土壌型はB<sub>D</sub>(d)、プロット3の土壌型はB<sub>D</sub>でした。また、プロット2の斜面中部から下部にかけては土壌の上層の土壌型がB<sub>D</sub>、下層がグライ化の傾向がある黒ボク土でした。

### (2) 苗木の活着率

植栽から1か月後の時点で試験地内に植栽した苗木450本中442本が正常に生育しており、活着率は98%と非常に高い値となりました。試験地全体で苗木の定着が良好であったと評価できます。なお、未活着苗については補植を行い、各調査プロット内の苗木の数は50本ずつに揃えました。



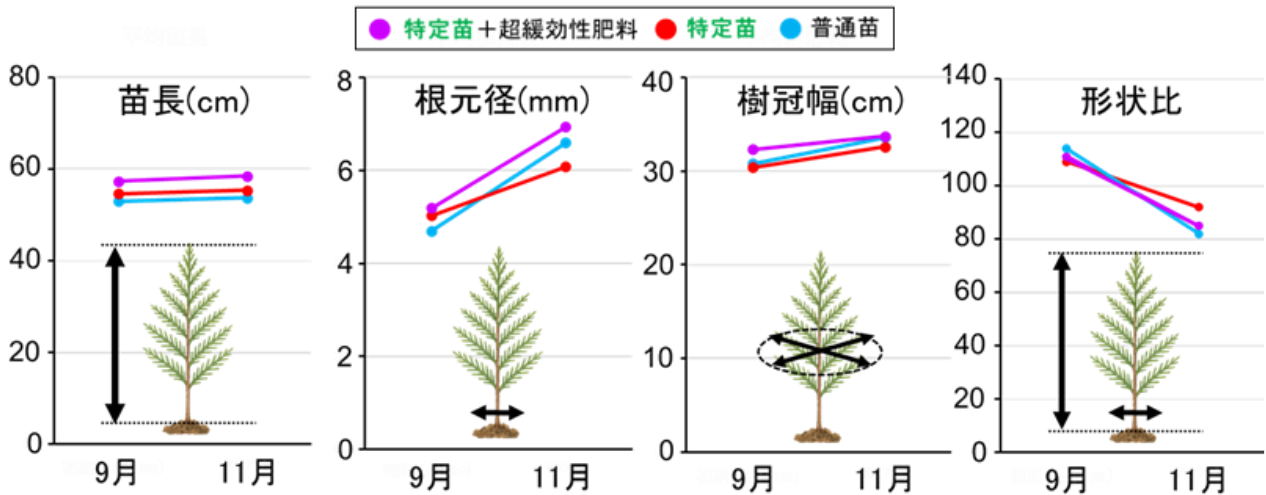
(図4：各プロットの土壌型)

### (3) 苗木の成長

図5に植栽から2か月間のスギコンテナ苗の苗長、根元径、樹幹幅、形状比<sup>\*7</sup>の推移を示しました。

苗長は1～2cm、根元径は1～2mm、樹冠幅は2～3cmほど増加しており、わずかではありますが成長が見られました。しかし、苗木の種類や超緩効性肥料による成長差はあまり見られませんでした。令和8年春以降、順調に成長すれば苗木間の差が見られると考えられます。

形状比は、9月の植栽直後は110ほどでしたが2か月で80～90まで低下しており、いずれの苗木も安定した形状に推移していることがわかります。今後も形状比は小さくなり、やがて安定すると考えられます。



(図5：スギコンテナ苗の苗長、根元径、樹幹幅、形状比の推移)

### 4 今後の展望

試験地は寒冷地であるため、冬季の積雪による苗木や防護柵への影響が懸念されます。また、下刈に影響する下層植生の変化にも注目していく必要があります。今後、苗木の成長過程における超緩効性肥料の成長促進効果を検証するとともに、各調査プロット間での環境条件の違いが成長に与える影響を分析することで植栽適地が明らかになるなど、3種類の苗木の成長に差が見られ、本試験地での調査結果が5年後の実用化につながることを期待し、引き続き本課題に取り組んでいきます。

### おわりに

中部森林管理局の広報誌「中部の森林」においても本取組の様子が取り上げられていますので、こちらをご覧ください(図6)。

また、共同研究機関である岐阜県森林研究所をはじめ、本統一課題に取り組むにあたりご協力くださった中部森林管理局技術普及課の皆様、飛騨森林管理署・岐阜森林管理署の皆様へ感謝申し上げます。



センターの取り組み

苗木生産:住友林業

(図6：中部の森林(もり) 2025年11月号(左)、2026年1月号(右))

[https://www.rinya.maff.go.jp/chubu/koho/koho\\_si/index.html](https://www.rinya.maff.go.jp/chubu/koho/koho_si/index.html)

## 資料文献一覧

- [1] 林野庁HP (2025) (2026年2月17日閲覧) [https://www.rinya.maff.go.jp/j/kokuyu\\_rinya/kanri\\_keiei/kihon\\_keikaku.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kokuyu_rinya/kanri_keiei/kihon_keikaku.html) [出典]
- [2] 林野庁 (2025) 令和6年度 森林・林業白書 (2026年2月17日閲覧) <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r6hakusyo/attach/pdf/zenbun-54.pdf> [引用]
- [3] 森林総合研究所 (2023) エリートツリーを活かす育苗と育林、施業モデル [参考]
- [4] 渡邊仁志、茂木靖和、三村晴彦、千村知博 (2021) ヒノキ実生コンテナ苗の4年間の成長と下刈年数短縮の可能性. 日林誌103: p232-236. [参考]
- [5] 山川博美、重永英年、荒木眞岳、野宮治人 (2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日林誌98: p241-246. [引用]

---

\*1 超緩効性肥料：緩効性肥料（溶出期間は通常1年以下）よりもさらに溶出期間の長い肥料。

\*2 エリートツリー：成長や材質等の形質が良い精英樹同士の人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長等がより優れた精英樹。

\*3 コンテナ苗：マルチキャビティコンテナ(複数の育成孔がある栽培容器)で育成された苗。植栽適期が広い、専用器具の使用により植栽が容易、植栽効率が良い等のメリットがある。

\*4 特定苗：特定母樹由来の苗木。特定母樹とは、農林水産大臣により指定される、特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたもの。エリートツリーと比べてより厳しい指定基準がある。

\*5 国有林野の管理経営に関する基本計画：国有林野の管理経営に関する基本方針等を明らかにするため、国有林野の管理経営に関する法律第4条に基づき、農林水産大臣が5年ごとに定める10年を1期とする計画。

\*6 元肥：植物の植え付け前に土壌へあらかじめ混ぜ込んでおく肥料。

\*7 形状比：通常は樹高を胸高直径で除した値のことで、樹高成長に対する胸高直径の太さ（形状比の低さ）で風雪等への耐性を評価できる。ここでは苗木を評価するため、苗高を根本直径で除した値である「比較苗高」を指して形状比とする。

# ヒノキ天然稚樹の育成過程における密度推移について

中部森林管理局 愛知森林管理事務所 森林整備官 ○堤 隆博  
一般職員 ○土居 毅郎

## 要旨

本試験は昭和54（1979）年の試験地設定以降、除伐・間伐等の保育施業を行わず自然の推移に委ね、その状況について調査を行ってきた。前回の調査（2012年）から10年余が経過したことから、その調査結果について報告する。

## はじめに

段戸国有林はスギを主体とする三河林業施業地帯において、ヒノキを中心に植林が進められてきた特徴を持つ、愛知森林管理事務所管内では最も大きな団地である。

なかでも一定の条件に該当する箇所においては多数の天然性ヒノキが確認されており、それらを旧新城営林署時代に「人工仕立て木曾ヒノキ林」として施業方法を位置付けした [1]。以後は経過観察及び施業体系の検証をすることを目的として試験地を設定している。

今回報告する試験地はそのうちの1つであり、ヒノキ天然生稚樹の育成過程における密度管理の推移を観察している。

## 1 試験地概要

### (1) 試験地概要

所在は愛知県北設楽郡設楽町、段戸国有林65い林小班（図1）。

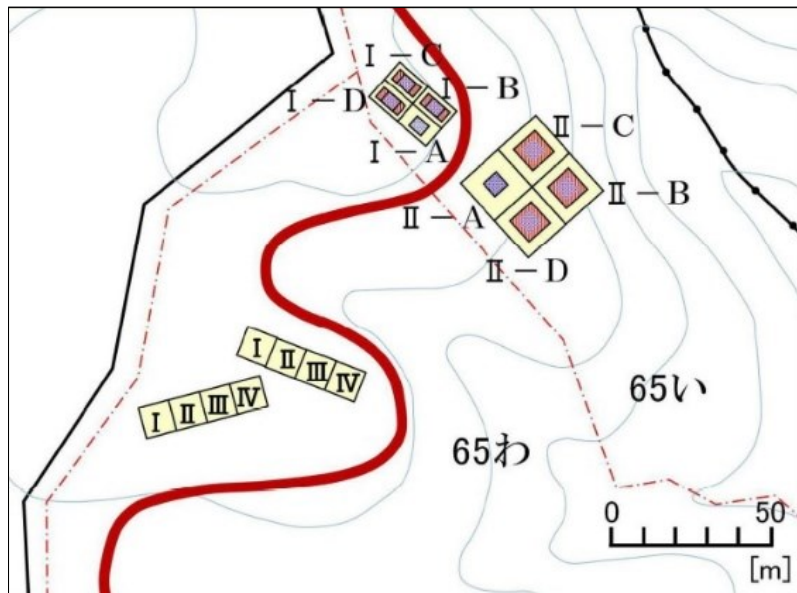
人工林長伐期複層伐施業群、標高約850m、斜面方位は南東向き、林地傾斜5～15°、土壌型はB1b（乾性黒色土）。

令和7（2025）年度での林齢は57年生。

調査プロットは全体30×30mの区域を4等分した15m四方であり、各プロットの中心に4×5mの調査プロットを設定している。

各プロットは設定時の本数調整においてⅡ-A:対照区（以下「Ⅱ-A」という。）・Ⅱ-B:50,000本/ha

区（以下「Ⅱ-B」という。）・Ⅱ-C:30,000本/ha区（以下「Ⅱ-C」という。）・Ⅱ-D:10,000本/ha区（以下「Ⅱ-D」という。）となっている。なおⅡ-Aは本数調整未実施の対照区である。



(図1：試験地位置図)

## (2) 試験の経緯

更新前の林分は大正5（1916）年植栽の人工ヒノキ林であった。昭和37（1962）年頃に30%の間伐を実施した際に、多数の天然稚樹発生が林内にて確認された。

昭和44（1969）年に53年生の林分を皆伐した際に、天然稚樹が赤く枯れた状態へと急変している（原因は急激な光環境の変化によるものとされる）。

昭和45（1970）年にヒノキを植栽（約4,400本/ha）した。

以後の経過観察において赤変していた天然稚樹が急回復し、植栽木と競合状態となる。

昭和52（1977）年に密生区の一部で360,000本/haの成立本数を確認した。

昭和54（1979）年に試験地設定（Ⅱ-B・Ⅱ-C・Ⅱ-D 本数調整実施）した。

## (3) 試験地の現況

全てのプロットにおいて自然淘汰による枯死木が増加してきており、立ち枯れ状態の個体も多く存在している。

下層植生は発生しておらず、他樹種の侵入は見られていない。また表土の流亡は確認されていない（写真1）。



(写真1：試験地林況（2022調査時）)

## 2 調査方法

設定時点では成立本数及び樹高（苗高）の計測を実施した。平成12（2000）年からは胸高直径・枝下高・形質区分の各項目を追加している [4]。

使用器具は直径巻尺・測竿<sup>そつかん</sup>を使用し、樹高が測竿の高さを上回ってからは調査員による目測で実施している。

形質区分においては形質区分表（表1）の基準に基づき、現地調査員の主観により記録している。

（表1：形質区分調査表）

| 区分 | 内容  | 摘要                  | 分類  |
|----|-----|---------------------|-----|
| 1  | 劣勢木 | 成長の遅れが著しく、枯立が予想される  | -   |
| 2  |     | 成長の遅れはないが、幹と枝に欠点がある | -   |
| 3  |     | 曲がり率が30%以上          | 低質材 |
| 4  | 優良木 | 曲がり率が30%以下          | 異常木 |
| 5  |     | 欠点がない               | 正常木 |

## 3 調査結果

結果については区画ごと・調査年度別に表であらわした（表2）[1-5]。

（表2：調査結果）

| 段戸国有林65い林小班          |            | 1979年<br>(昭和54年) | 1981年<br>(昭和56年) | 2000年<br>(平成12年) | 2012年<br>(平成24年) | 2022年<br>(令和4年) |
|----------------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Ⅱ-A区<br>(対照区)        | 本数/ha      | 235,600          | 195,700          | 19,062           | 5,360            | 4,169           |
|                      | 平均胸高直径(cm) |                  |                  | 6.4              | 12.1             | 15.9            |
|                      | 平均樹高(m)    | 1.9              | 2.2              | 7.1              | 11.6             | 13.6            |
|                      | 優良木割合      |                  |                  | 31%              | 44%              | 43%             |
| Ⅱ-B区<br>(50,000本/ha) | 本数/ha      | 50,000           | 49,400           | 8,967            | 5,458            | 2,667           |
|                      | 平均胸高直径(cm) |                  |                  | 7.9              | 10.6             | 14.9            |
|                      | 平均樹高(m)    | 2.6              | 3.1              | 8.0              | 12.9             | 14.9            |
|                      | 優良木割合      |                  |                  | 21%              | 43%              | 57%             |
| Ⅱ-C区<br>(30,000本/ha) | 本数/ha      | 30,000           | 29,700           | 7,492            | 3,754            | 3,227           |
|                      | 平均胸高直径(cm) |                  |                  | 8.5              | 13.3             | 16.6            |
|                      | 平均樹高(m)    | 2.6              | 3.3              | 7.9              | 13.3             | 15.9            |
|                      | 優良木割合      |                  |                  | 31%              | 63%              | 71%             |
| Ⅱ-D区<br>(10,000本/ha) | 本数/ha      | 10,000           | 9,900            | 6,492            | 3,497            | 2,997           |
|                      | 平均胸高直径(cm) |                  |                  | 9.6              | 13.5             | 17.2            |
|                      | 平均樹高(m)    | 2.9              | 3.3              | 8                | 13.7             | 15.2            |
|                      | 優良木割合      |                  |                  | 54%              | 86%              | 100%            |

### (1) 本数推移

全てのプロットにおいて平成24（2012）年までに大きく本数減少が進んだが、そこから令和4（2022）年にかけては本数減少の速度が鈍化してきている。

各プロットにおける設定時からの残存本数割合に関しては、Ⅱ-A：1.8%、Ⅱ-B：5.3%、Ⅱ-C：10.8%、Ⅱ-D：30.0%となっている。

設定時の本数密度が大きいほど減少割合も大きく、各プロットにおける密度差は、年数の経過による自然淘汰の結果、徐々に近い値に収束されてきている（図2）。



（図2：本数推移）

## (2) 優良木推移

II-Aでは大きな変化は無いが、II-B・II-C・II-Dの区域においては優良木割合が増加していく傾向を示している。

競争によって劣勢木の枯死が進むことにより、結果としてプロットに占める優良木割合の増加が進んでいる(図3)。

## (3) 単木の成長

### ア 平均樹高成長について

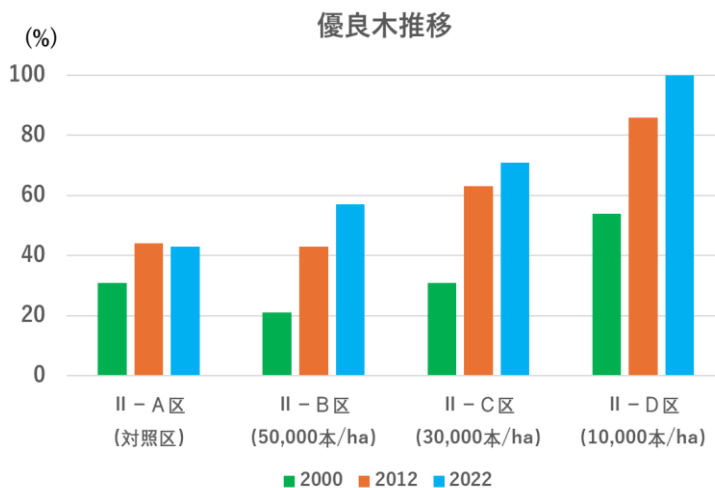
II-Aでは他プロットと比較して上長成長に若干の遅れが見られるが、II-B・II-C・II-Dにおいてはほぼ差は無く上長成長が続いていることがわかる。全てのプロットにおいて、平成24(2012)年から令和4(2022)年の10年間の成長速度は鈍化傾向にある。

該当する森林計画区(東三河)の収穫予想表値は16.0mであり、それと比較すると若干及ばないものの近似値を示して、上長成長において特段の問題は見受けられない(図4)。

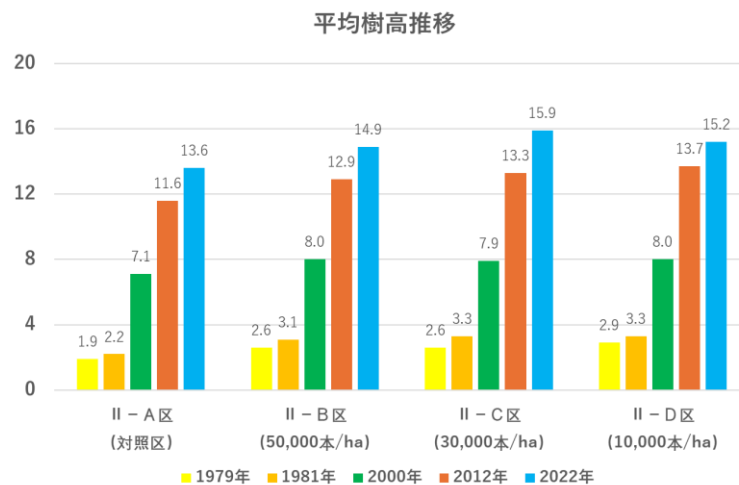
### イ 平均胸高直径について

プロットごとに多少の差異はあるが、極端な差は無く肥大成長が続いている。全てのプロットにおいて、平成12(2000)年から令和4(2022)年の各調査における明確な成長ペースの変化は見られない。

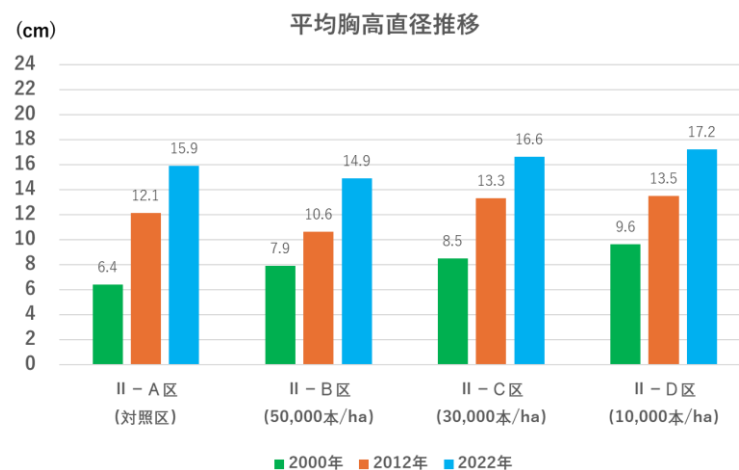
該当する森林計画区(東三河)の収穫予想表値は22.8cmであり、全プロットにおいて明確に低い結果を示している(図5)。



(図3: 優良木推移)



(図4: 平均樹高推移)



(図5: 平均胸高直径推移)

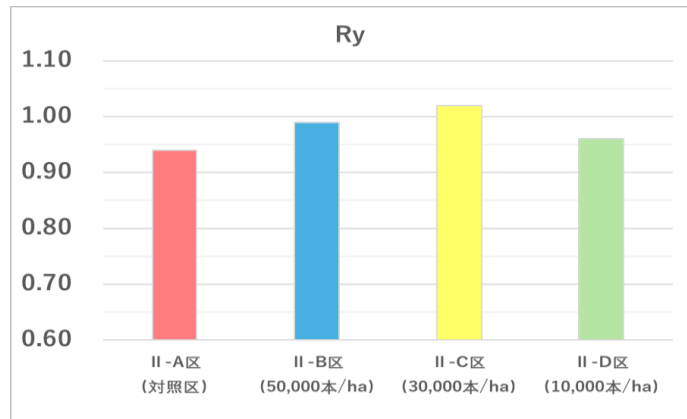
#### (4) 各種指標

令和4（2022）年の調査成果を基に下記の項目を算出した。

##### ア 収量比数 (Ry)

該当する林分密度管理図を参照したところ、最も低いⅡ-Aにおいても0.94という値を示した。

収量比数における目安である0.8を全てのプロットで大きく上回る状態であり、過密である（図6）。

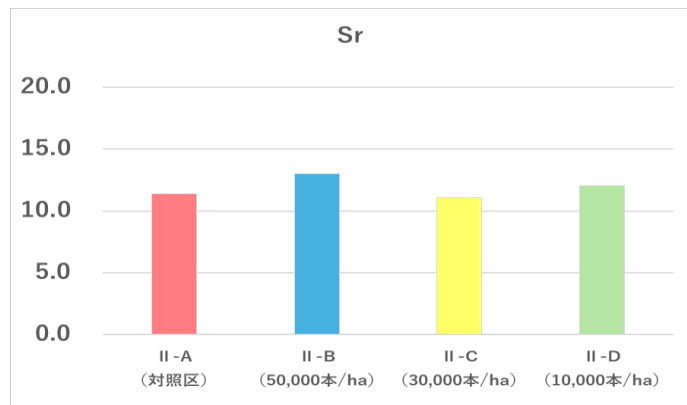


(図6：収量比数)

##### イ 相対幹距比 (Sr)

最も低いⅡ-Cで11.1%、最も高いⅡ-Bでも13.0%という値を示した。

相対幹距比における目安（20%：適当、17%以下：間伐の検討を要する）を基に考えても、樹間距離が近く、適正な距離とはいえない（図7）。

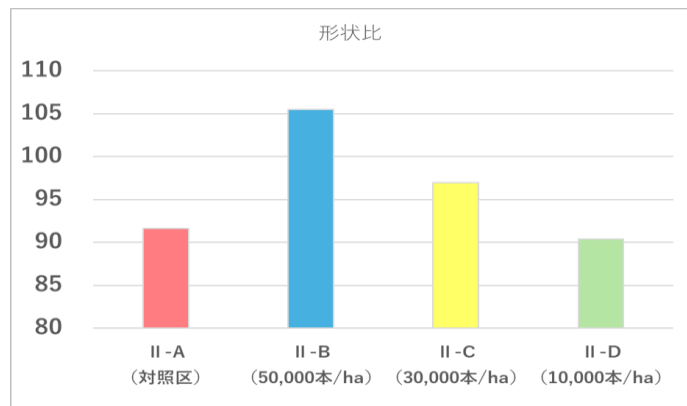


(図7：相対幹距比)

##### ウ 形状比

形状比は樹高を胸高直径で除した値であり、目安として80を上回ると風雪害の危険性が高まるとされる。

最も低いⅡ-Dで90.4、最も高いⅡ-Bでも105.5という値を示す結果となり、気象害に対する脆弱性が懸念される（図8）。

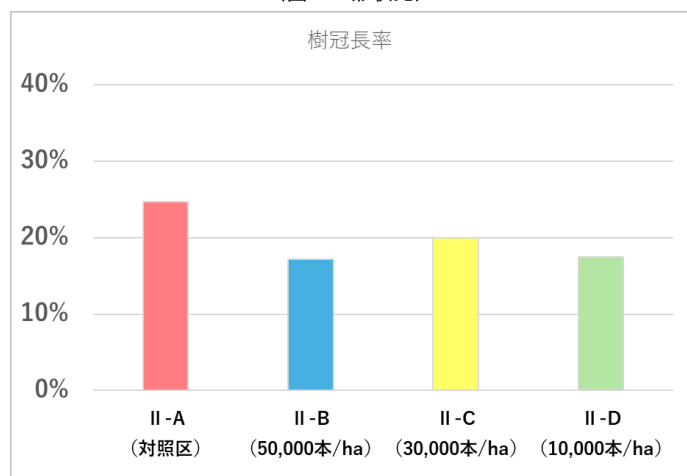


(図8：形状比)

##### エ 樹冠長率

樹冠長率は樹高に占める樹冠の長さ割合を示す値であり、目安として40%以下で過密、20%を下回ると樹高成長が低下するとされる。

最も低いⅡ-Bで17.2%、最も高いⅡ-Aでも24.7%という値であり、総じて樹冠の小さい過密な林分であることを示している（図9）。



(図9：樹冠長率)

#### 4 まとめ

これまでの本数推移状況から、競争による自然淘汰が行われており、設定当時にあったha当たりの本数差は徐々に縮まりつつあることがわかる。

また競争による淘汰は劣勢木を中心に進む傾向があることから、結果的に残存木の多くを形質優良木が占めるように推移してきている。

樹高及び胸高直径の計測値から見る林分の成長においても、当初設定した本数密度等の条件による明確な差は無く、個体の成長が続いていることがわかる。

以上のことから、無施業の状態を維持した本試験地においては、現時点での本数調整及び林分成長は続いていると判断できる。

その一方で、樹高及び胸高直径の計測値は、同世代林分の収穫予想表と比較しても低い値を示し、成長速度が遅い状況である。

本数密度を各種間伐指標に照らして確認すると、ほとんどの調査プロットにおいて過密であるとの結果を示し、その影響から不健全ともいえる個体割合が増加していると推察できる。

以上の点も踏まえると、現時点の林分状況においては健全性に課題が残る結果となった。

#### おわりに

今回得られた結果に関しては途中経過のため、観察を継続していくことで今後の本数・成長・林況の変化とその影響に関する記録を重ねていくこととしたい。そうして、人為的な施業によらないヒノキの天然更新林分がどのような推移を示すのか、調査を継続していく。

#### 資料文献一覧（関連発表）

- [1] 新城営林署. 「人工仕立て木曾ヒノキ生産林内における天然稚樹の取扱いについて」. 1980年 [引用]
- [2] 新城営林署. 「人工仕立て木曾ヒノキ林における天然更新について」. 1983年 [引用]
- [3] 新城営林署. 「ヒノキ人工林における天然更新について」. 1987年 [引用]
- [4] 愛知森林管理事務所. 「ヒノキ天然稚樹の育成過程における密度管理の一考察」. 2000年 [引用]
- [5] 愛知森林管理事務所. 「ヒノキ天然稚樹の育成過程における密度推移について」. 2012年 [引用]
- [6] 赤井龍男. 「平成15年度調査報告書 針葉樹人工林における天然更新の基本的条件と技術体系 一主としてヒノキの天然更新について」. 2003年 [参考]
- [7] 赤井龍男. 「平成17年度 林野庁整備課委託調査 人工林における天然更新技術に関する調査（平成17年度調査報告書）「ヒノキ、スギ天然更新の成林条件と技術指針」」. 2006年 [参考]

# ヒノキ実生コンテナ苗の育苗成績および初期成長に 及ぼす根鉢容量と元肥量の影響

岐阜県森林研究所 森林環境部 主任専門研究員 ○<sup>わたなべ</sup>渡邊 <sup>ひとし</sup>仁志  
岐阜県森林研究所 森林環境部 主任研究員 <sup>もてき</sup>茂木 <sup>やすかず</sup>靖和

## 要旨

根鉢容量および元肥量の異なるヒノキ実生コンテナ苗を育成し、育苗成績と植栽後の成長を評価しました。根鉢容量100～300ccの範囲では、容量の違いによる活着率や植栽後の成長への影響は小さいことが分かりました。このことから、育苗時の元肥量を適切に調整すれば、根鉢容量が小さい苗でも健全な成長が可能であり、資材量や運搬・植栽コストの削減に貢献する可能性が示唆されました。

## はじめに

再造林のコスト削減を目的として、コンテナ苗（遠藤・山田 2009）[1]の導入が進められています。ヒノキ実生コンテナ苗の根鉢容量は、現在では300ccと150ccが標準になりつつありますが、樹種別や用途（目的）別に更なる検討の余地があると考えられます。本研究では、根鉢の高さ方向を標準より小さくすることに着目しました。根鉢を小さくすれば、育苗期間の短縮や苗木の軽量化が可能となり、運搬や植栽の効率向上と相まって、再造林の低コスト化が期待されます。一方で、根鉢容量の縮小が苗木の活着や成長に負の影響を与える可能性もあります。例えばスギでは、根鉢容量を小さくすることにより苗木の生存率が低下することが報告されています（三樹 2010）[2]。そこで、本研究では、根鉢容量と元肥の含有量を変えて育成したヒノキ実生コンテナ苗について、育苗成績と植栽後の成長経過を評価しました。

## 1 調査方法

本研究では、溶出日数が700日の超緩効性肥料（ジェイカムアグリ（株）製ハイコントロール650：N16-P5-K10）を元肥として使用し（渡邊ら 2017；2021）[3,4]、岐阜県白鳥林木育種場（郡上市白鳥町）のビニルハウス内にある育苗施設において、根鉢容量および元肥量が異なる5条件で2014～2018年の5回にわたり供試苗を育成しました。根鉢容量に応じて元肥量を減じた条件として、303苗（根鉢容量300cc+元肥3g/鉢）、202苗（200cc+2g）、101苗（100cc+1g）を設定しました。加えて、根鉢容量が小さい場合でも元肥量を一定にした条件として、203苗（200cc+3g）、103苗（100cc+3g）を設定しました。なお、根鉢容量が同一で元肥量を減じた条件、すなわち302苗（300cc+2g）や301苗（300cc+1g）は、育苗段階での生育不良により得苗率が低下することが先行研究（茂木ら 2013）[5]で示されているため、本研究では評価を省略しました。

これらの苗は、Mスターコンテナ（三樹 2010）[2]を用いて2014～2018年にかけて計5回、毎回1年間育成した後得苗し、2015年産苗以降の4回については得苗の可否を評価しました。得苗後は、2015～2019年にかけて毎年4月に1か所ずつ、岐阜県内の5か所の調査地に植栽しました。調査地は、標高630～1,100m、斜面傾斜13～40度、土壌型B<sub>0</sub>またはB<sub>0</sub>(d)であり、各調査地において3～5の育苗条件ごとに各30～40本を供試しました（表1）。各調査地には防鹿柵を設置し、下刈りを毎年実施して管理しました。

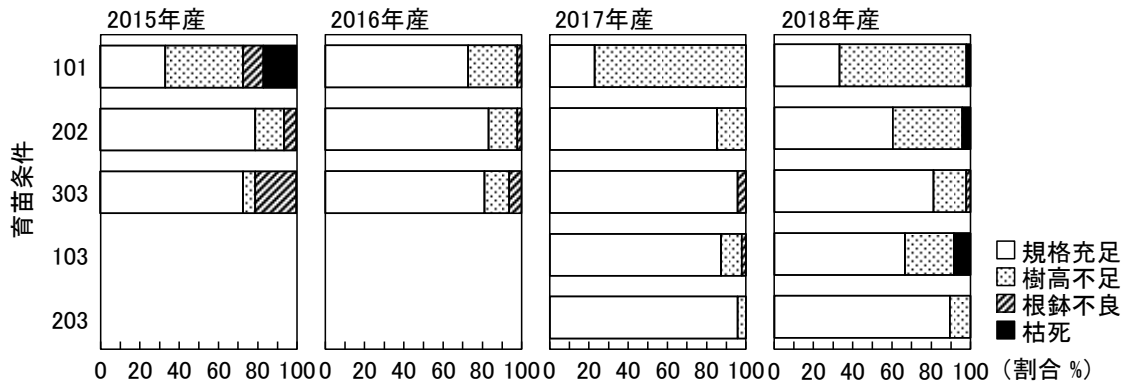
植栽後1成長期末に活着率を評価するとともに、植栽時および各成長期末（2または4期間）に樹高（cm）と根元直径（mm）を計測し、育苗条件間で各サイズ、比較苗高〔（樹高／根元直径）×10〕、成長を比較しました。成長は、成長量〔（2期または4期末のサイズ－植栽時サイズ）／2または4年〕により評価しました。なお、誤伐や食害などの外因による成長停滞個体や枯死個体は、植栽時までさかのぼったうえで解析から除外しました。

(表1：調査地の概要)

| 調査地               | 1 小川長洞<br>(下呂市)    | 2 明知<br>(恵那市明智町)    | 3 門坂<br>(下呂市小坂町)   | 4 湯舟沢<br>(中津川市) | 5 上村恵那<br>(恵那市上矢作町) |
|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| 標高                | 640m               | 760m                | 890m               | 990m            | 1,050m              |
| 平均気温 <sup>†</sup> | 11.4℃              | 10.6℃               | 8.7℃               | 9.4℃            | 8.6℃                |
| 年降水量 <sup>†</sup> | 2,346.3mm          | 1,801.5mm           | 2,154.5mm          | 2,426.9mm       | 2,102.4mm           |
| 地形・傾斜             | 南東斜面・35度           | 南斜面・30度             | 北北西斜面・35度          | 北西斜面・13度        | 南東斜面・30度            |
| 地質(母材)            | 流紋岩類               | 花崗岩類                | 流紋岩類               | 流紋岩類            | 花崗岩類                |
| 土壌型               | B <sub>D</sub> (d) | B <sub>D</sub> (d)  | B <sub>D</sub> (d) | B <sub>D</sub>  | B <sub>D</sub> (d)  |
| 育苗開始年             | 2016               | 2017                | 2015               | 2014            | 2018                |
| 育苗条件              | 101,202,303        | 101,202,303,103,203 | 101,202,303        | 101,202,303     | 101,202,303,103,203 |
| 植栽年               | 2017               | 2018                | 2016               | 2015            | 2019                |
| 防鹿柵               | 設置                 | 設置                  | 設置                 | 設置              | 設置                  |

標高の低い順に昇順で掲載。

<sup>†</sup>国土数値情報(国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト 2022)のメッシュデータによる平年値(1991～2020年)



(図1：年次別の得苗状況の評価)

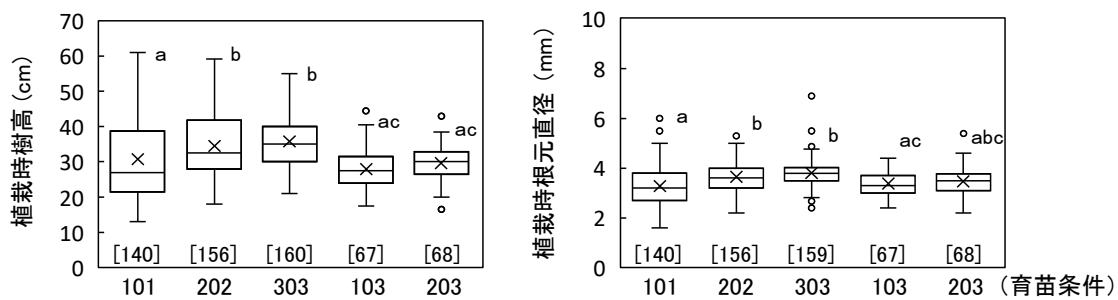
※本研究では、樹高が苗木規格を満たさない個体(樹高<25cm)でも根鉢が形成されていれば植栽試験に供した。

最後に、B<sub>D</sub>(d)型の調査地4カ所の個体(490本)を対象として、調査地をランダム効果とする一般化線形混合効果モデル(GLMM)を用いて、植栽後の樹高成長量および根元直径成長量に影響する要因を解析しました。固定効果には、調査地の気象条件(年平均気温、年降水量)、根鉢容量、元肥量を設定し、これらの説明変数の全ての組み合わせについて、AICに基づくモデル比較を行いました。

## 2 結果および考察

試験的に行った5回の育苗のうち、2015年産苗以降の4回分について得苗率を評価しました(図1)。枯死個体および根鉢の形成不良個体を得苗できない個体として除外した結果、2015年産苗ではその個体の割合が21～27%と高くなった条件(101苗、303苗)がみられましたが、根鉢容量との関係は認められませんでした。また、2016年以降の年次では、得苗できない個体の割合は低下しました。このことから、育苗には一定の習熟が必要であるものの、育苗手法が安定すれば、育苗条件にかかわらず良好な得苗状況が得られることが示されました。一方、樹高が苗木規格を満たさない個体(樹高<25cm)は、特に101苗で多く認められました。本研究では、根鉢が形成されていれば植栽試験に供したため、根鉢容量が小さい101苗および103苗では、他の苗と比べて植栽時のサイズがやや小さい傾向が認められました(図2)。

植栽後1成長期までに枯死した個体の割合(枯死率)は0～13.5%であり、いずれの条件・場所においても活着率が極端に低い値は認められませんでした(図3)。枯死率が最も高かったのは、むしろ根鉢容量が最大である303苗を植栽した調査地のうちの1カ所(調査地5)であり、根鉢容量を小さくしたことが活着率に及ぼす影響は、小さいと考えられました。



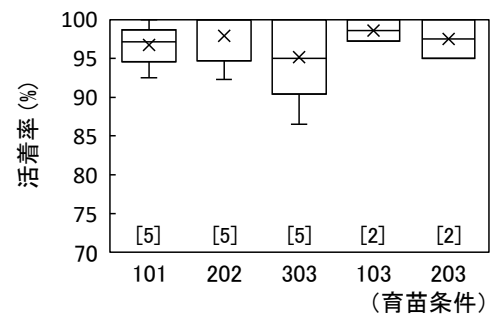
(図2：植栽時の苗木のサイズ (左：樹高、右：根元直径))

[ ]内の数字は供試個体数。箱ひげ図で示す。箱中の×は平均値、横線は中央値、箱は四分位範囲、ひげの両端は箱の長さの1.5倍内にある最大値および最小値、ひげの外側の○は外れ値を示す。異なる添え字はSteel-Dwass検定において育苗条件間に有意差( $p < 0.05$ )があることを示す。

枯死個体および梢端欠損個体を除外した591本(各調査地・条件あたり21~39本)を対象に解析した結果、調査地間において成長経過の顕著な差は認められませんでした。植栽後5年間の成長をみると、樹高は195~260cm、根元直径は24~50mmとなり、植栽当初には高かった比較苗高(80~120)は、苗齢の経過とともに低下しました(図4)。こうした肥大成長を伴いながら伸長成長が維持される傾向は、既報(渡邊ら2017)[3]と一致していました。このことから、植栽後の苗木は周囲環境に適応しつつ、安定した成長を示したと判断されました。

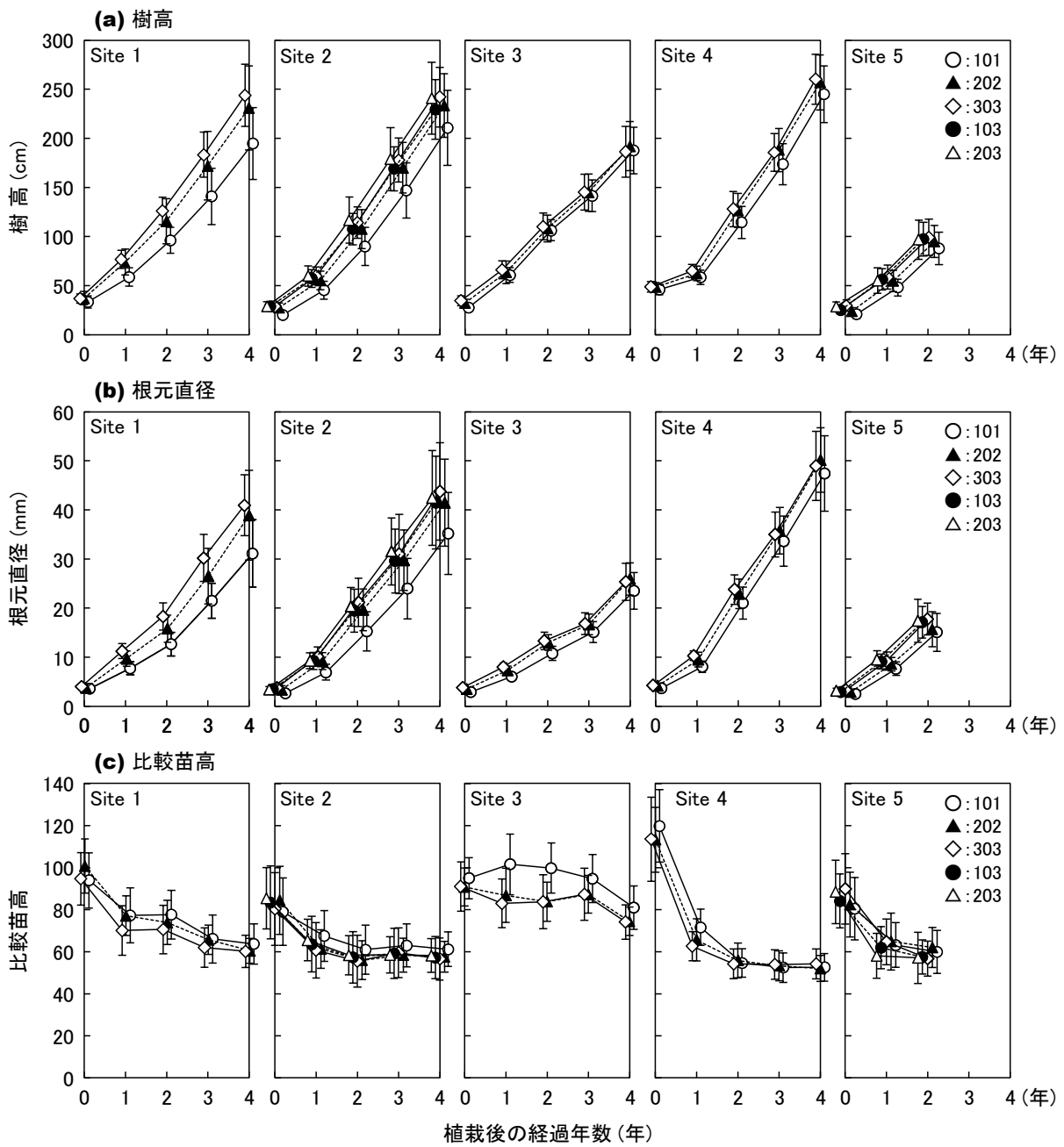
101苗は植栽時のサイズが小さかったため(図2)、実測サイズでは他の苗より小さい傾向が継続しましたが(図4)、調査期間中の樹高成長量には他の苗との差は認められず、根元直径成長量においても303苗を除く他の苗と同程度でした(図5)。また、103苗は植栽時のサイズは小さかったものの(図2)、樹高および根元直径のいずれの成長量においても、他の苗と同程度の値を示し(図5)、実測サイズでも他の苗と比べて遜色は認められませんでした(図4)。さらに、101苗、103苗のいずれも、樹高が相対的に低いことが下刈り終了年の遅延に影響することはありませんでした。以上より、植栽後の苗木の健全な成長、および初期保育の進行に対する根鉢容量および元肥量の影響は、相対的に小さいことが示唆されました。

植栽後の成長に最も大きな影響を与えた要因は調査地の立地条件であり、B<sub>0</sub>型の調査地(調査地4)ではB<sub>0</sub>(d)型に比べて成長が良好でした(図4)。このことから、苗木の成長には、土壌条件が強く影響していることが示唆されました。そこで、個体数が十分に確保されているB<sub>0</sub>(d)型の調査地を対象として、GLMMを用いて植栽後の成長量に影響する要因を解析しました。その結果、樹高成長量および根元直径成長量の双方において、調査地の気象条件(年平均気温、年降水量)および元肥量を含むモデルが一貫して最適モデルとして選択され、一方で根鉢容量は選択されませんでした(表2)。両成長量に対して、年平均気温は正の影響を、年降水量は負の影響をそれぞれ示し、元肥量2gおよび3gは、いずれも、元肥量1gに対して正の影響を示しました。以上の結果から、根鉢容量は苗木の初期成長に対する決定的な要因ではないことが示唆されました。一般的に、根鉢容量の大きい苗木は活着や初期成長に有利とされることが多いですが、本研究では、植栽後に根系が速やかに土壌へ伸長した可能性が考えられ、根鉢容量による差異が相対的に小さくなったと推測されます。

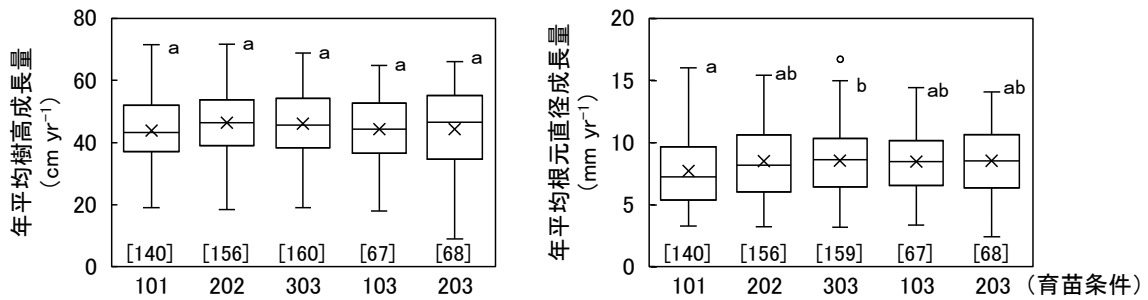


(図3：各調査地における苗木の活着率)

[ ]内の数字は調査地数。箱ひげ図で示す。図の見方は図2を参照。



(図4：調査地ごとの樹高(a)、根元直径(b)、比較苗高(c)の推移)  
ひげは標準偏差を示す。



(図5：年平均成長量(左：樹高、右：根元直径))

[ ] 内の数字は供試個体数。箱ひげ図で示す。図の見方は図-2を参照。異なる添え字はSteel-Dwass検定において育苗条件間に有意差 ( $p < 0.05$ ) があることを示す。

(表2 : BD(d)型調査地 (4ヶ所) における植栽後の樹高および根元直径成長量に影響する要因に関するGLMMの結果)

| 説明変数     | 樹高成長量            |       |            | 根元直径成長量          |       |            |
|----------|------------------|-------|------------|------------------|-------|------------|
|          | 推定値±標準誤差         | t値    | p値         | 推定値±標準誤差         | t値    | p値         |
| 切片       | 17.81 ± 11.75    | 1.52  | 0.13       | 2.77 ± 2.82      | 0.98  | 0.33       |
| 元肥量 (2g) | 3.30 ± 1.09      | 3.02  | 0.003 ***  | 0.97 ± 0.25      | 3.87  | <0.001 *** |
| 元肥量 (3g) | 3.35 ± 0.96      | 3.5   | <0.001 *** | 1.30 ± 0.22      | 5.85  | <0.001 *** |
| 年降水量     | -0.0126 ± 0.0045 | -2.78 | 0.006 ***  | -0.0033 ± 0.0011 | -3.03 | 0.003 ***  |
| 平均気温     | 5.01 ± 0.74      | 6.73  | <0.001 *** | 1.10 ± 0.18      | 6.14  | <0.001 *** |
| AIC      |                  |       | 3,478.4    |                  |       | 2,037.3    |

元肥量(1g)を参照水準とした。

表中の値は推定値 ± 標準誤差を示す。

t値およびp値は正規近似に基づいて算出した。

モデルは調査地をランダム効果とするGLMMであり、ベストモデルの選択はAICに基づいて行った。

根鉢容量はいずれの応答変数でも最適モデルに含まれなかったため、本表には示していない。

これらの結果から、①ヒノキ実生コンテナ苗は、100～300ccの範囲において、根鉢容量の違いによらず育成可能であること、②根鉢容量を小さくすることで、得苗時の樹高および根元直径がやや小さくなる傾向は認められるものの、活着率や植栽後の成長量には大きな影響を及ぼさないこと、の2点が明らかとなりました。さらに、元肥量を適切に調整して育苗すれば、植栽後の実サイズにも顕著な支障は生じないことが示されました。

以上を総合すると、根鉢容量を縮小した場合であっても、元肥量を適切に確保することで、苗木の活着や初期成長を維持しつつ、育苗時の資材使用量や苗木の運搬・植栽に要するコストを削減できる可能性が示唆されます。つまり、本研究の結果は、造林現場における省力化と低コスト化に資する知見といえます。一方で、本研究は、立地条件や植栽時期（すなわち気象条件）の影響を軽視すべきでないことも示しています。特に晩秋～冬期植栽では、凍上等による苗木の浮き上がり（いわゆる「抜け」）のリスクが高まることが予想されるため、根鉢が小さい苗ほど、植栽時期の選定には一層の慎重さが求められると考えられます（なお、岐阜県や中部森林管理局管内の中部山岳地域に広く分布する寒冷寡雪地域では、11月以降の植栽による活着率の顕著な低下が報告されています（渡邊・茂木 2023）[7]。このため、当該時期における植栽はもとより推奨すべきではありません）。

## おわりに

以上をまとめると、苗木の規格については、なお検討の余地が大きいと考えられます。ただし、その検討にあたっては、根鉢容量の拡大あるいは縮小といった一方向的な議論にとどまるのではなく、樹種ごとの育苗から植栽過程に至る生理的特性を十分に理解したうえで、利用目的や植栽条件に応じた複数の最適解を見出すことが重要であるといえます。

## 謝辞

本研究の一部は、中部森林管理局と岐阜県との共同研究として実施したものです。研究デザインの選定にあたり有益なアイデアを賜った森林総合研究所 関西支所の山下直子 森林生態研究グループ長に深く感謝申し上げます。また、一連の研究にご協力いただいた中部森林管理局 岐阜森林管理署、同 東濃森林管理署、同 森林技術・支援センター、岐阜県森林経営課、同 白鳥林木育種場、同 恵那農林事務所、同 下呂農林事務、および岐阜県森林研究所の職員各位に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献等一覧

- [1] 遠藤利明・山田健. 2009. JFA-150コンテナ苗育苗・植栽マニュアル. (低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書(平成20年度). 林野庁). 74-90 [引用]
- [2] 三樹陽一郎. 2010. Mスターコンテナを用いたスギ苗の育成試験(I)、容器サイズが根系形成と苗木成長に与える影響. 九州森林研究6:78-80 [引用]
- [3] 渡邊仁志・茂木靖和・三村晴彦・千村知博. 2017. ヒノキにおける実生裸苗と緩効性肥料を用いて育成した実生コンテナ苗の初期成長. 日本森林学会誌99:145-149 [引用]
- [4] 渡邊仁志・茂木靖和・三村晴彦・千村知博. 2021. ヒノキ実生コンテナ苗の4年間の成長と下刈り年数短縮の可能性. 日本森林学会誌103:232-236 [引用]
- [5] 茂木靖和・渡邊仁志・上辻久敏・古川敦洋・中嶋守. 2013. ヒノキコンテナ苗の育成における施肥条件の違いが苗伸長量に及ぼす影響. 岐阜県森林研究所研究報告42:25-29 [引用]
- [6] 国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト. 2022. 国土数値情報(平年値メッシュデータ第3.0版); [2026.1.14 参照]. [https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-v3\\_0.html](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-v3_0.html) [引用]
- [7] 渡邊仁志・茂木靖和. 2023. 晩秋に植栽したヒノキ実生コンテナ苗の活着と気象条件. 中部森林技術交流発表集(令和4年度):39-44 [引用]

# 下刈りを部分省略した再造林地の8年後の林分構造

岐阜県森林研究所 森林環境部 研究員

○宇敷 京介

主任専門研究員

わたなべ ひとし

専門研究員

ひきだ よしずみ

## 要旨

針葉樹人工林を、針広混交林などに転換するための知見や事例は不足しています。岐阜県中津川市に位置する湯舟沢国有林の再造林地において、植栽木であるヒノキと侵入した広葉樹が林冠で混交する林分を調査した結果、ヒノキと広葉樹は列状に混交しており、広葉樹が成立している場所は、地拵え時に枝条を集積した場所であることを確認しました。また、ミズメやウダイカンバは下刈りの実施期間中から侵入していたため、部分的に下刈りが省略されていたと推測されました。以上のことから、植栽と下刈りの部分的な省略は、針広混交林を誘導するための一手法となることが示唆されました。

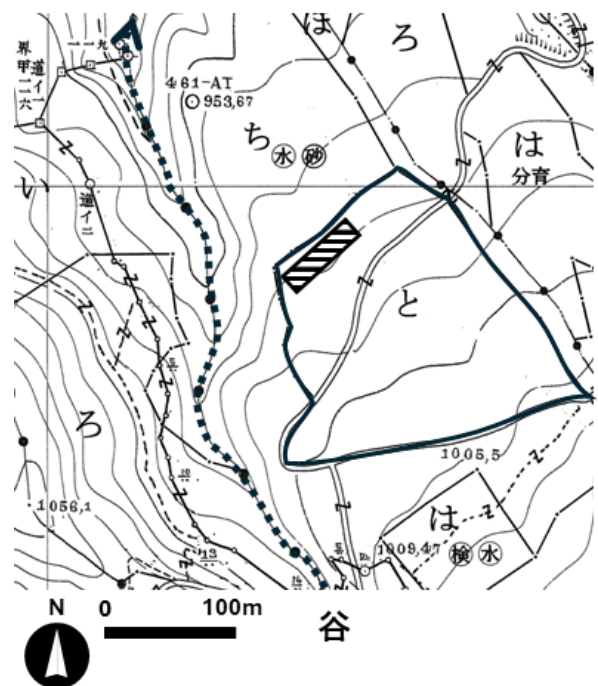
## はじめに

森林の生態系サービスの適切な発揮を目的に、多様な林型の森林を誘導する技術が求められています（林野庁 2023）[1]。中でも、木材生産以外の生態系サービスを発揮する森林として、針葉樹人工林を針広混交林や広葉樹林への誘導が考えられています。この際、広葉樹の導入は天然更新によることが多いですが、不確実性が高く（独立行政法人森林総合研究所四国支所 2010）[2]、知見や事例は不足しています。

そこで本研究では、植栽木であるヒノキと侵入した広葉樹が混交している林分において、針広混交林へ誘導するための知見の収集を目的に、林分構造や成立要因を把握するための林分調査を実施しました。

## 1 調査地及び調査方法

調査は、湯舟沢国有林2237林班と小班（岐阜県中津川市）の8年生のヒノキ再造林地で行いました（図1）。林分は標高980m、平均傾斜約10°の北西向き斜面で、土壌は適潤性褐色森林土でした。また、気象の平年値（1991～2020年）は、平均気温9.3℃、年降水量2,558.9mmでした（国土交通省国土政策局国土情報課 2022）[3]。調査地の西を流れる溪流沿いに、種子供給源と考えられる広葉樹林が分布していました。この林分との最短距離は約30mで、林冠をミズメやウダイカンバ、ホオノキ、トチノキが構成する冷温帯の落葉広葉樹林でした。調査地では、2013～2014年に48年生のスギ人工林を皆伐後、地拵えと防鹿柵の設置が行われ、2015年に2,400本 ha<sup>-1</sup>の密度でヒノキが植栽されました（表1）。地拵えの際に、前生林分由来の末木枝条が等高線方向に列状に集積され、枝条の集積列（以下、枝条列）とヒノキの植栽列（以下、植栽列）は交互に配置される形になっていました。また、林業用機械が林内を走行したであろう道などから、



（図1：調査地の概要と調査地の位置）

黒枠は対象の林小班を示し、同一の施業が行われている。ハッチングの枠内は調査地を示す。点線は広葉樹が生育する谷を示し、矢印方向（南南東から北北西方向）に流下する。

末木枝条は表層土壌とともに集積されたと考えられます。調査地の下刈りは、植栽後1～3年目、および5年目の計4回行われました(表1)。

2023年春に枝条列(長さ20m、列幅2.1～4.8m、面積49.2～76.5m<sup>2</sup>)と隣接する植栽列(長さ20m、列幅2.9～4.4m、面積66.5～75.8m<sup>2</sup>)に対となるように帯状調査区を5個ずつ設定しました。調査区内にある樹高120cm以上の広葉樹(複幹個体を含む)と植栽木について、樹高と胸高直径を測定しました。また、広葉樹の侵入時期を推定するために、林分内の広葉樹を伐倒して円盤、または成長錘により髓に達するコアを採取し、年輪数を計測しました。

(表1: 調査地の履歴)

| 年         | 林齢 | 作業内容 |
|-----------|----|------|
| 2013-2014 |    | 皆伐   |
| 2014      |    | 地拵え  |
| 2015      | 1  | 植栽   |
|           |    | 下刈り  |
| 2016      | 2  | 補植   |
|           |    | 下刈り  |
| 2017      | 3  | 下刈り  |
| 2019      | 5  | 下刈り  |
| 2023(春)   | 8  | 毎木調査 |

## 2 結果および考察

調査の結果、高木13種、小高木6種、低木12種と植栽木であるヒノキの計32種を記録しました(表2)。種組成を確認すると、一部の種を除き、両列に共通して出現しているため(表2)、列の違いによらず同等の種子供給があったと考えられます。また、出現種の種子散布様式をみると、被食散布が20種、風散布が9種、不明が2種で、重力散布の種はみられませんでした(表2)。重力散布の種子散布距離は5m以内である(山川ら 2013) [4]ため、最寄りの広葉樹林が30m離れている本調査地(図1)ではどんぐりなどの重力散布の種がみられなかったと考えられます。

両列の樹高階を比較すると、枝条列では120～700cmの階級に、植栽列では120～600cmの階級に分布していました。また、枝条列では、500～600cmの階級に高木の、300cmまたは400cmの階級に小高木の、200cmの階級に低木のピークがみられ、全体として一山型の分布を示しました(図2 (a))。一方で、植栽列では、高木では明瞭なピークがみられず、小高木や低木では120cmまたは200cmの階級にピークを示しました。ヒノキは400cmまたは500cmの階級にピークを示し、全体として上層にヒノキ、下層に広葉樹のピークを示す二峰性の分布を示しました(図2 (b))。このことから、枝条列は侵入した広葉樹が生育できる状況であるのに対し、植栽列は広葉樹が侵入しても消失しやすい状況であると考えられました。

両列の胸高断面積合計(BA)をみると(図3)、枝条列では7.3±2.3m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>、植栽列では14.0±1.3m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>で、枝条列の方が小さいことが分かりました。生活型ごとの構成は、枝条列ではカバノキ属の割合が高かった(19～80%)一方で、植栽列では、ヒノキがほとんどを占め(89～99%)、広葉樹の占める割合はごくわずかでした。プロット間の差異をみると、枝条列の方が調査区間のばらつきが大きく、これは天然更新の不確実性(独立行政法人森林総合研究所四国支所 2010) [1]を反映していると考えられました。対して、植栽列で値が安定していたのは、初期保育の目的通りにヒノキが順調な成長を示したためと考えられます。

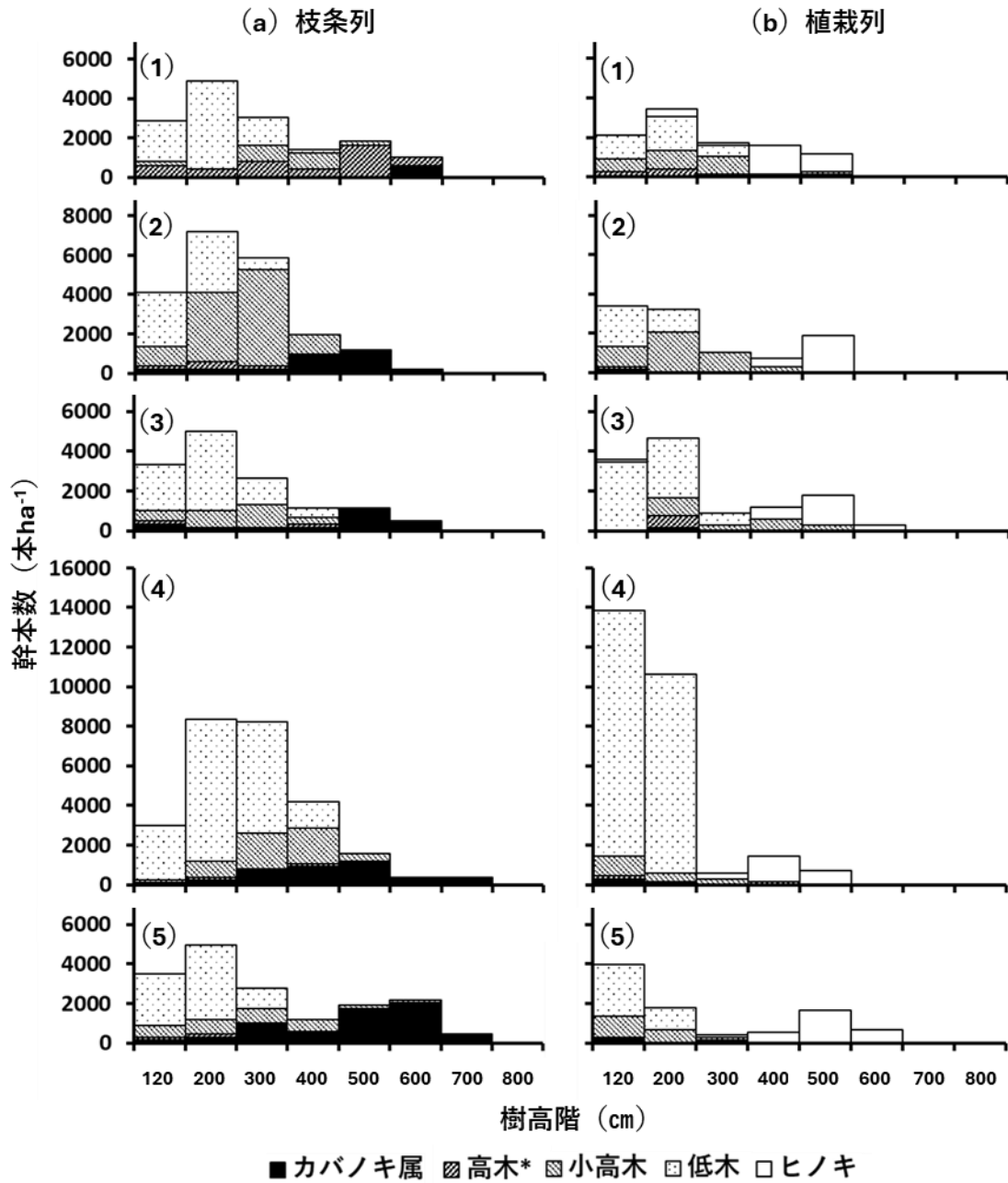
枝条列からは樹高247～825cm、植栽列から123～426cmの広葉樹計61個体から円盤もしくはコアを採取した結果、それぞれの年輪数は、4～8、2～5でした。年輪数から広葉樹が定着した年を計算した結果、枝条列では地拵え後1～4年目、植栽列では4～7年目に定着していました(図4)。また、定着した年が早い個体ほど樹高が高い傾向を確認しました。枝条列の広葉樹は下刈り期間中から侵入、定着しており、下刈りを免れていることが伺えました。対して、植栽列の広葉樹は下刈りが終了してから定着した個体がほとんどであり、初期に侵入した広葉樹は下刈りにより排除されていました。

以上の結果を踏まえると、この林分は、カバノキ属を主体とする広葉樹とヒノキが列状に混交する林分になっていました。その要因としては、下刈りが影響していたと考えられます。つまり、枝条列では、下刈りが省略されたため、侵入した広葉樹がそのまま生育できた一方で、植栽列では、徹底的な下刈りによって侵入した広葉樹が排除されました。また、下刈り後に侵入したとしてもヒノキの被圧の影響により、生育は難

しいと考えられます。そのため、今回は意図して行ったわけではありませんが、造林地において、部分的に下刈りを省略し、侵入した広葉樹が生育する場所を確保することは、針広混交林を誘導するための一手法となる可能性が示されました。

(表2：枝条列および植栽列に出現した種の果実の形態および種子散布様式と胸高断面積合計 (BA), 幹数)

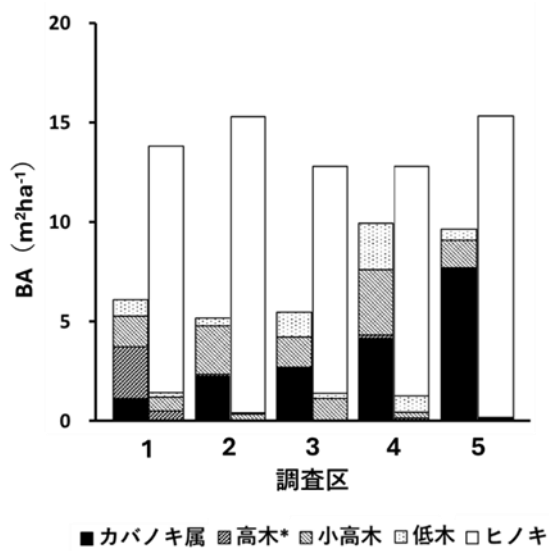
| 種          | 果実の形態 | 種子の散布様式 | 枝条列                                  |                         | 植栽列                                  |                         |
|------------|-------|---------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
|            |       |         | BA(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ) | 幹数(本 ha <sup>-1</sup> ) | BA(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ) | 幹数(本 ha <sup>-1</sup> ) |
| <b>植栽木</b> |       |         |                                      |                         |                                      |                         |
| ヒノキ        | 無     | 風       | -                                    | -                       | 13.0811                              | 2,585                   |
| <b>高木</b>  |       |         |                                      |                         |                                      |                         |
| ミズメ        | 翼果    | 風       | 2.1260                               | 2,225                   | 0.0062                               | 170                     |
| ウダイカンバ     | 翼果    | 風       | 1.6777                               | 1,243                   | 0.0019                               | 57                      |
| ウワミズザクラ    | 多肉果   | 被食      | 0.3881                               | 622                     | -                                    | -                       |
| ミズキ        | 多肉果   | 被食      | 0.0485                               | 33                      | 0.0718                               | 28                      |
| ケンボナシ      | 多肉果   | 被食      | 0.0435                               | 131                     | -                                    | -                       |
| マルバアオダモ    | 翼果    | 風       | 0.0397                               | 98                      | -                                    | -                       |
| ウリハダカエデ    | 翼果    | 風       | 0.0111                               | 98                      | 0.0013                               | 57                      |
| フサザクラ      | 翼果    | 風       | 0.0006                               | 33                      | -                                    | -                       |
| ホオノキ       | 多肉果   | 被食      | 0.0006                               | 33                      | -                                    | -                       |
| キハダ        | 多肉果   | 被食      | -                                    | -                       | 0.0326                               | 85                      |
| カナクギノキ     | 多肉果   | 被食      | -                                    | -                       | 0.0284                               | 114                     |
| アオハダ       | 多肉果   | 被食      | -                                    | -                       | 0.0028                               | 114                     |
| コシアブラ      | 多肉果   | 被食      | -                                    | -                       | 0.0013                               | 28                      |
| <b>小高木</b> |       |         |                                      |                         |                                      |                         |
| タラノキ       | 多肉果   | 被食      | 1.2413                               | 1,734                   | 0.0932                               | 341                     |
| ヤマネコヤナギ    | さく果   | 風       | 0.3372                               | 753                     | -                                    | -                       |
| ヌルデ        | 多肉果   | 被食      | 0.2042                               | 229                     | 0.2148                               | 142                     |
| リョウブ       | さく果   | 風       | 0.1951                               | 1,178                   | 0.0243                               | 597                     |
| エゴノキ       | さく果   | 被食      | 0.1029                               | 589                     | 0.1513                               | 1,420                   |
| コハクウンボク    | さく果   | 不明      | 0.0050                               | 65                      | 0.0008                               | 57                      |
| <b>低木</b>  |       |         |                                      |                         |                                      |                         |
| タニウツギ属spp. | さく果   | 風       | 0.5229                               | 3,894                   | 0.1703                               | 4,375                   |
| クマイチゴ      | 多肉果   | 被食      | 0.4028                               | 1,276                   | 0.0151                               | 540                     |
| モミジイチゴ     | 多肉果   | 被食      | 0.2668                               | 654                     | 0.0100                               | 511                     |
| キブシ        | 多肉果   | 被食      | 0.2273                               | 1,113                   | 0.0151                               | 256                     |
| ヒメコウゾ      | 多肉果   | 被食      | 0.1764                               | 458                     | 0.0031                               | 57                      |
| ムラサキシキブ    | 多肉果   | 被食      | 0.0780                               | 1,014                   | 0.0257                               | 824                     |
| アブラチャン     | 多肉果   | 被食      | 0.0314                               | 556                     | 0.0037                               | 85                      |
| ノリウツギ      | さく果   | 風       | 0.0288                               | 131                     | 0.0169                               | 483                     |
| ニガイチゴ      | 多肉果   | 被食      | 0.0208                               | 33                      | -                                    | -                       |
| マルパノキ      | さく果   | 不明      | 0.0177                               | 295                     | 0.0225                               | 568                     |
| イボタノキ      | 多肉果   | 被食      | 0.0011                               | 33                      | -                                    | -                       |
| クサギ        | 多肉果   | 被食      | -                                    | -                       | 0.0123                               | 114                     |



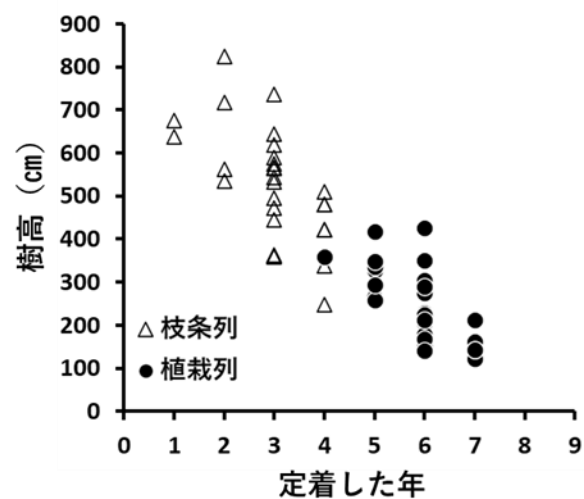
(図2：枝条列および植栽列の各調査区における樹高階分布)

( ) 内の数字は調査区の番号を示す。横軸の120は120～199cmの階級，200は200～299cmの階級，以降同様に示す。

\*高木はカバノキ属とヒノキを除く。



(図3：枝条列および植栽列の各調査区における胸高断面積合計(BA))  
棒グラフは、左 枝条列、右 植栽列を示す。  
\*高木はカバノキ属とヒノキを除く。



(図4：広葉樹が定着した年と樹高の関係)  
横軸の年数は地拵えからの経過年数を示す。

### おわりに

本研究では、広葉樹と針葉樹（植栽木）が混交している林分を調査し、成立要因を考えることにより、針広混交林を誘導するための方法を検討しました。この林分を引き続き観察し、動態を追っていくのはもとより、他にも混交林になっている林分があれば調査し、知見を蓄積していくことが重要であると考えられます。

### 謝辞

本研究は、岐阜県と林野庁中部森林管理局との共同事業で行いました。林野庁中部森林管理局・東濃森林管理署と森林技術・支援センターの皆様には、調査地の施業履歴の情報を提供していただきました。また、岐阜県森林研究所（当時）の藤掛雅洋氏には、現地調査にご協力いただきました。ここに記して各位に厚くお礼申し上げます。

### 参考文献等一覧

[1] 林野庁. 2023. 森林・林業白書令和5年度版. 全国林業改良普及協会. [引用]  
 [2] 独立行政法人森林総合研究所四国支所. 2010. 広葉樹林化ハンドブック2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—. [引用]  
 [3] 国土交通省国土数値情報ダウンロードサイト. 2022. 国土数値情報（平年値メッシュデータ第3.0版）； [2024. 1. 14参照]. [https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-v3\\_0.html](https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-v3_0.html). [引用]  
 [4] 山川博美, 伊藤哲, 中尾登志雄. 2013. 照葉樹二次林に隣接する伐採地における6年間の種子散布. 日本生態学会誌. 63 : 219-228. [引用]

# 愛知県版林分収穫予想表の作成

愛知県森林・林業技術センター 技術開発部 技師 ○星 涼太

## 要旨

森林経営を行う上で、山林の材積状況を把握することは非常に重要であり、かねてから林分の将来的な材積量を予測する林分収穫予想表が活用されてきました。愛知県の林分収穫予想表[1]は1983年以来更新されておらず、80年生以上の高齢級林分に未対応となっていました。そのため、今回の調査により高齢級林分の樹高及び林齢データを収集し、過去の林分収穫予想表の資料等と合わせてスギ306本、ヒノキ331本を資料として新規に地位級別の樹高成長曲線を作成することで、80年生以上の高齢林に対応した林分収穫予想表を約40年ぶりに更新しました。

## はじめに

「林分収穫予想表」とは「ある樹種に対して施業上同一の扱いを受けた同齢単純林より生産される1ha当たりの本数、材積、成長量などの諸要素の標準的な値を、一定の林齢（普通5年）ごとに表示した図表」を指します。

今日、全国的に林分収穫予想表が更新されるなど、民有林の高齢化に対応する動きが盛んになってきました。本県も例外ではなく、改めて現況の林分の成長推移を把握し、高齢林の主伐に対応する必要があります。また、最近ではJークレジット制度\*1のような森林系プロジェクトでも活用されるなど、需要が拡大しつつあります。そうした背景から、今回、林分収穫予想表を更新しましたので、愛知県での事例として報告します。

## 1 資料の収集

### (1) 現地調査方法

主に高齢林データの確保のため、2022年度から2024年度にかけて、民有林及び国有林の間伐・皆伐地を対象に、100㎡のプロット調査を行いました。後述する樹高成長曲線を設定するため、調査項目は樹高及び林齢としました。樹高はLASER TECH製のトゥルーパルス360を使用し、調査地の標準的な木を1本選定し、3回計測した結果の平均値を採用しました。林齢は森林簿の参照によるものではなく、伐採後の切り株から直接年輪を計数しました（写真1）。



(写真1：現地調査状況)

### (2) 資料の整理

今回の調査により、スギ77本ヒノキ102本分の資料が新たに得られました。これに、2014年度から2016年度にかけて愛知県森林・林業技術センターで実施された「愛知県版スギ・ヒノキ細り表の作成」における調査資料スギ90本、ヒノキ99本を追加し、さらに1983年の既存の林分収穫予想表作成時の資料スギ149本、ヒノキ139本を追加し、総計スギ316本、ヒノキ340本を樹高成長曲線の作成に供しました。

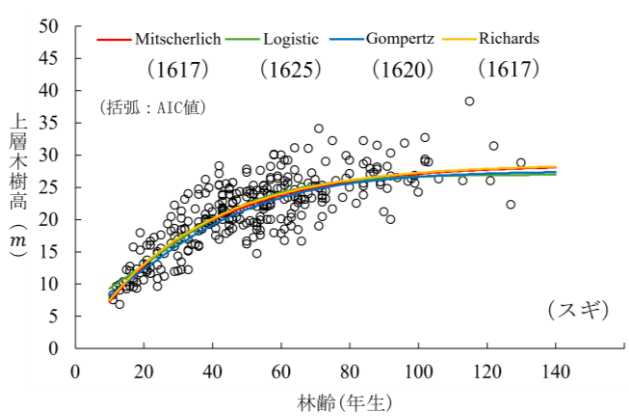
## 2 樹高成長曲線の決定

樹高成長曲線とは、ある林齢に対する樹高の値を示した曲線であり、一般的に成長曲線モデル式が適用されています。今回使用した成長曲線モデル式は図1に示す4式であり、統計解析ソフト「R(Ver. 4.3.2)」を用いて赤池情報量基準(AIC)という手法によりAIC値が最も低く最適な曲線式を検討しました。解析の結果、スギ・ヒノキ共にMitscherlich式とRichards式が最小の同値となりましたが、既往の文献で多く採用されていることを考慮してMitscherlich式を最適なモデル式としました(図2、3)。

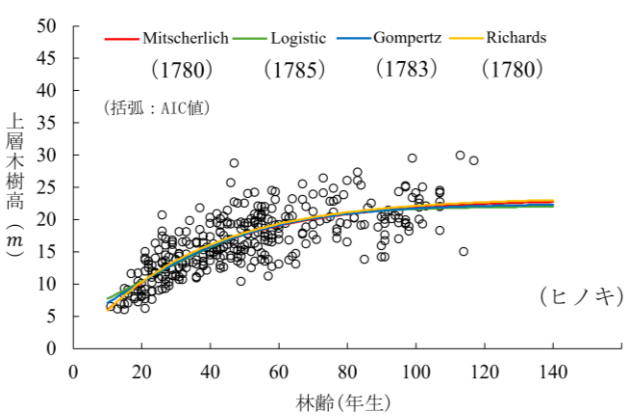
**成長曲線モデル式一覧**

①Mitscherlich式 :  $H = A(1 - B * e^{-kt})$     ②Logistic式 :  $H = A/(1 + B * e^{-kt})$   
 ③Gompertz式 :  $H = A * B^{-e^{-kt}}$     ④Richards式 :  $H = A(1 - e^{-kt})^B$   
 (A, B, k: 定数 H: 上層木平均樹高(m) t: 林齢(年生))

(図1 : 成長曲線モデル式一覧)



(図2 : 樹高成長曲線の検討 (スギ))

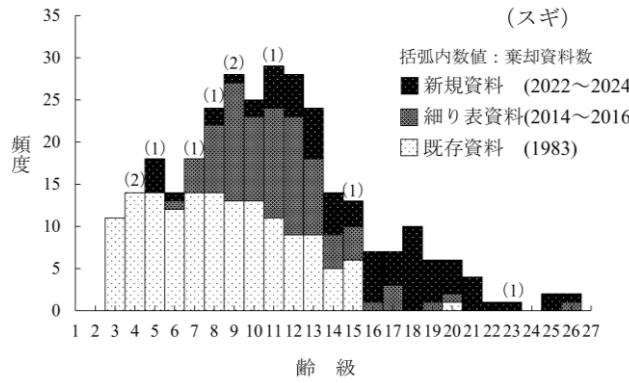


(図3 : 樹高成長曲線の検討 (ヒノキ))

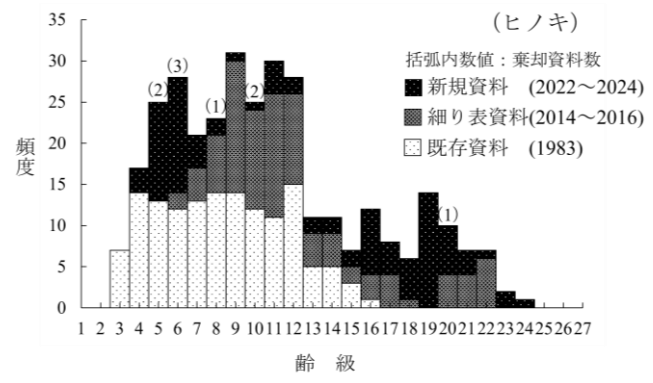
## 3 地位級別樹高成長曲線の作成

### (1) 地位指数の推定及びデータ整理

決定した樹高成長曲線を活用して各調査プロットの樹高を愛知県地域森林計画に基づいてスギは40年生時、ヒノキは45年生時に変換し、林地の生産力(樹木の成長しやすさ)の指標となる地位指数を推定しました。その後、外れ値を棄却し、スギ306本、ヒノキ331本を地位級別樹高成長曲線の作成に供しました。結果、齢級別の資料数の内訳は図4及び図5のとおりとなり、80年生以上の高齢級資料が追加され、各齢級について網羅的に資料を確保することができました。



(図4 : 齢級別資料数 (スギ))



(図5 : 齢級別資料数 (ヒノキ))

## (2) 地位級の設定

外れ値棄却後の資料を用いて、再び樹高成長曲線を作成し、地位級別樹高成長曲線の基準線（ガイドカーブ）を決定しました（図6）。

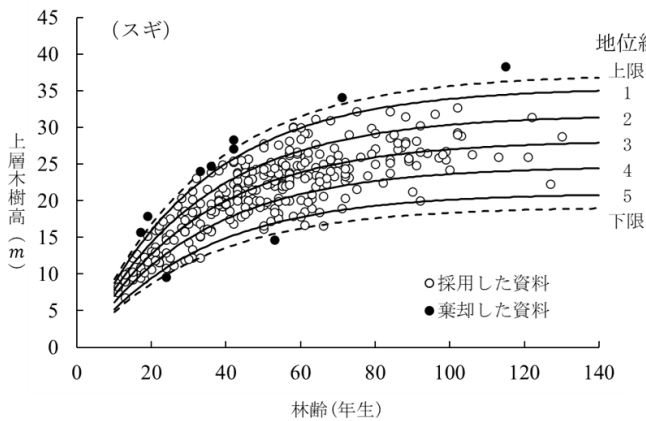
**ガイドカーブ**

$$\text{スギ} : H = 28.22(1 - 1.031 * e^{-0.0316t})$$

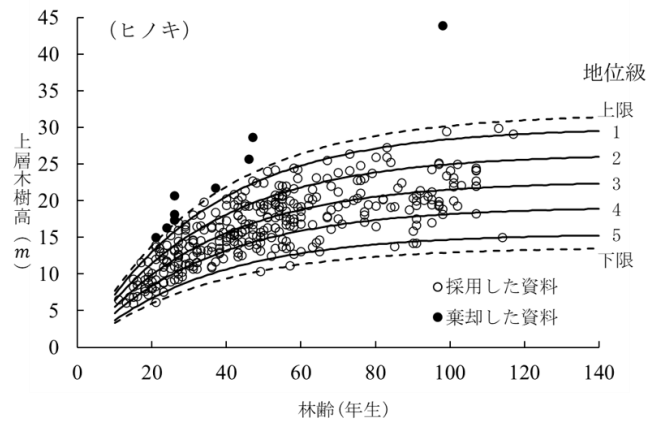
$$\text{ヒノキ} : H = 22.79(1 - 1.019 * e^{-0.0295t})$$

(図6：ガイドカーブ式)

決定したガイドカーブを地位級の中心（地位級3）とし、地位指数の上下限値を閾値として平均偏差率により5本の地位級別樹高成長曲線及び5区分の地位級を設定しました（図7、8）。

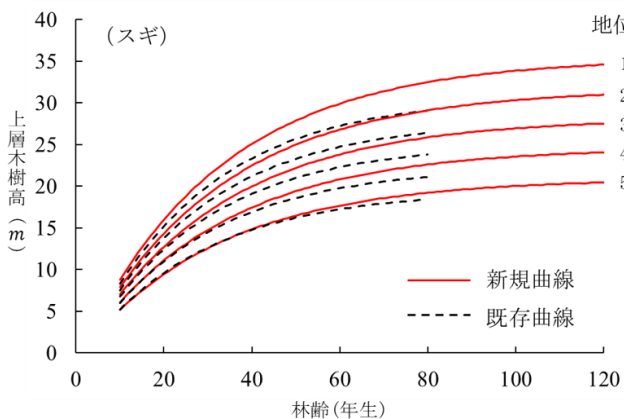


(図7：地位級別樹高成長曲線（スギ）)

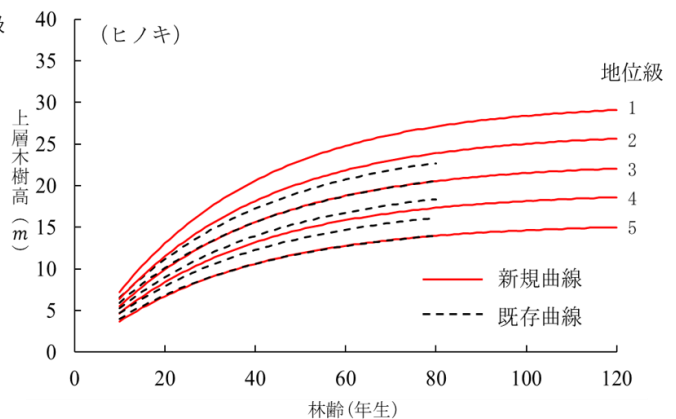


(図8：地位級別樹高成長曲線（ヒノキ）)

作成した地位級別樹高成長曲線について、1983年の林分収穫予想表で使用された曲線と比較した結果、スギ・ヒノキ共に曲線が上方に推移しており、地位級が高く年齢が高いほどその乖離は大きくなっていました（図9、10）。今回の調査により、地位級が高い林分では高齢級でも緩やかに成長が継続していることがわかりました。



(図9：新旧地位級別樹高成長曲線（スギ）)



(図10：新旧地位級別樹高成長曲線（ヒノキ）)

#### 4 林分収穫予想表の作成

##### (1) 項目の設定

林分収穫予想表の作成するためには「①地位級」、「②植栽密度」、「③施業体系」の3項目が必要となります。「①地位級」は先述のとおり5段階で作成しましたので、②及び③について述べていきます。

②について、1983年の林分収穫予想表では3,000/ha、3,300/ha、3,500/ha、4,000/haの4種類がありました。しかし、昨今では低密度植栽が主流となっているため、新たに1,500/ha、2,000/ha、2,500/haの3区分を追加し、多くの植栽密度に対応できるよう設定しました。

③について、現在の林分状況に合った体系とするべく、現地調査を行った箇所を対象に間伐等の施業履歴の聞き込み調査を行いました。森林所有者の代変わりなどで追跡ができる状況ではない事例がほとんどであったため、別の方法を検討しました。検討の結果、80年生以上の長伐期にも対応したものとするため、2012年に本県で作成された「長伐期林業施業体系（あいちモデル）」（愛知県農林水産部 2012）[2]を適用しました（図11）。

（スギ）

※資料より一部抜粋して改変

| 林齢       |          | 10    | 20             | 30                | 40            | 50            | 60            | 70              | 80 | 90 | 100 |
|----------|----------|-------|----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|----|----|-----|
| 地位1      | 施業       | 除伐    | 第1回間伐<br>(切捨て) | 第2回間伐<br>(定性・切捨て) | 第3回間伐<br>(列状) | 第4回間伐<br>(列状) | 第5回間伐<br>(点状) | 主伐<br>(択伐・皆伐) → |    |    |     |
|          | 間伐率(%)   |       | 25             | 33                | 33            | 33            | 33            |                 |    |    |     |
|          | 本数(本/ha) | 2,750 | 2,000          | 1,350             | 900           | 600           | 400           |                 |    |    |     |
| 地位2<br>4 | 施業       | 除伐    | 第1回間伐<br>(切捨て) | 第2回間伐<br>(定性・切捨て) | 第3回間伐<br>(列状) | 第4回間伐<br>(列状) | 第5回間伐<br>(点状) | 主伐<br>(択伐・皆伐) → |    |    |     |
|          | 間伐率(%)   |       | 25             | 25                | 33            | 33            | 33            |                 |    |    |     |
|          | 本数(本/ha) | 2,750 | 2,050          | 1,500             | 1,020         | 680           | 450           |                 |    |    |     |
| 地位5      | 施業       | 除伐    | 第1回間伐<br>(切捨て) | 第2回間伐<br>(定性・切捨て) | 第3回間伐<br>(列状) | 第4回間伐<br>(列状) | 第5回間伐<br>(点状) | 主伐<br>(択伐・皆伐) → |    |    |     |
|          | 間伐率(%)   |       | 20             | 20                | 33            | 33            | 33            |                 |    |    |     |
|          | 本数(本/ha) | 2,950 | 2,350          | 1,850             | 1,240         | 830           | 550           |                 |    |    |     |

(図11：施業体系図（スギ）)

##### (2) その他の設定

林分収穫予想表における材積等の項目を計算するため、1981年、1982年に林野庁が作成した「林分密度管理図（南関東・東海地方）」[3,4]の計算式を活用しました。現地調査で得た樹高を基に平均胸高直径や全林木本数などの項目を計算し、5段階の地位級ごとに材積を計算しました。

また、先述の長伐期林業施業体系（あいちモデル）に従って材積を計算した場合、間伐の影響で収量比数 $R_y$ が0.6以下になってしまい、現実の林分状況に則さない場合が確認されたため、 $R_y$ が0.6以下とならないよう考慮した施業体系としました。

さらに、林分密度管理図上で立木本数が1,000本以下の際の自然枯死曲線が存在しない点や、枯死木の割合が立木本数に対して極めて小さい点を考慮し、立木本数が1,000本を下回った場合に自然枯死の影響を受けない設定としました。

各項目や設定を調整した上で材積を計算した結果、地位級5区分それぞれに対して植栽密度7区分の計35区分の林分収穫予想表を作成し、2024年9月30日に愛知県農林基盤局林務課のホームページで公開することができました（表1、2）[5]。

(表1: 林分収穫予想表 (例: スギ))

スギ林分収穫予想表

| 植栽本数 1500本/ha |       | 地位級 1   |        |                    |       |       |       |                    |                    |                    |      |       |       |       |
|---------------|-------|---------|--------|--------------------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|-------|-------|
| 項目            | 林齢    | 上層木平均樹高 | 平均胸高直径 | 胸高断面積              | 全林木本数 | 主林木本数 | 副林木本数 | 全林木材積              | 主林木材積              | 副林木材積              | 収量比率 | 相对幹距比 | 形状比   |       |
| 単位            | 年生    | m       | cm     | m <sup>2</sup> /ha | 本     | 本     | 本     | m <sup>3</sup> /ha | m <sup>3</sup> /ha | m <sup>3</sup> /ha | -    | -     | -     |       |
| 施業            |       | 10      | 8.8    | 13.7               | 21.5  | 1461  | 1461  | 0                  | 110                | 110                | 0    | 0.54  | 0.297 | 0.642 |
|               |       | 15      | 12.7   | 17.4               | 33.7  | 1417  | 1417  | 0                  | 233                | 233                | 0    | 0.69  | 0.209 | 0.730 |
|               | 25%間伐 | 20      | 16.0   | 19.8               | 31.7  | 1371  | 1028  | 343                | 361                | 324                | 37   | 0.70  | 0.195 | 0.808 |
|               |       | 25      | 18.8   | 23.9               | 45.1  | 1006  | 1006  | 0                  | 439                | 439                | 0    | 0.76  | 0.168 | 0.787 |
|               | 33%間伐 | 30      | 21.3   | 25.6               | 33.9  | 984   | 659   | 325                | 551                | 476                | 75   | 0.69  | 0.183 | 0.832 |
|               |       | 35      | 23.3   | 30.8               | 49.1  | 659   | 659   | 0                  | 568                | 568                | 0    | 0.73  | 0.167 | 0.756 |
|               | 33%間伐 | 40      | 25.1   | 31.9               | 35.3  | 659   | 442   | 217                | 655                | 561                | 94   | 0.65  | 0.190 | 0.787 |
|               |       | 45      | 26.6   | 37.5               | 48.8  | 442   | 442   | 0                  | 628                | 628                | 0    | 0.68  | 0.179 | 0.709 |
|               | 33%間伐 | 50      | 27.9   | 38.4               | 34.3  | 442   | 296   | 146                | 691                | 572                | 119  | 0.58  | 0.208 | 0.727 |
|               |       | 55      | 29.0   | 44.1               | 45.2  | 296   | 296   | 0                  | 624                | 624                | 0    | 0.60  | 0.200 | 0.658 |
|               |       | 60      | 29.9   | 44.9               | 46.9  | 296   | 296   | 0                  | 665                | 665                | 0    | 0.61  | 0.194 | 0.666 |
|               |       | 65      | 30.7   | 45.6               | 48.3  | 296   | 296   | 0                  | 703                | 703                | 0    | 0.62  | 0.189 | 0.673 |
|               |       | 70      | 31.4   | 46.2               | 49.6  | 296   | 296   | 0                  | 736                | 736                | 0    | 0.63  | 0.185 | 0.680 |
|               |       | 75      | 32.0   | 46.7               | 50.7  | 296   | 296   | 0                  | 766                | 766                | 0    | 0.64  | 0.182 | 0.685 |
|               |       | 80      | 32.5   | 47.1               | 51.6  | 296   | 296   | 0                  | 791                | 791                | 0    | 0.65  | 0.179 | 0.690 |
|               |       | 85      | 32.9   | 47.4               | 52.2  | 296   | 296   | 0                  | 811                | 811                | 0    | 0.65  | 0.177 | 0.694 |
|               |       | 90      | 33.3   | 47.7               | 52.9  | 296   | 296   | 0                  | 831                | 831                | 0    | 0.66  | 0.175 | 0.698 |
|               |       | 95      | 33.6   | 47.9               | 53.3  | 296   | 296   | 0                  | 846                | 846                | 0    | 0.66  | 0.173 | 0.701 |
|               |       | 100     | 33.9   | 48.2               | 54.0  | 296   | 296   | 0                  | 862                | 862                | 0    | 0.66  | 0.171 | 0.703 |
|               |       | 105     | 34.1   | 48.3               | 54.2  | 296   | 296   | 0                  | 872                | 872                | 0    | 0.67  | 0.170 | 0.706 |
|               | 110   | 34.3    | 48.5   | 54.7               | 296   | 296   | 0     | 882                | 882                | 0                  | 0.67 | 0.169 | 0.707 |       |
|               | 115   | 34.4    | 48.5   | 54.7               | 296   | 296   | 0     | 887                | 887                | 0                  | 0.67 | 0.169 | 0.709 |       |
|               | 120   | 34.6    | 48.7   | 55.1               | 296   | 296   | 0     | 898                | 898                | 0                  | 0.67 | 0.168 | 0.710 |       |

(表2: 林分収穫予想表 (例: ヒノキ))

ヒノキ林分収穫予想表

| 植栽本数 3000本/ha |       | 地位級 3   |        |                    |       |       |       |                    |                    |                    |      |       |       |       |
|---------------|-------|---------|--------|--------------------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|-------|-------|
| 項目            | 林齢    | 上層木平均樹高 | 平均胸高直径 | 胸高断面積              | 全林木本数 | 主林木本数 | 副林木本数 | 全林木材積              | 主林木材積              | 副林木材積              | 収量比率 | 相对幹距比 | 形状比   |       |
| 単位            | 年生    | m       | cm     | m <sup>2</sup> /ha | 本     | 本     | 本     | m <sup>3</sup> /ha | m <sup>3</sup> /ha | m <sup>3</sup> /ha | -    | -     | -     |       |
| 施業            |       | 10      | 5.5    | 9.2                | 19.1  | 2871  | 2871  | 0                  | 59                 | 59                 | 0    | 0.41  | 0.339 | 0.598 |
|               |       | 15      | 7.8    | 11.5               | 28.4  | 2731  | 2731  | 0                  | 124                | 124                | 0    | 0.59  | 0.245 | 0.678 |
|               | 15%間伐 | 20      | 9.9    | 13.1               | 29.6  | 2581  | 2194  | 387                | 192                | 178                | 14   | 0.66  | 0.216 | 0.756 |
|               |       | 25      | 11.6   | 15.0               | 37.1  | 2101  | 2101  | 0                  | 237                | 237                | 0    | 0.73  | 0.188 | 0.773 |
|               | 20%間伐 | 30      | 13.2   | 16.0               | 32.3  | 2009  | 1607  | 402                | 294                | 268                | 26   | 0.72  | 0.189 | 0.825 |
|               |       | 35      | 14.5   | 18.1               | 40.1  | 1558  | 1558  | 0                  | 315                | 315                | 0    | 0.77  | 0.175 | 0.801 |
|               |       | 40      | 15.6   | 18.8               | 42.1  | 1517  | 1517  | 0                  | 355                | 355                | 0    | 0.80  | 0.165 | 0.830 |
|               | 33%間伐 | 45      | 16.6   | 19.4               | 29.3  | 1479  | 991   | 488                | 392                | 340                | 52   | 0.71  | 0.191 | 0.856 |
|               |       | 50      | 17.4   | 22.6               | 39.8  | 991   | 991   | 0                  | 366                | 366                | 0    | 0.73  | 0.183 | 0.770 |
|               |       | 55      | 18.1   | 23.0               | 41.2  | 991   | 991   | 0                  | 394                | 394                | 0    | 0.75  | 0.176 | 0.787 |
|               |       | 60      | 18.8   | 23.3               | 42.3  | 991   | 991   | 0                  | 422                | 422                | 0    | 0.77  | 0.169 | 0.807 |
|               | 33%間伐 | 65      | 19.3   | 23.6               | 29.0  | 991   | 664   | 327                | 442                | 375                | 67   | 0.67  | 0.201 | 0.818 |
|               |       | 70      | 19.8   | 27.0               | 38.0  | 664   | 664   | 0                  | 393                | 393                | 0    | 0.68  | 0.196 | 0.733 |
|               |       | 75      | 20.2   | 27.2               | 38.6  | 664   | 664   | 0                  | 408                | 408                | 0    | 0.69  | 0.192 | 0.743 |
|               |       | 80      | 20.5   | 27.4               | 39.2  | 664   | 664   | 0                  | 420                | 420                | 0    | 0.70  | 0.189 | 0.748 |
|               |       | 85      | 20.8   | 27.6               | 39.7  | 664   | 664   | 0                  | 431                | 431                | 0    | 0.71  | 0.187 | 0.754 |
|               |       | 90      | 21.1   | 27.8               | 40.3  | 664   | 664   | 0                  | 443                | 443                | 0    | 0.72  | 0.184 | 0.759 |
|               |       | 95      | 21.3   | 27.9               | 40.6  | 664   | 664   | 0                  | 451                | 451                | 0    | 0.72  | 0.182 | 0.763 |
|               |       | 100     | 21.5   | 28.0               | 40.9  | 664   | 664   | 0                  | 459                | 459                | 0    | 0.73  | 0.181 | 0.768 |
|               |       | 105     | 21.7   | 28.1               | 41.2  | 664   | 664   | 0                  | 467                | 467                | 0    | 0.73  | 0.179 | 0.772 |
|               | 110   | 21.8    | 28.1   | 41.2               | 664   | 664   | 0     | 470                | 470                | 0                  | 0.74 | 0.178 | 0.776 |       |
|               | 115   | 21.9    | 28.2   | 41.5               | 664   | 664   | 0     | 474                | 474                | 0                  | 0.74 | 0.177 | 0.777 |       |
|               | 120   | 22.0    | 28.2   | 41.5               | 664   | 664   | 0     | 478                | 478                | 0                  | 0.74 | 0.176 | 0.780 |       |

## 5 まとめ

新規に行った現地調査によりスギ77本、ヒノキ102本の資料を確保し、80年生以上の高齢林データを充実させることができました。過去の研究で実施した現地調査資料や1983年の林分収穫予想表で扱われた資料を追加し解析を行った結果、最適な樹高成長曲線がMitscherlich式となり、新規に地位級別樹高成長曲線を作成することができました。作成した曲線を1983年の林分収穫予想表で使用された曲線と比較した結果、地位級の高い林分では高齢林でも緩やかに樹高成長が継続していることがわかりました。

得られた地位級5区分それぞれに植栽密度7区分を反映した計35区分の表を作成し、120年生まで対応したスギ・ヒノキ林分収穫予想表を完成させることができました。

## 6 今後の課題

今回作成した林分収穫予想表はある一定の施業を行った際に将来的に得られる材積を推定したものであり、あらゆる施業体系を反映したものではありません。そのため、今後はさまざまな施業体系に則したシステム収穫表を作成し、より利便性を高めていきたいと考えております。

## おわりに

今回の調査により、高齢林を中心に現況の林分状況を反映したものとすることができたため、少なからず林業経営者や森林所有者の意欲の向上に資するものとすることができたと感じています。林分収穫予想表の作成にあたり、(国研)森林総合研究所森林管理研究領域の皆様には多くのご助言をいただき、愛知県の各農林水産事務所の林業普及指導員の皆様には現地調査にご協力いただいたことに、心より感謝申し上げます。

## 参考文献等一覧

- [1] 愛知県 (1983) 林分材積表 林分収穫予想表 スギ・ヒノキ人工林 [参考]
- [2] 愛知県農林水産部林務課 (2012) 長伐期林業施業体系 (あいちモデル) [引用]
- [3] 林野庁 (1981) スギ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方 [参考]
- [4] 林野庁 (1982) ヒノキ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方 [参考]
- [5] 愛知県 (2024) スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表. <https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/532270.pdf>. [引用]
- [6] 稲田充男 (1991) 林分密度管理図に基づく人工林収穫予測表等の作成. 森林計画誌16 : 71-85. [参考]
- [7] 島田博匡 (2010) 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成. 三重県林業研報2, 1-28. [参考]
- [8] 長濱孝行 (2006) 長伐期施業に対応した鹿児島県ヒノキ人工林管理基準. 鹿児島県林試研報9, 7-25. [参考]
- [9] 長濱孝行・近藤洋史 (2006) 長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測. 日林誌88, 71-78. [参考]
- [10] 細田和男・西園朋広・北原文章・笹川裕史・古田朝子 (2024) 南関東・東海地方スギ人工林林分密度管理図の検証と改訂の試み. 関東森林研究75, 17-20. [参考]
- [11] 吉田和広・星涼太 (2026) 愛知県スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表の調製について. 森林計画誌59 : 81-85. [参考]
- [12] 林野庁 (2024) 林分密度管理図による収穫予想表作成の手順書 民有林スギ人工林版 [参考]

\*1 J-クレジット制度：省エネルギー設備の導入や再生可能エネルギーの利用によるCO<sub>2</sub>等の排出削減量や、適切な森林管理によるCO<sub>2</sub>の吸収量を「クレジット」として国が認証する制度。

# 現場出張時における公用車事故について ～林道等で発生した事故の分析及び対策の検討～

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林整備センター

中部整備局 津水源林整備事務所 収穫係主任 ○今泉 早貴

## 要旨

林業において現場出張時の事故は例年多く発生しており、その防止は非常に重要である。当研究では平成30年度～令和5年度の事故データを分析し、事故防止のための対策を検討した。その結果、林道等での事故が全体の6割以上を占め、20代の職員が半数以上の事故を起こしていることがわかった。また車体下部の破損は自走不可につながりやすい傾向があった。このことから事故防止対策として、基本的な注意事項の徹底、安全運転マニュアル配布や運転トレーニングの実施、コーナーポール使用や最低地上高の高い車種の選定が提案された。

## はじめに

林業の現場において車両は林道や作業道等、幅員が狭く障害物のある未舗装の悪路を走行することが多い。林業における車両の事故及び安全に関する研究は、原木輸送トラックにおけるヒヤリハットに関する研究(中田ら, 2021) [1]、路網作設作業時の事故に関する事例紹介(鹿島ら, 2012) [2]はあるものの、主に現場管理を担う職員の普通車による通勤時の事故に関してはほとんど研究されておらず、生態学者の野外調査における安全提言(粕谷, 2001) [3]がある程度である。森林整備センターにおいても例年公用車事故が多く発生し、職員の安全管理及び費用的損失において、事故防止は喫緊の課題である。そこで本研究では、森林整備センター全国38の整備局及び整備事務所において現場出張時に発生した事故のデータを分析し、事故防止のための対策をソフト面及びハード面から検討した。

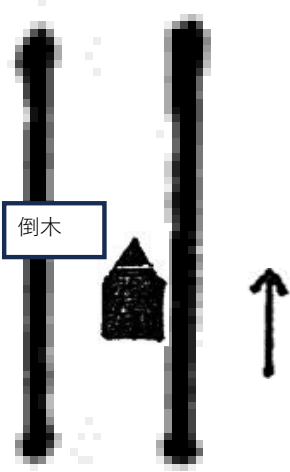
## 1 方法

平成30年度～令和5年度の事故報告書(図1)から、事故状況をデータベース化し、事故全件において発生場所、運転者の年代を分析した。加えて林道等(林道、作業道)で発生した事故状況について、以下の要素に分類してより詳細に分析した。

- ・車両の進行方向 (①前進一般、②右左折及びカーブ、③バック及び方向転換)
- ・起因物 (①路面状況、②路上物、③道脇の物・状況)
- ・事故型 (①ぶつけ、②こすり・ひっかかり、③突き刺さり、④踏み・乗り越え・脱輪、⑤その他)

さらに車種(①日産エクストレイル、②三菱RVR)について、事故発生件数に車種による有意差があるか検定を行った。各車種(図2)の車体サイズは、日産エクストレイル【全長4640mm×全幅1820mm×全高1740mm、車高185～200mm】[4]、三菱RVR【全長4365mm×全幅1770mm×全高1630mm、車高195～205mm】[5]である。

## 交通事故報告書

|            |  |              |            |       |         |                              |                   |
|------------|--|--------------|------------|-------|---------|------------------------------|-------------------|
| 発生日        |  | 令和 年 月 日 時 分 | ころ         | 天候    | 晴・雲・雨・雪 | 1 事故状況（事故の原因、状況を具体的に記入して下さい） |                   |
| 発生場所       |  |              |            |       |         |                              |                   |
| 届出警察署      |  | 署            | 派出所、担当係官氏名 |       |         |                              |                   |
| 当方         |  |              | 相手         |       |         |                              | 2 事故に対する処理        |
| 運転者        | 住所   |              | 才          | 運転者   | 住所      |                              |                   |
|            | 氏名・年齢  |              |            |       | 氏名・年齢   | ( )才                         |                   |
|            | 免許種類番号   |              |            |       |         |                              |                   |
|            | 取得年月日  | 平成 年 月 日     |            |       |         |                              |                   |
| 車両         | 登録番号又は管理番号   |              | 車両         | 車名・年式 | 令和 年    |                              |                   |
|            | 車台番号   |              |            | 登録番号  |         |                              |                   |
|            | 車名・年式  |              |            | 修理工場  | 住所      |                              |                   |
|            | 車検期間   |              |            |       | 氏名      |                              |                   |
|            | 修理工場   | 住所<br>氏名     |            | 損害額   | 車両      |                              |                   |
|            | 損害額  | 車両<br>その他    |            |       | その他     |                              |                   |
| 人身傷害有無     |  |              | 人身傷害有無     |       |         |                              | 3 人身傷害があったときはその内容 |
| 発生場所での制限速度 |  | Km/時         | 発生場所での制限速度 |       | Km/時    |                              |                   |
| 発生場所での走行速度 |  | Km/時         | 発生場所での走行速度 |       | Km/時    |                              |                   |
| 発生場所での走行速度 |  | Km/時         | 発生場所での走行速度 |       | Km/時    |                              |                   |
| 現場見取図      |  <p style="text-align: center;">破損状況は別添のとおり</p> |              |            |       | 自転車     | 🏠                            | 4 その他             |
|            |  |              |            |       | 相手車三・四車 | 🏠                            |                   |
|            |  |              |            |       | 二輪・自転車  | 🚲                            |                   |
|            |  |              |            |       | 人間      | 👤                            |                   |
|            |  |              |            |       | 信号      | 🚦                            |                   |
|            |  |              |            |       | 一時停止    | 🛑                            |                   |
|            |  |              |            |       | 横断歩道    | 🚶                            |                   |
|            |  |              |            |       | 進行方向    | ←                            |                   |
|            | 道路   | ==           |            |       |         |                              |                   |

(図1：事故報告書(様式))



(図2：使用車種)

## 2 結果

データベースから各状況、要素を集計した。

### (1) 事故全体の分析

事故件数は全178件であり、死傷者はなく大半が軽微な自損事故又は物損事故であった。

#### ア 発生場所

事故発生場所について示す(表1)。一般道、高速道路及び駐車場等が約3割、林道等(林道、作業道)が約6割であった。駐車場等及び林道等が発生場所の多くの割合を占めている。

(表1：事故発生場所)

| 発生場所 | 件数(件) | %    |
|------|-------|------|
| 駐車場等 | 28    | 16%  |
| 一般道  | 18    | 10%  |
| 高速道路 | 6     | 3%   |
| 林道   | 20    | 11%  |
| 作業道  | 92    | 52%  |
| 不明   | 14    | 8%   |
| 計    | 178   | 100% |

#### イ 運転者

事故を発生させた運転者の年代(図3)、及び森林整備センター職員の年代割合(図4)を示す。事故全体において運転者は20代(職員数のうち24%)が52%を占めていた。このことから20代の職員は事故を起こしやすいといえる。その理由として、20代職員は経験値が少なく運転技術が未熟な一方で、現場出張及び運転の機会が多いことが挙げられる。

また、事故を発生させた職員106名中15名(うち20代10名、30代4名、40代1名)が3回以上の事故を発生させており、事故を起こしやすい職員の存在が明らかになった。

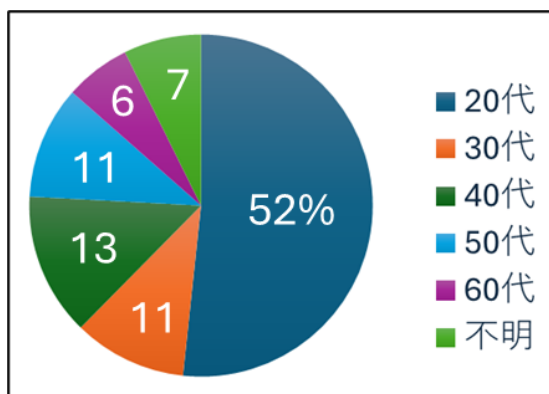


図3 年代別事故件数割合

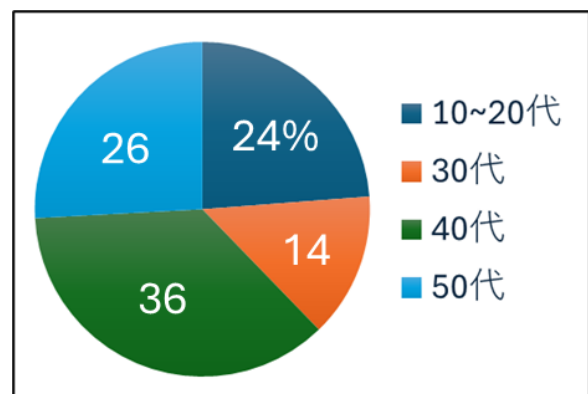


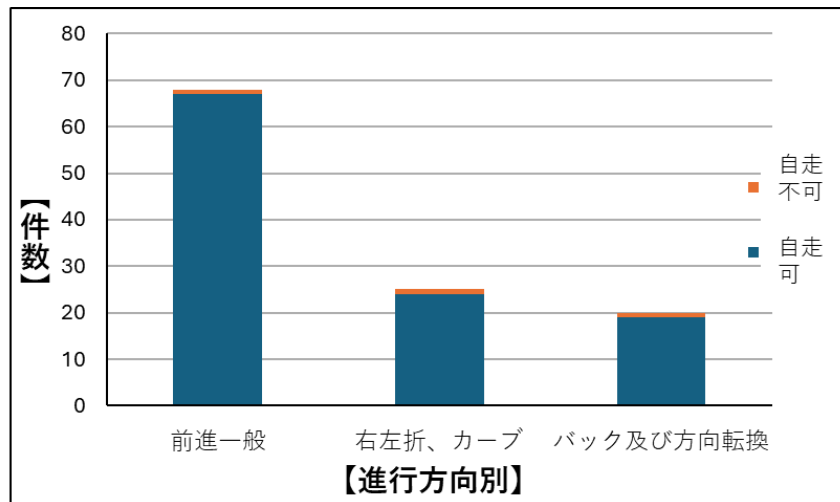
図4 職員の年代割合

## (2) 林道等における事故の分析

林道等における事故件数は112件であった。そのうち自力走行不可となった事故は3件で、①カーブ走行時に濡れた路面で滑り立木に激突してフロント部が大破したもの、②バック走行時に車体下部前方が轍にひかかりフロントバンパーが脱落したもの、③前進走行時に路面のくぼみに車体下部が接触し冷却水漏れがあったものであった。

### ア 進行方向

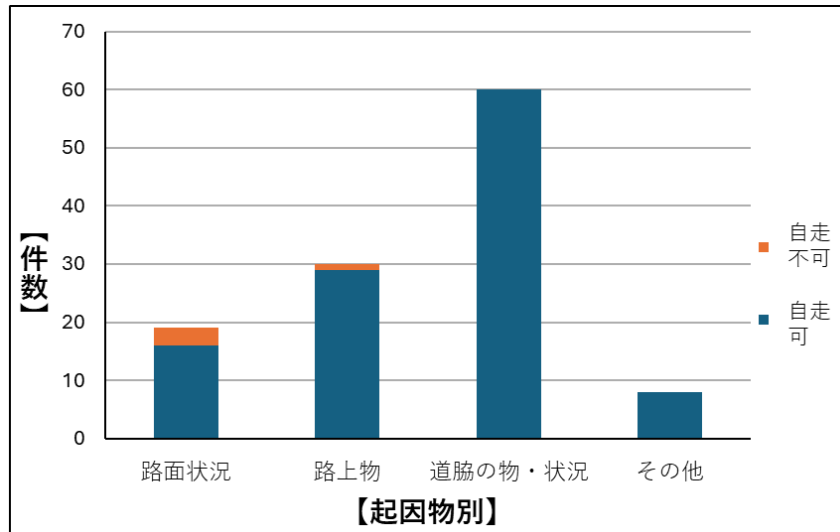
前進一般が60%、右左折及びカーブが22%、バック及び方向転換が18%であった(図5)。全走行時間において各進行方向への走行時間が占める割合を考えると、バック及び方向転換は事故発生リスクが高いと考えられる。



(図5：進行方向別 事故件数)

### イ 起因物

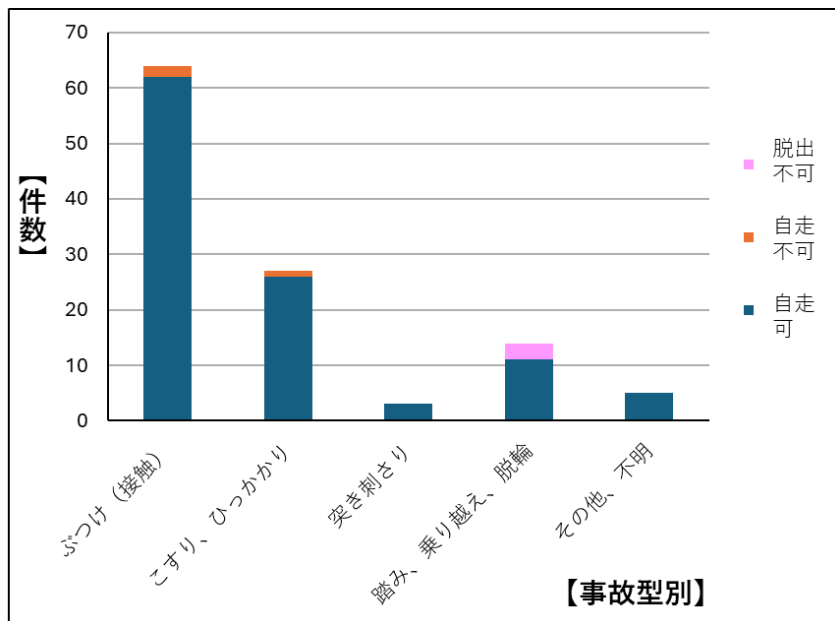
道脇の物・状況が51%、路上物が26%、路面状況が16%であった(図6)。自力走行不可となった事故は、路面状況及び路上物により発生していた。



(図6：起因物別 事故件数)

### ウ 事故型

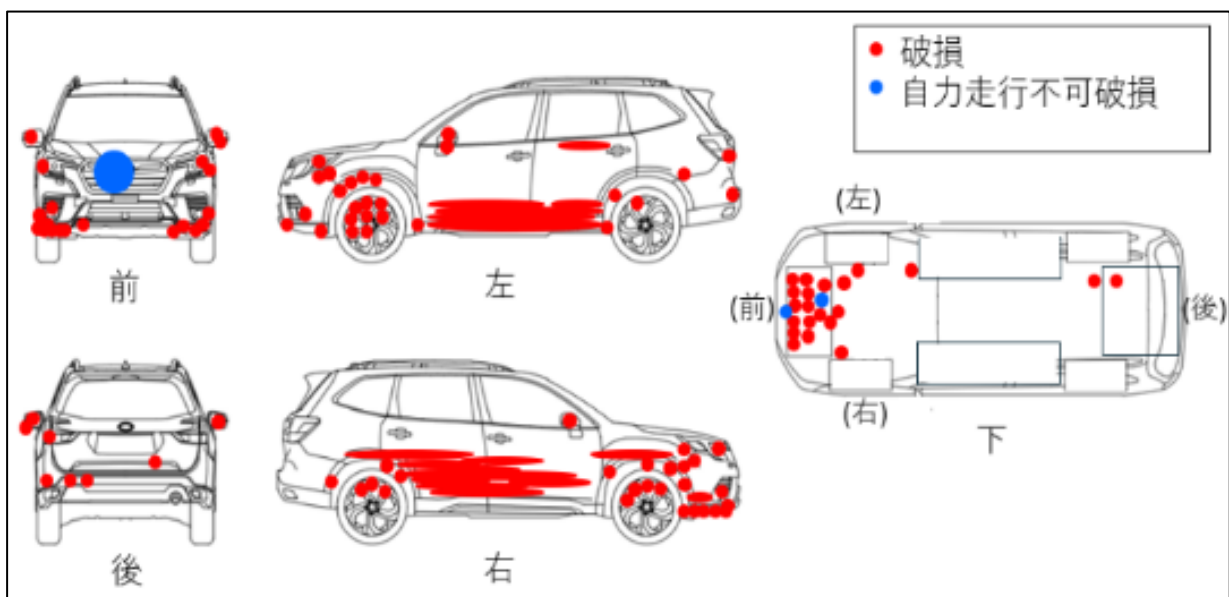
ぶつつけが57%、こすり・ひっかかりが24%、踏み・乗り越え・脱輪が12%であった（図7）。脱出不可の事故3件はすべて、踏み・乗り越え・脱輪により発生していた。



(図7：事故型別 事故件数)

### エ 破損部位

破損部位について示す（図8）[6]。フロントバンパーの角に破損が多く、タイヤについては左前輪に8件と集中していた。道脇の物により車体側面をこする事故は多いが、これは走行に支障が出る破損ではなかった。一方で車体下部を破損すると走行不可となる場合が出てきており、自力走行不可とならないためには、大きな破損を避けること、路面状況及び路上物に注意を払い、車体下部の破損を避けることが重要と考えられる。



(図8：林道等事故における破損部位)

### オ 車種

各車種の稼働日数と事故件数からカイ二乗検定を行った。検定の結果、 $p > 0.05$ において差はなかった。

### 3 考察

結果をふまえて事故対策を考察した。

前提として、職員は幅員の狭い悪路を大きめの普通車で走行する必要があることから、通行予定の林道等において公用車の走行が可能か事前に確認した上で走行するべきである。加えて森林整備センターの職員は、地元の森林組合職員が運転する軽トラックや軽バンに先導されて走行することが多いため、この先導車の運転者へゆっくりと走行するよう依頼することで、速度を抑え、余裕をもった運転をすることができ、事故防止につながると考えられる。

若手職員の事故が多く、同一職員が複数回事故を発生させていたが、これはこの層の経験値の少なさ及び運転技術の未熟さが原因と推測され、走行時の危険予知能力の向上及び運転技術の上達が事故減に寄与すると考えられる。よって林道等を走行する際の注意点をまとめた安全運転マニュアルの配布及び、車幅や車両前後の間隔をつかむ練習、バック及び切り返しの練習といった運転トレーニングの実施は事故減に効果が期待できると考えられる。

バック及び方向転換はリスクが高かったことから、この際は誘導者をつけ、路上物及び周囲の状況に注意を払うという基本的な注意事項の徹底が重要である。

事故の起因物は道脇の物・状況が多く、自力脱出不可は脱輪によるものであった。これらの事故を防止するには、左右の物に接触したり踏み越えたりすることがないように、運転手が車幅感覚を身につける必要がある。そのためには運転トレーニングの実施、及び助手席同乗者による積極的な介助は効果的と考えられる。加えて、特に左前輪の破損が多かったことから、コーナーポールの使用は車幅感覚の把握を補助し、事故減に効果が期待できると考えられる。

走行不可となった事故は車体下部の破損によることが多かったことから、走行時は路面状況に注意を払い、凹凸部では十分に減速すること、路上物はこまめに除去することといった、基本的な注意事項を徹底することが重要である。加えて最低地上高の高い車種を選択することも、車体下部の破損減に効果があると考えられる。

上述した各対策の導入について現状を考慮の上、より詳細に検討した。

#### (1) 安全運転マニュアル

現在、森林整備センターにおいて安全運転に関する記述のある要領等には、主に関係法令の遵守、運転前後の車両点検、事故発生時の報告、及び基本的な注意事項（バック及び方向転換時には誘導者をつけることや、路面状況を確認しながら安全な速度で走行すること等）が記載されている。しかしながら特に運転に不慣れな若手職員には、より具体的な内容かつ、作業道の状況をイメージしやすい写真やイラストを用いて注意事項を解説した安全運転マニュアルを作成配布することでより一層事故減に効果が期待できると考えられる。

#### (2) 運転トレーニング

職員は公用車の運転を先輩職員から指導を受けながらOJTにより習得している。研究結果から特に事故件数の多さが目立った駐車場、及び林道等における運転について、注意点を意識した運転トレーニングを実施することは職員の運転技術向上に寄与すると考えられる。具体的には、駐車場での駐車練習、車両の幅感覚・前後感覚を身につけるトレーニングを安全な場所で行うこと、及び作業道でのバック・切り返しや誘導の練習を行うことが考えられる。特に新入職員及び繰り返し事故を発生させてしまう職員が集中的にトレーニングを実施することは事故減に効果が期待できると考えられる。

#### (3) コーナーポールの使用及び車種選定

公用車にコーナーポールを採用する場合、車の各種センサー機能の妨げとならないよう、純正品を使用する必要があるため、当初からコーナーポールが搭載されている車種を選定する必要がある。これは該当

する車種の少なさや、組織の公用車選定基準を満たす車種を選定することから容易ではないと考えられるが、選定基準の見直し等も含めて検討が必要である。また最低地上高の高い車種の選定についても同様である。

## おわりに

事故のデータを分析して考察した事故対策として、バック及び方向転換時は誘導者をつけ路上物及び周囲の状況に注意を払うこと、走行時は路面状況に注意を払い凹凸部では十分に減速すること、路上物はこまめに除去することといった、いわゆる基本的な注意事項の徹底が挙げられ、目新しさには欠ける結果となった。しかしこれら基本的な注意事項について、データによる根拠・裏付けが示された上でその重要性が再確認できたことは有意義であったと考えられる。

運転技術は経験を積むことで上達するといわれており、現状そうではあるものの、現場出張及び作業道走行時の注意点をわかりやすくまとめたマニュアルを活用してより効率的に経験を蓄積し、また運転トレーニングを組み合わせることで上達を早くすることができるのではないかと考えられる。

コーナーポール及び最低地上高の高い車種の導入は、組織の選定基準もあることから検討調整を要すると思われるが、その際には本研究データが参考になると考えられる。

## 資料文献一覧

- [1] 中田知沙ほか. 2021. 原木輸送におけるドライバーのヒヤリハット経験の発生要因：森林利用学会誌36, 79-86 [参考]
- [2] 鹿島潤ほか. 2012. 路網作設作業における事故，ヒヤリハット事例：森林利用学会誌27, 31-37 [参考]
- [3] 粕谷英一. 2001. 野外調査における事故防止のために：日本生態学会誌51, 41-43 [参考]
- [4] 日産HP, <https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/x-trail.html> (2026年2月17日閲覧) [引用]
- [5] 三菱HP, [https://www.east-mitsubishi-motor-sales.com/new\\_car/rvr/](https://www.east-mitsubishi-motor-sales.com/new_car/rvr/) (2026年2月17日閲覧) [引用]
- [6] CAD素材.com, <https://cad-freed-rawingsamples.com/automobile/> (2026年2月17日閲覧) [引用]

