

コウヨウザン初期成長について（4成長期の記録）

1 目的

コウヨウザンは早生樹として注目されていますが、本県における保育技術は未整備です。そこで、コウヨウザン裸苗をサイズ分けして植栽し、その成長過程を調べる試験地を当センター高平施設（三次市）内に2018（平成30）年4月に設定しました。この試験地に植栽したコウヨウザンの初期成長の記録を昨年引き続き紹介します。

2 内容

植栽したコウヨウザン苗は中国産輸入種子を用いて生育された1年生裸苗で、間引き等は特に行われておらず、苗の大きさには個体の初期成長の差が表れているものでした。

苗は写真1に示すように、並んだ2か所の植栽地に、苗木の大きさ別に20 cmから40 cmまでの4区に分けて、2m間隔で2列ずつ、植栽密度として2,500本/haで植栽しました。植栽木の保育内容や調査日等は試験の概要として表1に示しました。

3 結果

① 成長

写真1に見られるように植栽区間には、植栽年度の下刈時の誤伐等の影響による成長差が見られますが、今回も苗木のサイズ別に取りまとめた結果を紹介します。

各調査時の平均樹高の棒グラフを図1に示します。植栽時の苗木サイズによる樹高の差は年々減少しましたが、4成長期終了時でも最大と最小サイズ間の差が5%水準で有意差ありとなっており、苗木サイズとしては25 cm以上が良いと考えられました。

各成長期の平均樹高を見ると、25 cm以上の苗木では2成長期の8月時点で平均樹高が1 mを超え、3成長期後には平均樹高が2 mを超えることから、土壌条件や下層植生にもよりますが、下刈りは2年、多くても3年程度と推察されました。

次に4成長期終了の2021年11月末時点の樹高と胸高直径（DBH）の箱ひげ図を図2、3に示します。樹高の外れ値となった木は初年の誤伐や1年目の冬以降のシカによる軸の折損・剥皮などの影響を受けたものが多く、下刈りを1年で終了したために下層植生の被圧下から抜け出せなくなっていました。DBHは樹高に比べてバラつきが小さく、良くまとまっており、形状比も樹高2m以上の個体の平均値は75と良好でした。

また、写真1でも若干見られるように大きな植栽木間では枝先が接するようになってきており、来シーズンには樹冠が閉鎖してくると考えられました。

② 被害等

この試験地ではノウサギの糞が見られるものの、食害は発生しませんでした。植栽後3年間は単木的にシカによる皮剥ぎ害等が発生しましたが、4年目は枝先の軽い食害程度で影響はありませんでした。現在はシカやイノシシの獣道が試験地内に見られますが、樹冠が閉鎖すればシカなどの進入も減ることが期待されます。

4 活用の方向

コウヨウザンは初期成長が良く、植栽密度2,500本/haでは4成長期で植栽木間の下枝接触が始まる事が分かりました。今後も継続してデータを取り続けることでコウヨウザンの保育管理指針の作成に活用する予定です。

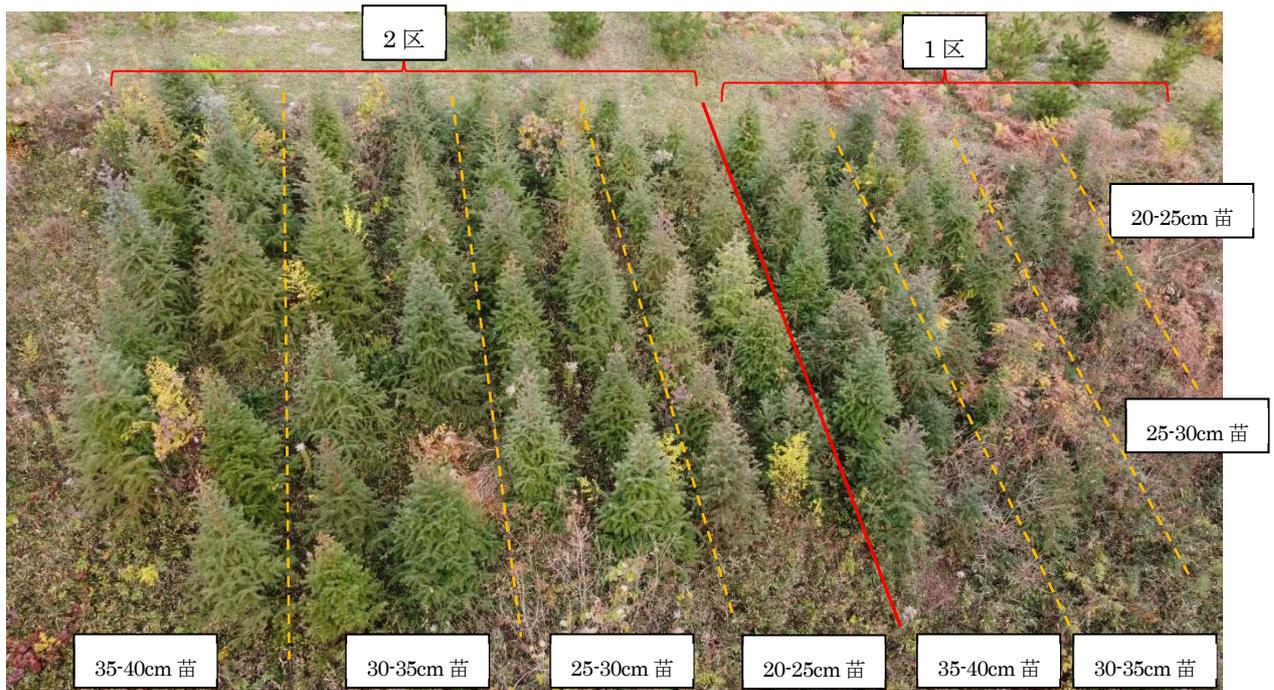
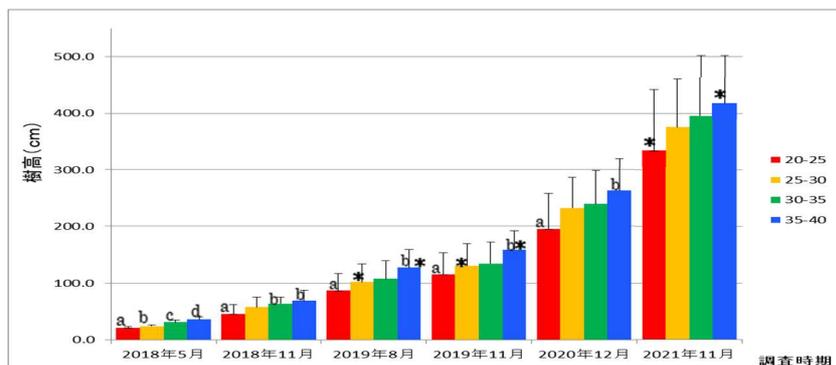


写真1 試験地の状況(令和3年11月30日撮影)

表1 試験の概要

植栽地	林業技術センター三次市高平試験地
植栽日	2018年4月20日
苗木	コウヨウザン実生1年生裸苗(中国産種子)
植栽本数・植栽密度	104本, 2,500本/ha
植栽地の概況	南向斜面上部, 弱乾性褐色森林土(クロボク混じり)
忌避剤, 散布日	コニファー水和剤, 1回目:2018年5月, 2回目:2019年1月
保育管理	全面下刈り:2018年8月17日
	つぼ刈:2018年6月21日(全木), 2019年8月2日(50cm以下)
	蔓切り:2019年8月, 9月, 2020年12月
調査日	2018年5/11, 11/30, 2019年8/8, 11/21, 2019年/12/17, 2022年11/29



各計測時において,異なるアルファベット間に1%水準, *間に5%水準で有意差あり

図1 平均樹高の推移(エラーバーは標準偏差)

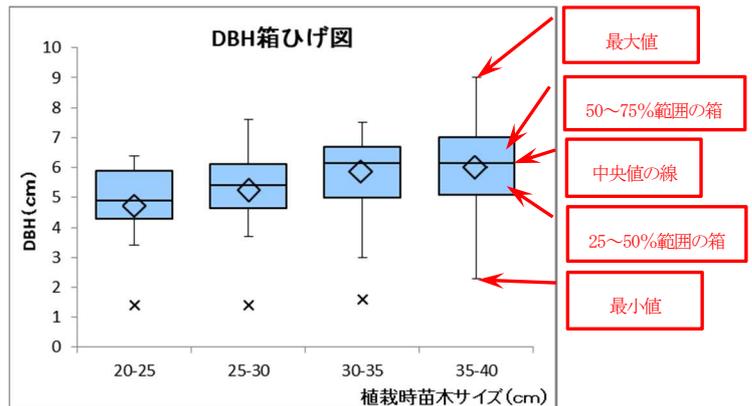
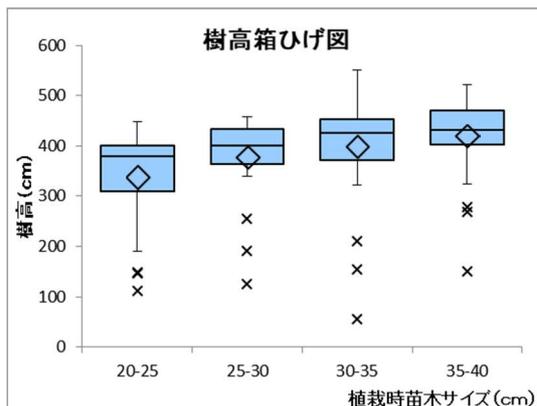


図2 苗木サイズ別の樹高(◇は平均値, ×は外れ値) 図3 苗木サイズ別の胸高直径(DBH)

コウヨウザンに発生する獣害とその防除方法の検討

1 目的

コウヨウザンは成長の早い樹種として注目されていますが、県内各地で獣害が発生するケースが多数報告されており、中でもウサギ害を受けやすい傾向があることがわかっています。効果的なウサギ害防除技術を開発することを目的に試験を行いました。

2 内容

既にウサギ害の発生が確認されている造林地に、ツリーシェルター3種類（生分解性不織布製100cmと140cm、プラスチック製140cm）、忌避剤処理苗（ジラム水和剤系の忌避剤を普通苗に1回散布のみと2回散布、大苗に1回散布）を設置・植栽した試験地をつくり、（図1）その内部のコウヨウザン苗木にどのような獣害が発生するか毎月調査を行い、発生傾向を分析しました。

3 結果

獣害の種類と判別方法：試験地で発生した獣害はシカ害、ウサギ害、ネズミ害の3つでした（図2）。ウサギ害は、主軸や側枝を鋭利な刃物で斜めに切り取ったような痕になります。被害は苗木が見えやすくなっている植栽直後（春植え）、下刈り後、冬場に多く発生します。シカ害は、コウヨウザンの苗を上部から噛みちぎるように食害し、食害痕はウサギ害と比較すると潰れていることで見分けられます。ネズミ害は、主に鱗片葉（主軸を覆っている尖った葉）を1枚ずつ齧り取って食べるため、地際付近の主軸の葉が綺麗になくなっている時に疑われます。発生時期は植栽直後の春のみでした。

防除効果の比較：図3にツリーシェルターの獣害発生割合を示します。140cmのツリーシェルターによる防除では、高価だが高耐久のプラスチック製のもの、耐久性がやや劣るが安価で回収の必要が無い生分解性不織布の両方で、ウサギ害とシカ害に高い防除効果が確認されました。高さが100cmの不織布では、植栽後に1年間で樹高90cm前後にまで伸びて頂芽がシカ害を受けたものや、積雪時に破損した後に獣害を受けたものがありました。またシェルター内部でネズミ害が発生するケースも確認されました。図4に忌避剤処理苗の獣害発生割合を示します。忌避剤では、散布直後はウサギに対する忌避効果があるものの、成長に伴い伸長した頂芽は忌避剤がついていないため、下刈り後に伸長部へウサギ害を受ける被害が発生しました。そのため、苗木の成長に合わせて何度も忌避剤散布を行う必要がありますが、忌避剤によっては1年の散布回数に制限があるため獣害を防ぎきるのは難しいと言えます。その他の防除方法として考えられる、防獣網によるウサギ害防除では、10cm目のシカ柵に5cm目のスカートネットを追加した場合に、基本的に強度のないスカートネットは動物により穴をあけられ、10cm網目のシカ柵をウサギが通過できることが確認されました。高さ1m網目5cmの兎柵では、積雪時に雪の上をウサギが移動して、柵を越えるケースが確認されました。

以上から、コウヨウザンの獣害防除では単木保護（ツリーシェルター）による防除効果が高く、リスク分散の意味でも推奨されます。資材が高価であることがネックですが、成長促進効果による1年目の下刈り省略若しくは2年目からの下刈り省略が可能であれば、トータルでコスト削減が可能になるかもしれません。本報告ではコウヨウザンに発生する獣害として、ウサギ、シカ、ネズミを挙げていますが、ヒノキやスギにおいても同様な獣害が発生することが知られています。

4 活用の方向

今後は単木保護資材による獣害防除と下刈り省力化の可能性を探る試験を行い、コウヨウザン造林モデルを提示できるようにしたいと考えています。

※本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行われました。



図1 各防除方法の写真



図2 獣害の判別写真

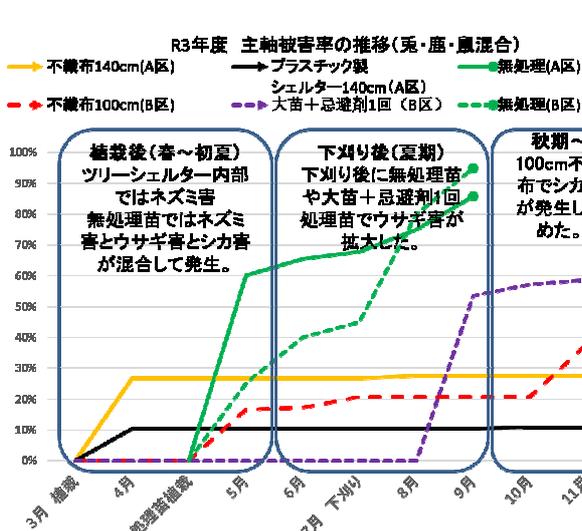


図3 ツリーシェルターによる防除効果

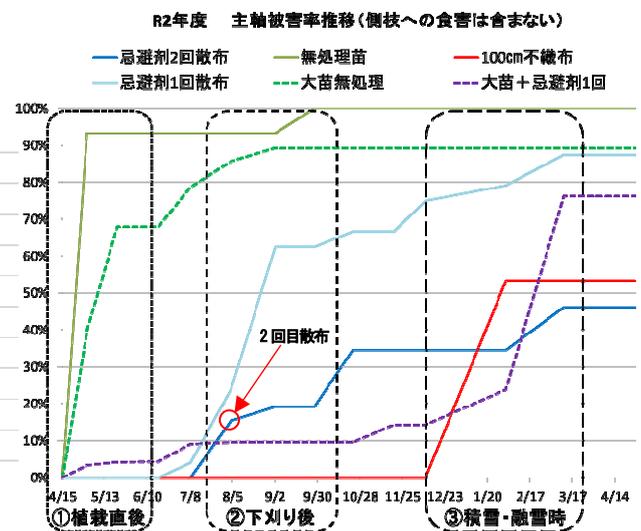


図4 忌避剤による防除効果

広島・茨城県産コウヨウザンから作製したLVLの強度性能

1 目的

国産コウヨウザン材の強度性能についてはいくつか報告があり、スギ材と同程度からヒノキ材に近い事例も報告されています。当センターでは、国産コウヨウザン材の利用方法を検討するため、国内4カ所（広島県、千葉県、京都府、茨城県）のコウヨウザン材の平角・正角の強度性能について調査を行いました。それら4カ所の内、最も強度が高い結果となった樹齢約53年生の広島県産と、最も低い結果となった樹齢約25年生の茨城県産コウヨウザンを用いてLVLを作製し、各強度性能を調査しました。

2 結果

広島・茨城県産のコウヨウザン丸太から単板を切り出し、単板の産地ごとに強度別に3水準（弱・中・強）に分けてLVLを作製しました。作製したLVLは、日本農林規格（以後JASとします）の「単板積層材」に従い、曲げ試験（写真1、2）・水平せん断試験・めり込み試験について、平使いと縦使いの2種類の試験をそれぞれ行いました。縦圧縮試験は、（公財）日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験マニュアル」に従って行いました。

本試験の曲げ試験結果をJASの単板積層材の「A種構造用LVLの基準強度」に当てはめると、広島県産は、単板強度「弱」がヤング係数90E・曲げ強さ1級、「中」がヤング係数100E・曲げ強さ特級、「強」がヤング係数120E・曲げ強さ特級相当となりました（図1）。茨城県産は、単板強度「弱」がヤング係数60E・曲げ強さ2級、「中」がヤング係数80E・曲げ強さ1級、「強」がヤング係数80E・曲げ強さ特級となりました（図2）。

これらの結果からコウヨウザンはスギ・ヒノキと類似した作製方法でLVLの作製が可能であることが分かりました。また、LVLとしての強度は広島県産でヒノキ製LVLと同程度、茨城県産でスギ製LVLと同程度となり、利用上は問題ないことが分かりました。

3 活用の方向

2産地のコウヨウザンから作製したLVLの強度性能を明らかにすることができました。今後、コウヨウザンの造林が進み、材が安定的に供給されるようになった際には、LVLも利用方法の一つとして活用が期待されます。

本研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「西南日本に適した木材強度の高い新たな造林用樹種・系統の選定及び改良指針の策定」および、農研機構生研支援センターのイノベーション創出強化研究推進事業「木材強度と成長性に優れた早生樹「コウヨウザン」の優良種苗生産技術の開発」の支援を受けて行いました。



写真1 広島県産コウヨウザン LVL 曲げ試験 写真2 茨城県産コウヨウザン LVL 曲げ試験

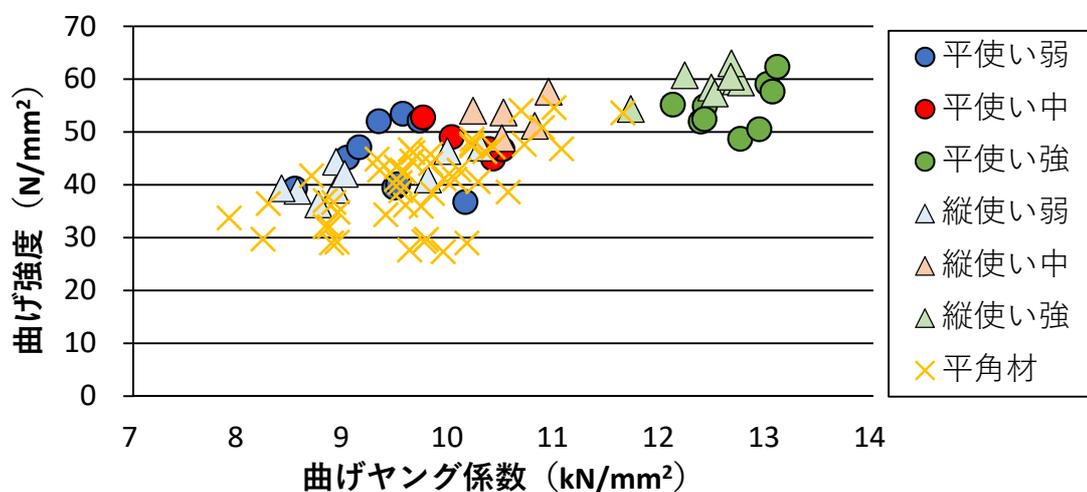


図1 広島県産コウヨウザン LVL の曲げ試験結果

(※図中の×で示した値は同産地から採取したコウヨウザン平角材の曲げ試験結果)

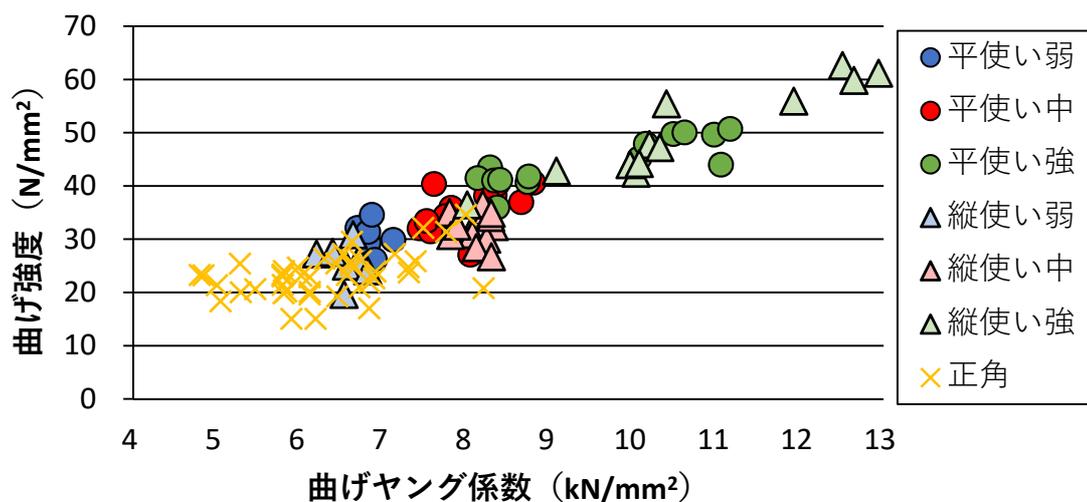


図2 茨城県産コウヨウザン LVL の曲げ試験結果

(※図中の×で示した値は同産地から採取したコウヨウザン正角材の曲げ試験結果)

スギ長尺材のヤング係数の変化（天然乾燥によるヤング係数の変化）

1 目的

丸太から切り出される材の強度を予測することが出来れば、それぞれの丸太に合わせた使い方をすることができます。例えば、あるスギ材から構造材を採材した場合、その構造材はどのような強度特性を持っているかが分かれば、無駄なく計画的に構造材を生産することができます。本研究では、三次市内にある林業技術センターの林分から伐採した丸太の強度特性を測定しました。その後、製材、天然乾燥を行いながら強度特性を測定し、どのように変化したのかをまとめました。

2 結果

林業技術センター内の林分から胸高直径が28～51cmの立木を9本選び、長さ約6mの丸太を採取しました。これらの丸太の材長、末口と元口の周囲長、重量、縦振動法による固有振動数を測定し、ヤング係数を求めました(図1)。その後、図2のようにチェーンソーで製材を行いながら、同様の測定を4回行い、ヤング係数の変化を調べました。さらに、1年間天然乾燥させた後にも同様の測定を行いました。

採材直後と天然乾燥後を比較すると、全9本中1本を除いて天然乾燥後のヤング係数が大きくなっていました(図3)。ヤング係数が減少した1本は、天然乾燥後の密度が457kg/m³であり、他の材が400kg/m³以下になっている(図4)のと比べて大きくなっています。1年間では十分に乾燥できていない可能性があります。乾燥が十分出来れば、ヤング係数が増加すると考えられます。これらのことから、丸太のヤング係数を測定することで、製材後のヤング係数が推定できる可能性を得ることが出来ました。

3 活用の方向

丸太の段階でそこから作製される構造材の強度特性を推定する技術を確立することで、無駄なく製材品を作製することに活用されます。

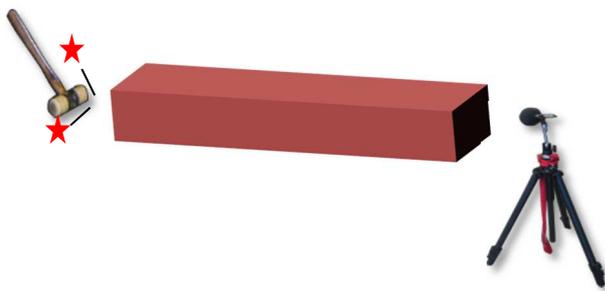


図1 縦振動法の模式図

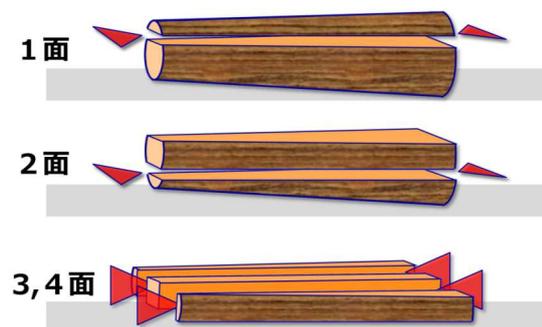


図2 製材過程の模式図

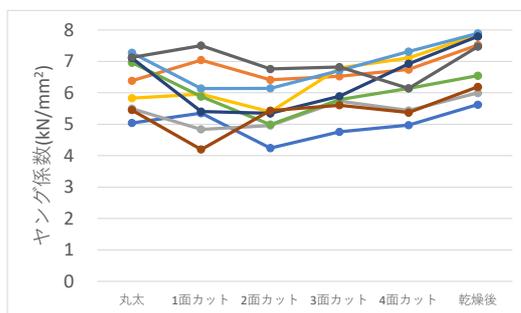


図3 丸太から乾燥後までのヤング係数の変化

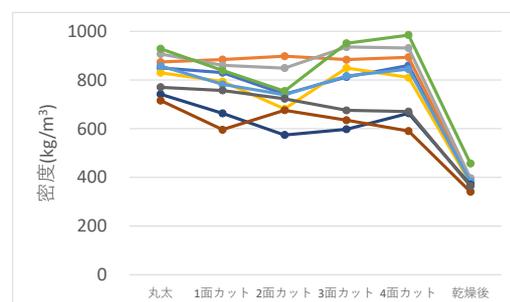


図4 丸太から乾燥後までの密度の変化

ヒノキコンテナ苗の活着および生育状況について (コンテナ苗植栽適地判定技術の開発)

1 目的

近年、植栽作業の省力化と植栽時期の拡大を目指して「コンテナ苗」の利用が増えています。安心してコンテナ苗を利用してもらうため、植栽後2～7年が経過したヒノキ苗の活着や生育の状況を調べてみました。今回はどのような調査を行えば活着・生育状況を明らかにできるかという点に主眼を置き、方形区等での毎木調査と併せてドローン撮影で作成したオルソ画像（上空からの撮影で生じた歪みを補正して、区域形状や立木位置を正確に表示できる画像）による調査も試みました。

2 内容

調査場所：令和2年11月～12月に、広島県北部の犬伏山国有林および大土山国有林においてヒノキコンテナ苗が植栽された5事業区の11カ所で調査を実施しました（比較のための普通苗植栽地1カ所を含む）。植栽は平成25～30年度に行われ、4カ所はツリーシェルター、その他は獣害防止柵が施工されています。

活着（生存率）調査：20×20mの方形区または同等の本数（70本）について生存本数や獣害等を調査するとともに、ドローンで上空から撮影を行い、作成したオルソ画像を用いて事業区全体の生存本数を目視で計数しました。

生育調査：10×10mの方形区内の樹高、直径（根元又は胸高）、最大枝張長、最大枝張高を計測しました（ツリーシェルター施工地は樹高のみ）。

3 結果

毎木調査の様子やオルソ画像による計数の状況を図1、2に、調査結果の概要を表1に示します。方形区等で調査した生存率はいずれの場所でも8割～9割以上を示していました。一方、オルソ画像で計測した事業区全体の生存率は方形区等よりもやや低く、これは事業区内での生存・枯死個体の分布が不均一で、方形区等の設置の際に生存個体が多い場所を選んでしまったことが影響していると考えられます（図2の例を参照）。

植栽年度と樹高成長のグラフ（図3）を見ると、普通苗とコンテナ苗で樹高成長の顕著な差は認められませんが、ツリーシェルターを施工した場合に良好な成長を示していました。また、枝張りについては、今回調査した場所では樹高／枝張り長の比率がほぼ1.5前後であり（表1）、普通苗と比較しても特段の差はありませんでした（図4）。

4 活用の方向

今回調査したコンテナ苗の植栽地では、活着は比較的良好で、樹高・直径成長、枝張りなども問題ないことが分かりました。今後は調査箇所をさらに増やし、より多くの事例に基づいて、コンテナ苗の植栽適地を明らかにしていきたいと思えます。

ドローンによるオルソ画像での活着（生存率）調査は、事業区全体の状況を把握できるため、非常に有用であると考えられます。一方、植栽直後で苗木が小さい場合や苗木の成長量、獣害等の状況については従来どおり方形区等による現地での毎木調査が必要になりますが、両者を併用することで、より正確に調査できることが期待できます。

*本調査は広島県樹苗農業協同組合からの委託により実施しました。また、現地調査に当たっては、林野庁近畿中国森林管理局広島北部森林管理署にご協力いただきました。

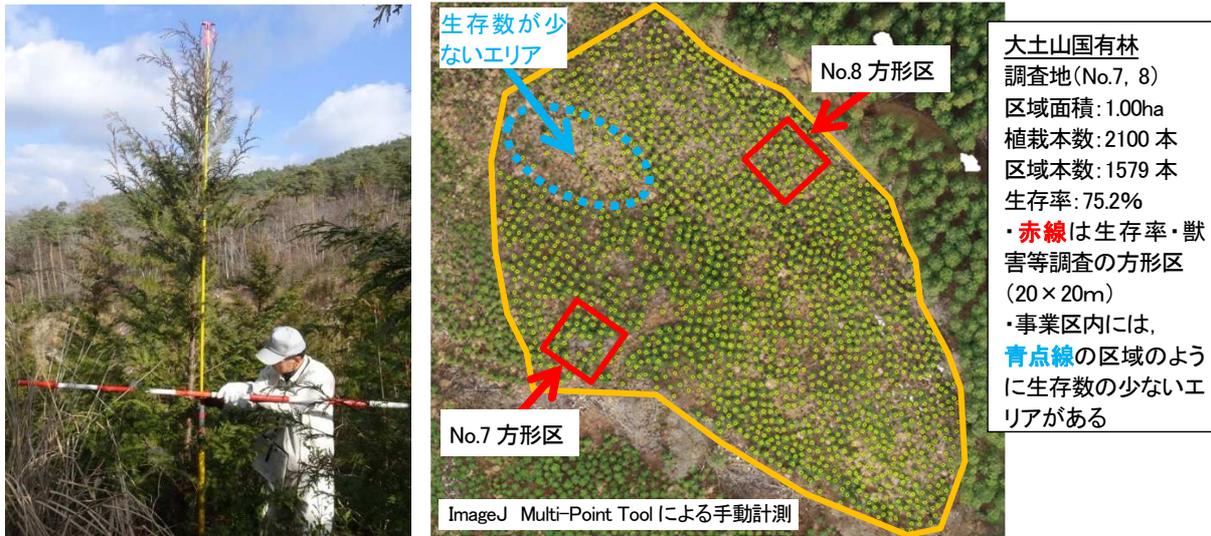


図1 毎木調査の状況

図2 オルソ画像による生存本数調査

表1 コンテナ苗調査結果の概要

苗木	No.	植栽年度	局所地形	生存率(%)		獣害* (%)	樹高 (cm)	直径 (cm)	枝張高 (cm)	枝張長 (cm)	樹高/枝張長
				方形区	オルソ						
コンテナ苗 (ツリーシェルター)	1	H30	谷	88.6	—	1.6	136	—	—	—	—
	2	H30	尾根	100.0	—	0.0	111	—	—	—	—
	3	H30	尾根	97.1	—	14.7	133	—	—	—	—
	4	H30	谷	95.7	—	14.9	133	—	—	—	—
コンテナ苗	5	H27	尾根	76.8	70.5	12.6	150	2.9**	58	98	1.53
	6	H27	斜面	87.8		17.7	175	2.9**	71	109	1.61
	7	H26	谷	98.2	75.2	0.0	300	4.2	109	202	1.49
	8	H26	尾根	100.0		0.0	249	2.7	89	172	1.45
	9	H25	斜面	94.1	53.5	0.0	363	4.0	84	206	1.76
	10	H25	尾根	91.4		0.0	355	4.1	107	198	1.79
普通苗	11	H26	尾根	96.1	83.9	4.0	253	2.6	76	167	1.51

*獣害は生存個体における発生率。ツリーシェルターでは伸長してはみ出した部分を食害。**直径として根元径を計測。

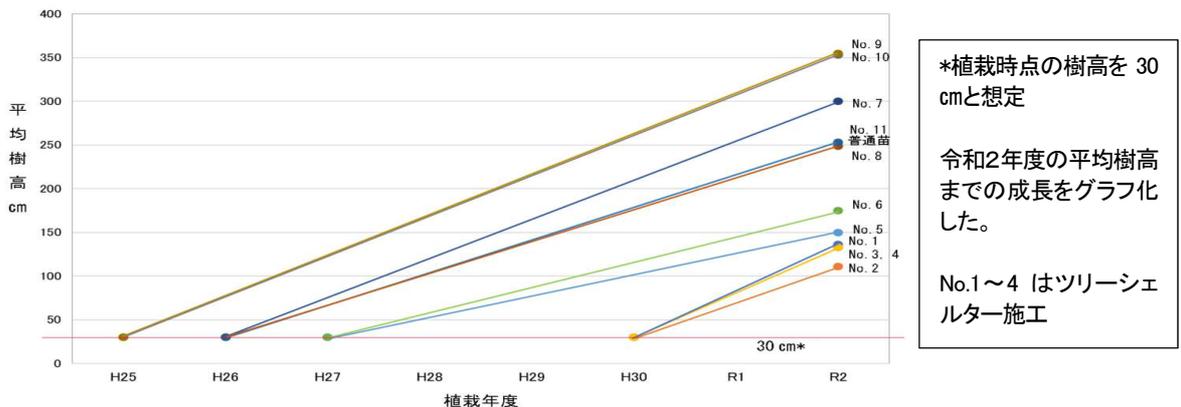


図3 植栽年度からの樹高成長

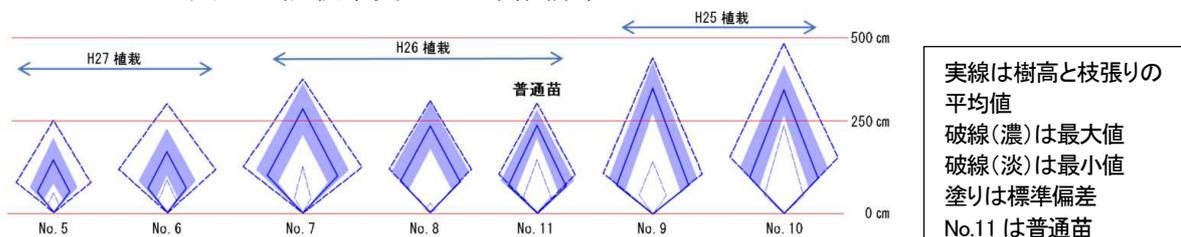


図4 樹高と枝張りの模式図

オルソ画像生成のためのドローン撮影条件と品質及び作業効率との関係

1 目的

近年、各業界でドローンの導入・活用が進んでおり、林業分野では特に、ドローン空撮写真を合成した「オルソ画像」(地図上の位置と合うように真上からみた様子に変換した画像)の利用が進んでいます(図1)。

オルソ画像は、元の画像間の重複率が高いほど品質が高くなりますが、撮影に時間がかかります。また、ドローンの飛行高度を高くするほど、広範囲を一度に撮ることができませんが、元画像の解像度が下がり、撮影対象によっては必要な情報がオルソ画像上で確認できなくなる可能性があります。

今回は、林業技術センター高平施設の平坦地において重複率や高度の条件を変えてドローンの自動飛行による撮影を行い、オルソ画像生成ソフトウェアを用いて(※)、どのようなオルソ画像が生成されるのかを比較した事例を紹介します。

2 結果

(1) 写真の重複率がオルソ画像の品質と作業効率に与える影響

オルソ画像は、立体視の原理で計算により作成した三次元モデル(図2左)を直下視点に変換することで生成されます。高平施設の敷地内0.31haを高度40mで撮影した結果について、三次元モデルを3つの区分(①撮影範囲に欠損がある「欠損」、②欠損はないが三次元構造に異常がある「3D異常」、③「正常」で評価したところ、表1のようになり、オーバーラップ率もしくはサイドラップ率どちらかが70%以上であれば、正常なオルソ画像が生成できました。

重複率と撮影時間の関係は表2のようになりました。正常なオルソ画像が生成できた重複率のうち撮影時間が最も短時間であったのはオーバーラップ率60%、サイドラップ率60%でした。重複率と撮影枚数の関係は表3のようになり、オーバーラップ率を90%から80%に変更すると、枚数が約1/2、90%から70%に変更すると約1/3、90%から60%に変更すると約1/4となる関係になっています。これらのことから、撮影枚数が多いほど撮影時間がかかることが分かります。

(2) 撮影高度が作業効率に与える影響

自動飛行管理ソフトウェア上で、20mから140mまで20m間隔で高度を変え、バッテリーの交換なしで飛行可能な10分間で計測可能な撮影面積(ha)を調べました。なお、重複率の設定は、今回の計測で正常なオルソ画像が生成できた重複率のうち最も短時間であったオーバーラップ率60%、サイドラップ率60%としました。各飛行高度における面積は表4のとおりとなり、高度が高いほど計測可能な面積が大きくなることが分かります。

3 活用の方向

林業技術センターでは、ドローン活用による森林管理・林業分野での作業効率化をすすめていきます。



図1 オルソ画像の生成と重複率（オーバーラップ率とサイドラップ率）



図2 正常な三次元モデル（左写真）と撮影範囲内に異常のある三次元モデル（右写真）

表1 重複率と三次元モデルの品質の関係

		オーバーラップ率 (%)						
		90	80	70	60	50	40	30
サイドラップ率 (%)	90	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	80	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	70	正常	正常	正常	正常	正常	正常	正常
	60	正常	正常	正常	正常	3D異常	欠損	3D異常
	50	正常	正常	正常	3D異常	欠損	欠損	欠損
	40	正常	正常	正常	欠損	欠損	3D異常	欠損
	30	正常	正常	正常	欠損	欠損	欠損	欠損

表2 重複率と撮影時間（離着陸含む, 0.31ha）

		オーバーラップ率 (%)						
		90	80	70	60	50	40	30
サイドラップ率 (%)	90	5:26	2:43	1:48	1:21	1:08	1:05	-
	80	2:24	1:33	1:17	1:09	1:01	1:01	0:53
	70	1:46	1:10	0:58	0:52	0:46	0:46	0:44
	60	1:15	0:48	0:40	0:36	0:32	0:32	0:28
	50	1:16	0:48	0:40	0:36	0:32	0:32	0:28
	40	1:16	0:48	0:40	0:36	0:32	0:32	0:28
	30	1:16	0:48	0:40	0:36	0:32	0:32	0:28

時間の単位は分, 秒

表3 重複率と撮影枚数 (0.31ha)

		オーバーラップ率 (%)						
		90	80	70	60	50	40	30
サイドラップ率 (%)	90	112	56	40	32	24	24	16
	80	56	28	20	16	12	12	8
	70	42	21	15	12	9	9	6
	60	28	14	10	8	6	6	4
	50	28	14	10	8	6	6	4
	40	28	14	10	8	6	6	4
	30	28	14	10	8	6	6	4

表4 高度別の10分間で計測可能な撮影面積

飛行高度 (m)	面積 (ha)
20	2.3
40	8.8
60	20.8
80	33.3
100	42.4
120	50.7
140	57.0

※ドローン…DJI 社製 Phantom 4 Pro+ V2.0

自動飛行管理ソフトウェア…DJI 社製 DJI GS Pro

オルソ画像生成ソフトウェア…Agisoft 社製 Metashape