ISBN 978-4-909941-22-0

コウヨウザンの特性と増殖マニュアル

2021 年 3 月

国立研究開発法人森林研究・整備機構
森林総合研究所林木育種センター

国立大学法人
鹿児島大学農学部

広島県立総合技術研究所林業技術センター

住友林業株式会社

中国木材株式会社

第４期中長期計画成果 41（育種・生物機能-6）

はじめに

現在の日本の森林・林業において、主伐・再造林に向けた取り組みが急務となっています。林業経営の面から、より早く収穫できて商品価値の高い新たな造林用素材への要望が高まっており、このような期待に応えられる樹種の一つが「コウヨウザン」であると思います。このコウヨウザンについては、林業関係者の関心は高く、各地で実際に造林を行っているとの話を耳にすることが多くなりました。また、野兎害等、コウヨウザンに特有な造林上の問題も指摘されてきています。造林を成功させるためには、「優良な苗木作り」は基本中の基本であると考えられますが、コウヨウザンに関しては、まだまだ最適な苗木作りの技術が浸透している状況ではないことを感じています。そこで森林総合研究所林木育種センター、鹿児島大学、広島県立総合技術研究所林業技術センター、中国木材株式会社及び住友林業株式会社が連携して、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」等を行い、コウヨウザンの優良な苗木生産及び植栽にかかる様々な技術開発、木材の利用の面から、コウヨウザンの材を用いて作成した合板、ＬＶＬ、パレット等の製作と性能評価を行ってきました。このマニュアルは、2018 年 3 月に公開した前身のマニュアルの内容に、この３年間で得られた研究成果のエッセンスを大幅に増補したものです。

このマニュアルが、コウヨウザンの造林に興味を持っている方々の有益な情報となることを願っています。

国立研究開発法人森林研究・整備機構
森林総合研究所林木育種センター
遺伝資源部長　生方正俊

目　　次

1.コウヨウザンという樹木 ・・・・・・・・・・・・ ・・・・・・ 1

2.コウヨウザンに適した気候 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

3.我が国のコウヨウザン林分 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

4.コウヨウザンの成長 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

5.コウヨウザンの材の利用特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
（1）原木・正角・平角の強度性能 ・・・・・・・・・・・・・・・ 9
（2）集成材の強度性能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
（3）LVL の強度性能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
（4）合板の強度性能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
（5）平パレットの強度性能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
（6）コウヨウザンの強度性能まとめ ・・・・・・・・・・・・・・ 16

6.コウヨウザンの種子生産 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
（1）着花特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
（2）種子の採取法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
（3）コウヨウザン花粉のアレルゲン特性 ・・・・・・・・・・・・ 23

７．コウヨウザンの苗木生産 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
（1）実生裸苗の育成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
（2）実生コンテナ苗の生産 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28
（3）さし木コンテナ苗の育成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34

8．植え付け、保育等の考え方 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43

9．萌芽更新 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45

謝　辞 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 48

引用文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49

執筆者一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52

１．コウヨウザンという樹木

コウヨウザン（*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.）は、中国、台湾に分布する常緑高木のヒノキ科針葉樹で、樹高 40m、直径 1.5m もの巨木になります（図 1-1）。台湾の海抜 1,300～2,300m の高標高地に自生するものは、ランダイスギとして変種（var. *konishi*）に分類されることもあります（初島 1976）。雌雄同株で葉は鋭く尖り触るととても痛く、幹は通直完満で、成長が早いという特性があります。また、萌芽性が高く伐根からも多くの萌芽枝を出すことから、萌芽更新にも期待が持たれています（図 1-2）。開花（図 1-3）はスギよりもやや遅い 3 月頃で、球果の成熟もスギより半月から 1 か月程度遅い時期になります。種子はスギやヒノキよりもやや大ぶりで（図 1-4）、1000 粒重は 5g 前後になります（大塚ら 2017）。

中国本土では、長江周辺から南にかけて広く造林されており、実に 990 万 ha（中国全土の人工林面積の約 17%）に上る造林面積があるとされています（National Forestry and Grassland Administration 2019）。利用は、建築、内装、家具、工芸品、モップの柄等多岐にわたります。建築物としては歴史的建造物によく見られます。ユネスコの世界文化遺産にもなっている福建土

図 1-1 （左）コウヨウザン成木（広島県庄原市）、（右上）コウヨウザンの葉、（右下）コウヨウザンの実生毛

図 1-2 コウヨウザンの萌芽

図 1-3 コウヨウザンの雌花と雄花
（上、左から）未成熟な雌花、開花した雌花、成熟した球果、（下、左から）未成熟な雄花、開花直前の雄花、開花中の雄花

図 1-4 コウヨウザンの種子

楼という円形の集合住宅（グーグルマップなどの衛星写真でも確認できます）にもコウヨウザンが使われており、古くから利用されていたことがわかります。

図 1-5 は Brunsfeld ら（1994）により発表されたヒノキ科の分子系統樹です。以前はスギ科（Taxodiaceae）とヒノキ科（Cupressaseae）は分けられていたのですが、DNA 塩基配列を元にした分子系統学的研究から、旧ヒノキ科は旧スギ科からさらに分化が進んでいったものであることが解明され、一つの科「ヒノキ科（Cupressaseae）」として扱われるようになりました。コウヨウザンもこのヒノキ科に属するのですが、ヒノキやスギ、さらには「生きた化石」と言われているメタセコイアよりも古くに分化しています。分化時期は、メタセコイアが白亜紀であるのに対し、コウヨウザンは約 1 億 7 千万年前のジュラ紀と推定されて

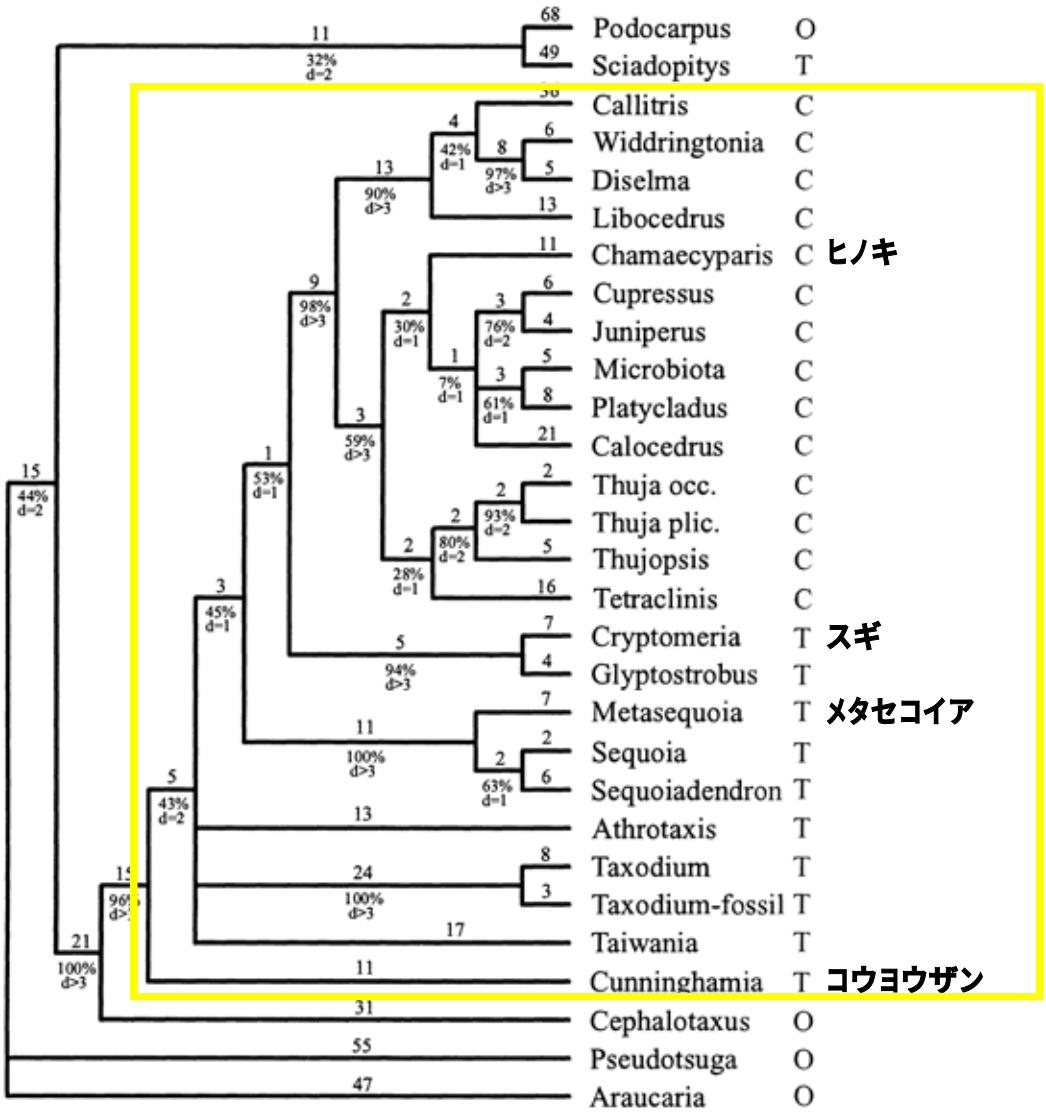


図 1-5　ヒノキ科の分子系統樹（Brunsfeld et al. 1994 を改変）
黄色い枠で囲んだエリアが現在のヒノキ科
C：旧ヒノキ科、T：旧スギ科、O：アウトグループ

おり、ヒノキ科の中で最も古くに分化した種と考えられています（Leslie et al. 2018）。

我が国には江戸時代以前に導入されたと言われており、お寺や神社の境内によく見られます。また、国有林、県有林、私有林、大学演習林などで、林分として育成されているものも見られます。ここでは、いくつかの例を挙げておきます。図 1-6 の右上は、青森県林業試験場十和田ほ場に植栽されている約 50 年生の個体で、おそらく最北のコウヨウザンになると思われます。真ん中上は、福島県須賀川市にある永泉寺というお寺の境内植栽されている単木で、樹高約 31m、胸高直径約 1.7m の巨樹で、福島県指定天然記念物です。伝承では樹齢約 500 年と言われています。左上は、広島県庄原市の私有林で、国内で最も立派なコウヨウザン林分と言っても過言ではありません。左下は、四国森林管理局四万十森林管理署管内の辛川山国有林にある林分で、一度伐採され、萌芽更新した林分になります。右下は筑波大の井川演習林で、標高 1,200m の高標高地で成林している林分です。他にも、様々な場所にコウヨウザンを見ることができます。

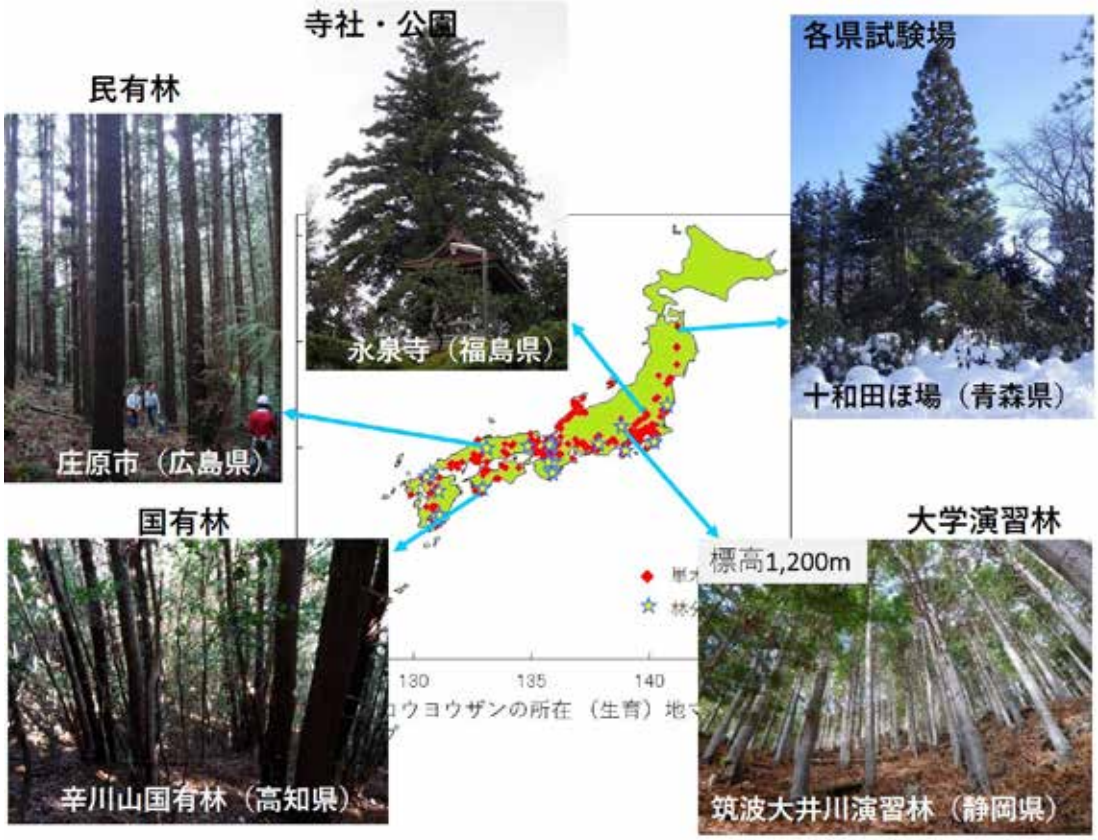


図 1-6 各地に植栽されているコウヨウザンの例

（磯田）

２．コウヨウザンに適した気候

これまで確認した全国 228 件のコウヨウザンの所在地情報によると、北は青森県から南は沖縄までの広い地域に植栽されています。地域的に見ると、関東地方、近畿から北陸地方にかけて多く、神社・仏閣の社叢林では単木的な植栽が多くみられます。これら所在地からみた植栽地の気候条件は、年平均気温 12℃以上（図 2-1 左）、暖かさの指数 90℃･月以上、寒さの指数-15℃･月以上です（図 2-1 右）。このように温度が生育の制限要因となっていますが、年降水量は 1000～3000㎜ の広い範囲にあり、制限要因とはなっていません（図 2-1 左）。以上のことから、コウヨウザンが生育できる森林のタイプは照葉樹林帯であることが示唆されます（山田・安部 2017）。なお、生育の北限と思われる宮城県、福島県でも良好な成長を示しています。

また、茨城県日立市の 21 年生の林分から２年～３年生の枝を採取し、針葉、師部、木部の耐凍性を調査した結果、－15℃までの凍結では全ての組織で高い生存率を示し、－20℃以下まで凍結すると全ての組織で生存率が著しく低下しました（山田ほか　2017a）。コウヨウザンは南方系の樹種ですが、我が国の西南日本地域が多く含まれる照葉樹林帯であれば、冬季の気温が－15℃以下になることはほとんどないので、急激な気温の低下や苗木等の幼齢期を除いて、冬季の凍結障害は生じにくいと考えられます。

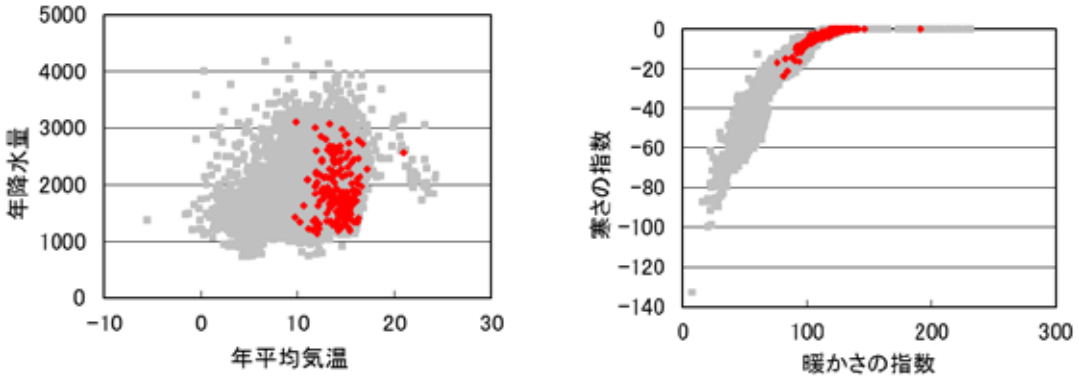


図 2-1 コウヨウザン所在地の気温と降水量（左）及び暖かさの指数と寒さの指数（右）

注）赤い点（■）がコウヨウザンの所在地、グレーの点（■）が日本全土を示す

暖かさの指数：月平均気温が5℃以上の月について、月平均気温から5℃を引き、1年間加算した値

寒さの指数：月平均気温が5℃以下の月について、月平均気温から5℃を引き、1年間加算しマイナスをとった値

（山田）

３．我が国のコウヨウザン林分

コウヨウザンは単木では北は青森県十和田湖畔にありますが、林分としては、図 3-1 に示すように、北は茨城県から南は沖縄県まで、全国 21 箇所に主な林分が所在し、それらはほぼ照葉樹林帯にあります(山田・安部 2017、近藤 2020)。いずれも成林しており、周囲のスギ、ヒノキに比べて成長が優れているところがほとんどです。林内では実生更新はほとんどみられず、林外の日当たりの良い場所で芽生えがみられますがその後大きくなるものはあまり多くありません。また、コウヨウザンは針葉樹の中では希な旺盛な萌芽力を有し、伐根や立木の根元からよく萌芽しますが、ニセアカシアやヤマナラシのように根萌芽で林地を水平に広がることは観察されていません。なお、コウヨウザン林ではスギ林やヒノキ林に比べて表土の移動量が少ないことから、より高い表土保全効果があることが推察されています(渡辺ほか 2018)。

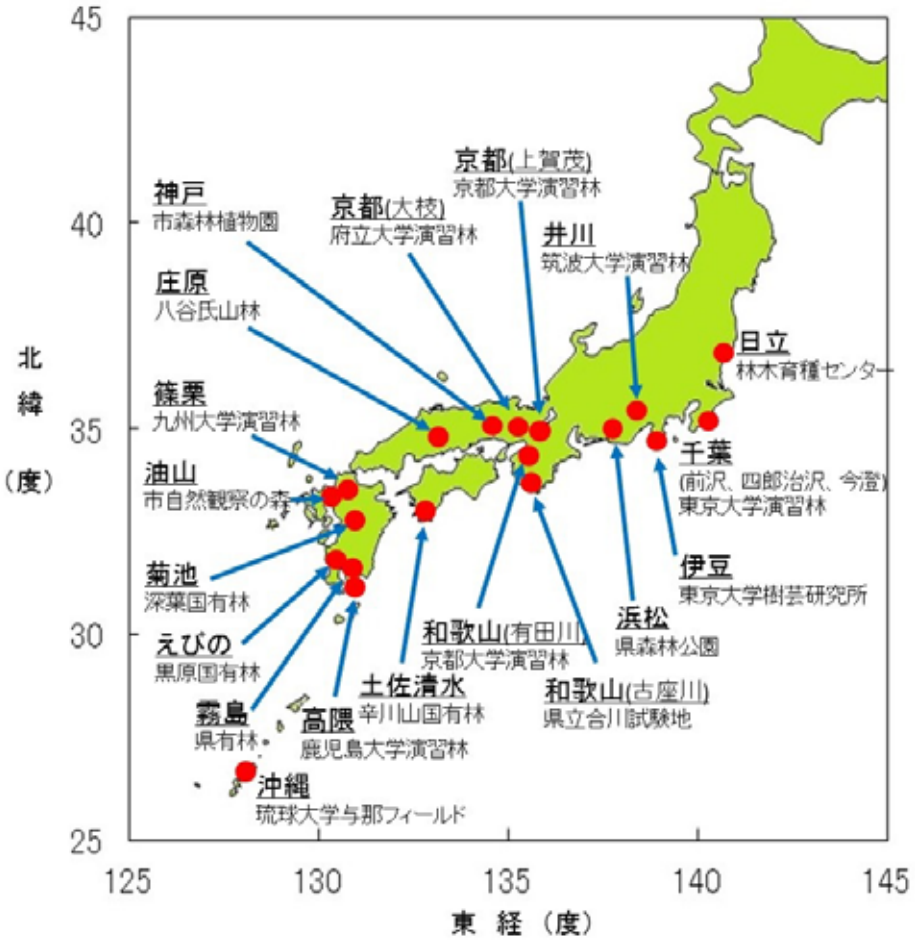


図 3-1 おもなコウヨウザン林分

(近藤：山林 No.1633(2020)より引用)

（近藤）

４．コウヨウザンの成長

これまで調査した中で、１箇所に 50 本以上が植栽され、林業的な林分状態にあり林分材積の算出が可能と考えられたのは 12 林分であり、既報のある菊池、高隈を加えた 14 林分での成長をスギと比較したのが図 4-1 です。林分名の下の数字はスギに対する材積の倍率を示します。一部に植栽本数が少なかったり、高標高地のために例外もありますが、全般的にみるとコウヨウザンは適地ではスギの約２倍の林分材積を示し成長が優れた樹種と考えられました。世界の産業造林針葉樹の代表であるマツ類の年平均成長量は、ラジアータマツで 25－30m³／ha／年、カリビアマツで 17.5－21m³／ha／年とされており（FAO 2001）、スギでは 10m³／ha／年前後ですが、我が国のコウヨウザンでも 20m³／ha／年に近い林分が６林分あったことから、成長量では期待が持てる樹種です。

広島県庄原市のコウヨウザンの林分で樹幹解析を行って樹高成長曲線を求め、これをガイドラインとして、暫定的な地位指数曲線群を推定しました（図 4-2、山田ほか 2019）。この図に我が国のコウヨウザンの林分の調査結果をプロットした結果、地位指数（SI：40 年次の上層木樹高）は、成長の良い林分で SI＝約 29mから成長の良くない林分で SI＝約 16 mの範囲にありました。地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示していますが、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くありません。コウヨウザンの成長と立地環境条件との関係については、今後さらにデータの蓄積が必要です。

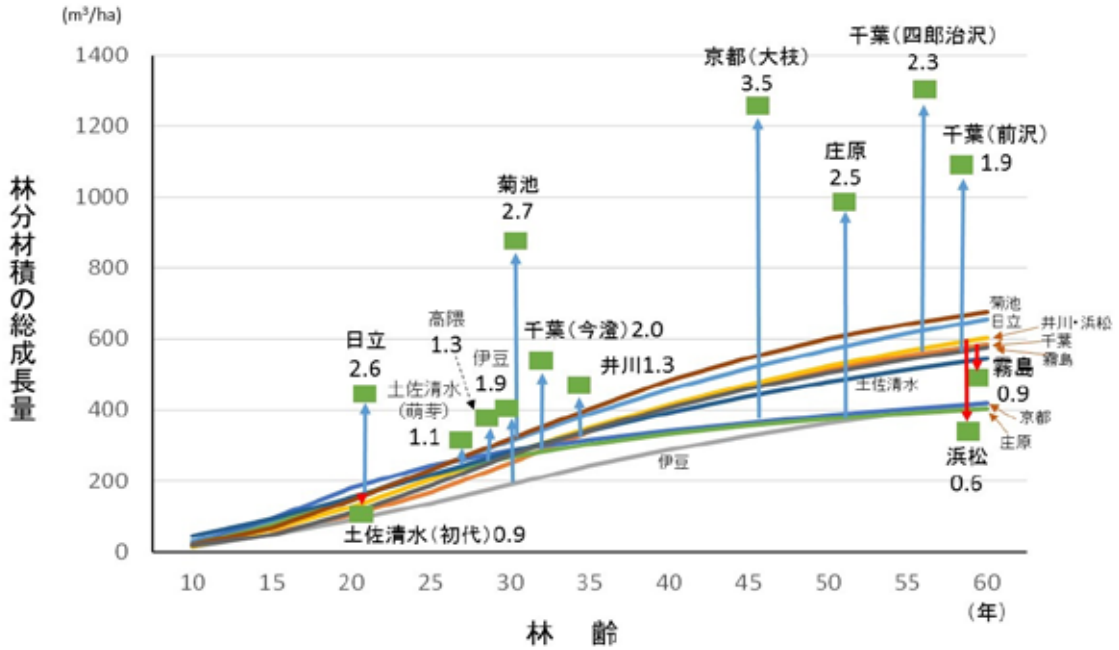


図 4-1　各地のコウヨウザン林のスギとの成長比較

グラフ中の数字はそれぞれの林分が所在する地域のスギ収穫予想表の１等地の総成長量に対する比率
なお、菊池、霧島は２等地との比率、土佐清水は植栽後 21 年生および伐採後の萌芽林の２つを示した曲線右端に収穫予想表の該当地域を示す

(近藤：山林 No.1633(2020)より引用)

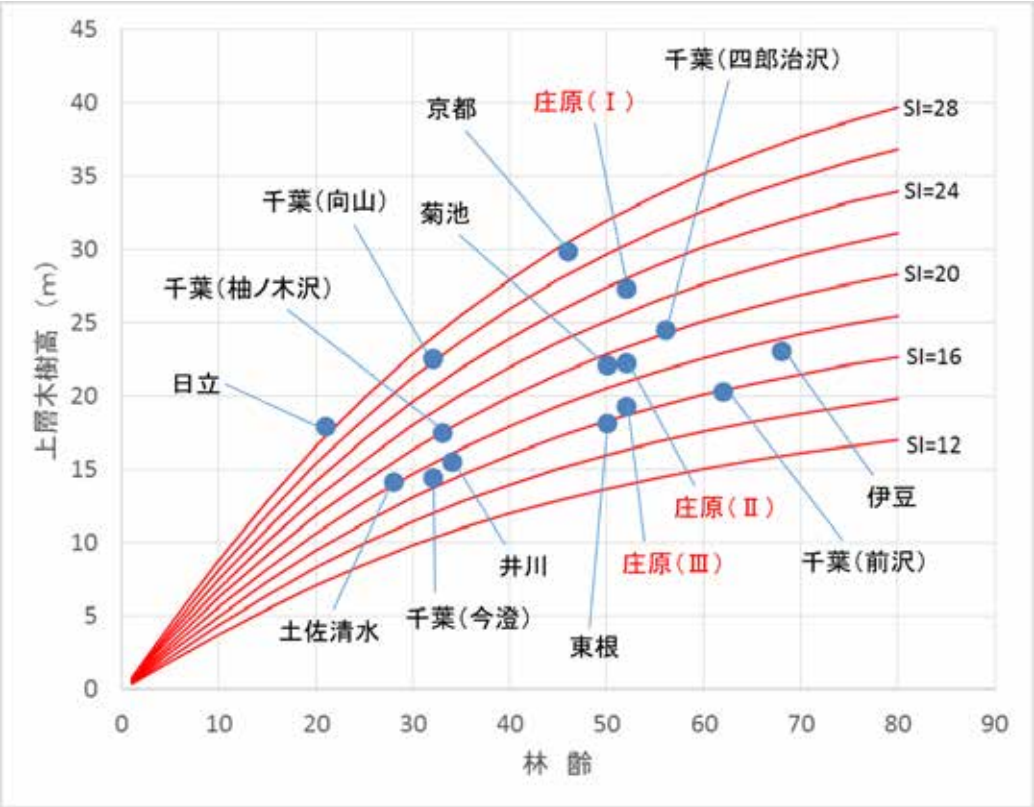


図 4-2 コウヨウザンの暫定地位指数曲線

SI (地位指数) は 40 年次の上層木樹高を示す (山田ほか 2019)

また、林木は他殖性であることから自殖により生存力や成長力が著しく低下した子供が生まれるとされています(白石 2012)。えびのの林分では他殖とセットになっている自殖２家系の樹高と胸高直径が他殖に比べて低い傾向にあったことから、自殖による成長力の低下、すなわち自殖弱勢が発現したことが示されました(大塚ら 2019)。自殖は雌花と同じ個体の雄花の花粉を受けると生じるので、孤立木から採取した種子を使って苗木を育成することは原則としてお勧めできません。

つぎに、コウヨウザン林分の暫定的な収穫予想表（林分の材積表）を作成するため、暫定地位指数曲線群（図 4-2）の地位指数（SI）が 28m、20m、14mの林分をそれぞれ地位が上、中、下と定義して、これまで調査した林分の毎木データを用いて、地位指数（SI、上層木樹高）から林分の平均樹高（m）、平均直径（cm）、個体密度（本/ha）を推定しました（山田ほか 2019）。林分材積（m^3/ha）は、北近畿・中国地方を対象としたスギ人工林の林分密度管理図で示されている収量密度効果の逆数式を用いて（林野庁 1980）、上層木樹高と個体密度から林分材積を算出し、直径で補正して調整しました。植栽密度は 3000 本/ha としました。その結果、実際のコウヨウザン林分の材積成長をおおよそ包含する収穫予想表を得ることができました（表 4-1）。地位が上の林分では、年平均成長量は約 20m^3/ha/年を期待できますが、地位が下の林分ではその半分程度の成長量であることがわかります。

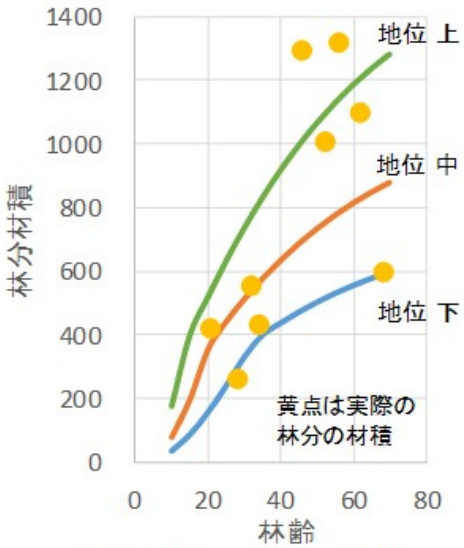
今回の暫定収穫予想表について、林分材積の算出に大きく影響する個体密度は、平均直径

から推定していますが、推定の精度はあまり高くありません（寄与率 59%）。また、林分材積の算出式は、便宜上コウヨウザンではなく、スギで作成された算出式を用いていますので、参考値として使用して頂くようにお願いします。今後はコウヨウザンの幹材積式を作成することが必要です。

表 4-1 コウヨウザン人工林の暫定収穫予想表 (参考値)

林齢	地位 上					地位 中				
	上層木樹高	平均樹高	平均直径	個体密度	林分材積	上層木樹高	平均樹高	平均直径	個体密度	林分材積
10	9	8	12	3000	179	6	5	9	3000	81
15	13	12	18	2731	400	9	8	13	3000	198
20	17	15	22	1791	520	12	11	16	3000	355
25	20	18	26	1319	633	14	13	19	2312	443
30	23	21	30	1044	736	16	15	22	1830	514
35	26	24	33	868	831	18	17	24	1522	577
40	28	26	36	748	917	20	18	26	1311	635
45	30	28	38	662	995	22	20	28	1160	687
50	32	30	40	598	1065	23	21	30	1048	735
55	34	32	42	549	1128	24	22	31	962	777
60	35	33	44	511	1184	25	23	32	895	815
65	37	35	46	480	1234	26	24	34	841	848
70	38	36	47	455	1279	27	25	35	798	879

林齢	地位 下				
	上層木樹高	平均樹高	平均直径	個体密度	林分材積
10	4	4	7	3000	35
15	6	6	9	3000	86
20	8	7	12	3000	156
25	10	9	14	3000	239
30	11	10	16	3000	330
35	13	11	18	2758	398
40	14	13	19	2377	436
45	15	14	20	2103	471
50	16	14	21	1900	502
55	17	15	23	1744	529
60	18	16	23	1622	554
65	18	17	24	1525	577
70	19	17	25	1446	596



参考図 林分材積の年次変化

(近藤・山田)

５．コウヨウザンの材の利用特性

コウヨウザンの材質を明らかにするため、林齢がそれぞれ 22～52 年生の４林分（図 5-1）において立木を伐採・製材して、縦振動法による動的ヤング係数の測定や曲げ強度試験等を行いました（近藤ら 2020a、山田ほか 2017b、渡辺ほか 2017、涌嶋・渡辺 2017、涌嶋ほか 2018、渡辺ほか 2019、渡辺ほか 2021a）。

また、コウヨウザン原木の利用先を検討するため、国内産のコウヨウザン原木丸太を使用した集成材（渡辺・山本 2019）、LVL（渡辺ほか 2021b）、合板、平パレット（渡辺ほか 2020）を作製し、その際の加工特性、製品の性能について明らかにしました（図 5-2、模式図は飯島（秋田県大）を改変）。なお、LVL・合板・平パレットの原料は（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター（茨城県日立市）の場内から同時期に伐採されたコウヨウザン原木（伐採時林齢 25 年）を使用しています。

（１）原木・正角・平角の強度性能

4 産地のコウヨウザン原木の調査結果は表 5-1 の通りです。供試木（原木丸太）の動的ヤング係数の等級区分では広島県産、京都府産、千葉県産で E90 が最も多い一方、茨城県産では E70 が最も多くなっていました（図 5-3、 図 5-4）。これは茨城県産のものは伐採時の林齢が他産地と比較して若く、未成熟材の割合が高かったことが原因であると考えられます。

①広島県庄原市　②京都府京都市　③千葉県鴨川市　④茨城県日立市

図 5-1 伐採した林分

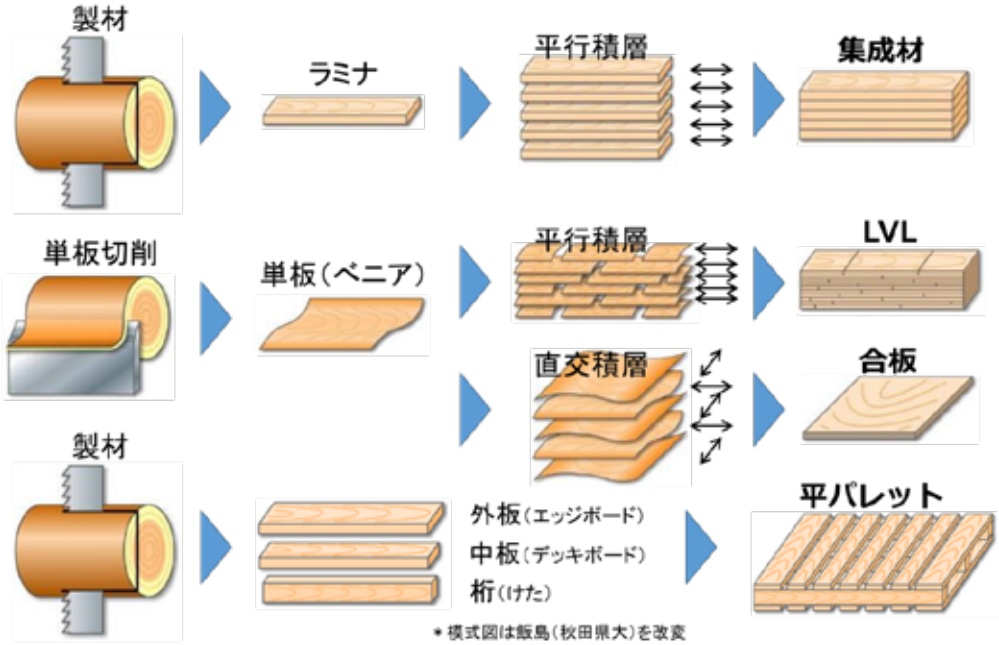


図 5-2　作製した製材品

表 5-1　供試木（原木丸太）の内訳

項目	広島県 庄原市	京都府 京都府	千葉県 鴨川市	茨城県 日立市
伐採時林齢（年）	52	47	34	22
調査丸太本数（本）	34	30	20	50
平均末口径（cm）	33.9	30.4	25.3	22.3
平均材積（m^3）	0.44	0.34	0.25	0.20
平均みかけ密度（kg/m^3）	676	733	752	825
動的ヤング係数（kN/mm^2）	9.37	9.97	8.99	7.43

原木丸太の動的ヤング係数の測定

製材品の動的ヤング係数の測定

図 5-3　コウヨウザンの材質調査（動的ヤング係数）

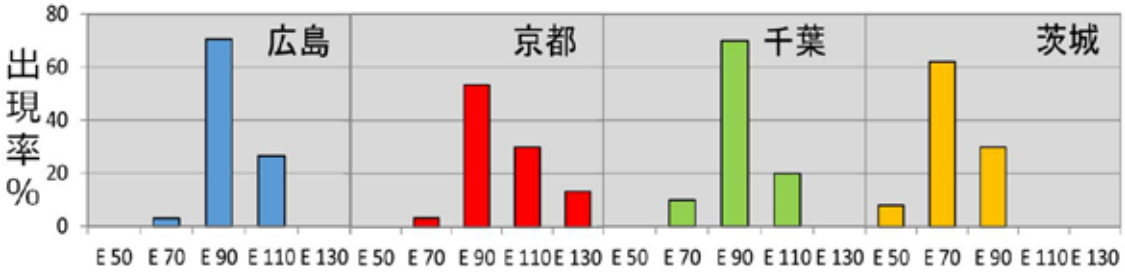


図 5-4　原木丸太の動的ヤング係数の等級区分

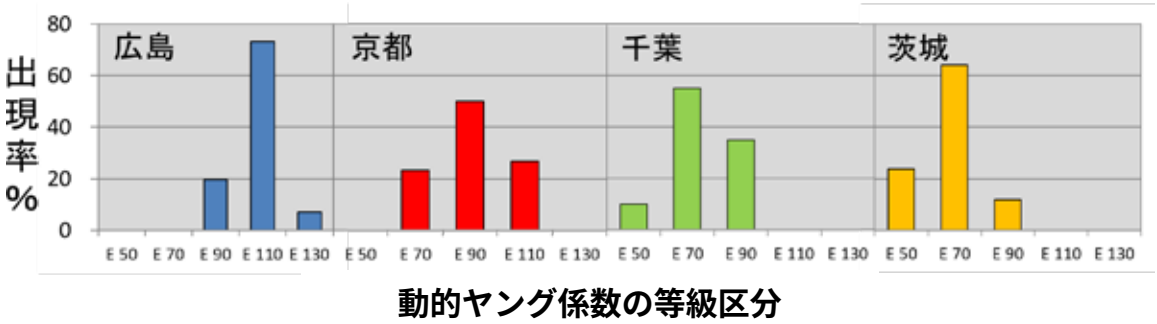


図 5-5　製材品の動的ヤング係数の等級区分

広島県産を平角材（150×105×4000mm）、京都府産を正角材（120×120×4000mm）、千葉県産を正角材（120×120×4000mm）、茨城県産を正角材（105×105×4000mm）に製材し、動的ヤング係数を測定したところ、等級区分では広島県産で E110、京都府産で E90、千葉県産、茨城県産で E70 が最も多くなっていました（図 5-5）。広島県産で原木時の動的ヤング係数より高い製材品が多く出現し、他 3 産地で低い製材品が多く出現した理由としては、製材時の木取の違い（広島県産のみ心去りの平角 2 丁取り、他 3 産地は心持ち正角）が考えられます。

正角・平角の曲げ、縦圧縮、せん断、めり込み試験（図 5-6）を行った結果を表 5-2 に示します。スギ、ヒノキの曲げ基準強度はそれぞれ 22.2N/mm^2、26.7N/mm^{2}ですが、これをコウヨウザンの曲げ強度の 5％下限値（基準強度に相当する値）と比較すると、広島県産でヒノキを上回り、京都府産、千葉県産、茨城県産でスギをやや下回っていました。一方、見かけの曲げヤング係数の 5％下限値については、普通構造材の基準弾性係数 $E_{0.05}$ と比較すると、広島県産、京都府産がヒノキを上回り、千葉県産、茨城県産がスギとヒノキの中間の値を示しました。また、縦圧縮強度の 5％下限値は広島県産でヒノキを上回り、京都府産でスギとヒノキの中間、千葉県産、茨城県産でスギを下回りました。めり込み強度は全産地でスギを下回るという結果でした。

これらの結果から、コウヨウザンの材は、建築用材として十分に利用可能であることが分かりました。ただし、めり込み強度が低い結果となったので、利用の際には注意が必要です。

また、産地や系統、施業、伐採樹齢、木取りなどの違いが材の強度やヤング係数に影響している可能性があると推察されます。

曲げ試験

圧縮試験

めり込み試験

イス型せん断試験

図 5-6　製材の強度試験

表 5-2　製材品の強度試験結果

測定項目	単位	産地	試験体	試験体数	平均含水率	平均値±標準偏差	5%下限値	基準強度 スギ	基準強度 ヒノキ
曲げ強度	N/mm^2	広島県	平角	43	18.6%	41.5±6.6	29.5	22.2	26.7
		京都府	正角	29	20.8%	31.7±6.6	20.9		
		千葉県	正角	30	18.0%	27.1±4.5	18.4		
		茨城県	正角	42	37.4%	23.3±4.1	16.6		
見かけの曲げヤング係数	kN/mm^2	広島県	平角	43	18.6%	9.69±0.81	8.21	4.5	6.0
		京都府	正角	29	20.8%	8.27±1.14	6.31		
		千葉県	正角	30	18.0%	7.04±0.88	5.39		
		茨城県	正角	42	37.4%	6.34±0.83	4.83		
縦圧縮強度	N/mm^2	広島県	平角	43	15.2%	25.2±2.3	21.3	17.7	20.7
		京都府	正角	29	14.0%	25.4±2.9	20.5		
		千葉県	正角	20	14.8%	23.2±3.1	17.4		
		茨城県	正角	43	17.5%	16.0±2.0	12.4		
めり込み強度（材中央部）	N/mm^2	広島県	平角	22	15.2%	5.45±0.80	4.12	6.0	7.8
		京都府	正角	29	14.0%	5.75±1.11	3.99		
		千葉県	正角	16	14.7%	5.25±0.76	3.74		
		茨城県	正角	39	18.2%	4.24±0.79	3.05		
せん断強度（実大いす型）	N/mm^2	広島県	平角	40	15.6%	4.02±0.70	2.82		
		京都府	正角	30	13.4%	4.22±1.14	2.09		
		千葉県	正角	20	13.4%	4.88±1.22	2.85		
		茨城県	正角	42	12.3%	5.62±0.98	3.83		

① スギ、ヒノキ基準強度 曲げ強度、縦圧縮強度は建設省告示第 1452 号第 6 の無等級材基準強度に基づく。

② 見かけの曲げヤング係数は日本建築学会木質構造設計基準普通構造材の繊維方向特性値の基準弾性係数 E0.05。

③ 材中間部めり込み強度は国土交通省告示第 1024 号第1第2号ロ（3）に規定するめり込みに対する基準強度 Fcv に基づく。

（2）集成材の強度性能

集成材の作製のため、京都府立大学大枝演習林（伐採時林齢 47 年生）で採取した原木丸太（長さ 4000㎜、平均密度 732.8 kg/m³、n=30）より、心持ちの正角（120×120㎜）を、採った残りの部分から、ラミナ（4000×125×35㎜、平均密度 358.1 kg/m³、n=160）を製材しました。製材したラミナは、縦振動法による動的ヤング係数の測定を行い、各等級区分に仕分けしたのちに、厚さ 30㎜ に仕上げ、全体が 5 層でラミナの構成が同一等級の集成材（4000×120×150㎜）を 3 種類（L90・L110・L125）作製しました。使用した接着剤は、株式会社オーシカ製ディアノール D-320（レゾルシノール系接着剤）で、コールドプレスにより接着しています。

強度試験は、曲げ試験と縦圧縮試験を実施しました（図 5-7）。それぞれの試験時に、試験体の接着層が剥がれるといった接着不良による破壊はみられませんでした。結果については表 5-3 と表 5-4 の通りで、それぞれ使用したラミナの強度区分に応じた強度の違いの基本的データを示すことができました。また、コウヨウザン材でも従来と同じ方法で集成材を作製できることを確認しました。

曲げ試験

縦圧縮試験

図 5-7　集成材の強度試験

表 5-3　集成材の曲げ試験結果

試験体の構成ラミナ	項目	密度 kg/m³	見かけ 曲げヤング係数 kN/mm²	真 曲げヤング係数 kN/mm²	曲げ強度 N/mm²	含水率 %
L90	平均値	337	8.62	9.43	37.1	12.1
	標準偏差	15.85	0.12	1.03	6.89	
	変動係数%	4.7	1.4	11.0	18.6	
L110	平均値	363	10.32	12.06	53.2	11.8
	標準偏差	6.89	0.08	0.49	6.02	
	変動係数%	1.9	0.7	4.1	11.3	
L125	平均値	406	12.18	13.85	64.5	11.7
	標準偏差	10.67	0.13	0.33	7.45	
	変動係数%	2.6	1.1	2.4	11.6	

表 5-4　集成材の縦圧縮試験結果

試験体の構成ラミナ	項目	密度 kg/m³	縦圧縮ヤング係数 kN/mm²	縦圧縮強度 N/mm²	含水率 %
L90	平均値	340	9.26	30.3	12.1
	標準偏差	12.95	0.50	1.39	
	変動係数%	3.8	5.4	4.6	
L110	平均値	363	12.09	35.1	11.8
	標準偏差	4.28	0.62	1.86	
	変動係数%	1.2	5.1	5.3	
L125	平均値	412	13.28	40.0	11.6
	標準偏差	4.09	0.73	2.06	
	変動係数%	1.0	5.5	5.2	

（3）LVL の強度性能

LVL は、林木育種センターで採取した原木丸太（長さ 4000㎜、平均密度 693.9 kg/m³、n=10）から作製しました。単板を、超音波伝播時間による曲げヤング係数の推定により“弱（曲げヤング係数：7 kN/mm² 未満）”、“中（曲げヤング係数：7 kN/mm² 以上 9 kN/mm² 未満）”、“強（曲げヤング係数：9 kN/mm² 以上）”と仕分けして、 3 水準の LVL を作製しました。作製し

た LVL の寸法は、材長 2700㎜、幅 90㎜、厚さ 45㎜で平均密度 388.5 kg/㎥でした。

強度試験は、曲げ試験と縦圧縮試験、めり込み試験、水平せん断試験(図 5-8)を実施しました。こちらも集成材の時と同様で、それぞれの試験時に、試験体の接着層が剥がれるといった接着不良による破壊はみられませんでした。結果については表 5-5、5-6、5-7 の通りで、弱・中・強の 3 水準で分けて作製しましたが、曲げ（平・縦使い）とせん断試験（縦使い）では、構成する単板の曲げヤング係数が上がると製品の強度が高くなる傾向がみられたものの、縦圧縮試験・めり込み（平・縦使い）・水平せん断（平使い）試験ではそのような傾向はみられませんでした。

曲げ試験　縦圧縮試験　めり込み試験　水平せん断試験

図 5-8　LVL の強度試験

表 5-5 曲げ(平・縦使い)試験結果

項目	曲げ試験(平使い)							曲げ試験(縦使い)						
	ヤング係数 kN/mm²			曲げ強度 N/mm²			含水率 %	ヤング係数 kN/mm²			曲げ強度 N/mm²			含水率 %
	単板の強度			単板の強度				単板の強度			単板の強度			
	弱	中	強	弱	中	強	全結果	弱	中	強	弱	中	強	全結果
n	6	14	14	6	14	14	34	7	14	14	7	14	14	35
平均値	6.87	8.04	9.53	30.58	36.42	44.49	10.27	6.54	8.13	11.01	25.78	32.63	51.87	10.42
標準偏差	0.14	0.43	1.20	2.86	4.23	4.50	0.00	0.20	0.18	1.64	3.48	2.93	9.32	0.00
変動係数%	2.05	5.39	12.56	9.35	11.61	10.12	4.09	3.12	2.24	14.93	13.51	8.98	17.97	3.88
5%下限値	6.54	7.17	7.36	23.90	28.28	36.06		6.09	7.77	8.02	17.95	26.98	36.01	

表 5-6 縦圧縮・水平せん断(平・縦使い)試験結果

項目	縦圧縮試験							せん断試験(平使い)				せん断試験(縦使い)			
	ヤング係数 kN/mm²			縦圧縮強度 N/mm²			含水率 %	水平せん断強度 N/mm²			含水率 %	水平せん断強度 N/mm²			含水率 %
	単板の強度			単板の強度				単板の強度				単板の強度			
	弱	中	強	弱	中	強	全結果	弱	中	強	全結果	弱	中	強	全結果
n	7	14	14	7	14	14	35	7	13	14	35	7	14	14	35
平均値	7.42	8.95	11.53	25.87	29.55	33.21	10.72	4.40	4.20	4.36	10.37	3.65	4.03	4.55	10.55
標準偏差	0.85	0.84	1.71	0.49	1.06	3.41	0.00	0.35	0.33	0.32	0.00	0.36	0.34	0.17	0.00
変動係数%	11.44	9.38	14.86	1.88	3.58	10.26	2.97	7.99	7.80	7.38	3.83	9.77	8.55	3.67	3.79
5%下限値				24.77	27.48	26.83		3.67	3.54	3.76		2.85	3.34	4.22	

表 5-7 め り込み(平・縦使い)試験結果

項目	め り込み試験(平使い)							め り込み試験(縦使い)						
	め り込み強度 N/mm²			め り込み剛性 N/mm³			含水率 %	め り込み強度 N/mm²			め り込み剛性 N/mm³			含水率 %
	単板の強度			単板の強度				単板の強度			単板の強度			
	弱	中	強	弱	中	強	全結果	弱	中	強	弱	中	強	全結果
n	7	14	14	7	14	14	35	7	14	14	7	14	14	35
平均値	7.37	6.91	7.39	9.54	10.47	9.29	10.27	8.07	7.77	9.14	10.16	8.97	9.94	10.31
標準偏差	0.59	0.54	1.39	0.72	0.94	3.72	0.00	0.88	0.40	0.85	0.84	0.44	0.75	0.00
変動係数%	7.97	7.80	18.77	7.50	8.96	40.07	3.83	10.85	5.16	9.28	8.30	4.91	7.57	3.60
5%下限値	6.05	5.91	5.03					6.34	6.96	7.44				

（4）合板の強度性能

合板は、林木育種センターで採取した原木丸太（長さ 4000㎜、平均密度 688.0 kg/m³、n=12）から作製しました。作製した合板は、比重が 0.36 と軽いことが特徴でした。

強度試験としては、曲げ試験と曲げ剛性試験、1 類および 2 類の浸せきはく離試験を行いました（図 5-9）。こちらも集成材・LVL の時と同様で、それぞれの試験時に、試験体の接着層が剥がれるといった接着不良による破壊はみられませんでした。曲げ剛性試験では、全試験体が JAS 構造用合板 2 級の基準を満たしました。また、1 類および 2 類の浸せきはく離試験の基準も満たしていることを確認しました。

曲げ試験

曲げ剛性試験

図 5-9 合板の強度試験

（5）平パレットの強度性能

平パレットは、林木育種センターで採取した原木丸太（長さ 4000㎜、平均密度 676.2 kg/m³、n=18）から、木製平パレットのなかで最も流通量の多い T11 型（JIS Z 0601、寸法 1100×1100×144㎜、両面使用形二方差し、最大積載質量 1.0t）と、2 番目に流通量の多い T14 型（JIS Z 0651:2002、寸法 1100×1400×144㎜、両面使用形二方差し、最大積載質量 1.5t）を作製しました。作製した平パレットは、平均重量が軽い（T11 型 20.1kg、T14 型 25.8kg）ことが特徴でした。

強度試験としては、脚部圧縮試験と、曲げ試験下面デッキボード試験、落下試験を行いました（図 5-10）。それぞれの試験の結果は表 5-8 の通りで、若齢コウヨウザンは T14 型としては利用不可能ですが、木製平パレットのなかで最も流通量の多い T11 型としての利用が可能であることが分かりました。

脚部圧縮試験

曲げ試験

下面デッキボード試験

落下試験

図 5-10 平パレットの強度試験

表 5-8　平パレットの強度試験結果

試験名	想定積載質量/落下距離	T11 型	T14 型
脚部圧縮試験	1.0 t	適合	適合
	1.5 t	適合	適合
	2.0 t	不適合	不適合
曲げ試験	1.0 t	適合	適合
	1.5 t	適合	不適合
	2.0 t	適合	不適合
下面デッキボード試験	1.0 t	適合	適合
	1.5 t	適合	適合
	2.0 t	適合	適合
落下試験	500 mm	適合	適合
	1000 mm	適合	適合
	1500 mm	不適合	不適合

（6）コウヨウザンの強度性能まとめ

コウヨウザンは早生樹であることから、スギやヒノキと比べて比較的早期から多くの材積が確保できます。今回、その利用先を検討するため、若齢木（伐採時林齢 25 年）のコウヨウザンを用いて LVL・合板・平パレットを作製してそれぞれの強度性能について調査した結果、いずれの用途においても利用可能であることが確認できました。若齢木のコウヨウザンは高齢木（50 年生以上）のコウヨウザンと比較して強度は低い傾向はあるものの、比重が低い傾向があり扱いやすい特徴があるため、その用途としてはその特徴が活かせる合板（構造用 2 級）や平パレット（T11 型）が適すると考えられます。

（涌嶋・渡辺）

６．コウヨウザンの種子生産

（１）着花特性

優良系統から効率的に種子生産を行うために、スギやヒノキでは採種園を造成します。採種園では、断幹、剪定やその他の管理を行って、種子の生産量を多くしたり、採種するための労力を減らしたりする工夫がされます。種子の生産量を増やすためには着花促進処理を行う場合があります。スギやヒノキでは、ジベレリン A_3 という植物ホルモンを施用することで、着花を誘導し、種子生産量を増やすことができます。コウヨウザンについては、着果促進処理が有効かどうかの知見がなかったため、複数の処理の試験を行いました。

試験した着果促進処理は、ジベレリン A_3 の葉面散布とペースト埋込、ジベレリン $A_{4/7}$ の樹皮下への埋込、環状剥皮、スコアリング（枝や幹にらせん状にのこぎりで傷をつけてストレスを与える方法）です。複数年にわたり、これらの処理を試みましたが、残念ながら、着花誘導効果は認められませんでした。一部の結果について稲永ら（2019）が報告しています。

過去の研究においても古越・谷口（1982）や橋詰（1973）は着果促進効果が認められなかったと報告しています。中国の研究では、ジベレリン A_3 の葉面散布により着果促進効果が認められたとの報告があります（迟健・傅金和 1989）。この研究では、つぎ木増殖苗で造成した若齢の採種園で処理を行い、前年未着花個体の着花と前年着果個体についても着花量の増加がみられたとしています。広東省の採種園では、着花の多い個体を選抜して、つぎ木をして採種園を造成しています（図 6-1）。こうすることにより、造成後すぐに種子を得ることができるとのことです。これらのことから、中国では着花性の高い成木から増殖することで採取量を確保していると思われます。

成木のつぎ木により早期に着花がみられるかどうかを確認するため、林木育種センター構内の着花量の多い個体の樹冠からとった枝をつぎ木したところ、つぎ木した当年と翌年に着花する個体がありました（図 6-2）。さらなる試験が必要ではありますが、樹冠から採

図 6-1 広東省のつぎ木採種園

図 6-2 着花した 2 年生つぎ木苗

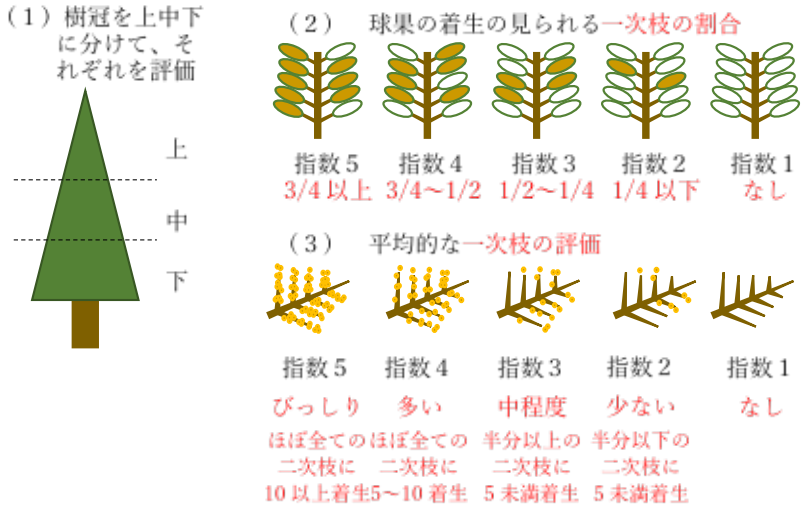


図 6-3 コウヨウザンの球果着生量の指数評価法

取した枝をつぎ木することで、早期に採種園での種子生産が行えるかもしれません。

着果促進が難しいこと、着花量の多い成木からつぎ木増殖することで早期着果が期待できることから、コウヨウザンの採種量を増加させるためには、クローンの着花量を評価することが重要になってきます。そこで、コウヨウザンの球果着生量の指数評価の基準を作成しました（図 6-3）。この基準に従って、林木育種センター構内の 6 個体について、3 年にわたり着果量評価を行いました。その結果、個体によって着果量が異なり、いずれの年でも傾向は変わらないという結果が得られました（図 6-4A）。また、3 年間の豊凶をみたところ、多少の豊凶はあるものの、着果量の多い個体については、不作年でもしっかりと着果していました（図 6-4B）。このことから、コウヨウザンでは、豊凶の少ない多着果系統を選抜することで、安定した種子生産ができるのではないかと考えています。なお、ここで示した結果は、クローンを用いた繰り返しのある試験結果ではないため、参考程度になりますが、このような方法で、今後、優良クローンの着果特性の評価を行っていくこととしています。

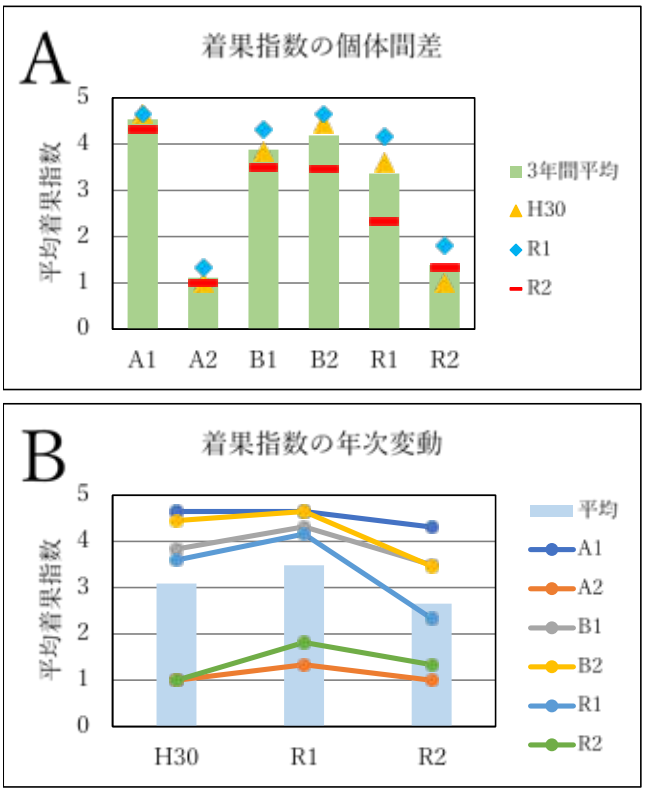


図 6-4 コウヨウザン 6 個体の球果着生量評価

（磯田）

（2）種子の採取法

1）種子の成熟と球果からの種子の飛散

広島県庄原市のコウヨウザン林における観察事例からみると、コウヨウザンの種子の成熟時期は 10 月下旬(図 6-5)、球果が乾燥して種子の飛散が始まる時期は 11 月中旬以降でした（図 6-6）。このため、球果採取は 10 月下旬から 11 月上旬に行い、シードトラップを用いた種子採種でも同時期にシードトラップの設置を行う必要があります。

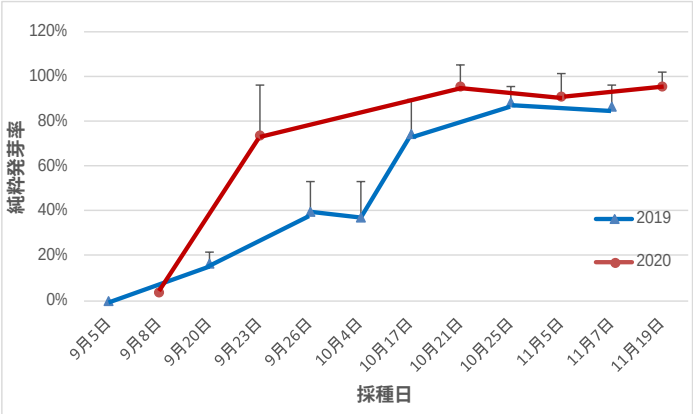


図 6-5　コウヨウザン種子純粋発芽率の変化（エラーバーは標準偏差）

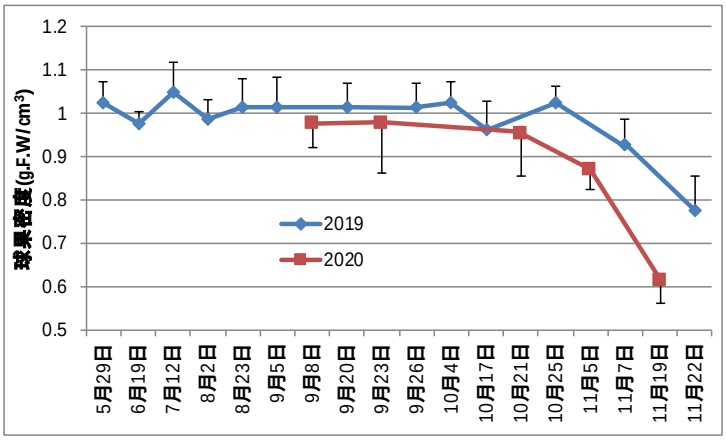


図 6-6　コウヨウザン球果密度の変化(エラーバーは標準偏差)

(坂田)

2）林分からの採種法

① 林分からの採種法

コウヨウザン球果は樹冠上・中部の枝先に多く着生するため、樹高の高い既存林分から種子を安全に採取するには、シードトラップの利用が有効です。ここでは大型シードトラップを用いた採種法を紹介します。

② 大型シードトラップの作成法

1m×4m の 4 ㎡シードトラップを図 6-7 に、このトラップの資材を表 6-1 に紹介します。このトラップは簡単に畳んで移動できますので、作業しやすい場所を選んで各支柱の位置に 16 mm径の塩ビ管などを縦に埋設し、そこに 6 本の鉄柱を立てれば楽に組み立て作業が行えます。

図 6-7　4 ㎡大型シードトラップ　(展開状態)　　(畳んだ状態)

表 6-1　シードトラップ 1 基当りの資材

名称	規格	数量	摘要
クレモナ寒冷紗	＃100,幅1.8m，白色	5.5m	両端の折代を含む
鉄支柱	直径13mm，長さ1,5，先鋭	6本	2m間隔で片側3本
防鳥網	30mm目，幅1.8m程度	5m	
塩ビ管	内径13mm	3cm×6本	鉄杭用キャップ
カラー針金	＃12	適宜	寒冷紗の取付等
園芸ピンチ		14個	防鳥網取付用
U字アンカー	30cmU字針金	3本	アンカーを寒冷紗の底3か所に設置。黒ばん頭は寒冷紗保護用。
黒ばん頭		3枚	
紐		60cm×3本	

③ トラップの設置場所と設置期間

トラップは球果を沢山付けた木の樹冠下部に図 6-8 の様に設置します。設置に当たっては、寒冷紗が風で引っくり返らないように底の 3 か所にアンカーを取り付けます。支柱は 50 cmまでの埋め込みとして、寒冷紗の下端と地面の間に十分な空間を取ると、降雨後も種子が乾きやすく、地面からの湿気による濡れも防げます。

球果を多く着生した個体を林内から探すことは難しいのですが、ムササビの食べ滓などが落ちているような場所は設置の適地です。また、ドローンを利用した樹冠上部の観察は有効です。

トラップの設置期間は 10 月下旬から翌年の 2 月下旬頃までです。種子の飛散はほぼ 12 月中に終わっているようですが、樹冠に捕捉されていたと思われる種子が翌年 2 月まで落ちてきます。

図 6-8　シードトラップの設置状況

④　種子の精選

シードトラップで採取した種子には落ち葉などが大量に混入するため、夾雑物の除去が必要です。初めに、4 ㎜目を上段に 2 ㎜目を下段にして重ねた篩の上に採取種子を載せて篩うと、2 ㎜目の篩の上に種子とコウヨウザンの針葉などが残ります。次に、図 6-9 に示す種子精選器を用いて、夾雑物とシイナなどを吸引除去します。この種子精選機では吸引ダイヤルを 4 にした時に最も効率的に夾雑物やシイナが除去できました。

種子精選機を用いて粗選別した種子(図 6-10)の種子純量率は 70%程度あり、6 か月の保存試験の結果では精選種子に遜色のない発芽率が見られ、実用に問題のないものでした。また、大きな夾雑物を除いた後はスギやヒノキの種子と同様に薄めた中性の洗剤液に数時間浸漬して沈んだ種子だけを取り出すことでシイナやシブダネを効率的に除去することができ、充実した種子だけをより多く残すことができます（大塚ほか 2017）。

図 6-9　種子精選機

図 6-10　粗精選種子

(坂田)

３）球果からの採取法

①　球果の採取

球果は樹冠の上部に着生し、11 月中旬頃から鱗片が開いて種子を落とします。その後も球果は枝に残ります。このため、球果の採取は 10 月下旬～11 月上旬頃に枝についた緑色で種鱗が閉じた状態の球果（図 6-11）を枝ごと切り落とすか、球果をもぎ取ります。形状は卵球形で大きくなるほど縦長になる傾向があります。種子は種鱗の内面に 3 個下垂してついています。茨城県、千葉県及び広島県内に植栽された 14 個体から採取した球果では、球果 1 個の重さは 6.09～17.89ｇ、1 球果当たりの平均種子数は 62.3～120.9 粒と大きな幅がありますが、球果生重、球果体積と球果当たりの種子数、種子重量とに相関がみられることから（大塚ほか 2017）、大きな球果からはより多くの種子が採取できることが推察されます（図 6-12）。

図 6-11　コウヨウザンの球果

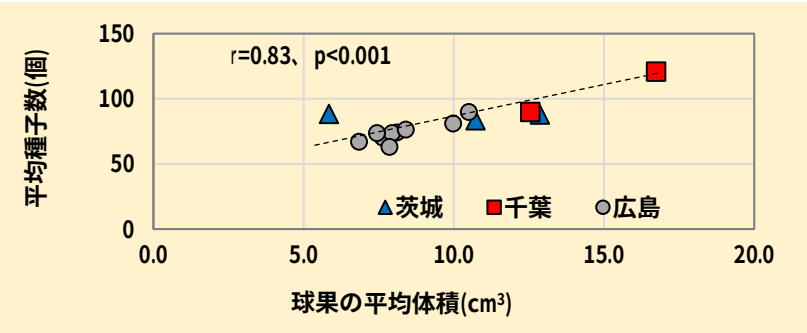


図 6-12　球果の大きさ（平均体積）と種子数との関係

（茨城、千葉、茨城のコウヨウザン林分から個体ごとに球果、種子を採取）

②　球果の乾燥

スギやヒノキと同様に乾燥室内で半月から 1 ヶ月間乾燥させて種鱗が開いた後、スギの場合より大きめのメッシュの篩（ふるい）にかけて種子を取り出します。

③　種子の精選

種子を取り出した後に夾雑物は除きますが、まき付け直前に洗剤液選を行うので完

全に取り除く必要はありません。

④　種子の重さ

コウヨウザンの種子は、スギやヒノキに比べ大きく（図 6-13)、精選前の種子の百粒重は 0.35～0.66ｇ（大塚ほか 2017a）であり、スギやヒノキの２倍程度の重さです。

コウヨウザン　　スギ　　ヒノキ

図 6-13　コウヨウザン種子のスギ、ヒノキとの比較

(大塚)

４）　種子の乾燥と貯蔵

種子を長期間保存するためには、十分に乾燥させる必要があります。種子を送風乾燥機に入れて 45℃で 48 時間乾燥すると、種子の含水率が 5%以下に低下します。

乾燥後の種子を密封して－25℃冷凍、3℃冷蔵、室温の 3 条件で保存試験を行った結果、保存 1 年 6 か月時点では保存条件によらず良好な発芽率を示しました。

（坂田）

（３）コウヨウザン花粉のアレルゲン特性

コウヨウザンはスギやヒノキと同じヒノキ科に属していることから、我が国で社会問題となっているスギ花粉症との関連が懸念されます。そこで、コウヨウザン花粉とスギ花粉との交差抗原性について明らかにするとともに、ヒノキ花粉との関係についても検討しました(近藤ほか 2020)。

１）花粉抗原の抽出と ELISA 法によるアレルゲン濃度測定

コウヨウザン、スギ、ヒノキ花粉から抽出したタンパク質にスギの主要アレルゲンである Cry j 1、ヒノキの主要アレルゲンである Cha o 1 のモノクローナル抗体(ニチニチ製薬(株))を用いたサンドウィッチ ELISA 法によりアレルゲン濃度を測定したところ、スギのタンパク質では Cry j 1、ヒノキのタンパク質では Cha o 1 を検出しましたが、コウヨウザンではどちらとも検出しませんでした。

2）スギ花粉アレルギー患者血清を用いた特異的 IgE 抗体価測定

一般的なスギ花粉症患者と考えられるスギ花粉感作鼻炎合併喘息患者 10 名および対照に用いたスギ特異的 IgE 陰性の非アトピー患者 3 名の血清に、スギ、ヒノキ、コウヨウザン花粉から抽出したタンパク質を反応させ、特異的 IgE 抗体価を測定したところ、コウヨウザン花粉に対してはすべて陰性となり交差抗原性が認められませんでした。そこで、よりスギ特異的 IgE 抗体価の高いスギ／ヒノキ強感作アレルギー性鼻炎患者 12 名の血清を用いて再度試験したところ用いた 2 つの測定法のうちペーパーディスクを用いた方法では３名、プラスチックプレートを用いた方法では１名が陽性でしたが、当該患者のスギの抗体価に比べれば 50 分の 1 以下であり極めて低い値でした。なお、陽性だった３名の血清を用いた IgE 抑制試験においてスギおよびヒノキとの交差抗原性が認められましたが、抑制能力は低い結果でした。

3）まとめ

コウヨウザン花粉にはスギおよびヒノキの主要アレルゲンと交差抗原性を示すタンパク質が存在するものの、その抗原活性はスギに比べて極めて低いことが明らかになりました。針葉樹の分類ではかつてスギ科があり、その後ヒノキ科に統合されました。コウヨウザンはかつてスギ科に属していたことから、その花粉でスギ花粉症の患者さんに感作することが推測されましたが、近年行われてきた DNA 配列に基づいた分類ではスギ及びヒノキと離れたグループに位置することが明らかとなり（Brunsfeld et al. 1994、2 ページ参照）、交差抗原性が極めて低かったことの説明がつきます。なお、本試験はあくまでも in vitro での結果です。

(近藤・生方)

７．コウヨウザンの苗木生産

（１）実生裸苗の育成

１）種子の準備と発芽率

実生苗を生産する場合、使用する種子の質が苗木の生産性や造林後の成長に大きく影響を及ぼします。現在コウヨウザンの実生苗生産に広く使用されている種子は中国からの輸入種子となっています。

国内のコウヨウザンから種子を採取して利用する場合、孤立木やさし木で増殖された単一系統の複数本の植栽木の種子は自殖の種子となり成長が極めて悪くなる可能性があるため、利用すべきではありません。仮に利用する場合は、育成した苗木を植栽して数年間成長を観察した上で問題がないことを確かめてからにすべきです。国内のコウヨウザンからは実生由来の林分や複数系統のさし木が植えられた造林地からの採種、利用が望ましいです。2015 年に国内の造林木から種子を採取して発芽率及び充実率を調べた結果を図 7-1 に示します。これらの未精選の充実種子の割合は４～27%、シブダネは 15～44%、シイナは 35%～79%で不稔種子の割合が高い結果でした。このため発芽率も３～33%、平均 17%と低い値でした。これらの精選前の種子は、洗剤液選をすることで発芽率を 33～95%、平均 71%にまで向上できました（大塚ほか 2017b)。洗剤液選の方法は市販の食器洗い洗剤 0.02%の洗剤液に 4 時間浸漬します。この時、数回しっかりと撹拌して種子を洗剤液になじませるのがコツです。これ以上長い時間浸漬するとシブダネがさらに多く沈み発芽率が落ちます。なお、シブダネの割合が多い系統では精選の効果が小さい傾向があります。浸漬後、浮いた種子を除き、沈んだ種子をすすぎ、一昼夜流水処理をした後にまき付けます。まき付け前に脱水をかけると種子同士がくっつかず、まき付けが容易になります。洗剤液選により沈んだ種子を十分に乾燥させた後の百粒重は 0.43～0.83ｇでした。

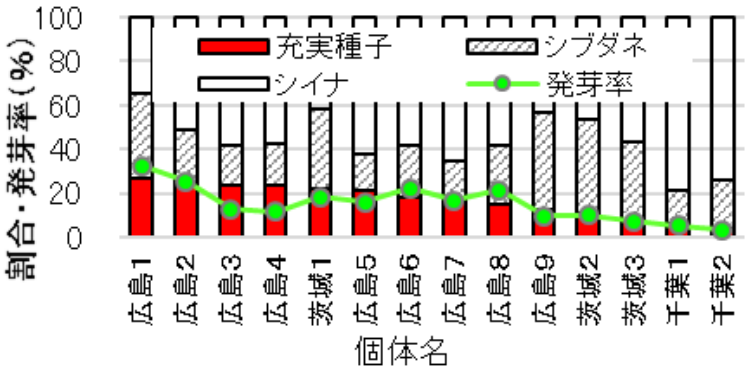


図 7-1　未精選の充実種子、シブダネ、シイナの割合と発芽率

以下は苗畑での２年生山行き実生苗の生産を目標としています。

２)まき付け床の準備

まき付け床の準備はスギ、ヒノキと同様です。幅 1m、高さ 15cm 程度の畝をつくり、仕立て本数から床の面積を算出します。

３)まき付け

山出し本数に合わせて、以下の式でまき付け量を算出します（原田 1994 を改変)。

$$X = \frac{N}{R \times H \times K \times Y}$$

X：m^2 当たりまき付け量（g）
N：m^2 当たりの仕立て本数（本）
R：タネの純量率（1 に対する）
H：１g当たりのタネ粒数（粒）
K：検定発芽率（1 に対する）
Y：苗木残存率（1 に対する）

まき付け床でのまき方はスギ、ヒノキと同様に、手で万遍なくばらまき、まき付けた種子の上に篩（ふるい）で芝目土などの細かな土をふるって種子が充分隠れる程度に覆土します（阿部・弓野 2003)。

４)転圧

まき付けした種子が浮いて風や雨で流失しないように覆土直後に転圧をします。播種床を床幅よりも広い幅の長めのビニールで覆った上からローラーで転圧し、その後覆ったビニールを剥がします。この時覆土が十分でなかったり、床土が水浸しになっていたりすると種子がビニールについてきてしましますので注意が必要です。

５)床覆い

雨滴による床の崩壊による種子の流出や乾燥を防ぐために黒色の寒冷紗で床を覆います。寒い地域では寒冷紗の代わりに敷き藁やムシロを敷いて、縄で押さえる方法で床覆いをする場合もあります。発芽までの日数は、まき付け時期や地域によって異なりますが、茨城県日立市の苗畑で２年間まき付けた結果では、まき付け後 3～6 週間程度で発芽が出揃いました。発芽が出揃ったら覆いを外します。

６)発芽後の管理

発芽後の苗床の管理はスギやヒノキと同様です。具体的には次のとおりです。

・日除け

床面からの水分の蒸発をおさえ、土壌の乾燥を防ぐ、直射日光による床面の過熱を

避ける等の目的で実施します。床面から 60～70㎝ の高さに遮光率 50%程度の寒冷紗を設置して日除けします。日除けを外す時期は地域や天候によりますが、8 月中には外すようにします。

・灌水

５月の梅雨前の乾燥時期や夏場は土壌が乾燥します。土壌が乾燥している時には、しっかりと灌水する必要があります。

・除草

手取り除草、農薬を併用してしっかり除草する必要があります。

・間引き

コウヨウザンは枝張りが大きいので、密生している場合は若干強度の間引きが必要です。

・苗木の消毒、追肥、根切り

我が国でのコウヨウザンの苗木生産段階での病虫害被害については未解明な部分が多くありますが、これまで行った苗木生産ではさし付け時にすす病の発生が多少見られる程度で、その他の被害は確認できませんでした。このため、苗木の消毒、追肥、根切りは、スギ、ヒノキの実生苗の育成と同様の方法で実施すればよいと思われます。コウヨウザンの苗木はクローンによる差はありますが、冬場の寒さで赤茶色になります。また、スギやヒノキに比べて寒害や霜害により苗木の先端部が被害を受けやすい傾向がみられました。このため、秋の徒長成長を押さえて冬場の寒害を防ぐため、８月中旬頃から数回根切りをしっかりと実施することが望ましいと思われます。

・防寒

寒害や霜害の防止のために 11 月上旬には寒冷紗でトンネルを作るなどにより、しっかりと防寒対策をすることが重要です。

・床替え

春になって気温が高くなり、遅霜の発生の心配がなくなった頃、または秋に床替えを行います。植付けは、スギ 2 年生山行き苗木生産（40～60㎝、TR 率 2.0 前後を目標）に準じて、1 ㎡当たり 30 本（阿部・弓野 2003）で列状に植え付けます。

・苗畑でのまき付け後 8 ヶ月間の成長

広島県庄原市の民有林内の５個体及び茨城県日立市の１個体から採取した種子を茨城県日立市の苗畑に 2016 年４月中旬にまき付け、同時にまき付けたスギ精英樹種子と比較しました。7 月～12 月まで毎月実生苗の苗高及び根元径を計測した結果、コウヨウザンの苗高成長は 10 月でほぼ止まり、12 月時点の平均苗高は 14～18㎝ でスギ実生苗の平均苗高 18～20㎝ よりも小さい結果となりました。一方、コウヨウザン実生苗の根元径は 11 月から大きく肥大し、スギよりも太い苗となりました（図 7-2、大塚ほか 2017）。12 月時点での形状比（苗高／根元径）はコウヨウザン実生苗が 26～39 でスギ実生苗の 49～52 よりも低い結果となり、コウヨウザン１年生実生苗は、

苗高成長ではスギに劣るものの、径が太く形状比が良好なしっかりとした苗となる傾向がありました。

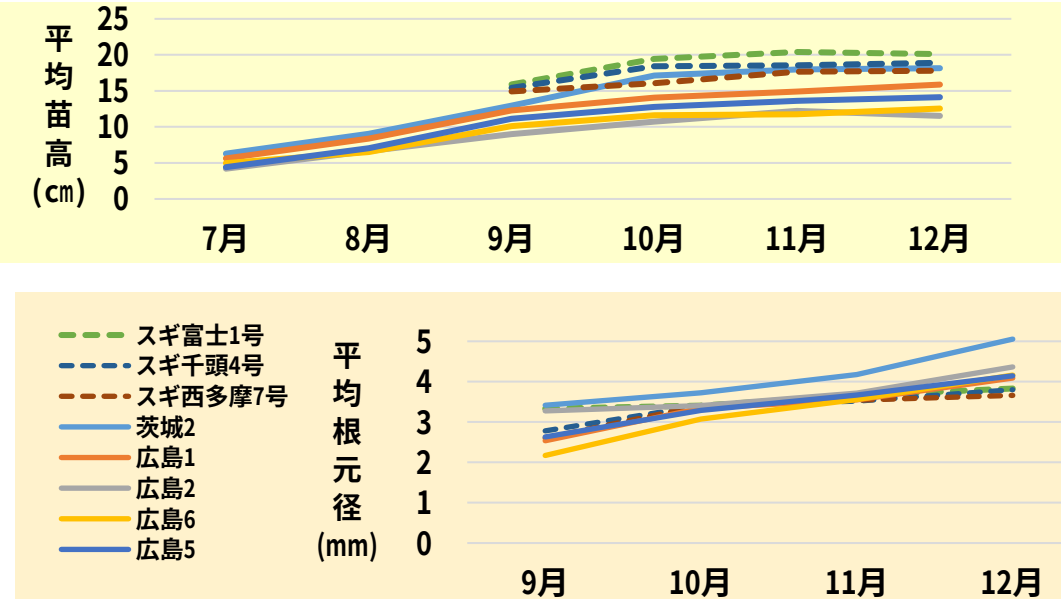


図 7-2 苗畑での実生苗の苗高（上）と根元径（下）（実線がコウヨウザン、点線がスギ）

(大塚)

（2）実生コンテナ苗の生産

1）資材

①コンテナ容器

マルチキャビティコンテナをはじめ様々なコンテナ容器がありますが、容器の容量や本数密度、スリット有無等の違いがあります。どの容器でも育苗は可能ですが、樹種に応じて適切な容器を選択する必要があります。

コウヨウザンにおいては、以下の３点の影響が考えられます。

a. 容器のサイズの影響

M スター（約 220cc）と 150cc 容器の成長差を比較すると、M スターの成長が良い傾向が見られました。容器は大きい方が望ましいですが、大きく成長しすぎると、コウヨウザンの葉を触ると痛くなり、出荷や植栽作業に大きく影響するため、150cc でもかまいません。

b. 水はけの影響（スリット有無）

コウヨウザンは水を欲しがりますが、水はけの良い状態を好みます。スリット有無で有の方が、根鉢形成で成長が良い傾向がみられため、スリットが有る方が望ましいです。

c. 本数密度の影響

初期段階では密集していても成長に影響はありませんが、苗長が 30cm 程度まで成長するとある程度疎にする必要があります。そのため、スペーシングできる容器が望ましいです。

このことから、容器がある程度大きく、水はけが良く、スペーシングのできるＭスター（図 7-3）が一番適合していると考えられ、次にスリットのある容器（BCC（図 7-4）、東北タチバナ等）が望ましいと考えられます。しかし、他の容器であっても育苗は可能であるため、現場に応じた容器を選定して下さい。

図 7-3 M スターコンテナ

図 7-4 BCC コンテナ

②培土

コウヨウザンは水を欲しがりますが、水はけの良い状態を好む傾向にあるため、通常のスギ・ヒノキ生産で用いる培土に加えて、バーク（図 7-5）等を混合させることが望ましいです。

図 7-5 バーク

③肥料

元肥としてハイコントロール 5g/L を施肥します。

2）播種・発芽

①工程（図 7-6）

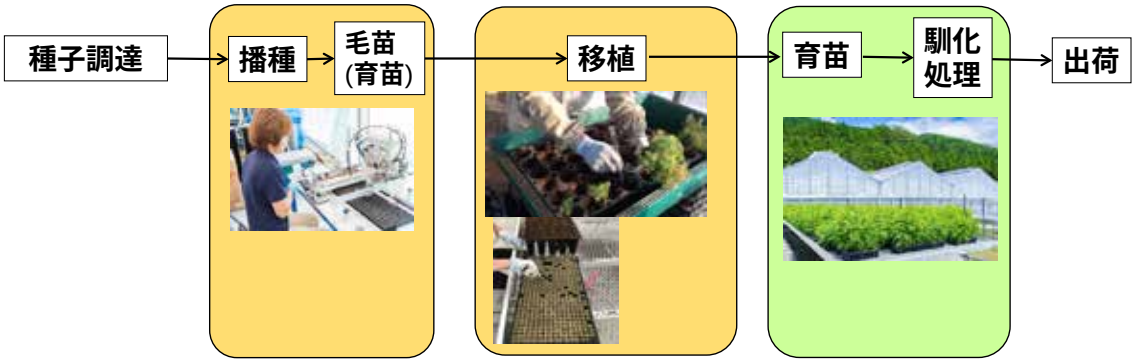
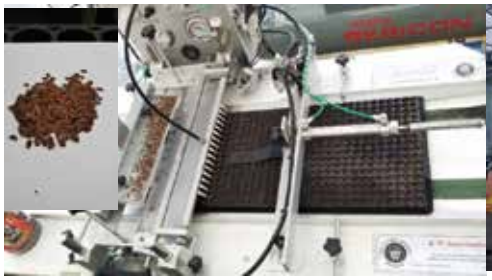


図 7-6 工程表の 1 例

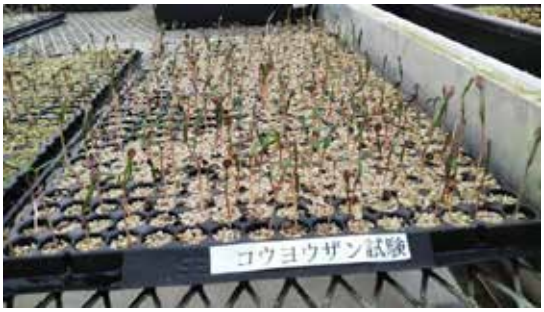
②発芽方法

種子の品質に影響されますが、スギやヒノキ等に比べてコウヨウザンは温度湿度による発芽コントロールが行いやすいため、発芽室等を用いた生産方法を用いると効率的に行うことができます。そのため、エクセルソイルに播種を行い、発芽室で発芽させることで、以下の工程（図 7-7）で示すように、機械による播種と発芽コントロール、移植作業の軽減、活着率の向上等の生産の効率化が期待できます（図 7-8）。



種子及び半自動播種機

発芽室



エクセルトレイ上での発芽状況

図 7-7　発芽工程

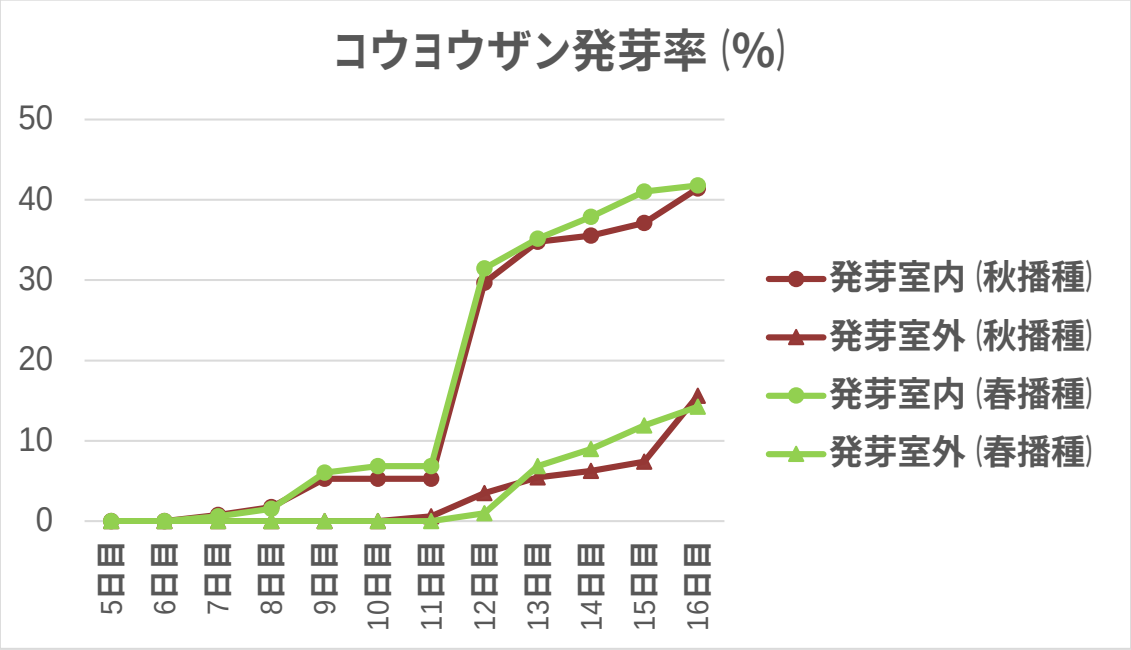


図 7-8　発芽室有無による発芽率の違い

③移植作業

２～３葉程度まで開いたらピンセット等でプラグ苗を移植します（図 7-9)。移植直後は、容器の下から水が滴るぐらいたっぷり潅水します。春～夏の日差しが厳しいときは遮光を行います。

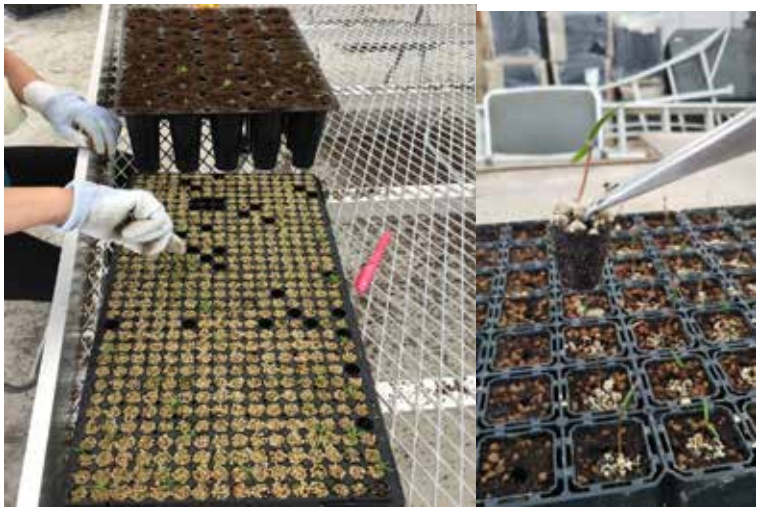


図 7-9 移植作業の様子

3）育苗方法

①潅水

a. 移植直後

水が下に滴るまで十分な潅水を行い、水路をしっかり形成します。

b. 育苗段階

１回の潅水量は各苗木に十分な量を行います。気候や用土によって土壌含水率が異なるため、最初に土壌含水率を測定し、潅水のタイミングを確認します。

１例として潅水頻度は

春：2-3 日に 1 回

夏：1-2 日に 1 回

秋：2-3 日に 1 回

冬：3-4 日に 1 回

②遮光

遮光については、移植後 1 ヶ月程度は必ず実施します。

③追肥

状況に応じて液肥を追肥します。

④消毒

スギ・ヒノキ生産と同様に適宜実施します。コウヨウザンだからと特別な消毒は必要ありません。

⑤屋外順化

ハウス内で育苗している場合は苗長が 15-20cm 程度の段階で、ハウス外に移動させて、外気順化を行います。徒長を防ぎ、根鉢形成を促進させる狙いもあります。また、

密集状態で育苗（図 7-10）してきた場合は、スペーシングを実施し、密度を疎にすることで、成長を促進させることができます。また、スギ等と同様に冬は光合成を抑制する生理現象で赤みを帯びます。

図 7-10 密集育苗状態

4）出荷

①出荷規格

150cc のコンテナ容器で育苗すると、コウヨウザンは 30cm 程度まで成長すると成長速度が落ち、それ以上の成長には時間を要します。育苗期間が 1 年半を超えると、コウヨウザンの葉は固くなり、人が触ると痛くなるため、出荷・植栽作業に影響が出る場合があります。その場合は、20cm 上で根鉢が固まれば、出荷して山で成長することも可能です（図 7-11）。

M スター等 150cc 以上のコンテナ容器では大きく育苗することが出来ますが、50cm 以上のものや育苗期間が 1 年半を超えると痛くなるため、20cm-50cm の間で出荷し、山で成長する方法をとることも出来ます。獣害の問題はありますが、被害を受けなければ山での成長速度は速いため、獣害対策をとった上で、早い段階で山に出荷するメリットはあります。

図 7-11 出荷可能な状態

5）年間スケジュール

・発芽室有、Mスターコンテナ、ハウス使用の場合

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
播種	↔	↔										
移植		↔	↔									
育苗（ハウス内）		↔	↔	↔	↔							
育苗（ハウス外）					↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
出荷										↔	↔	↔

※地域によって異なる。宮崎県での１例。

（兼光）

（３）さし木コンテナ苗の育成

１）さし木に適した穂木

中国では数百年以上さし木造林が行われてきたとされていますが(Li 1995)、我が国でも広島県庄原市の林分ではさし木が用いられたことが DNA 分析によって明らかになっています(磯田ら 2017)。コウヨウザンの立木の枝をさし穂として用いる場合、枝の主軸部分を大量に確保することは困難であるとともに発根後に育苗したさし木苗は枝性を発生する場合があり、また側枝部分のさし穂を用いて育苗したさし木苗のほとんどは芯の立たない枝性の苗木となりました（大塚ら 2016）。

コウヨウザンのさし木苗の生産に適した穂木はスギや他の多くの樹種と同様に萌芽枝です。またコウヨウザンは萌芽性がとても強い樹種で、伐根や根元から発生した萌芽枝（図 7-12）を用いると非常に高い発根率が得られるとともに、芯の立った優良な苗木を生産することができます（大塚ら 2017）。

２）採穂台木の育成

さし木苗生産を実施する場合、さし木に適した萌芽枝を大量に確保する必要があります。このためには採穂台木を仕立てて萌芽枝を生産します。さし木増殖したコウヨウザンを苗畑で普通に植栽すると根元付近から萌芽が発生し、複数の幹を有する苗木となることがあります。さし木増殖した苗木を普通に植栽せずに敢えて地面に寝かせて伏せた状態で植栽する（これを寝伏植栽と呼んでいます）と根元付近からより多くの萌芽枝が発生します（図 7-13）。寝伏植栽で発生した 5cm 程度の萌芽枝を繰り返し採穂したところ、1 本の植栽木から年間 100 本以上の萌芽枝が採穂できた場合もありました（大塚ら 2020）。中国福建省では寝伏植栽木から 6～8cm 程度の萌芽枝を苗畑に露地して 1 年で 40cm 以上の苗木を事業ベースで生産しているそうです（磯田・山口 2019）。4

月中順に 8cm 程度の萌芽枝をマルチキャビティに直ざしして育苗したところ、翌年 1 月時点では苗高 30cm 以上の山行き可能な苗木の生産ができました（大塚ら 2017）。しかしながらその後同様に短い穂木を用いてさし木コンテナ苗の生産を行ったところ、芯の立たない苗木が多数できてしまい支柱での自立補助である程度は改善しましたが手間がかかる結果となりました。また、1 年後に苗高 40cm を超える苗木はごく僅かとな

伐根から複数年発生する萌芽枝

立木の根元から発生する萌芽枝

3 年生苗木の根元から発生した萌芽枝

図 7-12　さし木苗生産に適した萌芽枝

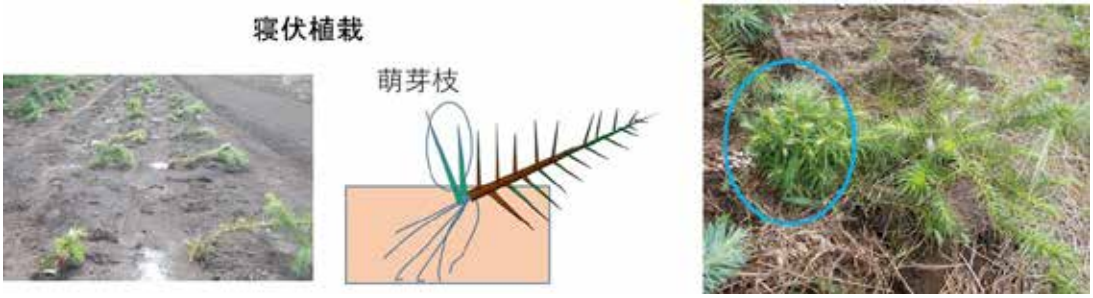


図 7-13　寝伏植栽後に根本付近から多数発生した萌芽枝

図 7-14　植栽翌年の寝伏植栽台木

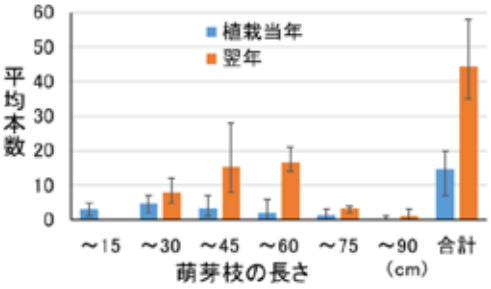


図 7-15　寝伏植栽台木のサイズ別の萌芽枝の採穂数（9 月から 11 月に繰り返し採穂）

りました。さし穂に用いた 10㎝ 程度の萌芽枝は基部径が 3㎜ 以下の細いものの割合が高く、これを穂木としてさし付けて育苗すると根元径が細い状態で伸長するため、芯の立たない苗木が多くなり得苗率が安定しない結果となっていました。さし木コンテナ苗を生産する場合、あらかじめ直径が太い大きめな穂木を利用する必要があります。

施肥及び複数の植物ホルモン剤による萌芽の発生試験の結果、施肥が成長促進と併せて萌芽の発生を促進することが明らかとなりました（大塚ら 2020）。このため採穂台木として寝伏植栽する際には、完熟堆肥を植穴に入れるなどの元肥の施要が有効です。また植付け後に化成肥料等を根本付近に散布し施肥する方法も効果的です。

図 7-14 は寝伏植栽を行った年の 9 月～11 月に最初の萌芽枝の採穂を行い、その翌年に発生した萌芽枝を採穂せずに 9 月まで育成した採穂台木です。芯の立ったより大きな萌芽枝が数多く生産でき、9 月から 11 月にかけてさし木コンテナ苗生産に適した軸の太い穂木を計 50 本近く順次採穂することができました（図 7-15）。このように寝伏植栽した採穂台木から毎年 9 月から 11 月に順次大きくなった萌芽枝を 1 本の採穂台木から繰り返し採穂してさし穂に用いる秋ざしのための穂木の生産が良いと考えられます。他方、3 月から 4 月の春ざしでの採穂では前年に大きく伸びた萌芽枝を一度採穂するのみとなり期間中に新たな萌芽枝の伸長はなく、1 本の台木から繰り返しの採穂はできません。

3）採穂台木の管理

①　植栽前の雑草対策、植付け後の除草

コウヨウザンを寝伏植栽して採穂台木として利用する場合、穂木となる萌芽枝は地面若しくは地面近くの幹から発生します。このため周囲の雑草による被圧が著しいと発生した萌芽枝が蒸れて枯れてしまったり、大きな萌芽枝に成長できなかったりする恐れがあります。この対策として除草は必須となります。このため採穂台木を植栽する圃場は、植栽前に十分に耕耘を繰り返し行った後に燻蒸処理や苗畑用の除草剤を散布する等により、雑草の発生を極力抑える処理を実施しておいた方が後の管理が容易と

なります。また、効果は1年～2年程度に限定されますが植栽前にマルチシートを敷くことも除草の手間を省力化することに繋がります。そのほか、採穂台木を植栽した周囲を目合いの細かな防風ネット等で囲むことで雑草の侵入を多少でも防ぐ等の対策も効果的と考えられます（図7-16）。

② 採穂、剪定

大きく成長した萌芽枝は採穂しないままで残すと更に大きくなりすぎて他の萌芽枝の成長を阻害して数をより多く取ることができなくなるため（図7-17）、9月頃にさし穂として利用可能な大きさになった段階で確実に根元から採穂、除去します。この際に周辺から発生している芯の立った小さな萌芽枝を傷つけないように注意します。また、軸が細く芯が立たないで地面と平行に大きく伸びた枝性の萌芽枝は時期に関わらず根元から除去します。

11 月に採穂を終えた後に残った比較的小さな萌芽枝については、基本的に全て剪定して除去した方が良いと考えられます。これは、取り残した小さな萌芽枝が冬期の霜害や寒害によって枝先が被害を受けて形状の翌年の採穂時に質の良くない萌芽枝となってしまう恐れがあることや翌年に大きな萌芽枝になりすぎて新たな萌芽枝の発生を阻害する恐れがあるためです。

採穂終了時には併せて剪定により樹形誘導を行います。寝伏植栽後の苗木の主軸は成長とともに徐々に立ち上がってくる傾向がありますので管理しやすい大きさで断幹するとともに他の枝についても大きくなりすぎないよう剪定により枝摘めします。この際、過度に摘めすぎると樹勢を著しく衰えさせることとなりますので注意が必要です。樹形誘導後から春先までの間に化成肥料を散布するなどの施肥を行い、翌年の萌芽枝の発生を促します

③ 寒害、霜害対策

コウヨウザンの苗木は系統による程度の差はありそうですが霜害や寒害により枝先

図 7-16　雑草防除のための寒冷紗や防風ネットの施設

図 7-17　採穂、剪定の遅れにより大きくなりすぎた萌芽枝

図 7-18　霜害の被害を受けた萌芽枝

図 7-19　霜害、寒害対策

図 7-20　鉢植えの採穂台木

が萎れる被害が比較的多く観察されます。寝伏植栽による採穂台木でも発生した萌芽枝に枝先が同様に萎れる被害が発生しました（図 7-18）。コウヨウザンの寝伏植栽による採穂台木は、スギの高台や中台型の採穂台木と異なり地面に極めて近い状態で仕立てるため地域によっては対策が必須です。このため 11 月下旬頃からトンネル支柱の上に寒冷紗を被覆するなどの防寒、防霜対策を施します。この上からビニールトンネルを張るなどの対策も翌春の新たな萌芽枝の発生促進に効果的です（図 7-19）。この他、植木鉢に寝伏植栽を行いハウス内で育苗を行ったところ、地植えと同様に多くの萌芽枝が発生し、大きく育成することができました。台木 1 本当たりの採穂本数は少なくなると考えられますが大きめの鉢に寝伏植栽してハウス内で穂木を生産する方法も十分可能です（図 7-20）。

4）さし木コンテナ苗の生産

①荒穂の採穂

寝伏植栽により育成した採穂台木から発生、大きく伸長した萌芽枝を荒穂として採穂します。萌芽枝の形状は 3 月時点が 10 月時点と比べると形状比が低い傾向にありま

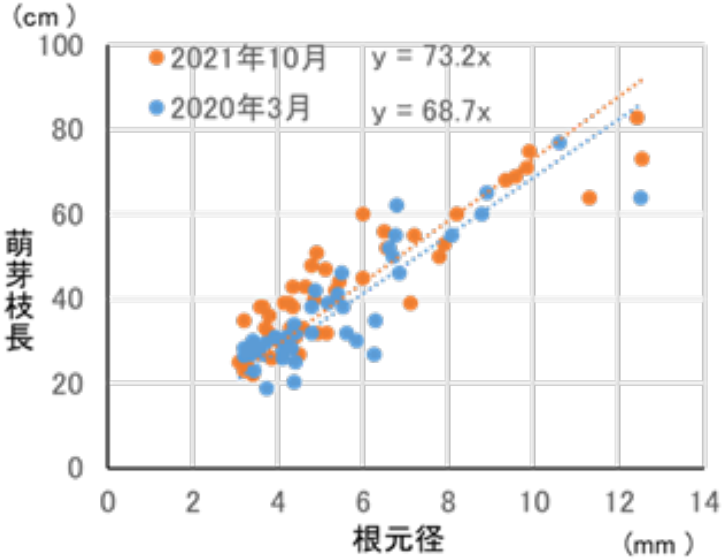


図 7-21　寝伏植栽台木の萌芽枝の形状

した（図 7-21）。このことは肥大成長が秋以降に盛んに起こる結果と考えられます。採穂は地中から萌芽枝が発生している場合は地際から、幹から発生している場合は発生部位から採穂します。これにより周囲の小さな萌芽枝の成長を促すとともに新た萌芽枝の発生が期待できます。

採穂直後にさし穂として調整できない場合は、荒穂は十分深さのある水槽等に入れて流水に漬けて乾燥を防ぐ必要があります。

② 穂木の形状（大きさ）の調整

さし木苗の場合、穂木の形状がそのまま発根したての発根苗（図 7-22）の形状となります。このため、当然大きなさし穂を用いれば大きな発根苗を確保することができますし、形状比が高いさし穂を用いれば徒長した発根苗が得られます。形状比を低く抑えた発根苗を得るためには穂木の形状の調整が必要となります。

さし穂の大きさの目安は育苗後の目標とする山行き苗木の形状と育苗期間中の成長量から決める必要があります。4 月までの春ざし、10 月の秋ざし後 1 年間育苗したコウヨウザンさし木コンテナ苗の平均伸長成長量はいずれも 20㎝以上となりました。また 1 年生と 2 年生のコウヨウザンの実生コンテナ苗を育苗して形状比を調査したところ、苗高 30～40㎝ の 1 年生コンテナ苗が 70 程度、苗高 50～60㎝ の比較苗高は 60 程度でした。これらの調査データから考えられるさし穂のサイズの目安は、目標とする山行き苗木の目標苗高を 40㎝ 以上、さし付けの深さを 5㎝ 程度確保した場合の穂長が 25㎝ 、基部径がおよそ 3.5㎜ 以上となりました。この長さに穂木を調整してさし穂を作り、これよりも径の細い穂木はできるだけ使用しないことで歩留まりが安定します。より大きな山行き苗木を目標とする場合は、より軸が太く大きな萌芽枝を使用することで形状の良いさし木コンテナ苗が育成できます。

気温が高い時期に枝の数が多いさし穂を用いると乾燥、蒸散＞給水となり、さし付け後しばらくして主軸が歪曲する現象が比較的多く見られました（図 7-23）。さし穂の枝の数は、実生コンテナ苗の枝の数を参考にすると穂長 25㎝～45㎝ 程度では 2～4 本程度を目安に適用します。それ以上の穂長を用いる場合はさし穂の大きさに応じて 4～10 本程度を目安とし、成長休止期（11 月～3 月）にさし付けることが望ましいと考えられ

図 7-22　発根したての発根苗

図 7-23　枝数が多くさし付け後に歪曲したさし穂

ます。

穂の大きさの調整後には、さし付けし易いようにさし付け部分(25cm のさし穂で 5cm)の針葉を取り除きます。指の表面などの滑り止め加工が施されたポリウレタン製のゴム手袋などをはめて、親指と人差し指でさし付けの上部位置で穂木をつまんで、基部方向に針葉をこそげ取るようにスライドすると比較的容易に取り除くことができます。さし穂作りが完了したら流水に 1 昼夜以上浸漬してフェノール類を洗い流すとともに、さし穂に水を十分に吸わせます。

③　さし付け

萌芽枝を用いたさし木試験を実施したところ、春から初夏、秋期のミスト灌水で用土に関係なく高い発根率が得られました。コウヨウザンは元々発根性が高く、さらにさし木コンテナ苗生産のために採穂台木を育成して萌芽枝を穂木として利用する場合は発根促進剤を利用しなくても十分安定して高い発根率が期待できます。コンテナへの直ざしでも十分高い発根率が得られる（大塚ら 2020）ことから、資材や作業効率を勘案すると直ざしでの実施がより効率的です。この場合に用いる培地は、一般的なコンテナ苗生産に使用する培地で、軽量で空隙率が高く、有害微生物を含まない人口培地を用います（林野庁 2019)。例えばヤシ殻繊維等細粒物や粉砕したバークを発酵完熟した資材等で必要に応じて保水性や通気性を調整するために赤玉土や鹿沼土など一定程度混ぜることもあります。肥料分は含まないかあってもごく僅かなほうがさし付け後さし穂の基部の腐れの恐れが少なくなります。

萌芽枝を用いた場合、春から初夏、秋期のミストかん水で用土に関係なく安定した高い発根率が得られました（大塚ら 2020)。一方、さし付け時期別のさし木コンテナ苗では、5 月以降にさし付けた場合、ほとんど伸長成長しない場合がありました（図 7-24)。5 月以降のさし付けは出荷時の苗木サイズに近い大きさの穂木を用いることで大きな

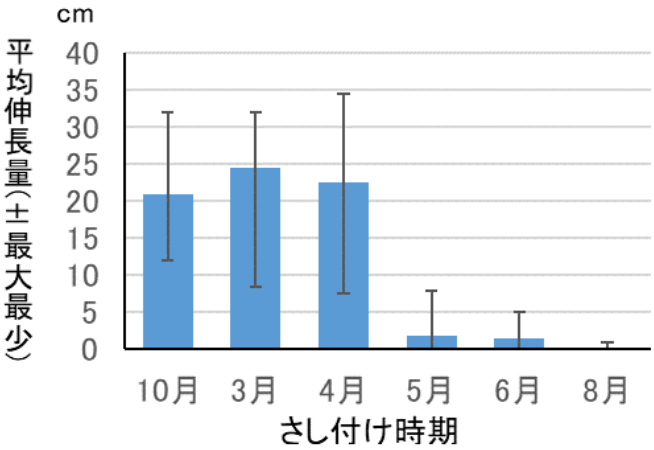


図 7-24　さし付け時期別の平均伸長量
(10 月さし付けは翌年 9 月、3 月～8 月は翌年 1 月までの成長量)

発根苗を得ることができますが、根系の発達が不十分なため翌春の確実な出荷は見込めません。他方、秋ざしまたは４月までの春ざしではさし付けから１年育苗での安定した出荷が見込めますが、採穂台木を用いた穂木の生産、採穂の工程を踏まえると９月から 11 月の秋ざしによるさし木コンテナ苗生産が最も効率的と言えます。

④　コンテナの種類

コンテナの種類については JFA-300、宮崎県林業技術センターが開発した M-スターコンテナ、トウモロコシを主原料としたポリ乳酸不織布素材の生分解性コンテナを用いた秋ざしのコンテナ直ざしでいずれも９割以上の高い得苗率となりました(図7-25)。どの種類のコンテナを利用しても十分苗木の生産は可能ですが、コウヨウザンはスギなどと比べると枝張りが広いため、特に大きな苗木を生産する場合は育苗スペースが確保できる M-スターコンテナや生分解性コンテナ等の可動式の容器の利用が適していると考えられました。

⑤　育苗、管理

さし付け後は寒冷紗等の被覆により温度の上昇と乾燥を抑制するとともに、かん水によりさし付け環境を調整します。かん水の量や頻度はスギのミスト箱ざし等と同様にさし付け後しばらくは散水間隔を短めにして回数を多く実施し、一定期間経過後は回数を少なくするなどさし付けの時期や地域に合った方法で行います。特に 9 月上旬から中旬のさし付けは暑さや過度な湿気による腐れなどへの注意、11 月のさし付けでは温度の確保が必要となります。

施肥は秋ざし、春ざしのいずれも発根が確認できた段階に実施します。発根の確認は目視によりコンテナの底面、種類によっては側面から根が十分に出ているかによって判断します。施肥の種類や方法は様様ですが根の確認ができた苗木に対して緩効性の

JFA-300 コンテナ苗

M-スターコンテナ苗

生分解性コンテナ苗

図 7-25　種類の異なるコンテナでさし付け、育苗したコウヨウザンさし木苗

コート肥料を置き肥するやり方などがあります。水に溶けやすい化成肥料は特に発根したばかりの根の発達が十分でない苗木では、肥料焼けにより根が損傷する場合もあるため避けるべきと考えられます。必要に応じて、追肥を行います。

2 月～4 月上旬に出荷、山出しを予定している苗木の場合、苗木を寒さに順化させる必要があります。急激な順化は枝先が萎れたり枯れたりする恐れがあるため、晩秋以降に屋外で管理する場合は寒冷紗で覆ったり、徐々に散水を少なくするなどの管理を行い、苗木が寒さに十分順化した後に出荷します。

(大塚)

８．植え付け、保育等の考え方

我が国のコウヨウザンについて、造林、保育、施業等の情報は非常に少なく、現在試験研究によりデータを収集しているところです。これまで得られた知見と試験研究の結果等から、現時点での考え方を以下に記します。

（１）植え付け

１）植栽地

斜面下部での成長がよく、斜面中部でも一定の成長を示しますが、斜面上部や尾根筋での成長はよくありません（近藤 2017）。とくに、土壌が浅く、乾燥しやすい立地では植栽を避けた方がよいです。水分条件以外では、コウヨウザンが成林可能な土壌環境の幅は広く、有機物が少ない痩せた土壌でも成林することが確認されています。

２）植栽時期

湿潤な立地では、コンテナ苗の通年植栽が可能です。一方、乾燥しやすい立地において、少雨期や夏期に植栽を行うと苗木の枯損が生じます。裸苗では、枯損のリスクを考慮し、スギと同様に早春に植栽することを勧めます。なお、初期成長の視点では、早春に植栽すると、他の季節に植栽した苗木よりも成長が良くなるデータが得られています。

３）植栽密度

全国の既存林分の植栽密度は 2000 本～3000 本／ha でした。これまでの調査では、3000 本／ha 植栽で除間伐を繰り返した林分では良質な材が生産されることが報告されています（涌嶋ら 2017）。また、疎植した場合には、初期成長が旺盛になる一方で未成熟材部分の占める割合が大きくなる傾向があります。

以上を踏まえ、植栽密度は経営的な判断（収穫後の用途や密植・疎植の得失）も考慮して決定する必要があります（桜井 1998）。なお、コウヨウザンの原産地である中国では、一般に 2500 本／ha の植栽密度が採用され、小径木の利用を考えた場合には 4500 本／ha で植栽されるようです（立花 2009）。

４）植え付け

植え付け方法はスギと同様です。裸苗の場合は、通常の植栽法やていねい植え法で植え付けます（桜井 1998）。コンテナ苗の場合は、専用の植栽器具で植え穴を開けて植え付けます。

（２）保　育

１）下刈り

スギと同様に、周囲の雑草木より苗高が高くなるまで下刈りを行う必要があります（竹内 1998）。コウヨウザンの初期成長が優れていることから、スギやヒノキより少ない下刈り回数で済むことが期待されますが、試験研究の結果はまだ出ておらず、もう少し時間が必要です。

２）獣害防止対策

コウヨウザンでは、植栽直後や冬期にノウサギによる食害が報告されていますので、野兎害の顕著な植栽地では対策が必要です。対策方法として、防獣ネット、ツリーシェルター、不織布による被覆、忌避剤の散布が試されています（鵜川ら 2020）。それぞれ一定の効果が認められていますが、防獣ネットでは定期的に見回り、忌避剤は継続的に散布するなど、効果を継続させるための注意が必要です。なお、高さ 70㎝の幹直径が 1.3㎝を超えると主軸の食害を受けにくくなるようですので、野兎害対策は苗木が小さいときに重点的に行います。一方、シカの食害も報告されていますので、シカが多く生息する場所ではシカネット等の対策を行う必要があります。

3）その他

枝打ちしていない林分で枝の枯れ上がりがみられることから自然落枝性があると考えられます。一方で、大枝の形成が確認されますので、疎植した場合には必要に応じて枝打ちします。

（鵜川）

９．萌芽更新

コウヨウザンが注目を浴びている理由の一つに萌芽更新が可能なことがあります。萌芽更新とは、伐採後の切株から発生する萌芽を育成して更新させるもので、広葉樹とくにクヌギやコナラなどで一般的に行われています。萌芽更新ができると、当然、苗木の植栽が必要なくなるため、低コスト化につながります。コウヨウザンは針葉樹ではめずらしく、非常に高い萌芽能力を持っています。その能力を生かして、萌芽更新を図った林分が、高知県の国有林にあります（図 9-1）。

図 9-1　辛川山国有林内のコウヨウザン萌芽更新林

この林分は、四国森林管理局四万十森林管理署辛川山国有林（高知県土佐清水市）の標高約 500m の場所にあります。昭和 8 年（1933 年）に植栽された後、1988 年（57 年生）に伐採されました。その後、萌芽により更新し、27 年生時には平均樹高約 11m、平均胸高直径約 15ｃｍの林分に成長しており、林分材積は約 261m³/ha でした（近藤ら 2019）。伐採前の 21 年生時点での林分材積は 145.2　m³/ha（福田 1954）であり、スギ 1 等地の収穫予想表と同様の成長となっていました（図 9-2）。このことから、萌芽更新により苗木を植栽した場

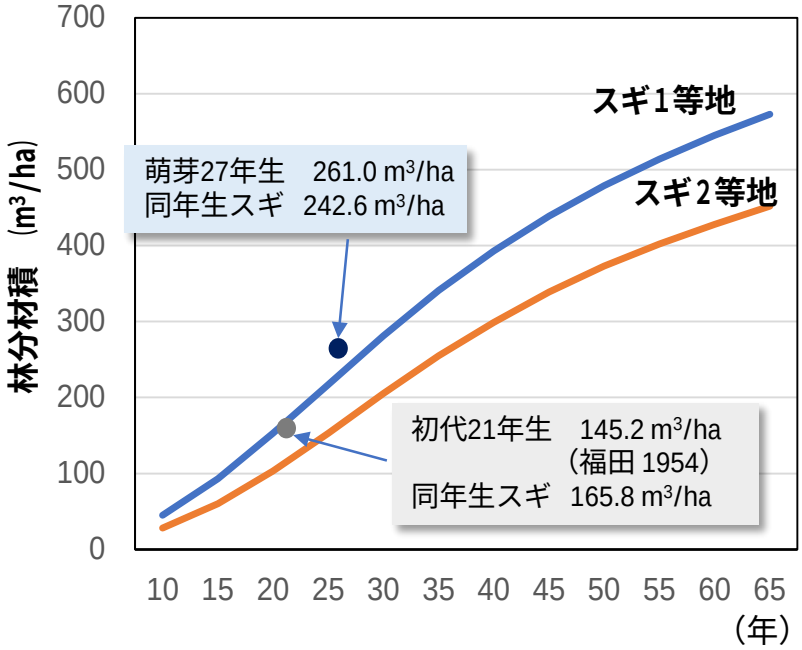


図 9-2　辛川山国有林萌芽更新林の成長

初代林分 21 年生時の林分材積（福田 1954）と萌芽林分 27 年生時の林分材積をスギ収穫予想表と比較

図 9-3　伐採直後の伐根と 1 成長期後の萌芽

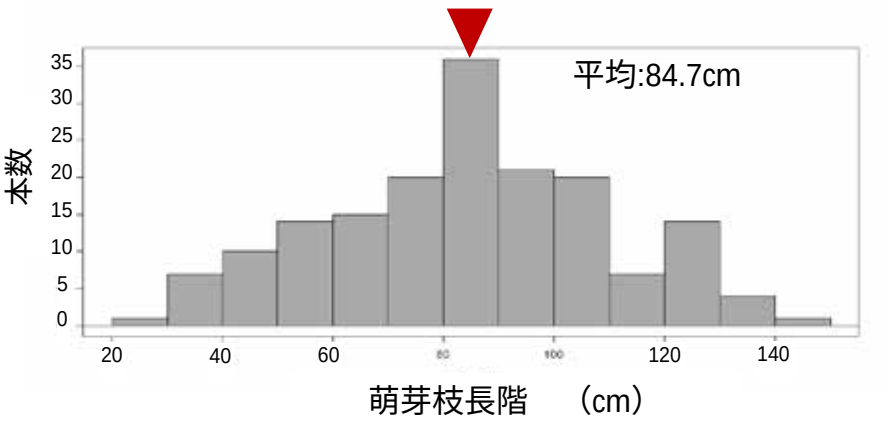


図 9-4　伐採 15 か月後の萌芽枝長の分布

合と同様の成長を見込めることが示唆されました。

四国森林管理局では、この林分の一部を再度伐採し、2 度目の萌芽更新についての試験を開始しました（コウヨウザン 3 世代プロジェクト：松本 2019）。図 9-3 は伐採直後の伐根とその 1 成長期後の萌芽の状況です。ほとんどの株でこのように多数の萌芽が発生しておりました。発生した萌芽の長さを測定したところ、15 か月で平均約 85㎝ となり、1ｍ を超えるものも多く見られました（図 9-4）。萌芽更新における施業方法を検討するため、萌芽枝の剪定試験を行いました。多数の萌芽枝の中から、成長のよい萌芽枝を 1 本、4 本、12 本残して剪定する株と全て残す対象株を設定し（図 9-5）、経過観察を行っています。剪定した株では、台風により根元より折れる萌芽枝（図 9-6）も見られており、15 か月目では萌芽基部が十分な強度を得ていないことが示唆されました。なお、折れてしまった株では、再度発生した萌芽枝が成長しています。今後、剪定により残す本数や剪定を行うタイミングなどを検討していきたいと思います。

図 9-5　萌芽枝の剪定

図 9-6　台風による萌芽枝の根元折れ

（磯田）

謝　辞

本マニュアルは、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」(平成 30 年度～令和 2 年度)及び農林水産業・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」(平成 27 年度～29 年度)の支援を受けて実施した成果等をまとめて発行するものです。研究の実施にあたってはコウヨウザン林分を保有されている大学演習林、県有林、市有林、私有林等の多くの方々に協力をいただきました。また、林分の調査だけでなくコウヨウザンに関する新たな試験を共同で進めさせていただいている林野庁関東森林管理局、近畿中国森林管理局、四国森林管理局、九州森林管理局の皆様、この研究のスタート前からご指導、ご協力いただいている広島県林業課の皆様に厚くお礼申し上げます。

林分調査協力機関 (50 音順)

鹿児島県
鹿児島大学 農学部附属高隈演習林
九州森林管理局熊本森林管理署
九州森林管理局宮崎森林管理署都城支署
九州大学農学部附属演習林福岡演習林
京都大学フィールド科学教育研究センター上賀茂試験地
京都大学フィールド科学教育研究センター和歌山研究林
京都府立大学生命環境学部附属演習林
神戸市立森林植物園
四国森林管理局
四国森林管理局四万十森林管理署
静岡県立森林公園
筑波大学山岳科学センター井川演習林
東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林樹芸研究所
東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林
広島県庄原市八谷氏
福岡市油山自然観察の森
琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター 与那フィールド
和歌山県林業試験場

引用文献

阿部正信・弓野奨：スギ・ヒノキの育苗について、林木育種技術ニュース　16: 2-3、2003

Brunsfeld SJ, Soltis PS, Soltis DE, Gadek PA, Quinn CJ, Strenge DD and Ranker TA: Phylogenetic relationships among the genera of Taxodiaceae and Cupressaceae: Evidence from *rbc*L sequences. Systematic Botany 19: 253-262 (1994)

迟健・傅金和：赤霉素促进杉木开花结实试验初报．浙江林学院学報 6: 333-335（1989）

古越隆信・谷口純平：実践林業大学 XXVI、林木の育種、農林出版、東京：112-113（1982）

原田洸：みしょう（実生）苗の育成、造林学、川島書店 95-104 (1994)

橋詰隼人：コウヨウザンの花芽分化期および花芽の発育経過、日本林学会誌 45(6)：181-185（1963）

橋詰隼人：針葉樹の花芽分化、花性分化とその調節に関する研究．鳥取大学農学部附属演習林報告 7: 1-139（1973）

初島住彦：日本の樹木　講談社、pp402（1976）

稲永路子・磯田圭哉・山口秀太郎・生方正俊・山田浩雄・増山真美：コウヨウザンの着花に対するジベレリン処理の影響、令和元年版林木育種センター年報：123-129（2019）

磯田圭哉・松下通也・山田浩雄・近藤禎二・大塚次郎・生方正俊：広島県庄原市のコウヨウザン林におけるクローン構成の解明と成長形質のクローン間変異の解析、第 128 回日本森林学会大会学術講演集 150 (2017)

磯田圭哉・山口秀太郎：海外林木育種事情調査 中国コウヨウザン事情、林木育種情報　29 (2019)

近藤禎二：コウヨウザン研究の現状、森林遺伝育種 6: 143-147（2017）

近藤禎二：コウヨウザンの成長と育成、山林　No.1633: 36-44 (2020)

近藤禎二・山田浩雄・大塚次郎・磯田圭哉・山口秀太郎・生方正俊：わが国におけるコウヨウザンの成長、森林遺伝育種 9: 1-11 (2020a)

近藤禎二・福冨友馬・齋藤明美・生方正俊：コウヨウザン花粉とスギ花粉との交差抗原性、日本花粉学会第 61 回大会講演要旨集 36 (2020b)

Leslie AB, Beaulieu J, Holman G, Campbell CS, Mei W, Raubeson LR and Mathews S: An overview of extant conifer evolution from the perspective of the fossil record. American Journal of Botany 105(9):1-14 (2018)

Li Minghe: Historical development of superior clones of Chinese fir in China. pp232-237 In: Shen Xihuan (Ed) Forest Tree Improvement in the Asia-Pacific region, China Forestry Publishing House, Beijing (1995)

National Forestry and Grassland Administration：Forest Resources in China -The 9th National Forest Inventory, Beijin, China, 2019

大塚次郎・近藤禎二・飯田啓達・飯野貴美子・磯田圭哉・山田浩雄・木下敏・生方正俊：コ

ウヨウザンのさし木発根性および苗木の枝性について、関東森林研究　67:　145-148 (2016)
大塚次郎・成田有美子・飯田啓達・飯野貴美子・増山真美・板鼻直榮・磯田圭哉・近藤禎二・山田浩雄・生方正俊：コウヨウザンの球果と種子の形質および精選手法について、関東森林研究 68-2: 129-132 (2017a)
大塚次郎・成田有美子・近藤禎二・磯田圭哉・山田浩雄・生方正俊：コウヨウザンの実生およびさし木コンテナ苗生産技術について、第 128 回日本森林学会大会学術講演集　145 (2017b)
大塚次郎・磯田圭哉・後藤誠也・松永孝治・倉原雄二・倉本哲嗣・久保田正裕・近藤禎二・生方正俊：植栽後 7 年次までのコウヨウザンとスギの系統別の成長比較、九州森林研究 72: 29-32 (2019)
大塚次郎・森山央陽・大久保典久・藤崎恵莉佳・山口秀太郎・久保田正裕・近藤禎二・生方正俊：コウヨウザン採穂台木の育成管理方法の検討、九州森林研究 73: 63-68 (2020)
林野庁：コンテナ苗基礎知識：
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/attach/pdf/syubyou-7.pdf
(2018)
桜井尚武：人工造林－植え付け、林業技術ハンドブック、全国林業改良普及協会　798-824 (1998)
白石 進：森林遺伝育種学、pp154-155、井出雄二・白石 進編、文永堂出版、東京(2012)
立花 敏：中国江西省における人工林造成の展開－コウヨウザンとスラッシュマツを中心に－、木材情報 11: 10-13 (2009)
竹内郁雄：初期保育、林業技術ハンドブック、全国林業改良普及協会 824-846 (1998)
鵜川 信・藤澤義武・大塚次郎・近藤禎二・生方正俊：ニホンノウサギによる食害とその防除がコウヨウザン 1 年生苗の生残および成長に与える影響、日本林学会誌 102: 317-323 (2020)
山田浩雄・安部波夫：コウヨウザン、センダン、キハダ、ウルシ、イタヤカエデ、ウダイカンバの所在地データベースの作成、森林総合研究所林木育種センター平成 29 年版年報 132-136 (2017)
山田浩雄・遠藤圭太・宮本尚子：電解質漏出法によるコウヨウザンの耐凍性評価、森林総合研究所林木育種センター平成 29 年版年報 130-131 (2017a)
山田浩雄・近藤禎二・磯田圭哉・大塚次郎・生方正俊：成長曲線を用いたコウヨウザンの材積成長過程の解析 ．第 128 回日本森林学会大会学術講演集 ： 343 (2017b)
山田浩雄・近藤禎二・大塚次郎・磯田圭哉・生方正俊：コウヨウザンの暫定的な収穫予想表の作成、森林総合研究所林木育種センター平成 30 年版年報　126-128 (2019)
涌嶋 智・渡辺靖崇：コウヨウザンの材質、森林遺伝育種 6: 148-154 (2017)
涌嶋　智・渡辺靖崇・近藤禎二・生方正俊：日本産コウヨウザンの原木丸太の特性，第 129

回日本森林学会大会学術講演集:P2-149（2018）
渡辺靖崇・涌嶋 智・藤田和彦・小西浩和：広島県で生育したコウヨウザンの強度性能 ．第67 回日本木材学会大会研究発表要旨集 ： P99-100（2017）
渡辺靖崇・鈴木保志・涌嶋智・坂田勉・東敏生：コウヨウザン人工林における表土移動量、日本森林学会誌 100: 178-181 (2018)
渡辺靖崇・涌嶋 智・藤田和彦・小西浩和・西川祥子：茨城県で生育したコウヨウザンの強度性能 ．第 69 回日本木材学会大会研究発表要旨集 ： D15-P-11（2019a）
渡辺靖崇・山本　健：京都府産コウヨウザンラミナから作製した集成材の強度性能，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）：構造Ⅲ P21-22（2019b）
渡辺靖崇・涌嶋　智・齋藤一郎・山本　健・近藤禎二・生方正俊：茨城県産コウヨウザン平パレットの強度性能．2020 年中国・四国地域木材関連学協会支部合同セミナー発表要旨集：P17-18（2020）
渡辺靖崇・涌嶋　智・小西浩和・西川祥子・近藤禎二・山口秀太郎・生方正俊：京都府・千葉県で生育したコウヨウザンの強度性能，第 71 回日本木材学会大会研究発表要旨集: 1-04-11（2021a）
渡辺靖崇・涌嶋　智・齋藤一郎・山本　健・清水淳一・近藤禎二・生方正俊・藤澤義武：茨城県産コウヨウザン LVL の強度性能，第 71 回日本木材学会大会研究発表要旨集: 1P63（2021b）

執筆者一覧

生方正俊	森林総合研究所林木育種センター	遺伝資源部長
磯田圭哉	同	遺伝資源部　保存評価課長
近藤禎二	同	遺伝資源部
山田浩雄	同	関西育種場育種課長
大塚次郎	同	九州育種場育種技術専門役
鵜川　信	鹿児島大学農学部	准教授
涌嶋　智	広島県立総合技術研究所林業技術センター	次長兼技術支援部長
坂田　勉	同	副部長
渡辺靖崇	同	研究員
兼光修平	住友林業株式会社資源環境本部山林部	部員

2021 年 3 月 25 日発行
編集・発行
国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所　林木育種センター
〒319-1301
茨城県日立市十王町伊師 3809－1
URL: https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/

本誌掲載内容の無断転載を禁じます