

長大スパンに対応する接着重ね材の開発

－ 心持ち正角材をたて継ぎした製材ラミナを用いた接着重ね材 －

令和2年度～令和4年度

木材チーム 山本 幸雄

1. 目 的

平成22年に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」により、非住宅分野建築物の木造化が促進されている。これら非住宅分野の建築物では大きな空間が必要なため、長大スパンに対応できる大断面集成材が使用されることが多いが、県内にはそれを製造できる工場はない。

このような中、平成31年1月に接着重ね材の日本農林規格¹⁾(以下、JASと記す)が制定された。接着重ね材とは、構造用に使用する断面が105～150mmの製材(以下、製材ラミナと記す)を、その繊維方向を互いにほぼ平行にして厚さ方向に2～5層積層接着した構造用木材である。これにより集成材とほぼ同様な、長辺が最大で750mmの構造材を、一般に流通している寸法の製材品で製造できるようになった。また接着重ね材には、集成材に比べ接着剤の使用量が少なく、圧縮するための設備と養生を行うための施設のみの少ない投資で製作が可能といった利点が挙げられることから、県内製材所での加工が可能となり、県産材の需要拡大につながる。

しかし、JASには製材ラミナのたて継ぎに関する規定がなく、接着重ね材の長さは一般的に流通している製材品の長さの制約を受けることになり、4mを超えるスパンへの対応は困難である。そこで昨年度に引き続き、フィンガージョイント(以下、FJと記す)や接合強さ向上を目指しFJとGIR(Glued in Rod: 木材に穴をあけ、そこに鋼棒等の接合具を挿入し、木材との空隙に接着剤を注入・充填し接合する方法。模式図を図-1に示す)を併用(以下、FJ+GIRと記す)し、たて継ぎした心持ち製材ラミナで接着重ね材を作製し、曲げ試験を行い、その性能を検討したので報告する。

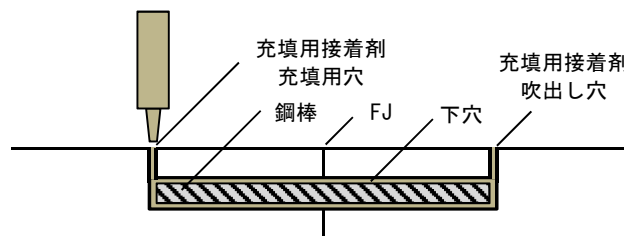


図-1 FJ+GIRの模式図

2. 試験方法

昨年度、大分県産スギ製材品をFJでたて継ぎした製材ラミナ(以下、FJ製材ラミナと記す)で作製した接着重ね材の曲げ試験を行い、その性能を検討した。本年度は、①スギ製材品を、FJ+GIRでたて継ぎした製材ラミナ(以下、FJ+GIR製材ラミナと記す)で作製したスギ接着重ね材、②ヒノキFJ製材ラミナで作製した接着重ね材、③ヒノキFJ+GIR製材ラミナで作製した接着重ね材、④スギFJラミナを内層に、ヒノキFJ+GIR製材ラミナを外層に配置した異樹種接着重ね材を作製し、曲げ試験を行った。

1) たて継ぎ製材ラミナの引張試験

たて継ぎした製材ラミナで接着重ね材を作製するにあたり、FJ製材ラミナの引張試験、FJ+GIR製材ラミナの引張試験を行った。

(1) 供試材

大分県内で製材、乾燥（含水率 15%以下）された、寸法 105mm×105mm×3 m のスギ製材品 24 本と、ヒノキ製材品 22 本の寸法、重量、縦振動ヤング係数（以下、 E_{fr} と記す）を測定し、 E_{fr} の平均と標準偏差が同じになるように、それぞれを 2 グループに分けた。その後、長さ 1.5m の位置で切断し、切断した材同士を FJ または FJ+GIR 接合し、スギ FJ 製材ラミナとスギ FJ+GIR 製材ラミナを各 10 本、ヒノキ FJ 製材ラミナ 9 本とヒノキ FJ+GIR 製材ラミナ 8 本を作製した。FJ の位置について、FJ と節との距離は、材長方向で測定した節径の 3 倍以上²⁾ になるようにした。節位置の関係で切断した材同士がたて継ぎできなかった場合、 E_{fr} になるべく近い材とたて継ぎした。

(2) FJ 製材ラミナ及び FJ+GIR 製材ラミナの作製

FJ の成形には、フィンガーシェイパー（飯田工業株式会社製 FJS-252T）を、接着には、水性高分子-イソシアネート系木材接着剤（株式会社オーシカ製 鹿印ピーアイボンド TP-4100（主剤：TP-4100、架橋剤：H-30））を用いた。接着剤の調合は重量部で、主剤 100 部に対し架橋剤を 10 部の割合とし、0.4MPa で圧縮し、1 日以上養生した。

FJ+GIR 接合は、切断した木口に、鋼棒（ ϕ 20mm、長さ 360mm の全ねじボルト）を挿入するための下穴（ ϕ 24mm 深さ 200mm）と、鋼棒固定用接着剤を充填するための穴（ ϕ 6mm）をあけた後、切断した木口に FJ を成形し接着剤を塗布、塗布後下穴に鋼棒を挿入し（写真-1）FJ を圧縮、鋼棒と下穴の間に GIR 用エポキシ接着剤（株式会社オーシカ製 オーシカダイン TE-243 L 2）を充填（写真-2）した。



写真-1 下穴に GIR 鋼棒を挿入した様子



写真-2 GIR 用接着剤を充填している様子



写真-3 引張試験の様子

(3) FJ 製材ラミナ及び FJ+GIR 製材ラミナの引張試験

試験には、木材引張試験機（飯田工業株式会社製 NET-401G）を用いた。試験の様子を写真-3 に示す。

2) 接着重ね材の作製と曲げ試験

(1) 供試材

大分県内で製材、乾燥（含水率 15% 以下）された、寸法 105mm×105mm×3 m のスギ製材品 49 本とヒノキ製材品 92 本の寸法、重量、 E_{fr} を測定した。

(2) 接着重ね材の作製

接着重ね材の寸法は、100mm×300mm×5.6m、3 層構成とした。接着重ね材の種類について、たて継ぎ製材ラミナの E_{fr} をもとに試験体構成の検討を行った。構成は JAS に準じ、非対称異等級構成を基本とした。

FJ 製材ラミナ、FJ+GIR 製材ラミナとも、等級区分が同じ長さ 3 m の製材 2 本をたて継ぎした製材ラミナ（以下、3-3 製材ラミナと記す）と、長さ 3 m の製材の両木口に 1.5 m 材をたて継ぎした製材ラミナ（以下、1.5-3-1.5 製材ラミナと記す）を図-2 に示すように組み合わせた。外層に 3-3 製材ラミナを配置したものを A タイプ、1.5-3-1.5 製材ラミナを配置したものを B タイプとした。

たて継ぎの接着剤について、製材ラミナの引張試験同様、FJ の接着にはピーアイボンド TP-4100 を、GIR の固定にはオーシカダイン TE-243 L 2 を用いた。積層には、水性高分子-イソシアネート系木材接着剤（株式会社オーシカ製 鹿印ピーアイボンド TP-5340S（主剤：TP-5340S、架橋剤：H-50））を用いた。重量部で、主剤 100 部に対し架橋剤を 15 部の割合で調合し、ハンドローラーで積層面に対し約 300g/m² の割合で両面塗布した。その後、通直湾曲集成材製造装置（小林機械工業製 M-RS）により圧縮し 60 分以上養生した。圧縮圧力は 0.8MPa とし、トルクレンチを用いてボルトの締め付けを管理した。その後、各試験体（写真-4）の寸法、重量、 E_{fr} を測定した。



写真-4 曲げ試験体の様子

樹種	引張側外層の たて継ぎ方法	A タイプ	B タイプ
スギ	FJ+GIR		
ヒノキ	FJ		
	FJ+GIR		
異樹種	FJ+GIR		

図-2 製材ラミナの組み合わせかた (FJ FJ+GIR スギ ヒノキ

(3) 曲げ試験

試験には、木材実大強度試験機（株式会社島津製作所製 UH-1000kNAR）を用いた。スパンは 5,400mm とした。加力点間距離はスパンの 4/18 倍である 1,200mm、加力速度は 10mm/min とした。加力及び支

持点の一端をピン支持、他端をピンローラー支持とした。変位は、ストレインゲージ式変位計（株式会社東京測器研究所製 SDP-200D 及び SDP-100CT）を用いてスパン中央及び加力点で測定した。試験の様子を写真-5に示す。

また、JAS に準じ、曲げ強さ（以下、 σ_b と記す）と曲げヤング係数（以下、 E_b と記す）を求めた。 E_b は最大荷重の10%と40%時の変位差と荷重差を用い求めた。ただし、試験体のめり込み変形は考慮しなかった。また、曲げ剛性（以下、 $E_b I$ と記す）及びFJ及びFJ+GIR製材ラミナの E_{fr} を用いた等価断面法²⁾による剛性（以下、 EI_e と記す）を求めた。



写真-5 曲げ試験の様子

3. 結果及び考察

1) たて継ぎ製材ラミナの引張試験

引張試験に供した3m製材の密度、 E_{fr} を表-1に、引張試験結果を表-2及び図-3に示す。スギについて、平均値、5%下限値³⁾とも、FJ+GIRがFJよりも大きくGIRによる補強の効果がみられた。スギの機械等級区分製材E70の引張基準強度は17.4MPa、E90が21.0MPaでFJだけでも十分に接合されていることが認められた。ヒノキについては、平均値、5%下限値とも、FJ+GIRとFJで大きな差がなく、GIRによる補強の効果がみられなかった。FJ+GIRの場合、GIRの下穴の端で破壊することが多く、GIRによる補強と、下穴による断面欠損積の影響がほぼ釣り合ってしまった可能性がある。ヒノキの機械等級区分製材E110の引張基準強度は23.4MPaで、スギ同様FJだけでも十分に接合されていることが認められた。

2) 接着重ね材の作製と曲げ試験

試験に供した3m製材の密度、 E_{fr} を表-3に、作製した接着重ね材の曲げ試験結果を表-4に示す。強度等級について、作製した接着重ね材がJASの強度等級と一致しなかった場合、構成製材ラミナの等級区分を区分以上と読み替え格付けした。

図-4にJASの E_b の基準値（以下、JAS基準 E_b と記す）と、 E_{fr} 、 E_b の関係を示す。スギFJ+GIRのAタイプの3番とBタイプの3番の2体がJAS基準値を下回った。これは、試験体のめり込み変形を考

表-1 供試材の密度と E_{fr}

樹種	項目	密度(kg/m ³)	E_{fr} (GPa)
スギ (24本)	平均	416.2	7.64
	最小	361.7	5.65
	最大	524.0	10.42
	標準偏差	41.9	1.11
ヒノキ (22本)	平均	519.5	11.72
	最小	451.0	8.70
	最大	564.4	14.58
	標準偏差	30.3	1.61

表-2 引張試験結果(MPa)

	スギ		ヒノキ	
	FJ	FJ+GIR	FJ	FJ+GIR
平均	26.40	30.28	28.32	31.15
最小	19.88	25.20	19.86	22.16
最大	34.69	35.75	36.66	41.32
標準偏差	4.31	3.80	5.60	6.09
5%下限値	17.33	22.29	16.33	17.83

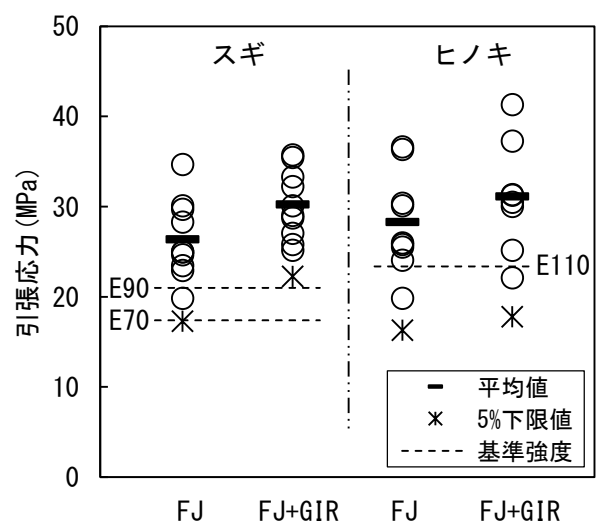


図-3 引張試験結果

慮しなかったためと思われる。樹種ごとの E_b の平均値について、ヒノキ (11.3 GPa) > 異樹種 (10.6 GPa) > スギ (7.6 GPa) となり、ヒノキを外層に配置することでスギのみの接着重ね材よりも効率的に E_b を高くすることができることを確認できた。

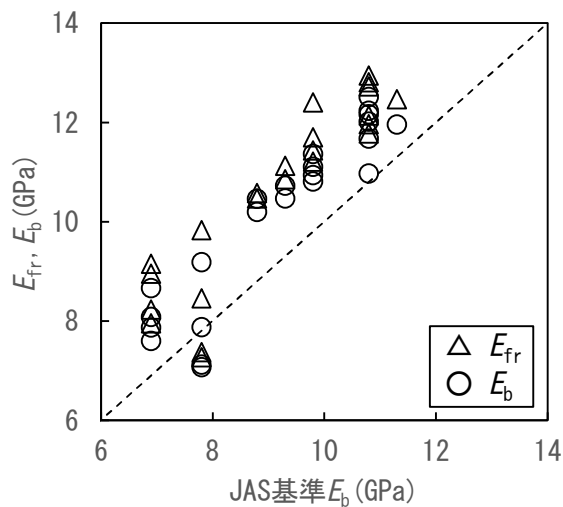
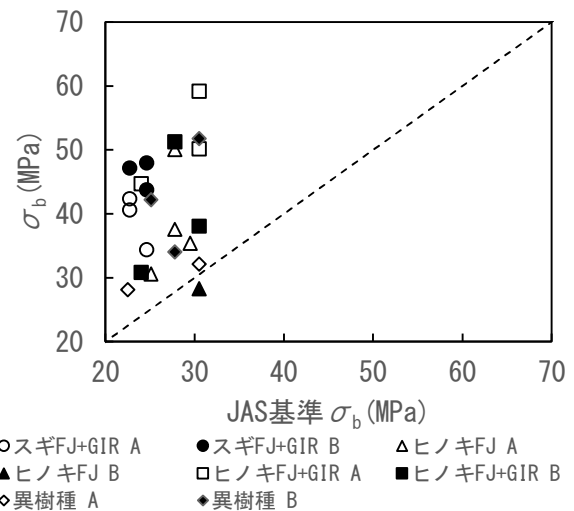
図-5 に JAS の σ_b の基準値 (以下、JAS 基準 σ_b と記す) と σ_b の関係を示す。ヒノキ FJ の B タイプ 1 体が JAS 基準値を下回ったが、詳細な理由は分から

表-3 供試材の密度、 E_{fr}

樹種	スギ (49本)		ヒノキ (92本)	
項目	密度 (kg/m ³)	E_{fr} (GPa)	密度 (kg/m ³)	E_{fr} (GPa)
平均	431.3	8.19	526.0	11.35
最小	352.4	6.19	434.5	7.94
最大	556.6	10.44	614.1	15.13
標準偏差	46.6	1.18	36.9	1.34

表-4 曲げ試験結果

樹種	接合方法	種類	番号	強度等級	E_{fr} (GPa)	最大荷重 (kN)	E_b (GPa)	σ_b (MPa)	$E_b I$ (10 ⁹ kN・mm ²)	$E I_e$ (10 ⁹ kN・mm ²)
スギ	FJ + GIR	A	1	E70-F220	8.23	60.43	7.87	40.61	1.865	1.776
			2	E70-F220	9.15	62.70	8.08	42.35	1.904	1.835
			3	E80-F240	7.27	50.97	7.12	34.33	1.682	2.088
		B	1	E70-F220	7.95	69.98	7.60	47.17	1.794	2.049
			2	E80-F240	8.46	70.88	7.88	47.94	1.853	1.952
			3	E80-F240	7.37	64.66	7.07	43.75	1.660	2.004
ヒノキ	FJ	A	1	E115-F290	12.47	52.34	11.96	35.37	2.813	3.038
			2	E100-F280	12.40	74.16	11.36	50.05	2.676	2.840
			3	E90-F250	10.58	45.08	10.46	30.55	2.450	2.587
			4	E100-F280	11.44	55.52	10.94	37.55	2.570	2.761
	FJ + GIR	B	1	E110-F300	12.73	41.74	11.68	28.27	2.737	3.018
			1	E110-F300	12.81	87.82	12.17	59.16	2.872	3.127
			2	E95-F230	11.13	66.55	10.73	44.68	2.540	2.630
			3	E110-F300	11.78	74.43	10.97	50.13	2.591	2.810
			1	E100-F280	11.70	75.79	11.11	51.22	2.613	2.778
			2	E95-F230	10.86	45.58	10.47	30.78	2.465	2.601
			3	E110-F300	12.94	56.29	12.24	38.06	2.880	3.098
異樹種	FJ + GIR	A	1	E110-F300	11.97	47.37	12.02	32.10	2.819	3.009
			2	E80-F220	9.83	41.55	9.18	28.10	2.161	2.345
			3	E70-F200	8.95	52.37	8.66	35.41	2.034	2.168
		B	1	E110-F300	12.14	76.73	12.52	51.75	2.950	3.004
			2	E90-F250	10.47	62.30	10.20	42.20	2.396	2.476
			3	E100-F280	11.21	50.45	10.81	33.99	2.553	2.761

図-4 JAS 基準 E_b と E_{fr} 、 E_b の関係図-5 JAS 基準 σ_b と σ_b の関係

なかった。また、ヒノキ A タイプでは FJ より FJ+GIR が高くなった。製材ラミナの引張試験では、FJ と FJ+GIR で大きな差は無かったが、曲げ試験では差が見られた。なぜ差が出たのか明確な理由は分からなかった。

図-6 に E_b との σ_b の関係を、図-7 に EI_e と $E_b I$ の関係を示す。剛性について EI_e と $E_b I$ について高い相関を示した。

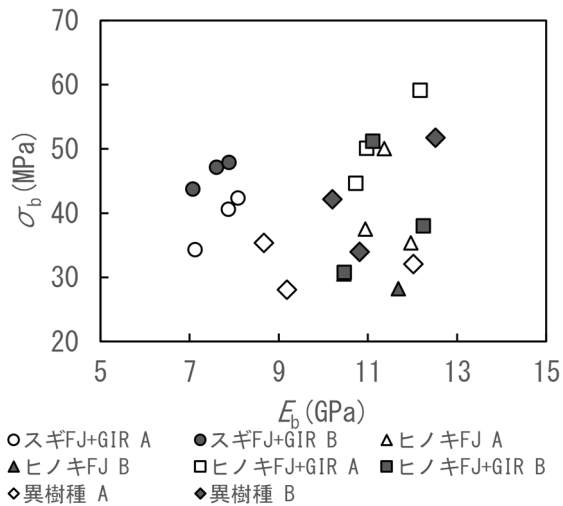


図-6 E_b と σ_b の関係

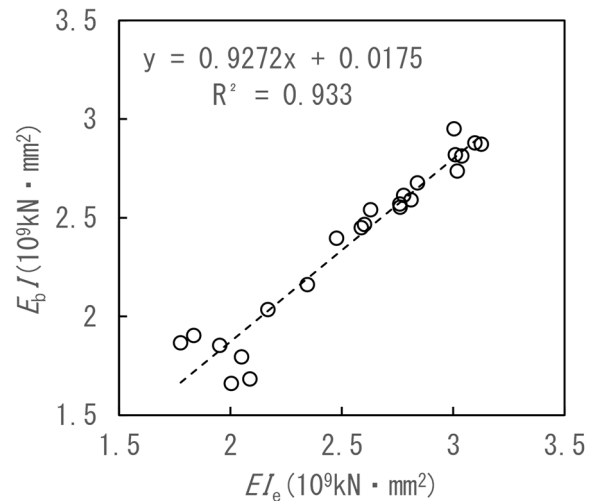


図-7 EI_e と $E_b I$ の関係

4. まとめ

大分県内で製材されたスギ・ヒノキ（心持ち材）の FJ 製材ラミナ及び FJ+GIR 製材ラミナを用いた接着重ね材を JAS に準じ作製し、曲げ試験を行った結果、 E_b は 23 本中 21 本が、 σ_b は 23 本中 22 本が JAS の基準値を満足した。これらのことから、大分県産材で作製した接着重ね材は、樹種、たて継ぎの種類、たて継ぎの位置によらず、JAS の基準値を満足できると考えられる。

謝辞

今回の試験では、大分大学理工学部理工学科建築学プログラム木質構造研究室 田中 圭准教授及び同研究室の学生の方々に、多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 接着重ね材の日本農林規格（JAS0006：2019） 平成31年1月31日農林水産省告示第179号
- 2) 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会編：ティンバーメカニクス 木材の力学理論と応用，183-192p（平成27年）
- 3) 財団法人日本建築学会編：木質構造設計基準・同解説 -許容応力度・許容耐力設計法-，153p（平成18年）

大径材の多様な利活用に向けた乾燥技術の開発

－ スギ心去り材の高周波減圧乾燥試験（その２）－

令和３年度～令和５年度

木材チーム 豆田 俊治

1. 目 的

近年、人工林資源の充実とともに、素材生産に占める大径材の割合も増えており、主伐・再造林を推進する上で、大径材の需要創出が喫緊の課題となっている。当部では、大径材の価値向上につながる部材開発等の取り組みとして、平角２丁取りや正角４丁、９丁取りの試験を行っている。今後は大径材部材の品質向上のため、大断面材や反りや狂いの生じやすい幅 150mm 以上の大径材板類を含めた、大径材の木取りに合わせた乾燥技術の開発や建築業界からも高品質な大断面材の要望があり、地域材活用を推進する上で、大径材を活用した大断面材の部材開発は、建築業界をターゲットとした新たな需要先開拓として期待できる。

本年度は、大径材から製材される心去り２丁取り平角材と心持ち平角材を含む３丁取り平角材を試験材として、天然乾燥と高周波減圧複合乾燥（以下、高周波減圧乾燥と記す）を併用した方法で乾燥を行い、乾燥後の品質を評価した。

2. 試験方法

1) 試験材

試験原木は、大分県内の原木市場から入手した大径のスギ原木６本を使用した。製材前に材長、重量、末口径、元口径、矢高、縦振動ヤング係数（以下、 E_{fr} と記す）を測定した。製材工場で 255mm×135mm×4 mの平角材（以下、平角材と記す）に製材した。製材方法は、原木４本を心去り２丁取り、原木２本を心持ち１本、心去り２本の３丁取りで製材した。２丁取りは、髓を取り除くため、図-１に示す２つの方法（以下、２丁取り 20、２丁取り 50 と記す）で製材した。３丁取りは、外側２本を心去り材、中心の１本を心持ち材とした。製材状況を写真-１に示す。なお製材時に、曲がりをとるための修正挽きを行った。

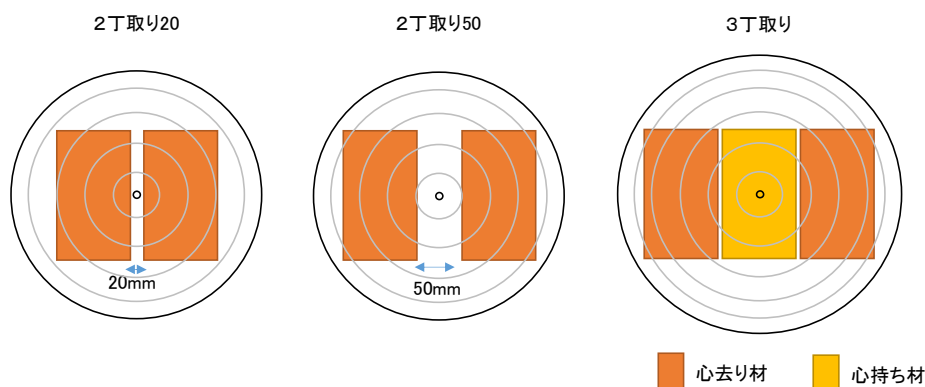


図-1 原木の木取り（２丁取り、３丁取り）

2) 乾燥試験

乾燥は、天然乾燥と高周波減圧乾燥を併用する工程とした。製材を令和4年10月に行い、令和5年1月に高周波減圧乾燥を行うまでの約4か月間、屋内で天然乾燥を行った。高周波減圧乾燥は、多機能木材乾燥機（株式会社ヤスジマ製、HTDM-182248-8型、商品名ハイブリッドドライヤー、写真-2）を使用して目標含水率15%以下まで乾燥させた。高周波減圧乾燥の乾燥スケジュールを表-1に示す。これは昨年度の心去り平角材乾燥に使用したスケジュール¹⁾を用いた。最初は、60℃で1時間の蒸煮を行ったのち、真空設定を段階的に下げるようにした。また高周波加熱を行う時の材温設定は、乾球温度を上回るように設定した。乾燥開始から終了までの乾燥時間は、265時間とした。乾燥後に約1か月間の養生を行った。



写真-1 製材状況



写真-2 多機能木材乾燥機
(高周波減圧乾燥機)

表-1 乾燥スケジュール

	真空設定		材温設定	乾球	湿球	IFファン 周波数	処理時間	発振サイクル (min)	
	(kPa)	(torr)	(℃)	(℃)	(℃)	(Hz)	(時間)	発振	発振停止
蒸煮設定	98.7	740	-	-	60	40	1	-	-
ステップ1	98.7	740	70	60	73	40	20	9	1
ステップ2	38.7	290	80	65	50	40	7	7	3
ステップ3	18.7	140	80	63	48	40	112	3	6
ステップ4	18.7	140	80	63	48	40	2	3	3
ステップ5	13.3	100	80	63	48	40	123	3	3

3) 材質試験

製材後、天然乾燥後、高周波減圧乾燥後、養生後の段階で以下の測定を行った。測定項目は、重量、寸法、 E_{tr} 、含水率、表面割れ、材中央部矢高である。含水率測定は、高周波木材水分計（株式会社ケツト科学研究所製 HM-520）を使用した。矢高は、長さ方向の材中央部で測定した（図-2）。表面割れは最大幅と長さを測定して面積を算出し、試験材ごとに集計した。養生後に元口及び末口から50cm

の位置で試験片を採取して全乾法による含水率及び内部割れの測定を行った。なお、乾燥、養生時は木表面を上にした。測定結果は、木取り及び心持ち・心去り材別に①2丁取り 20、②2丁取り 50、③3丁取り心去り材、④3丁取り心持ち材の4つのグループに分けて比較した。

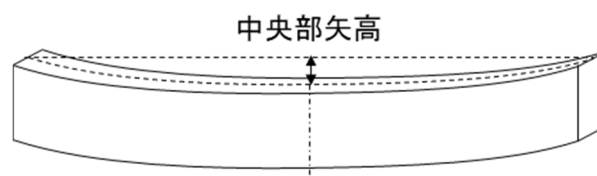


図-2 矢高の測定場所

3. 結果及び考察

表-2に今回試験に使用した原木6本の測定結果を示す。2丁取り原木の末口径は43.7～48.3cm、3丁取り原木の末口径は、62.1cm、62.6cmであった。

材質試験の結果を表-3に示す。また乾燥時の含水率の推移を図-3に示す。含水率は、全乾法から推計した値とした。乾燥前の含水率は、3丁取り心去り材が最も高かったが、これは製材した3丁取り原木の含水率が、2丁取りの原木に比べて高かったためと考えられる。同じ原木から製材した3丁取りでも、心去り材は心持ち材と比べて1.8倍の含水率であった。これは、一般的に心材部に比べ、辺材部の含水率が高い傾向にある影響と考えられる。高周波減圧乾燥後の含水率は、心持ち材がやや過乾燥になる仕上がりであったが、全ての材で含水率15%以下まで乾燥できた。養生後の含水率は、高周波減圧乾燥後と比較してやや増加した。

材中央部の最大矢高については、製材後は各グループ平均で1.3mm～1.5mmで、ほぼ同じであった。天然乾燥後と高周波減圧乾燥後は、2丁取り20が2.9mm→17.6mm、2丁取り50が2.5mm→10.8mm、3丁取り心去り材が2.3mm→13.0mm、心持ち材が1.3mm→4.0mmとなり、高周波減圧乾燥の前後で大きく変化した。また、心去り材は心持ち材より大きな最大矢高を示した。特に2丁取り20は各グループ中で最大矢高が最も大きく、髓に近い製材ほど曲がりが大きくなる傾向があると思われた。なお、最大矢高が生じた面が長辺側だった試験材は7本、短辺側だった試験材は6本、長辺、短辺が同じだった試験材が1本あった。次に表面割れの測定結果を図-4に示す。2丁取り50の表面割れが最も小さく、心持ち材の表面割れが最も大きくなった。1本あたりの割れ面積の合計は、心持ち材の養生後を除き20cm²以下となった。特に心持ち材は養生期間中に割れが大きくなった。これは、髓に近い材面に発生した表面割れが、養生期間中に大きくなったことが主な原因であった。全乾含水率測定時の断面で内部割れを確認した。写真-3～5に養生後の元口側から50cmで切断した断面の様子を示す。心去り材、心持ち材も全ての試験材で内部割れは発生していなかった。

表-2 原木測定結果

原木No	木取り	末口径 (cm)	元口径 (cm)	材長 (m)	曲がり矢高 (mm)	曲がり (%)	重量 (kg)	材積 (m ³)	見かけ密度 (kg/m ³)	E_{tr} (GPa)
A	2丁取り20	43.7	53.7	4.13	19	4.4	562.8	0.769	732.0	5.6
B		45.4	55.3	4.16	19	4.2	581.0	0.828	701.8	5.5
C		48.3	58.5	4.14	27	5.8	595.8	0.925	644.1	4.7
D	2丁取り50	46.8	56.8	4.10	14	3.1	608.8	0.861	707.0	5.2
E		62.1	77.0	4.03	19	3.1	1355.3	1.531	885.4	4.0
F		62.6	77.5	4.28	34	5.6	1298.8	1.638	792.7	4.2

表-3 材質試験結果

木取り区分	本数	含水率(%) [※]				最大矢高(mm)			
		製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後	製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後
2丁取り20	4	54.5±2.0	29.5±0.4	10.7±1.5	11.8±1.3	1.4±1.1	2.9±0.9	17.6±6.2	16.4±6.3
2丁取り50	4	67.1±6.4	27.5±1.6	9.2±1.9	10.5±1.7	1.4±0.5	2.5±0.7	10.8±8.3	11.3±7.0
3丁取り 心去り材	4	148.2±35.8	54.1±19.9	11.0±5.6	12.4±5.0	1.5±0.4	2.3±0.9	13.0±9.9	10.8±10.2
3丁取り 心持ち材	2	83.3±12.2	29.0±1.1	6.4±0.3	8.2±0.6	1.3±0.4	1.3±0.4	4.0±2.8	5.8±1.1

木取り区分	本数	収縮率(%) ^{※※}		密度(kg/m ³)		E _{It} (GPa)			
		長辺	短辺	製材後	養生後	製材後	天然乾燥後	人工乾燥後	養生後
2丁取り20	4	2.4±0.2	3.1±0.2	534.3±13.7	409.5±11.7	5.6±0.1	5.9±0.1	6.7±0.1	6.6±0.1
2丁取り50	4	2.9±0.4	2.9±0.3	522.5±21.1	367.7±26.3	5.3±0.4	5.7±0.4	6.5±0.4	6.4±0.4
3丁取り 心去り材	4	3.3±0.8	3.3±0.8	691.9±76.1	336.6±11.7	4.9±0.7	5.1±0.6	5.5±0.5	5.7±0.2
3丁取り 心持ち材	2	2.6±0.3	4.1±0.0	546.2±49.4	345.7±11.2	4.1±0.2	4.4±0.2	5.2±0.2	5.1±0.2

※ 重量から推定

※※ 製材後から養生後の収縮率

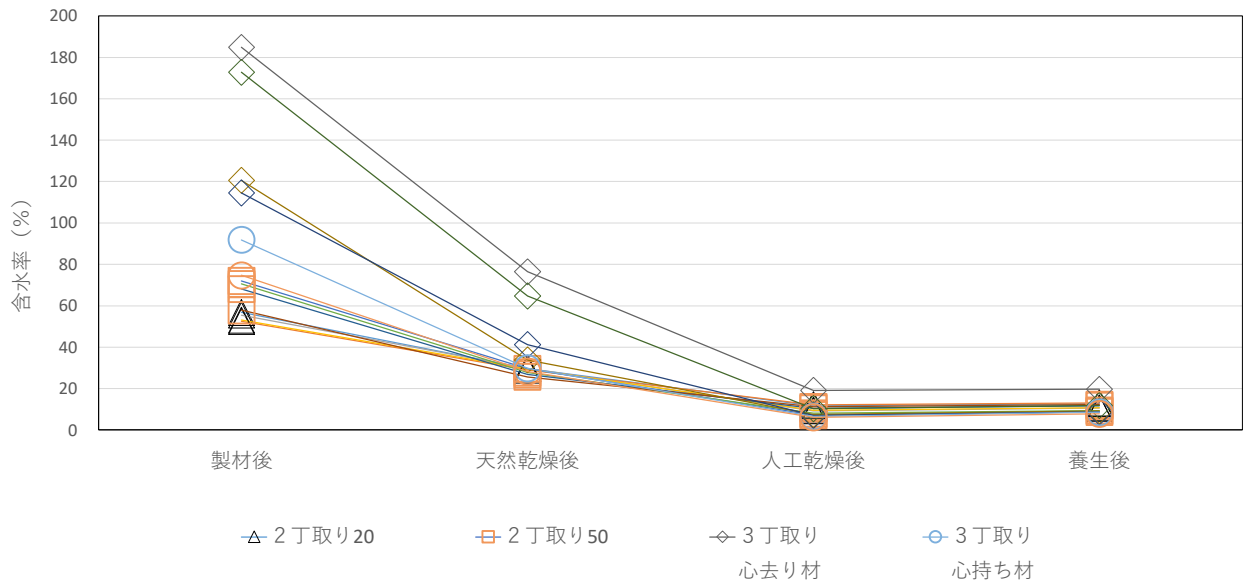


図-3 含水率測定結果

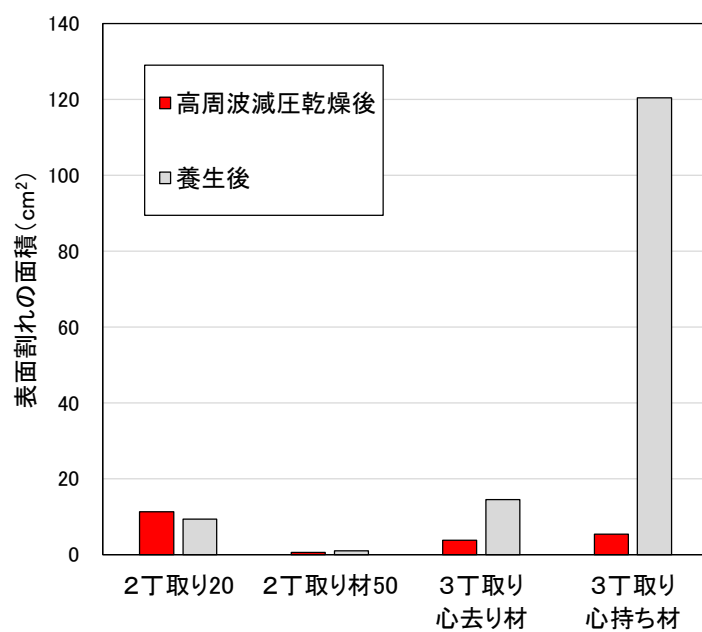


図-4 表面割れの面積



写真-3 2丁取り 20 の断面（養生後）



写真-4 2丁取り 50 の断面（養生後）



写真-5 3丁取りの断面（養生後）

4. まとめ

今回は、昨年度に引き続き心去り平角材の高周波減圧乾燥試験を行い、2丁取りや3丁取りに木取りを変えた時の乾燥時の製材品質に与える影響を調べた。その結果、髓を20mm程度除いた場合に比べて、50mm程度除いた場合は、曲がり、表面割れが少なくなる傾向があったことから、髓を含む幅50mm程度除くことは、心去り平角材の品質向上につながると考えられる。ただし、髓を除くことを優先すると製材歩留まりの低下が懸念されることから品質向上と製材歩留まりについてはさらなる検証が必要である。

また製材後に天然乾燥を実施することで、含水率を低下させることができた。天然乾燥時には大きな表面割れはなく、心去り材において人工乾燥の時間短縮のために天然乾燥を行うことは有効な方法であると言える。ただし、偏心して髓が残っていたり（写真-6）、表面近くに髓がある場合は、発生した表面割れが養生期間中に大きくなる傾向があったため、注意が必要である。

写真-6 髓が残っている
心去り材

謝辞

今回の試験にあたっては、大分県日田市上津江町の株式会社井上製材所に製材前の原木測定作業場の提供等でご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 豆田俊治：大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報 No. 64, 33-40（令和3年）

低コスト造林施策推進に向けたスギ優良品種の材質特性の解明

令和3年度～令和5年度

木材チーム 末光 良一、河津 温子、城井 秀幸

1. 目 的

大分県では主伐の増加に伴い再造林面積が増加している。現在、再造林にかかる費用を削減する施策の一つとして疎植造林が推進されているが、県内に低密度で植栽されたスギの材質については、まだ十分には解明されておらず、造林推進の不安材料の一つになっている。

本年度は、スギ品種や植栽密度が強度性能に与える影響を明らかにするため、立木の樹幹内部の強度分布を曲げ試験及び圧縮試験から検証した。

2. 試験方法

1) 供試材

供試材は、昨年度に大分県玖珠郡九重町大字町田の地蔵原スギ品種・植栽密度比較試験地から伐採した県推奨品種のシャカイン及びヤマグチの1500本/ha植栽区、3000本/ha植栽区から各3本の計12本とした¹⁾。立木1本を3m毎に玉切りした1番玉から4番玉(0.3～12.3m部位)について、髄及び中心を含む、厚さ60mmのまさ目板に製材加工し、室内で約5か月間(令和4年3月～8月)の天然乾燥を行った後、各番玉を長さ1mにカットし、髄を中心に樹皮側へ25×25×1000mmの直方体を作製した。直方体はさらに室内で約6か月間乾燥させた後、恒温恒湿器で温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 3\%$ の雰囲気中で標準状態の $12 \pm 1.5\%$ にした。その後、直方体の無欠点部分から曲げ試験体(20×20×320mm)及び縦圧縮試験体(20×20×60mm)を作製し、各試験に供した(図-1)。ただし、曲げ試験体の一部において、節等の欠点を完全に除去できなかったものも含まれる。試験後、曲げ試験体から全乾法による含水率の確認、圧縮試験体からは密度の測定を行った。

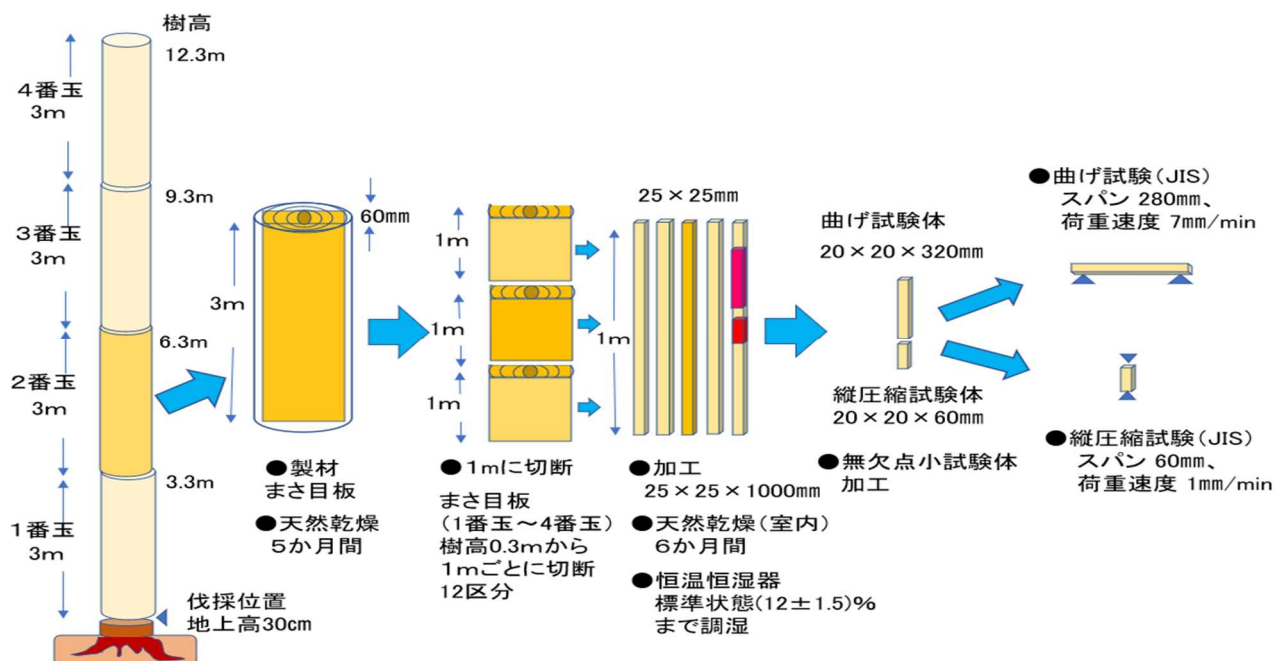


図-1 試験体の作製

2) 強度試験

(1) 曲げ試験

曲げ試験は、日本産業規格（以下 JIS と記す）木材の試験方法（JIS Z2101 : 2009）15 曲げ試験に準じて行った。試験機は万能試験機（株式会社島津製作所製 AG-100kNAR）を用い、曲げヤング係数、曲げ強さを求めた。スパンは辺長の 14 倍の 280mm、荷重面はまさ目面（髄部分を除く）とし、破壊までの時間が 1 分以上となるよう荷重速度を 7mm/min の一定とした。変位はストレインゲージ式変位形（株式会社東京測器研究所製 DDP-30A）を用い、スパン中央部両サイド 2 か所の平均値とした（写真-1）。

(2) 縦圧縮試験

縦圧縮試験は、JIS 木材の試験方法（JIS Z2101 : 2009）10 縦圧縮試験に準じて行った。試験機は、万能材料試験機（インストロンジャパンカンパニーリミテッド製 5568）を用い負荷開始から 1 ～ 2 分で比例限度応力に到達するように荷重速度 1mm/min で試験した（写真-2）。



写真-1 曲げ試験の様子



写真-2 縦圧縮試験の様子

3. 結果及び考察

曲げ試験、縦圧縮試験は、品種、植栽密度ごとに供試した立木 3 本の平均値（垂直方向、水平方向で同位置試験体の平均値）で比較検討した。なお、試験体の含水率は平均値 12.0%（標準偏差 1.10）、試験体数は表-1 のとおりである。

表-1 曲げ・縦圧縮試験体数

品種	植栽密度 (本/ha)	試験体数（樹高別水平方向）												計
		12m	11m	10m	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	
シャカイン	1500	17	20	20	20	21	20	23	22	23	25	25	28	264
	3000	15	14	15	16	15	16	17	18	20	21	21	23	211
ヤマグチ	1500	16	17	18	20	20	21	23	22	26	25	27	29	264
	3000	15	15	15	17	19	20	20	21	22	24	24	27	239
計		63	66	68	73	75	77	83	83	91	95	97	107	978

(本)

1) 曲げ試験

品種、植栽密度ごとの、樹幹内曲げヤング係数、曲げ強さの分布を図-2、図-3に示す。ただし、明らかに節等の欠点の影響があったと考えられる試験体 57 本についてはこの試験結果から除いた。

曲げヤング係数、曲げ強さとも、各樹高で髓付近の中心部で低く、樹皮方向に向け高くなる傾向を示した。また、植栽密度の違いでは 3000 本/ha 植栽が 1500 本/ha 植栽より高い傾向を示した。また、品種間比較ではシャカインが総じて高い値を示した。

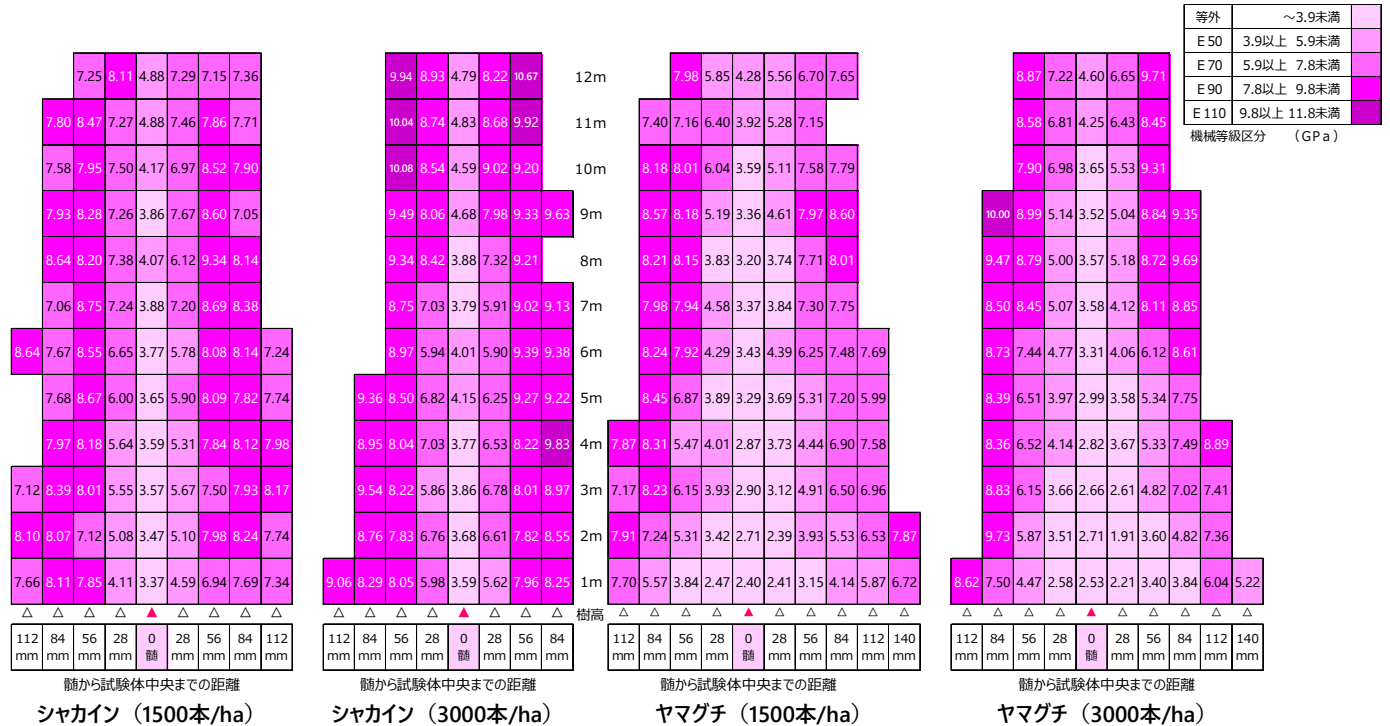


図-2 樹幹内曲げヤング係数の分布

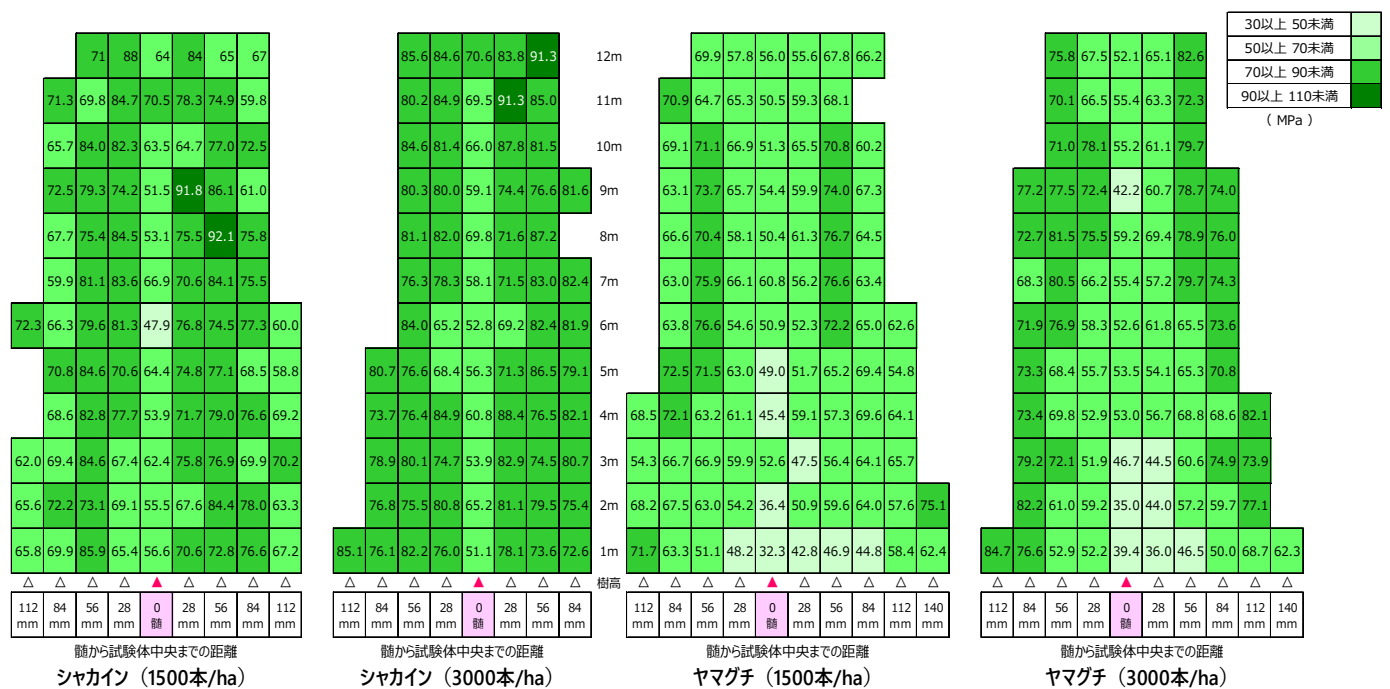


図-3 樹幹内曲げ強さの分布

次に曲げヤング係数と曲げ強さの関係を図-4に示す。シャカイン、ヤマグチとも植栽密度に関係なく曲げヤング係数と曲げ強さの間に正の相関関係が認められた。このことから、ヤング係数の樹幹内分布を知ることで、樹木の強度を推定できることが示唆された。

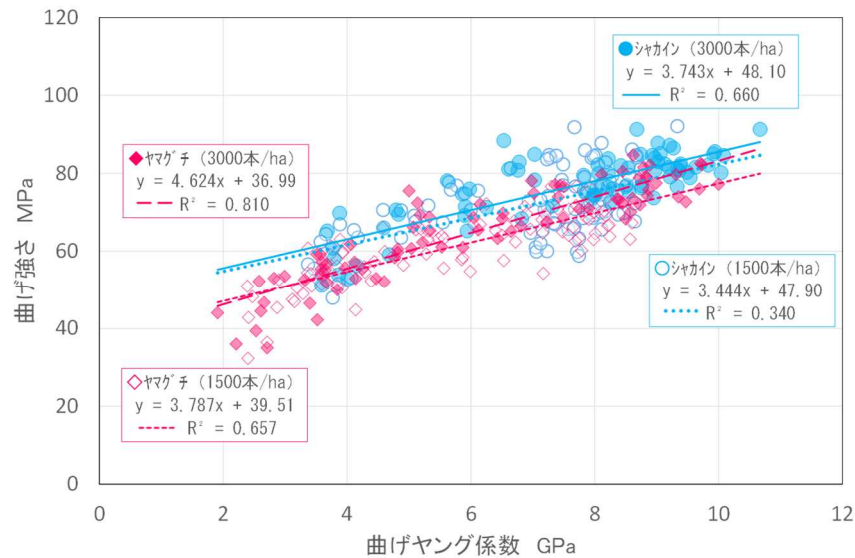


図-4 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

2) 縦圧縮試験

縦圧縮強さの分布を図-5に、試験体の密度分布を図-6に示す。

縦圧縮強さも曲げ試験同様、髄付近の中央部が低く、樹皮方向に向け大きくなった後少し小さくなる傾向を示した。また、垂直方向については樹高が高い方が大きい傾向を示した。

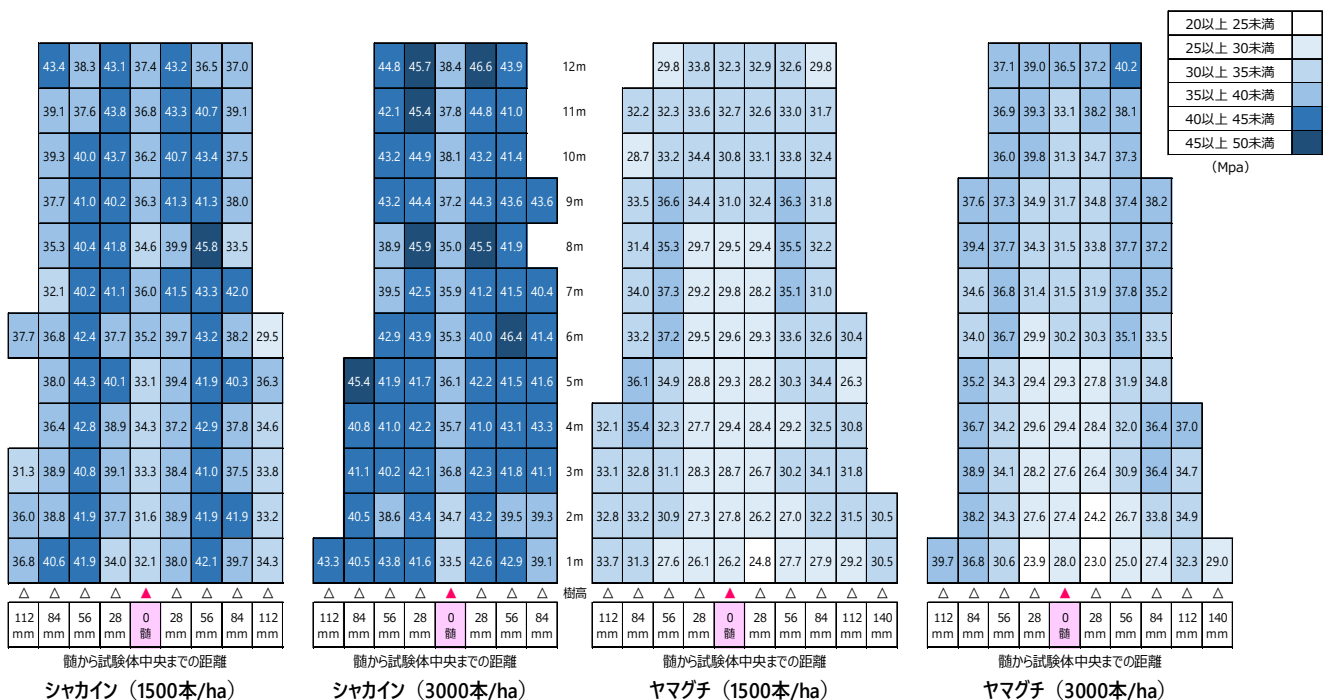


図-5 縦圧縮強さ分布

また、植栽密度の違いでは 3000 本/ha 植栽が 1500 本/ha 植栽より大きい傾向を示した。また、品種間比較ではシャカインが総じて大きい値を示した。

密度については、どの樹高でも髄付近の中心部が高い傾向を示す一方で、外層部付近で密度の低い部位が見られた。

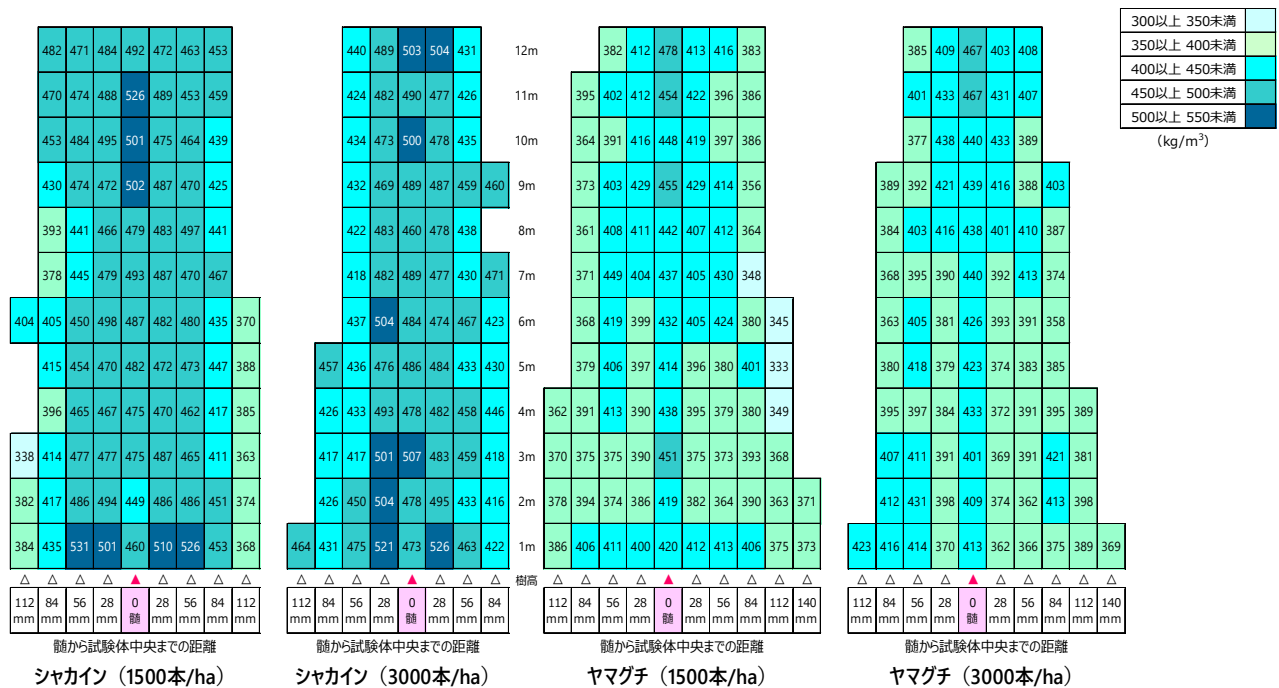


図-6 試験体の密度分布

4. まとめ

スギの低密度植栽が強度性能に与える影響を明らかにするため、県のスギ推奨品種であるシャカイン、ヤマグチの低密度植栽（1500 本/ha）と従来の一般的植栽密度（3000 本/ha）で生育した立木の樹幹内部の強度分布を曲げ試験及び圧縮試験から検証した。その結果、曲げ強さ、圧縮強さとも 1500 本/ha の低密度植栽が従来の 3000 本/ha 植栽と比較して若干低い値を示した。しかし、その差は品種間の強度差と比較して小さく²⁾、1500 本/ha 程度の疎植造林による建築利用上への影響は小さいことが示唆された。

参考文献

- 1) 前原礼明：令和 3 年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報, No. 64, 47-52
- 2) 津島俊治：大分県農林水産研究指導センター林業研究部報告 第 16 号, 37-54(平成 18 年)

Ⅱ 関連事業

成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発 (戦略的プロジェクト研究推進事業)

平成 30 年度～令和 4 年度
森林チーム 松本 純

1. 目 的

エリートツリー等特定母樹や早生樹は初期成長に優れ、下刈回数の削減やシカに食害されない高さへの早期到達等、成長の早さが造林のコスト低減につながるものと期待されている。しかしながら、成長は立地環境に大きく左右されるため、成長が発揮できる場所や最適な施業技術など明らかにすべき課題は多い。これを受けて、農林水産省では平成 30 年度から戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発 (18064868)」を立ち上げ、大分県を含む九州を中心とした参画県が成長に資する苗木の成長について共同で研究を進めている。大分県では、上記事業を活用して特定母樹を中心としたスギ品種の植栽試験を実施しており、今年度は品種毎の成長比較を行ったので報告する。

2. 調査地及び方法

平成 31 年 3 月に林業研究部内試験林（以下、部内と記す）及び林業研究部天瀬試験地（以下、天瀬と記す）に、特定母樹を中心としたスギ品種並びにコウヨウザンを植栽した試験地を設定した。試験地における植栽配置は図-1、植栽品種等の概要は表-1 のとおりである。植栽密度は部内は $1.5 \times 1.5\text{m}$ (4,400 本/ha)、天瀬は $1.4 \times 1.5\text{m}$ 間隔 (4,700 本/ha) とした。調査は成長休止期の令和 3 年 11 月に行い、3 年生時の樹高と根元径を測定した。天瀬の林縁部に植栽した県日田 15 号（図-1）については、日光がほとんど当たらない環境で同一品種における他の反復と比較して成長が著しく悪かったため棄却した。同一試験地における品種間で平均樹高、形状比、樹冠幅について比較を行った。樹高及び樹冠幅における有意差の有無 ($p < 0.05$) は Tukey-Kramer による多重比較にて検討した。

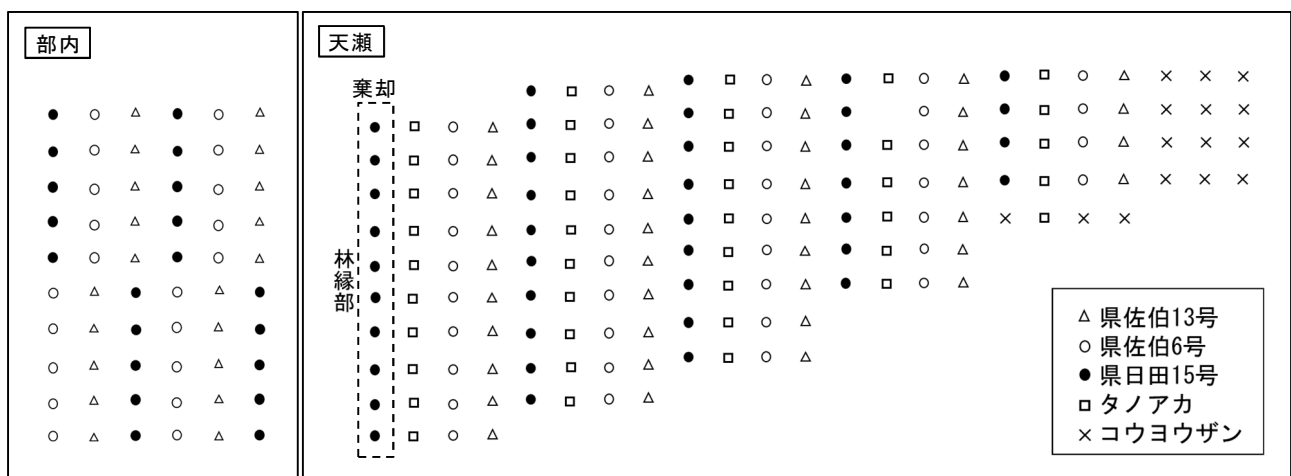


図-1 各試験地の植栽配置

表-1 調査地及び調査結果の概要

場所	品種 樹種	測定本数 (本)	平均樹高±SD (cm)	平均樹冠幅±SD (cm)	平均根元径±SD (mm)	平均 形状比
部内	県佐伯13号	20	486.3 ± 29.6 a	153.5 ± 6.9 b	10.9 ± 0.7	44.8
	県佐伯6号	18	446.2 ± 24.7 b	161.9 ± 8.8 a	9.9 ± 0.6	45.1
	県日田15号	18	512.6 ± 33.7 c	164.4 ± 10.1 a	10.0 ± 0.8	51.3
天瀬	県佐伯13号	40	251.2 ± 35.8 ab	112.0 ± 14.9 c	43.5 ± 7.4	58.2
	県佐伯6号	37	231.6 ± 37.4 b	127.4 ± 18.8 b	45.5 ± 8.4	51.4
	県日田15号	30	250.9 ± 37.8 ab	115.8 ± 14.8 bc	38.4 ± 6.5	65.6
	タノアカ	39	256.1 ± 39.3 a	76.5 ± 15.5 d	39.5 ± 8.2	66.0
	コウヨウザン	15	259.5 ± 37.4 ab	185.0 ± 24.4 a	54.5 ± 10.2	48.3

※品種樹種欄の「コウヨウザン」は樹種、ほかはスギ品種を示す。

※SDは標準偏差を示す。

※平均樹高±SD並びに平均樹冠幅±SD内のアルファベットは検定による有意差の有無（ $p < 0.05$ ）を示す。

3. 結果及び考察

試験地における各品種の平均樹高を図-2に示す。部内に植栽したスギの樹高は、天瀬に植栽した同一品種と比較して大きな差が生じた。部内に植栽した品種について品種間の成長を比較したところ、県日田15号が最も樹高が高かった。また、各品種間で5%有意水準による有意差が認められた（表-1）。天瀬ではコウヨウザンの樹高が最も高く、次いで在来品種であるタノアカが成長が良かった。有意差は最も成長の低かった県佐伯6号とタノアカ間でのみ認められた（表-1）。本試験地におけるコウヨウザンは、特定母樹である3品種と同程度の成長だった。在来品種であるタノアカも特定母樹と同程度の成長を示しており、在来品種の中にも成長に優れた品種が存在することが示唆された。

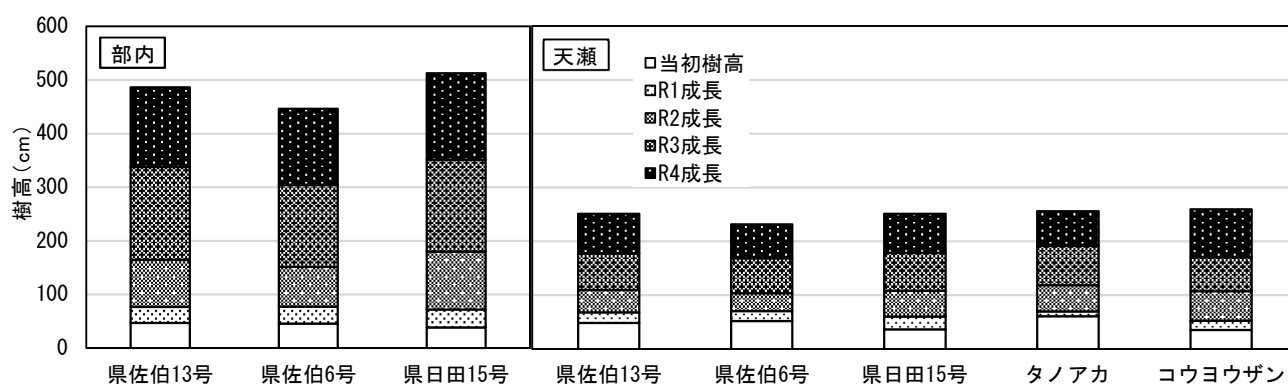


図-2 樹種・品種別の樹高及び年別成長量

試験地における各品種の形状比の推移を図-3に示す。一般的に、スギの形状比は成長するにつれて50~70程度に収束すると言われている。4年目において全ての樹種・品種が形状比70を下回った。天瀬の林分では3年生まではタノアカにおいて形状比が80を上回っていたが、4年目に形状比が大きく低下したものの全品種で最も形状比が高かった。県日田15号は県佐伯6号、13号よりも部内並びに天瀬の両方で高い形状比で推移しており、2品種と比べて形状比が高くなる傾向がある可能性がある。

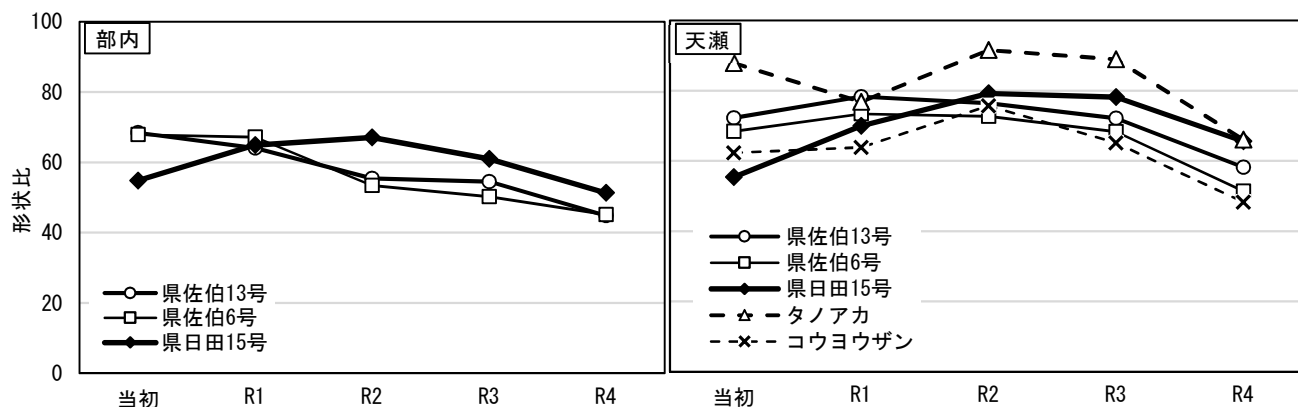


図-3 樹種・品種別の形状比の推移

試験地における各品種の樹冠幅を図-4に示す。部内の品種では県佐伯13号の樹冠幅が小さく、県佐伯6号・県日田15号間との有意差も認められた(表-1)。県佐伯6号と県日田15号間での有意差は認められず、ほぼ同程度の数値を示した。天瀬ではコウヨウザンの樹冠幅が高く、タノアカが最も低い結果となり、各品種との有意差も認められた(表-1)。県佐伯6号、県佐伯13号は県日田15号との間で有意差が認められず(表-1)、部内と異なる結果となった。その理由として、本試験地は植栽間隔が1.5mであり、部内の個体は樹冠幅の平均値が1.5mを超えていたことから樹冠が閉鎖していた可能性がある。

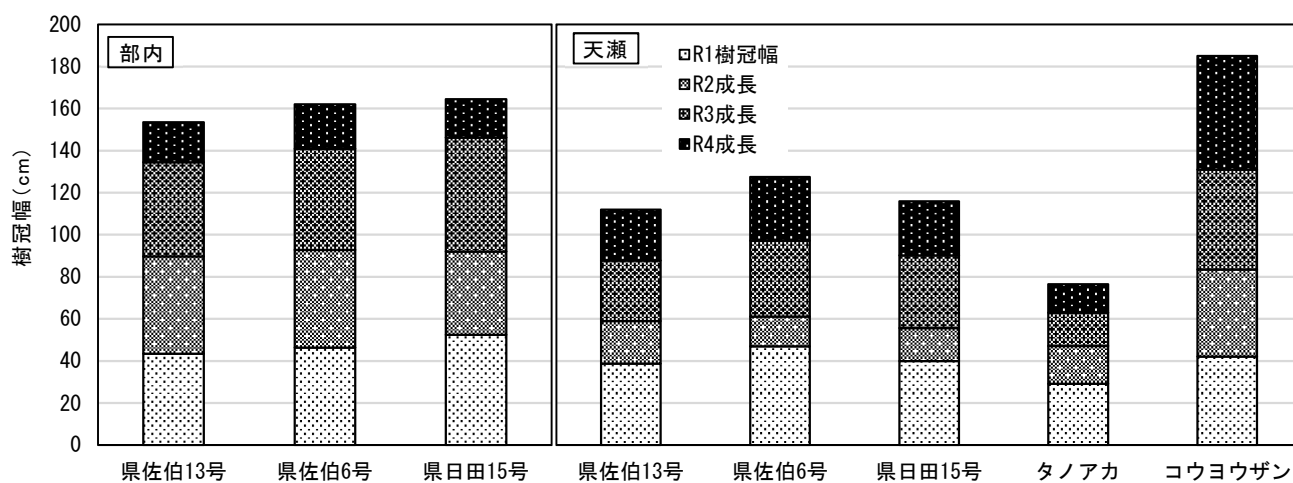


図-4 樹種・品種別の樹冠幅

今回の植栽後4年間における成長比較では、多くの要素で樹種・品種間差が認められ、品種別の傾向が見えてきた。今後も他の試験地及び他県の情報も収集しながら品種の評価を行う予定である。

4. その他

本研究は農林水産省による戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発 (18064868)」による支援を受けた。

エリートツリーの原種増産技術の開発事業のための調査等委託業務（受託）

令和4年度

森林チーム 松本 純

1. 目 的

無花粉遺伝子を有するスギ精英樹を活用した林木育種の推進のため、当該精英樹の着花、種子生産の特性調査に加え、特定母樹等を用いた人工交配を実施した。本報告では、着花、種子生産の特性調査について報告を行う。

なお、本業務は国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 林木育種センター九州育種場の委託を受け実施した。

2. 試験方法

無花粉遺伝子を有する精英樹A及び対照系統、無花粉遺伝子を有するスギ精英樹Aと他のスギ精英樹の人工交配により作出された種子について、下記の特性調査を行った。

1) 種子生産特性調査

大分県農林水産研究指導センター林業研究部天瀬試験地（日田市天瀬町桜竹。以下、天瀬試験地と記す）より、精英樹Aとの人工交配により得られた5交配家系の種子を採取し、1球果あたりの種子数、種子重量を調査した。

加えて、発芽能力を調査するため、種子の精選後に発芽鑑定を行った。温度条件は明期 30℃（8時間）、暗期 20℃（16時間）に設定し、明期には蛍光灯を用いて約 1,000 ルクスの光を照射した。発芽床には濾紙を使用し、1シャーレあたり 100 粒を播種した（3反復）。令和4年12月7日に種子の培養を開始し、28日後に発芽率（発芽種子/まきつけ種子数×100）を調査した。

2) 着花特性調査

天瀬試験地及び林業研究部場内試験地において精英樹A及び対照6系統の雄花量・雌花量（人工着花及び自然着花）を調査した。人工着花処理は雄花用を令和4年5月24日に、雌花用は令和4年8月1日にジベレリン 100ppm（商品名：ジベレリン協和粉末、住友化学株式会社）を用い、雄花・雌花評価用の枝3本に液浸処理を行った。評価方法は特定母樹指定基準¹⁾に準じ、令和5年2月1日に表-1の評価方法にて調査を行った。

表-1 評価方法

項目	評価枝数	評価基準（雄花・雌花共通）
自然着花	・着花が多い枝1本、中程度の枝3本、少ない枝を1本選び評価	5 : 着生範囲が広く、着生量が非常に多い
	・枝が5本とれない場合は、着花が多い枝1本、中程度の枝1本、少ない枝1本を選評価	4 : 着生範囲が広く、着生量が多い
		3 : 着生範囲、着生量とも中程度
		2 : 着生範囲が狭く、着生量が少ない
人工着花	個体あたり2本以上評価	1 : 着生範囲、着生量とも非常に少ない

3. 結 果

1) 種子生産特性調査

種子生産特性調査の結果を表-2に示す。精選前の球果あたりの種子数は精英樹A(♂)×精英樹G

(♀)が64.4粒と最も多く、精選後は精英樹A(♂)×在来品種I(♀)が36.5粒と最も多かった。また、精選後の球果あたりの種子重量は精英樹A(♂)×在来品種K(♀)が0.09gと最も多かった。発芽率は、精英樹A(♂)×在来品種K(♀)が40.3%と最も高かった。今年度の結果では3組合せにおいて精選後の発芽率が10%を下回っており、その原因として交配を行った令和3年度は精英樹Aの花粉量が少なかったことや、交配した枝において、採種時に種子にカビが発生していたことが考えられた。

表-2 種子生産特性調査結果

交配家系		種子数/球果 (粒) (精選前)	種子数/球果 (粒) (精選後)	種子重量/球果 (g) (精選後)	発芽率 (%) (精選後)
精英樹A ♂ ×	精英樹D	47.4	23.7	0.06	4.7%
	エリートツリーH	64.4	19.9	0.06	7.3%
	在来品種I	45.0	36.5	0.08	19.0%
	在来品種K	46.6	21.7	0.09	40.3%
	精英樹P	37.0	21.2	0.05	3.3%

2)着花特性調査

着花特性調査の結果を表-3に示す。精英樹Aにおける雄花着花量の平均評価値は人工着花で1.6、自然着花で2.4を示した。雌花着花量の平均評価値は人工着花で1.0、自然着花で2.2を示した。

系統毎にバラツキはあるものの、今年の花粉の雄花自然着花量が多い傾向にあった。4品種においてジベレリン処理を施した人工着花量を自然着花量が上回っていた。樹冠の下部は比較的雄花が付きにくい傾向にあるとの報告がある³⁾。ジベレリン処理並びに人工着花量調査を樹冠の下部で実施した一方、自然着花量の調査は樹冠の中～上部を対象として行ったことが原因であると考えられた。

表-3 着花特性調査結果

系統名	雄花平均評価値		雌花平均評価値	
	人工着花	自然着花	人工着花	自然着花
精英樹A	1.6	2.4	1.0	2.2
精英樹D	1.7	1.0	2.3	1.0
精英樹L	1.3	1.0	2.0	1.0
精英樹M	2.3	3.0	1.3	3.0
精英樹N	2.5	4.4	2.3	3.0
精英樹O	1.3	1.8	2.0	1.6
精英樹P	1.0	1.0	3.0	1.0
精英樹Q	1.0	1.0	3.0	1.2
精英樹R	2.3	1.0	2.2	1.0

参考文献

- 1) 林野庁, 特定母樹指定基準, 5 (令和2年)
- 2) 松本純: 令和3年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報, 2-4 (令和4年)
- 3) 加藤一隆, 山野邊太郎, 大平峰子, 坪村美代子, 高島有哉: 北方森林研究 68, 47-48 (令和2年)

スギ花粉発生源地域推定事業（受託）

令和4年度

森林チーム 青田 勝

1. 目 的

近年、国民的な広がりを見せているスギ花粉症について、花粉発生源対策をより効果的に推進していくためには、都市部へのスギ花粉飛散に強く影響している地域を推定し、対策の重点化を図っていくことが重要である。

このため、本事業は花粉飛散量予測の精度向上や雄花生産量の把握を図るためのスギ雄花着生状況を調査することを目的とし、（一社）全国林業改良普及協会からの委託を受けて実施した。

2. 調査方法

県内に設定した定点スギ林 20 箇所について、令和4年 11 月中旬に雄花着生状況を調査した。着生状態の調査にあたっては、各定点のスギ林において、ほぼ決まった位置から双眼鏡を用い、定点あたり 40 本について観察を行った。着生状態の程度によって、A：雄花が樹冠の全面に着生、B：雄花がほぼ全面に着生、C：雄花が疎らに着生又は樹冠の限られた部分に着生、D：雄花が観察されない、の 4 種類に区分した。その際、全国林業改良普及協会から提示された「基準写真（A～D）」をもとに判定を行った。

3. 結果及び考察

各定点（20 箇所）の雄花調査結果を表－1 に示した。20 箇所の平均値でみると、A判定が 4.8%（令和3年 1.3%）、B判定が 26.1%（同 17.6%）、C判定が 35.6%（同 43.1%）、D判定が 33.5%（同 38.0%）であり、A判定（全面に着生）と B判定（ほぼ全面に着生）の割合が昨年より高く、C判定（雄花が疎らに着生又は樹冠の限られた部分に着生）と D判定（雄花着生無し）の割合が低くなった。

品種別では、実生、ヒノデ並びにコバノウラセバルとヤマグチは雄花が多く、一方、ヤブクグリ、イワオ等は少なかった。これらの傾向は、過去の調査においても認められることから、品種特性と考えられる。

全国林業改良普及協会の推定雄花数では、令和4年度は 3,796 個／ m^2 となり、令和3年度の 2,221 個／ m^2 に比べて多くなると推定された。

表-1 令和4年度スギ雄花着生調査結果

番号	定点略称	品種名	判定区分別本数(本)					雄花指数 (E)	Aランク率 (A/40)	雄花指数Ⅱ (F)	推定雄花数(G)	
			A	B	C	D	合計				R 4	R 3
1	三光村-1	ヤブクグリ	0	0	15	25	40	150	0.00	150	557	38
2	耶馬溪-1	ヤマグチ	0	18	14	8	40	1,040	0.00	1,040	3,813	2,208
3	山国-2	ヤマグチ	0	15	19	6	40	940	0.00	940	3,449	2,062
4	宇佐-1	ヤブクグリ	0	0	3	37	40	30	0.00	30	113	0
5	安心院-1	実生	38	2	0	0	40	3,900	0.95	7,605	27,522	11,376
6	院内-2	ヤマグチ	0	40	0	0	40	2,000	0.00	2,000	7,302	2,683
7	日田-1	アヤスギ	0	0	34	6	40	340	0.00	340	1,256	852
8	日田-3	ヒノデ	0	6	17	17	40	470	0.00	470	1,732	7,157
9	日田-6	ウラセバル	0	16	24	0	40	1,040	0.00	1,040	3,813	1,182
10	天瀬-1	ヤブクグリ	0	4	33	3	40	530	0.00	530	1,952	1,109
11	大山-3	ヒノデ	0	40	0	0	40	2,000	0.00	2,000	7,302	5,705
12	前津江-2	コバノウラセバル	0	38	2	0	40	1,920	0.00	1,920	7,012	4,832
13	中津江-1	アヤスギ	0	0	6	34	40	60	0.00	60	224	446
14	上津江-3	リュウノヒゲ	0	8	25	7	40	650	0.00	650	2,391	852
15	玖珠-4	ヤブクグリ	0	0	17	23	40	170	0.00	170	631	594
16	中津江-3	ウラセバル	0	7	25	8	40	600	0.00	600	2,208	1,476
17	九重-4	イワオ	0	8	24	8	40	640	0.00	640	2,354	38
18	九重-7	ヤブクグリ	0	0	4	36	40	40	0.00	40	150	224
19	湯布院-1	ヤブクグリ	0	1	0	39	40	50	0.00	50	187	925
20	直川-2	ナオミアオ	0	6	23	11	40	530	0.00	530	1,952	668
計			38	209	285	268	800			総計	75,920	44,427
割合			4.8%	26.1%	35.6%	33.5%	100.0%			平均	3,796	2,221

※判定区分 A:全面に着生 B:ほぼ全面に着生 C:疎らに着生 D:無し

雄花指数(E)= $A \times 100 + B \times 50 + C \times 10$ 雄花指数Ⅱ(F)= $E \times (1 + A \text{ランク率})$

推定雄花数(G)=($0.99341 \times \text{LOG}(F) + 0.58416$) (全林協推定法)

種子発芽鑑定調査事業

令和4年度

森林チーム 加藤 小梅

1. 目 的

苗木生産に必要な播種密度や播種量などの情報を提供することを目的とし、令和元年～令和4年に採取した種子及び低温貯蔵種子の発芽能力を調査した。

2. 試験方法

令和4年度の発芽鑑定は、ヒノキ4件、クロマツ4件、コウヨウザン2件の計10件について調査を行った（表-1、表-2）。発芽鑑定は、令和5年1月13日から開始し、ヒノキ及びクロマツは21日後、コウヨウザンについては28日後まで調査を行った。

発芽勢については、鑑定開始日からヒノキは9日後、クロマツは14日後、コウヨウザンは12日後の発芽能力で評価した。発芽効率は、以下の計算式で算出した。

$$\text{発芽効率(\%)} = \text{発芽率(\%)} \times \text{純度(\%)} \div 100$$

発芽床には、寒天(0.8%)を使用した。鑑定温度は、明期 30℃(8時間)、暗期 20℃(16時間)に設定し、明期には蛍光灯を用いて約 1,000 ルクスの光を照射した。1 シャーレあたりのまきつけ種子数を 100 粒とし、4 反復とした。

表-1 令和4年度種子発芽鑑定用試料

番号	採取年	樹種	試験別	採取地
1	R1	ヒノキ	自然乾燥	竹田市萩町柏原（県営採種園）
2	R2	ヒノキ	自然乾燥	〃
3	R3	ヒノキ	自然乾燥	〃
4	R4	ヒノキ	自然乾燥	〃
5	R1	抵抗性クロマツ	自然乾燥	日田市大字有田林業研究部内（県営採種園）
6	R2	抵抗性クロマツ	自然乾燥	〃
7	R3	抵抗性クロマツ (乾燥)	自然乾燥+人工乾燥 (50℃, 48時間)	〃
8	R4	抵抗性クロマツ	自然乾燥	〃
9	R3	コウヨウザン	購入(樹苗協)	
10	R3	コウヨウザン	購入(大分県)	

3. 結果及び考察

種子発芽鑑定の結果を表-2に示す。種子発芽率の範囲は、ヒノキ4件では10.3～27.0%、クロマツ4件では68.2～92.0%、コウヨウザン2件では32.0～33.3%であった。クロマツはヒノキに比べて発芽が著しく良好であった。

ヒノキ及びクロマツ共に採取年の違いによって発芽率に差異が認められた。ヒノキは令和2年度及び令和4年度は発芽率が低かったのに対し、令和元年度及び令和3年度の種子は比較的良好な発芽を示した。クロマツは令和3年度は発芽率が低かったのに対し、令和元年度及び令和4年度の種子は良好な発芽を示した。

表-2 令和4年度種子発芽鑑定調査の結果

番号	樹種	採取年	供試量 (g)	純度 (%)	1gあたり 粒数(粒)※	発芽率 (%)	発芽勢 (%)	発芽効率 (%)
1	ヒノキ	R1	5.255	98.4	479	23.0	9.0	22.6
2	ヒノキ	R2	5.165	98.4	608	10.8	6.5	10.6
3	ヒノキ	R3	5.323	98.6	452	27.0	10.5	26.6
4	ヒノキ	R4	5.340	97.1	538	10.3	5.0	10.0
5	抵抗性クロマツ	R1	10.377	99.9	52	92.0	90.0	91.9
6	抵抗性クロマツ	R3	10.739	96.9	58	74.0	73.8	71.7
7	抵抗性クロマツ (乾燥)	R3	11.288	99.9	57	68.3	68.0	68.2
8	抵抗性クロマツ	R4	10.743	98.7	53	81.3	80.5	80.2
9	コウヨウザン	R3	5.104	99.7	142	32.0	23.0	31.9
10	コウヨウザン	R3	5.198	99.5	126	33.3	22.0	33.1

※1gあたりの粒数の算出にあたっては、ヒノキは約1g、クロマツは約10g、コウヨウザンは約5gの種子を用いた。

県営採種園・採穂園管理事業

令和 4 年度
森林チーム 飯田 和彦、高部 研一
井上 克之

1. 維持管理

令和 4 年度は林業研究部及び天瀬試験地のスギやヒノキの採穂園の草刈、剪定並びに周辺支障木の伐採を行った。

また、林業研究部の抵抗性クロマツ採種園及び採穂園の下刈、剪定を行うとともに、枯死木や衰弱木の伐採を実施した。

2. 採穂園造成

令和 3 年 6 月に新たな森林・林業基本計画が閣議決定され、再造林の推進をめざし政府が総合的かつ計画的に優良種苗の安定的な供給を講ずる方針が示された。森林整備室と協議し、新たな造成は行わず、現採穂園の品種の見直しを行った。

標本見本園並びに構内維持管理事業

令和 4 年度
森林チーム 飯田 和彦、高部 研一
井上 克之

林業研究部内及び天瀬試験地の樹木見本園や各種試験林等の維持管理作業を実施した。

所在地	対象地	面積 (㎡)	作業内容
林業研究部内	①標本見本園	17,394	下刈、整枝、伐倒
	②各種試験林等	23,290	下刈、剪定、枝打ち
	③苗畑等	10,171	除草、耕耘
	④竹林見本園等	15,744	除草、伐竹整理
	⑤その他緑地	28,188	整枝・剪定、下刈、芝刈
	計	94,787	
天瀬試験地	①クローン集植所	16,833	下刈、支障木伐採
	②各種試験地	28,858	下刈、支障木伐採
	③採穂園等	7,702	下刈、剪定、支障木伐採
	計	53,393	

Ⅲ 研究成果の公表

Ⅳ 研修・普及等

Ⅴ 技術指導・支援等の活動

Ⅵ 予算

Ⅶ 職員配置

研究成果の公表

1. 学会等での発表及び投稿

1) 口頭発表

年月日	題目	発表者	発表会名	会場
R4.11.24	円形密度試験地から見た林冠閉鎖のタイミング	松本 純	戦略プロジェクト研究推進事業(成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発)推進会議	オンライン
R5.3.16	木質構造の大規模化に伴う構造実験に用いる試験体縮小の影響 -モーメント抵抗接合部の場合の検討-	山本 幸雄	第73回日本木材学会大会	福岡県

2) ポスター発表

年月日	題目	発表者	発表会名	会場
R4.10.14 ~10.21	システム収穫表を活用した樹冠状況の推定について	松本 純	第78回九州森林学会大会	オンライン
R4.10.14 ~10.21	スギ特定母樹コンテナ苗の発根速度における品種間差	加藤 小梅 安部 暖美	第78回九州森林学会大会	オンライン
R5.3.25 ~3.27	低密度植栽にて生産した木材の節の状況	松本 純	第134回日本森林学会大会	オンライン
R5.3.25 ~3.27	九州での広域多点調査から見えた植栽後10年間のスギ人工林の変化	河津 温子 高宮 立身 松本 純	第134回日本森林学会大会	オンライン

3) 学会誌及び専門誌への投稿

執筆者	題目	発表誌名又は投稿誌名	号 項
蔵原 正秀	大分県	各都道府県の林業・林産業と遺伝育種の関わり(森林遺伝育種学会)	2022.4.25 発行
山本 幸雄	高温乾燥された針葉樹構造用製材の平衡含水率と強度性能の関係	木材工業	2022年5月号(第77巻第5号通巻902号)
古曳 博也	大分県農林水産研究指導センター林業研究部への聞き取り調査	令和4年度大径材製品等おおい材販路確立事業実施報告書	令和5年1月
山本 幸雄	「品質・性能を確保した乾燥材の供給に向けた技術資料の作成および普及」報告書(令和3年度木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業)	一般社団法人 全国木材組合連合会	令和5年2月
山本 幸雄	品質の確かな人工乾燥材の生産にむけて	一般社団法人 全国木材組合連合会	令和5年2月
山本 幸雄	「構造用製材の含水率の変化が強度に及ぼす影響の検証」報告書(令和4年度建築用木材供給・利用強化対策のうちCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業のうちCLT・LVL等を活用した建築物の低コスト化・検証等事業)	一般社団法人 全国木材組合連合会	令和5年3月
古曳 博也	スギ大径材の有効利用技術の開発	公立林業試験研究機関研究成果集	No.20(2023.3)
松本 純	中津ミステリーサークルにみる植栽密度によるスギの成長、枯れ上がりの状況	林野庁 革新的造林モデル事例集	2023(令和5)年3月
松本 純	疎植造林検証モデル林での在来品種・精英樹・エリートツリー(4年生)の初期成長比較	林野庁 革新的造林モデル事例集	2023(令和5)年3月

2. 研究発表会の開催

県内林業関係者に対し、研究成果の活用に向けて情報提供する「令和4年度(第51回)大分県農林水産研究指導センター林業研究部研究発表会」を令和5年1月31日に開催しました(参加者49名)。

【研究発表】

大分県に適した早生樹の苗木生産・育林技術の開発	森林チ-ム	主任研究員	青田 勝
スギ・ヒノキサシ木苗の生産向上に関する研究	森林チ-ム	研究員	加藤 小梅
長大スパンに対応する接着重ね材の開発	木材チ-ム	主幹研究員	山本 幸雄

3. 刊行物等の発行

名 称	配付先	発行部数
令和3年度林業研究部 年報(第64号)	県内外の試験研究機関等	200部
林研だより(第84号)	林業研究部ホームページ公開	-

4. 受賞の状況

受賞者	受賞名	表彰授与主体	受賞年月日	受賞の内容
上席主幹研究員 古曳 博也	第35回研究功績賞	全国林業試験研究機関協議会	R5.1.17	大分県産木竹材の用途開発に関する研究

研修・普及等

1. 研修会の開催

1) 関係団体への研修

年月日	研修内容	対象者	場所	人数
R4.8.27	企業技術研修「椅子張りの基礎技術」	家具産業関係者等	林業研究部	24

2) 一般県民等への研修

年月日	研修内容	対象者	場所	人数
R4.12.4	林業研究特別講演会「スギ材の多機能性（人の心理生理応答・抗ウイルス効果）と需要拡大に向けて」	一般	日田市民文化会館パトリア日田	182

2. 講師派遣

1) 関係団体への研修

派遣日	内容	講師名	主催 / 場所	人数
R4.6.28	大径材有効活用について	末光 良一 古曳 博也	日田郡森林組合	14
R4.10.24	フォレストワーカー（3年目）集合研修「木材の特性」	末光 良一	(公財)森林ネットおおいた	15
R4.10.26	苗木生産初心者研修	加藤 小梅	(公財)森林ネットおおいた	7
R4.11.4	苗木研修会	松 本 純	大分県樹苗生産農業協同組合	28
R4.12.9	特定母樹の特性と品種等について	松 本 純	大分県樹苗生産農業協同組合	26

2) 普及員への講義

派遣日	内容	講師名	主催 / 場所	人数
R4.6.10	林業普及技術等習得研修（林業一般）	青 田 勝	大分県 / 大分県庁舎	12
R4.11.1 R4.11.2	試験研究機関における実践研修・林業全般基礎（後期）	亀井 淳介 末光 良一 古曳 博也 山本 幸雄 豆田 俊治 飯田 和彦 青 田 勝 松 本 純 加藤 小梅	大分県 / [1日目]日田市内山林、木材加工場等 [2日目]林業研究部	9
R5.2.27	スギ大径材利用に関する研修会	亀井 淳介 芦原 義伸 末光 良一 古曳 博也 豆田 俊治	大分県 / 大分県庁舎	38

3) 学生への講義

派遣日	内容	講師名	主催 / 場所	人数
R4.5.24 R4.8.29 R4.12.26	大分県立農業大学校講義	飯田 和彦	大分県立農業大学校	53
R4.10.19	大分県立日田林工高等学校インターンシップ研修	飯田 和彦 古曳 博也	大分県立日田林工高等学校 / 林業研究部	1

R4.11.9	家具強度試験について	山本 幸雄	大分県立芸術文化短期大学 協同組合日田家具工業会 大分県産業科学技術センター	13
---------	------------	-------	--	----

4)その他への講義

派遣日	内容	講師名	主催 / 場所	人数
R4.9.9	林業種苗生産事業者講習会	青 田 勝 加藤 小梅	大分県 / 大分県林業会館新館	27
R5.3.24	林業全般高度化研修	末光 良一	大分県 / 大分県庁舎	15

3. 視察受け入れ

視察日	内容	視察者・団体	人数
R4.6.10	早生樹等の試験研究について	愛知県農林基盤局林務部林務課 愛知県森林・林業技術センター	7
R4.7.4	大分方式乾燥材等について	鳥取県木材協同組合連合会 鳥取県林業振興課	4
R4.11.13	県林業試験研究機関視察（全国育樹祭）	農林水産副大臣野中氏、林野庁長官織田氏ほか関係者	9
R4.11.14	大分県における早生樹に関する取り組み状況について	津口財産区議会議員、世羅町役場財産区担当職員	6
R4.12.15	令和4年度若手研究員研修	農林水産研究指導センター、県試験研究機関 連携会議構成機関（35歳以下研究員）他	18
R5.2.15	旧日田産業工芸試験所試作品調査	アトリエとき代表相良氏、他3名（東北工業大学委託）	4

・年度別視察の状況（平成23年度～令和4年度）

年度	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	累計
件数	7	2	6	5	6	13	10	6	7	5	4	6	77
人数	50	22	16	74	39	125	137	52	69	43	40	48	715

4. 講座の開催

林業研究部が取組む、試験研究の成果紹介並びに来場者向けに樹種の違いや木材の活用について、興味を深めてもらう早生樹等見本展示を実施した。

開催日	出展催事	場所	対象・人数
R4.10.22 ～10.23	大分県農林水産祭「おおいたみのりフェスタ」 早生樹等見本展示、木工作教室（小学生対象）	別府公園	一般・350名 小学生・49名
R4.10.29 ～10.30	第11回日田市工業展	パトリア日田	一般・107名
R4.11.13	第45回全国育樹祭式典行事「おもてなし広場」	昭和電工武道スポーツ センター 屋外テント	一般・146名
R4.12.5	第13回日田の木と暮らしのフェア	パトリア日田	一般・77名

技術指導・支援等の活動

1. 林家等への技術指導

対象者 / 年度	H30	R1	R2	R3	R4	令和4年度の主要な指導内容
林家	56	50	35	19	54	病害虫・苗木生産・集成材加工・乾燥技術・大径材有効活用
関係団体等	315	350	270	263	263	依頼試験・講師派遣・熱処理・乾燥技術・木材強度・研修
普及指導員	43	10	46	31	62	生育不良・林業全般・含水率測定
学生	92	86	58	56	67	森林資源解析の計測実習・木材加工技術及び機器利用・製品開発
その他	260	204	130	338	351	鑑定採取・視察依頼・加飾技法・樹種特性・依頼試験
計(人)	766	700	539	707	797	

2. 研究成果の主要な現地移転

研究の成果	コウヨウザンとスギの成長比較とツリーシェルターによる獣害対策
移転の内容	樹高成長及び根元径の比較・獣害等の被害状況を踏まえ、植栽特長と獣害対策についてを普及推進
移 転 先	森林所有者・森林組合・樹苗生産農業協同組合
移転の手法	研究報告書等

3. 企業支援

1) 技術相談・技術指導

年度	H30	R1	R2	R3	R4	主要な指導内容
件数	173	131	156	131	144	植栽方法、種苗生産技術、製材乾燥技術、強度試験方法等

2) 企業訪問

年度	H30	R1	R2	R3	R4	主要な訪問先
件数	46	37	54	44	53	森林組合、家具・工芸製造企業、製材所、その他

3) 依頼試験

年度	H30	R1	R2	R3	R4	主要な試験内容
件数	44	22	29	28	9	・木構造接合部の各種強度試験
試験金額(円)	850,095	741,479	1,620,401	1,742,138	908,729	・木製家具等の各種強度試験

4) 機械貸付

年度	H30	R1	R2	R3	R4	主要な貸付機械
件数	593	569	396	298	180	自動一面鉋盤、スライドソー、ユニバーサルサンダー、他
貸付金額(円)	658,950	354,660	316,240	208,100	136,240	

予算

(当初予算)

チーム	区分	課題名	研究期間	予算区分	予算額 (千円)
森林 チー ム	継続	疎植造林による育林施業体系の開発	R2～R6	県単	1,103
	継続	スギ・ヒノキサシ木苗の生産性向上に関する研究	R3～R5	県単	819
	継続	大分県に適した早生樹の苗木生産・育林技術の開発	R3～R5	県単	635
	継続	成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発 (戦略的プロジェクト研究推進事業)	H30～R4	外部資金	429
	継続	エリートツリーの原種増産技術の開発事業のための の調査等委託業務	R2～	外部資金	54
	継続	スギ花粉発生源地域推定事業	R4	受託事業 [全林協]	35
	試験研究費(1)				3,075
木材 チー ム	新規	スギ心去り構造用製材等の品質に関する研究	R4～R7	県単	1,236
	継続	長大スパンに対応する接着重ね材の開発	R2～R4	県単	1,233
	継続	大径材の多様な利活用に向けた乾燥技術の開発	R3～R5	県単	1,183
	継続	低コスト造林施業推進に向けたスギ優良品種 の材質特性の解明	R3～R5	県単	2,112
	試験研究費(2)				5,764
1.試験研究費(1)+(2)					8,839
2.企画指導費等					861
3.見本園管理費等					525
4.管理運営費等					20,020
合 計					30,245

職員配置

担当・役職等		氏 名	研究(業務)分野
部 長		亀井 淳介	部の総括
管理担当	課長補佐(総括)	加藤 幸吾	部の管理、運営の総括調整
	主事	後藤 綾乃	庶務、会計
企画指導担当	主幹研究員(総括)	芦原 義伸	企画指導担当の総括(林業分野)
	主幹研究員	濱名 直美	企画指導担当(産業工芸分野)
森林チーム	上席主幹研究員(チームリーダー)	飯田 和彦	森林チームの総括
	主任研究員	青 田 勝	森林保護、苗木生産・育林技術
	研究員	松 本 純	育林・経営、疎植造林
	研究員	安部 暖美	林木育種、さし木苗の生産性向上
	研究員	加藤 小梅	特用林産、林木育種
	農業技術員	高部 研一	試験研究の業務補助
木材チーム	上席主幹研究員(チームリーダー)	末光 良一	木材チームの総括
	上席主幹研究員	古曳 博也	大径材有効利用技術、木質バイオマス
	主幹研究員	山本 幸雄	木材加工、家具構造強度、木材強度
	主任研究員	豆田 俊治	木材乾燥、木材加工
	研究員	河津 温子	材質特性、木材保存
	主幹研究員(兼務)	兵頭 敬一郎	木竹製品デザイン

大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報

No.65 2023

令和 5 年 9 月発行

編集 大分県農林水産研究指導センター林業研究部

〒877-1363

大分県日田市大字有田字佐寺原35

TEL 0973-23-2146

FAX 0973-23-6769

ホームページアドレス <https://www.pref.oita.jp/soshiki/15088/>

印刷 株式会社援ジョイワーク大分