

最近の研究成果

2007



平成20年 3 月

 **広島県立総合技術研究所**
Hiroshima Prefectural Technology Research Institute

林 業 技 術 セ ン ター

目 次

1	スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価	1
2	既存木橋の構造評価技術の開発と評価	3
3	スギ・ヒノキ育成林における立木在庫表示システム	5
4	低コスト作業システムの構築	7
5	抵抗性マツ種子の生産	9
6	山火事跡地における植栽樹種の根系引抜強度の特性	11

スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価

1 目 的

製材した板を貼り合わせて造る集成材は、大和町にある白竜ドームや中央森林公園の用倉大橋のように、高性能な大規模建築材料として使われてきましたが、最近では住宅の柱や梁の材料として、一般の建築物に数多く使われるようになってきました。このためスギなどの地域産材を使用した集成材を製造しようとする動きもありますが、「構造用集成材の日本農林規格（JAS）」では、スギ材の中でも軟らかく曲がりやすい板や、異なる樹種を貼り合わせる技術についての基準が用意されていませんでした。そこで、地域産材の新たな需要に対応するために、集成材新JASの技術基準を確立することを目的として、(独)森林総合研究所を中心に、板材の品質管理方法や新集成材の強度を調べるプロジェクトが、平成17年度から始まりました。

2 内 容

このプロジェクトの研究概要は、表1のとおりです。当センターの研究課題は、「スギ及びベイマツによる異樹種積層集成材の製造と強度性能」で、板材と集成材約5千体の試験をしました。

3 結 果

(1) 薄い板と厚い板の強度性能比較

原木の外側の薄い板（図1参照）が集成材に使えると、10%を超える製造歩留まりの向上が期待できます。このため、板厚の違いが板材の強度に影響するかどうか比較しました。その結果は図2のとおりで、厚さによる強度に差はないことが分かりました。

(2) 薄い板をジョイントしたときの強度性能

薄い板をたくさん使うとジョイント部が増えます。貼り合わせる板どおしのジョイント部が近くになっても強度に差がないか確認するため、引張試験（写真1）を行いました。その結果は図3のとおりで、強度に差がないことが分かりました。

(3) 強度差の大きい両極端の板材を集成化し強度性能を比較

図4のように板の厚さと板どおし強度等級に大きく差のある集成材を製造し、曲げ、引張、圧縮の強度性能を調べました。その結果、強度に差がないことが分かりました（図5参照）。

(4) JAS改正とそれに伴う国土交通省の告示が行われ、目的がほぼ達成できました。

4 活用の方向

このプロジェクトにより、世界的に例がない約1万体ものデータが蓄積されました。JASの改正により、一部の集成材の製造が可能になりました。広島県が推進している低コスト林業団地内や安定供給体制づくりにより搬出される木材を有効活用できるようになりましたが、5年後の改正では、さらにいろいろな集成材が製造できるよう、すでに準備や研究が始まっています。

キーワード：地域産材 異樹種積層集成材 製造歩留り 木材の有効活用

表1 プロジェクトの研究概要

担 当	研 究 評 価	分 担	研 究 課 題
森 林 総 合 研 究 所	現行JAS規格外の集成材製造基準	広島県	スギ・ベイマツ複合集成材
	新集成材の耐火性能評価	北海道	エゾマツ・トドマツ、カラマツ集成材
	新集成材の接合強度評価	岩手県	アカマツ有節集成材
	新集成材の耐久性能評価	宮城県	スギLVLを用いた集成材
	新集成材の接着技術評価	長野県	スギ・カラマツ複合集成材
	厚物構造用合板開発と適用化	富山県	スギ・北洋カラマツ複合集成材
	地域材の利用拡大条件解明	京都府	広葉樹LVLを用いた集成材
	新集成材の規格化(JAS検討)	岡山県	ヒノキ台形ラミナの集成材
建 築 研 究 所	基準強度化(国交省告示検討)	愛媛県	スギ・ヒノキ複合集成材
東 京 農 工 大	新集成材の耐火性能付与	宮崎県	オビスギを用いた集成材

外側の厚さの違う板材を集成材に活用

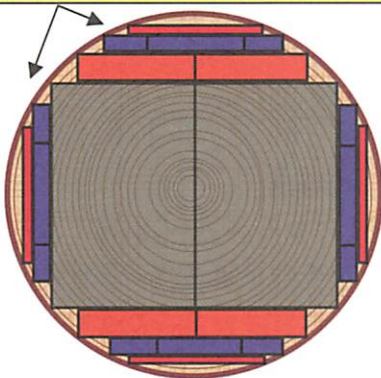


図1 原木の木取り

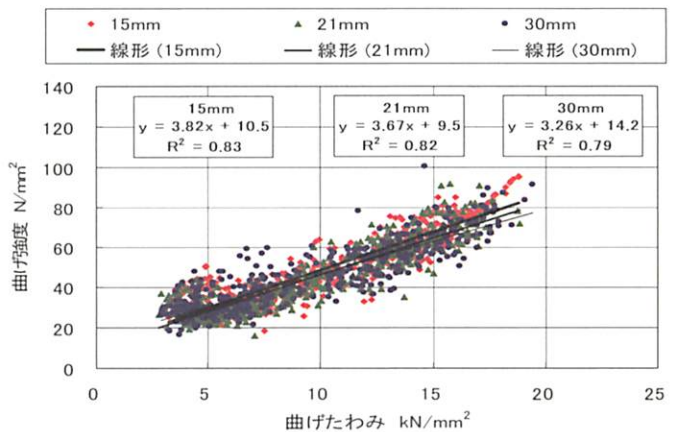


図2 厚さの違う板材の曲げたわみと強度の関係

裏側の板のジョイント部

表側の板のジョイント部

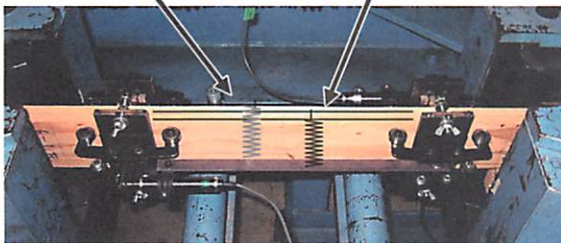


写真1 ジョイント部の距離をずらせた2枚の板材接着材の引張試験

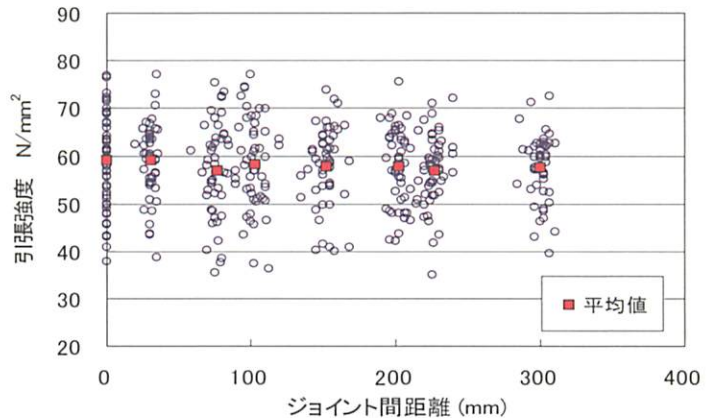


図3 ジョイント間距離と引張強度の関係

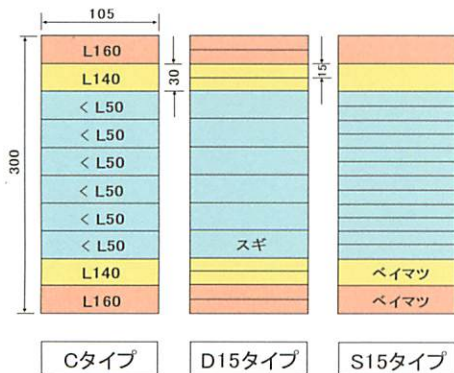


図4 集成材の構成

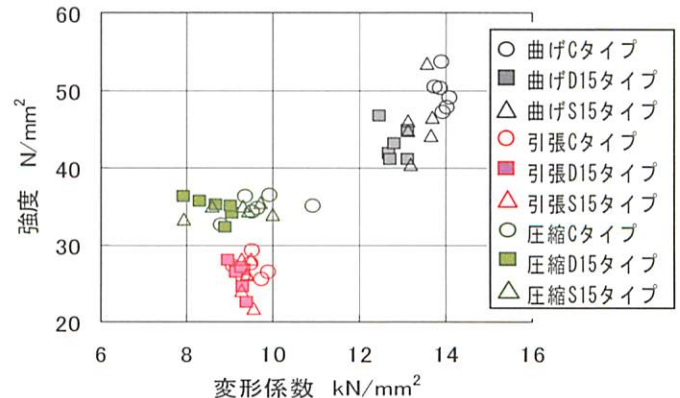


図5 集成材の強度と変形係数の関係

既存木橋の構造評価技術の開発と評価

1 目 的

現存する木橋には、耐久性の考慮が不十分で安全上の問題を抱えたものが、相当数存在すると思われます。そのための点検法や補修技術については、見直しもされてきましたが、経験的なものが多いのが現状で、既存木橋の安全性能評価技術の確立が急がれています。

平成19年度から21年度の計画で、木橋の非破壊調査等の測定データに基づいた木橋の構造的な安全性を検証するプロジェクト研究が、独立行政法人森林総合研究所を中心に始まり、本県も県内の木橋の耐久性向上に役立てる目的で参加することになりました。

2 内 容

研究材料として、福山市の山野峡自然公園内で共用された公園木橋「かっぱ橋」(写真1)を解体して当センターに移設し、再組立(写真2)を行ないました。

19年度の主な試験内容は、次のとおりです。

- ① 再組立て部材の重量、縦・たわみ振動測定及び非破壊調査
- ② 振動実験による「ゆれ」や載荷実験(写真3)による「たわみ」の量の測定
- ③ 季節による変動や毎日の気候による変化を確認するための重量変化の測定

また、20年度には、接合部の強度試験やどのくらいの重さに耐えられるかを測定するために荷重を掛けて破壊試験を実施する予定で、最終的には、これらの試験結果や測定データから構造解析を行い、木橋の耐久性を推定する方法を開発する計画です。

3 結 果

図1は、かっぱ橋の再組立時(スパン36m)のたわみ具合を示しており、中央のたわみ量は160mmでした。図2は、約1トンの重りをのせる前と後の形状変化を測定した載荷実験の結果です。たわみ量は最大3.2mmでした。

また、再組立されたかっぱ橋の重量を継続して観測した結果、降雨や積雪による重量増加や形状変化が確認されました。今後も引続き重量変化を観測していく予定です。

4 活用の方向

実物大の木橋をまるごと移設し、破壊試験をした例は世界的にも珍しく「かっぱ橋」がもたらす調査・解析結果が安全診断の確立につながり、既存木橋の点検・管理に利用されます。また、木橋の補修・補強技術の確立にも生かして行く予定です。

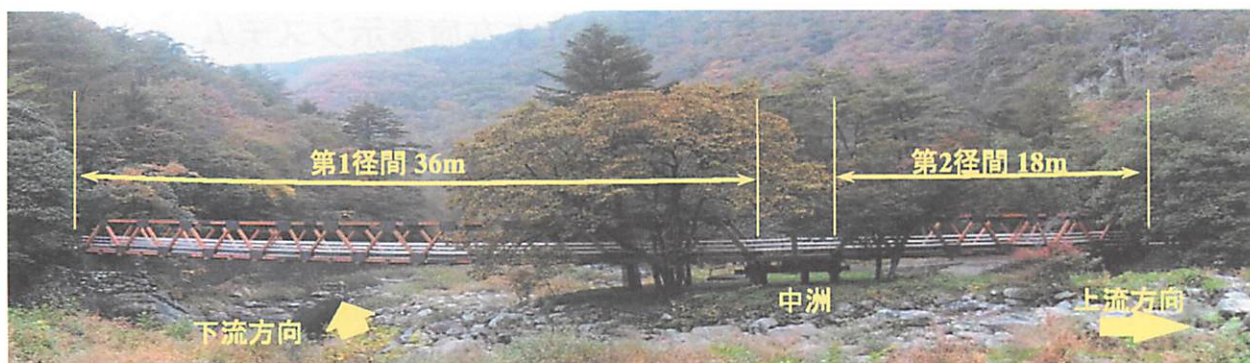


写真1 山野峡自然公園内へ架設当時の「かっぱ橋」



写真2 再組立て状況



写真3 荷重実験状況

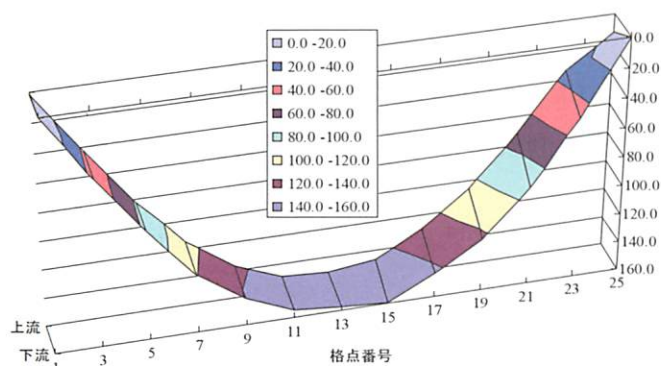


図1 足場指示開放直後の鉛直変位 (mm)

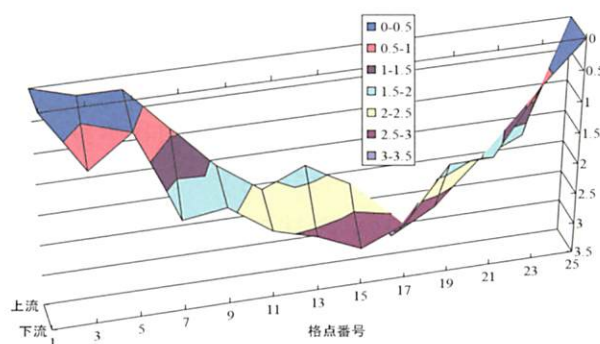


図2 荷重載荷に伴う相対変位 (mm)

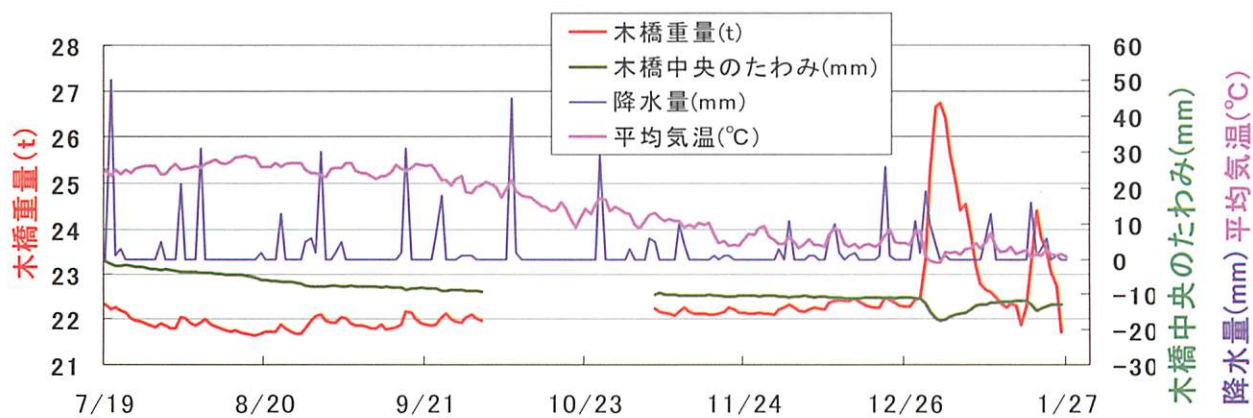


図3 再組み立てされた木橋重量・たわみ量の変化と気象条件の関係

スギ・ヒノキ育成林における立木在庫表示システム

1 目 的

県内60万haの森林からの丸太生産量は年間約30万 m^3 で、その蓄積8千万 m^3 は毎年100万 m^3 増加する傾向にあり、今後毎年の増加量に見合う量まで生産拡大して持続的森林経営が可能です。しかしながら、木材価格の低迷による森林所有者の販売意欲低下のため、丸太生産量の急増が見込めない現状にあります。そこで、林分密度管理図を利用した樹高成長と間伐実施記録による林分概況（胸高直径、林分材積等）の予測モデルを表示するパソコン上のシステムを開発し、5～20年後の収穫予測や径級別の丸太在庫としての試算を表示することによりスギ・ヒノキ人工林の経営を支援します。

2 内 容

- (1) 間伐の施業履歴が明らかな40年生前後のスギ・ヒノキ林の林分調査と樹幹解析を行い、間伐後の立木成長と樹幹の細り率（※）を求めました。
- (2) 林分密度管理図を利用した林分成長予測モデルのシステム開発を行いました。
- (3) 木材市場においてスギ・ヒノキ形状別の木材価格調査を行いました。

※ 細り率：立木の根元から梢端に向けて、直径が細くなる形状を一般化した指標

3 結 果

- (1) 林分密度管理図に、間伐実施の差を反映する県内スギ・ヒノキ人工林の成長予測モデルを組み込み、パソコン上で林分の樹高、林齢、植栽本数等の収穫予測と密度指標の表示を可能にしました。（表－1）
- (2) 県内のスギ・ヒノキ林の樹幹解析結果に基づき、胸高直径を基準とした3次多項式の相対幹曲線から求めた細り率を使って、収穫予測表により丸太径級別採材材積を推定しました。（表－2）
- (3) スギ・ヒノキ林の材質や木材市場での材質別価格を反映させた採材別丸太価格の入力により、立木価格の試算を可能にしました。（表－3）

4 活用の方向

このシステムにより、森林所有者や森林管理の受託を受けた森林組合等にとって、丸太の在庫としての立木の財産評価が容易になり、間伐の実施時期、方法や立木の販売時期などへの活用が可能となりました。今後は、低コスト林業団地内の林業経営活動への活用を中心に利用の拡大を図って行きます。

表-1 成長予測表

林齢，樹高，植栽本数等を入力します。

入力した林齢に対する本数密度，推定胸高直径，推定材積，推定樹高が表示されます。

地位指数が表示されます。

除・間伐率を入力します。

表-2 丸太径級別採材本数の推定表

採材材積，丸太本数の数量が計算されます。

材長，株高等を入力します。

表-3 立木価格試算

直材，曲材等材質割合を入力します。

市場価格等を参考に価格を入力します。

立木試算価格が表示されます。

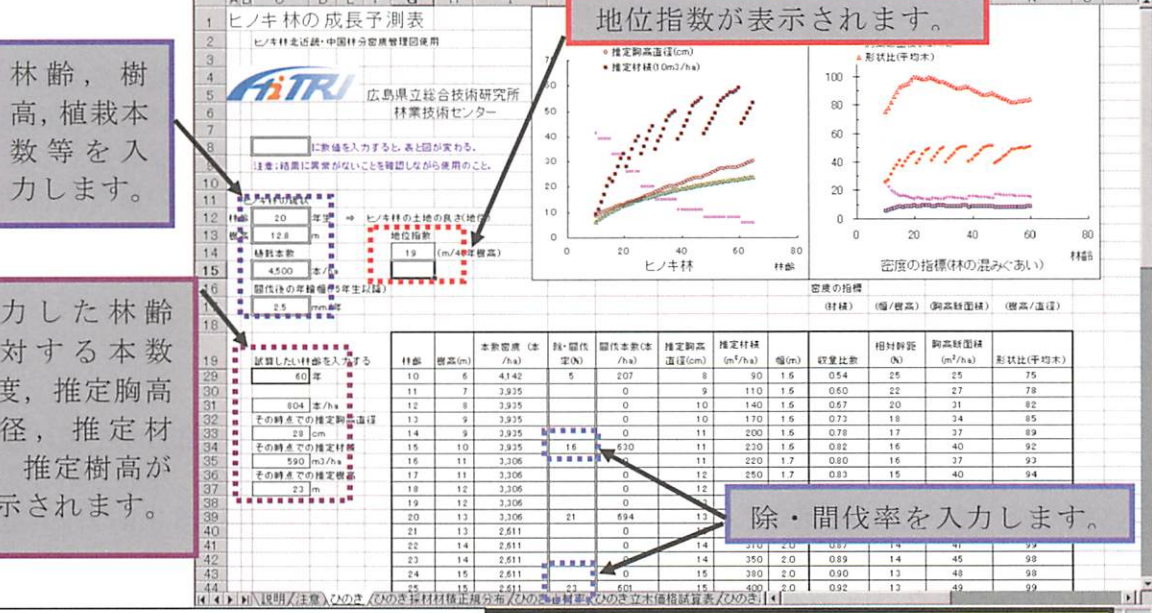


表-2 丸太径級別採材本数の推定表

材長(m)	株高(m)	余切り(m)	末口径(cm)	成立本数	推定胸高直径	SD直径の変動係数の平均
3	0.4	0.05	13	804	28	4.7
10	6	4.142	5	207	8	90
11	7	2.935	0	9	110	1.5
12	8	3.935	0	10	140	1.6
13	9	3.935	0	10	170	1.6
14	9	2.935	0	11	200	1.6
15	10	2.935	16	630	11	230
16	11	3.306	0	11	220	1.7
17	11	3.306	0	12	250	1.7
18	12	3.306	0	12		
19	12	3.306	0			
20	13	3.306	21	694	13	270
21	13	2.511	0	14	310	2.0
22	14	2.511	0	14	350	2.0
23	14	2.511	0	14	380	2.0
24	15	2.511	0	15	400	2.0
25	15	2.511	0	15	400	2.0

材長(m)	株高(m)	余切り(m)	末口径(cm)	成立本数	推定胸高直径	SD直径の変動係数の平均
3	0.4	0.05	13	804	28	4.7
10	6	4.142	5	207	8	90
11	7	2.935	0	9	110	1.5
12	8	3.935	0	10	140	1.6
13	9	3.935	0	10	170	1.6
14	9	2.935	0	11	200	1.6
15	10	2.935	16	630	11	230
16	11	3.306	0	11	220	1.7
17	11	3.306	0	12	250	1.7
18	12	3.306	0	12		
19	12	3.306	0			
20	13	3.306	21	694	13	270
21	13	2.511	0	14	310	2.0
22	14	2.511	0	14	350	2.0
23	14	2.511	0	14	380	2.0
24	15	2.511	0	15	400	2.0
25	15	2.511	0	15	400	2.0

低コスト作業システムの構築

1 目 的

本県では、産業として自立できる林業の確立を目指し、低コスト林業団地を設定して効率的に木材を生産する取り組みを重点的に進めています。施業の集約化や路網と機械の組み合わせによる効率的な森林施業により林業生産コストを縮減することが重要な課題となっています。そこで、路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト作業システムの構築を目指した現地モデル林（写真－１，表－１）を（財）広島県農林振興センター鶉木事業地内（山県郡北広島町）へ設定し、低コスト作業システムの実証を行いました。

2 内 容

（１）路網作設

事業地内（111ha）に設定した現地モデル林（6.59ha）で、地山勾配30度を境に緩～中傾斜地（30度以下）には高密路網、急傾斜地（30度以上）には開設をしないという条件で路網計画（表－２）を策定し、①従来機械と②高性能機械を使い幅員3.0mの作業道を約1,700m作設しました。

① バックハウ（PC-78US：バケット容量0.28m³）

② ザウルスロボ（SK-60SR／MSE-25ZRX：バケット容量0.21m³）（写真－２）

（２）間伐材搬出

緩～中傾斜地では定性間伐、急傾斜地では列状間伐を行い、高性能林業機械を使用し、ヒノキ41年生の間伐材を268m³搬出しました。

① 木寄せ・集材作業：グラップル（PC-78US／GS-65LJV）

およびスイングヤーダ（CT-500 / TW-202L）

② 造材作業：ハーベスタ（SH-75X / KESLA-20SH）

③ 運材作業：フォワーダ（MST-600VDLおよびU-3BG）

3 結 果

（１）作業道作設工程

現在、作業道の作設に最も多く使用されているバックハウと最近開発されたザウルスロボによる作設工程を比較した結果（表－３），サイクルタイムは前者が4分21秒／m，後者が3分14秒／mとなり，表土積みや支障木・伐根処理（路肩補強のための伐根据付）作業でグラップル機能を有するザウルスロボが優位でした。

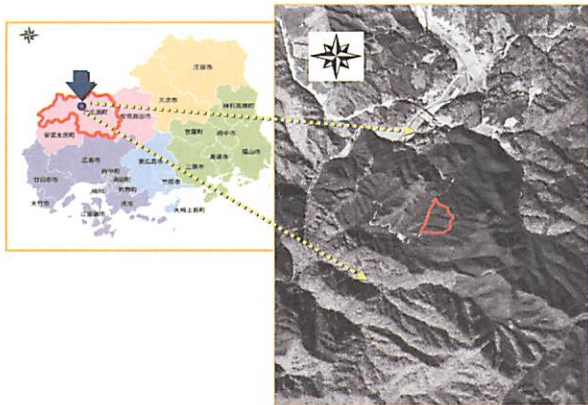
（２）作業システム全体の作業効率

高密路網（274m／ha）を作設した定性間伐区域（4.92ha）で，グラップル＋ハーベスタ＋フォワーダの組み合わせによる車両系集材作業システム（写真－３）と，列状間伐区域（1.67ha）の急傾斜地に作設した作業道からスイングヤーダ＋グラップル＋ハーベスタ＋フォワーダの組み合わせにより，下げ荷集材で搬出した架線系集材作業システム（写真－４）の搬出工程を比較した結果，生産性はともに30m³／日程度（7.5m³／人日）となり，傾斜など作業条件によって路網と機械を適切に組み合わせれば，効率的な森林施業を行えることが実証されました。

4 活用の方向

今後は，施業地の条件に応じた路網と機械の適正な組み合わせを検討し，低コスト作業システムのモデルタイプを示すことを目指します。

キーワード：低コスト作業システム バックハウ ザウルスロボ 効率的森林施業



写真－１ モデル林の位置

表－１ モデル林の概要

林況	面積	6.59ha	地況	標高	620－720m
	樹種	ヒノキ		方位	WNW
	林齢	41年生		傾斜	10－40°
	胸高直径	22.7cm	気象	地質	花崗班岩
	樹高	15.5m		土壌	褐色森林土
	幹材積	0.313m³		平均気温 (最高/最低)	11.8℃ (27.0/-4.0)
	立木密度	1,362 本/ha	年間降水量		1,925mm
	立木材積	426m³/ha			

表－２ モデル林内の作業路網計画

区分	面積 (ha)	幅員 (m)	延長 (m)	路網密度 (m/ha)
定性間伐区域 (緩傾斜:30°以下)	4.92	3.0	1,350	275
列状間伐区域 (急傾斜:30°以上)	1.67	3.0	343	205
計	6.59	3.0	1,693	255



写真－２ ザウルスロボ

表－３ 作業道作設効率の比較

使用機種	サイクルタイム	10m 当たり	作設効率(6hr)
バックホウ	4 分 21 秒/m	43 分 30 秒	82.8m/日
ザウルスロボ	3 分 14 秒/m	32 分 20 秒	111.3m/日



写真－３ 車両系集材作業システム



写真－４ 架線系集材作業システム

抵抗性マツ種子の生産

1 目 的

庄原市口和町金田にある採種園（金田採種園）は、平成11年度に造成された本県で2番目の抵抗性マツ採種園です。庄原市川西町に造成した抵抗性マツ採種園（庄原採種園）よりも抵抗性能と種子生産性の向上を目指して造成したものです。樹種はアカマツで面積や植栽本数は庄原採種園のアカマツと同じですが、植栽する母樹の組合せは大きく異なっており、共通の母樹は4品種だけです。平成16年度に初めての断幹・剪定を実施し、その後に施肥などの管理を行ってきたところ、平成19年度になって、やっと本格的な種子生産となったことから、生産性を把握するために母樹の調査を実施しました。

2 内 容

母樹の特性を把握するために、母樹ごとの種子生産量を調査すると共に、母樹の着花性を調査しました。

3 結 果

（1）採種園の種子生産量

2箇所の採種園の種子生産量（図1）を比較すると、金田採種園は本格的な生産を始めた8年後には、庄原採種園の種子生産量のピーク時の2倍以上となっていました。

（2）母樹の種子生産性

母樹ごとの種子生産重量と粒数（図2、3）を比較してみますと、上位の5母樹で種子生産量の半分以上、上位の10母樹で約8割を生産していました。また、植栽本数は母樹によって異なっていますから、母樹一本当たりの種子生産（表1）は、大きな差が有ることがわかりました。

（3）母樹の着花性（表1）

種子粒数が最も多い大分203号は雄花の着花性が悪く、周辺の母樹への花粉供給という点では能力が低いことがわかりました。一方、大宰府4号や熊本16号は種子生産能力は低いものの花粉供給能力は優れていました。なお、雌花の着花量は直接球果採種量に影響するので大変重要ですが、着花する枝数を増やす施策を実施しなければ球果量を増やすことはできません。

（4）特徴的な母樹

熊山25号（写真1、2）はすべての個体で、通常の2倍以上の雌花・球果を付けている枝が数多く見られました。

4 活用の方向

母樹によって種子生産性能や着花性能に偏りがありましたが、この偏りが今年度だけの傾向なのか、母樹の固定した性質なのかを継続して調査し、将来の母樹入れ替えによる採種園の体質改善に備えます。

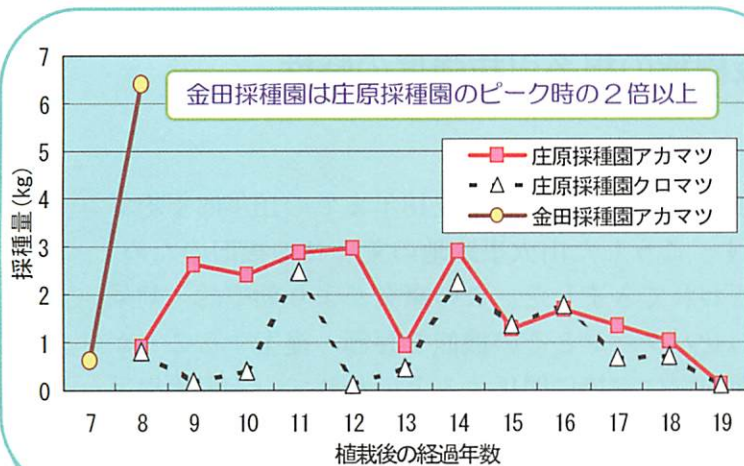


図1 庄原採種園と金田採種園の採種量比較

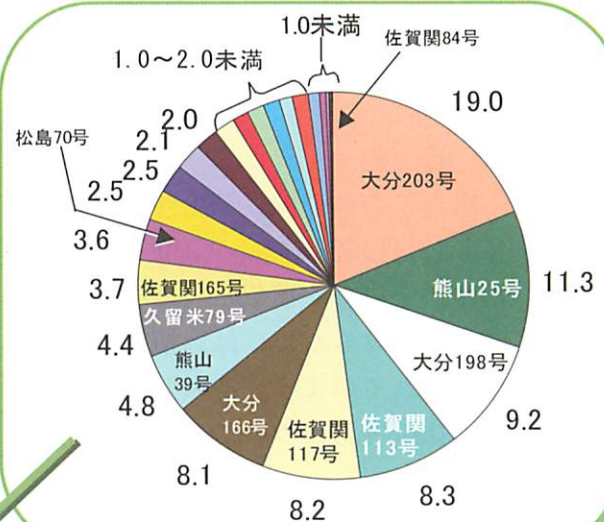


図2 金田採種園のアカマツ母樹別種子重量(%)

表1 金田採種園のアカマツ母樹1本当たりの種子粒数・種子重量と着花性

	母樹名	種子粒数	種子重量(g)	雄花	雌花
1	大分203号	7,110	75.7	1.8	3.9
2	熊山25号	4,550	51.6	4.4	4.6
3	大分198号	4,110	36.8	3.1	1.7
4	久留米79号	3,180	35.0	3.4	4.0
5	大分166号	3,120	32.4	4.2	4.4
6	熊山39号	2,790	22.0	2.7	4.0
7	佐賀関117号	2,640	29.0	4.2	4.0
8	佐賀関113号	2,440	31.1	1.7	2.6
9	松島70号	1,730	17.9	5.0	2.9
10	佐賀関118号	1,490	12.3	4.2	4.3
11	佐賀関165号	1,340	14.8	4.9	3.7
12	佐賀関126号	1,180	11.2	2.1	3.4
13	備前137号	1,070	9.4	4.7	4.5
14	有明7号	1,010	9.0	1.2	3.4
15	田辺52号	890	6.7	3.3	2.3
16	久留米142号	860	9.0	3.3	3.2
17	高松1号	850	11.8	2.3	2.4
18	大分111号	780	8.2	2.5	2.6
19	備前40号	590	4.9	3.9	3.6
20	阿南55号	570	6.9	1.0	3.0
21	大宰府4号	480	5.4	5.0	2.5
22	熊本16号	270	2.4	5.0	3.3
23	岡山85号	170	2.1	3.0	2.7
24	佐賀関132号	100	1.2	2.9	2.9
25	佐賀関84号	20	0.2	3.4	2.5
	平均	1,810	18.8	3.3	3.2

種子生産性や着花性は母樹によってかなり異なっていました。

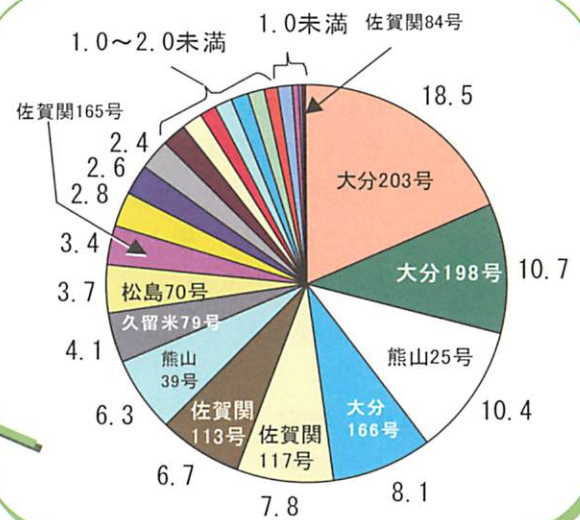


図3 金田採種園のアカマツ母樹別種子粒数(%)



写真1 雌花(雌性花序)

金田採種園の熊山25号



写真2 球果

今後は接種検定等も実施して、抵抗性能や種子生産性を明らかにし、体質改善を行って優れた採種園を目指します。

山火事跡地における植栽樹種の根系引抜強度の特性

1 目 的

広島県の林野火災発生件数および被害面積は、平成9年から平成18年までの10年間平均で毎年131件139haで、全国的に見ても顕著です。こうした山火事跡地の荒廃林地復旧のため、治山事業による植栽工（積苗工も含む）が行われてきました。この事業がより効率的・効果的に行われるためには、植栽樹種の組み合わせパターンとその機能を評価・提案することが求められています。そのために、森林の斜面安定に密接に関係するといわれている樹木根系の引抜抵抗力について、植栽樹種別に評価することを目的としました。

2 方 法

(1) 現地調査

竹原市内2箇所（平成7年度：写真1）および福山市内1箇所（平成6年度）

(2) 評価対象樹種

高木としてクヌギ・ヒノキ・オオシマザクラ（竹原市）およびクロマツ（福山市）、肥料木としてヤマモモ・オオバヤシャブシ（竹原市）としました。

(3) 測定・評価手法

- ① 樹高・胸高直径等から樹種別にサンプル木を選定し、地上部および根株を除去
- ② 試験根を方向・直径階により5本以上選出、残存根は全て直径および方向を測定
- ③ ②で選出した根とワイヤーを固結後チルホールで牽引し、ロードセルおよびロガーにより引抜荷重測定（写真2）
- ④ 根直径と最大引抜抵抗力の関係式を作成し、樹木全体・各方向別引抜抵抗力推計

3 結果と考察

すべての樹種において、引抜荷重は根の切断による変動を伴いながら増加し、ピーク後に急激に減少し、最終的にはゼロとなりました。このことから、根系の引抜抵抗は一定の限界を超えると、その後はほとんど機能しなくなることが確認されました。（図1）また、すべての樹種において、根直径と最大荷重とは正の相関（累乗近似）の傾向がありました（図2）。ただし、同一直径に対する引抜荷重はオオバヤシャブシが最も大きく、次いでクヌギ、オオシマザクラおよびクロマツが同程度に大きく、ヤマモモ、ヒノキの順でした。さらに、根系全体および斜面方向別の引抜抵抗力評価では、樹種によりその特徴が大きく異なりました。

4 活用の方向

引抜抵抗力は根の形状の複雑性を反映した総合力であり、根系量の差異とその分布の特徴も併せて評価すれば、樹種による引抜抵抗力の特性を把握することができると考えます。今後は、他の主要植栽樹種を対象とした同様の調査結果の解析を進め、植栽樹種および方法の組み合わせの提案を行います。



写真1



写真2

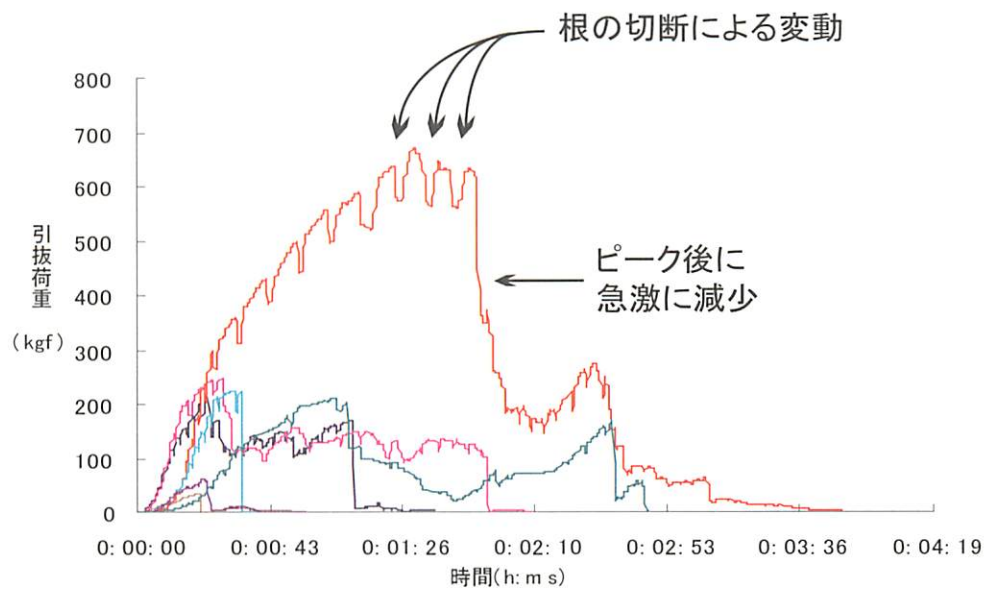


図1 根系引抜抵抗力の時間変動
※クヌギのサンプル根の場合

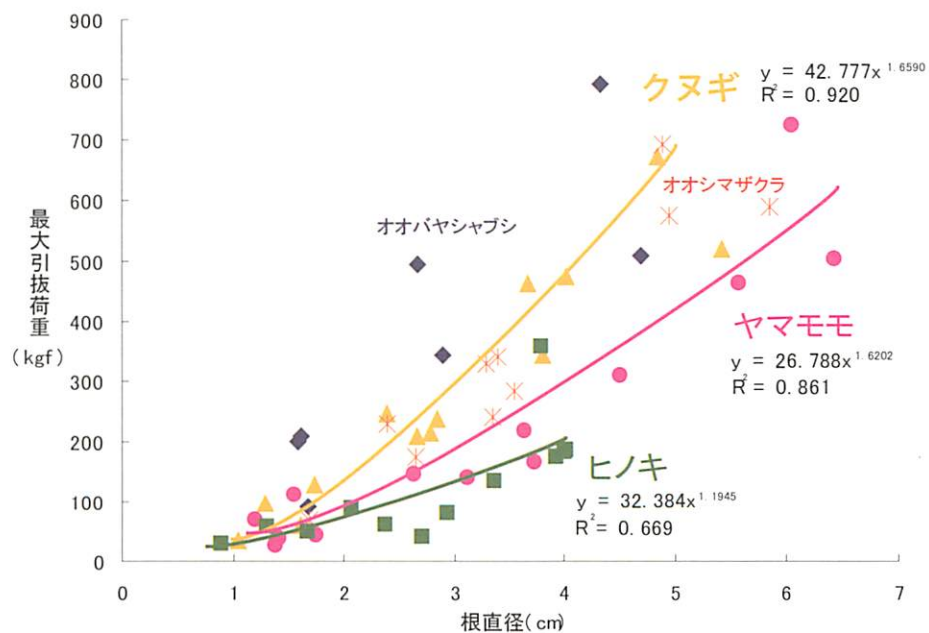


図2 根直径と最大引抜荷重の関係
※クヌギ・ヤマモモ・ヒノキ各2本分を解析対象、その他は参考値

最近の研究成果 (平成19年度)

平成20年 3 月31日 印刷

平成20年 3 月31日 発行

広島県立林業技術センター

広島県三次市十日市町168-1

TEL : 0824-63-7101

FAX : 0824-63-7103