

最近の研究成果

2006



平成19年 3 月

広島県立林業技術センター

(表紙写真)

- 上 2 残 2 伐の強度列状間伐を実施して7年間経過したヒノキ林
- 左 マツノマダラカミキリの競争種であるカラフトヒゲナガカミキリ
- 右 バンドリングマシンを組み込んだ木材生産システム実証試験
- 下 スギ・ベイマツ異樹種集成材梁とベイマツ集成柱の接合部せん断試験

目 次

1	長伐期施業における列状間伐後の生育と天然更新の実態	1
2	列状間伐による新木材生産システム	3
3	林地残材の圧縮・結束による減容化	5
4	林内で1 m精度のGPS測位を目指す	7
5	無人機を使った八幡湿原の空撮調査	9
6	競争種を利用したマツ材線虫病拡大阻止技術の開発	11
7	樹脂含浸による木材接合部の強度向上とその利用	13

長伐期施業における列状間伐後の生育と天然更新の実態

1 目 的

現在、スギ・ヒノキ人工林は伐採の時期に達しつつありますが、材価の低迷、労働力不足等林業を取り巻く情勢の変化から、伐期80年以上の長伐期施業の導入が進められています。しかし、長伐期施業は適期の段階的な多間伐による密度調整が前提であり、間伐手遅れ林の取扱いが課題となっています。そこで、県内に多い間伐手遅れ林分を対象に強度列状間伐による密度調整を行い、これら間伐手遅れ林分の長伐期施業移行への可能性について検討しました。

2 内 容

- (1) 樹種・林齢：ヒノキ42年生の無間伐林分 (2) 場所：庄原市西城町小鳥原
(3) 間伐時期：平成11年9月 (4) 間伐方法：列状間伐（1残3伐，2残2伐，無間伐）

3 結 果

- (1) 壮齡林（42年生）の列状間伐後7年間の成長

1残3伐区25%増，2残2伐区15%増，無間伐区9%増であるなど間伐率に応じて増加し，列状間伐であっても通常の間伐と同様の密度効果がみられました（図1）。また，その成長の回復は，間伐後2～3年後から顕著になっていました。

- (2) 偏平成長

列状間伐区の水平方向と斜面方向の直径成長について調査した結果，偏平成長はみられませんでした（図2）。

- (3) 気象害等の危険性

ア 立ち枯れ被害

間伐後2年目の13年度において，1残3伐区7.6%，2残2伐区1.5%，無間伐区1.4%であり，1残3伐区の超強度間伐区に多くの枯損がみられました（図3）。なお，この立ち枯れは平成14年度以降にはほとんどみられませんでした。

イ 風雪害被害（先折れ，曲がりなど）

1残3伐区32%，2残2伐区15%，無間伐区16%であり（図4），1残3伐区の超強度間伐区に多くの被害がみられました。なお，立ち枯れ，風雪害等を加えた全体の被害率は，1残3伐区32%，2残2伐区15%，無間伐区23%でした。

- (4) 天然更新稚樹の成長

平成13年度と17年度に種子の豊作年があり，7年間総計で約7,000万粒/haの種子が落下したものと推察されました。この種子から発芽し50cmを超えるまで成長した稚樹は，列状間伐区では平均約8,000本/haであり，天然更新による後継樹育成が可能であることが示唆されました（図5）。しかし，稚樹の分布は局所地形によって偏在していました。また，無間伐区における稚樹の生存はほとんどみられませんでした。

4 活用の方向

1残3伐（75%）や2残2伐（50%）などの強度間伐は，直径成長を促進させる効果がある反面，立ち枯れや気象害の危険性を高めるため，壮齡無間伐林の間伐率は，50%以内に抑える必要があることが分かりました。また，後継樹の育成は天然更新が可能であるが，人工補正を加えることも必要と考えられました。これらのことから，樹齢40年程度の間伐手遅れ林分の強度列状間伐は，長伐期施業移行の一手段になり得ると考えられるので，今後はこれらの知見を「長伐期施業技術体系」構築に応用します。

キーワード：長伐期，列状間伐，気象害，天然更新

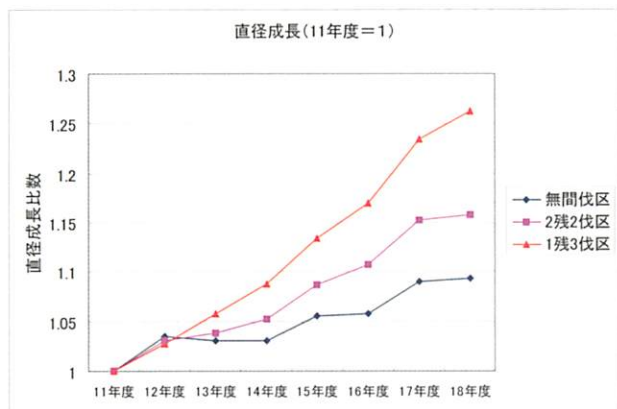


図1 直径成長率の経年変化

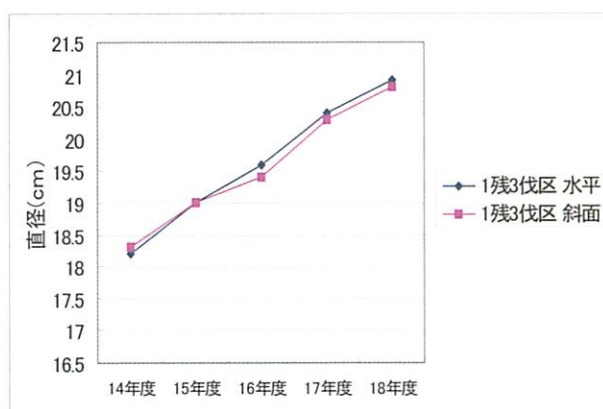


図2 列状間伐後の水平方向と斜面方向の直径成長量変化

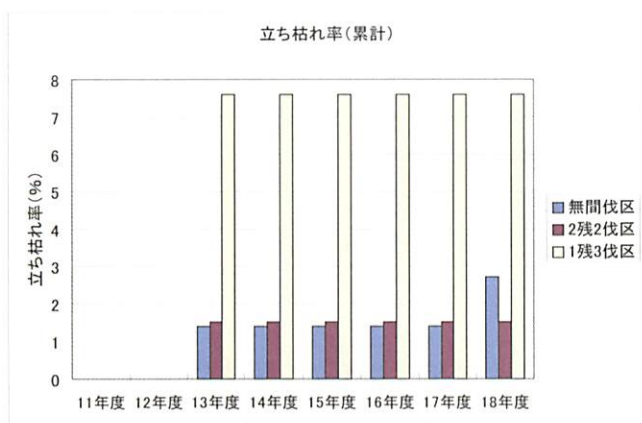


図3 列状間伐による立ち枯れ被害率（累計）

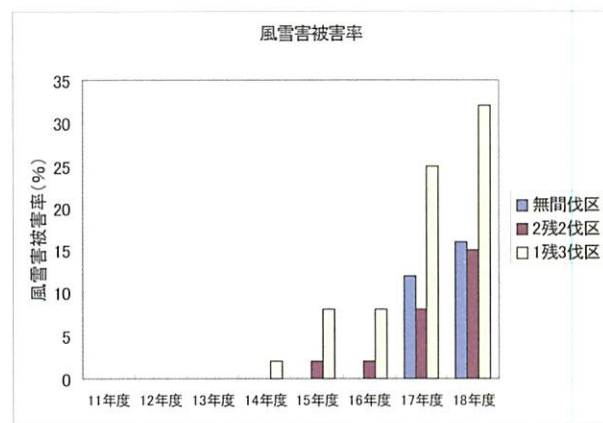


図4 列状間伐による気象害被害率累計（先折れ等折損、曲がり、など）

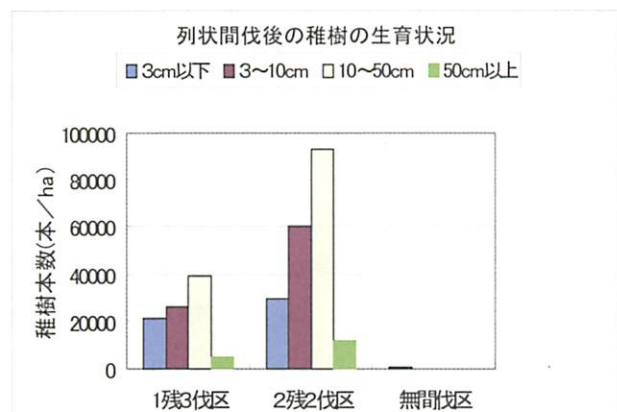


図5 列状間伐後の天然性稚樹の生育状況



写真 2残2伐の列状間伐区

壮齡林の列状間伐による直径成長は間伐率が強いほど増加するが超強度間伐は立ち枯れや気象害の被害に遭いやすい。間伐率は少なくとも50%以下に抑えて長期多間伐施業が望まれる。また後継樹は天然更新も期待できる

列状間伐による新木材生産システム

1 目 的

近年「林地残材の利活用」がバイオマスの利活用の一環として注目されています。しかし、収集・運搬コストに課題があるため、その対策として、従来の木材生産システムに新たに改良された林地残材圧縮結束機械（バンドリングマシン）を加えることによる、林地残材の減容化とコスト低減が提言されています。

そこで、従来の素材生産工程にバンドリングマシンを組み込んだ現地実証試験を実施し、素材と林地残材の同時生産の成否を検討しました。

2 内 容

素材生産と林地残材生産の同時生産によって、本来の素材生産の作業効率に支障が生じないかどうか、特に作業所要時間（サイクルタイム）の点から作業システム全体を検討しました。

- (1) 試験地の林況：スギ38年生，0.43ha，742本/ha，615m³/ha
- (2) 間伐方式：2 残 1 伐の列状間伐（本数間伐率37.3%）
- (3) 伐木作業：チェーンソーによる伐倒のみ
- (4) 木寄せ・集材作業：スイングヤードによる上げ荷の全木集材
- (5) 造材・投入作業：ハーベスタによる枝払い・玉切りと残材投入
- (6) 成形処理作業：バンドリングマシンによる残材（枝条）の圧縮・結束

3 結 果

(1) サイクルタイム

作業工程別（機械別）にサイクルタイムを観測した結果（サイクル数は合計379サイクル），その平均時間は，伐木作業（チェーンソー）が5分13秒，全木集材作業（スイングヤード）が4分27秒，造材作業（ハーベスタ）は，通常の枝払い・玉切り作業のみの場合4分03秒，残材投入作業を伴う場合4分57秒（投入時間は35秒）でした。

(2) 素材生産と林地残材生産の同時性

造材作業の集材待ち時間（ハーベスタ稼働の余裕時間）は1サイクル当り30秒程度ありました。今回この余裕時間において残材を投入したところ，残材のほぼ全量を処理できたことから，素材生産にバンドリングマシンを組み込んだ場合においても，素材生産効率にはほとんど支障がなく，同時生産は十分可能であることが分かりました。

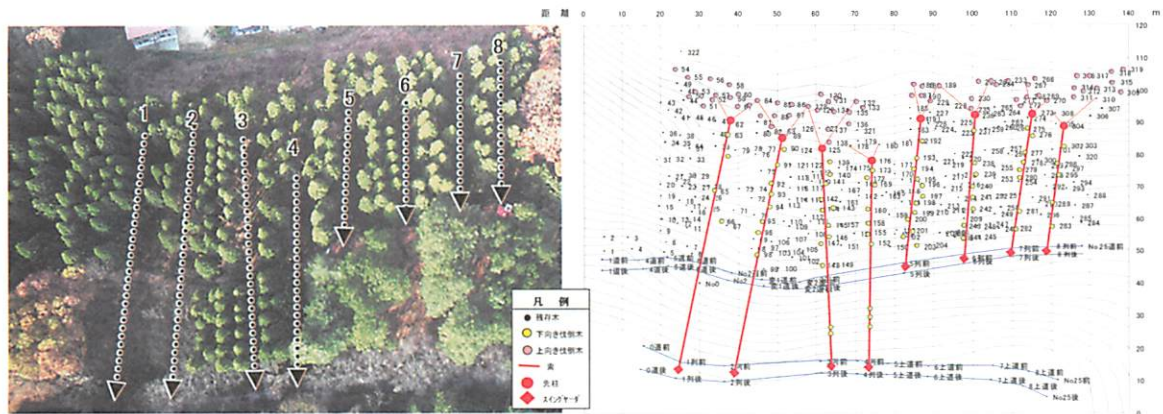
(3) 生産性

今回の試験地から搬出された出材材積と成形処理後のバンドル重量から1時間当たりの生産性を作業工程別に算定した結果，素材生産では，伐木作業が10.43m³/h，集材作業が12.23m³/h，造材（残材投入含む）作業が11.75m³/hとなりました。また林地残材生産の成形処理作業では，長さ30m，重さ1.16 tとなりました。

4 活用の方向

列状間伐全木集材現場における末木・枝葉等の林地残材は，これまで切り捨てられ放置されてきましたが，今回の現地実証試験によって，素材生産と同時生産できることが明らかとなり，今後，林地残材有効利用の可能性が高まりました。このことは近い将来，林地残材のエネルギー利用の道を拓くとともに，間伐等の森林整備促進にも有効であると考えます。

キーワード：列状間伐，全木集材，林地残材，減容化

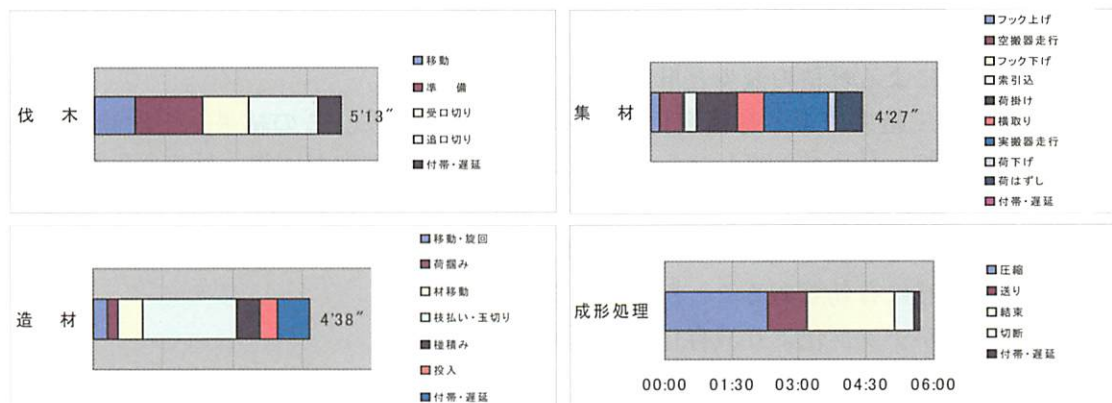


写真－１ 森林資源収穫システム調査地

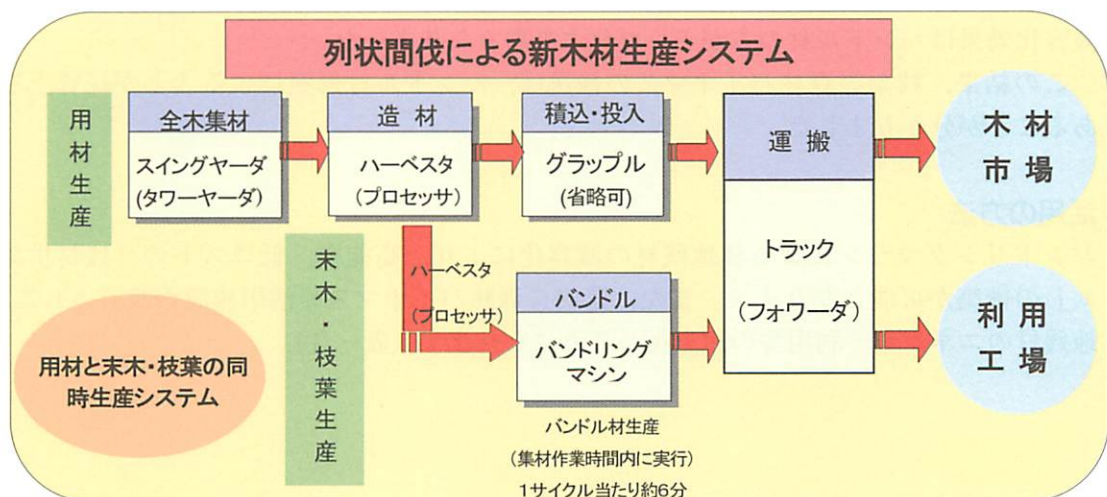
図－２ 調査地の模式図

表－１ 作業種別の使用林業機械

作業種	機 種	型 式 (上段：ベースマシン, 下段：作業機)	主要な仕様
伐 木	チェーンソー	ハスクバーナ 2 台, スチール	45cc, 35cc
木寄・集材	スイングヤード	日立ZAXISH120 イワフジ TW-302A	バケット容量: 0.5 ^m HAL250m, HBL440m
造材・投入	ハーベスタ	住友SH125X-3 ケスラーPATU560SH	バケット容量: 0.5 ^m 材送り: ストローク方式
成形処理	バンドリングマシン	三菱S4S-DT 中外テクノス BM-501	3331cc, 74ps/2,500rpm バンドル化能力 :30m/hr
小運搬	林内作業車	及川RM-8WD	1499cc, 33.5ps/3,000rpm
積込・運材	積載形トラッククレーン	マエダクレーン (2.93t吊り)	最大積載量 3,150kgf



図－２ 作業工程別サイクルタイム



図－３ 素材・残材の同時生産可能な作業システム

[林 業 生 産 部]

林地残材の圧縮・結束による減容化

1 目 的

樹木の枝葉等の森林バイオマスを低コストで効率的に運搬・供給するには、かさ張る枝葉等を圧縮・結束し、バイオマス資源の容積を減少させる必要があります。そこで、枝葉等の圧縮・結束機械（バンドリングマシン）を開発中の中外テクノス(株)の受託研究として、バンドリングマシンによる林地残材(末木枝条)の減容化について検討しました。

2 内 容

(1) 枝葉の圧縮・結束による減容化

鉄籠（1.2m×1.2m×1.0m）を満杯にした枝葉（枝葉のかさ容積1.44m³）をバンドリングマシンで圧縮・結束し、バンドル材の容積、重量を測定しました。

(2) バンドル材とチップの減容化比較

スギ林（38年生）において全木集材による列状間伐を実施し、この作業行程のなかでハーベスタによる造材作業時、造材によって発生した末木枝条をバンドリングマシンに投入しました。この処理によって圧縮・結束されたバンドル材の容積、重量、含水率を測定するとともに、バンドル材3本を移動式チップパーでチップ化し、バンドル材とチップのかさ密度を比較しました。

3 結 果

(1) バンドル化による容積の減少と単位重量の増加

枝葉の圧縮・結束による容積変化は表－1のとおりです。この結果、平均減容化率は69％になり、圧縮・結束前0.07トン/m³であった枝葉のかさ密度が圧縮・結束後0.23トン/m³に圧縮されました。

この結果、かさ張る枝葉のバンドル化は、単位当たり輸送量の増加につながり、残材輸送コストの低減に有効であることが分かりました。

(2) バンドル材がチップ化より減容化効果が大きい

末木枝条の連続バンドル試験結果は表－2のとおりです。バンドル材の平均かさ密度は0.30トン/m³（標準偏差0.07，変動係数0.22）になりました。また、平均かさ密度0.32トン/m³のバンドル材を移動式チップパーでチップ化した後のチップかさ密度は0.25トン/m³であり、減容化効果はバンドル材の方がチップ化より高くなりました。

この結果、枝葉等森林バイオマスの輸送は、バンドル材形態によることが採算上有利であることが分かりました。

4 活用の方法

バンドリングマシンによる林地残材の減容化により、高能率、低コストの「残材供給システム」の構築が可能となります。また、県内に森林バイオマス等活用施設が設置された場合、林地残材のエネルギー利用等の途を拓くことになります（表－3）。



枝葉のバンドル材

表ー１ 枝葉の圧縮・結束による容積変化

区 分	圧縮・結束前容積	圧縮・結束後容積	減容化率
1 回目	1.440m ³	0.538m ³	62.6%
2 回目	1.440m ³	0.366m ³	74.6%
3 回目	1.440m ³	0.400m ³	72.2%
4 回目	1.440m ³	0.503m ³	65.1%
合 計	5.760m ³	1.807m ³	68.6%



バンドリングマシンによる連続バンドル作業

圧縮・結束
→



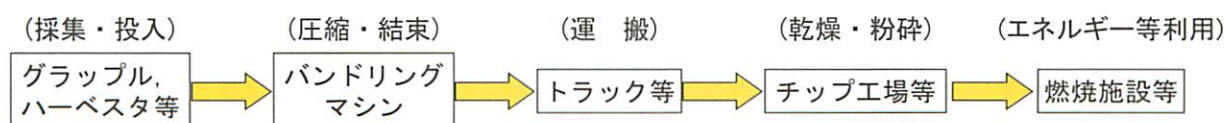
山積みされたバンドル材

表ー２ 連続バンドル作業実証試験結果

区 分	平 均	標準偏差	変動係数	最 大	最 小
形 状	直径 (m)	0.40	0.07	0.18	0.53
	長さ (m)	2.78	0.63	0.23	4.50
体 積 (m ³)	0.37	0.16	0.42	0.79	0.11
生重量 (kg)	110	44	0.40	204	16
密度(生重トン/m ³)	0.30	0.07	0.22	0.47	0.21

注) バンドル材34本の測定結果

表ー３ バンドル作業を組み入れた残材供給システム



[資 源 利 用 部]

林内で1m精度のGPS測位を目指す

1 目的

森林の測量は、これまで主にコンパス測量によって行われてきました。コンパス測量は傾斜地に適した測量ですが、位置情報は得られないので、測量結果である図形を他の地図上に正確に示すことは困難です。このためGPSを使って現地の緯度、経度も測定する試みが行われていますが、森林でのGPS測量は今のところ、あまり普及していません。これは衛星の電波が木によって遮られる林内ではGPSの測位精度が低くなるためです。この問題を解決し、林内でGPSの精度を上げる方法にDGPS（ディファレンシャルGPS）技術があり、これまでにリアルタイム方式と後処理方式が開発されています。

リアルタイム方式は海上保安庁が整備しましたが（図-1）、船舶用途のため内陸部では利用不能なエリアが広く存在します。一方、後処理方式は後発のためリアルタイム方式ほどには普及していませんが、リアルタイムよりも測位精度が高く、全国どこでも利用可能です（図-2）。後処理DGPS方式の林内測位試験を行って、測位精度を検証しました。

2 内容

試験地は林業技術センター北側のスギ林に設定し、DGPS受信機はタレス社のモバイルマッパーを使用しました（図-3）。このスギ林は二残一伐の列状間伐を行っており（図-4）、林内に8個の測点を設定しました。後処理方式では、アンテナを数10分程度動かさずに測位する必要があるため、三脚を使って林内の地上高2mの高さに外部アンテナを固定しました（図-5）。またGPS測位精度の検証のため、コンパス測量も行いました。コンパス測量は精度確保のため2回行い、その平均を真値としてGPS測量の誤差を求めました。GPS測量は衛星の配置や気象条件の影響を強く受けるため、測位は日を変えて3回行いました。

さらにコンパス測量では緯度、経度の測定はできないため、DGPS測量の結果を世界測地系（測量成果2000）の4系に変換し（単位m）、コンパス測量のXYデータの中心と、DGPS測量のXYデータの中心を合わせ、互いの比較ができるようにしました。

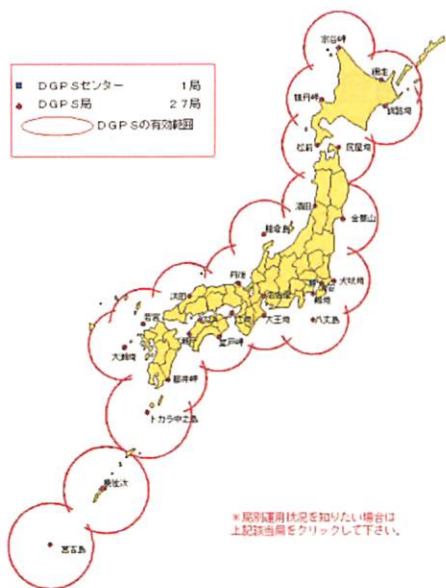
3 結果

DGPS測量で行った8測点の3回分、合計24個のデータについて、コンパス測量との差を求めたところ、誤差の最大値は2.38m、最小値は0.24m、平均値は1.40mでした（図-6）。GPS測量は衛星配置や気象条件などの影響を大きく受けるため、3回分のデータを平均したところ、誤差の最大値は97cm、最小値は0cm、平均値は57cmでした（図-7）。日を変えて取得した3回分のデータを平均すると、DGPSの測位精度は林内で実用的な精度と考えられる誤差1m以下に向上しました。しかし1箇所の現場を3日間かけて測量する事は現実的ではないため、測定時間を20分に延長したところ、誤差の最大値は1.72m、最小値は0.24m、平均値は0.96mでした。この測位精度は3回の平均にはおよびませんでした。計測時間の延長により若干の精度向上がみとめられました。（表-1）

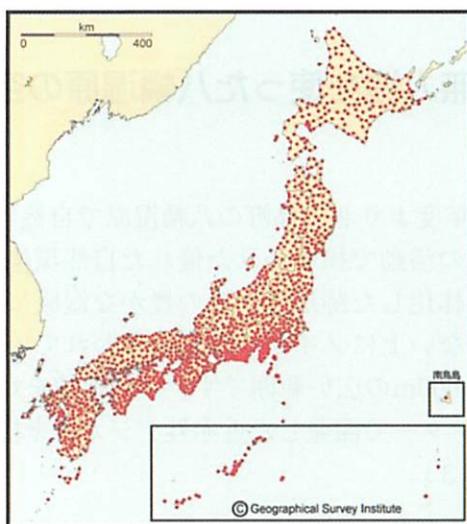
4 活用の方向

DGPS測量を使って一度、現地の正確な緯度、経度を測っておけば、その後は誤差10m程度のレジャー用途の安価な受信機で、その現場に必ず行く事ができるようになり、森林組合による長期施業管理委託なども円滑に行えます。またDGPS測量を使えば、風倒などの災害発生時にも被災箇所の位置や面積を早く正確に求められるため、被害の把握や復旧にも活用が可能です。こうして得られた位置情報は、そのままGISデータとして活用が可能なため、多くの現場での活用が期待されます。

キーワード：林内、測量、精度、後処理、DGPS



(図-1) リアルタイムDGPS基準局
海上保安庁のホームページから引用



(図-2) 後処理DGPS基準局
国土地理院のホームページから引用



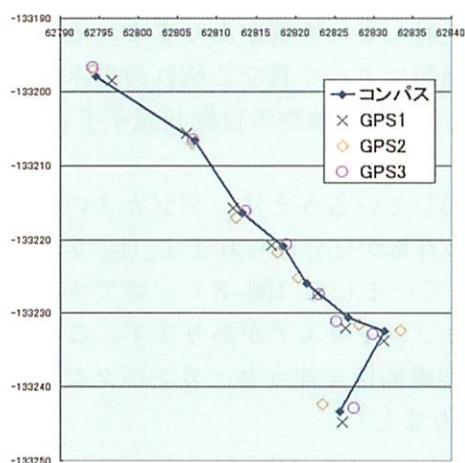
(図-3) DGPS受信機



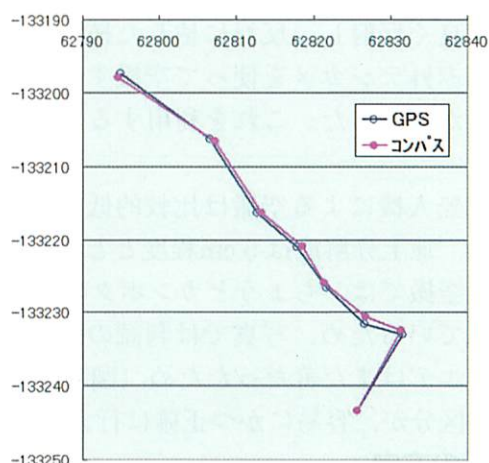
(図-4) 試験場所の列状間伐スギ林



(図-5) アンテナの設置



(図-6) GPS 3回とコンパスの比較



(図-6) GPS平均とコンパスの比較

(表-1) GPS平均とコンパスの誤差の比較 (単位 m)

	最大値	最小値	平均値
10分間	2.38	0.24	1.40
3回平均	0.97	0.00	0.58
20分間	1.72	0.24	0.96

[森林環境部]

無人機を使った八幡湿原の空撮調査

1 目 的

広島県では、平成15年度より北広島町の八幡湿原で自然再生事業を行っています（図-1）。自然再生事業は、人間の活動で損なわれた優れた自然環境の再生を行うもので、八幡湿原では牧場事業終了後に森林化した跡地を、元の豊かな湿原に戻す取り組みを行っています。現場内部に踏み込む道がない上にノイバラなどに覆われていて調査が大変に難しい、さしわたし南北約900m、東西約600mの広い範囲です。この地域を対象に、東京大学が開発中の無人機（図-2）に林業技術センターで開発した近赤外デジカメを搭載して、上空から現場全域の植生調査を行いました（図-3）。

2 内 容

調査に使用した無人機は、マイコンとGPSを使ってあらかじめ決められたコースに沿って自動飛行するもので、翼長は約1.5m、重さは約2kgの電動機です。飛行中の無人機は無線LANで地上局と結ばれており、無人機の位置や速度などをリアルタイムに地上局で監視しています。飛行コースの変更指示も随時可能です。飛行高度は対地高度約150mに設定し、搭載したデジカメの画素数は500万画素です。飛行可能時間は10分以上で、現場上空を3周程度飛行する事ができます。無人機は充電電池で飛行するため運行経費はほとんど無視できるレベルで、植生の季節変化に合わせて頻繁に観測が行えます。搭載した近赤外デジカメは、地球観測衛星と同等の普通カラー画像（図-4）と近赤外（図-5）の計4チャンネル分の画像データを取得するもので、これにより植生の有無やバイオマス量の推定に使われるNDVI（正規化植生指標）が作成できます。実体視の可能なステレオペアの取得も可能で、写真測量ソフトを使えば歪みのないオルソ画像の作成も行えます。

3 結 果

無人機による空撮を、2005年9月14日（秋期）と2006年6月5日（初夏）に行いました。

秋期の空撮では、赤外デジカメの性能が発揮できる事がわかりました。近赤外は健全な植物には良く反射し、反対に枯れた植物にはあまり反射しない性質があります。そのため紅葉時期に赤外デジカメを使って空撮すると、植物の種類によって異なる枯れの進み方の違いが良くわかりました。これを利用すると、NDVI画像を使って地物の自動判読ができます（図-6）。

また無人機による空撮は比較的低い高度から撮影しているうえに、デジカメの解像度も高いため、地上分解能は5cm程度ととても高く、花の有無が見分けられます（図-7）。初夏に行った空撮では、ちょうどカンボクの花期にあたっていました（図-8）。さてカンボクに樹形が似ているため、写真では判読の難しいものにカラコギカエデがあります。この時、カラコギカエデはまだ蕾だったため（図-9）、初夏の空撮画像を使うと、カンボクとカラコギカエデの区分が、容易にかつ正確に行えることがわかりました。

4 活用の方向

自然再生事業では事業の前後で調査を行い、事業効果の検証を行うことが必要です。この調査の一部に東京大学と共同で当所が開発中の簡易空撮技術を適用して空撮し、写真判読を行いました。このように当所がもつ森林調査技術を森林以外の調査にも活用し、その結果得られた新たな成果も反映させながら技術開発を続けます。

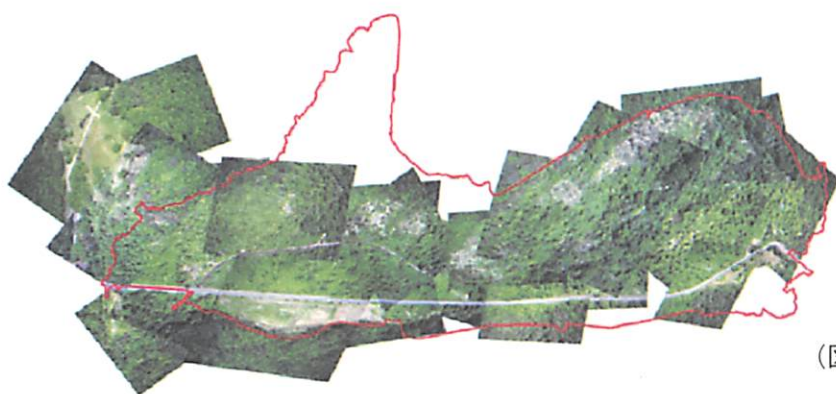
キーワード：湿原，無人機，空撮，近赤外，デジカメ



(図-1) 八幡湿原の位置図



(図-2) 空撮に使用した無人機



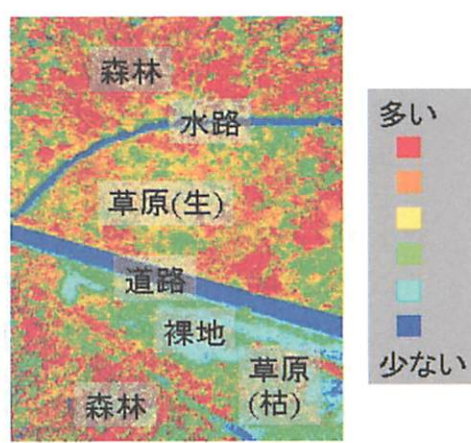
(図-3) 八幡湿原の空撮画像



(図-4) 普通カラー画像



(図-5) 近赤外カラー画像



(図-6) NDVI画像の分類結果



(図-7) カンボクの花



(図-8) カンボク



(図-9) カラコギカエデ

[森 林 環 境 部]

競争種を利用したマツ材線虫病拡大阻止技術の開発

1 目 的

マツノザイセンチュウ（マツ材線虫病の病原体：以下ザイセンと省略）とマツノマダラカミキリ（マツ材線虫病の主要な媒介昆虫：以下マダラと省略）の競争種であるニセマツノザイセンチュウ（以下ニセマツと省略）とカラフトヒゲナガカミキリ（以下カラフトと省略）が分布している広島県北部では、マツ材線虫病の拡大が阻害されることが当センターの調査から示唆されていました（図1）。そこで、競争種によるマツ材線虫病拡大阻害機構を解明し、その機構を応用したマツ材線虫病の拡大阻止技術を確立することを目標として研究を行いました。

2 内 容

保持線虫数はマツ材線虫病の拡大に関して重要な要因の一つであることから、線虫を人為的に媒介昆虫（マダラ）に乗り移らせる方法（人工蛹室）（図2）を用いてニセマツが媒介昆虫の保持線虫数に及ぼす影響を調べました。

また、広島県北部における2種媒介昆虫の脱出時期と保持線虫数を調べるとともに、マツ林において競争種によるマツ材線虫病拡大阻害機構を発揮させる方法を検討しました。

3 結 果

2種線虫の混在する丸太から脱出したマダラ成虫の保持線虫数はザイセンのみの丸太から脱出した場合よりも有意に少ないことが示され（図3）、ニセマツにより媒介昆虫へのザイセンの乗り移りが阻害されることが示されました。この実験によって競争種によるマツ材線虫病拡大阻害機構の一部が実験室内で確認され、本技術の有用性が確認されました。

また、広島県北部ではマダラよりも、その競争種であるカラフトの脱出が約1ヶ月早く、ニセマツは後者によって媒介されることが明らかになりました。これらの事実から、競争種によるマツ材線虫病拡大阻害機構をマツ林で発揮させるには、競争種が高密度で生息していることが必須条件であることが分かりました。2種の競争種が分布する広島県北東部のマツ林において、5月中旬から6月下旬にかけて健全木50本あたり1－2本の割合で劣勢木の間伐を行うことにより競争種にとって好適な資源が供給され、カラフトの産卵およびニセマツの伝播が促されます（図4）。翌年、これらの間伐木からニセマツを保持したカラフト成虫が脱出することで競争種の林内密度が上昇し、マツ材線虫病の拡大阻止に有効であることが分かりました。

4 活用の方向

このマツ材線虫病拡大阻止技術をマニュアルとしてとりまとめ、森林環境づくり支援センターへ提供するとともに、研修会や講習会を通じて技術移転等と普及に努めます。

キーワード：種間競争，ニセマツノザイセンチュウ，マツノザイセンチュウ，カラフトヒゲナガカミキリ，マツノマダラカミキリ

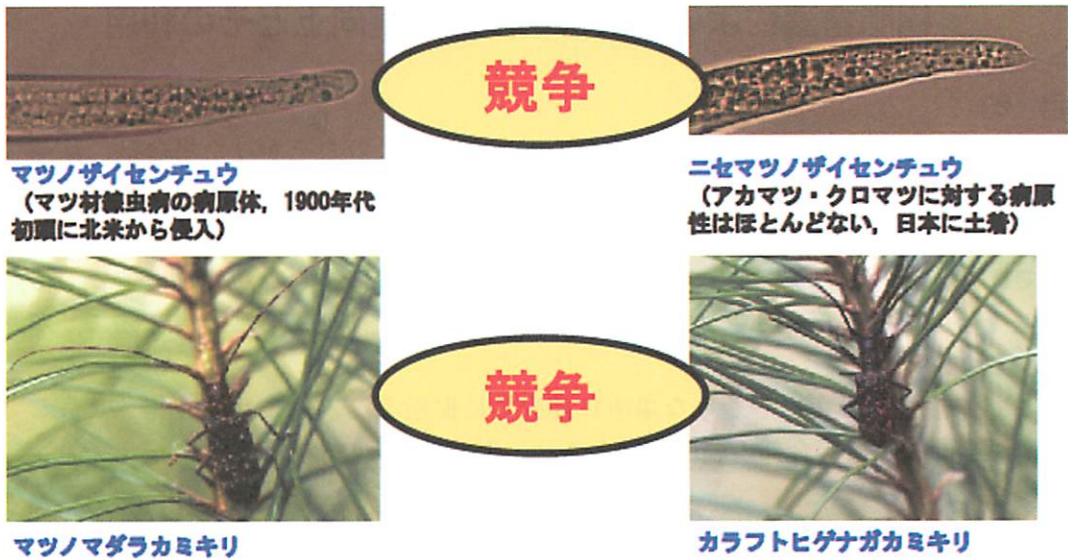


図1 広島県北部に存在する2種線虫および2種媒介昆虫の競争関係

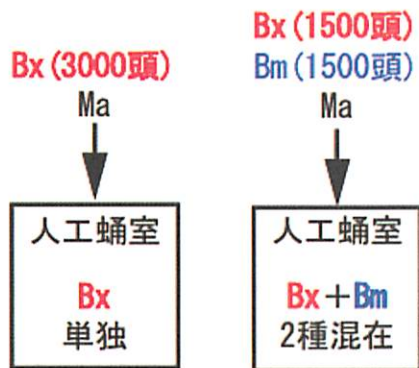


図2 実験の模式図

図中のBx、BmおよびMaはそれぞれマツノザイセンチュウ、ニセマツノザイセンチュウおよびマツノマダラカミキリ幼虫を示す。

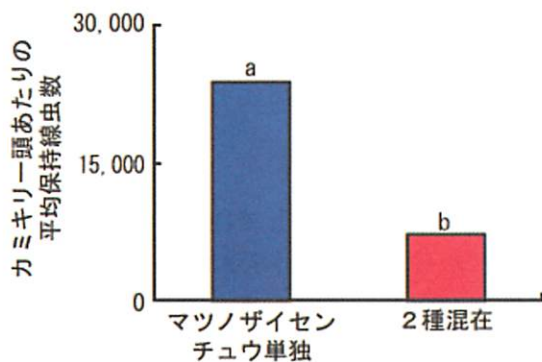


図3 ニセマツノザイセンチュウがマツノマダラカミキリの保持線虫数に及ぼす影響
異なるアルファベットにはt-検定によって有意差があることを示す。

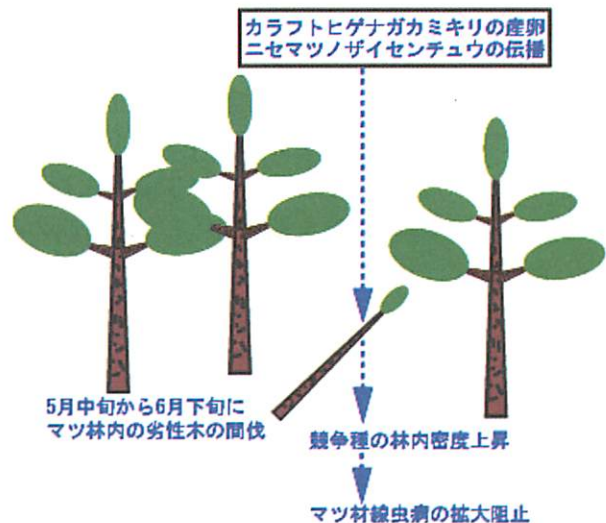


図4 競争種の林内密度上昇を促す施業方法の模式図

樹脂含浸による木材接合部の強度向上とその利用

1 目 的

木材は梁や桁など曲げの力、また筋交いのように引張の力をかけた場合は、除荷すると変形は元に戻ります。ところが、縦圧縮や横圧縮（めり込み）方向に力がかかった場合、粘り強いのですが、つぶれたままで元の形には戻りません。日本の木造建築に多く見られる軸組工法では、土台や柱、梁や柱など接合部は、木材を直角に組み合わせる構造であるため、大地震や風台風で振動が繰り返された場合、圧縮により木材が変形して接合部に「がたつき」が生じます。

そこで、接合部の変形しそうな場所に部分的に樹脂を浸み込ませて硬化させることによって、変形を抑制し、接合部の強度を向上させて耐震性能を高める研究をしました。

2 内 容

- (1) 浸み込ませる樹脂の性能を調べるため、写真1のようにJISの割裂抵抗試験を行いました。
- (2) ヒノキ土台・スギ柱接合部（ホゾ・込栓仕様）において、写真2のように静的な引張試験を行いました。
- (3) スギ・ベイマツ異樹種集成材梁とベイマツ集成柱の金物接合部において、写真3のように上から荷重をかけてせん断試験を行いました。
- (4) スギ梁とベイマツ集成柱の本部接合において、(3)と同様にせん断試験を行いました。

3 結 果

- (1) 硬化時間の遅い α シアノアクリレート系樹脂が、滴下して浸み込ませる簡易な方法で、効率良く、また強度も1.4倍に増加することが分かりました（図1参照）。
- (2) ホゾ穴、ホゾ面、込栓の3箇所に樹脂を滴下した接合部が、滴下していない接合部に比べて、平均値で最大荷重が1.3倍、初期の引き抜け抵抗力で2.2倍でした。また、ホゾ穴のみ滴下しただけでも初期抵抗力が2.1倍になりました（図2参照）
- (3) 図3のように荷重が特に集中する箇所に樹脂を滴下した接合部は、初期の変形抵抗力が何も処理していない接合部に比べて、平均値で1.6倍、粘りのエネルギー（図の荷重－変形曲線で囲まれた右下部分の面積）は1.2倍でした（図5参照）。
- (4) 図4のように樹脂を滴下した接合部は、初期の変形抵抗力が2.2倍、粘りのエネルギーは1.3倍でした（図6参照）。

4 活用の方向

スギのように材質が柔らかい樹種に対して、樹脂を浸み込ませることで圧縮やめり込みの抵抗力を増加させることが可能となりました。このことから、新築の木造軸組住宅ではこの方法により揺れの繰り返しに対して強くなり、耐震性能が向上します。また、数十年経過した既存木造住宅でも、接合部を強固にして耐震補強を行うことができますようになります。



写真1
JIS割裂抵抗試験

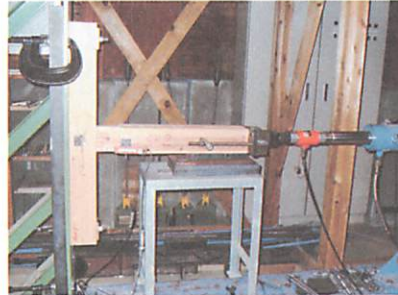


写真2 土台・柱引張試験



写真3 柱・梁せん断試験

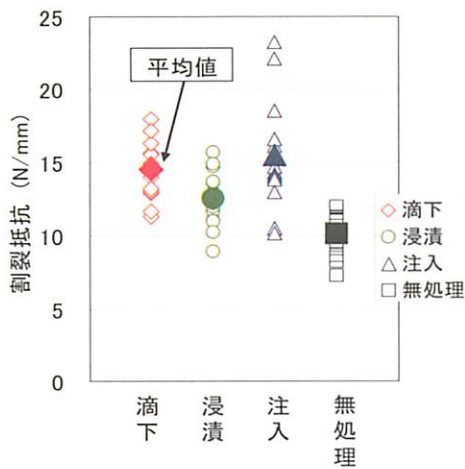


図1 αシアノアクリレート系樹脂の割裂抵抗

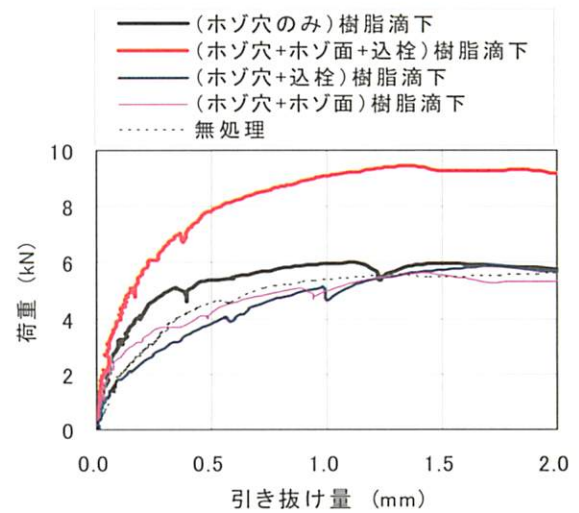


図2 引張荷重と引き抜き量

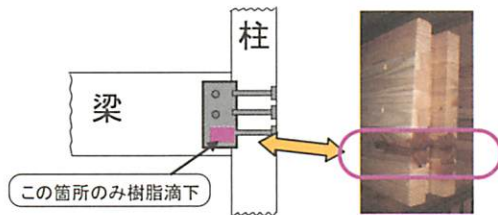


図3 異樹種集成材梁樹脂滴下位置

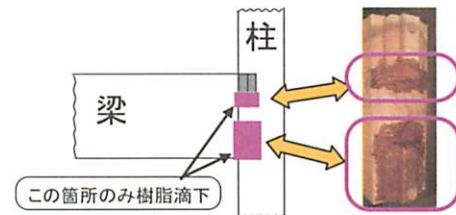


図4 スギ梁樹脂滴下位置

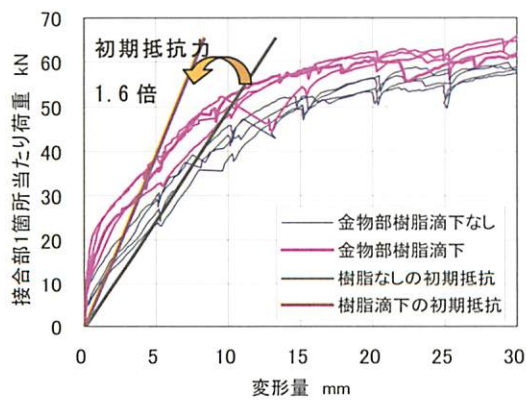


図5 異樹種集成材金物接合部せん断強さの比較

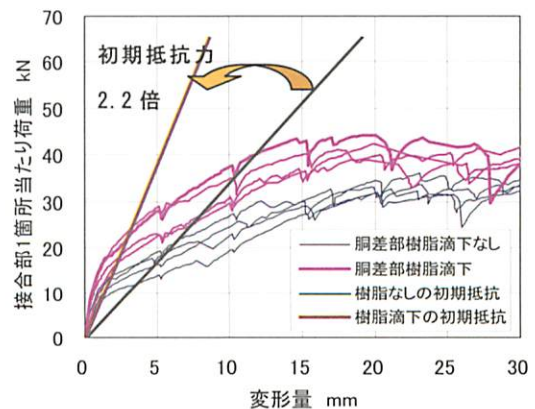


図6 スギ2段胴差接合部せん断強さの比較

[資源利用部]

最近の研究成果 (平成18年度)

平成19年 3 月31日 印刷

平成19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

