

追跡評価報告書フォーム

番 号	22-追跡-027		報告年度	平成22年度		
研究課題名	長伐期施業林への効率的誘導技術の確立					
研究機関	林業技術センター（林業生産部）					
研究期間	平成14年度～18年度（5カ年）					
連携機関						
研究経費	【研究費】		【人件費】		【合計】	
	6,510千円		40,705千円		47,215千円	
これまでの 評価結果		実施年度	県民ニーズ	技術的達成度	事業効果	総合点
	事前評価	-	-	-	-	-
	中間評価	H15	3.7	3.0	3.0	(継続)
	中間評価	H17	3.7	3.9	3.3	(継続)
	事後評価	H19	4.3	3.3	3.7	3.8
研究概要	<p>県内で希少なスギ、ヒノキ高齢林の林分構造と成長経過を調査し、一般的なスギ、ヒノキ林との差異を明らかにして、高齢林にも適応可能な林分成長モデルを作成し、伐採時期を長期延伸しようとする森林所有者等の判断を助ける施業指針の形で望ましい林分の取り扱い例を示す。</p>					

1. 研究成果

(1) 林分成長モデルの作成

県内のスギ林 245 か所, ヒノキ林 251 か所の現地調査データを解析して, 高齢林にも適用できる林分成長式を求めた。また, 樹幹解析を行って, 樹高成長, 本数密度と直径を関連づけた林分成長モデル^{※1}を作成した。

(2) 長伐期施業林における密度管理技術の体系化 (林齢 150 年生までの密度管理の指針)

林分成長モデルにより長伐期施業林における密度管理体系^{※2}を作成した。密度管理体系は「長伐期施業暫定指針・追補」として林業普及組織から平成 19 年 3 月に発行された。

(3) 長伐期施業林誘導指針の作成 (列状間伐による長伐期施業林への誘導指針)

試験地調査結果から間伐手遅れ林分^{※3}を間伐率 50%以下の列状間伐^{※4}により木材生産を行いながら長伐期施業林^{※5}へ誘導できることが示唆されたため, この事例を指針として「機能増進保育における長伐期施業に対応した列状間伐実施方針」を平成 19 年 9 月に作成した。

(4) 低コスト天然更新技術の開発

列状間伐地における間伐後の落下種子量調査, 稚樹の発生・生育調査から本県においてもヒノキ林近傍では天然更新^{※6}による後継樹育成が可能であることが示唆された。

※1 林分成長モデル

成長モデルとは林木 (単木) の時間軸上の変化を数学的モデルで表したもので, 成長を表現するために成長曲線式が使われる。林木の成長現象を林分 (全体平均) レベルでとらえたのが林分成長モデルであり, 林分状態の時間軸上の変化を平均樹高, 平均胸高直径, ha あたり立木本数, ha あたり胸高断面積合計, ha あたり蓄積などの指標で表現している。林分の単純な将来予測のみならず間伐等の手入れによる成長促進効果の予測シミュレーション等にも用いられる。

※2 密度管理体系

生産目標に応じて密度の管理方法 (間伐の時期, 間伐本数, 間伐の繰り返し時期) を一連の体系として示したもので施業の指針となる。

※3 間伐手遅れ林分

適期に間伐が実施されなかったため, 林が混みすぎて木の幹が細く枝が枯れあがり生きた葉の量が少なくなった林で, 林内は光が差し込まないため, 暗く地表に植物がはえていない。

※4 列状間伐

植栽列や距離を基準に一定間隔ごとに伐採する列を設定してその列の木を全て直線的に伐採する間伐方法で作業効率がよい利点がある。2 残 1 伐 (33%), 3 残 1 伐 (25%) などの施業を行う。

※5 長伐期施業林

伐期を長期化して繰り返し間伐を行い, 高齢林を造成し価値の高い大径材生産を目標とする施業で, 通常の主伐林齢の 2 倍に相当する林齢を超える林齢で主伐を行う林である。主伐林齢が概ね 80 年生以上のスギ, ヒノキ林を考えればよい。(一般的には従来の伐期は 40~60 年程度)

※6 天然更新

自然の再生力により森林を育成すること, 本研究では, 本数率 50%以上の列状の間伐を実施したヒノキ林で, 結果的に明るくなった林内において周りのヒノキからの自然落下種子によるヒノキ林更新 (再生) の可能性を対象とした。

2. 開発技術の移転状況

(1) 研究開始当初の移転目標

(技術移転先)

県内民有スギ, ヒノキ林 139 千 ha, うち特に 41 年生以上 25 千 ha (H12) ^{※7}

- ・人工林を持つ山林保有世帯 13, 336 戸, 人工林を持つ会社等 426 事業体 (H12 現在, 山林が 3ha 未満の世帯, 10ha 未満の事業体を除いた事業体数)

※7 近年, 森林・林業を取り巻く社会的・経済的情勢の変化から, 概ね林齢 80 年以上で伐採収穫する長伐期施業林に対するニーズが高まった。しかし, もともと林齢 40~50 年で伐採収穫することを目的に造成された本県の人工林 (民有スギ, ヒノキ林 139 千 ha (H12)) について, 林齢 80 年生以上の長伐期施業林へ誘導するうえで, 間伐手遅れが気象害や成長の持続などの点で不安視された。特に林齢 41 年生以上の 25 千 ha のスギ, ヒノキ林 (H12) に対する対応が問題となっていた。

(2) 開発技術の移転方法と移転状況

① 林分成長モデルの作成，長伐期施業林における密度管理技術の体系化

県内民有スギ，ヒノキ林 139 千 ha，人工林を持つ山林保有世帯 13,336 戸，人工林を持つ会社等 426 事業体を対象に「長伐期施業暫定指針」を提供する方法で技術移転を行った。この指針は，広島県新農林水産業・農山漁村活性化行動計画における「低コスト林業団地」※8（H21 現在 49 千 ha）において長伐期施業の技術マニュアルとして活用され，41 年生以上の間伐が推進されてきている。

平成 19 年度～21 年度のスギ，ヒノキ林を対象とした間伐実施状況は表 1 のとおりである。

※8 低コスト林業団地

主要林業地域において，林業経営意欲の高い林家・森林組合等林業事業体を中心に設定された概ね 100ha 規模の団地。路網整備と高性能林業機械システムの導入などにより施業の集約化・効率化を図り，長伐期施業へ誘導しつつ計画的な木材生産が可能になるよう重点的に整備が行われる。

表 1 スギ，ヒノキ林の間伐実施状況（面積） (ha)

年 度	H19	H20	H21
全 体	4,790	5,726	5,673
うち 41 年生以上	1,081	1,300	1,413

(農林水産局農林整備部林業課による)

② 長伐期施業林誘導指針の作成（列状間伐による長伐期施業林への誘導指針）

県内民有スギ，ヒノキ林のうち，主に 41 年生以上で間伐手遅れ気味の林分を対象に技術の移転を行った。本研究の成果を用いて県では平成 19 年 9 月に「機能増進保育における長伐期施業に対応した列状間伐実施方針」（農林水産部農林整備局，森林環境づくり支援センター，総合技術研究所林業技術センター）を作成した。この実施方針を技術移転先に提供する方法で技術移転を行った。

さらに，実施方針が定まったことで平成 19 年 10 月から，従来は造林補助事業の対象外であった列状間伐が補助事業（事業主体：山林保有世帯，事業体など）として認められ，この技術は事業化された。なお，平成 19 年度後半からの補助事業による技術移転状況は表 2 のとおりである。

表 2 機能増進保育における列状間伐実績

年 度	H19	H20	H21
実施面積 (ha)	3.77	49.18	123.58
搬出材積 (m ³)	68	4,019	7,637

(農林水産局農林整備部林業課による)

③ 低コスト天然更新技術の開発

研究成果を事例としてヒノキ天然更新について林業技術センター研究発表会（H18 年度，H19 年度）及び林業技術センター発行の冊子「最近の研究成果」（平成 19 年 3 月）で天然更新の可能性について公表する方法で技術移転を行った。

(3) 移転目標の達成度

① 林分成長モデルの作成，長伐期施業林における密度管理技術の体系化

林分成長モデルを根拠に密度管理技術を体系化して「長伐期施業暫定指針」を作成した。施業技術マニュアルの形で技術移転先に移転でき，間伐事業の推進に貢献した。

②長伐期施業林誘導指針の作成（列状間伐による長伐期施業林への誘導指針）

列状間伐による長伐期施業林への誘導技術は、「機能増進保育における長伐期施業に対応した列状間伐実施方針」を作成し、望ましい林分の取り扱い例を施業指針の形で技術移転先に示した。さらに、新たに列状間伐が補助事業化したことで移転が進みつつある。

③低コスト天然更新技術の開発

低コスト天然更新技術については、強度列状間伐試験地での間伐7年後の稚樹の生育状況等調査結果の事例から、ヒノキの天然更新の可能性を示して公表した。このテーマは、長伐期林分へ移行する際の天然更新の可能性を検討することを目的としており、天然更新による後継樹育成が可能であることを示したことで当初の目的はほぼ達成したと考えられる。ただし、現場での実用化にまでは至っていない。

（4）上記の状況となった理由

①林分成長モデルの作成，長伐期施業林における密度管理技術の体系化

県林務行政が推進している「低コスト林業団地」の整備は、人工林を団地化して低コストで間伐材を生産しながら長伐期林に誘導しようとするものである。本研究は人工林を持つ山林保有世帯や事業体のニーズに加え、長伐期林に誘導するため行政側の技術的指針に対するニーズの高まりにも応えて、行政や普及機関と連携した取組ができたためと考えられる。

②長伐期施業林誘導指針の作成

（上記（4）-①と同じ）

③低コスト天然更新技術の開発

本県では、現在、長伐期施業林へ誘導するための間伐実施による密度調整が最優先されているため、この技術の移転が進んでいないと考えられる。

また、本研究では、天然更新の可能性は示すことができたが、一定の技術指針として示すためには長期間の観察や条件が異なる複数の林分試験などさらなる検討が必要となる。このことも技術移転が進まない一因であると考えられる。

しかし、持続可能な林業経営のため、後継樹の育成は必要である。今後、中長期的に間伐施業が繰り返し行われる中で、この研究成果の活用が期待できる。

（5）今後の移転計画

行政や林業普及機関と連携をとりながら研修会等の機会を通じて引き続き技術の有効性をPRしていく。また、平成22年度に事業実施されている森林林業再生プラン実証事業「100年の木」選定施業の効果検証とも連携をとり、長伐期化の進展に対応して指針を見直しながら技術移転に努める。

「低コスト天然更新の開発」については、将来的には「低コスト林業団地」を中心に後継樹育成が重要な課題となると考えられる。ただし、この課題に対応するには本研究成果だけでは不十分であり、さらなる調査の実施によるデータの蓄積が必要となる。このため、今後の動向を見ながら対応していく。

3. 知的財産権等の状況

なし

4. 研究成果の波及効果

（1）経済的波及効果又は県民生活上の波及効果（選択項目）

（経済的波及効果）

平成21年度に長伐期施業林導入のための列状間伐（補助事業）により生産・搬出された材は7,637m³であり、材価を12,500円/m³（三次共販所のH22.3月市況（スギ（3m末口14～20cm）9,000円/m³，ヒノキ（3m末口14～20cm）16,000円/m³を参考）とすれば約9千5百万円の林業生産額となる。

(2) 技術の推進への波及効果

開発された林分成長モデルは将来のスギ・ヒノキ林の収穫量や収支見込を予測する「スギ・ヒノキ育成林における立木在庫表示システムの開発」（研究期間平成 17 年度～19 年度）に繋がり、林分密度と胸高直径、樹高から推定される材積予測に活用され、パソコン上で将来のスギ・ヒノキ林分の立木在庫量を予測するシステム開発が可能となった。

個別評価(各センター記入欄)

1. 研究の達成度 ■A:成果は移転できるレベル □B:一部の成果は移転できるレベル □C:成果は移転できるレベルではない
2. 成果移転の目標達成度 □A:目標以上に達成 □B:ほぼ目標どおり達成 ■C:目標を下回っている □D:移転は進んでいない
3. 知的財産権の活用状況 □A:実施許諾し、事業化されている □B:実施許諾を行っている ■C:実施許諾は行っていない
4. 研究成果の波及効果 □A:波及効果は大きい ■B:波及効果は認められる □C:波及効果はほとんど認められない
備考:

総合評価(評価委員会記入欄)

□S:研究成果が十分に活用され、効果は当初見込みを上回っていると認められる。 □A:研究成果が活用され、効果は当初見込みをやや上回っていると認められる。 □B:研究成果が活用され、効果は当初見込みどおりであると認められる。 ■C:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みをやや下回っていると認められる。 □D:研究成果の活用が不十分で、効果は当初見込みを下回ると認められる。
備考:

追跡評価報告書フォーム

番 号	22-追跡-028	報告年度	平成22年度			
研究課題名	軸組構造材への樹脂含浸注入技術の開発					
研究機関	林業技術センター（資源利用部）					
研究期間	平成16年度～18年度（3カ年）					
連携機関	広島工業大学（大学院工学研究科），A社					
研究経費	【研究費】		【人件費】		【合計】	
	2,336千円		25,500千円		27,836千円	
これまでの 評価結果		実施年度	県民ニーズ	技術的達成度	事業効果	総合点
	事前評価	15	3.63	3.46	3.50	3.53
	中間評価	17	3.5	3.6	3.5	（継続）
	事後評価	19	3.8	3.3	3.4	3.5
研究概要	建築基準法改正による性能規定化や住宅の品質確保促進法施行により，木造軸組工法に金物が多用されるようになったが，接合部の木材部分で破壊が起こり強度の低下が見られる。そこで，木材の木口から部分的に樹脂を含浸注入する技術を開発し，接合部全体の強度向上を図る。					

1. 研究成果

- (1) 硬化時間の遅い α シアノアクリレート系樹脂を木材表面に滴下して浸み込ませる簡易な方法で、効率良く硬化させることができ、JISの割裂抵抗試験の強度も1.4倍に増加することが分かった。
- (2) 実大寸法の軸組材でその効果を検証するため、ヒノキ土台・スギ柱接合部（ホゾ・込栓仕様）において、静的な引張試験を行った。その結果、ホゾ穴、ホゾ面、込栓の3箇所に樹脂を滴下した接合部は、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倍の効果を発揮した。
- (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、上から静的に荷重をかけてせん断試験を行った。その結果、荷重が特に集中する箇所に樹脂を滴下した接合部では、何も処理していない接合部に比べて、初期の変形抵抗力が平均値で1.6倍、粘りのエネルギーは1.2倍であった。

以上の試験結果からスギ材のように材質が柔らかい樹種に対して、選定した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によって、接合部の強度向上が可能となった。

2. 開発技術の移転状況

(1) 研究開始当初の移転目標

県内プレカット18社を中心に広島県木材加工技術協議会53団体を主体とした木材加工製造業やその関連団体に対して技術移転を行う。

(2) 開発技術の移転方法と移転状況

昭和46年の建築基準法改正以前の木造建築物では軸材接合部に強度不足が見受けられ、耐震補強が必要となる場合がある。この耐震補強に本技術を活用したい意向が広島県耐震診断設計協同組合から寄せられ、本技術をもとにした木造建築物の補強方法について特許取得を要請された。

このため、樹脂及び金物を用いた木造軸組工法建築物の補強方法として「木造軸組工法建築物における接合部補強構造ならびに開口部補強構造」の名称で平成19年9月27日に特許出願した。

特許出願書類が受理された後、広島県耐震診断設計協同組合（傘下のアクト建築設計事務所）に対して本技術による耐震補強について直接技術移転を行った。現在、当組合では本技術を用いた耐震補強用構造体を検討している。

また、本技術について、県内企業のB社に研修会を3回行い技術の移転を図った。古民家再生工事における耐震補強として注目されている。

特許登録後、本格的に研修会や講習会を開催し、他の県内企業にも技術移転を図る。

(3) 移転目標の達成度

当初の技術移転対象を木材製造業としていたが、結果的に移転先は広島県耐震診断設計協同組合（建築設計事務所など30社）など使用する側となり、移転は1企業に止まっている。

(4) 上記の状況となった理由

地震発生のたびに住宅の耐震性能不足の問題がとりあげられており、広島県でも平成20年3月に広島県地震防災戦略が策定された。これによると平成27年度までに住宅の耐震化率を90%（策定当時72%）としている。こうしたなか、既存住宅の耐震補強に対する県民の要求は増しており、建築設計側にも技術導入の必要性が高まったものと考えられる。

(5) 今後の移転計画

広島県耐震診断設計協同組合（30社）や広島県住宅問題研究会に対して住宅の耐震化に向けた接合部補強技術として依頼試験などの技術支援を通じて技術移転を図る。

また、木材加工製造側にも広島県木材加工技術協議会や各種研修会等の機会を利用して技術移転の促進を図る。さらに、特許が取得できた場合は広島県耐震診断設計協同組合傘下の企業を中心に実施許諾を進める。

3. 知的財産権等の状況

特願 2007-250534 「木造軸組工法建造物における接合部補強構造ならびに開口部補強構造」

4. 研究成果の波及効果

(1) 経済的波及効果又は県民生活上の波及効果

広島県耐震改修促進計画（平成 19 年 3 月策定）では平成 27 年度までに住宅の耐震化率の目標を 90%とし、約 5 万 8 千戸の耐震改修が必要とされているが、耐震化のための改築費用負担が大きいことが耐震化が進んでいない阻害要因となっており、県民意識調査によると 66%が改修資金など条件が整えば改修を実施したいというアンケート結果になっている。

そこで、広島県耐震診断設計協同組合や広島県住宅問題研究会では樹脂含浸接合構造体を用いて、老朽化した躯体、水周りの補修、耐震性能向上、バリアフリー化に伴う間取りの変更に必要な躯体の補強等を安価で簡易に行うことができる耐震補強用樹脂含浸接合構造体の開発を目指している。本技術の移転によりこの構造体が実用化された場合、1 棟 1,000 千円の改修費として耐震改修戸数の約 1 割（6 千戸）が施工されるだけで約 60 億円の経済効果が見込まれる。

また、広島県地震防災戦略によれば、最も大きな被害が想定される五日市断層による地震の場合、住宅等建築物の耐震化対策により、約 1 兆 2 千億円の減災効果が試算されており、本技術はこれに貢献することになる。

(2) 技術の推進への波及効果

- 本技術は研究課題「木造工作物の高耐久化に関する技術開発」（平成 18～20 年度）において、腐朽した木造工作物を樹脂含浸により補修する技術に応用した。この補修技術を「日常点検でわかる木製外構材の耐久性簡易診断マニュアル」（平成 21 年 3 月発行）で示すとともに、広島県木材加工技術協議会の研修会や林業技術センター研究発表会で発表し技術指導に努めた。
- 独立行政法人森林総合技術研究所からの受託研究「既存木橋の構造強度評価技術の開発及び検証」（平成 19～21 年度）において、既存木橋の補修方法にも活用した。
- 本研究成果は、独立行政法人森林総合研究所発行の「公立林業試験研究機関研究成果選集 NO.5」（2008.3）に掲載された。
- 木造工作物を樹脂含浸により補修する技術は、平成 22 年度林道研究会会報「林道」6 月号で紹介し行政関係者にも技術の周知を図った。

個別評価(各センター記入欄)

1. 研究の達成度 ■A:成果は移転できるレベル □B:一部の成果は移転できるレベル □C:成果は移転できるレベルではない
2. 成果移転の目標達成度 □A:目標以上に達成B:□ほぼ目標どおり達成■C:目標を下回っている □D:移転は進んでいない
3. 知的財産権の活用状況 □A:実施許諾し, 事業化されている □B:実施許諾を行っている ■C:実施許諾は行っていない
4. 研究成果の波及効果 □A:波及効果は大きい □B:波及効果は認められる ■C:波及効果はほとんど認められない
備考:5年後の再評価を希望する。 (理由)・ 樹脂含浸接合構造体の実証試験データなどの蓄積が必要である。 ・ アンケートでは木造住宅の耐震補強ニーズは高い(70%が改修資金などの条件が整えば改修を行いたい:広島県耐震改修促進計画(平成19年3月策定))が, 高い補修費用(300~500万円)や景気低迷のため住宅の耐震化が進んでいない(移転技術で目標としている補修費用100万円以下)。 ・ 国は住宅及び多数の者が利用する建築物(学校, 病院, 百貨店, 事務所など)の現状の耐震化率75%を平成27年までに少なくとも9割にするという目標設定を含めた基本方針を定めているので再評価の時期を5年後の平成27年とした。

総合評価(評価委員会記入欄)

□S:研究成果が十分に活用され, 効果は当初見込みを上回っていると認められる。 □A:研究成果が活用され, 効果は当初見込みをやや上回っていると認められる。 □B:研究成果が活用され, 効果は当初見込みどおりであると認められる。 ■C:研究成果の活用が不十分で, 効果は当初見込みをやや下回っていると認められる。 □D:研究成果の活用が不十分で, 効果は当初見込みを下回ると認められる。
備考: