

技術情報

No.157
2018.1

長野県林業総合センター



充実した木材資源の有効活用と持続的な森林経営を進めるため、皆伐造林
一貫作業が各地で進められています（南佐久郡佐久穂町）。

もくじ

再造林コストを削減するために	2
「美味しさ」に着目したナメコ栽培技術の開発	4
カラマツ「心去り材」と「心持ち材」の材質比較	6
林業架線作業について	8

再造林コストを削減するために ～伐採・造林一貫作業の生産性とコスト～

1 はじめに

伐採・造林一貫作業（以下、一貫作業）は、皆伐時に使用した機械をそのまま地拵えや苗木運搬等に使用することでコストを抑え、植栽可能な時期が幅広いコンテナ苗等を活用して短期間に再造林を完結する作業方法です。九州・四国における先行事例をきっかけとして全国に波及しつつあり、長野県でも2013年から中部森林管理局が事業レベルで一貫作業の実施を始めました。現在のところ、長野県では緩傾斜～中傾斜地における車両系の作業システムによる一貫作業が国有林を中心に一部の民有林でも実施されています。

再造林の低コスト化を目的として始まった一貫作業ですが、実際はどの程度コスト削減に貢献しているのでしょうか。当センターでは、信州大学や森林総研等と共同で一貫作業の施業地において工期調査を行い、各工程の生産性とコストを算定しましたので、その概要を紹介します。

2 車両系システムによる皆伐作業の生産性は？

長野県では最近まで皆伐がほとんど行われていなかったため、近年の高性能林業機械を使用した皆伐作業の生産性は不明でした。そこで、緩傾斜地での車両系作業システムによる皆伐作業の生産性を明らかにするため、浅間山国有林（以下、浅

間）、霊仙寺山国有林（以下、霊仙寺）及び南牧県国有林（以下、南牧）のカラマツ林に試験地を設定し、工期調査を行いました（表）。その結果、各試験地における皆伐作業の労働生産性は約15～24m³/人日（図-1）、伐出コストは約1,600～2,700円/m³（機械費・人件費等の「直接費」のみ、以下同様）で、搬出間伐に比べて高い生産性かつ低コストで伐出可能であることが確認できました。

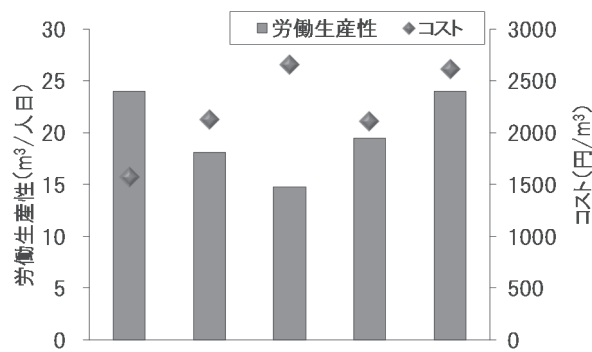


図-1 伐出作業の生産性とコスト

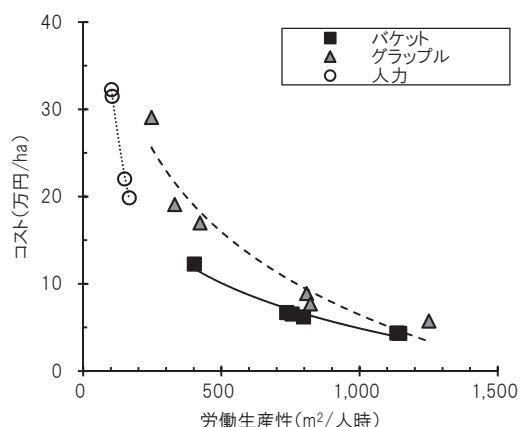
3 機械地拵えのコスト低減効果

伐出作業や路網開設などに使用した機械を地拵えに使用することは一貫作業の主要な作業のひとつですが、その生産性とコストはどの程度なのでしょうか。県内各地で行ったバケット、グラブによる機械地拵えと人力地拵えの功

表 各試験地の林分概要と伐出作業システム

試験地名	M	A1	A2	R1	R2
所在地	南牧県国有林 (南佐久郡南牧村)	浅間山国有林 (北佐久郡御代田町)		霊仙寺山国有林 (上水内郡信濃町)	
樹種	カラマツ	カラマツ	カラマツ	カラマツ	
林齢	77	69	62	66	
標高(m)	1580	1230	1270	920	
伐採面積(ha)	0.42	2.32	3.95	2.68	
平均傾斜(°)	11	21	14	10	
路網密度(m/ha)	169	156	236	224	
単木材積(m ³ /本)	0.82	1.13	0.75	0.89	
	高性能林業機械				先進的林業機械
伐倒	チェーンソー				ホイール式ハーベスタ
木寄	グラブ トラクタ	グラブ			
造材	プロセッサ				
集材	(林道上での 造材のため不要)	フォワーダ		ホイール式フォワーダ	

程調査から得られた生産性は、人力では約 100～170m²/人時であったのに対して、バケットで 400～1,150m²/人時、グラップルで 250～1,250m²/人時であり、両機械とも高い生産性であることが認められました（図－2）。機械地拵えの生産性は、処理する枝条や端材の量が増えるほど、また傾斜が増すほど低下する傾向がありました。また、地拵え作業のコストを比較すると、人力が約 20～32 万円/ha であったのに対して、バケットは約 4～12 万円、グラップルは約 6～29 万円/ha でした。個々の現場で見ると、機械による地拵えコストは人力で行った場合の 14～90%に低減されています。緩～中傾斜地で機械が走行できる林地であれば、地拵えの機械化は低コスト化に有効といえるでしょう。



図－2 地拵えの労働生産性とコスト

4 コンテナ苗を機械で運搬すると

一貫作業では、植栽時期の自由度が比較的高いコンテナ苗を使用することが求められることから、その運搬工期を調査しました。浅間でカラマツコンテナ苗をフォワーダで伐採地の中心まで運搬する際の作業時間は人力の 1/6 以下で、運搬コストを試算すると、フォワーダで約 9,000 円/ha、人力で約 12,400 円/ha でした。コスト削減効果は機械地拵えほど大きくないものの、労働強度の軽減を考えれば現場にある機械を有効に活用するべきでしょう。

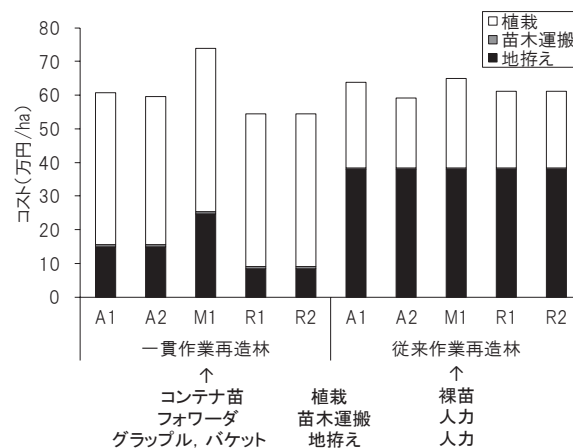
5 コンテナ苗植栽の効率とコスト

カラマツコンテナ苗の植栽作業の生産性は裸苗の丁寧植えより高く、時間あたりの植栽本数は裸苗のほぼ 2 倍に相当する約 120 本/人時で、植栽の

人件費は裸苗の約 1/2 の約 5 万円/ha になることが期待できました。しかし、植栽コスト全体についてコンテナ苗と裸苗を比較すると、苗木価格に差があるため、コンテナ苗は 44 万円/ha、裸苗は 23 万円/ha と試算されました。現状では、コンテナ苗による低コスト化は実現していませんが、現在、下刈り回数の削減を目指した初期成長に優れたコンテナ苗の育成技術の開発と、生産コストの低減を進めており、今後の展開が期待されています。

6 再造林のトータルコストを比較すると

各試験地における地拵え～植栽の各コストを積算し、一貫作業（機械地拵え・コンテナ苗植栽）と従来作業（人力地拵え・裸苗植栽）を比較したところ、トータルコストには差がありませんでした（図－3）。一貫作業は機械地拵えで低コスト化が図れる一方、コンテナ苗の価格がコストを高める要因となっています。将来的には、機械地拵えによる競合植生の抑制技術を検討するとともに、成長に優れたコンテナ苗を開発・導入することによって、下刈り回数を削減し、造林コストをトータルで削減することを目指しています。



図－3 一貫作業と従来作業の再造林コスト比較

7 おわりに

機械地拵えも、コンテナ苗の育苗も、まだ始まったばかりの新しい技術であり、改良の余地が多く残されています。改良を繰り返し、下刈りや除伐も含めた造林コストの低減を進めていくことが必要です。

(育林部 大矢信次郎)

「美味しさ」に着目したナメコ栽培技術の開発

1 はじめに

現在、ナメコ生産量の99%以上が菌床栽培によります(2015年・林野庁資料)。人工栽培は、山形県で大正10年頃にナタ目法による原木栽培で始まりました。昭和に入り戦後、純粋培養の種駒種菌が開発されたのをきっかけに原木栽培が各地に広がりました。おが粉を用いた菌床栽培は、昭和30年代後半に福島県内でトロ箱(木で作られた魚箱)により始められています。その後、長野県において、エノキタケのビン栽培技術を取り入れ、空調施設栽培化と栽培工程の機械化が進み、効率的な栽培体系が出来上がりました。さらに、空調栽培用の極早生品種の開発とも相まって、この技術体系が全国に広まっていきました。

ナメコの消費量は圧倒的に東日本に多く、ぬめりの苦手な西日本では伸びていません。また、食べ方は味噌汁、おろし和え、鍋物等に限られる傾向にあります。生産量の増大に対して消費の拡大が緩やかなため、平成6年頃から単価の下落傾向が続いています。その中で、生産者としてはコストダウンのため、短期間に多収量が得られる品種が最優先に選択されてきました。

しかし、消費拡大のためには、効率性一辺倒を見直し、これまであまり重視されてこなかった「食べて美味しいきのこ生産」を目指すことも大切と考えられます。その一環として、一般社団法人長野県農村工業研究所(以下、農工研)と共同して「美味しさ」に着目したナメコ栽培技術の開発に平成28年度から着手しています。この研究の方向性と初年度の検討結果について紹介します。

2 味認識装置

人が感じる「味」は主観的な指標であり、客観的な評価が難しいと考えられてきました。しかし、味は食品として重要な要素であり、数値で客観的に評価することが、商品のブランド化を促進する上にも必要になってきました。そこで、近年、酸味、苦味、渋味、旨味、塩味などの各センサーを内蔵する「味認識装置」が開発されています。この装置が農工研で導入されたため、共同して系統

間や栽培方法による味の差を数値評価する研究を始めました。将来的には、数値基準を基にして、美味しい品種の育成や美味しいきのこ生産技術の開発に繋げることを目指しています。

3 「美味しさ」による野生株の選抜

林業総合センター保有のナメコ野生株5系統と市販ナメコ品種1系統(対照)を用いて栽培試験を行い、得られた子実体を農工研に送付して味認識装置による味分析を行ってみました。

図に味認識装置による分析結果を示しました。数値は、市販品種の結果を1としたときの味の差で示しています。旨味は野生株の島牧村株(北海道島牧村採取)が低い値を示しましたが、旨味コクはいずれの菌株も同等でした。苦味雑味、渋味刺激は、野生株の北海道株(北海道江差町採取)と野生株の刈込池株(福井県大野市採取)が高い値でした。今回の試験結果のみで美味しい菌株を選抜することは出来ませんが、菌株による味の差を数値で表現することは可能になりました。

4 培地組成と「美味しさ」

栽培方法から美味しいナメコ生産を検討する第一歩として、培地に使用する栄養材による味の差の検出を試みました。林業総合センター保有のナメコ野生株2系統と市販ナメコ品種1系統を用いて栽培試験を行い、得られた子実体を農工研に送付して、上記と同様に味認識装置による分析に供しました。培地組成として栄養材を各系統ともフスマとホミニフィードの2種類を調製して比較しました。

分析の結果、旨味コク、渋味、渋味刺激、苦味については、栄養材間で差はありませんでした。旨味、苦味雑味では、系統によっては差が検出されました。旨味について、野生株のむつ市株(青森県むつ市採取)ではフスマがホミニフィードより高い値を示しましたが、市販株007では逆でした。苦味雑味について、市販株007ではフスマとホミニフィードに差はありませんでしたが、野生株のむつ市株と北海道株では、ホミニフィードを用いた場合に高い値でした。

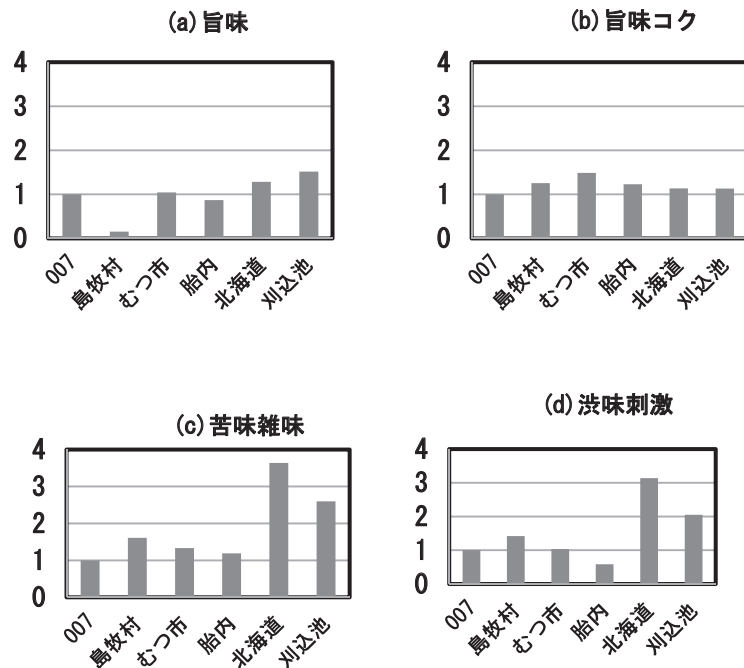


図 味認識装置による味分析（横軸は系統名、縦軸は系統 007 を 1 としたときの味の差）
旨味（アミノ酸、核酸由来のだしの味）、旨味ココ（持続性のある旨味、後味）

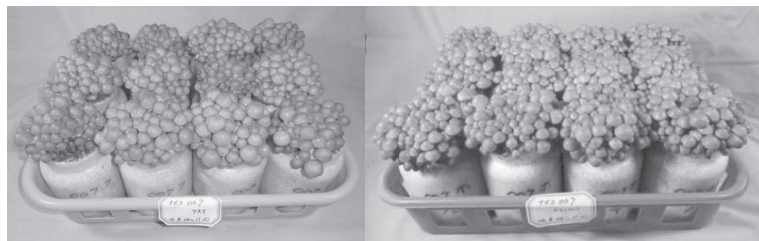


写真-1 対照品種 007 の発生状況（左：フスマ、右：ホミニフィード）



写真-2 野生株の発生状況（左：むつ市、中：胎内、右：北海道、栄養材；ホミニフィード）

5 おわりに

子実体の発生状況を写真-1、写真-2に示しました。今回使用した野生株は、平成 15 年から 21 年にかけて北海道、岩手県、青森県、新潟県、長野県、福井県、秋田県において採取した 184 系統から、栽培試験によって菌床栽培適性があると判断した選抜株です。市販品種に比べ早期に集中発生する特性は劣りますが、美味しいきのこ生産を目指すための素材として有用と考えています。

今回は平成 28 年度単年度の概要を紹介しました。まだ研究の第一歩を印したところです。平成 29 年度は人の食味試験結果の数値化と味認識装置の結果との比較を農工研と共同して行っています。今後さらに、原木栽培と菌床栽培との比較も含め「美味しいきのこ生産」に向け、順次研究を進めて参ります。

（特産部 増野和彦）

カラマツ「心去り材」と「心持ち材」の材質比較 —乾燥特性と強度性能—

1 はじめに

長野県の森林資源は、戦後造成された人工林を中心に充実し、主伐期とされる 10 齢級（46 年生）以上の森林は 75%以上となり本格的な利用期を迎えています。そんな中で、伐採される径級が大径となることから心去り材の製材が可能となり、これまで我々が扱ってきた心持ち材とは違った優れた材質を持つことが期待されます。

本報告では、カラマツ心去り材の乾燥特性と強度性能を心持ち材との比較の中で検討しました。

2 試験の方法

55 年生のカラマツより製材された心去り材正角 14 本、二番玉中径材より製材された平均年輪幅 4 mm以上の心持ち材（年輪疎）正角 6 本、同一林分に存在した高齢中径材より製材された平均年輪幅 4 mm未満の心持ち材（年輪密）正角 6 本、計 26 本を供試材としました（図 1）。

乾燥は、高温セット乾燥により同一棧積みの乾燥でクーリングを含め 10 日間行ないました（写真 1）。乾燥後、試験材を 120 mm正角に調整した後、実大材での曲げ強度試験を実施しました。

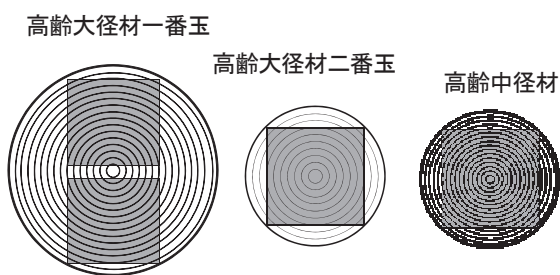


図 1 試験材の木取り（製材寸法：145×145×3000 mm）



写真 1 乾燥棧積みの様子
（○印：心持ち材）

表 乾燥スケジュール

乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	温度差 (°C)	時間 (h)	備考
95	95	0	6	蒸煮
110	80	30	18	高温セット
90	60	30	192	中温乾燥

※蒸煮時間は機内温度が蒸煮温度に達してからの時間

3 試験の結果

3.1 材質特性（図 2）

心去り材は 1 個体を除き平均年輪幅が 4 mm未満であり、全乾密度は平均 0.466 g/cm³でした。これに対し平均年輪幅が 4 mm未満の心持ち材（年輪密）は 0.442 g/cm³、平均年輪幅が 4 mm以上の心持ち材（年輪疎）では全乾密度は平均 0.409 g/cm³と低い値を示していました。

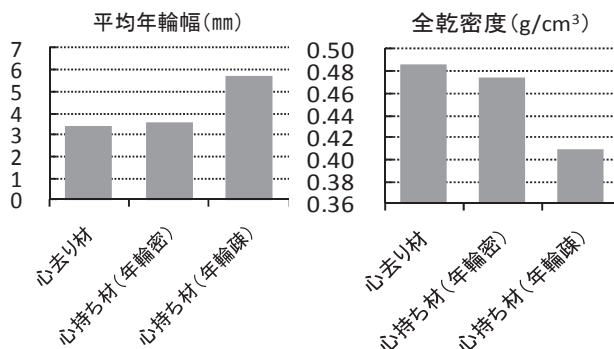


図 2 基本的材質

3.2 乾燥特性（図 3）

乾燥の仕上がり含水率の平均は、心去り材が 18.7%、心持ち材（年輪密）が 15.2%、心持ち材（年輪疎）が 12.2%でした。心持ち材と比べて平均年輪幅が狭く、密度が高い心去り材の方が、乾き難い傾向にありました。

また、心持ち材では 12 本全部の材に材面割れが発生しましたが、心去り材では 14 本中 2 本の材のみでした。いずれにしても発生した割れは、割れ幅が 1 mm程度と細く短い割れであったことから乾燥での高温セットの効果があったものと思われる。

心去り材のねじれは、心持ち材に比べ非常に少ない結果となりました。

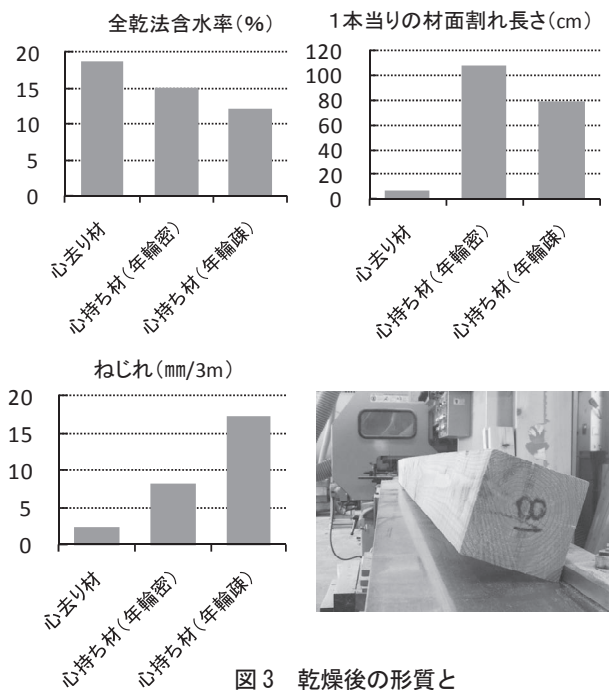


図3 乾燥後の形質と心持ち材のねじれの様子

3.3 曲げ強度性能

実大材曲げ試験機 (株島津製作所製 UH-1000 k NA) を用い、下部支点間距離 2,160mm、上部荷重点間距離 720mm の 3 等分点 4 点荷重、載荷速度 15mm/min で曲げ強度試験を行いました (図 4)。なお、心去り材の荷重方向については木裏側からの荷重としました。

曲げ強度試験の結果を図 5 に示しました。

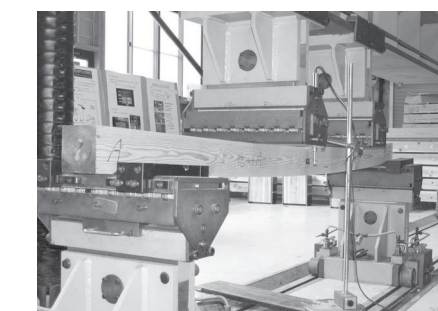
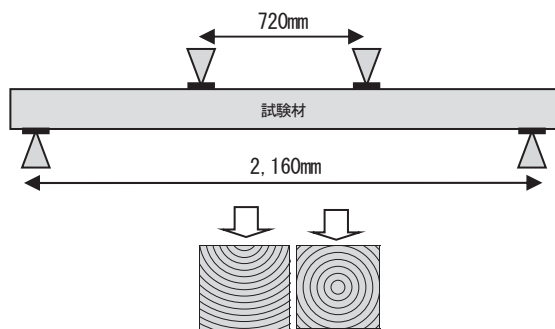


図4 曲げ強度試験の条件と曲げ試験の様子

曲げヤング係数 (たわみ難さを示す係数) が高い材は、曲げ強度も高いという傾向は見られるものの、ばらつきが目立つ結果となりました。破壊の原因は、これまでの試験でもそうであったように、節を起点とした破壊が多く見られました。特に節の多いカラマツ心持ち材では、節の有無、節の大小、節の位置で強度性能が左右されました。

カラマツの曲げ強度の平均は、心去り材が 54.8N/mm²、平均年輪幅が 4 mm以上 (年輪幅疎) の心持ち材が 40.1N/mm²、平均年輪幅が 4 mm未満 (年輪幅密) の心持ち材が 44.1N/mm² となりカラマツ無等級材の基準強度 26.7 N/mm²を下回る材はありませんでした。

また、本試験の主目的である心持ち材と心去り材の強度比較では、心持ち材に比べ心去り材の方が強い傾向にありました。

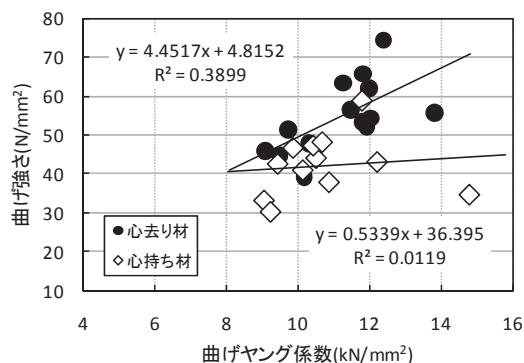


図5 曲げ強度試験の結果

4 おわりに

高齢樹のカラマツから製材された心去り材は、平均年輪幅が狭く、さらに節が少ない可能性があります。

独特な色合いを持ったカラマツの心去り材は、強度的に優れ、また、化粧性にも優れていることから、今後、多様な利用が期待されます。

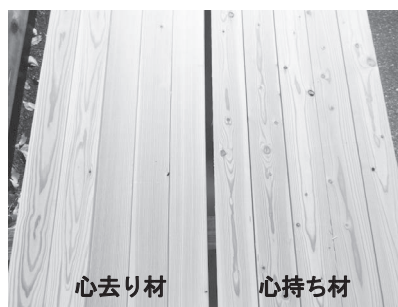


写真2 外観的観察

(木材部 吉田孝久)

林業架線作業について

1 はじめに

林業架線は急峻複雑な山岳域で集材ができることから、かつては広く用いられてきました。しかし間伐作業では1架線当たりの集材量が皆伐作業に比べて少なく、架設撤去の手間は間伐でも皆伐でもあまり変わらないため、間伐作業が中心となってきた近年ではあまり使われてきませんでした。しかし主伐期を迎えた今日、再び架線集材が注目されています。当所でも林業架線作業の効率的なシステムの開発と普及に向けて功程調査を行いました。

2 調査方法と結果

今回、朝日村と売木村の2箇所で、荷掛け時の、搬器が停止した位置から荷掛け場所までの水平距離（索引込み距離）と荷掛けフックが移動に要した時間（索引込み時間）について時間分析を行いました。なお、朝日村では従来型の集材機を用いホイストリングキャレジ式（ダブルエンドレス式）で人力による索引込みが行なわれていました。売木村では5胴式タワーヤーダを用いエンドレスタイプで引戻索による索引込みが行われておりました。

索引込み距離と索引込み時間との関係は図1の

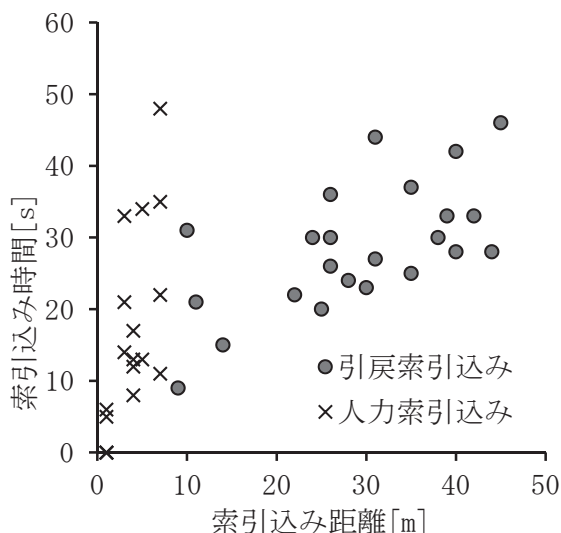


図1 索引込み距離と索引込み時間

とおりとなりました。

人力による索引込みは、索引込み距離が1~7mとほぼ線下集材でしたが、ばらつきが大きくなりました。これは、現場では伐倒されたままの木が多かったこと、約50cmの積雪があったことから、荷掛けのための歩行移動が、時として困難となったためと思われました。また、荷掛けフックを人力で持っていくため、索引込み距離が大きくなるに従い、労働強度も大きくなると感じました。

一方、引戻索により索引込みは、索引込み距離が大きくてもばらつきは人力に比べて相対的に小さくなりました。これは、荷掛けフックが機械力で荷掛け場所まで引き込まれていくことから、地表条件に影響されなかったためと思われました。また荷掛手は荷掛け場所で荷掛けフックが来るのを待っていればよいので、荷掛手の労働強度は小さく、作業に余裕が生じ、安全性の向上にも有効であると感じました。

3 終わりに

近年、高性能林業機械と高密路網を組み合わせることにより、間伐でも労働生産性が5m³/人日を超える林業事業体が増えています。それに対して林業架線集材作業は、架線の架設撤去に多大な労力を要することから、多くの現場で2~3m³/人日となっており、労働生産性の面では不利だと思われがちです。しかし地質や斜面傾斜等で路網整備が難しい場所では林業架線作業は有効な集材手段となります。私たちも少しでも効率的で安全な作業に向けた改善・提案ができるような調査・検討をしていきます。あわせて、林業架線作業主任者講習等を通じて、林業架線作業の安全な進め方と技術の継承についても引き続き取り組んで参ります。

(指導部 高野毅)