

高齡級人工林の管理技術に関する研究

大矢信次郎・戸田堅一郎・柳澤賢一・西岡泰久*

高齡級カラマツ人工林の樹高成長特性を明らかにするため、以下の試験を行った。①116年生カラマツ人工林の胸高直径に及ぼす各種因子を解析した結果、樹冠占有面積及び樹冠長との相関関係が認められ、大径材生産のためには樹冠サイズの拡大が重要であることが確認された。②114年生カラマツ人工林において、伐倒木の梢端部分の年輪解析を行った結果、100年生を超えても樹高成長が最大0.4m/年程度あったことが判明した。③航空レーザー測量による17齡級以上のカラマツ人工林の樹高測定データを既往の樹高データに加えて樹高成長曲線を作成した結果、17齡級以上の曲線は既往のデータの延長線上にあり、概ね適合していると考えられた。また、人工林の高齡化に対応するため、以下の施業技術を検討した。①胸高直径の大径化が伐倒及び造材作業の生産性に与える影響を明らかにするため、個体ごとの各作業の生産性を解析したところ、各作業の生産性は胸高直径と正の相関関係が認められたものの、従来サイズのプロセッサの能力を超える立木サイズでは、チェーンソー造材となるため作業効率の低下も示唆された。②過去に2残1伐の列状間伐を行ったカラマツ人工林において搬出間伐の手法を検討した結果、生産性、コスト、残存木損傷の面からは、再度列状間伐を行うことが現実的な選択肢となることが示唆された。

キーワード：高齡級、樹高曲線、大径材、航空レーザー測量、生産性

1 はじめに

現在、長野県民有林における人工林の78%は11齡級以上に達し、「育てる時代」から「伐って利用する時代」へとシフトしつつあり、近い将来には13齡級以上の高齡林が大半を占める時代が到来する（長野県林務部 2019）。これらの人工林資源を有効に利用するためには、木材生産林として維持・管理していく林分を明確に区分した上で、さらに小面積皆伐等によって積極的に更新を図り、再造林を行う林分と、間伐を進めながら大径材を生産しつつ公益的機能をより向上させる林分に区分し、計画的な伐採を進める必要がある。後者の高齡級人工林の育成は、大径かつ高品質な木材の生産のみならず、公益的機能の維持向上、単木材積の増加による伐出生産の性向上、造林コストの削減、生物多様性の向上など、森林所有者のみならず全ての県民にとって多くのメリットがある。

伐期を延長するにあたっては、高齡級における収穫予想精度の向上が求められる。長野県ではこれまでに、民有林における資源量の把握や収穫量の予測等のため、1980年代に人工林主要樹種の林分材積表及び収穫予想表が作成された（長野県林務部 1983, 長野県林務部 1984）。これらの林分材積表は、概ね80年生までを対象とするとしていた

ものの、当時は高齡級林分のデータが極めて少なく、高齡級林分において精度の高い収穫予想を行うことは難しかった。その後1990年代には、カラマツについては高齡級林分のデータを追加した改訂版が作成された（長野県林務部 1991）。また、それまでの樹高曲線では、80年生以降の樹高はほぼフラットになることが予想されていたが、その後の調査によって高齡級林分の樹高成長は従来の樹高曲線より継続することが指摘され（古川 2002, 古川 2004）、さらに2005年にはExcel版簡易収穫予想表が作成されている（片倉 2005, 片倉ら 2005）。今後も、これらの成果に近年増加してきた高齡級林分のデータを加え、収穫予想の精度を向上させることが必要である。

また、高齡級に達した林分における効率的かつ効果的な間伐の手法については明らかになっておらず、大径材に対応した作業システムについても再構築が必要である。

そこで本研究では、高品質化と生産性の向上につながる大径材を生産するための高齡級人工林を管理する上で、高齡級における人工林の成長特性を明らかにするとともに、大径材の素材生産における作業工程を検討した。

なお、本研究の一部は中部森林学会大会（大矢

*元林業総合センター育林部

ら 2018) において発表した。

2 高齢級人工林の成長特性の解明

2.1 カラマツ高齢林の樹冠占有面積と個体サイズの関係

2.1.1 調査方法

南佐久郡佐久穂町の 116 年生カラマツ人工林 (調査区域: 0.94ha) の成立条件を明らかにするため、胸高直径、樹高及び生枝下高の毎木調査を行った。樹冠長は樹高と生枝下高の差から算出した。また、立木位置の測量結果からボロノイ図 (ランダムに並んだ各点を垂直二等分線により領域分けした図) を作成することにより、カラマツの樹冠占有面積を求めた (フリーGIS ソフトウェア QGIS のプラグイン (作成者: 守口海氏) を使用)。これらの要素から、本林分におけるカラマツ各個体の直径成長に影響を与えた因子を解析した。

2.1.2 結果および考察

作成したボロノイ図 (図 2-1) から求めた樹冠占有面積は、胸高直径と正の相関関係が認められた

(図 2-2, $R=0.58$)。また、樹冠長に関しても、胸高直径と正の相関関係が認められた (図 2-3, $R=0.59$)。一方、樹高は胸高直径との相関は弱く ($R=0.39$)、枝下高はほとんど相関がなかった ($R=0.17$)。これらのことから、胸高直径を増大させる因子としては、絶対的な樹高の高さや枝下高の低さではなく、樹冠サイズが平面的・垂直的に大きいことが重要であることが改めて示された。これらのことから、適切な時期に間伐を行うことにより、各個体の占有面積を大きく確保するとともに、枝の枯れ上りを極力抑制することが必要と考えられた。

2.2 高齢級カラマツ人工林の梢端年輪解析による直近数十年間の樹高成長特性

2.2.1 調査方法

調査地は、長野県南佐久郡川上村の 114 年生のカラマツ人工林である。この林分は標高約 1,450m の北東～東向き斜面に位置する個人有林で、2016 年から徐々に皆伐が進められている。伐採作業が行われていた 2017 年 12 月 5 日及び 12 日に、利用

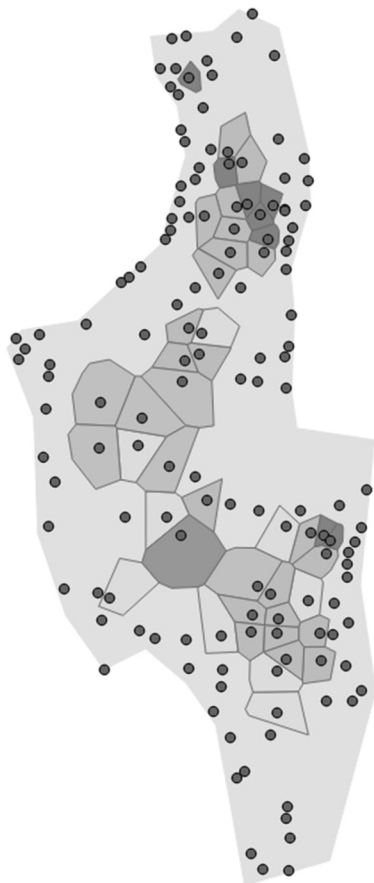


図 2-1 ボロノイ図による樹冠占有面積
※林縁木は評価対象外

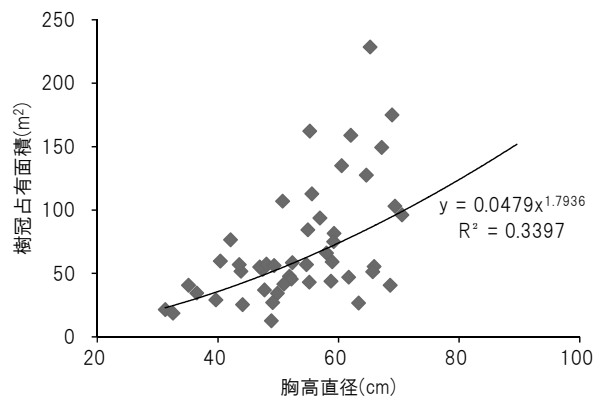


図 2-2 カラマツ 116 年生林分における胸高直径と樹冠占有面積の関係

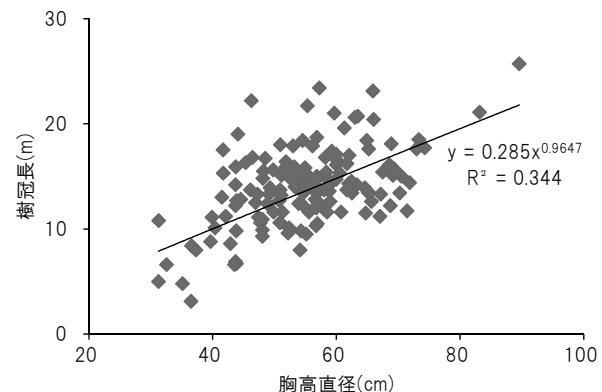


図 2-3 カラマツ 116 年生林分における胸高直径と樹冠長の関係

対象外とされた梢端部を9本分採取した。採取した長さはそれぞれ異なり、最短で4.6m、最長で8.8mであった。樹高は、2017年に伐採されたカラマツの合計129本を伐倒後に巻尺で測定した。また、成長に及ぼすカラマツ心腐れ病等の影響を評価するため、伐根の心材腐朽と辺材腐朽の有無を記録した。

梢端部の年輪解析のために、先端から2mまでは10cmごと、2mを超える部分については20cmごとに約3cm厚の円盤を丸鋸により採取した。年輪計測はVelmex社製の精密年輪測定装置(TA Measurement System)を使用し、樹皮から髄に向かって平均的な年輪幅を示す1方向のみを対象として行い、樹齢(114年)から年輪数を減じた数を各円盤高の樹齢とした。樹高成長の傾向を類型化するため、各個体の樹高成長を各種の成長曲線式(修正指数式, ゴンペルツ式, ロジスティック曲線式, リチャード関数式, ミッチャーリッヒ式)にあてはめ、各式のパラメータをMicrosoft Excelのソルバーアドインを使用して最適解を求めるとともに、それらの残差平方和により適合性を評価した。

2.2.2 結果および考察

本調査地における114年生カラマツの樹高は、最頻値35.0m、平均値34.3mで、樹高階分布は左肩がなだらかな正規分布を示した(図2-4)。この林分は無間伐であり(聞き取りによる)、自然枯死が進んだ結果、カラマツの本数密度は約100本/haまで減少したものの、間伐による劣勢の生立木の淘汰が行われなかったため、左肩の樹高階分布が広がったと考えられた。また、材の腐朽と樹高等との関係を見ると、伐倒木129本のうち心材腐

朽個体は30本(23%)、辺材腐朽個体は20本(16%)、心材辺材とも腐朽していた個体は6本(5%)であったが、樹高、伐根径とも健全木と有意差がなかった(図2-5, 2-6)。これらのことから、心材腐朽の有無が個体サイズに及ぼす影響は小さいと考えられた。

次に、梢端部の年輪解析によって明らかになった立木9個体分の樹齢と樹高の関係を図2-7に示した。樹高成長は樹齢とともに緩やかになる傾向はあるものの、現在も継続していた。100年生を超えても0.4m/年の樹高成長を示していた個体もあった(No.65)が、いずれの個体も110年生以上になると0.2m/年以下に低下していた。また、9個体の80年生以上における各年の樹高成長量を平均すると、80年生代前半はやや成長が停滞した時期があったものの、90年生前後で成長量が高まり、以降は徐々に低下していく傾向がみられた(図2-8)が、原因は不明である。また、各種成長曲線の適合性を判定した結果、いずれの個体もロジスティック曲線式の残差平方和が最小であり、適合性が最も高かった。この原因は、樹高成長が80年生代で停滞していた後に回復し、その後再び停

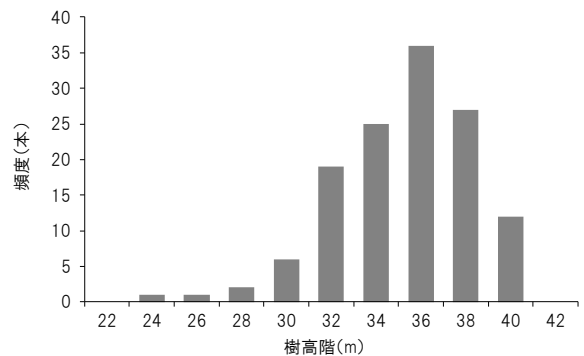


図2-4 調査地におけるカラマツの樹高階分布

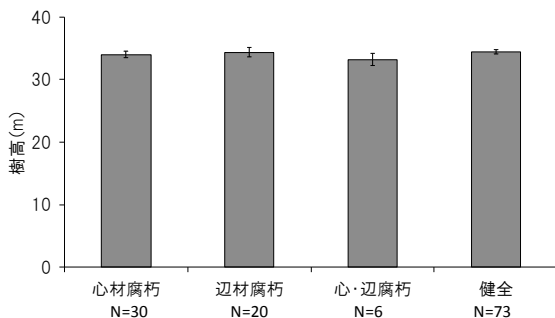


図2-5 材の腐朽と平均樹高の関係

※Tukey-Kramerの多重比較検定, 各群間に有意差なし, $p > 0.05$
 ※エラーバーは標準誤差, Nは個体数を示す

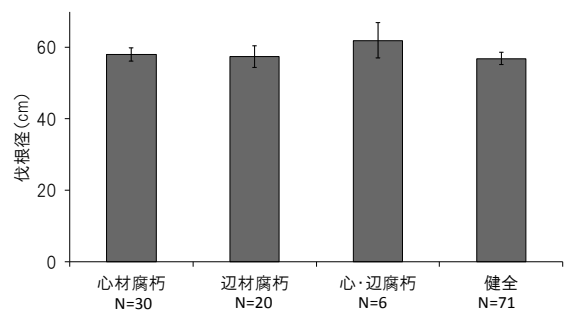


図2-6 材の腐朽と平均伐根径の関係

※Tukey-Kramerの多重比較検定, 各群間に有意差なし, $p > 0.05$
 ※エラーバーは標準誤差, Nは個体数を示す

滞傾向に向かう成長経過が、ロジスティック曲線のS字線形に類似しているためと考えられる。

以上のように、この林分の80年生以上における樹高成長は徐々に低下しているものの、少なくとも114年生まで継続していることが確認された。今後、樹高成長は更に低下する可能性はあるが、直径成長が継続していれば材積の増加は期待できるため、別途高齢級林分における全木の樹幹解析を実施し、直径成長の傾向を確認する必要がある。

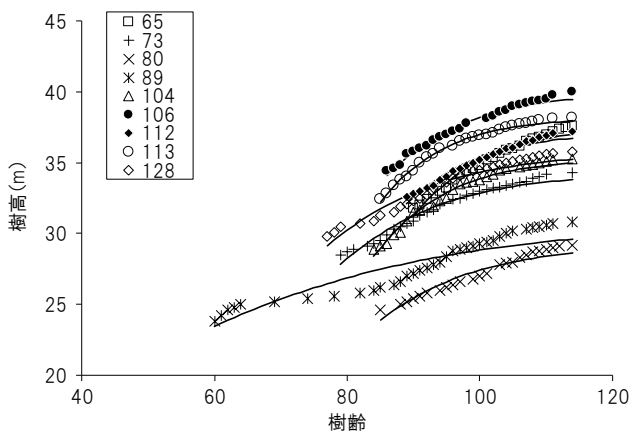


図 2-7 高齢級における樹高成長
(曲線はロジスティック曲線、凡例は立木 No.)

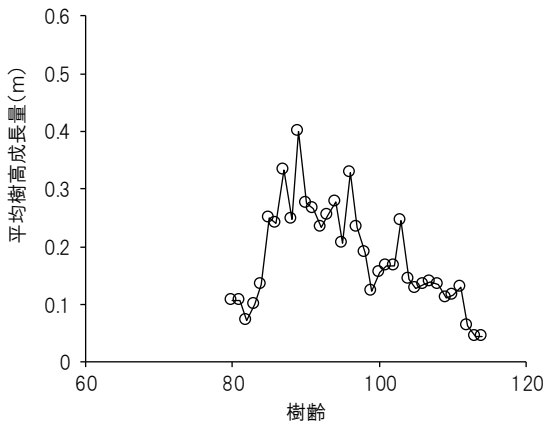


図 2-8 平均樹高成長量の推移

2.3 航空レーザー測量データを活用した人工林の樹高計測精度の検証

2.3.1 調査方法

航空レーザー測量（以下、航空レーザー）による単木ごとの位置（樹頂点）及び樹高データは、2016年度に長野県林務部森林づくり推進課が実施した「山地災害の危険度情報整備事業（森林情報解析等業務委託）」から取得した（航空レーザーデータは2014年度計測）。これらの精度を検証す

るため、当センターが2009-2011年度に設定した高齢林間伐試験地における立木位置及び樹高データを用いて比較を行った。高齢林間伐試験地は、松本市波田の67年生カラマツ林、阿智村の69年生ヒノキ林、根羽村の72年生スギ林（林齢はいずれも2014年時）で、間伐前の試験地設定時に立木位置（地際）の測量及び樹高等の毎木調査を行い、間伐後には1～2年ごとに樹高を地上から測定している（Haglof社VertexⅢを使用）。今回の精度検証には、2014年度の地上からの樹高測定データを使用した。航空レーザーで検出された立木を森林GIS上に樹高値とともにプロットした図面を用いて、地上から測量した立木位置と対比させ、単木ごとに樹高を比較した。また、航空レーザーによる立木位置が地上測量と整合が取れない場合は、林分単位の立木密度と樹高の平均値により精度検証を行った。

2.3.2 結果と考察

航空レーザーと地上測量の図面から立木位置を比較した結果、根羽村のスギ林では両者の位置がほぼ一致した。立木171本のうち航空レーザーでは152本検出され、検出率は林分全体で89%であった（表2-1）。このうち、立木密度が高い対照区では検出率が86%であったのに対して、密度が低い普通間伐区及び強度間伐区では90-92%であり、検出率は低密度林分の方がやや高い傾向がみられ、樹冠が接近している高密度林分では検出率が低下すると考えられた。一方、阿智村のヒノキ林と松本市のカラマツ林では、図面上での単木の特定は困難であったため、林分全体の立木密度を両図面により比較したところ、立木の検出率はヒノキ林で86%、カラマツ林で92%であり、スギ林と同程度であった。これらのことから、単木が特定できるか否かに関わらず、航空レーザーによる立木の検出率は90%程度であることが示唆された。

次に樹高については、単木での比較が可能であった根羽村のスギ林では航空レーザーによる計測値が地上計測値に比べて有意に大きく（Mann-Whitney U検定、 $p < 0.001$ ）、平均6.5%過大であり（表2-1、図2-9）、両者には有意な正の相関関係が認められた（単回帰分析、 $p < 0.001$ ）。また、林分単位で比較した阿智村のヒノキ林と松

表 2-1 航空レーザー計測と地上からの計測による樹高と立木密度の比較

樹種(所在地)	試験区	樹高の精度				立木密度の精度			
		平均樹高(m)		誤差		立木密度(本/ha)		誤差	
		A: 地上計測値	B: 航空レーザー測定値	B-A (m)	B/A*100 (%)	a: 地上計測値	b: 航空レーザー測定値	b-a (本/ha)	b/a*100 (%)
スギ(根羽村)	対照区	26.6	28.3	1.6	106.2	700	600	100	85.7
	普通間伐区	26.1	28.3	2.2	108.6	464	427	36	92.2
	強度間伐区	25.5	26.7	1.2	104.7	385	346	38	90.0
	全体	26.1	27.8	1.7	106.5	503	447	56	88.9
ヒノキ(阿智村)	全体	18.7	20.9	2.1	111.3	360	311	49	86.3
カラマツ(松本市波田)	全体	25.5	26.8	1.2	104.8	319	293	26	91.8

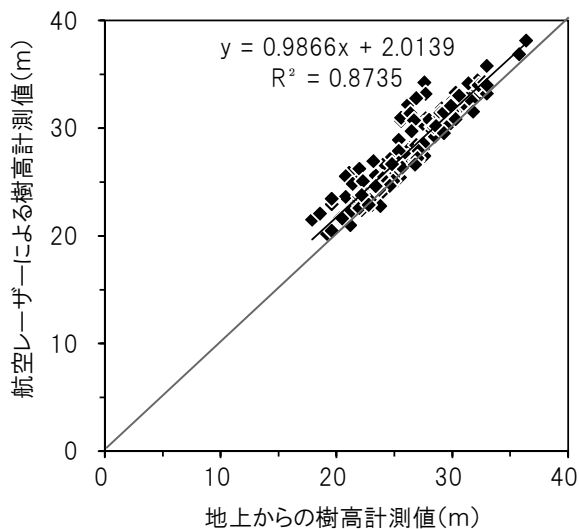


図 2-9 スギ林における航空レーザーによる樹高計測値と地上からの樹高計測値の関係

本市のカラマツ林では、航空レーザー計測値は地上計測値よりヒノキ林で 11.3% 過大、カラマツ林で 4.8% 過大であり、ヒノキはスギより過大となる可能性が示唆された。

既往の報告では、航空レーザーが必ずしも樹頂点を認識せず、樹高は過小に出ることが多いとされており、今回の検証結果と矛盾している。しかし、今回対象地とした各試験地は 40° を超える急傾斜地であり、立木がわずかに谷側に傾斜していた場合、樹頂点とその直下の地上高との差は大きくなると考えられる(例えば、斜面傾斜 40° で、樹高 25m の立木が谷側に 3° 傾斜していた場合、航空レーザーでは計算上 1.56m 過大となる)。また、地上から Vertex 等を用いて計測した場合でも、計測者から見て立木が前方に傾いていれば測定値は実際の樹高より過小、手前に傾いていれば過大となる。今回の地上計測では立木の山側から測定していることが多かったことから、航空レーザー計測との差が増幅された可能性もある。今後は、

航空レーザーによる樹高計測値の補正を検討しつつ、各造林樹種の高齢級に対応した樹高成長曲線の作成が必要である。

2.4 航空レーザー測量データを活用したカラマツ樹高成長曲線の調製の試行

2.4.1 調査方法

これまでに長野県において作成されたカラマツの樹高成長曲線は、昭和 58 年、平成 3 年、平成 17 年のものがある。平成 3 年以降の樹高成長曲線は、長伐期施業に対応するために当初には少なかった 60 年生以上のカラマツ人工林の樹高データを追加してきた。それらのうち 80 年生以上のデータは、平成 3 年に 9 点、17 年に 16 点加えられたが、17 齢級以上の点数は全体の 10% 未満であり、多くの市町村で長伐期施業の基準としている 80 年生以上の成長を予測するためには、さらなる精度の向上が望まれる。そのため今回は、航空レーザー測量(以下、航空レーザー)によって得られたカラマツ林分の単木樹高データを活用し、既往のデータに加えて樹高成長曲線を作成することを試みた。

平成 28 年度に長野県林務部森林づくり推進課が実施した「山地災害の危険度情報整備事業(森林情報解析等業務委託)」から、航空レーザーによって得られた全県の単木樹高データを利用して、森林簿から抽出した 17 齢級以上のカラマツ人工林で混交歩合 100%、面積 1 ha 以上の林分から 99 林分を抽出した(航空レーザーは平成 26 年度計測)。委託業務では樹種判定も行われていたため、これらの林分で樹種がカラマツと判定された立木の平均樹高を求め、既往の林分データから平均樹高と平均上層樹高の回帰式を作成し、各林分の平均上層樹高を求めた。これらの上層樹高を森林簿の林齢と対応させ、既往のデータと合わせて 386

林分の林齢と上層樹高から樹高成長曲線を調製した。成長予測式は、修正指数式、コンペルツ式、ロジスティック曲線、リチャード関数、ミッチャーリッヒ式の5種類を検討した。それぞれの予測式の各係数は、Microsoft Excel のソルバー機能を使用し、予測値と元データの残差平方和が最小となる値を決定した。

2.4.2 結果と考察

抽出した 17 齢級以上のカラマツ人工林の上層樹高と林齢の関係は、既往のデータの延長線上にあり、概ね適合していると考えられた(図 2-10)。5 種類の予測式による予測値と元データの残差平方和が小さかった順に並べると、ロジスティック曲線<ゴンペルツ式<リチャード関数<修正指数=ミッチャーリッヒ式であったが、予測式はほぼ同一線上に重なり、各予測値の差はわずかであった。平成 3 年に調製されたミッチャーリッヒ式による樹高曲線と比較すると、今回の同式による予測値は全体的に平成 3 年時の予測値を下回り、25 年生で-4.1%、50 年生で-2.2%、100 年生では-1.5%で、若齢級であるほど低い値が出る結果となった。なお、今回追加したデータのうち 100 年生以上のものは 5 か所にすぎないため、今後、抽

出条件のうち混交歩合や面積の基準をやや緩和して再抽出し、対象林分を増やすことも検討したい。

3 高齢級人工林に対応した施業技術の検討

3.1 伐木造材作業の生産性に及ぼす単木材積の影響

3.1.1 調査方法

高齢級人工林では、胸高直径が太く単木材積が大きい個体が多く存在することから、伐出作業の生産性向上が期待されている。一方で、取り扱う径級が大きくなることによって、作業の危険性が増大することや、使用機械の能力の最大径に近い場合には作業効率の低下も懸念されている。そこで、胸高直径の大径化が伐倒及び造材作業の生産性に与える影響を明らかにするため、カラマツ人工林の皆伐作業の工期調査を行い、個体ごとの各作業の生産性を解析した。解析対象とした作業工期は、2014 年 10 月に行った浅間山国有林 2030 へ林小班における皆伐作業の工程のうち、チェーンソーによる伐倒作業及びプロセッサによる造材作業(チェーンソー併用も含む)とした。

3.1.2 結果と考察

伐倒作業の生産性は、伐倒木の単木材積との間に

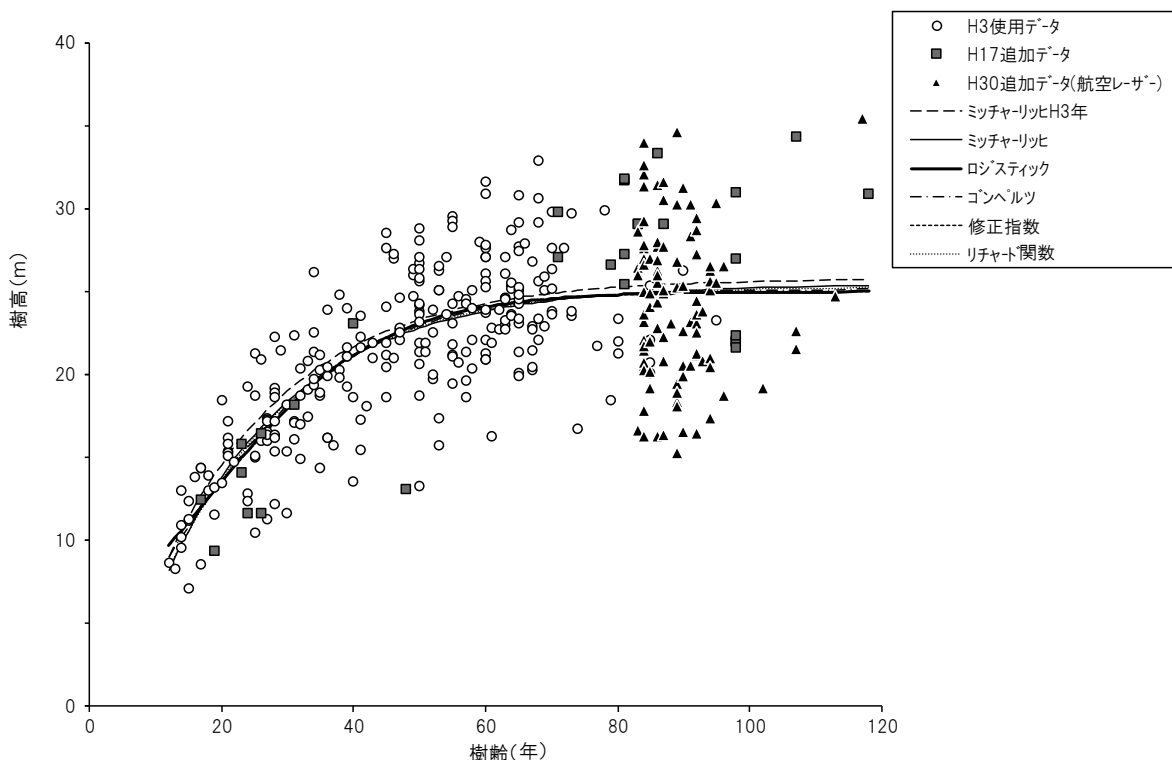


図 2-10 航空レーザー測量データを使用したカラマツ樹高成長曲線

正の相関関係が認められた (図 3-1, $R=0.56$)。しかし、伐倒生産性は単木材積が 1.2m^3 程度の場合に最大値を記録していることや、単木材積が 2m^3 を超えた場合に必ずしも高くなっておらず、大径化による作業性の低下が示唆された。一方、造材作業の生産性についても、立木 1 本あたりの素材

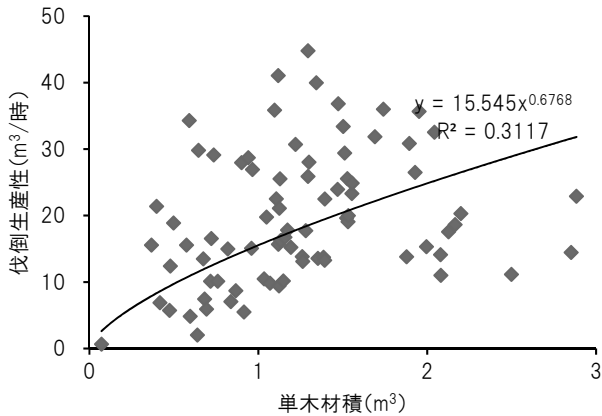


図 3-1 伐倒生産性と単木材積の関係

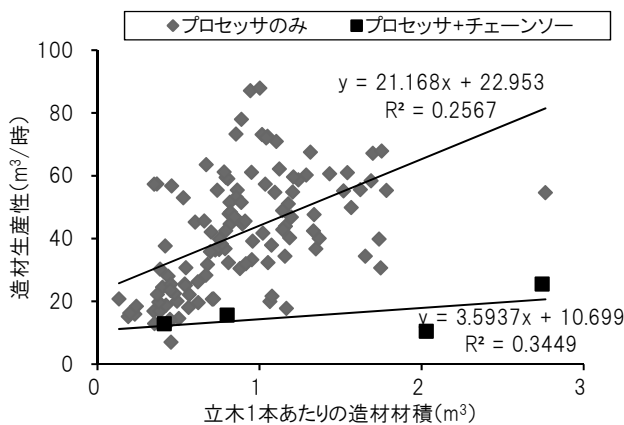


図 3-2 造材生産性と素材材積の関係

※造材生産性はプロセッサ及びチェーンソーによる純粋な造材時間によるもので、付帯作業は含まない

材積との間に正の相関関係が認められ (図 3-2, $R=0.51$) たが、プロセッサのみによる造材作業に比べてチェーンソーを併用した作業は造材材積が大きくなっても生産性が向上しにくい傾向がみられた。以上のことから、単木材積の増大は生産性の向上に寄与するものの、安全に伐倒できるサイズや従来の機械が取り扱えるサイズを超えると生産性は低下することが確認された。

3.2 2回目列状間伐の間伐手法の検討

3.2.1 調査方法

過去に 2 残 1 伐の列状間伐が行われた林分においては、残った 2 列を点状に間伐し過去の伐採列を利用して木寄せする、という方法が残存木の均等配置を考える上で望ましい。しかし、当センターの試験でこのような方法によって伐採を行った場合、過去の伐採列に伐倒することは比較的困難であり、かかり木も発生しやすかった (大矢ら 2015) ことから、今回はこの方法に加えて 2 種類の列状間伐を行い、各伐採方法の伐倒生産性を比較するとともに、残存木の損傷がどの程度発生するのか検証した。

19 年前の平成 8 年度に 2 残 1 伐の列状間伐が行われた南佐久郡佐久穂町の屋敷入奥国有林の 50 年生カラマツ人工林 (立木密度 650本/ha 、平均樹高 15.6m 、平均胸高直径 19.9cm) において、列状間伐区、点状間伐区、斜め列状間伐区の 3 区分の伐採区を設定した (図 3-3)。列状間伐区では、現在残存している列 3 列分のうち 1 列を最大傾斜方向の下方に伐倒した。点状間伐区では残存列の中から伐倒木を点状に選木し過去の伐採列に入るよう伐倒した。斜め列状間伐区では、最大傾斜方向に対して斜め 45° の方向に伐採帯を約 3m 、残

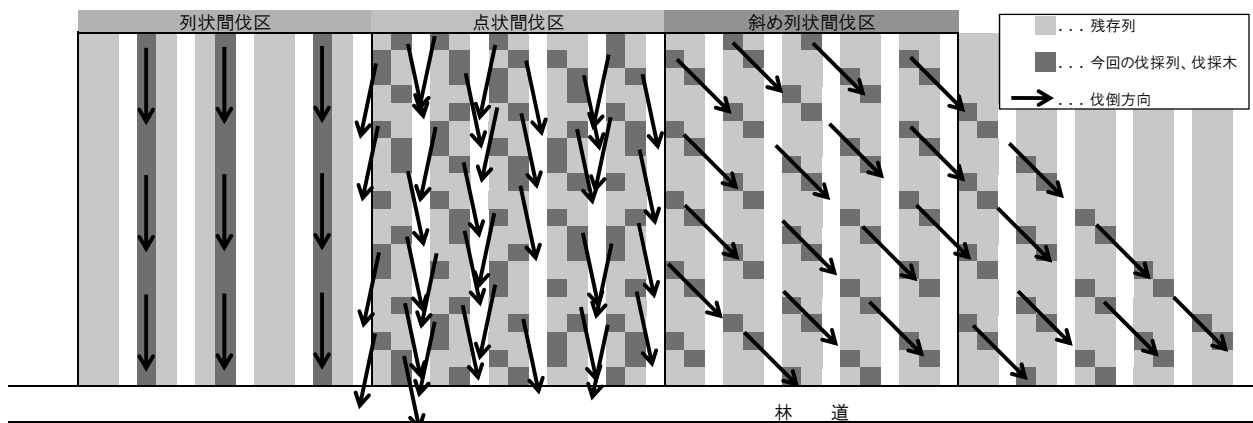


図 3-3 2残1伐実施林分における2回目間伐試験 概念図

存帯の幅を約6mの幅で交互に設定し、斜め45°下方に伐倒した。各伐採区の面積は0.2ha(40m×50m)とし、作業システムは、伐倒はチェーンソー、木寄せはトラクタのウィンチ、造材はプロセッサ、集材はフォワードダとした。各作業工程をビデオカメラで撮影し作業時間と処理材積から工程ごとの労働生産性を算出した。なお、造材と集搬の各工程については各伐採区とも共通の生産性とし、システム全体の労働生産性は完全直列作業として算出した。

3.2.2 結果と考察

各伐採区におけるシステム全体の労働生産性は、列状間伐区が最も高く6.4m³/人日、次いで点状間伐区が4.4m³/人日、斜め列状間伐区は最も低く3.4m³/人日となった(表3-1)。工程ごとの内訳を見ると、伐倒、木寄せとも列状、点状、斜め列状の順で労働生産性が高かった。列状間伐区では、伐倒時にかかり木が発生しなかったのに対して、点状間伐区では45%、斜め列状間伐区では31%の伐倒木がかかり木状態となったため、これらを木寄せする際に慎重に作業を進める必要があったことが、作業時間を増大させた原因と推察された。加えて、斜め列状間伐区では、伐倒方向や伐採幅の見極めに時間を要していた。なお、伐出コストは列状では約6,600円/m³、点状では約9,400円/m³、斜め列状では約12,400円/m³と試算され、列状間伐が最も低コストと評価された(図3-4)。

次に、残存木の損傷を本数割合の損傷率で示すと、斜め列状では0%、列状では2%、点状では8%であった(表3-2)。点状では伐採列に伐倒することを意識したもののかかり木になる伐倒木が多く、木寄せ時に必ずしも過去の伐採列を利用できなかったことが損傷率を高めた原因と考えられた。斜め列状では上げ荷による全木集材であったため、材のずり落ちが起きても枝葉によって摩擦が軽減されたものと推察された。

これらの結果から、過去に2残1伐の列状間伐を行った林分での間伐は、残存木の均等配置や期待される肥大成長効果を考えると点状間伐が望ましいものの、生産性やコスト、残存木損傷の面からは、通常の間伐を再度行うことが現実的な選択肢となる可能性が示唆された。

表 3-1 各伐採区の工程ごとの労働生産性 (m³/人日)

	列状	点状	斜め列状
伐倒	103.3	59.1	50.6
木寄せ	9.8	6.1	4.3
造材	74.4	74.4	74.4
集搬	31.3	31.3	31.3
システム全体	6.4	4.4	3.4

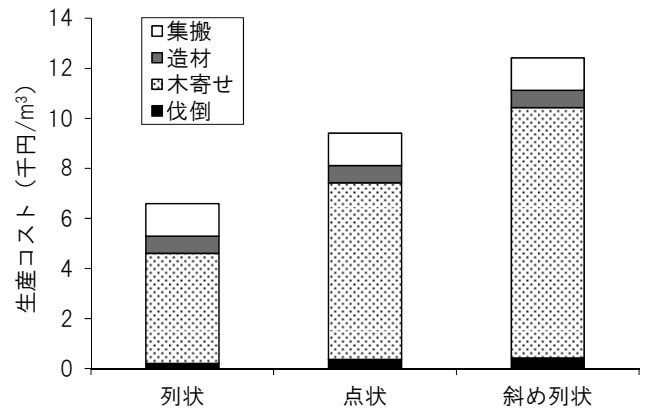


図 3-4 各伐採区における素材生産コスト(直接費)

表 3-2 各伐採区における残存木損傷率

	列状	点状	斜め列状
伐採本数	43	38	22
残存木本数	97	88	100
伐採率 (%)	30.7	30.2	18.0
損傷本数	2	7	0
損傷率 (%)	2.1	8.0	0.0

4 まとめ

本研究では、高齢級の人工林を管理するうえで必要な成長特性の把握と成長予測のための新たな樹高推定技術の検討を進めた。胸高直径と樹冠占有面積、また胸高直径と樹冠長には比例関係があることが確認されたことから、壮齢期までに下枝が極度に枯れ上がる過密状態になることは避けるべきであることが再認識された。風害等への耐性が期待できる樹冠長率の目安は60%程度以上(藤森2003)とされていることから、立木密度を適切に保つことは重要である。また、近年のリモートセンシング技術を活用することによって、これまで困難だった広範囲における樹種別の樹高推定が可能になってきた。今後は、これらの技術を活用して高齢級人工林の樹高データを広範に取得し、より高齢級に対応した樹高成長曲線を調製することにより、収穫予想精度を高めていくことが必要

である。

高齢・大径材の素材生産に向けた生産性の把握と間伐作業方法については、単木材積の増大による生産性の向上が図れる反面、プロセッサ等の機械が取り扱える径級を超えた場合にはチェーンソー造材が必要となり生産性が低下することが浮き彫りとなった。今後は大径材に対応したサイズの機械の導入が求められ、それとともに路網の幅員や路体強度等も見直す必要がある。

人工林資源の充実により皆伐・再造林の動きが加速しているものの、現実的には主伐に踏み切る森林所有者はまだ少数派である。今後も高年齢人工林の健全性を保ちながら管理・育成するための技術開発の推進が求められる。

謝辞

本研究の実施にあたっては、佐久森林組合、(有)須江林産、双葉林業合資会社、林野庁東信森林管理署、佐久・南信州・松本地域の各地域振興局林務課、長野県林務部森林づくり推進課の皆様にご多大なるご協力をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

- 藤森隆郎 (2003) 新たな森林管理 持続可能な社会に向けて. 428pp, 全普協, 東京.
- 古川仁 (2002) 高齢ヒノキの樹高成長. 中森研 50 : 17-18.
- 古川仁 (2004) 高齢カラマツの樹高成長. 中森研 52 : 1-2.

- 片倉正行 (2005) Excel 版簡易収穫予測表. 長野県林総セ ミニ技術情報 44 オンライン, (URL : <https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/joho/minigijutsu/documents/mini44.pdf>) 2020. 1. 28
- 片倉正行・山内仁人・古川仁 (2005) ヒノキおよびカラマツ人工林の長伐期施業に関する研究. 長野県林総セ研報 19 : 1-16
- 長野県林務部 (1983) 長野県民有林 カラマツ・スギ表系・スギ裏系 人工林林分材積表・人工林収穫予想表. 78pp.
- 長野県林務部 (1984) 長野県民有林 アカマツ・ヒノキ 人工林林分材積表・人工林収穫予想表. 66pp.
- 長野県林務部 (1991) 長野県民有林 カラマツ人工林・長伐期施業の手引き. 115pp.
- 長野県林務部 (2019) 長野県民有林の現況. オンライン, (<https://www.pref.nagano.lg.jp/rinsei/sangyo/ringyo/toukei/minyurin/r1.html>) 2020. 1. 28
- 大矢信次郎・近藤道治・戸田堅一郎・中澤昌彦・高野毅・小林直樹 (2015) 針葉樹人工林の健全化のための森林管理技術の確立. 長野県林総セ研報 29 : 1-16.
- 大矢信次郎 (2018) 114 年生カラマツ人工林の梢端年輪解析による直近数十年間の樹高成長特性. 中森研 67 : 21-22.