

カラマツ天然更新林分における間伐時の生産性

信州大学農学部森林科学科 4年 ○ 松永 宙樹
助教 齋藤 仁志
教授 植木 達人

要旨

カラマツ天然更新の施業体系確立に向けて、成林したカラマツ天然更新林分における列状間伐時の生産性を人工林と比較しました。その結果、立木配置では両林分でやや違いが見られたものの、直径階や歩留りにバラつきや差は確認されませんでした。作業時のシステム労働生産性は人工林でやや高くなりました。伐倒時の要素作業に注目すると、天然更新林分では選木および列の確認で作業時間が増加していることが確認されました。

はじめに

近年、長野県内ではカラマツの素材生産量が増加傾向にあります(図-1) (1)。施業体系の中で造林や下刈り作業等の経費は全体の8割に上るといわれ(図-2) (2)、再造林放棄も問題となっています。これらのことから、人工植栽に頼らない天然下種更新等や下刈り作業の省力化による保育経費削減と造林技術の多様化と確立が求められています (3)。

カラマツの天然更新に関してはこれまで、北海道を中心に伐採から更新への誘導や発生後の初期成長に関する研究がなされており(五十嵐 1987, 伊藤 1996) (4) (5) (6)、天然更新を成功させる条件として、A層の除去を目的とした地表面の掻き起こしや、稚樹の要求する光環境を確保するための比較的大きめのギャップが必要といった条件が明らかにされています。一方、更新後の成林の可否や成長状況に関する研究は少なく、成林後の保育や間伐作業に関する研究は行われていません。今後、カラマツ林業において天然更新の可能性を考えていくうえで、成林後の保育および間伐についての探索を行うことは、施業の体系化や現場での導入を検討する上でも不可欠な観点といえます。特に、民有林面積の50%以上をカラマツが占める長野県においては、森林資源の活用や資源量の確保のためにもカラマツ天然更新施業に関する研究が必要であると考えられます。

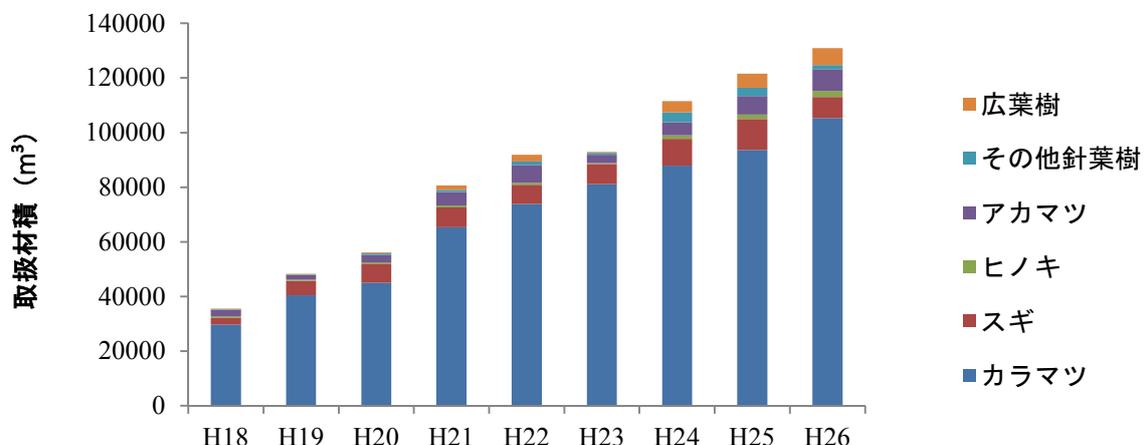


図-1 年度別東信木材センター原木取扱量

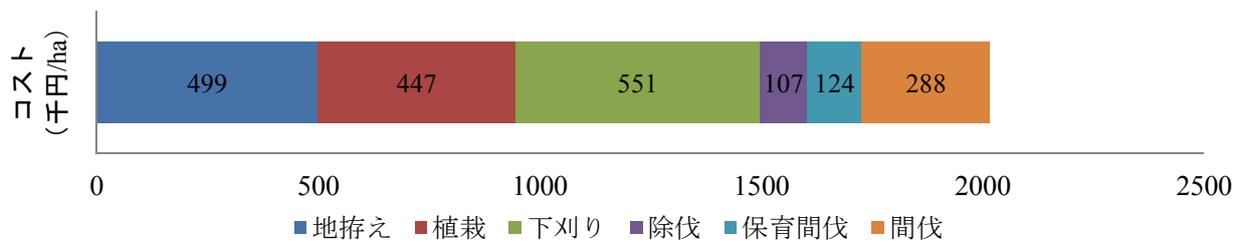


図-2 カラマツ育林経費

そこで本研究では、カラマツ天然更新の施業体系確立を進めていくために、カラマツ天然更新林分における列状間伐時の生産性を明らかにし、人工林と比較することを目的としました。

1. 調査地概要

調査地は長野県北佐久郡御代田町の浅間山国有林カラマツ天然更新試験地の 2027 林班わ小班（天然更新区）およびか小班（人工植栽区）です。この試験地はカラマツ天然更新の誘導および成林の可否、成林後の動態を把握するため 1985 年 10 月に設置されました（表-1）（図-3）（7）（8）。今年度、本調査地において 2 残 1 伐（33%伐採率）の計画で列状間伐が実施されました。

表-1 試験地地況および林況

| | |
|------|---------------------------------------|
| 面積 | 天然更新区（わ小班）：1.08ha 人工植栽区（か小班）：約 2ha |
| 標高 | 1,100m |
| 傾斜 | 6～10° |
| 土壌型 | BLD(d) |
| 林齢 | 29 年生 |
| 調査期間 | 2015.7～2015.11 |



図-3 調査地

わ小班およびか小班的のそれぞれに 30m×40m (0.12ha) のプロットを設置しました（図-4）。列状間伐の条件をそろえるため、作業道に関しては両プロットの斜面下方向に接する線形で作設しました。間伐前、プロット内の立木は形質不良木が多く、天然更新区では特に枯死木が多く見受けられました。また、カラマツ林で光環境が良好なため、林床にはササのほかにニガイチゴやタラノキなどの棘の多い植物が多く確認できました。

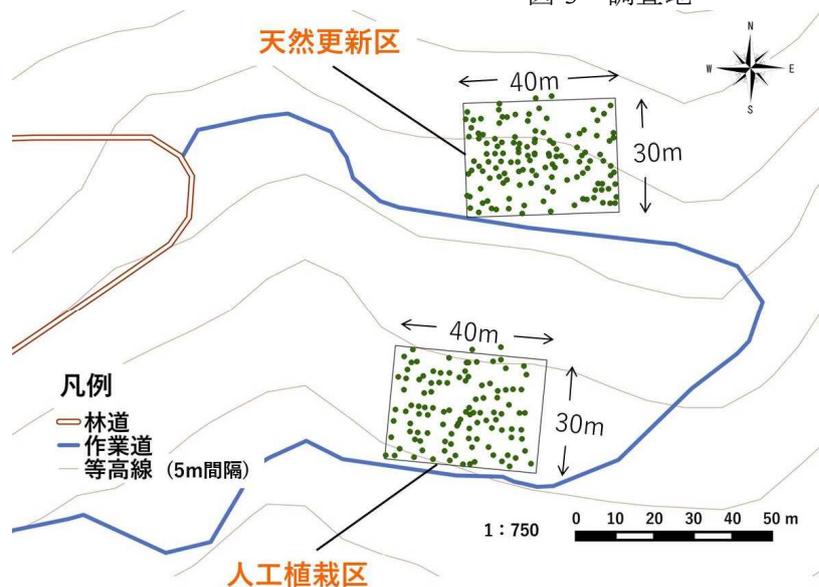


図-4 調査プロット

2. 研究方法

一般的に天然更新林分では、方形状に植栽される人工林と異なり立木の配置は更新時の種子散布に左右されるため、施業を行うレベルでみた場合、配置がランダムになり、密な部分と疎な部分が生じると考えられます。立木の配置は個体間競争に大きく影響し、木材生産の上で重要な直径方向の成長に特に効いてきます。また、列状間伐の際の立木間の移動や選木といった作業の効率にも影響があると考えられます。したがって本研究では天然更新に特徴的と考えられる要因が、間伐時の生産性に影響を及ぼすかを検討しました。

まず、列状間伐の行われる林分において、作業が行われる前に、わ小班（天然更新区）およびか小班（人工植栽区）に設置したプロット内の立木位置および毎木調査を実施し、林分状況を把握しました。さらに、間伐の作業時に、伐倒から運材・樅積みまでの各工程においてビデオカメラによる工程調査を行い、山土場および市場において仕分けされた材の割合を把握しました。

林分調査のデータから、K 関数法 (Ripley1976) (9) を用いた立木配置の評価を行い、直径階のバラつきと差を両林分において統計解析により検定しました。工程調査のデータを時間解析し、各工程の生産性および列状間伐の作業におけるシステム生産性を算出しました。生産性と各機械の稼働率を考慮し、本作業におけるコストのうち、プロット内で計算可能な主作業費の算出を行いました。また、選木及び用途割合、径級の情報をもとに、木材センターにおける取引価格をそれぞれ乗じ、収益性の比較を行いました。

3. 結果と考察

(1) 林分情報

表-2 林分データ

毎木調査の結果を表-2に示します。平均胸高直径は天然更新区で18.8cm, 人工植栽区で20.2cmとなり、人工植栽区の方が若干高くなりました。この結果、それぞれの蓄積量は天然更新区で353.8m³/ha, 人工植栽区で326.8m³/haとなりました。密度は天然更新区で1,083本/ha, 人工植栽区で908本/haでした。

| | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|--------------------------|-------|-------|
| 平均胸高直径 (cm) | 19.7 | 20.7 |
| 平均樹高 (m) | 18.0 | 17.8 |
| 平均枝下高 (m) | 12.1 | 11.8 |
| 平均単木材積 (m ³) | 0.31 | 0.35 |
| 蓄積 (m ³ /ha) | 353.8 | 326.8 |
| 立木密度 (本/ha) | 1,175 | 1,058 |
| 形状比 | 96.8 | 88.8 |

(2) 立木配置

天然更新および人工林の両プロットにおいて、点過程解析の一つであるL関数を用いて立木の空間配置の評価を行いました。L関数は、RipleyのK関数法(Ripley 1976)を変換させたもので、立木の位置情報をもとに、ある立木を中心に半径rを仮想的に発生させ、その中に他の立木が何本収まるかを立木ごとに計算して算出するものです(9)。算出されたそれぞれの関数L(r)がシミュレーションによりランダム生成した点群データの配置(シミュレーション19回)をもとに得られた95%の信頼区間にどの程度当てはまっているかを見ることで、分布のパターンを確認します。このとき、算出したL関数の値が、L(r)>0のとき集中分布、L(r)=0のときランダム分布、L(r)<0のとき一様分布と評価します。L(r)の計算及びランダムパターン生成のシミュレーションは、フリー統計解析プログラムRを

用いて行いました。なお、計算の際はRのパッケージ `splancs` を用いました。パッケージ `splancs` には HPP および完全空間ランダム分布 (complete spatial randomness : CSR) を生成するコマンドが含まれています (10)。

天然更新区ならびに人工植栽区それぞれの $L(r)$ の算出結果を図-5 に示します。2~4.5m のスケールにおいて、人工林に比べて天然更新林で配置がランダムである傾向が見られました。4m 以上のスケールでは両区ともランダム分布を示していますが、立木間の競争や作業時の効率性への影響は上述のスケールを越える場合関連性がなくなると考えられるので、本研究では考慮しないこととします。

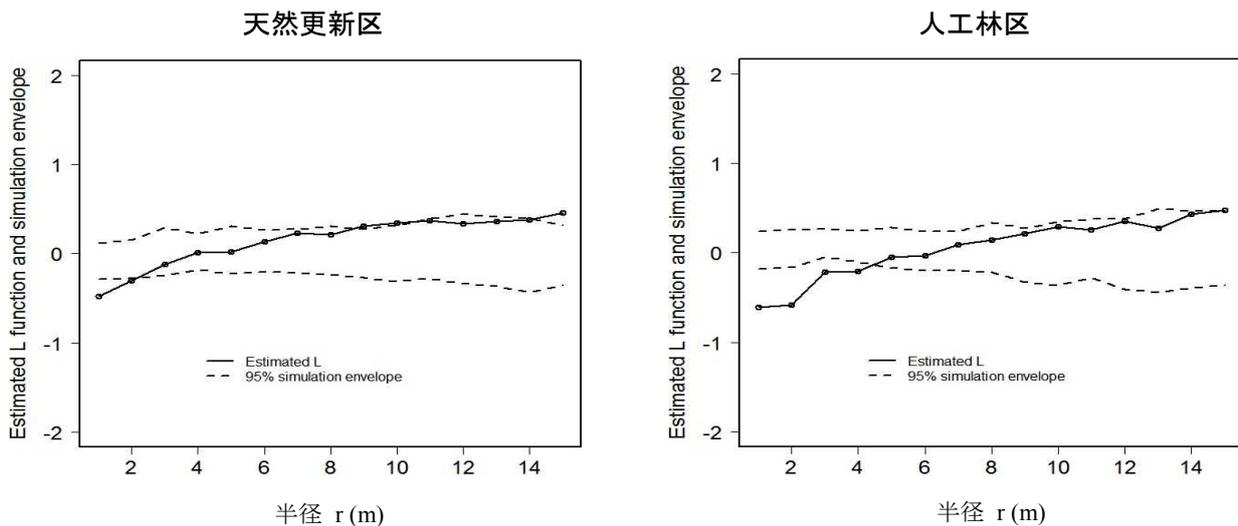


図-5 L 関数算出結果

(3) 径級について

径級のバラつきは胸高直径のデータ (表-3) をもとに評価しました。径級のバラつき及び差の評価を行うため、まず、直径階別本数分布のヒストグラム (図-6) を作成し、最初に Shapiro-Wilk の検定によりデータの正規性の確認を行いました。これにより、天然更新区および人工植栽区ともに直径階別本数分布のヒストグラムの正規性が確認できなかったため、バラつきについては Levene 検定、直径階の差については Wilcoxon の順位和検定を実行しました。その結果、径級のバラつきおよび直径階の差いずれにおいても有意な差は確認されませんでした (表-4)。したがって、天然更新でも径級のバラつき及び平均胸高直径の太さに関しては、人工植栽と差がないと考えられました。解析にはフリー統計解析プログラム R (ver.3.2.2) を用いました。

表-3 胸高直径データ

| cm | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|------|-------|-------|
| 平均 | 19.7 | 20.7 |
| 最大値 | 34.0 | 35.1 |
| 最小値 | 10.7 | 12.0 |
| 中央値 | 19.0 | 20.1 |
| 標準偏差 | 5.1 | 5.2 |

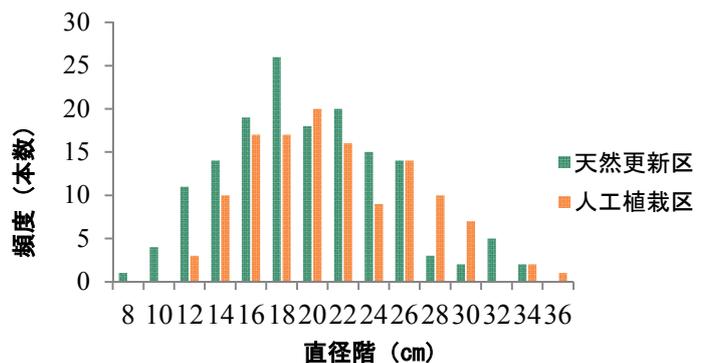


図-6 直径階別本数分布

表-4 直径階のバラつきと平均値の差

| 検定方法 | | p 値 | |
|-----------------|-------|-------|------|
| SW 検定 | 天然更新区 | 0.020 | * |
| | 人工植栽区 | 0.036 | * |
| Levene 検定 | | 0.984 | n.s. |
| Wilcoxon の順位和検定 | | 0.558 | n.s. |

* : $p < 0.05$, n.s. : 非有意

(4) 伐採後の林分

伐採後の林分は表-5 のようになりました。今回は定量間伐だったため、胸高直径、樹高、枝下高に大きな変動は見られません。一方、計画上は2残1伐の伐採率33%の列状間伐ですが、プロット内の伐採率は天然更新区で38.2%、人工植栽区で26.4%となり、この結果伐採後のプロット内の立木密度は675本/haと両区で同じ値になりました。天然更新区においては立木の列が明瞭でないため、約2m幅を基準として作業員が目視により伐採列を決定しながら作業を進めました。

表-5 伐採後林分データ

| | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|-----------------|-------|-------|
| 平均胸高直径 (cm) | 19.4 | 20.3 |
| 平均樹高 (m) | 18.5 | 17.9 |
| 平均枝下高 (m) | 12.3 | 12.1 |
| 立木密度 (本/ha) | 675 | 675 |
| 蓄積 (m^3/ha) | 236.2 | 245.8 |
| 本数伐採率 (%) | 38.2 | 26.4 |
| 材積伐採率 (%) | 33.2 | 24.8 |

(5) 生産性

ア. 作業システム

今回の列状間伐の作業システムを図-7に示します。はじめに、人工植栽プロットのチェーンソーによる伐倒作業を先行して行い、列が伐開されたところでウィンチ付きグラップルが後から集材を行うかたちで作業が進められました。プロット内の伐倒および集材がすべて終了後、プロセッサによる造材及びフォワーダによる運材の作業が入りました。天然更新区においても同様の流れで作業が行われました。伐倒及び集材時のプロット内での作業員数は3、造材及び集材時は2人でした。それぞれの工程ごとの作業員数は、集材のウィンチ工程は二人、それ以外は一人として取り扱いました。



図-7 作業システム

イ. 労働生産性

時間解析により、天然更新区、人工植栽区それぞれの間伐時の生産性を算出しました(表-6, 表-7)。1を工期ごとの生産性の逆数の和で除したもの(各工期の調和平均)(式(1))に機械ごとの稼働率(式(2))および工期数 m を乗じ、本作業におけるシステム生産性を算出しました(式(3))。これに一日の実労働時間(=6時間)を乗じ、各工期の作業員数を考慮して述べ作業員数で除することでシステム労働生産性(式(4))が算出されます(11)(12)。本作業におけるシステム労働生産性は、天然更新区で $4.58\text{m}^3/\text{人日}$ 、人工植栽区で $5.18\text{m}^3/\text{人日}$ となり人工植栽区の方がやや高い値を示しました。これはグラップル作業を除く各工期でそれぞれ、人工植栽区で天然更新区と比較してやや高い生産性になった結果と考えられます。

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{P_i}} \quad \dots(1)$$

P_0 : システム生産性 (m^3/h) (稼働率を考慮しない場合)

k_s : 稼働率

$$K_s = \frac{\sum_{j=1}^5 k_{sj}}{m} \quad \dots(2)$$

P^A : システム生産性 (m^3/h)

P_L : システム労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人日}$)

$$P^A = m \times k_s \times P_0 \quad \dots(3)$$

m : 工期数

$$P_L = \frac{P^A \times 6}{W_t} \quad \dots(4)$$

W_t : 述べ作業員数

1: チェーンソー, 2: グラップル (ウィンチ付きグラップル),

3: ウィンチ (ウィンチ付きグラップル), 4: プロセッサ,

5: フォワーダ

表-6 時間解析結果 (天然更新区)

| 作業種 | 作業機械 | サイクル数 (回) | セット人員 (人) | 取扱材積 (m^3) | 生産性 (m^3/h) |
|--------------------------------------|--------|--------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|
| 伐倒 | チェーンソー | 54 | 1 | 14.76 | 8.04 |
| 集材 | グラップル | 26 | 1 | 9.01 | 10.63 |
| | ウィンチ | 13 | 2 | 3.17 | 4.17 |
| 造材 | プロセッサ | 54 | 1 | 10.85 | 5.22 |
| 運材 | フォワーダ | 3 | 1 | 11.06 | 5.94 |
| システム労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人日}$) | | | | | 4.58 |

表-7 時間解析結果 (人工植栽区)

| 作業種 | 作業機械 | サイクル数 (回) | セット人員 (人) | 取扱材積 (m^3) | 生産性 (m^3/h) |
|--------------------------------------|--------|--------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|
| 伐倒 | チェーンソー | 29 | 1 | 10.05 | 8.87 |
| 集材 | グラップル | 26 | 1 | 9.47 | 9.91 |
| | ウィンチ | 15 | 2 | 4.99 | 5.60 |
| 造材 | プロセッサ | 29 | 1 | 7.35 | 5.89 |
| 運材 | フォワーダ | 2 | 1 | 6.96 | 6.23 |
| システム労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人日}$) | | | | | 5.20 |

ウ. 伐倒時の生産性

伐倒工程に注目して要素作業ごとに作業時間と生産性を見ていきます。伐倒工程における生産性 P は、取扱材積の和を作業時間の和で除することで算出しました。要素作業は移動+下層植生の刈り払い、伐倒、掛かり木処理、付帯作業および選木・伐採列の確認の5つとしました。なお、この要素作業が一回り行なわれたものを基本的に1サイクルとして扱いました。

分析の結果、伐倒作業の時間を要素作業別に見てみると「伐採列の確認」および「掛かり木処理」で天然更新区の方が時間を要していることが明らかになりました(図-8)。前述の立木配置がランダムであった結果、伐倒工程においては、列の確認と掛かり木処理において時間を費やすことになり、生産性が低下していることが確認されました。

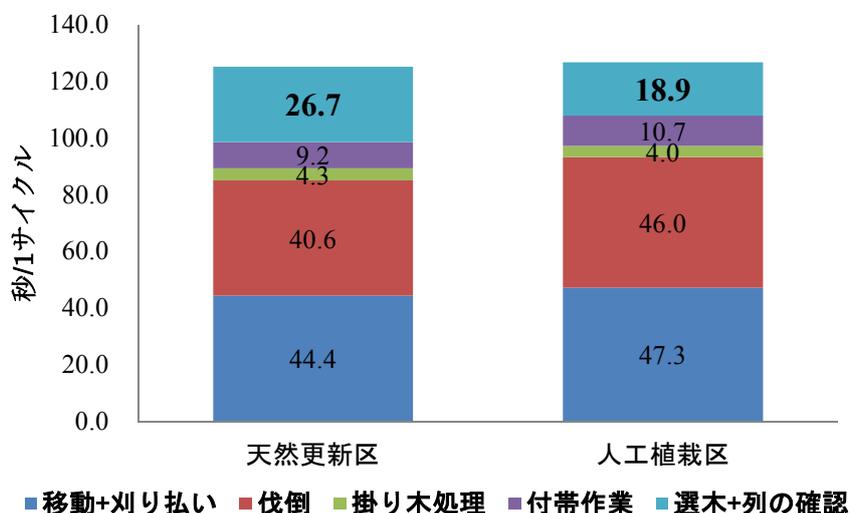


図-8 伐倒工程要素作業別時間

エ. 集材時(ウィンチ工程)の生産性

集材(ウィンチ)工程についても、伐倒作業と同様に集材工程における生産性 P は、取扱材積の和を作業時間の和で除することで算出しました。時間解析の結果、集材(ウィンチ)工程の生産性は、天然更新区で $4.17\text{m}^3/\text{h}$ 、人工植栽区で $5.60\text{m}^3/\text{h}$ となり、人工植栽区がやや高い値となりました(表-8)。要因を分析したところ、一サイクルに時間を要するウィンチ工程においては、単木材積の差が、生産性に影響したと考えられました。また、集材ラインに注目すると、天然更新区で11本、人工植栽区で8本となっています(表-8)。伐採率が高かったこと、伐採列が複雑だったことから、集材線が天然更新区の方が多くなり、これが手間となり生産性も下がったことが考えられます。

表-8 集材(ウィンチ)工程解析結果

| | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|-------------------------------|-------|-------|
| 集材ライン(本) | 11 | 8 |
| 生産性 (m^3/h) | 4.17 | 5.60 |
| 単木材積 (m^3) | 0.24 | 0.33 |
| 平均作業時間(秒) | 210 | 214 |

オ. 歩留りについて

林分調査結果および造材検知結果から単木ごとの歩留りを求めたところ、両区ともに約75%と同程度の結果となりました。また、作業の結果、計画及び林分全体としては同じ伐採率33%でも、プロット内では天然更新区よりも人工植栽区で伐採率が高くなり、天然更新区の方が伐倒本数及び出材積の値が大きくなりました(表-9)。

表-9 造材結果と歩留り

| | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|-------------------------|-------|-------|
| 伐倒本数(本) | 54 | 29 |
| 平均単木材積 (m^3) | 0.28 | 0.32 |
| 平均丸太材積 (m^3) | 0.21 | 0.25 |
| 出材積 (m^3) | 10.85 | 7.35 |
| 歩留り (%) | 74.3 | 73.6 |

単木材積は伐倒木についても天然更新区で小さい値を示しました。両区で伐倒本数が異なるため(天然更新区:n=54本, 人工植栽区:n=29本) f検定およびt検定を行って単木ごとのバラつきと差を確認しましたが, ともに両区の間有意差は認められませんでした(表-10)。

表-10 バラつきと差の検定

| 検定方法 | | p 値 | |
|----------------------|-------|-------|------|
| 正規性の確認 (SW 検定) | 天然更新区 | 0.355 | n.s. |
| | 人工植栽区 | 0.090 | n.s. |
| 単木ごとの歩留りのバラつき (f 検定) | | 0.225 | n.s. |
| 歩留りの差 (t 検定) | | 0.354 | n.s. |

** : p<0.01, * : p<0.05, n.s. : 非有意

(6) 主作業費

伐出コストは直接費と間接費の和です。このうち直接費はさらに主作業費と副作業費に分けられますが, 今回は, 天然更新区と人工植栽区それぞれで差があると考えられる主作業費に注目しました。主作業費は機械ごとの固定費および変動費の和から, 式(5), 式(6), 式(7)より算出しました。この結果, 時間当たりの主作業費は天然更新区で5,768円/m³, 人工植栽区で5,542円/m³となりました(表-11)。

$$\text{固定費(円/m}^3\text{)} = \text{時間あたり固定費/時間あたりシステム生産性} \quad \dots(5)$$

$$\text{変動費(円/m}^3\text{)} = \frac{\sum(\text{各機械ごとの変動費} \times \text{作業ごとの取扱材積}) / \text{時間あたりシステム生産性}}{\text{出材積}} \quad \dots(6)$$

$$\text{人件費(円/m}^3\text{)} = \frac{\sum(1 \text{ 人分の時間あたり人件費(2,500 円)} \times \text{各作業ごとの人員数})}{\text{各作業ごとの取扱材積}} \quad \dots(7)$$

表-11 主作業費

| (円/m ³) | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|---------------------|-------|-------|
| 固定費 | 2,298 | 2,031 |
| 変動費 | 1,190 | 1,257 |
| 人件費 | 2,281 | 2,255 |
| 合計 | 5,768 | 5,542 |

(7) 選木・用途割合

山土場では, 市場に用材として搬出される4m材とパルプ・チップ材として搬出される2m材に分けて造材が行われました。運材時はそれぞれ分けて運び, 天然更新区からの用材(センター行き), パルプ・チップ材, 人工植栽区からの用材(市場行き), パルプ・チップ行きの3山に分けて極積みが行われました。

市場に搬入された材はセンターにおいてさらに選木が行われ, 直, 曲がりおよびパルプ・チップに分けられます。木材センターでの選木も含めた最終的な用材割合および用途割合を図-9に示します。なお, 選木にあたっては東信木材センターに依頼し, 選木機による作業を他の材と分けて行い, それぞれの用途割合を把握しました。

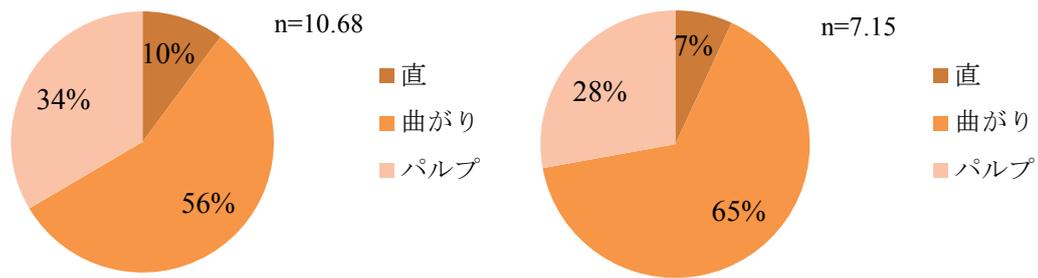


図-9 用途・用材割合（人工植栽区）

選木の結果、最終的に直および曲がりを合わせた用材の割合は人工植栽区の方がやや高めとなりました。一方、直材の割合では天然更新区の方がやや高めとなり、材の単価が影響すると考えられる用途・用材の割合において両区間に大きな差は認められない結果となりました。

(8) 間伐の収益性

東信木材センターが一般に公開している取引単価（13）をもとに径級ごとの単価にそれぞれのプロットから搬出された材積を乗じて、販売価格を算出しました。結果、それぞれから出材される材の単価は直材の場合、天然更新区で7,210円/m³、人工植栽区で7,443円/m³と人工植栽区の方が高くなりました。一方、曲がり材に注目すると天然更新区で5,067円/m³であったのに対して人工植栽区で5,051円/m³と同程度となりました。パルプ・チップ材は、山土場で仕分けられて直送されるものは一律2,500円/m³、一度市場に搬入された後に選木されたものは一律1,500円/m³でした。これらを考慮し、プロット内のものを合計して出材積で除した結果、それぞれのプロットごとの単価は、天然更新区で4,322円/m³、人工植栽区で4,229円/m³となりました。選木結果（図-10）においては、直材の単価は人工植栽区で高くなりましたが、材の割合は天然更新区が高かったため、結果的に最終的な単価は天然更新区がやや高くなったと考えられます。前述の主作業費との差を見みると（表-12）、天然更新区で-1,446円/m³、人工植栽区で-1,313円/m³となり、人工植栽区でやや有利な値を示しました。また、今回の両プロット全体からの収益を見ると、主作業費は天然更新区で57,551円、人工植栽区で39,114円となっています。一方、材による収入は、天然更新区で43,108円、人工植栽区で27,211円となりました。この結果、プロットごとに収入から主作業費を引いた値を見ると、天然更新区で-14,443円、人工植栽区で-11,903円となりました。母数が異なるため、コストカバーの面でどの程度全体で賄えているかを確認すると、収益に対する主作業費の割合は、天然更新区で133.50%、人工植栽区で143.74%と天然更新でやや低い値となりました（表-21）。立木時点の径級や造材時の歩留りに差がなかったことから、最終的な用途割合においても、天然更新区からの材が不利になることはなく、むしろやや高く評価される結果となりました。

表-12 主作業費と販売価格

| 総額(円) | 天然更新区 | 人工植栽区 |
|-----------------|---------|---------|
| 伐出コスト（主作業費） | 57,551 | 39,114 |
| 販売収入（取引価格） | 43,108 | 27,211 |
| 差 | -14,443 | -11,903 |
| 収益に対する主作業費割合(%) | 133.50 | 143.74 |

おわりに

本研究では、成林したカラマツ天然更新林分の構造、特に立木配置と直径階の径級のバラつきと差に注目して間伐時の生産性を人工林と比較しました。立木配置に関しては、L 関数により定量的に評価すると天然更新林分と人工植栽林分で分布の評価が若干異なることが確認されました。

列状間伐の作業においては、伐倒時作業員がその場で列を設定し伐り進んでいくスタイルであったため、形質不良木および立木配置を考慮する定性間伐に比べて、生産性は林分構造に影響を受けにくい作業条件でした。しかし、それでも伐倒作業に注目すると若干の差が確認でき、単木材積に加えて、立木配置が収穫作業において生産性に影響することが明らかになりました。

材の価格評価では、両区において、径級のバラつきや直径階、さらには歩留りに差が見られなかったことから、天然更新による材が劣ることはないという事実を示す結果となりました。

本研究では、カラマツ天然更新林分の間伐時の生産性は人工植栽林分に比べて下がるということが確認されましたが、収益性に大きな差は見られないことが明らかになりました。冒頭に述べたように、更新誘導段階でコスト削減が可能であれば、その後の除伐費用を考慮しても、収支の面で天然更新が有利になる可能性が示唆されました。今後も施業の体系化を目指して、他事例の検討や、カラマツ天然更新施業における除伐や主伐等の未開拓の部分の解明していく必要があります。

参考文献

- (1) 東信木材センター協同組合連合会資料 (2015)
- (2) 岩手県 (2014) 岩手県低コスト再造林事例集. 岩手県農林水産部森林整備課
- (3) 林野庁 (2005) 人工林における天然更新技術に関する報告. (財) 国際緑化推進センター (林野庁委託調査)
- (4) 五十嵐恒夫・矢島崇・松田彊・夏目俊二・滝川貞夫 (1987) カラマツ人工林の天然下種更新. 北大演報 44 : 1019-1040
- (5) 伊藤晶子・菊地健・清水一 (1996) カラマツ天然更新地における椎樹の定着要因と成長状況. 日林北支論 44:140-142.
- (6) 中川昌彦・蓮井総・石濱宣夫・滝谷美香・大野泰之・八坂道泰 (2012) カラマツ天然更新施業のための表土除去が樹木の成長に与える影響. 北森研 60
- (7) 小須田啓・杉村智春 (2009) 浅間山麓におけるカラマツの天然更新について (中間報告) 中部森林技術交流発表集 2008 年度, 6-15, 2008
- (8) 長屋秀樹・小須田啓 (1997) 浅間山麓におけるカラマツの天然更新について (中間報告)
- (9) 島谷健一郎 (2001) 点過程解析による樹木分布地図の解析とモデリング. 日本生態学会誌 51 ; 87-106
- (10) 谷村晋 (2010) 地理空間データ分析. ~R で学ぶデータサイエンス 7~ 共立出版
- (11) 真柴孝司 (2001) 機械化のマネジメント. 全国林業改良普及協会
- (12) 真柴孝司 (1998) 林業技術ハンドブック. 全国林業改良普及協会. 1394-1395
- (13) 東信木材センター協同組合連合会 カラマツ取引価格表 間伐材引き取り価格表 (2015.7.1 ~2015.12.31)