

## カラマツ，トドマツ人工林施業の低コスト化へ向けた 植栽，育林方法

北海道立総合研究機構林業試験場

滝谷 美香

### はじめに

北海道の人工林資源量は、戦後の拡大造林期に植栽された齢級Ⅶ～Ⅹに集中し、面積の47.7%を占めている（I, 2012年3月現在）。北海道森林づくり基本計画において、2032年度の木材供給量目標を610万 $m^3$ に設定しており、2011年度の395万 $m^3$ の約1.5倍となっている。

人工林資源を維持・供給するためには、計画的に利用することが必要であることから、幾つかの方策が検討されている。例えば、長伐期施業を行い、資源の保続や大径材の生産に資する林分を設定したり、成長の良い林分や腐朽などの被害の危険性が高い林分では、伐期を前倒ししたりするなどの方策が検討されている。また、再造林を進め、次世代の資源を確保する必要もある。

しかし、木材価格の低下や、林業の担い手不足などが、人工林の保育や再造林の実行を躊躇する要因となっていると考えられる。質の高い人工林資源を維持するためには、より低コストの施業を検討することが重要である。

人工林の育林には、大まかに、地拵え、植栽、下刈り、除・間伐などの手順がある（図-1）。それぞれの手順を抑えてコストを検討する必要があるのと同時に、林分の成長量・収穫量などを考慮して計画を立てることが必要である。

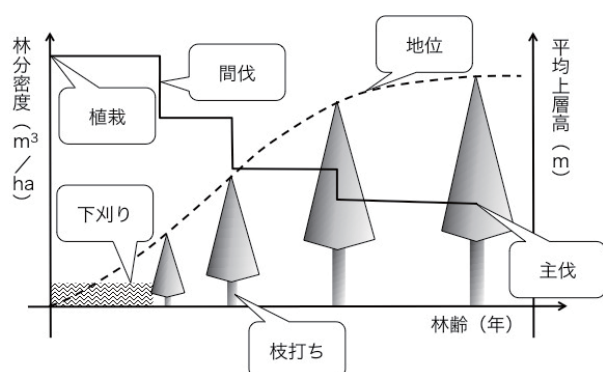


図-1 一般的な施業体系図の模式図

地位によって変わる上層高と植栽密度から林分成長量を推定し、間伐強度・回数、時期などを変えたときの収穫予測を行う。

本報告では、低コスト化へ向けた植栽，育林方法を検討するため、地拵えから間伐にかけて144通りの施業方法を設定し、それぞれにかかる経費を積み上げ、比較検討を行った。また、それぞれの施業によって得られる収穫量についても検討し、経費と収入の比率について考察を行った。

### 費用および収入の試算方法

施業には、様々な条件が考えられるが、本報告では以下の条件を設定した。組み合わせ数は144通りである。

#### 1) 対象樹種および立地条件

樹種は、北海道林業の主要樹種であるカラマツとトドマツを対象とした。それぞれ、北海道の平均的な地位指数である22および17について計算を行った。機械作業を前提としたため、傾斜を10度以下とした。また、下層植生高を1~2mとした。

#### 2) 施業方法

植栽苗木は1号苗を使用するものとし、植栽様式を方形植栽，二条植栽の二通りとした。植栽密度は、従来の平均的な植栽密度である2,500本/ha，比較対象のため、極端な事例として1,000本/ha，および中間的な密度の1,750本/haを設定した。枝打ちは2m, 4mとし、下刈りは樹高が下層植生高を超えるまで続けるとした。

仕立て方は、中庸仕立て（間伐前の収量比数を0.8程度），疎仕立て（間伐前の収量比数を0.7）の二通りとした。

間伐強度は初回間伐については33%，二回目以降は25%，および33%とした。間伐率33%は、林分成長量が極端に低下しない限度の値とされている。また、材は全て搬出するとした。

主伐は、長伐期として80年とした。また、中伐期として従来一般的に行われているカラマツで50年，トドマツで60年とし、短伐期として、2013年度から可能となった最短林齢であるカラマツで30年，トドマツで40年をそれぞれ設定した。

地拵えは、方形植栽で全刈り，二条植栽で筋刈りを行うものとし、下刈りも同様に設定した。

施肥や防鼠溝，排水溝については考慮しないものとし、カラマツに関しては、薬剤散布による獣害防止を行うこととした。

Mika TAKIYA (For. Res. Inst., Hokkaido Res. Org., Bibai, 079-0198)

Silvicultural method of *Larix kaempferi* and *Abies sachalinensis* to the low-cost forestry in Hokkaido

3) 費用算出根拠および収穫予測手法

各作業時における費用の積算については、平成 25 年度造林事業標準単価 (2: 造林事業関係分; 以後単に標準単価という) を根拠として計算した。

作業道関係や主伐経費, 固定費としての機械維持費, 人件費などは考慮していない。また, 標準単価は補助金算定のための根拠であるが, 本研究ではこの値を経費として積み上げて計算しているため, 受け取ることのできる補助金の額とは異なる。

収穫予測は, 林業試験場が開発した収穫システムである「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト ver2.04」(3,8), 「北海道版トドマツ人工林収穫予想ソフト ver2.011β」(現在, 公開準備) を使用して計算を行った。このシステムは, カラマツは個体単位, トドマツは林分単位の成長予測モデルから, 任意の林齢における林分材積, 林分密度, 径級分布, 原木丸太採材量を推定することができる。本システムは, それぞれ林業試験場のホームページで公開されており, ダウンロードを行い使用することが可能である (トドマツの公開版 ver1.30(4)は原木丸太採材量についての計算はできない)。

収入については, 2013 年 9 月の木材市況調査月報により, 末口径と工場引き渡しの価格を元に, 間伐と主伐時に全てを売却した場合, どの程度の価値があるのかを計算した。

どの程度収穫できるのか?

144 通りの条件に基づき, 収穫予測, および経費の積算を行った。

1) 林分材積と林分密度

トドマツよりもカラマツの方が, 成長量が高いことから, 伐期齢による差が明瞭になった (図-2)。また, カラマツでは, 低密度植栽の方が他の条件が同じである場合には, 高密度植栽よりも材積が高くなり, 個体サイズも大きくなる傾向にあった。その傾向は, 長伐期になるほど顕著になった。

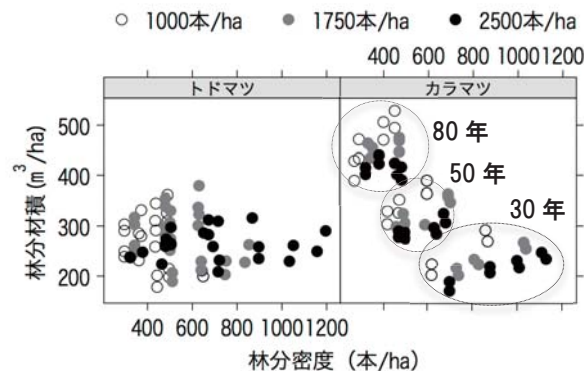


図-2 主伐時の林分密度と林分材積との関係

2) 平均胸高直径と原木丸太採材量

平均胸高直径は, 低密度ほど, 更に長伐期になるほど高くなった (図-3)。カラマツでは, 植栽様式や間伐強度による差は小さかった, トドマツの 1,750 本/ha および 1,000 本/ha 植栽では, 間伐率が高い場合 (黒丸) にやや直径が大きくなる傾向を示した。

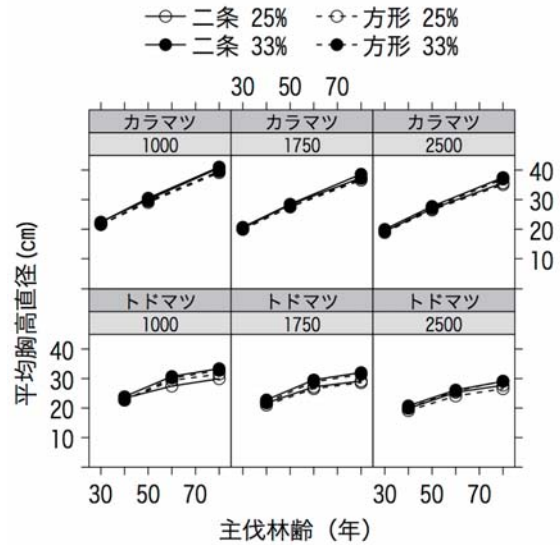


図-3 収穫予測結果による主伐時の平均胸高直径カラマツ, トドマツについて, 疎仕立ての場合を示した。

間伐, 主伐を込みにした原木丸太採材量は, 植栽密度が高くなるほど, 小径材の収穫量が増加する傾向にあった (図-4)。末口径 14~30cm の中径材本数が全体に占める割合は, カラマツで 18.5~60.3% であるのに対し, トドマツでは 32.6~54.8% であり, カラマツの方が施業により採材サイズや本数に差が現れやすいことが示された。

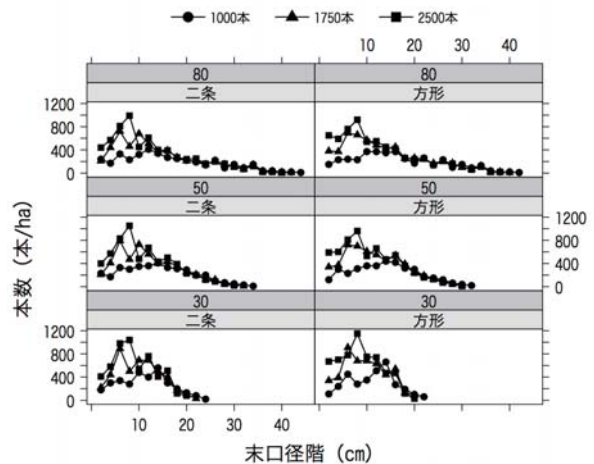


図-4 間伐および主伐時の原木丸太採材本数推定結果カラマツの疎仕立て 33% 間伐の例を示した。各グラフ上の 30, 50, 80 は林齢 (年) を表す。

どの程度の費用がかかるのか？

1) 初期投資の費用

2013年における1号苗木標準単価は、カラマツで7,070円/100本、トドマツで14,940円/100本である。当然ではあるが、高密度で植栽するほど費用は増加する。また植栽本数が多くなるほど、運搬費や植え付け費も高くなる。苗木代、植え付け費の合計は、1,000本植栽と2,500本植栽とで35万円/ha以上の差が生じた。

地拵えは、標準単価では、全刈と筋刈で約43,000円の差が生じることから、筋刈りを設定した二条植栽の場合に費用は低くなった。

2) 下刈り、枝打ちの費用

カラマツよりも樹高成長の遅いトドマツの方が、下刈りの年数が長くなるため、費用が高くなった。樹高成長は、立地条件に影響を受けるため、地位指数の低い林分では、更に下刈り期間が長くなると考えられる。下刈り期間は、地位指数の他、積雪深の影響を受ける(5)という報告がある。これは、積雪深が深いほど、ササ高が高くなることに依存する。地位が高くかつ植生高が低い地域では、下刈り費用の割合は低く抑えられていると考えられる。

また、1,000本/ha植栽の場合に2mと4mの二段階での枝打ちを設定したため、4m一回とした1,750本/ha、2,500本/haの方が費用が抑えられた。グイマツ雑種F<sub>1</sub>の低密度植栽では、平均樹高8~10m程度の時に、4mまでの枝打ちを行っても、成長や後生枝の発生に影響を与えないとされている(7)。更に枝打ちの費用を抑えられる可能性があると考えられる。

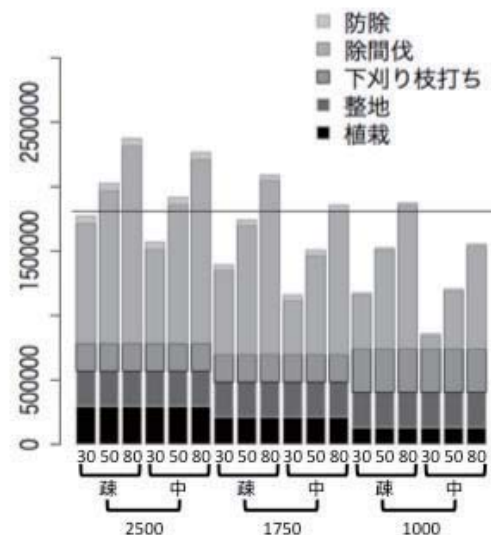


図-5 造林事業標準単価を元に積算した地拵えから間伐までの造林・育林費  
カラマツ間伐率33%の例を示した；トドマツは、「植栽」、「整地」の項目で若干増える；材は全て搬出すると仮定している。

3) 間伐時の費用

造林事業単価では、間伐費は、搬出材積によって決まるので、間伐率、間伐回数に左右される。これらは、林分成長量と初期本数、伐期齢および仕立て方による影響を受けた。その結果、トドマツを2,500本/haで二条植栽した場合、疎仕立て、間伐率25%、伐期80年の設定で最も間伐費が高くなった。また、この時の育林費全体に占める間伐費の割合は、64.4%程度であった。一方、植栽様式や間伐率にかかわらず、カラマツは1,000本植栽で中庸仕立ての場合、伐期30年の設定で最も間伐経費が低くなった。育林費に占める割合は、方形植栽で11.8%、二条植栽で13.6%となった。

4) 費用全体と収入との関係

樹種、植栽様式、間伐率にかかわらず、2,500本/ha植栽で伐期80年の場合に費用全体の値が高くなり、1,000本/ha、短伐期の場合に低くなる傾向にあった(図-5)。

収入については、伐期までの潜在的な価値としてとらえた場合、伐期が長くなるほど得られる可能性のある収入は高くなることが予想された。

全体として、1,000本/haの低密度で植栽し、長伐期に設定した場合に、伐期80年までの潜在的収入に対する費用の割合がカラマツで0.27~0.39、トドマツで0.36~0.47となった。一方、1,000本/ha植栽では、短伐期の場合に、収穫量が落ちるため、初期投資の割合が高くなり、収入に対する費用の割合は両樹種とも1.0を超える可能性が高くなった(図-6)。

また、トドマツの1,000本/ha植栽では、特に主伐時の収入が低くなる傾向にあった。経費の積算値には、主伐経費を含めていない。成長量によって、収穫され

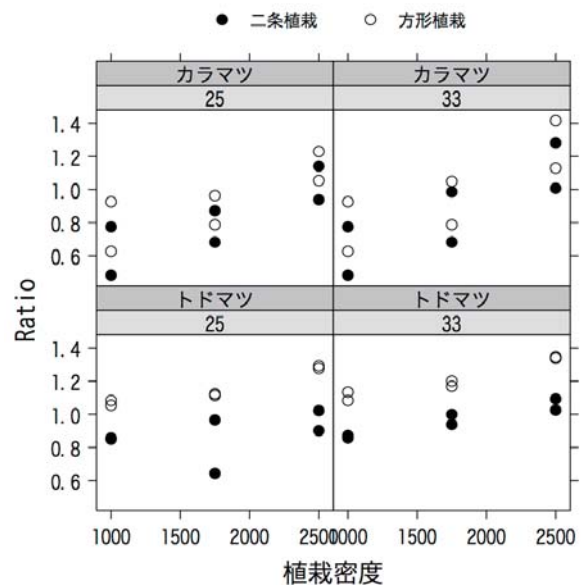


図-6 カラマツ、トドマツそれぞれについて、1000本/ha植栽の場合における伐期30年、40年の費用と収入との比  
それぞれ、疎仕立ての場合について示した

る材の量に差が生じるので一概には言えないが、特に地位の低い林分において、トドマツを1,000本/ha程度の低密度で植栽するのは、リスクが高いと考えられる。今後、植栽密度や施業履歴と、材の性状との関係も含めて、最適な植栽密度や伐期を検討する必要がある。

#### 低コストで質の高い林業への課題・展望

今回は、間伐時に機械作業を行うことを想定し、二条植栽の場合について検討した。成長量については、方形植栽の場合のモデルを改良し応用した。そのため、植栽仕様間の差が現れにくい結果となった。トドマツ人工林の20年生までの調査報告(6)では、二条植栽よりも方形植栽の場合で、上層を占める個体の割合が高い傾向が示されている。樹高は林分成長量を決定する要因なので、今後植栽仕様による差について検討を進める必要がある。

二条植栽では、6mの作業空間をとるため、その分下枝の発達が懸念される。また、今回は残し幅については下刈りなどの施業を行わないものとした。実際には、侵入広葉樹などが繁茂する可能性もあるので、これらの処理方法等について検討する必要がある。

低密度植栽では、間伐を行わなくてもある程度林分材積を稼ぐことができた。特にカラマツの地位の高い林分では低密度植栽で長伐期による成林の可能性が高くなる。ただし下枝が発達し、死節の発生による材の低下を招くおそれがある。低密度植栽によって、枝打ち対象の立木本数も少なく設定することができる。これにより個体レベルでのより丁寧な育林による、質の高い材の生産を可能にできると考えられる。

本報告には、エゾシカなどの獣害防除についてのコストは含まれていない。しかし、エゾシカ個体数が適性化されるまでは、何らかの防除策が必要である。防除の方法や時期など、より低コストでの防除を検討する必要がある。

収入の計算に当たり、現在木材市況で価格が示されている丸太サイズ全てが売却されると仮定した合計値を算出して比較した。しかし、伐採の時期と、木材の需要が高い、或いは高額で取引される時期とが、いつも重なるわけではない。需要のみに併せて収穫を進めると、伐採が過剰になり人工林の資源量が低下したり、

また反対に間伐遅れの林分が増加したりする可能性がある。

以上のように、森林施業にかかる費用や、森林から得られる収入は、林分が本来保持する成長量と、施業方法、および社会情勢などが互いに影響し、決定される。より低コストで付加価値の高い材の生産を目指すためには、様々な要因の効果を検討する必要がある。

#### 引用文献

- (1) 北海道水産林務部 (2013) 平成23年度北海道林業統計. URL:  
[www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/23rtk.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/sum/kcs/rin-toukei/23rtk.htm)
- (2) 北海道水産林務部 (2013) 平成25年度造林事業標準単価(造林事業関係分). URL:  
[www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srs/zourin/tanka.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srs/zourin/tanka.htm)
- (3) (地独)北海道立総合研究機構林業試験場 (2010) 北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト ver2.04. URL:  
[www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/syukakuyosoku.html](http://www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/syukakuyosoku.html)
- (4) (地独)北海道立総合研究機構林業試験場 (2011) 北海道版トドマツ人工林収穫予測ソフト ver1.30. URL:  
[www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/todosyukaku.html](http://www.fri.hro.or.jp/syukakuyosoku/todosyukaku.html)
- (5) Nakagawa M., Kanno M. and Yasaka M. (2011) A weeding-duration model for *Larix kaempferi* plantations in Hokkaido, northern Japan. *J For Res.* **16**: 319-324.
- (6) 杉山 弘・守田英明 (2000) I-5 更新方法の違いによる樹木の成長比較. *北方森林保全技術* **18**: 19-23.
- (7) Takiya M., Koyama H., Umeki K., Yasaka M., Ohno Y., Watanabe I., and Terazawa K. (2010) The effect of early and intense pruning on light penetration, tree growth, and epicormic shoot dynamics in a young hybrid larch stand. *J For Res.* **15**: 149-160.
- (8) 八坂通泰・滝谷美香・山田健四 (2011) システム収穫表「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」の開発. *北海道林業試験場研究報告* **48**: 65-74.