

## 北海道に適した低コスト造林の考え方

森林総合研究所

森林総合研究所北海道支所

宇都木 玄

原山 尚徳

上村 章

## はじめに

平成21年の森林・林業再生プランの公表から、平成23年4月同プランの法制度化、同年12月の森林・林業基本計画の閣議決定では、「森林施業の集約化や路網整備など森林・林業再生プランの実現に向けた取組を推進し、木材自給率50%を目指すとともに、東日本大震災への対応として、住宅等の再建に必要な木材の安定供給や木質バイオマス資源の活用により、環境負荷の少ない新しいまちづくりに貢献していくこと」(林野庁HP)と謳われた。さらに平成24年7月の再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)のスタートに伴い、各地にバイオマス発電施設を睨んだ計画が進められ、皆伐とその後の植栽が大きな問題として浮上している。一方山側に立ち返ると、戦後の拡大造林に伴う年齢構造の一山型分布が指摘され、伐採と造林による年齢構造の平準化が求められている。しかし材価の低迷、それに伴う造林経費の圧迫と不安から、伐期を延ばす長伐期施業(公益的機能の維持増進と謳われている)が試行されている。多くの矛盾が施策と経営的現実の狭間で生じる中、世界に目を転じれば、アメリカ、ニュージーランドでは造林費10万円/ha以下、同カナダでも30万円/ha以下と低コスト化が進んでいる(20)。下層植生構成種による下刈りの強弱、緩傾斜による機械化の進展など、考慮すべき事項は多々あるが、日本においても造林経費に関する工夫がまだまだあるはずである。低コストな林業が確立されれば、長伐期や複層林と言った施業も、生態的・環境機能的意義に従った正しいゾーニングで実行可能となる。

森林総合研究所では交付金プロジェクト「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発 H21-H24」において、一貫作業とコンテナ苗の利用、隔年下刈りの導入、という新たな方向性を打ち出すことができた。九州でスタートした低コスト造林の考えは日本列島を縦断し、各地で取り組みが行われようとしている。北海道における造林は、樹種、地形、環境など九州地方の挿し木スギとは条件が大きく異なる。本稿ではスギの事例も鑑みながら、北海道で考えられる低コスト造林技術開発のイメージを共有する事ができればと思う。

## 一貫作業について

一貫作業は一般的には「伐採造材後、使用機械を利用して地拵え、苗運搬・植栽を行うシステム」を示し、広義には「伐採直後に地拵えを行い、下刈り作業を伴わない期間内で植栽する作業」と言える。北海道では積雪前に伐採-地拵えまで完了し、春速やかに植栽する作業も含まれる。このシ

ステムにはコストに関する三つのポイントが挙げられる。

1. 伐採・造材機械の造林作業への応用
2. 植栽を考慮した、丁寧な伐採・造材作業(業者の意識改革)
3. コンテナ苗を利用した年間作業の平準化

各地で一貫作業と作業工程について検討が行われているが、上記三点について多くの事例から検証が必要である。一例としては、九州において機械地拵え作業が1.3人日/haと、人力の12.4-15.9人日/haの1/10程度になる(10,18)との報告があげられる。北海道では宗谷や千歳の国有林、下川町において一貫作業試験が開始されている。北海道におけるポイントとして、6-7月まで植栽期間の延長、集材機械の地拵え・苗運搬への応用が期待される。

## 地拵えについて

日本は温帯湿潤・急傾斜な地域であり、海外に比べて地拵えは困難である。都道府県の標準単価表を調べると、地拵えはおおよそ22万円/haから57万円/haであり、造林費(苗代金含まず)の40-70%となる。この割合が高いのが、北海道70%、長野県60%となっている。ちなみに北海道では、通常地拵えササ丈2m以下全刈りで251,636円/ha、機械地拵え耕耘無しで174,218円/haとなっている。植栽作業の機械化が困難である以上、地拵えのコスト削減は、低コスト林業の確立に大きな意義を持つと考えられる。鹿児島県では機械化により7.3万円/haまでコストダウンできる試算が報告されている(7)。茨城県のスギ急斜面皆伐地を用いた一貫作業実証試験では、グラブブルームが短いために作業道からの地拵えが行えず、人力のブラッシュカッターで行った。しかし急斜面の巻き落としには苦勞せず、緩斜面こそ機械を用いた枝葉の筋立て・地拵えが効果的となる。北海道で先進的に導入された地拵え機械として、鶴居村森林組合のLIPA社 UFM-180(作業幅1.89m, 所用動力100kw)、ベーストラクタはFENDT社714WARIO(PTO出力107kw)、ドイツWerner社の回転式コックピット搭載改造トラクタ(写真1)、よつば林業(稚内)のLIPA社 UFM-225(作業幅2.29m, 所用動力118kw)ベーストラクタはNewHolland社TM165(PTO出力101kw)があげられる。これらの機械はヨーロッパでの花崗岩粉砕用として発達し、破砕爪の部分をも可動式にするなどの工夫から、林業用として販売されている。平地での地拵え作業はSEPPi M社のHP(9)で確認できるが、非常に高速である。鶴居村でのヒヤリングによって、条件の良い平地において2ha/dayの作業能率であり、作業後の林地は写真-2に示す通りである。粉砕物による土壌のマルチング効果が考えら

Hajime UTSUGI (Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki 305-8687), Hisanori HARAYAMA, Akira UEMURA (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516)

A view of low cost silviculture suitable for Hokkaido in Japan.

れるが、この検証は今後の課題である。大まかに試算したところ(クラッシャーの原価償却 7 年, オペレーター人件費 1.5 万円)2.2 万円/ha となり、道総研林業試験場の発表(4,5)による地拵え機器ブラッシュカッター、ロータリークラッシャー、ブッシュチョッパーヘッド等で 0.38-0.44ha/day×1 人工程、また肩掛け式刈り払い機による地拵えは 0.07ha/day×1 人工程に比べ、低コストに大きく貢献すると考えられる。一方よつば林業によると、チシマザサ等背が高く、地面の起伏がオペレーターから観察できない林地では、マウンドによってクラッシャーの進行が遮られる等問題が多く、ブルドーザによるレイキ地拵えとのコンビネーションが課題となっている。



写真-1 鶴居村に導入された LIPA 社 UFM-180 と FENDT 社 714WARIO



写真-2 クラッシャーによる地拵え後の林地マルチングの効果も期待される

### 植栽と苗について

植栽経費は、都道府県の標準単価表によると 11 万～38 万円/ha、北海道では 11 万円/ha(地拵えの 43%)である。カラマツの苗木単価は 70 円, F<sub>1</sub> の 99 円, トドマツの 160 円, スギの 120 円, 赤エゾマツの 190 円であり、カラマツを利用すれば、北海道の植栽に関して低コスト化が図られると言える。北海道ではカラマツ精鋭樹の開発が進み、北海道立総合研究機構林業試験場によるクリーンラーチ(F<sub>1</sub>)が注目される。苗畑で樹高成長を比較すると、クリーンラーチは植栽 2 年目で樹高が 180cm を超え(図-1)、また現存量の増加も大きい(22)。カラマツの下刈りは現在でも 4 年で終了しており、トドマツ等にくらべて低コストになっている。低密度植栽の成功事

例も報告されている事から(15)、北海道の造林における低コスト化は、クリーンラーチ等の F<sub>1</sub> を使った低密度植栽が鍵となる。

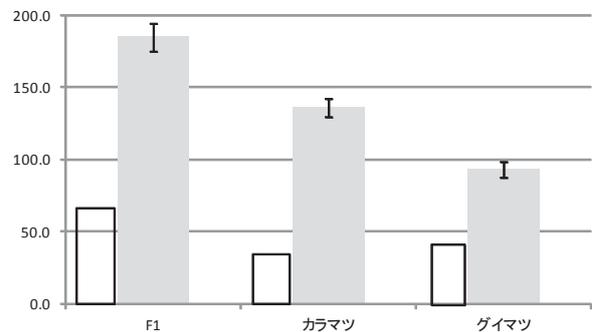


図-1 F<sub>1</sub>(クリーンラーチ, カラマツ, グイマツ)の樹高(縦軸 cm)。白抜きは植栽直後の樹高, グレーが 2 年成長期後の樹高

日本のコンテナ苗は、2007 年遠藤氏によって紹介され、森林総研の HP(6)で詳細が公表されている。これまで日本で発表されてきたコンテナ苗の情報をまとめると、植栽効率が低い(1,10,12,26)、急斜面では普通苗の植栽孔が容易(2, 24)、コンテナ苗用器具への土付着、根鉢の形状により植栽効率低下(2, 24)が報告されている。またコンテナ苗の成長では、コンテナ苗の活着率が高い(1,2,12,25,32)、活着率が低い又は同等(2,23,25)、コンテナ苗の樹高生長が高い(14,33)、裸苗とコンテナ苗は同等である(12,28)とある。さらに九州における先行研究では、コンテナ苗の明らかな高活着率、高樹高成長は報告されていない(12,30)。植栽時期に関しては、九州において挿し木スギコンテナ苗、ポット苗の通年植栽可能性が報告されている(13,31)。今富(10)は「コンテナ苗の利点を活かすためには、植栽適期の拡大を活かした伐採、地拵え、植栽作業の一貫作業を活かし、運搬に関するデメリットを解消する必要がある」と述べている。コンテナ苗を用いた自動植え付け機では、平坦地で人力を超える効率が得られるが、傾斜地では人力の能率を下回る(27)。海外ではコンテナ苗の成長は、通常の立地に適期に植えた場合、裸苗の成長と差が無い(17)との報告、ダグラスファーでは、コンテナ苗と裸苗の生存率は同一であり、初期に成長が良かったコンテナ苗も、一成長期後は裸苗と同一(16)との報告がある。同一著者が異なる結果を報告したことがあるが、樹種や傾斜の違いによっている。また筆者は粘土質の土壌でスギ実生コンテナ苗の枯死を観察している。今後は土壌タイプ、植栽直後の乾燥状態、傾斜角度、樹種などの場合分けを行い、コンテナ苗の効率的植栽条件を探索することが重要である。北海道ではカラマツコンテナ苗の生存率、樹高成長が、裸苗に対して有意に大きくなった例が報告された(32)。カラマツは裸苗であっても成長速度が速いことから、前述の機械化と組み合わせたコンテナ苗試験結果が待たれるところである。

コンテナ苗同様に大苗による下刈り軽減策を下川町において実験中である。約 80cm の樹高のカラマツを 1500 本/ha で植栽したところ、55.5 本/時間/人の植栽効率であり、苗木は 200 円/本であった。現在雑草成長との関係を解析中であ

る。シカ害の防止の電気柵, 大苗に緑化用個体マルチ(写真-3)を設置し, 下刈りが不要となった場合の経費を求めると, 図-2の様に約 113 万円/ha となった。

**下刈りについて**

一回の下刈り費用は, 都道府県の標準単価表によると 5 万円-15 万円/ha の範囲にある。下刈り回数にもよるが, 初期費用の 4 割弱(29)を占めるとされる。北海道での下刈りの標準単価は安く, 約 56,000 円である。

北海道の場合ササ類, イタドリ, フキ等の大型高茎草本との戦いになる。前項の植栽と苗と密接に関係するが, 特に北海道の国有林で多く行われている3m植栽×4m残し幅によって, 下刈り経費の削減(60%軽減)を行ってきた。この場合3000本/ha植栽では縦列が0.9m, 2000本/haでは1.4m, 1500本/haでは1.9m間隔となり, 方形植えた場合のそれぞれ1.8m, 2.2m, 2.6mに対して個体間隔が狭くなる。このことの得失については, 野鼠害, 残し幅における除伐費用も含め, 今後の研究が必要であろう。下刈りにおける機械化は最も困難であり(山田健私信), 革新的進展は見られていない。代わりに実生の成長量や, 競争関係の見直し(3)による下刈り回数の低減が考えられている。スギの幼齢木の場合, 周辺の雑草木から梢端が抜き出ていると, 樹高成長は大きく低下しないと報告されている(19)。これに従えば, 隔年下刈りと大苗植栽の可能性が指摘される。北海道の場合, 前述の道立林業試験場の開発したクリーンラーチ(F<sub>1</sub>)の初期成長への期待が高い。森林総研北海道支所苗畑での植栽2年後のF<sub>1</sub>樹高は, カラマツ, グイマツに比べてそれぞれ1.3倍, 2倍(図-1)となり, 期待されることである。これまで述べた事をまとめるため, 図-3にトータルとして造林コストを削減する模式図を, 石塚の図(11)を改良して示した。



写真-3 下川町で行っているカラマツ大苗に設置した個体マルチ

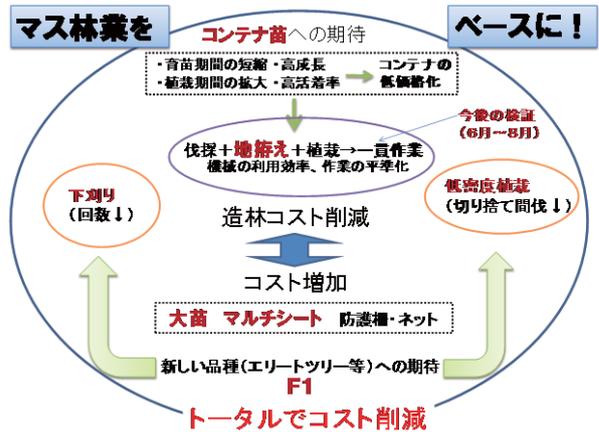


図-3 林業のあらゆる面でコストを考え、トータルとしてのコスト削減を図る(石塚(11)を改良)

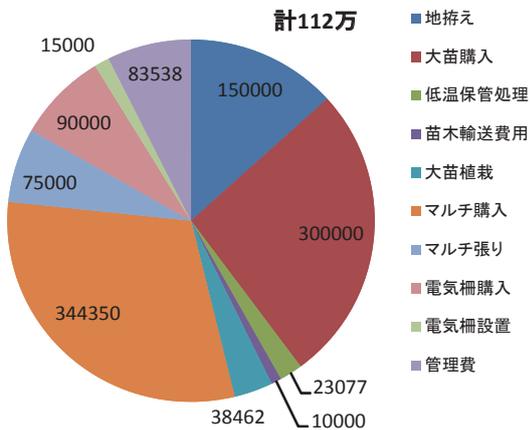


図-2 下川町で行っているカラマツ大苗植栽試験の初期費用

**バイオマスの行方**

FIT の価格設定を考えて見よう。資源エネルギー庁調達価格等算定委員会第 4 回配付資料(8)によると, 発電規模 5700kW の会社の場合, チップ買い取り価格が 12 円/kg-40%wb で採算が取れる(内部収益率8%)と報告されている。カラマツの容積密度を 0.53ton/m<sup>3</sup>と仮定すると, 20000 円

/ton(dry)=10600 円/m<sup>3</sup>となる。チップ化に 2000 円/m<sup>3</sup>, 運賃に 1500 円/m<sup>3</sup>必要だとすれば, 伐採後の価格で 7100 円/m<sup>3</sup>と試算される。容積密度の高い広葉樹であれば, さらなる高価格が期待できる。発電規模が 1 万 kW を超えてくると, チップ価格は更に上昇し 14 円/kg-40%wb で採算が取れるという。単純計算では現在の B 材の価格に近くなるが, バイオマス燃料として木材を利用する場合, 安定供給と言う大きな問題が待ち構えている。1 万 kW 級の発電には, 年間 10 万トン(Dry), 約 18 万 m<sup>3</sup>の木材(カラマツ換算)が必要になり, 滞りなく供給する体制づくりをして初めて現実可能なシナリオと言える。またこれだけの木材をエネルギーとして供給したとしても, 現状の造林費用を賄うには十分な売価で無いことは明らかである。白石(21)が述べたように, 住宅建築着工数の減少に伴う AB 材の需要の減少を, バイオマスエネルギーとしての CD 材の多量な需要が下支えする必要があるのかもしれない。

参考文献

- (1) 遠藤利明(2007)コンテナ苗の技術について. 山林 1478:60-68.
- (2) 福田達胤ほか(2012)民国連携によるコンテナ苗の実証試験と普及. 平成 23 年度森林・林業技術交流発表会 (東北森林管理局):113-117.
- (3) 平田令子ほか(2012)造林後 5 年間の下刈り省略がヒノキ苗の成長に与える影響. 日林誌 94:135-1.
- (4) [http://www.fri.hro.or.jp/kanko/nempo/h19/02\\_2keiei.pdf](http://www.fri.hro.or.jp/kanko/nempo/h19/02_2keiei.pdf) (道総研)
- (5) [http://www.fri.hro.or.jp/kanko/nempo/h21/02\\_2keiei.pdf](http://www.fri.hro.or.jp/kanko/nempo/h21/02_2keiei.pdf) (道総研)
- (6) <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/zoki/planting/seedlings-j.html> (遠藤コンテナ)
- (7) [http://www.jafta.or.jp/14\\_jizoku\\_hp/web/semminer/sfm\\_seminar07.pdf](http://www.jafta.or.jp/14_jizoku_hp/web/semminer/sfm_seminar07.pdf) (寺岡)
- (8) [http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu\\_kakaku/pdf/004\\_05\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/shotatsu_kakaku/pdf/004_05_00.pdf) (4 回バイオマス算定)
- (9) <http://www.seppi.com/en/mulchers/forestry-mulchers.html> (Seppi 社 HP)
- (10) 今富裕樹(2011)スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発, 伐採, 地拵え, 一貫作業による低コスト化. 現代林業 542:52-55.
- (11) 石塚森吉(2012)低コスト造林・育林技術最前線. 林業改良普及双書 No172.
- (12) 岩井有加ほか(2012)スギコンテナ苗の形態的特徴と植栽後の成長. 現代林業 561:40-44.
- (13) 岩切裕司ほか(2006)スギポット苗の通年植栽に関する研究 (II). 九州森林研究 59:296-298.
- (14) 金沢巖(2011)コンテナ苗木生産と低コスト林業. 現代林業 555:26-30.
- (15) 来田和人ほか(2010)さし木苗木と実生苗木を植栽したグイマツ雑種 F1 低密度植栽証林における幼齢期の成長と造林コスト. 北林試研報告 47:1-13.
- (16) Rose R. and Hasse D.(2005)Root and shoot allometry of bareroot nad container Douglas-fir seedlings. New Forests30:215-233.
- (17) Savill P.et. al.(1997)Plantation Silviculture in Europe . 297pp. Oxford University Press.
- (18) 佐々木達也ほか(2012)一貫作業システムで地拵え～植栽の大幅な作業効率の向上! 森林総合研究所 平成 24 年度版研究成果選集:6-7.
- (19) 重永英年(2011)スギ最造林の低コスト化を目指した技術開発(2). 現代林業 9:52-55.
- (20) 島本美保子(1998)世界の造林・育林費. 林業経済 4:1-11.
- (21) 白石則彦(2013)森林・林業再生プランの 50 年後を展望する. 山林 9:2-8.
- (22) 宇都木ほか(2011)クリーンラーチ(グイマツ雑種 F1)の初期成長と被陰の影響. 日林北支部 59:13-15.
- (23) 渡邊仁志ほか(2013)ヒノキ 2 年生コンテナ苗の植栽工程と初期生存率. 岐阜県森林研研報 42:19-24.
- (24) 渡邊仁志・茂木靖和(2012)スギの初期生長に及ぼす立地の施肥の影響, および省力造林の可能性. 岐阜県森林研研報 41:1-6.
- (25) 八木橋勉ほか(2013)東北地方におけるスギおよびカラマツコンテナ苗導入の課題と展望. 第 124 回日本森林学会ポスター.
- (26) 山田健 (2010) コンテナによる育苗技術について. 緑化と苗木 148:3-7.
- (27) 山田健(2010)コンテナ苗と植え付け機械. 機械化林業 681:7-12.
- (28) 山田健(2013)最近のコンテナ苗の動向. 機械化林業 715:9-16.
- (29) 山田容三(1999)下刈り施業の現状について. 林業と薬剤 150:12-18.
- (30) 山川博美(2012)再造林で活用が期待されるコンテナ苗. 九州の森と林業 102:1-3.
- (31) 山川博美, 重永英年(2013)コンテナ苗はいつでも植栽可能か? 低コスト再造林の実用化に向けた成果選集 18-19. 森林総合研究所.
- (32) 横山誠二, 佐々木尚三(2013)コンテナ苗植栽試験について～北海道でのコンテナ苗成長状況～. 北方森林学会 61:101-104.
- (33) 全国山林種苗共同連合会(2010)コンテナ苗の取り組みの現状と課題について. 緑化と苗木 151:3-7.