

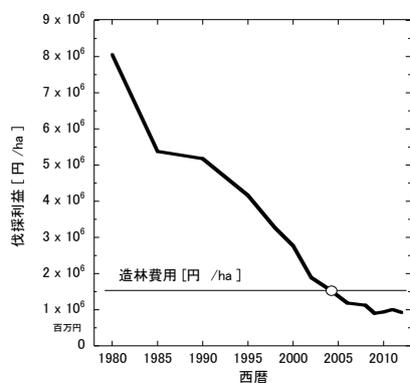
# 低コスト再造林の技術と東北の課題

森林総合研究所東北支所 ○小谷英司 松本和馬

## 1. はじめに

### (1) 造林コスト削減の必要性

スギの造林と伐採について簡単な収支の試算により、現在、東北地域に限らず日本全国でスギの再造林が困難な現況を示す。ある林地での造林から伐採までの利益は式1となる(表1(a))。なお、現在は超低金利であり、金利は簡略化のため省略する。ここで再造林の検討には、伐採から造林までが重要であるので、式1のその他の施業を除き、式2となる。伐採コストは場所による変動が大きいため、平均的な統計値が整備されている山元価格を用いる(式3)。拡大造林期に植栽して伐期を迎えた50年生のスギ林分1haとモデル林分を設定し、式3を計算する。国有林山形の収穫予想表によると、地位中では樹高(20m)、直径(28.3m)、林分材積(507m<sup>3</sup>)となる。1980年代から現在までの時系列の山元価格から、主伐時の利益の変化を示す(図1、山元価格は林野庁統計要覧より引用)。1980年と2012年のこのモデル林の利益を表1(b)にまとめた。端的に、30年間で利益は10分の1に減少した。一方で、再造林のための造林コストを示す(表1(c)、補助金は含めていない)。図1の横線との交点が伐採-再造林の損益分岐点になり、現在の造林費は伐採利益を上回っている。



(a)

林地利益 = 主伐収入(材価×収穫量×利用率) - 伐採費用 - 造林費用 - 他の施業コスト 式1  
 林地利益 = 主伐収入(材価×収穫量×利用率) - 伐採費用 - 造林費用 式2  
 主伐利益 = 山元価格×収穫量×利用率 式3

	(b) 山元価格	主伐利益	(c) 造林費用
1980	¥22,707	¥8,058,714	地拵え ¥390,000
2012	¥2,600	¥922,740	植林 ¥520,000
			下刈り ¥680,000
			小計 ¥1,590,000

(モデル林分)

図1 主伐の利益の経時変化

表1 計算式と計算結果

1980年頃は材価が高く、再造林は全く問題とならなかった。しかし、2000年代から伐採-再造林は損益分岐点を下回る。これは50年生スギのモデル林分での計算事例にすぎないが、山元価格は全国平均も東北平均も近い値なので、50年生スギの平均的な林地では伐採しても再造林すると利益が出ない国内の現状をよく示していると考えられる。

伐採しても再造林の経費が出ない状況のために、伐採後に再造林しない伐採放棄地は、2000年代により社会問題となり、岩手県の例では造林未済地は伐採地の7割に達している(外館2012)。再造林は将来の林業活動のために必要であり、再造林するために、まずは造林コストの低減の技術開発が必要である。

## (2) 本論の目的

造林コスト低減のための手法として、コンテナ苗の利用、下刈り回数の低減、低密度植栽、伐採・造林一貫システム、地拵えの機械化などが挙げられる。下刈り低減など個別にみれば技術開発は30年以上前から継続的に行われてきた。しかし、現在は再造林放棄が進み、過去よりも深刻な状況である。造林方法について、コスト低減を計算し、再検討する必要がある。

森林総合研究所東北支所では、平成24年度から所内プロジェクトとして、「多雪地域の森林資源持続に向けた低コスト再造林システムの構築(H24-H27)」を行っている。この中では九州森林管理局と森林総研九州支所での成果を基に、東北地域での調査データの収集や研究を行っていく。本論では、低コスト再造林の取り組み事例を挙げ、東北地域での造林コスト低減の方向性を検討する。

## 2. コンテナ苗

### (1) コンテナ苗について

コンテナ苗とは、箱を複数連結した形状のコンテナで育てられた苗のことである(図2, 3)。コンテナ苗について、国内では技術開発の初期的段階にあり、生産や植え付けの技術の開発が続いており、様々な手法や製品がある。コンテナの種類は、マルチキャビティー、サイドスリット付き、Mスター式などが開発されている。各コンテナの大きさも300cc、150cc等がある。植栽器具も、図4左からプランティングチューブ、ディプル、スペードや、従来の鍬などが利用される。



図2 サイドスリットコンテナ 図3 コンテナ苗の育苗 図4 コンテナ苗の植栽道具  
(岩手県住田町)

### (2) コンテナ苗の利点と欠点

コンテナ苗の利点として、活着がよく、鳥足や根巻きなどの植栽後の根の障害が発生しない、植穴は小さくて良いので作業が速く1時間あたりの植栽本数が増える点が挙げられる。特に大きな利点は、従来の裸苗が植栽時期が春先に限定されていたが、コンテナ苗では積雪期を除き植栽時期を選ばない事である。コンテナ苗の欠点として、根鉢が重いので多く運べない、開発初期段階の現状では、従来の裸苗に比べて価格が高い、供給量と供給業者が少ない点が挙げられる。

### (3) コンテナ苗の活着率と植え付けの効率

コンテナ苗の活着率については、九州の事例では2月植の裸苗が95.3%に対して、2

月、5月、8月、10月、12月植のコンテナ苗が94.2-99.4%となる(山川：森林総研九州2013)。宮城県内で実施した比較調査でも、裸苗で活着率99%、春植と秋植コンテナ苗で97-99%であり、非常に良い(中原2013)。

植え付け時間について、九州の事例では裸苗58秒/本から、コンテナ苗・大苗30秒/本、コンテナ苗・小苗28秒/本へと半減する(山田：森林総研九州2013)。高知県の事例では、裸苗48秒/本、コンテナ苗41秒/本、コンテナ苗＋一畝植32秒/本となる(渡辺2012)。植え付け効率はコンテナ苗で裸苗より良くなる。

植栽可能場所について、裸苗は一日の植栽分の苗を作業者が担いで山を登ることができ、植栽作業者が歩ける範囲は作業可能である。植栽の作業場所の条件を選ばない。一方で、コンテナ苗は重いので担ぐ本数は限られ、植え付けが速いので頻繁に苗を補給する必要がある。林道や作業道そばまで作業車や軽トラックでコンテナ苗を運搬し、植栽作業者は1時間毎など頻繁に苗を補給して植栽する。このため、作業場所として作業道や林道に隣接し苗の補給が容易な場所に限られる。近年、伐採作業に伴い林道や作業道を開設するようになってきた。このような林道や作業道が充実して、初めてコンテナ苗も実用的に利用できるようになってきたとも言える。

(4) コンテナ苗の成長： コンテナ苗の成長については、宮城県内の事例では、樹高成長は裸苗とコンテナ苗で大きな差はない(中原2013)。岩手北部森林管理署の事例でも、樹高成長は裸苗とコンテナ苗で大きな差はない(八木橋2013)。東北地域では、裸苗とコンテナ苗で大きな差がない傾向である。ただし、苗の成長は日本海側や太平洋側など気象条件により成長パターンが異なる可能性がある。このため東北森林管理局の植栽試験地を対象に、試験地を拡大して成長調査を継続する予定である。

#### (5) 造林機械化・一貫作業システム(密着造林)

コンテナ苗の利点は、積雪期を除き通年で植栽できることであり、欠点は重いので運搬作業に人役を要することである。コンテナ苗の利点を最大限利用し、欠点を最小限にする方法として、機械化・一貫作業システム(密着造林)が提案されている(佐々木：森林総研九州編2013)。

機械化・一貫作業システムとは、伐採と同時に林業機械を利用して地拵えと植栽まで行う方法である。伐採作業の空き時間を利用してグラップルを用いて地拵えを行い、フォワーダーを用いてコンテナ苗を運搬してコンテナ苗の植栽を行う。地拵え・植え付けに従来の方法が27人日/haに対して、機械力を用いる事により、機械化・一貫作業システムでは平坦－緩傾斜地(傾斜：0-15度)で4-6人日/ha、中傾斜地(傾斜：15-30度)で6-9人日/haと、大幅に減少できる。ただし、対象はグラップルが作業できる急傾斜でない場所に限られる。さらに造林作業として、機械化・一貫作業システムを評価すると、人役を減らせる点だけでなく、伐採してすぐと雑草木の繁茂前に植え付けにより、下刈り削減が期待できる。

東北地域の場合には、積雪期にコンテナ苗植栽は困難なため、積雪期とその前後に一貫作業システムを九州と同じように実施は難しいかもしれない。しかし、伐採時に伐採作業で用いるグラップルで地拵えを行い、伐採後になるべく早くコンテナ苗を植

栽できれば、一貫作業システムの利点を十分に享受できる。現在、一般的には伐採事業体と造林事業体は全く異なるようである。伐採と造林作業で十分に連携ができていないために、造林作業のコスト削減が難しい可能性がある。東北地域でも、伐採と造林を一括で業者に発注し、造林作業のコスト削減の取り組みが必要である。

### 3. 下刈り低減方法の検討

下刈りの低減方法として、初期成長の速い品種を使う、除草剤の利用、筋刈・坪刈りをする、大苗を使う、成長低下をある程度許容する、などが挙げられる。

通常苗と大苗の植栽試験によると、通常苗では毎年下刈り 30.4 人(¥395,200)に対して、大苗で隔年下刈りにより 23.4 人(¥304,200)に低減できた(外館 2012)。重永(森林総研九州 2013)は、雑草木の競合関係をシミュレーション技術によりモデル化した。この結果、下刈り低減に関しては、毎年下刈りと比較して隔年下刈りではスギ成長がやや低下するが、競合する雑木よりも樹高が高く将来の成長が期待できる。ただし、無下刈りでは競合する雑木が優先となり、スギの成長は大きく低下する。

下刈り低減に関する文献調査によると、様々な方法が 30 年以上前から各営林局、県、試験研究機関で多数行われ報告されてきた。ただし、下刈り低減に関する多くの調査研究では、施業として可能か否かに重点が置かれ、低コスト分析で必要な人役数や資材費などの情報が不十分、下刈り対象の植生情報が不十分、通常の下刈り方法との比較(対照実験)が不十分であり、低コスト造林の検討のためにまとめるのは容易でない。また一方で、下刈り低減について、現場毎のスギの競合相手である雑草木の動態が重要である。しかし、雑草木の構成や状態は、植生帯、標高、地形、親木の種子源の配置など場所毎に異なっている。従来 of 毎年全面下刈りでは、これらの雑草木の状態を考慮する必要は小さく、全国で同じ条件で作業することができた。しかし、下刈り低減を検討する場合に、雑草木が場所毎に異なる点が、どのような下刈りが最適かという問題を難しくする。

下刈りに関する過去の報告事例の検討から、雑草木の競合関係をシミュレーション技術によりモデル化した重永(2013)の報告を、画期的と高く評価する。常緑広葉樹、落葉広葉樹、ササなど優先する植生帯毎に、どのような施業が最適か検討できるし、毎年と隔年の下刈り施業毎にスギの成長経過を推定できる。個別の調査結果も、重永モデル内部のパラメータとして表現できる。

東北地域では、九州地域で最も下刈り低減が難しい常緑広葉樹林は無い。このため九州地域よりも下刈り低減は容易かもしれない。岩手北部森林管理署の造林試験で、下刈り比較を行っているが、2012 年は 1 年目であり、今後さらに試験を継続する。

### 4. 低密度植栽

従来 of 植栽密度が 3000 本植であった理由は、スギの密な林冠により広葉樹などの雑木を抑え均質なスギ林を形成すること、伐期前 of 間伐で収入を得ることを想定している。しかし、材価低迷で間伐で収入を得ることが難しくなり間伐が遅れ、間伐遅れ林分で土壌浸食など環境保全機能の低下が大きな問題となっている。材価低迷により、多大なコストを投入して均質なスギ林を作る必要性も低下した。拡大造林時代には

3000 本植栽は適切な方法であったが、現在はより低い植栽密度を検討する必要がある。

低密度植栽が成長した結果の例として、四国の奥足川試験地の事例を報告する(小谷ら 2006)。植栽密度は 1500 本、3000 本、6000 本であり、2006 年調査時点で 48 年生のヒノキ林であり、全ての試験区で無間伐である。平均樹高は全ての試験区で約 16m で同じであり、試験区の地位は同じである。本数密度の時系列変化は、3000 本区、6000 本区は密度効果による競争から大きく減少している(図 5 a)。一方で、1500 本区では密度が薄いために競争が無く、本数密度は 48 年生時まであまり変わらない。平均直径は、1500 本区>3000 本区>6000 本区であり、低密度の方が直径は太くなる(図 5 b)。48 年時の林分材積は、6000 本区=3000 本区>1500 本区となり、低密度植栽がやや小さい(図 5 c)。

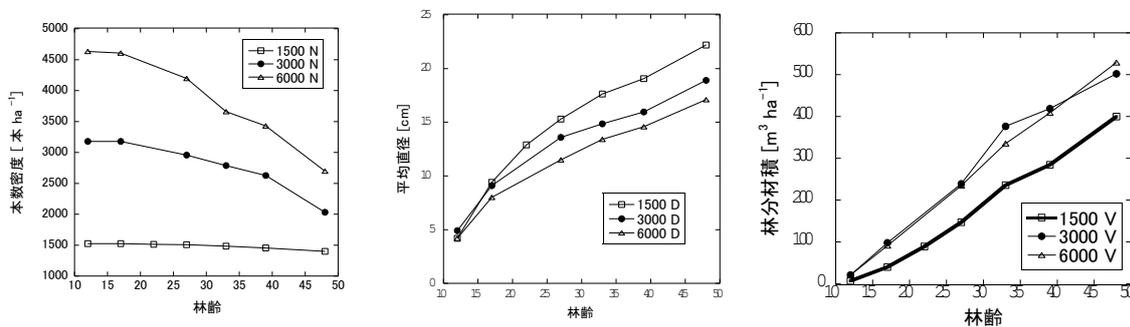


図 5 奥足川ヒノキ林の林況の時系列変化：(a)本数密度、(b) 平均直径、(c) 林分材積

1500 本区では 48 年時点でも枯れが少なく密度効果は小さい。仮に 1500 本区より低密度植栽した場合に、密度効果が無いので、収穫する林分材積は本数密度に比例する。例えば 1000 本区では 2/3 の 270m<sup>3</sup>/ha、750 本区では 1/2 の 200m<sup>3</sup>/ha となる。このように植栽密度が低すぎると、収穫量は大きく減少する。なお、ヒノキよりも成長の良いスギやカラマツでは、密度効果の現れる本数密度や収穫林分材積の数値は異なるので、さらに検討する必要がある。

低コスト造林の視点から低密度植栽の利点と問題点を挙げる。利点として、植栽本数が減るので、苗代などの資材代や植栽人役が減る。主伐前の切り捨て間伐をする必要がなくなる。欠点として、本数密度を減らしすぎると収穫量が減り、式 1 から伐採時の収入と利益が減少する。このため、伐期を設定して現地の地位と予想収穫量を検討し、間伐等の標準的な施業を設計して、適切な本数密度で植栽するのが重要である。

なお、四国支所では奥足川試験地のようなスギとヒノキで植栽密度の固定試験地を、3 カ所で長期測定している。この調査の経験から、低密度試験区を通常と高密度試験区と比較して、林冠に穴(ギャップ)が開きやすいという印象を持つ。この林冠の穴(ギャップ)から広葉樹が侵入し、林内に広葉樹が混交する箇所が見受けられた。このような収穫リスクも、低密度植栽には検討に入れる必要がある。

## 5. コンテナ苗植栽のコスト分析

九州での従来の造林方法と、コンテナ苗と大苗との再造林コストの比較結果は図 6 となる(鹿又：森林総研九州 2013)。条件として、地拵えはプロセッサーによる全木集材により 4 人日に省力化した。苗単価は普通苗 75 円、コンテナ苗 120 円、大苗 150 円とした。下刈りについて、普通苗で 5 年間で毎年下刈り、コンテナ苗で隔年の 3 回、大苗で 2 回する。この結果、コンテナ苗 36%、大苗で 19%の経費削減ができる。

九州地域と東北地域の造林での違いについて、九州の常緑広葉樹林や標高により落葉広葉樹林など多様な下層植生に対して、東北では落陽広葉樹林主体と、雑木の植生タイプが異なる。九州は成長の良い針葉樹種としてスギが挙げられるが、対して東北ではスギに加えて岩手な

ど太平洋側ではカラマツが選択できる。九州は育苗は挿し木が主体であり、東北地域は実生である。さらに、東北地域で低密度植栽、コンテナ苗利用、下刈りの低減などの手法を利用した林業事業体の低コスト化の取り組みについて、成果とコスト情報を収集している。幾つかの林業事業体では、大幅な低コスト化も報告されている。これらの点を加味して、コストと下刈りなどの要因について東北地域の造林コストをモデル化し、場所毎のコストを検討していく必要がある。

## 6. まとめ

以上、低コスト造林の必要性から、九州での取り組みを基に、東北での事例を含めて、まとめてきた。森林総合研究所東北支所では、平成 24 年度から低コスト再造林に関する研究プロジェクトを行っており、この中では九州森林管理局と森林総研九州支所での成果を基に、調査データの収集や研究を行っていく。九州地域と東北地域では造林について様々な点で異なっており、これらの違いを十分に考慮しながら、東北地域での低コスト造林への方向性をより具体的に明らかにしていきたい。

最後に、東北地域の林業関係者に、森林総研東北支所のこれら調査・研究へのご協力をお願いします。

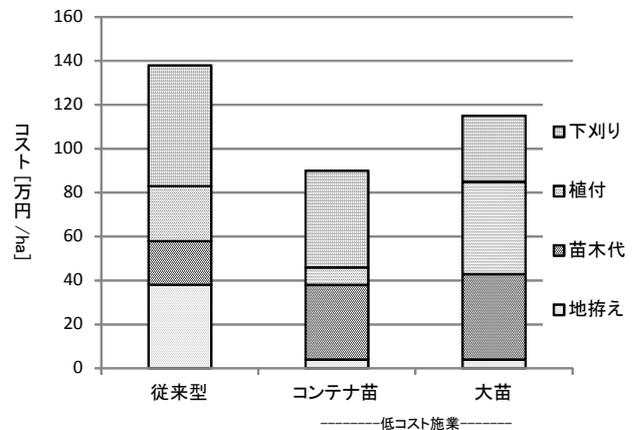


図 6 九州での造林費用の試算

## 引用文献

- 森林総合研究所九州支所 編(2013)低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集、46pp、森林総合研究所九州支所、熊本。
- 小谷英司・平田泰雅・都築伸行・門田春夫・弘田孝行・松本剛史(2006.10) 奥足川山ヒノキ人工林収穫試験地の調査結果、森林総研四国支年報、47:25-26。

- 中原健一(2013) 水源林造成造成事業におけるコンテナ苗実証試験について、68-77、  
低コスト造林・育林技術最前線、145pp、全国林業改良普及協会、東京.
- 外館聖八朗(2013) 低コスト再造林を目指した NJ 素流協の取り組み、森林総研東北支  
所セミナー「多雪地帯での低コスト再造林技術を目指して」、1pp(配付資料).
- 八木橋勉ら(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、  
森林学会第 124 回大会学術講演集、121
- 渡辺直史・深田英久・藤本浩平・徳久潔(2012) 低コスト育林技術の開発 植栽、下  
刈りに要する時間の短縮、高知県林業技術センター H23 研究成果報告書、25-26.