

「伐採・地拵・植栽」 一貫作業システム導入マニュアル



平成29年3月
青森県農林水産部林政課

目 次

I はじめに

- 1 趣旨 P 1
- 2 再造林の現状と課題 P 1

II 低コスト再造林の取組

- 1 低コスト造林技術 P 2
- 2 コンテナ苗の活用について P 4
- 3 一貫作業システムについて P 8

III 「一貫作業システム」及び「コンテナ苗植栽」実証事例

- 1 経費積算等の基礎条件 P10
- 2 実証事例 P10
 - (1) 平坦地における一貫作業システム P11
 - (2) 緩傾斜地における一貫作業システム P15
 - (3) 中傾斜地における一貫作業システム P18
 - (4) 平坦地におけるコンテナ苗植栽 P21
 - (5) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽① P23
 - (6) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽② P25
 - (7) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽③ P27
 - (8) 中傾斜地におけるコンテナ苗植栽 P29
 - (9) 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽 P31

IV 事例の検証結果

- 1 検証結果 P33
- 2 実施に当たってのポイント P37
- 3 低コスト再造林モデルの提案 P38
- 4 まとめ P39

1 趣旨

西日本において人工林伐採跡地の植栽が進まず、造林未済地から山地災害が頻発したことに端を発した再造林問題は、現在、全国的な課題となっており、森林資源の循環利用に向け、再造林を着実に推進することが求められています。

本県においても近年、この問題が顕在化してきていることから、県では、再造林に係る施策の方向を定め、着実に森林を更新していくことにより、森林の持つ多面的機能を持続的に発揮させるとともに、将来にわたり資源を循環利用し、次世代に豊かな青い森をつないでいくことが重要かつ喫緊の課題と捉え、平成 27 年 1 月に再造林放棄地の解消に向けた取組を講ずるに当たっての指針となる「青い森再造林推進プラン」（以下、「プラン」という。）を策定したところです。

再造林を進めるに当たっては、森林所有者の理解が最も重要であることから、プランでは、森林所有者が森林経営に意欲的に取り組めるよう「伐採経費の負担軽減と収入増加」、「再造林の低コスト化」、「社会全体で再造林を支援する仕組みづくり」などの方向性で各種施策に取り組んでいくこととしています。

この中の「再造林の低コスト化」の取組のひとつとして、平成 27～28 年度にかけて、「伐採」・「地拵」・「植栽」の各作業を、期間を空けずに連続して実施し、伐採作業に用いた機械を地拵作業に活用するほか、苗木には、冬期を除いていつでも植栽可能で、植付効率の良いコンテナ苗を用いる「一貫作業システム」の実証試験を実施し、今回、マニュアルとして整理しました。

これを契機に本県において「一貫作業システム」が普及・定着し、再造林の低コスト化が加速することを期待しています。

2 再造林の現状と課題

本県の森林資源は、現在 40～50 年生が面積のピークを占め、本格的な利用期が到来しています。また、六戸町の L V L 工場や平川市の木質バイオマス発電施設が平成 27 年度から本格稼働し、伐採量は増加傾向にあります。

これまで国の造林補助事業を活用し、伐採跡地への再造林を進めてきましたが、再造林割合（再造林面積／人工林伐採面積）は約 3 割に留まっており、コストが高いため再造林されずにそのまま放置される森林が増加しています。このままでは将来利用できる資源量が減少し、林業が衰退してしまうほか、森林の持つ多面的機能が損なわれ、土砂災害の発生や水資源確保にも支障をきたす恐れがあります。また、人口減少・高齢化が進む中で林業労働者数も減少しており、今後増大が見込まれる造林作業への対応が課題となっています。

このため、森林所有者の再造林意欲を向上させるための低コスト化技術の普及・定着や新たな支援の仕組みづくりのほか、労働力減少に対応するための作業の省力化に向けて取り組む必要があります。

Ⅱ 低コスト再造林の取組

1 低コスト造林技術

低コスト造林の技術開発については、全国の森林・林業関係試験研究機関が取組を進めており、これまでの研究から以下のような提案がなされています。

このうち、①コンテナ苗の活用及び②一貫作業システムについては、本県での事例を踏まえ、詳しく後述します。なお、③低密度植栽及び④下刈省力化については、現在、地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所が本県に適合した技術開発を進めている最中ですが、研究途上であるため、近県の研究成果を掲載させていただきました。

①コンテナ苗の活用	・ 通年（冬期除く）で植栽でき、植付効率の良い苗木を一貫作業システムの中で使用
②一貫作業システム	・ 伐採～地拵～植栽までの作業を、期間を空けずに一体的に実施 ・ 木寄せ・集材作業等に用いたグラップルを地拵に、丸太の搬出に用いたフォワーダ等をコンテナ苗の運搬に活用 ・ 植付効率の良いコンテナ苗の活用が基本
③低密度植栽	2,000 本/ha 以下での植栽 ・ 従来の 3,000 本/ha 程度を植栽し、間伐を繰り返す施業体系を見直し、低密度で植えて間伐回数を減らす体系へ移行 ・ 低密度植栽導入に当たっては、A 材の収量減少等を勘案した生産目標設定が必要 ・ 現地の地形や積雪量に応じた本数選択が必要 ・ 本県では、平成 28 年度から低密度植栽を補助対象化スギ 1,000 本/ha～、カラマツ・ヒバ 1,500 本/ha～、マツ 2,000 本/ha～ 〈岩手県林業技術センター〉 ・ 平成 15 年に 500 本/ha、1,000 本/ha、2,000 本/ha、3,000 本/ha でスギを植栽（平坦・積雪量少） ・ 形状比は密度が高いほど大きく、幹が細い傾向 ・ 500 本/ha はずんぐり形状で幹材積が少なく、下枝が張り出し、製材利用困難 〈秋田県林業研究研修センター〉 ・ 平成 14 年に 1,000 本/ha、2,000 本/ha、3,000 本/ha でスギを植栽（急傾斜・積雪量多） ・ 1,000 本/ha で形質不良木の発生率が高い傾向

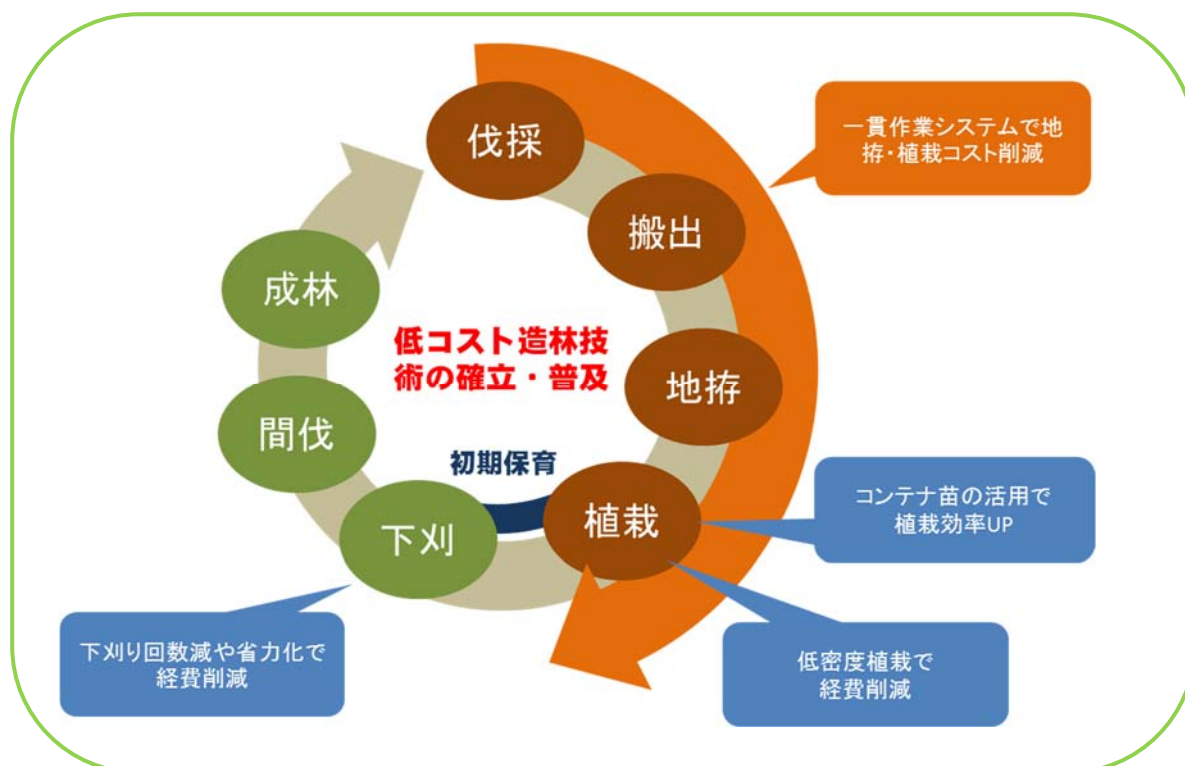
④下刈省力化

これまで5年間程度、毎年実施していた下刈を必要最低限に抑制
〈岩手県林業技術センター〉

- ・カラマツは成長が早く、初期2～3年間下刈を実施すれば、その後、周辺の雑草木より樹高が高くなり、下刈省略が可能
〈秋田県林業研究研修センター〉
- ・スギは植栽後2年間下刈を省略しても樹高成長への影響は軽微
- ・3年目に初めて下刈した箇所では雑草木の繁茂により誤伐率が連年下刈箇所の約3倍
- ・多雪地で2年目に下刈を省略すると雑草木の下敷きとなり、雪害率が約2.5～3倍
- ・提案する下刈実施年

1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目以降
×	○	○	×	○	×

低コスト造林のイメージ



2 コンテナ苗の活用について

(1) コンテナ苗とは

コンテナ苗は、森林・林業白書の中で「硬質樹脂等で作られ、空中に懸架された複数の容器において育苗された苗木で、容器には底面の開口や、内部に突起等の工夫を施すことにより、根の変形や根巻きが生じにくく、根切りも必要としない。」とされており、主な特徴は以下のとおりです。

- ① 通年（冬期除く）で植栽できる
- ② 従来用いられてきた裸苗より植栽効率が良い
- ③ 資材費等がかかるため、現状では裸苗より高価
- ④ 育苗期間は裸苗より短い

スギコンテナ苗



300cc 容器 (4×6=24 穴) での育苗 (スギ幼苗)



150cc 容器 (5×8=40 穴) での育苗 (スギ1年生)



空中に懸架された容器 (ヒバコンテナ苗)



(2) コンテナ苗と裸苗の比較

	裸 苗	コンテナ苗
1 本 当 たり 重 量	軽い	やや重い（根鉢があるため）
育 苗 期 間	3 年 程 度	短い（1～2 年）
育 苗 面 積	広い土地が必要	狭い土地でも可
植 栽 機 具	唐 鋤	専用機具（ディブル等）
植 栽 時 期	春・秋	通年（冬期除く）
植 え 穴	大きい穴が必要	小さい穴で良い
植 栽 難 度	難（要経験・習熟）	容易（経験・習熟度低位可）
植 栽 効 率	普通	良い（※傾斜により例外あり）
労 働 負 担	大きい	小さい
活 着 率	9 4 %（実証事例より）	9 9 %（実証事例より）
苗 木 単 価	安い	高い

※〈参考〉宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム「平成 25 年度コンテナ苗を利用した低コスト造林技術の実証活動成果報告」

(3) コンテナ苗の取扱い

コンテナ苗の特徴である「根鉢」を壊さないように運搬するため、段ボールや梱包用ネット、また、小分けにするためのラッピングやビニール袋詰めなど様々な方法がとられています。

これらの梱包方法については、根鉢の固さに応じて検討が必要で、根鉢が固い場合はやや粗めの梱包が可能ですが、根鉢が柔らかい場合は丁寧な梱包が求められます。

また、根鉢が柔らかい場合は、梱包を解いた後の現場での取扱いにも注意しなければなりません。

段ボール詰めされたコンテナ苗



ビニール袋で小分けにしたコンテナ苗を
梱包用ネットに入れて現場に搬入



ラッピングで小分けにしたコンテナ苗を
ござで覆って現場に搬入



コンテナ苗の現場での保管方法ですが、1週間程度であれば搬入時の状態で保管して問題ありません。

なお、大量のコンテナ苗が一度に現場に搬入された場合などで、植栽まで相当の期間を要する場合、苗が枯死または損傷してしまうことが懸念されますが、国立研究開発法人森林総合研究所の実証によると、コンテナ苗を枝条で覆い、乾燥対策を施すことによって4週間程度は健全に保管でき、活着率も低下しないとの結果が報告※されています。

施行地の地理的条件にも左右されますが、北側斜面の日陰に置いて、枝条をかぶせておくのが最も有効と考えられます。

※森林総合研究所「コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開 ～実証研究の現場から～」

(4) コンテナ苗の植え方

コンテナ苗の植え方について、植栽専用器具「ディブル」を用いたケースを説明します。作業内容はシンプルで、以下のとおりとなります。

〈コンテナ苗植栽方法〉

- ① ディブルの足を掛ける部分を踏みつけ、地面まで押し下げます。
- ② ディブルを抜き取り、開いた穴の奥までコンテナ苗を差し込みます。
- ③ 苗の周りを軽く踏み固めます。

ディブル



植え穴あけ



植え穴



植付け～踏固め



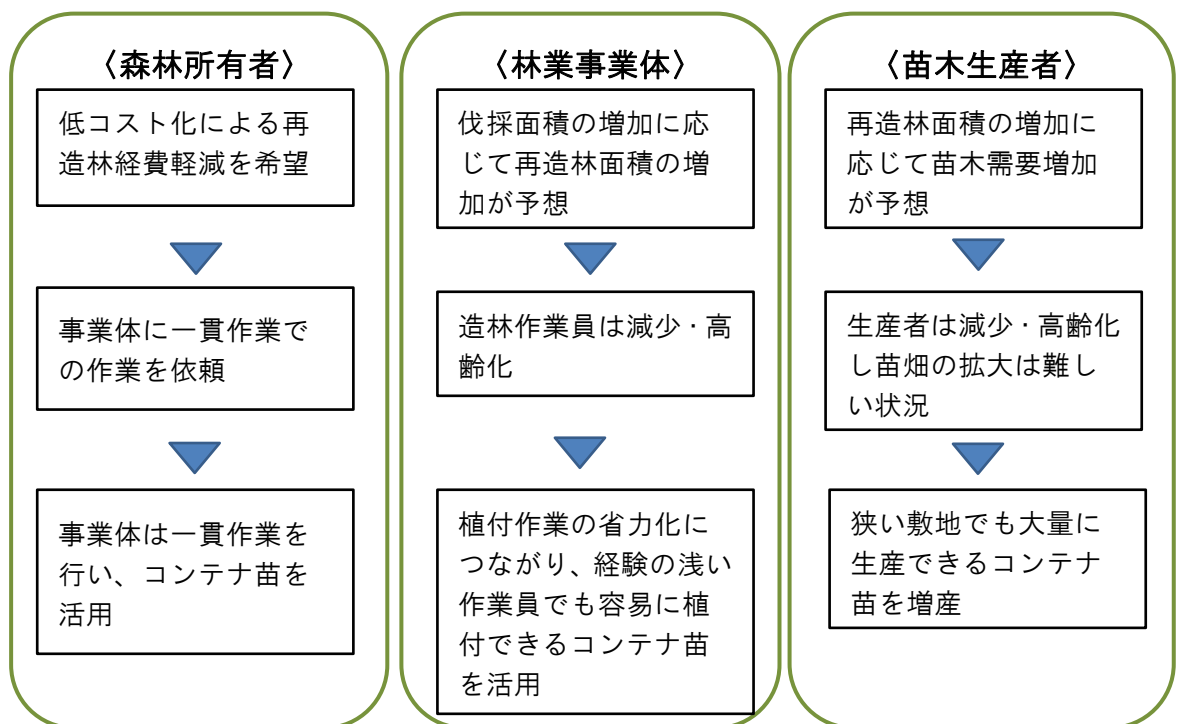
また、植栽作業に当たっては、以下に留意してください。

〈留意事項〉

- ① コンテナ苗の移動や運搬の際に根鉢を壊さないよう注意してください。
- ② 植栽作業の間に根鉢を乾燥させないように配慮してください。
- ③ ディブルには 150cc タイプと 300cc タイプがあるので、コンテナ苗の根鉢のサイズに合ったものを使ってください。
- ④ ディブルは垂直に押し下げるイメージで使い、過剰に前後左右に動かす必要はありません。
※穴が大きくなり、根鉢と周辺の土との間に隙間が生じるため
- ⑤ 乾燥対策のため、根鉢の上面が若干地面から下になるくらいの深さで植え、土を被せてください。
- ⑥ 植付後の踏み固めは、根鉢を壊さないよう軽めでかまいません。

（５）コンテナ苗の有効性について

コンテナ苗は森林所有者にとっての低コスト化のみならず、その他の関係者にもメリットが及ぶものであり、整理すると以下のとおりとなります。



（６）本県におけるコンテナ苗の生産状況について

本県では、平成２８年度から青森県山林種苗協同組合及び２森林組合がコンテナ苗の生産を開始しており、約１９万本/年の生産を見込んでいます。今後も苗木需要に応じて追加的に施設整備を行い、増産していく予定です。

3 一貫作業システムについて

(1) 一貫作業システムとは

伐採～地拵～植栽までの作業を、期間を空けずに一体的に実施するもので、木寄せ・集材作業等に用いたグラップルを地拵に、丸太の搬出に用いたフォワーダをコンテナ苗の運搬に活用することで低コスト化を図ります。

なお、作業を一体的に実施するため、植栽時期が従来考えられていた適期（春・秋）とならないことも想定されること、また、裸苗より植栽効率が良いことなどから、植栽に当たっては、コンテナ苗の活用を推奨します。

(2) 一貫作業システムのスケジュール

従来型作業と一貫作業のスケジュールを模式的に示すと以下のとおりとなります。なお、東北地区では冬の積雪期に一貫作業はできませんが、秋期に伐採～地拵までを完了させ、融雪後に植栽すれば、一貫作業と同程度の省力化が可能※といわれています。

※森林総合研究所「東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの実用化に向けた研究成果集
ここまでやれる再造林の低コスト化 東北地方の挑戦」

※「東北型」では苗木運搬にフォワーダを活用できないため、省力化の上でわずかに不利

従来型	時 期	通 年		中断期間	春または秋	
	作業内容	伐採（伐採～木寄せ・集材～造材～搬出）		→	地拵	植栽
一貫作業	時 期	通 年（植栽に関しては冬期除く）				
	作業内容	伐採（伐採～木寄せ・集材～造材～搬出）		地拵	植栽	
一貫作業 （東北型）	時 期	秋まで			冬（中断期間）	春
	作業内容	伐採（伐採～木寄せ・集材～造材～搬出）		地拵	→	植栽

(3) 一貫作業システムの作業工程

一貫作業システムの標準的な作業工程は以下のとおりとなります。

	作業項目	使用機械等	備 考
①	伐倒	チェーンソー	
②	木寄せ・集材	グラップル	地拵兼用
③	造材	プロセッサ	
④	搬出	フォワーダ	苗木運搬兼用
⑤	地拵	グラップル	木寄せ・集材兼用
⑥	苗木運搬	フォワーダ	搬出兼用
⑦	植栽	人力	コンテナ苗

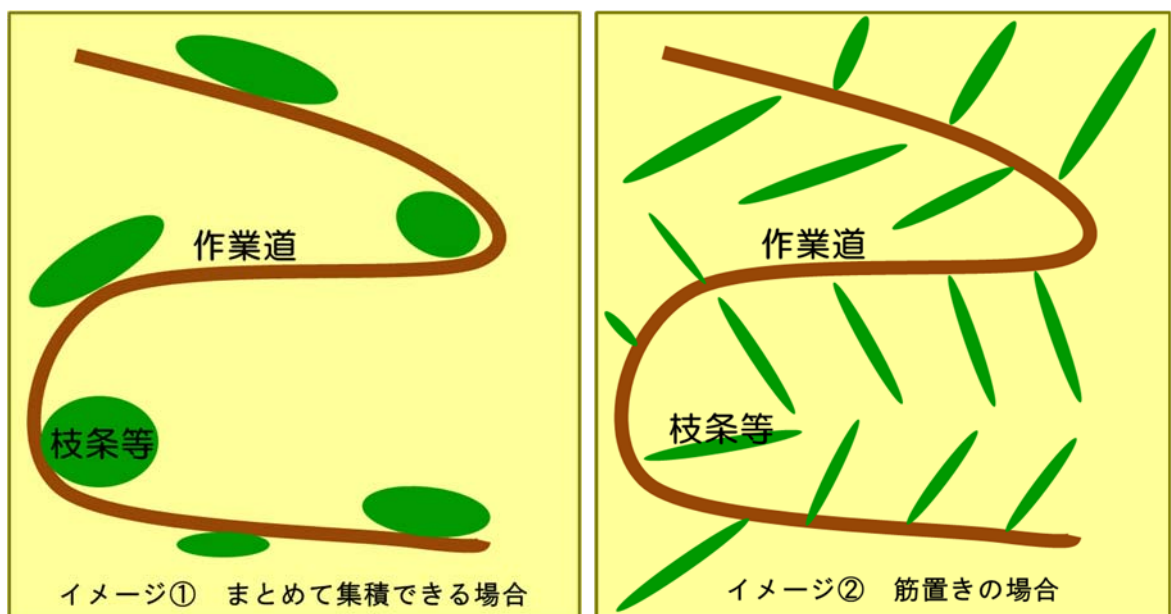
一貫作業システムの作業の流れ



※〈参考〉森林総合研究所「森林・林業の再生：再造林コストの削減に向けて 低コスト化のための5つのポイント」

(4) 機械地拵の実施イメージ

可能な限り林地に残材や枝条を残さないことが植栽作業の効率化につながるため、下記イメージ①のように、全木集材し、造材の結果生じた枝条等をまとめて集積するのが理想ですが、集積用地が確保できない場合などは、イメージ②のように林地内への筋置きを検討します。



※〈参考〉森林総合研究所「低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集」

Ⅲ 「一貫作業システム」及び「コンテナ苗植栽」実証事例

1 経費積算等の基礎条件

実証事例における経費やその事例と比較するための標準経費については、以下に基づき、統一した基準で積算します。

なお、経費は ha 当たりの直接工事費として算出するものとし、間接費（現場監督費や社会保険料等）や消費税は含めません。

また、1 日は、実働 8 時間として計算しています。

項 目	基 準
労務費	公共工事設計労務単価（H28.4）
燃料費（免税軽油）	建設物価調査会による調査単価（H28.4）
燃料消費量	青森県建設機械等損料算定表（H27.10）
機械損料	青森県建設機械等損料算定表（H27.10）機械化のマネジメント（H13.3）
機械に係る雑材料費	青森県県営林間伐木素材生産作業事業費積算基準（S59.7（H16.7 一部改正））
苗木単価	青森県林業用種苗価格調整委員会決定単価（H28.4）
地拵工程	調査結果による
植栽工程	調査結果による

2 実証事例

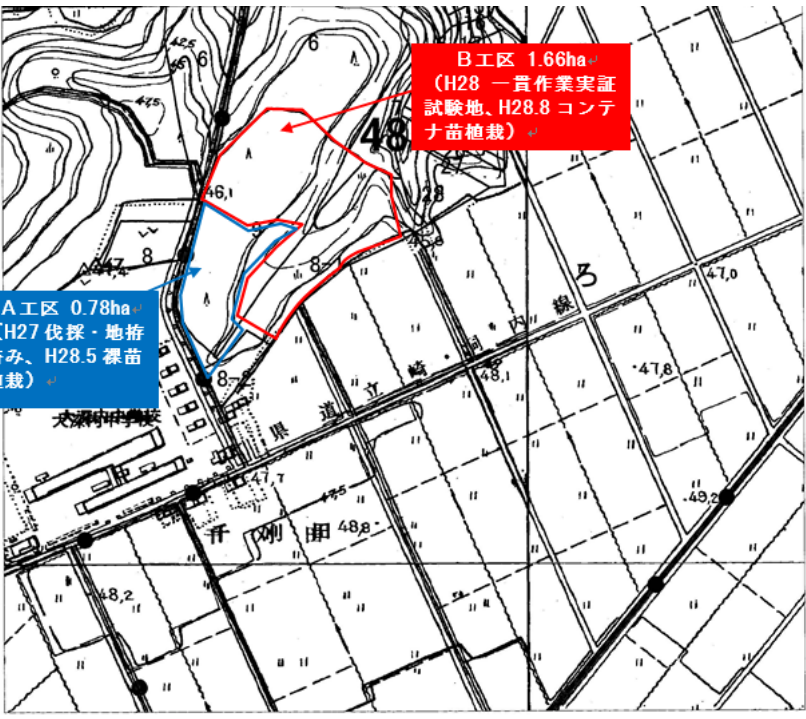
ここでは、平成 27 年度から平成 28 年度にかけて実施した一貫作業システムやコンテナ苗植栽の実証事例を傾斜区分別にまとめました。

一貫作業システムで行う地拵については、グラップルの使用を基本とし、一部、工程比較のため、人力での施工も実施しています。

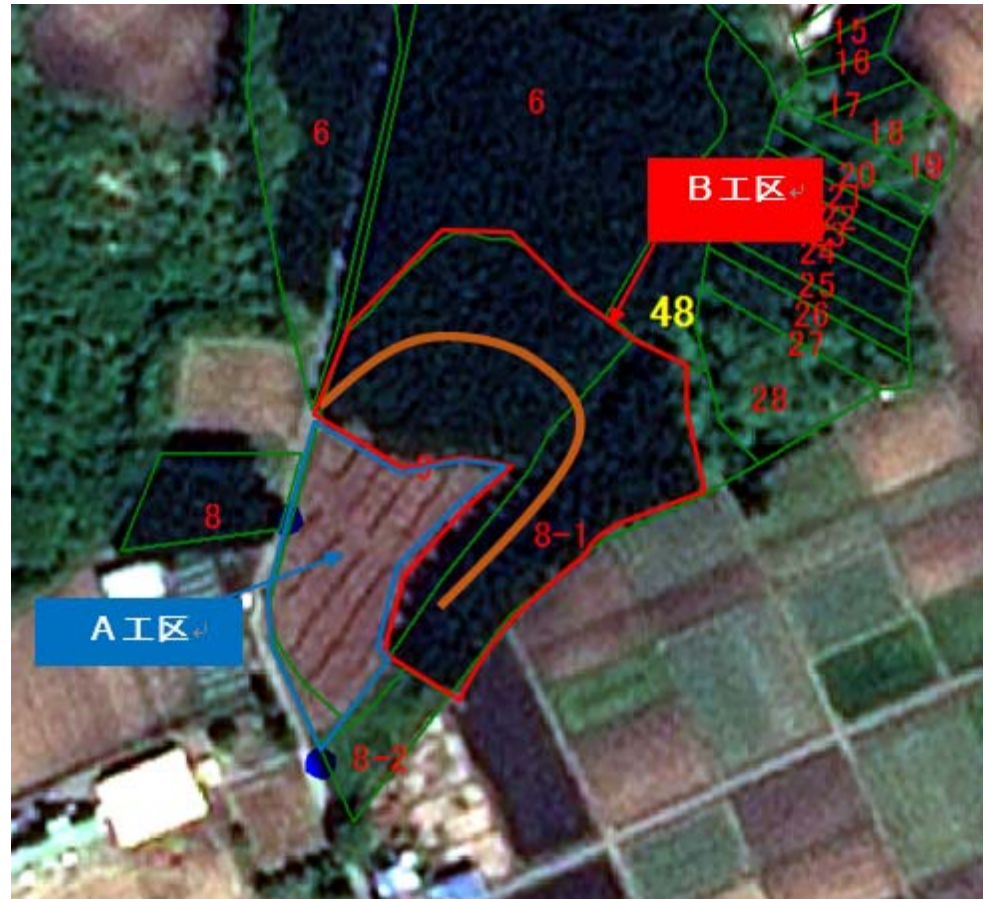
また、植栽については、裸苗は唐鋤、コンテナ苗はディブルを使用してそれぞれの工程比較を行っています。

なお、今回紹介する各現場においては、コンテナ苗植栽専用器具ディブルが極端に刺さりにくいといった報告がなかったため、土質については、区分を行っていません。

(1) 平坦地における一貫作業システム

項 目	内 容			
事業主体区分	森林組合（直営）			
施行地	十和田市大字立崎字中坪地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種		前生樹種林齢
	干害防備保安林	スギ		47～61 年生
	伐採面積	平均傾斜		地床種
	2.44ha	5° 未満		ササ類
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	スギ裸苗	0.78ha	3,000 本/ha	非一貫・地拵（丁寧）済み 5 月植栽・唐鋤使用
	スギコンテナ苗	1.66ha	3,000 本/ha	一貫作業・8 月植栽 ディブル使用
実証内容	○ 機械地拵（丁寧）、機械地拵（省力）、人力地拵の工程比較 ○ 裸苗植栽、コンテナ苗 150cc 植栽（1 人制）、コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）、コンテナ苗 300cc（2 人 1 組制）の工程比較			
平面図				

衛星画像



実施状況

① A工区裸苗植付状況



② B工区機械地拵作業状況



③ B工区機械地拵完了後（丁寧）



④ B工区機械地拵完了後（省力）



⑤ フォワーダでのコンテナ苗運搬



⑥ コンテナ苗をバケツで小運搬



⑦ コンテナ苗植穴あけ



⑧ コンテナ苗植付け



⑨ 地拵丁寧区における植栽状況



⑩ 地拵省力区における植栽状況

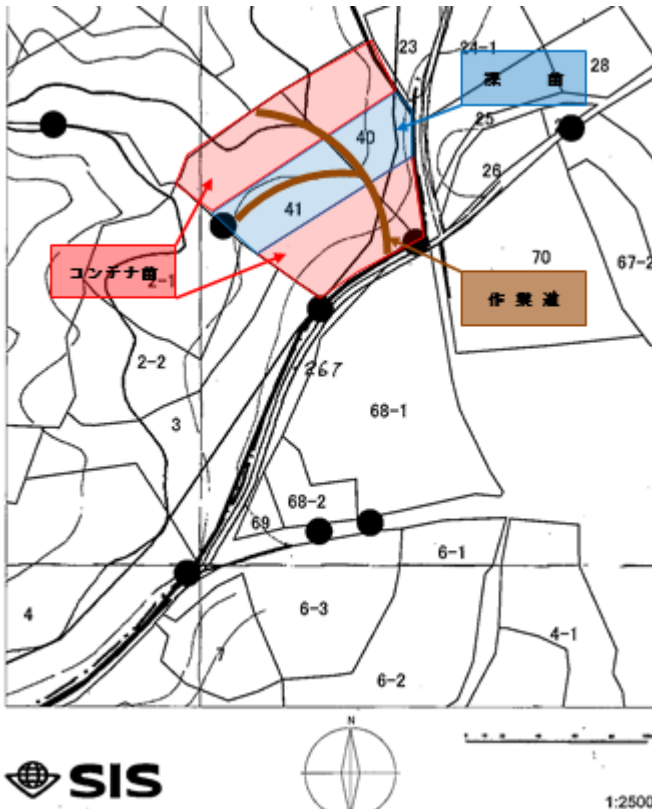


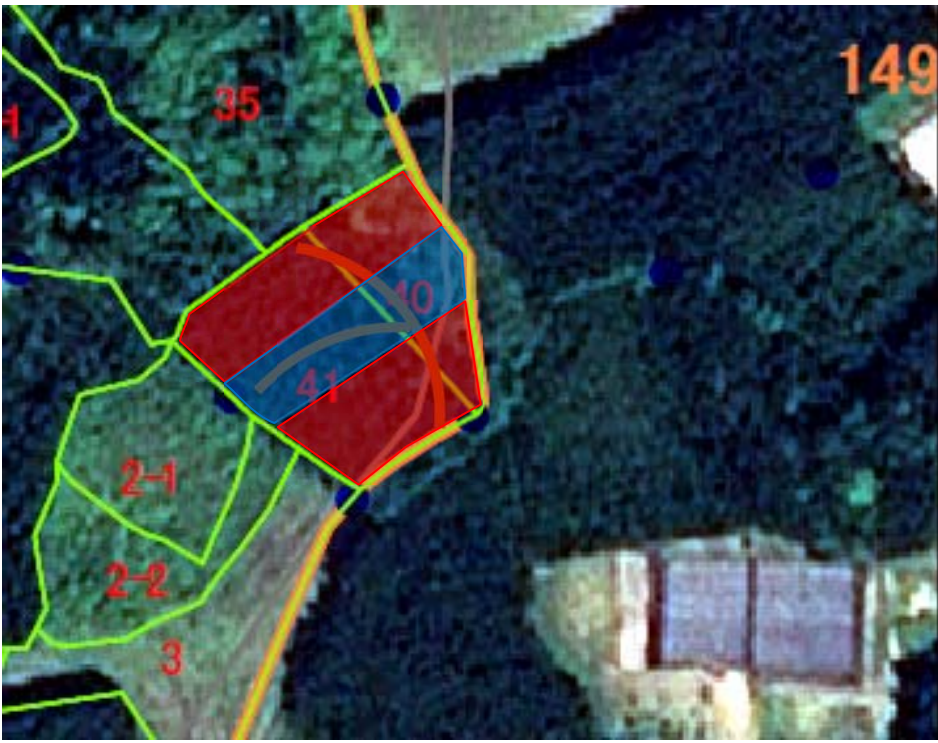
工程及びコスト	作業種	種別	工程	経費
	地拵	機械（丁寧）	4.6 人日/ha	164,430 円/ha
		機械（省力）	1.8 人日/ha	64,342 円/ha
		人力	9.4 人日/ha	146,640 円/ha
	植栽	裸苗	16.0 人日/ha (187 本/人日)	633,000 円/ha
		コンテナ苗 150cc (1 人制)	8.9 人日/ha (336 本/人日)	702,840 円/ha

		コンテナ苗 150cc (2人1組制)	7.3 人日/ha (411 本/人日)	677,880 円/ha
		コンテナ苗 300cc (2人1組制)	10.6 人日/ha (284 本/人日)	729,360 円/ha
実証結果	<地拵> ①当現場で実施した人力地拵は、枝条を人力で整理したもので、根株等大きな残材は機械で整理した。このように実施条件下においても、人力地拵には多大な労力を要した。 ②機械地拵について、枝条を林地に残さない「丁寧区」と多少残したままで可とする「省力区」を設定し、比較したところ、工程に2.5倍以上の差が生じた。 <植栽> ①コンテナ苗と裸苗の植栽工程を比較すると、全般的にコンテナ苗の方が、植栽効率が良かった。 ②300ccのコンテナ苗と150ccのコンテナ苗の植栽工程を比較すると重さの軽い150ccの方が一度に多くの苗木を運搬できるため、植栽効率が良かった。 ③コンテナ苗の植付体制について、「苗小運搬」、「苗間測定」、「植穴掘り」、「植付」の各作業を1で行う1人制と、2人1組（「苗間測定＋植穴掘り」1人、「苗小運搬＋植付」1人）で行う2人制を比較したところ、2人制の方が、植栽効率が良かった。 ④コンテナ苗植栽の場合、植穴が小さくて済むため、地拵「丁寧区」と「省力区」とで植栽工程に大きな差異は認められなかった。			
生育状況調査結果	<植栽状況> ○ 植 栽 日 裸 苗：H28.5/23～5/25 コンテナ苗：H28.8/8、8/18～8/23 ○ 平均気温 裸 苗：15.2～19.5℃ コンテナ苗：23.1～27.4℃ ○ 植栽本数 裸 苗：2,340 本 コンテナ苗：4,980 本 <調査結果> ○ 調 査 日 H28.10/26 ○ 枯 死 率 裸 苗：1.5% コンテナ苗：0.2%			

生育状況
調査結果

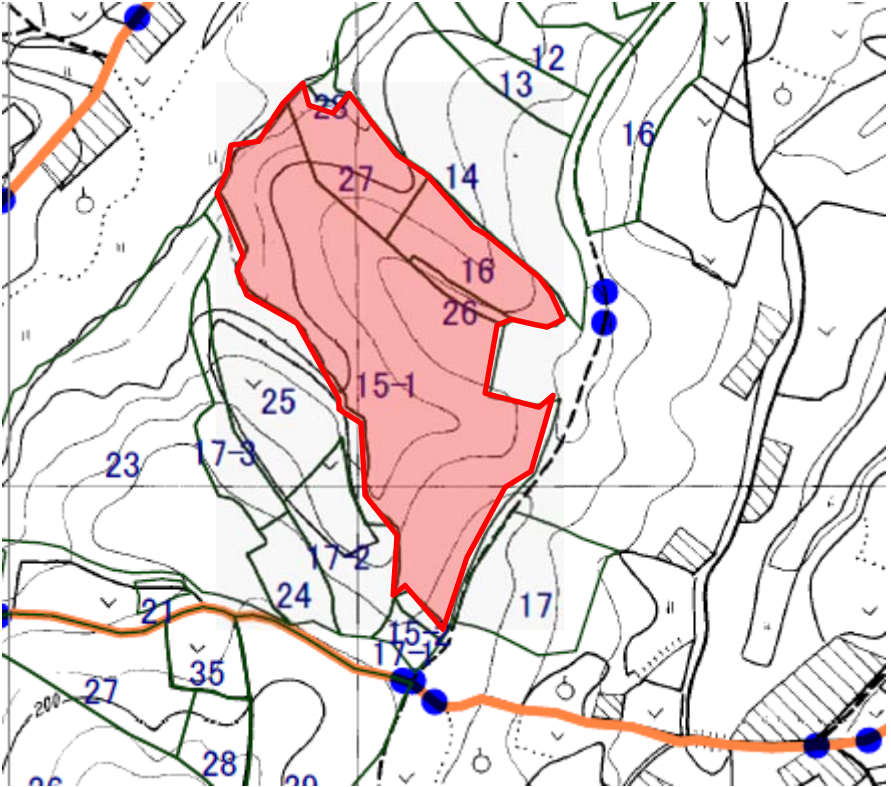
(2) 緩傾斜地における一貫作業システム

項 目	内 容			
事業主体区分	森林組合（請負）			
施行地	田子町大字田子字上新田地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種		前生樹種林齢
	普通林	スギ、カラマツ、アカマツ		47～61 年生
	伐採面積	平均傾斜		地床種
	1.24ha	5～15° 未満		ササ類
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	スギ裸苗	0.40ha	2,500 本/ha	一貫作業・11 月植栽 唐鋤使用
	スギコンテナ苗	0.84ha	2,500 本/ha	一貫作業・11 月植栽 ディブル使用
実証内容	○ 機械地拵（丁寧） ○ 裸苗植栽、コンテナ苗 300cc 植栽（1 人制）、コンテナ苗 300cc 植栽（3 人 1 組制）の工程比較			
平面図				

衛星画像	
実施状況	① 機械地拵作業状況  ② 機械地拵完了後（丁寧）  ③ コンテナ苗及びディブル  ④ コンテナ苗（300cc）の根鉢  ⑤ コンテナ苗植穴あけ  ⑥ コンテナ苗植付け 

工程及びコスト	作業種	種別	工程	経費
	地拵	機械（丁寧）	2.5 人日/ha	89,364 円/ha
	植栽	裸苗	8.1 人日/ha (308 本/人日)	445,860 円/ha
		コンテナ苗 300cc (1 人制)	7.1 人日/ha (350 本/人日)	580,760 円/ha
		コンテナ苗 300cc (3 人 1 組制)	9.2 人日/ha (272 本/人日)	613,520 円/ha
実証結果	〈地拵〉 当現場のオペレーターは熟練者であったため、枝条を林地に残さない丁寧な地拵であったが、短工程で作業を完了させることができた。 〈植栽〉 ①コンテナ苗と裸苗の植栽工程を比較すると、コンテナ苗 1 人制においては、わずかに裸苗より植栽効率が悪かったものの、3 人制（「苗間測定+植穴掘り」1 人、「苗小運搬」1 人、「植付」1 人）においては、コンテナ苗の方が、効率が良かった。 ②コンテナ苗の植付体制について、「苗小運搬」、「苗間測定」、「植穴掘り」、「植付」の各作業を 1 人で行う 1 人制と、3 人 1 組（「苗間測定+植穴掘り」1 人、「苗小運搬」1 人、「植付」1 人）で行う 3 人制を比較したところ、1 人制の方が、植栽効率が悪かった。 ③当現場においては、苗設置場所から植栽現地までのアクセスが良好であったため、3 人制においては、「苗小運搬」担当者に遊び時間が生じた。			
生育状況 調査結果	〈植栽状況〉 ○ 植 栽 日 平成 27 年 10 月 30 日、11 月 6 日～11 月 7 日 ○ 平均気温 6.4～10.9℃ ○ 植栽本数 裸 苗：1,000 本 コンテナ苗：2,100 本 〈調査結果〉 ○ 調 査 日 平成 28 年 6 月 8 日 ○ 枯 死 率 裸 苗：6.0% コンテナ苗：1.0%			

(3) 中傾斜地における一貫作業システム

項 目	内 容			
事業主体区分	林業事業体（請負）			
施行地	南部町大字鳥舌内字北向地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢	
	普通林	スギ、アカマツ	58 年生	
	伐採面積	平均傾斜	地床種	
	2.58ha	15～25° 未満	ササ類	
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	カラマツコンテナ苗	2.58ha	2,000 本/ha	一貫作業・11 月植栽 ディブル使用
実証内容	○ 機械地拵（丁寧） ○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）※一部、1 人制も併用			
平面図	 S=1/5,000			

衛星画像



実施状況

① 伐採～木寄せ～造材



② 機械地拵作業状況



③ 機械地拵完了後（丁寧）



④ ラッピソグされたカラマツコンテナ苗



⑤ カラマツコンテナ苗

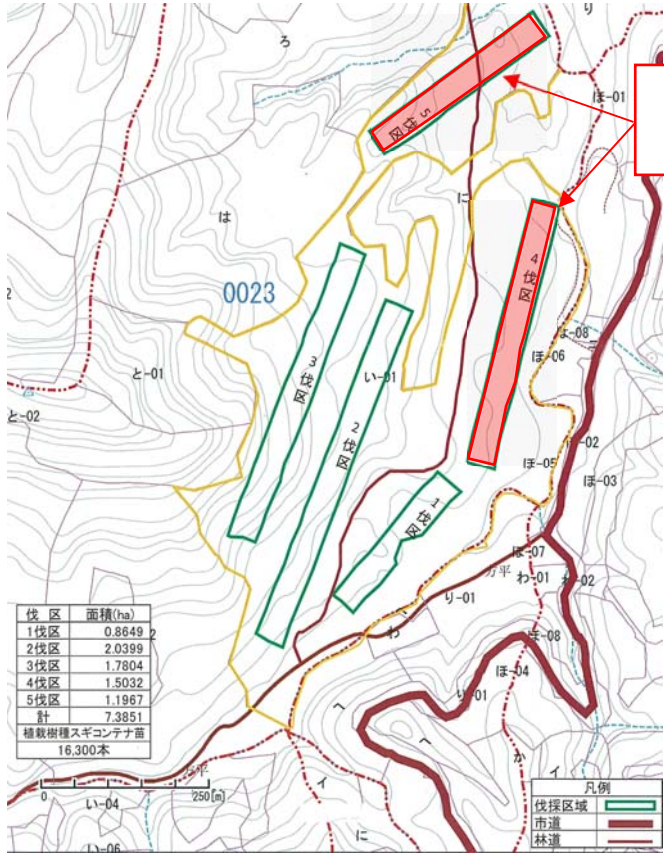


⑥ 植栽状況



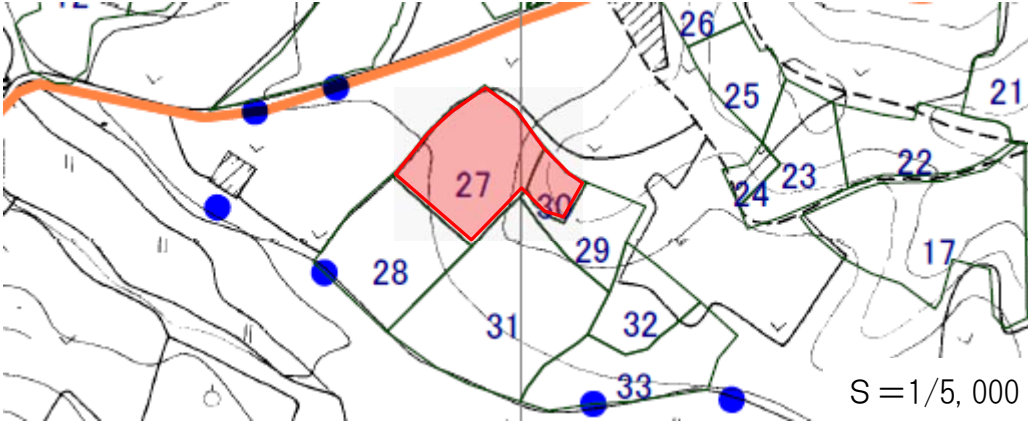
	作業種	種別	工程	経費
工程及びコスト	地拵	機械（丁寧）	3.1 人日/ha	110,811 円/ha
	植栽	コンテナ苗 150cc （2 人 1 組制）	4.1 人日/ha （489 本/人日）	439,960 円/ha
実証結果	〈地拵〉 当現場のオペレーターは経験豊富なベテランであったため、枝条を林地に残さない丁寧な地拵であったが、比較的短工程で作業を完了させることができた。 〈植栽〉 当現場は比較的柔らかい土質でディブルが刺さりやすかったこともあり、実証試験を行った中で、最も効率良く植栽することができた。			

(4) 平坦地におけるコンテナ苗植栽

項 目	内 容																	
事業主体区分	林業事業体（直営）																	
施行地	十和田市大字奥瀬字生内地内																	
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢															
	普通林	スギ	64 年生															
	伐採面積	平均傾斜	地床種															
	2.70ha	5° 未満	ササ類															
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考														
	スギコンテナ苗	2.70ha	2,200 本/ha	一貫作業 全木集材・無地拵 10月植栽・ディブル使用														
実証内容	○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）																	
平面図	 実証試験地 (4・5 伐区) <table><tr><th>伐 区</th><th>面積(ha)</th></tr><tr><td>1伐区</td><td>0.8649</td></tr><tr><td>2伐区</td><td>2.0399</td></tr><tr><td>3伐区</td><td>1.7804</td></tr><tr><td>4伐区</td><td>1.5032</td></tr><tr><td>5伐区</td><td>1.1967</td></tr><tr><td>計</td><td>7.3851</td></tr></table> 植栽樹種スギコンテナ苗 16,300本 凡例 伐採区域 市道 林道				伐 区	面積(ha)	1伐区	0.8649	2伐区	2.0399	3伐区	1.7804	4伐区	1.5032	5伐区	1.1967	計	7.3851
伐 区	面積(ha)																	
1伐区	0.8649																	
2伐区	2.0399																	
3伐区	1.7804																	
4伐区	1.5032																	
5伐区	1.1967																	
計	7.3851																	

実施状況	① 伐採～造材～集材		② 集材後の林地	
				
	③ フォワーダでのコンテナ苗運搬		④ コンテナ苗植栽作業	
				
	⑤ コンテナ苗植栽状況（遠景）		⑥ コンテナ苗植栽状況（近景）	
				
工程及びコスト	作業種	種別	工程	経費
	植栽	コンテナ苗 150cc (2 人 1 組制)	6.7 人日/ha (331 本/人日)	518,120 円/ha
実証結果	〈植栽〉 ①搬出されなかった雑木等の末木枝条が林地に残存していたため、同程度の傾斜で地拵を実施した現場と比べると植栽効率が悪かった。 ②しかし、経費的には、「無地拵＋コンテナ苗植栽」の方が「機械地拵＋コンテナ苗植栽」より安価となる。 ③翌年度以降の下刈にどの程度の影響が出るのか（末木枝条が残っていることによる労働安全性（作業中の転倒、刈払機のキックバック等）や誤伐）について追跡調査が必要である。			

(5) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽①

項 目	内 容			
事業主体区分	林業事業体（請負）			
施行地	八戸市南郷大字大森字大場沢地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢	
	普通林	カラマツ、アカマツ	49～59 年生	
	伐採面積	平均傾斜	地床種	
	0.70ha	5～15° 未満	草本類	
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	カラマツコンテナ苗	0.70ha	2,000 本/ha	非一貫・地拵（丁寧）済み 10月植栽・ディブル使用
実証内容	○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）※一部、1 人制も併用			
平面図				
衛星画像				

実施状況

① コンテナ苗搬入状況



② カラマツコンテナ苗



③ コンテナ苗植穴あけ



④ コンテナ苗植穴



⑤ コンテナ苗植付け

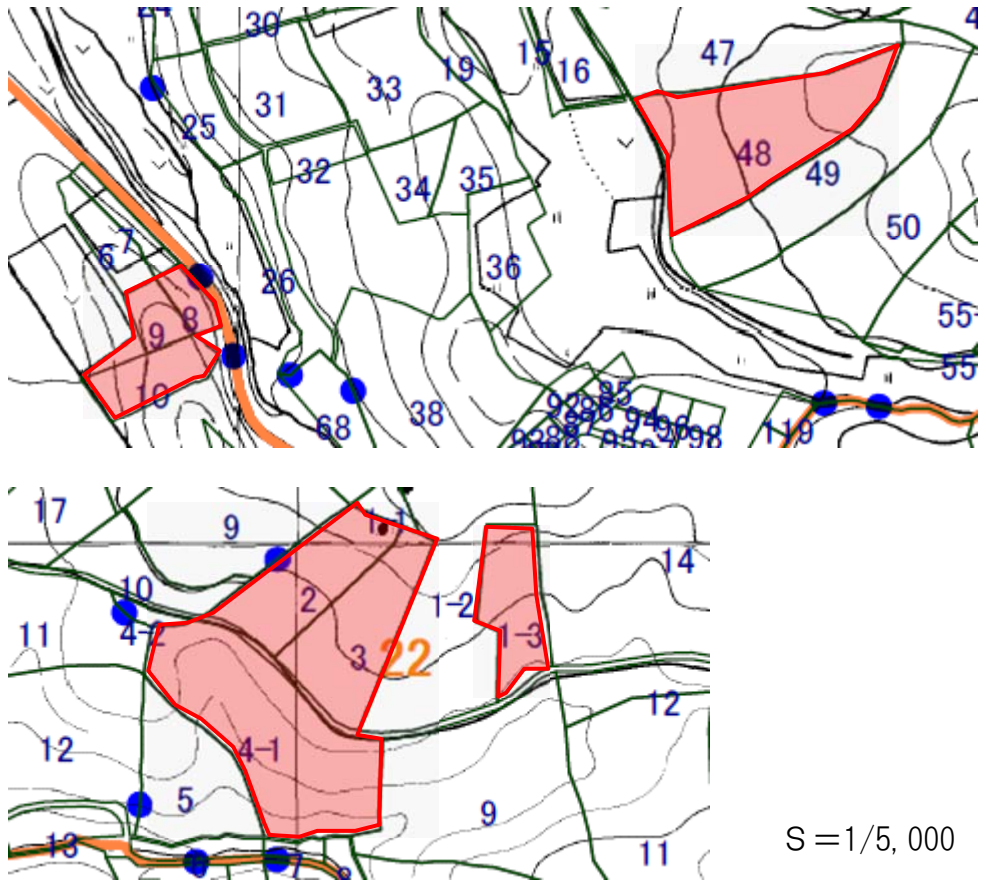


⑥ コンテナ苗植栽状況



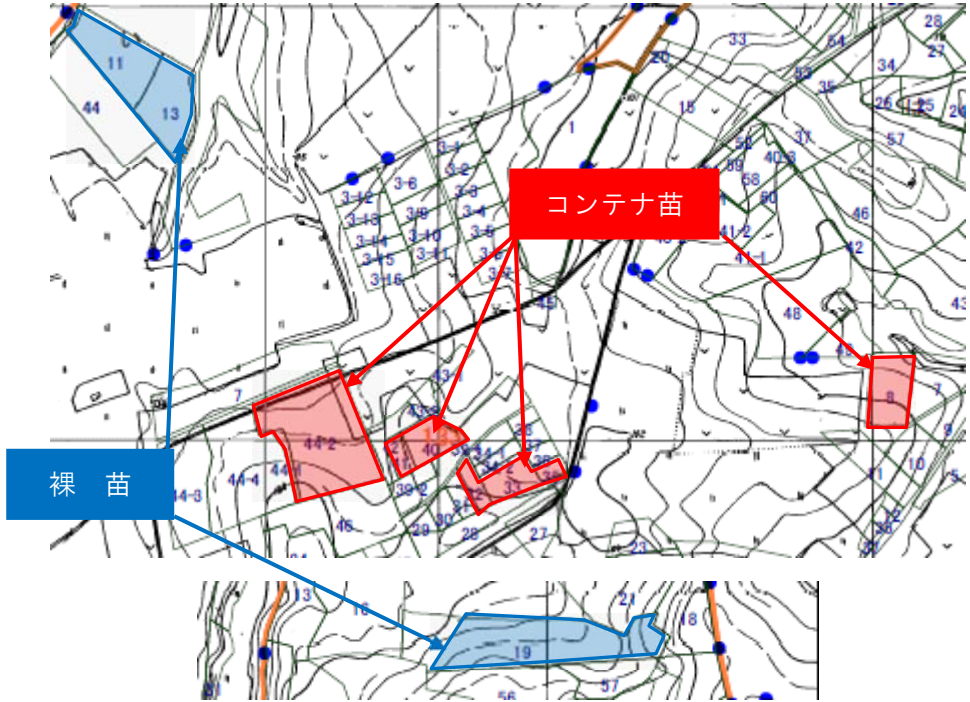
	作業種	種別	工程	経費
工程及びコスト	植栽	コンテナ苗 150cc (2人1組制)	5.1 人日/ha (395 本/人日)	455,560 円/ha
実証結果	〈植栽〉 当現場の造林作業員はコンテナ苗植栽が初めてということもあり、午前中は手探り状態で、スローペースだったが、午後にはコツがつかめ、比較的スムーズに植栽できた。			

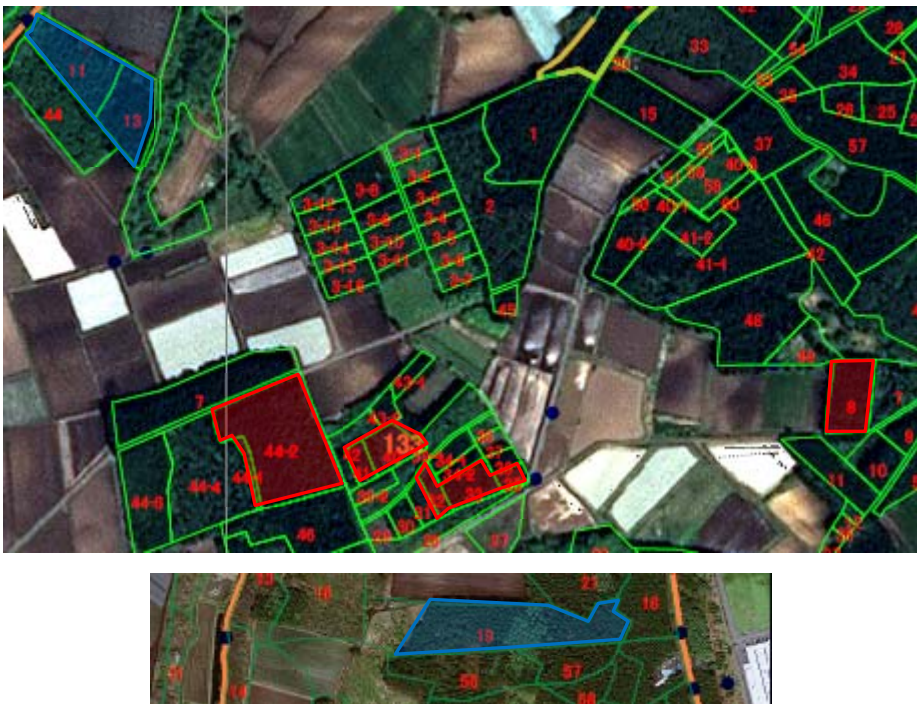
(6) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽②

項 目	内 容			
事業主体区分	林業事業体（請負）			
施行地	南部町大字森越字志民地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢	
	普通林	アカマツ	41～63 年生	
	伐採面積	平均傾斜	地床種	
	3.04ha	5～15° 未満	ササ類	
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	カラマツコンテナ苗	3.04ha	2,000 本/ha	非一貫・地拵（丁寧）済み 12月植栽・ディブル使用
実証内容	○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）※一部、1 人制も併用			
平面図	 S = 1/5, 000			

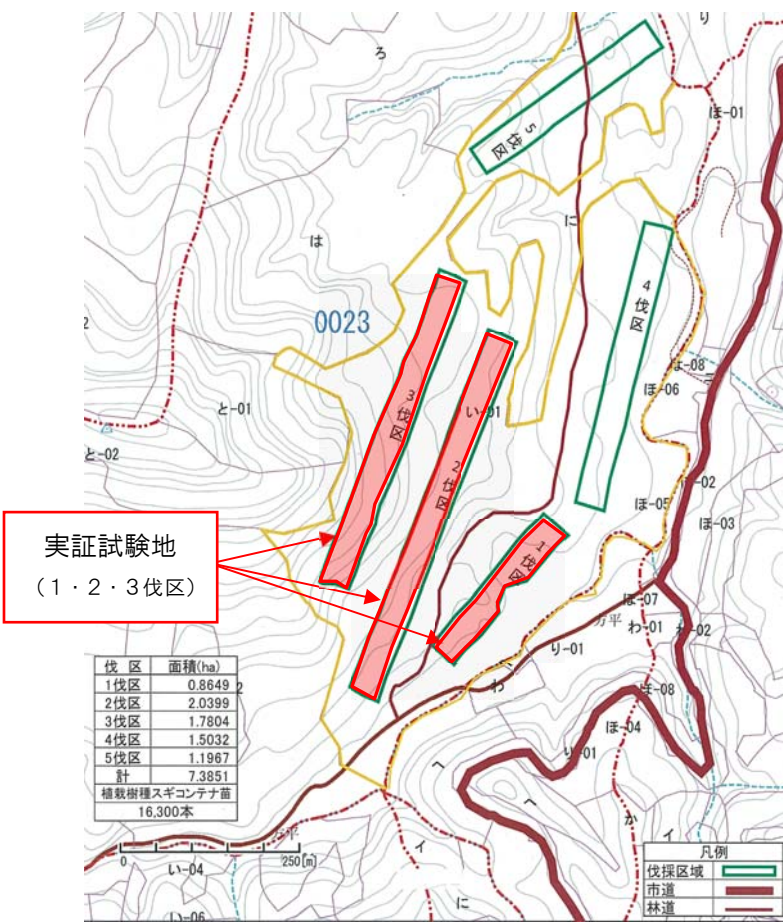
衛星画像				
工程及びコスト	作業種	種別	工程	経費
	植栽	コンテナ苗 150cc (2 人 1 組制)	4.8 人日/ha (416 本/人日)	450,880 円/ha
実証結果	〈植栽〉 当現場では土中に石類が含まれており、一部ディブルが刺さりにくい箇所があったため、植穴堀り作業がスムーズに進まない場面があった。			

(7) 緩傾斜地におけるコンテナ苗植栽③

項 目	内 容			
事業主体区分	林業事業体（請負）			
施行地	十和田市大字米田字桜平地内ほか			
森林の状況	森林の種類	前生樹種		前生樹種林齢
	普通林	スギ		55 年生
	伐採面積	平均傾斜		地床種
	4.65ha	5° 未満		ササ類
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	スギ裸苗	2.16ha	2,000 本/ha	非一貫・地拵（丁寧）済み 10月植栽・唐鋤使用
	スギコンテナ苗	2.49ha	2,000 本/ha	非一貫・地拵（丁寧）済み 10月植栽・ディブル使用
実証内容	○ 裸苗植栽、コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）の工程比較			
平面図	 S=1/10, 000			

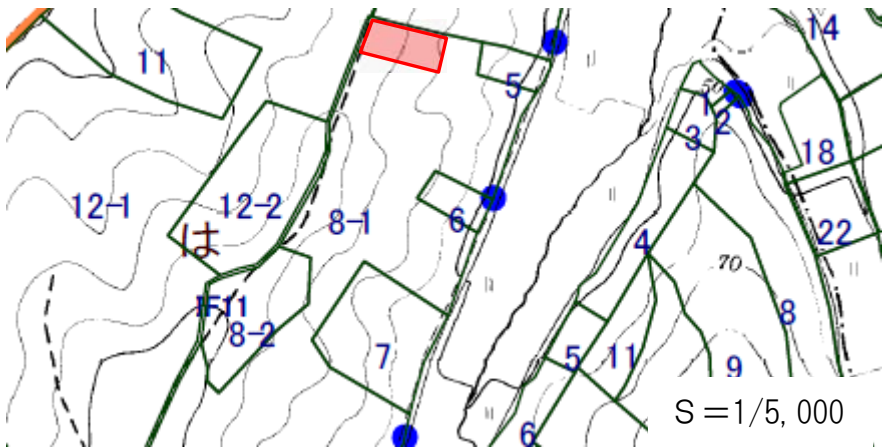
衛星画像				
工程及びコスト	作業種	種別	工程	経費
	植栽	裸苗	5.6 人日/ha (355 本/人日)	342,960 円/ha
		コンテナ苗 150cc (2 人 1 組制)	4.2 人日/ha (472 本/人日)	441,520 円/ha
実証結果	〈植栽〉 コンテナ苗と裸苗の植栽工程を比較すると、コンテナ苗の方が効率が良かったものの、当現場の造林作業員は裸苗植栽の熟練者であったため、その差は比較的小さかった（コンテナ苗の植栽効率が裸苗の 1.3 倍程度）。			

(8) 中傾斜地におけるコンテナ苗植栽

項 目	内 容																	
事業主体区分	林業事業体（直営）																	
施行地	十和田市大字奥瀬字生内地内																	
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢															
	普通林	スギ	64 年生															
	伐採面積	平均傾斜	地床種															
	4.68ha	15～25° 未満	ササ類															
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考														
	スギコンテナ苗	4.68ha	2,200 本/ha	一貫作業 全木集材・無地拵 10月植栽・ディブル使用														
実証内容	○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）																	
平面図	 実証試験地 (1・2・3 伐区) <table><tr><th>伐 区</th><th>面積(ha)</th></tr><tr><td>1伐区</td><td>0.8649</td></tr><tr><td>2伐区</td><td>2.0399</td></tr><tr><td>3伐区</td><td>1.7804</td></tr><tr><td>4伐区</td><td>1.5032</td></tr><tr><td>5伐区</td><td>1.1967</td></tr><tr><td>計</td><td>7.3851</td></tr></table> 植栽樹種スギコンテナ苗 16,300本 凡例 伐採区域 市道 林道				伐 区	面積(ha)	1伐区	0.8649	2伐区	2.0399	3伐区	1.7804	4伐区	1.5032	5伐区	1.1967	計	7.3851
伐 区	面積(ha)																	
1伐区	0.8649																	
2伐区	2.0399																	
3伐区	1.7804																	
4伐区	1.5032																	
5伐区	1.1967																	
計	7.3851																	

実施状況	① 植栽後の状況（1 伐区）			
				
	② コンテナ苗植栽状況（1 伐区）			
				
	③ 植栽後の状況（2 伐区）			
				
工程及びコスト	④ コンテナ苗植栽状況（2 伐区）			
				
	⑤ 植栽後の状況（3 伐区）			
				
	⑥ コンテナ苗植栽状況（3 伐区）			
				
実証結果	作業種	種別	工程	経費
	植栽	コンテナ苗 150cc (2 人 1 組制)	6.7 人日/ha (329 本/人日)	518,120 円/ha
〈植栽〉 ①搬出されなかった雑木等の末木枝条が林地に残存しているため、同程度の傾斜で地拵を実施した現場と比べると植栽効率が悪くなった。 ②しかし、経費的には、「無地拵＋コンテナ苗植栽」の方が「機械地拵＋コンテナ苗植栽」より安価となる。 ③翌年度以降の下刈にどの程度の影響が出るのか（末木枝条が残っていることによる労働安全性（作業中の転倒、刈払機のキックバック等）や誤伐）について追跡調査が必要である。				

(9) 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽

項 目	内 容			
事業主体区分	森林組合（請負）			
施行地	南部町大字麦沢字外ノ沢地内			
森林の状況	森林の種類	前生樹種	前生樹種林齢	
	普通林	アカマツ	58 年生	
	伐採面積	平均傾斜	地床種	
	0.10ha	25° 以上	ササ類	
造林内容	苗木の種類	造林面積	植栽密度	備考
	スギコンテナ苗	0.10ha	2,000 本/ha	非一貫・人力地拵 12月植栽・ディブル使用
実証内容	○ 人力地拵 ○ コンテナ苗 150cc 植栽（2 人 1 組制）※一部、1 人制も併用			
平面図				
衛星画像				

実施状況	① スギコンテナ苗			
				
	② 人力地拵完了後			
				
	③ 人力地拵完了後			
				
工程及びコスト	④ コンテナ苗植付			
				
	⑤ コンテナ苗植栽状況			
				
	⑥ コンテナ苗植栽状況			
				
実証結果	作業種	種別	工程	経費
	地拵	人力	20.1 人日/ha	313,560 円/ha
実証結果	植栽	コンテナ苗 150cc (2 人 1 組制)	6.6 人日/ha (305 本/人日)	478,960 円/ha
	〈地拵〉 伐採跡地で末木枝条が林地に残ったままだったので、人力巻落しで地拵を実施したが、非常に労力を要した。 〈植栽〉 当現場は傾斜約 30° の斜面で、ディブルを地面に刺す際、不安定になりがちで、平坦地～中傾斜地のように効率よく植えることができなかった。			

IV 事例の検証結果

1 検証結果

これまでの実証結果を項目別に検証していきます。

(1) 地拵の方法

地拵は、大きく分けて以下の4つの方法を実証しました。

実証結果から判断される特徴と適用条件は以下のとおりです。

地拵の方法	特 徴	適用条件
人力地拵	○ 多大な労力・経費を要するため、導入に当たっては、必要性を十分検討し、限定的に実施すべきものと考えられます。	○ 急傾斜地などグラップルが進入できない箇所
機械地拵 (丁寧)	○ グラップルを用いて、林地に末木枝条を残さないよう丁寧に行う地拵で、次に示す省力地拵よりは、労力・経費を必要とします。 ○ 林地がきれいになるため、植栽作業が容易になり、以後の下刈作業もやりやすくなります。	○ 裸苗を植栽する箇所
機械地拵 (省力)	○ グラップルを用いて、林地に末木枝条を少し残したまま粗めに地拵を完了させるもので、丁寧地拵よりは、労力・経費が減少します。 ○ 林地に枝条等は残っているものの、コンテナ苗であれば植穴が小さいため、植栽作業については問題ありません。 ○ 枝条等の残置は歩行に支障がない程度のものなので、以後の下刈作業においても大きな影響は生じないものと考えられます。	○ コンテナ苗を植栽する箇所
無 地 拵	○ 今回の実証は、全木集材を行った後、地拵を全く行わないもので、林地には、搬出されなかった雑木や、一部、スギの枝など、末木枝条が残った状態でした。 ○ 地拵を実施した場合と比較して、コンテナ苗の植栽効率は低下するものの、全体(「地拵」+「植栽」)でのコストは最も安価となります。 ○ ただし、末木枝条が林地に残った状態のままでは、歩行に支障が生じるほか、枝条等に苗木が隠れてしまい、以後の下刈において労働災害の発生や苗木の誤伐が懸念されます。	○ 全木集材する箇所 ○ 急傾斜地などグラップルが進入できない箇所 ○ コンテナ苗を植栽する箇所

(2) 苗木の種類

苗木としては、以下の3種類を用いて実証しました。

実証結果から判断される特徴と適用条件は以下のとおりです。

苗木の種類	特 徴	適用条件
裸 苗	○ 現状、コンテナ苗より安価で流通量も多く、最も入手しやすい苗木となります。 ○ 植栽効率はコンテナ苗に劣るものの、植栽コスト（「苗木代」＋「労務費」）は、裸苗の方が安くなります。 ○ 植栽時期は適期（春・秋）に限定されます。	○ 植栽適期（春・秋） ○ 地拵（丁寧）施行地
コンテナ苗 （300cc）	○ 冬期を除いていつでも植栽できるという利点があります。 ○ コンテナ苗の裸苗に対する優位性は植栽効率の良さですが、300cc タイプは裸苗より若干効率は良いものの、150cc タイプと比べると、重量があり、一度に運搬できる本数が少ないため、効率が悪くなります。 ○ 植栽コスト（「苗木代」＋「労務費」）は、今回実証で用いた苗木の中で最も高くなります。 ○ そのため、植栽適期外で、土壌条件が悪い箇所に植栽する必要がある場合など、限定的に用いていくべきものと考えられます。	○ 通年植栽（冬期除く） ○ 地拵（省力）施行地 ○ やせ地などの土壌条件が悪い箇所
コンテナ苗 （150cc）	○ 植栽効率は今回実証で用いた苗木の中では最も良くなりました。 ○ 現状、労務費の軽減効果はあるものの、苗木自体が裸苗より高価なため、植栽コスト（「苗木代」＋「労務費」）は裸苗より高くなります。 ○ 今後、苗木価格の低減化が図られれば、労務費の軽減効果と合わせて有効性が高まると考えられます。	○ 通年植栽（冬期除く） ○ 地拵（省力）施行地

(3) コンテナ苗植栽体制

コンテナ苗の植栽体制として、以下の3つの方法を実証しました。
実証結果から判断される特徴と適用条件は以下のとおりです。

コンテナ苗 植栽体制	特 徴	適用条件
1 人 制	○ 「苗木小運搬」、「苗間測定」、「植穴掘り」、「植付」の各作業を1人で行います。 ○ コンテナ苗、ディブル、苗間測定用の差し棒を1人で全て持つため、分業制より荷物の重量が大きくなります。 ○ また、いったん植栽が完了した後に各作業員が苗木保管場所まで苗木を補充しに行くことが、タイムロスにつながる傾向にあります。	○ 苗木保管場所までのアクセスが良いこと ○ 作業員数が奇数で、2人1組制を採用し、余った人員が1人制となる場合
2 人 1 組 制	○ 「苗間測定」＋「植穴掘り」が1人、「苗木小運搬」＋「植付」が1人の2人1組制で、1人制の課題に対応したものとなっています。 ○ 今回実証した中では2人1組制が最も植栽効率が良くなりました。 ○ なお、現場条件や作業員の資質によって、効率が変化する可能性があるため、遊び時間の発生具合を確認しながら、臨機に対応する必要があります。	○ 原則として全ての箇所 ○ ただし遊び時間の発生具合を確認しながら臨機に対応
3 人 1 組 制	○ 「苗木小運搬」が1人、「苗間測定」＋「植穴掘り」が1人、「植付」が1人の3人1組制で、今回実証した中では3人1組制が最も植栽効率が悪くなりました。 ○ 今回のケースの場合、苗木保管場所までのアクセスが容易で、「苗木小運搬」担当者に遊び時間が生じてしまったことが原因と考えられます。 ○ なお、現場条件や作業員の資質によっては、3人1組制が必ずしも悪いとは言い切れないため、遊び時間の発生具合を確認しながら、臨機に対応する必要があります。	○ 苗木保管場所までのアクセスが悪いこと ○ ただし遊び時間の発生具合を確認しながら臨機に対応

(4) 傾斜区分

今回の実証では、以下のとおり傾斜区分し、地拵や植栽の工程を調査しました。
傾斜区分ごとの実証結果は以下のとおりです。

傾斜区分	地 拵	植 栽
平坦地 (5° 未満)	○ 平坦地～中傾斜地にかけては、グラップルが林内に進入できるため、機械地拵を問題なく実施することができました。 ○ また、機械地拵の工程については、傾斜による明確な差異はありませんでした。	○ 平坦地～中傾斜地にかけて実施したコンテナ苗植栽の工程については、傾斜による明確な差異はありませんでした。
緩傾斜地 (5～15°)		
中傾斜地 (15～25°)		
急傾斜地 (25° 以上)	○ 今回実証を行った急傾斜地は約30° で、グラップルの進入が困難な箇所でした。 ○ また、伐採後、地拵をせず放置されていた箇所だったということもあり、人力地拵を実施しました。 ○ 人力施行であったため、機械地拵と比較すると高コストになります。	○ 急傾斜地におけるコンテナ苗植栽では、平坦地～中傾斜地と異なり、ディブルを地面に突き刺す体制が不安定になりがちで、工程についても平坦地～中傾斜地より植栽効率が悪くなりました。 ○ また、急傾斜地では林地崩壊防止の観点から作業道を密に配置することができないため、苗木の小運搬距離が長くなる傾向にあり、平坦地～中傾斜地より運搬効率が落ちるということも影響しているようです。 ○ 裸苗植栽とのコスト比較、また、作業の安全性の観点からも急傾斜地においては、裸苗の優位性が高くなると考えられます。

2 実施に当たってのポイント

(1) 機械地拵

- ① 機械地拵は、人力地拵と比較すると大幅なコスト低減につながることから、地形等の条件にもよりますが、積極的に導入すべき手法といえます。
なお、林業機械を有効に活用するため、森林作業道を適切に配置することが必要です。
- ② 機械地拵は、伐採～搬出作業の合間に行うことで、地拵作業の工期短縮を図ることができます。
- ③ コンテナ苗植栽を予定している場合、機械地拵作業は、枝条等の簡単な整理に留め、潔癖に作業する必要はありません。(※コンテナ苗の植穴は小さいため、地面に少量の枝条等が残っていても支障となりません。)

(2) コンテナ苗植栽

- ① コンテナ苗は厳しい気候条件下（真夏・晩秋）でも植栽可能[※]で、一般的には裸苗と比べて植栽効率も良いことから、一貫作業と合わせて積極的に用いることを推奨します。
※耐候性はあるものの、雨が長期間降らないなど、極度の乾燥条件下では、枯死することがあります。
- ② コンテナ苗には根鉢の大きさが 150cc と 300cc のものがありますが、植栽効率を考えた場合、基本的に重量が軽く、一度に多くの本数を運搬できる 150cc を選択することとなります。
- ③ コンテナ苗の植栽体制は、実証の結果では、2 人 1 組（「苗間測定＋植穴掘り」1 人、「苗小運搬＋植付」1 人）が効率的と考えられますが、実作業の中で、遊び時間の発生具合を確認しながら、臨機に対応する必要があります。
- ④ 今回の実証現場では、全体を通してディブルの使用に大きな支障を生じるケースはありませんでしたが、石礫が多く、ディブルが刺さりにくい現場では、植栽効率が低下し、低コストとならない可能性もあることから、植栽前に土質調査を行うことを推奨します。
- ⑤ コンテナ苗の梱包方法は根鉢の固さに応じて検討が必要ですが、現場での荷ほどこきを考えると、ビニール袋に小分けした苗を梱包用ネットにまとめる方法が扱いやすいと考えられるため、苗木生産者と植栽事業者とが、苗木の搬入方法について、事前に打ち合わせすることを推奨します。

(3) 一貫作業システム

- ① 伐採作業者と造林作業者が異なる場合は、一貫作業が森林所有者の利益になるということを念頭に、両者が連絡を密に取り合うような体制づくりが必要です。

- ② 一貫作業では、伐採～地拵～植栽が同時並行的に行われることから、それぞれの作業が他の作業に干渉しないような工程の組み方や作業道の配置について、現場監督者を中心とした事前の検討が必要です。また、着工後は適時適切な工程管理が望まれます。

3 低コスト再造林モデルの提案

1の検証結果と2の実施に当たってのポイントを踏まえ、以下のとおり低コスト再造林モデルを提案します。

まず、平坦地～中傾斜地についてですが、現状、植栽樹種がスギの場合、①「機械地拵（丁寧）＋裸苗植栽」と②「機械地拵（省力）＋コンテナ苗（150cc）植栽」とで、植栽コストに大きな差がないことから、植栽時期が適期か否かで使い分けすることを提案します。

なお、今後、スギコンテナ苗の需要が拡大し、生産量が増える中で苗木単価の低減が図られた場合、②の方がコスト的に有利となることが見込まれます。

また、カラマツについては、裸苗とコンテナ苗の価格差が大きいことから、当面は、①の方が有利となります。

次に急傾斜地についてですが、一貫作業のメリットである林業機械の活用が見込めないほどの急斜面では、一貫作業とする必要はありませんが、長期間放置することで、下草や芝が繁茂し、地拵に更なる労力を要することが懸念されるので、直近の適期に植栽することを推奨します。

なお、急傾斜地においては、コンテナ苗の植栽効率が平坦地～中傾斜地に比べて良くないため、樹種を問わず裸苗を用いることを提案します。

平坦地～中傾斜地					
番号	植栽時期	一貫・非一貫 の別	地 拵	植 栽	
				苗木の種類	植栽体制
①	植栽適期	一 貫	機械地拵（丁寧）	裸 苗	1人制
②	適期以外 （冬期除く）	一 貫	機械地拵（省力）	コンテナ苗（150cc）	2人1組制
急傾斜地					
番号	植栽時期	一貫・非一貫 の別	地 拵	植 栽	
				苗木の種類	植栽体制
③	植栽適期	一貫・非一貫 どちらも可	人力地拵	裸 苗	1人制

4 まとめ

今回、実証事例の結果を参考に、低コスト再造林モデルを提案しましたが、これらは、あくまで現時点におけるモデルとして提案するものであり、現場条件や林業事業体等の施行体制、作業員の資質など、様々な違いから低コストとならないケースもあると考えられます。

また、一貫作業システムの取組はまだ始まったばかりであり、発展途上の技術であることから、今後、改良が加えられ、更なる低コスト化が図られる可能性も秘めています。

このことから、本県では、今後も引き続き、森林所有者、苗木生産者及び林業事業体等の協力の下、一貫作業システム等の工程調査やコスト分析を実施し、必要に応じてモデルの見直しを行いながら、より理想的なシステムを普及していきたいと考えています。

引用・参考文献

- 青森県（2016）「青森県森林・林業基本方針 平成 28 年度～平成 32 年度」
- 青森県（2015）「青い森再造林推進プラン」
- 森林総合研究所、岩手県林業技術センター、秋田県林業研究研修センター、山形県森林研究研修センター、ノースジャパン素材流通協同組合（2016）「東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの実用化に向けた研究成果集 ここまでやれる再造林の低コスト化 東北地域の挑戦」
- 森林総合研究所東北支所（2014）「コンテナ苗を使ってみませんか？」
- 森林総合研究所（2016）「コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開～実証研究の現場から～」
- 森林総合研究所（2013）「低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集」
- 森林総合研究所（2012）「森林・林業の再生：再造林の削減に向けて 低コスト化のための 5 つのポイント」
- 宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム（2014）「平成 25 年度コンテナ苗を利用した低コスト造林技術の実証活動成果報告書」
- 宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム（2015）「平成 26 年度コンテナ苗を利用した低コスト造林技術の実証活動成果報告書」
- 宮城県伐採跡地再造林プロジェクトチーム（2015）「低コスト造林試験地活動事例集 2015」
- 岩手県農林水産部森林整備課（2014）「岩手県低コスト再造林事例集」
- 岡勝（2014）低コスト化に向けた一貫作業システムの構築に向けて ー伐出から地拵え、植栽までー「山林」No.1566
- 岡勝（2016）一貫作業システムの考え方「山林」No.1587
- 山本道裕、野末尚希（2016）急傾斜地における架線系高性能林業機械を活用した一貫作業システム実証試験の成果について「森林技術」No.897
- 藤本浩平、山崎真、渡辺直史、山崎敏彦（2016）架線系一貫作業システムの実用化に向けて ーコンテナ苗の架線による運搬・現地保管・植栽ー「森林技術」No.897
- 渡邊仁志、三村晴彦、茂木靖和、千村知博（2015）ヒノキ・コンテナ苗の植栽功程に及ぼす傾斜の影響および初期成長「第 126 回日本森林学会大会報告」

