

皆伐跡地で林地残材を効率的に集める

酒井明香

はじめに

近年、木質バイオマスの代替エネルギー源としての需要が急増しています。その一方で、木質バイオマスの中でも林地残材の利用率はわずか1～2%に留まっています。現場を振り返ってみると、依然として林地残材を効率的に集めて運ぶためにはどうしたらいいのか、という基本的な課題はのこされたままです。

これまで現場では、利用間伐で土場に集積された林地残材（土場残材）を中心に、その利用に向けた検討を進めてきました。利用間伐では多くの場合、林地残材の量は伐採1haあたり数トンレベルに限られてしまいます。そこで今回は、皆伐施業地で、土場ではなく皆伐跡地全体から多量の林地残材を収集することを前提とした作業システムの検討を行いました。そして林地残材の収集が、その後の地拵（ごしら）え作業に与える影響についても若干の検討を行ったので報告します。

なお、以下では林地残材を残材と略記します。

皆伐に対応した作業システムのポイント

残材の利用率が上がらない最も大きな理由は、収集・運搬コストが高く経済性が低いことです。その背景には、残材が、①水分が多くかさ張る、②形状や成分が不均一である、③需要地から遠隔地（森林）に散在している、という性質を持っていることが挙げられます。ここで、③に挙げた「遠隔地にある」ということは、なるべく近い現場を探す以外に克服が困難ですが、①と②については現地で自然乾燥しチップ化することで緩和でき、その結果、経済性もある程度改善することが可能です。本誌No.156で紹介した利用間伐の事例では、生産コストが林地残材チップ生重ベースで11,800円/tという結果でした。

皆伐では、間伐に比べて伐採材積が多く、したがって残材発生量も多くなり、より経済性が改善すると思われれます。加えて、間伐と異なり林地に残存木がないため、皆伐跡地から広範囲に残材を集荷することができます。

また、皆伐の後には地拵え・植栽作業が控えています。植栽のしやすさを考慮し、皆伐直後に残材を集めて植栽面から取り除けば、その後の地拵えにかかる作業能率が上がると予想されます。

ただし、土場だけでなく皆伐跡地全体から残材を集荷することになれば、用材の集材に用いるグラップルローダやトラクタ（いわゆる「ブル」）だけでは対応できません。用材と異なり、残材はグラップルローダの「ひとつかみ」あるいはトラクタの「一押し」で1回に運べる量のごくわずかに限られてしまうからです。このことから、皆伐跡地から土場へ残材を運ぶ効率的な手段を検討する必要があります。

さらに、通常は複数の事業体で実施されることの多い「用材生産」「残材収集・チップ化」「地拵え」を、もし一つの事業体が行うことができれば（いわゆる“一体化施業”）、後に続く作業の能率に配慮した作業システムの組み立てが容易になります。

皆伐跡地での残材収集・チップ化システム試験

私たちはこうした状況をふまえ、効率的なシステムを検討するために、前節で挙げた点を考慮しながら、後志管内京極町において皆伐施業とその後の地拵え植栽と一体化した残材の収集・チップ化試験を実施しました。試験区はカラマツ51年生の皆伐施業地です（表 1）。

樹種・林齢	カラマツ51年生
蓄積	270 m ³ /ha
平均胸高直径・上層樹高	25.7cm, 28m
立木密度	477本/ha
伐区面積	4.6ha
伐採方法	皆伐
傾斜	0度～15度
試験区の大きさ	20m×25m (0.05ha) を2箇所
試験区から土場までの距離・傾斜	100m (最大傾斜10度)

表-1 試験地の概要

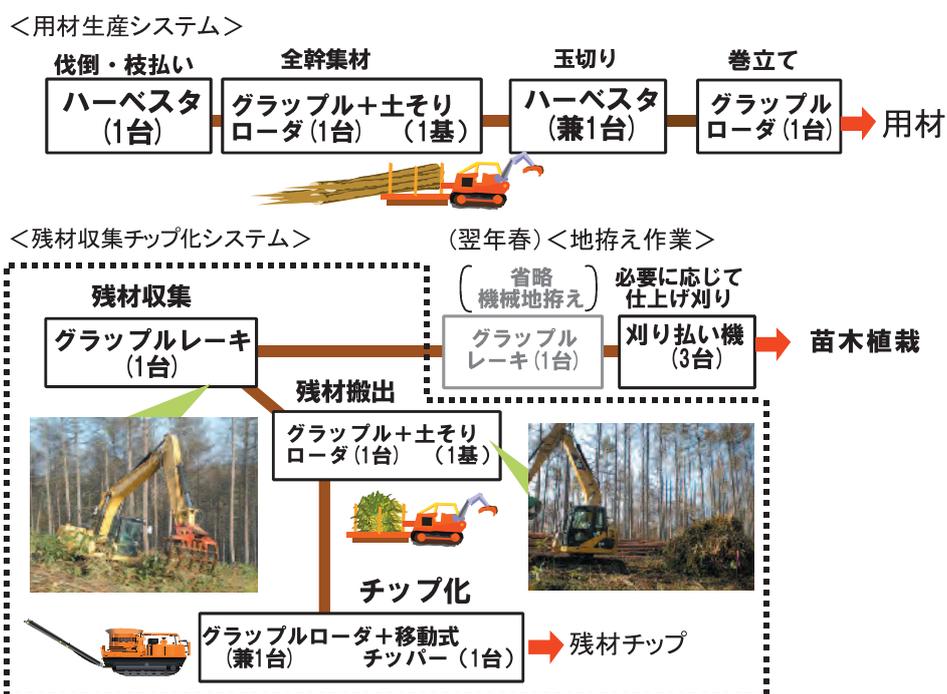


図-1 機械作業システム

具体的な作業システムを図-1に示しました。作業システムは、＜用材生産システム＞と＜残材収集チップ化システム＞の2つと、さらに翌年春の、＜地拵え作業＞から構成されます。これらはすべて同一事業体で実施されます。特に前の2つのシステムは並行して実施するため、使用機械を一部重複させ、重機運搬費等を低減することが可能です。翌年春の地拵え植栽作業についても、残材を収集した後の現地の状態によっては、通常の作業工程である機械地拵えを省略することが可能となります。



写真-1 土そりの例 (長さ3m×1.9m×高さ1.5m)

〈残材収集チップ化システム〉では、前節で触れた“土場へ残材を運ぶ効率的な手段”として、「土そり」を使用することになりました（写真－1）。土そりは、グラップルローダの後ろに接続する形で用いられる鉄製の搬出用そりです。普通は用材を搬出するのに使われ、土そりの仕様や材長にもよりますが、一度におおむね8 m^3 から10 m^3 の用材を運ぶことが出来ます。しかし、これまで残材の搬出につかわれたという報告はほとんどありません。この土そりを用いて一度にどれくらい搬出できるか、生産性やコストを含めて検討することになりました。

当試験地で集められる残材は、伐採時に脱落した枝条のほかに、もともと林内に倒れていた腐朽木や、ササ類が混合したもので、現場の方に「柴」あるいは「ボサ」と呼ばれるものです（写真－2）。前述のように、これを皆伐直後に集めておけば、翌春の苗木植栽時に地拵えの作業時間が削減できると予想されます。なお、ここで収集した残材は自走式木質破砕機（以下「チップパー」）にて土場でチップ化された後、チップボイラーの燃料用として販売されます。

なお、本稿では紙面の都合から、図1のうち点線に囲まれた残材収集チップ化システムを中心に報告します。これより以下の表示では、特に断りのない限り、残材重量は作業時の実重量（生重：おおむね湿潤含水率40%）を用いることとします。



写真－2 試験地の残材とキャリアダンプ

検討結果

残材収集チップ化システムは、図－1に挙げた2台の林業機械と土そり、1台のチップパーを班員3名で稼働させて実施しました。残材収集・残材搬出・チップ化の順に見ていきます。

皆伐跡地には、ハーベスタで払った枝条や伐採された侵入木・腐朽木が散乱しています。そこにグラップルレーキが入り、散乱している残材をササごと収集しました。次に、集めた残材をグラップルローダの後ろに装着した土そりに積んで土場まで搬出しました。土そりにはもともと底面がないのですが、枝条が絡み合うことで搬出の途中で落ちることはありませんでした。土そりでは、搬出1回当たり約18 m^3 (4.5t) の残材を運ぶことができました。なお、土そりの積載可能量は4tキャリアダンプの積載可能量（約23 m^3 ）の約8割に相当しました。収集した残材は、1haあたり120～150tに及びました。並行して行われた用材生産システムで、土場に残された幹未利用部（土場残材）は18～21t/haであり、結果として1haあたり140～170tの残材が集められました。これは、カラマツ間伐で当场が残材量を調べたうち、最も量が多かった事例の7倍から8倍にあたります。

次に、チップ化に移ります。チップパーを土場に搬入し、土そりから降ろされた残材をチップ化しました。デジタルビデオを使用した時間観測の結果、チップ化生産性（1時間に生産したチップの生重量で表す）は14.5t/時となりました。皆伐跡地より収集したことから、ササや枝条が大きな割合を占めていたため、土場残材のチップ化（おおむね3t～9t/時）よりも生産性が高くなりました。収集・搬出・チップ化に使用した機械と生産性等をまとめると表－2のとおりになりました。

なお、このようにして作られたチップが実際に使えるのか、という質問をよくいただきます。この試験地のチップを乾燥させ燃焼カロリーを調べたところ、15.0MJ/kg（製紙用カラマツチップの燃焼カロリー17.2MJ/kgの87%）のカロリーを有していることがわかりました（林産試験場・工業試験場調べ）。これは燃料用チップとしては十分な熱量と需要先企業に判断されたことから、後日、土場にチップ運搬用トレーラーが搬入され、無事に“土場渡し”にて販売されました。

コストは収集・搬出1,800円/t、チップ化2,900円/tであり、合計4,700円/tとなりました。今回は土場渡しでしたが、仮に50km先の需要先企業まで供給元の負担で運搬することを仮定すると、運搬費1tあたり4,000円を加えて8,700円/tとなります。残材量、すなわち規模が大きくなったことと、一体化施業による効率化から、昨年の利用間伐の事例11,800円/tと比較して約3割コスト低減しました。

工程名等	収集	搬出	チップ化
使用機械	グラップルレーキ	グラップルローダ 土そり	移動式木質破碎機 (チップパー)
メーカー	ベースマシン： 三菱キャタピラー 314D ヘッド：イワフジ GSR-16	ベースマシン： 三菱キャタピラー 315D ヘッド：イワフジ CS-90L 土そりは地元業者に特注	コマツリフォレ BR200T
仕様	—	長さ3m×幅1.9m×高さ2m	切削方式： タブグラインダ式
生産性	25t/時	28t/時	14.5t/時
コスト	1,800円/t		2900円/t
その他の指標	1haあたり収集量 135t 1日(6時間稼働)あたり生産性 0.5ha/日 (集材路までの荷寄せを含む)	最大積載可能量 18m ³	
備考		土そり製作費 約50万円	80mmスクリーン使用

表－2 残材の収集・搬出・チップ化の使用機械や生産性等

翌春の地拵え作業への効果

翌春、同じ現場で苗木植栽のための地拵え作業が行われました。以下では、前年秋に試験区で行った残材収集が地拵え作業に与える効果について、生産性とコストの面から考察したいと思います。伐区面積は4.6haであり、昨秋に残材収集した試験区では、おおむねそのまま植栽が可能な状況となっていました（写真3）。そこで、試験区では図－1＜地拵え作業＞の機械地拵えを省略し、仕上げ刈りも必要ないと判断してそのまま植栽することになりました。



写真－3 翌春の地拵え作業前の試験区の状況

一方、試験区以外はまだ残材が植栽面に散在しており、ここで“通常の地拵え”を行う対照区を設けました。試験区では残材をチップにして販売しますが、対照区では林地に置いたまま（販売しない）という違いがあります。対照区の作業システムは図-1に挙げたく地拵え作業>のとおりに、機械地拵え（写真-4）を実施しました。こちらも、結果として仕上げ刈りは必要ありませんでした。



写真-4 グラップルレーキによる機械地拵え

対照区でも試験区と同様、デジタルビデオ撮影により機械地拵え作業にかかる時間を調査しました。機械地拵えの具体的な作業内容は、①残材を集める②集めた残材を筋状に積み上げる、という工程

であり、結果的には昨秋に実施した残材収集工程の中身とほとんど変わりませんでした。結果として労働生産性は約0.5ha/人・日（一日6時間稼働とする）で、試験区の残材収集工程の労働生産性とほぼ同じになりました。

この結果から、試験区と対照区で残材の処理に要した費用を、残材チップの販売価格を考慮した上で比較したものが図-2です。これまで残材にかかる費用は「円/t」という単位で表していましたが、ここでは地拵え費（通常は「円/ha」で表す）に合わせて1haあたりの単価「円/ha」で統一しました。

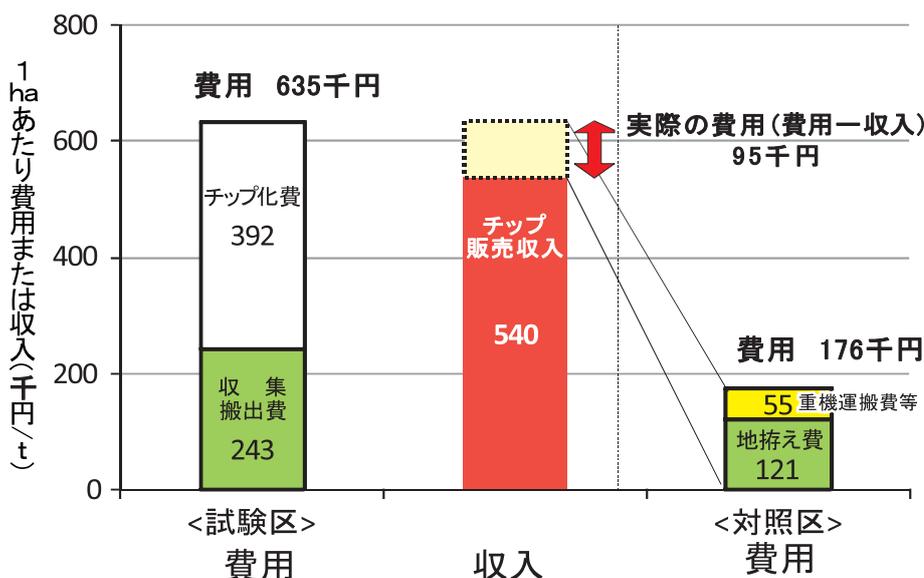


図-2 試験区と対照区の1haあたり収支

試験区は、費用として皆伐跡地からの収集・搬出費、そしてチップ化費が計上され、合計635,000円/haがかかります。収入としては、チップの仮想的な販売価格を4,000円/tとします（残材チップの実勢取引価格には大きな幅があるので、中間的な値を取りました。試験地での実際の販売単価とは異なる点に留意してください）。試験区では1haあたり135tの残材がチップ化できたので、これに4000円を乗じて540,000円/haの販売収入があったこととなります。費用から収入を差し引くと、1haあたり95,000円の費用がかかったこととなりました。つまり試験区では、皆伐後の残材収集と地拵えを同時に実施することで、チップの販売収入を加えると、地拵え作業が95,000円/haで実施できたこととなります。

一方で対照区では、地拵え費用121,000円/haと重機運搬費等55,000円/haが費用として計上されます。対照区では残材をチップ化・販売しないため収入はありませんから、176,000円/haの費用がかかったことになりました。以上のことから、試験区の方が1haあたり81,000円低コストであるという結果になりました。この試算では、試験区の作業システム、つまり皆伐直後に残材を収集・チップ化して販売する方が、翌春に地拵えをするよりも有利でした。繰り返しになりますが、これは販売単価を4,000円/tと設定したときの結果ですので、その点に留意してください。

おわりに

ここでは、用材生産とともに林地残材の収集・チップ化から苗木植栽までを単一事業体が実施した事例から、主に林地残材に関わる部分のみをピックアップし、そのコスト軽減効果を中心に検討しました。残材収集規模が大きかったこと、一体化施業による作業の効率化が図られたこと等で、これまでの林地残材の利用に関する当場の知見で、もっとも低いコストである4,700円/t（運搬費除く）で残材を収集・チップ化できました。一方で、土そりを使用した試験区が0.1haと小さいこと、緩傾斜であること、搬出距離が100mと短いこと等、好条件下での限られた試験結果であることから、条件を変えた検討が今後の課題となります。また、土そり集材が土壌に与える影響なども合わせて検討していきたいと思えます。

また、残材収集・チップ化事業の収支が成り立つかどうかは、当然ながら販売先があるかどうか、そして販売単価が大きく関わってきます。現場で残材チップの販売に取り組まれる際は、納品するチップの質を需要先と十分相談した上で、慎重に取り組まれることをお勧めします。供給側である素材生産業者の立場から見れば、林地残材を出せば必ず買い手が付くという状況ではないため、販売価格との折り合いを考えながら手探りしている状況だと思えます。本稿がそのような皆様の一つの参考になれば幸いに思えます。

(森林資源部経営グループ)