

林地残材のエネルギー利用に向けた収集・チップ化システムの検討(2)

—アカエゾマツ初回間伐の事例—

北海道立林業試験場 酒井 明香・渡辺 一郎

はじめに

原油高騰を背景に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、ここ数年全国的に需給の逼迫が続いている(8)。木質バイオマスは発生源によって製材工場等残材、建設発生木材、林地残材の3種に分類できるが、そのうち林地残材については利用率が1%ときわめて低い(3)。林地残材の利用が進まない最も大きな要因として、広範囲に散在していること、容積密度が低いことから収集・運搬効率が非常に悪いことが挙げられる。

そこで本稿では昨年に引き続き、林地残材の効率的な収集・チップ化システムの検討を行う。今回は、切り捨て間伐が予定されているアカエゾマツ林分を対象とする。なお、搬出して利用するという時点で正確には林地“残材”でも“切り捨て”間伐でもなくなるが、本稿では混乱を回避するため、搬出前でも後でも「林地残材」「切り捨て間伐(材)」と呼ぶこととする。

切り捨て間伐材を効率的に伐出できる条件

通常、初回間伐材は径級が小さく、従って収入も低い。また、径級が小さいため作業工程が低く、結果として林外へ搬出する費用(伐出費)が高くなる。そのため収支が合わずに切り捨てられるというのが一般的である。径級の問題以外に、搬出路がない、十分な広さの土場がとれない、立木密度が高く残存木を傷つけないで搬出することが難しいなどの側面もある。

つまり、切り捨て間伐材を搬出して利用しようとする際は、現場の立地にある程度制限があり、どこでも可能というわけではない。土場に近い、作業路に近い(林縁部である)等、限られた立地下での伐出システムの検討が必要となる。また、作業の効率化には林内での重機による残材収集が可能であることが大切な条件となる。緩傾斜で列間・苗間が十分なこと、重機の作業空間を確保できることが望ましい。さらに、伐出費を低減するために、使用する重機の数をできるだけ減らし、班員数も最小限にする必要がある。

そのため、高性能林業機械を用い少数で伐倒・集材するシステムを検討する。一方で、実際の除伐に高性能林業機械が使われることは非常に少ないことを考慮し、従来型機械のみによるシステムも検討する。最終的に、各作業システムの①伐出費(幹材積換算)、②林地残材収集量、③収集費(重量換算)の3点を比較することとする。

アカエゾマツ切り捨て間伐材伐出試験

美唄市光珠内の林業試験場実験林内アカエゾマツ検定林において、切り捨て間伐材の収集・チップ化試験を実施した。以下に試験地の概要を示す(表-1)。

表-1 試験地の概要

試験地	美唄市光珠内町 林業試験場検定林
樹種・林齢等	アカエゾマツ 22年生, 157m ³ /ha
直径・樹高	平均胸高直径 13.7cm, 平均樹高 8.4m
立木密度	1.320本/ha (列間2m×苗間2m)
伐区面積	0.26ha
伐採方法	列状間伐(1伐3残)
傾斜	平均8度

前節をふまえ、2種類の機械作業システムで伐出試験を実施した(図-1)。

まずシステム1においては、フェラーバンチャで列状に伐倒し、把持したまま伐採列を走行し土場まで全木集材した。土場にてチェーンソーで枝払い・玉切りを実施し、グラップルローダで巻立てを行った。なお、これらの作業工程は通常ハーベスタ1台で実施できる。しかし、今回はハーベスタで伐倒・枝払いを行うには胸高直径が細すぎるため、フェラーバンチャと従来型機械を組み合わせたシステムとした。班員数は4名で実施した。

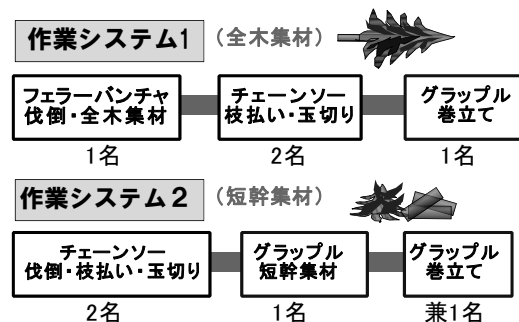
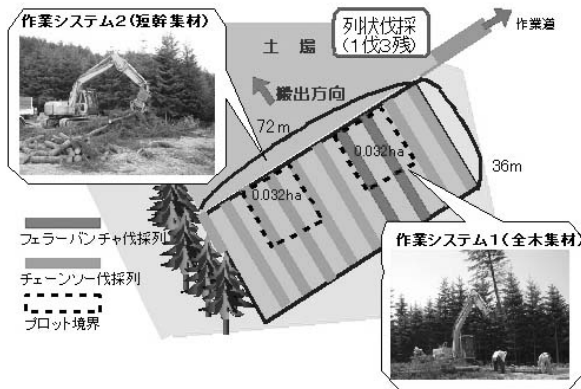


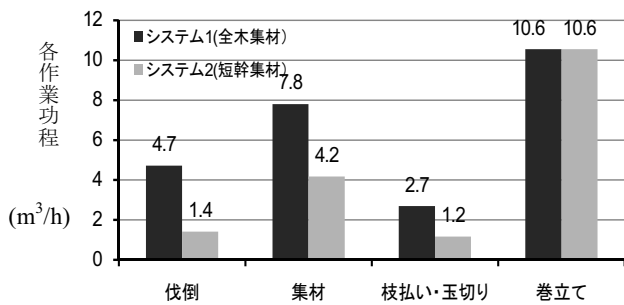
図-1 機械作業システム

一方、システム2は、現状の切り捨て間伐になるべく近いシステムを採用した。チェーンソーで列状に伐倒し、枝払いした後、約1mの長さに玉切りした。玉切りは乾燥を早めヤツバキクイムシの被害を防ぐために行うもので、一般的なアカエゾマツの切り捨て間伐後の状態に似せた。その後、グラップルローダが林内に入り、落とされた枝と幹を集材した。なお、幹だけではなく枝も一緒に集めるので、通常の意味での“短幹”集材とは異なるが、便宜上ここでは短幹集材と呼ぶ。こちらは班員数3名で実施した。

どちらも列状伐採としたのは、定性間伐と比較し作業空間や走行路が広がるため、高性能林業機械をはじめ重機の作業能率が向上することが指摘されているためである(9,10)。プロットは伐採列が2本入るように、16m×20m(0.032ha)とした(図-2)。列間・苗間がともに2mであり、1伐すると約4mの伐開幅が確保できた。試験地には横方向の傾斜がほとんどなかったため、伐採列を重機が走行するのに支障はなかった。



図一2 試験地の伐採列と搬出方向、プロットの位置



図一3 林地残材伐出試験 各作業工程

両システムとも、ビデオ撮影による時間観測調査を実施し、時間分析から各作業工程を導出した。

両システムを比較すると、巻立てを除く全工程で差が開いた(図一3)。システム2では、チェーンソーによる掛かり木処理や、林内でのチェーンソーマンの移動に時間がかかったこと、グラブによる集材で往復回数が多くなったことで作業工程が下がった(7)。

この生産性を用い、林業伐出コスト計算ソフト i-cost を援用し、表一2の試算条件で伐出コストを導いた。

表一2 伐出費の試算条件

＜試算条件＞	
●	伐区面積は3.2haとする
●	伐出費は層積ではなく材積換算とし、補助金は含まない
●	一日あたり実働時間を6時間、オペレータ賃金15,000円、作業員賃金12,000円とする
●	重機回送費を30,000円/台とし、選木費と現場監督費は試算に含まず、新たな土場・作業道の作設はないとする。諸経費率は20%とする

表一3 各システムの労働生産性・伐出費の比較

労働生産性	システム1(全木)	7.35m ³ /人・日
	システム2(短幹)	2.42m ³ /人・日
伐出費	システム1(全木)	4900円/m ³
	システム2(短幹)	6100円/m ³
備考	労働生産性は一日6時間労働として計算 伐出費に間伐補助金は含まず	

その結果、システム1の一人一時間あたり労働生産性が7.35m³とシステム2の約3倍となり、伐出費は4900

円と約2割安くなった(表一3)。

次に各システムによる林地残材収集量と収集費を試算した。通常、林地残材は層積(m³)ではなく重量(t)で取引されている。そこで1tあたりの林地残材収集費(前述の伐出費と単位が異なる)で比較した(表一4)。

表一4 各システムの林地残材収集量と収集費用

林地残材収集量	システム1(全木)	27t/ha
	システム2(短幹)	20t/ha
林地残材収集費	システム1(全木)	8100円/t
	システム2(短幹)	13500円/t
備考	システム2で集材のみの費用は5100円/t 林地残材収集費は伐採費と集材費の合計(間伐補助金は含まず)	

作業システム1は1haあたり27tの林地残材が収集でき、作業システム2の20tより3割以上多かった。この差は収集できた枝条量によるものである(7)。

一方、収集費はシステム1で1tあたり8,100円、システム2で13,500円となった。つまりシステム1の収集量が3割以上多く、費用は2割以上安いという結果になった。なお、システム2で伐採を含めない集材のみの費用は1tあたり5100円であった。既に切り捨てられた林分から集材するシステムも、林縁部であれば低コストで集材できる可能性があると考えられる。

2 機種種の移動式チップによるチップ化試験について

通常、林地残材はそのままではかさばるため、運搬にあたり一次加工し減容化することが多い。たとえば木材破砕機でチップ化することで容積密度を2~3倍に向上することができる(6)。

平成18年3月現在、道内には約30台の自走式木材破砕機(以下「移動式チップパ」)が導入されている(2)。仕様は様々であり、処理可能な径級も最大10cmの機種から60cmの機種まで存在する。そこで伐出したアカエゾマツを用い、2機種種の移動式チップパで“燃料用破砕チップ”を生産するチップ化試験を実施した。

使用したのはノルメット(Normet)社製ウッドチップパCH150(以下CH150)とコマツ社製リフォレBR200T(以下BR200T)である。CH150(写真一1左)は、農業用トラクタ等から駆動力を得て使用するタイプで、小型軽量のため山に運びやすく、現地でのチップ化に適している(表一5)。最大処理径は15cmと小さい。運転者と残材の供給者の2名で実施した。一方、BR200Tは移動式チップパとしては大型のクラスで、伐根も土ごとと破砕可能であり、最大処理径は50cmと大きい(写真一1右)。ただし大型のため、山土場まで搬入するには十分な林道幅員と曲線半径が必要となる(表一6)。自動運転が可能のため、残材の供給に用いるグラブのオペレータと兼ねて1人で実施した。

なお、チップ化の生産性の表し方には“林地残材1m³をチップ化する時間”、“1m³の林地残材チップを生産する時間”の二通りがあるが、本稿では後者の考え方で生産性を導出した。

表-5 ウッドチップパ CH150 の主な仕様

名称	Normet 製ウッドチップパ CH150
定価	1,170 万円
サイズ	全長 1488mm, 高さ 2286mm, 幅 1499mm
重量	450kg
切削方式	ディスク式
定格出力	115kw/2150rpm
最大処理径	直径 15cm
駆動方式	トラクタ PTO (農業用トラクタ Ford6610 に装着)

表-6 リフォレ BR200T の主な仕様

名称	コマツ製リフォレ BR200T
定価	4,300 万円
サイズ	全長 12850mm, 高さ 3980mm, 幅 3570mm
重量	21500kg
切削方式	タブグラインダ式
定格出力	228kw/2050rpm
最大処理径	直径約 50cm(開口寸法 1050mm×660mm)
駆動方式	搭載エンジン(油圧モータ)
走行速度	1.9km/h-3.0km/h
登坂能力	最大 25 度

それぞれの機種で、アカエゾマツの残材を 5m³ ずつチップ化した(湿潤含水率 42%)。チップ化の結果、容積密度は 1.8~2 倍になった(表-4)。チップ化工程は BR200T で約 4t/人・時、CH150 で約 0.3t/人・時となり、非常に差が大きくなった。そのため、グラップルローダの費用を含めても BR200T の方が安く 5300 円/t となり、CH150 と比較して 1/3 以下の費用と試算された。ただし、この試算には移動式チップパの重機運搬費は含めていない。BR200T のような大型のチップパを山に搬入する場合は運搬費も高額なため、留意する必要がある。

表-7 アカエゾマツのチップ化にともなう容積密度の変化, チップ化生産性と費用

	ウッドチップパ CH150	リフォレ BR200T
容積密度① (チップ化前)(t/m ³)	0.13	0.17
容積密度② (チップ化後)(t/m ³)	0.26	0.31
生産性(t/人・時)	0.34	4.24
チップ化費用(t/円)	18000	5300
作業員数	2名	1名

備考 ●容積密度は全て生状態で、50cm×50cm×1m の木製枞による測定
 ●作業員賃金 12,000 円/日、オペレータ賃金 15,000 円/日
 ●CH150 はスクリーンなし、BR200T は 80mm スクリーンを使用
 ●CH150 のチップ化費用には農業用トラクタの費用も含む
 ●BR200T のチップ化費用にはグラップルローダの費用も含む
 ただし BR200T は平成 14 年版建設機械等損料表に基づく試算であり、グラップルローダは前述の i-cost による試算



写真-1 供試した移動式チップパ(左:CH160 右:BR200T)

おわりに

本論では、林地残材の利用率を上げるために、切り捨て間伐材の効率的な収集・チップ化システムについて検討した。まず伐出費については、切り捨て間伐材が予定されているような細い立木の林分であっても、列状に伐採した時の伐開幅が 4m 以上で緩傾斜であり、作業道に面した現場であれば、1m³あたり約 5~6 千円で伐出できた。これは、通常の利用間伐の直接経費と同程度の費用である。なお、伐出の際に高性能林業機械を用いて全木集材を行うと、伐出費を 2 割以上抑えることができた。

次に林地残材収集量をみてみると、全木集材区で 1ha あたり 27t、短幹集材区で 20t と 3 割以上の差があった。切り捨て間伐材予定地の林地残材発生量に関する知見は乏しいため単純な比較は難しいが、カラマツやトドマツの利用間伐時の林地残材発生量は数 t~20t であり(4)、それと比較すると今回の事例は同等かやや多量となった。

次に収集費用をみると、全木集材区の林地残材収集費用は 1t あたり約 8100 円となった。これをチップ化する費用は、安い方の機種(BR200T)で 1t あたり約 5300 円であった。仮に需要先まで 30km の距離を 4t トラックで運ぶと仮定すると、総費用は約 19,000 円となった。参考のため、この価格を建設発生木材と比較してみると、平成 19 年の調査で全国的に 1t あたり 800~2500 円となっており(8)、代替材として林地残材を流通させるにはまだまだ厳しいという結果となった。

今後は、より多量の林地残材が収穫できる皆伐現場で、より小型高性能の移動式チップパで破碎し、チップ専用車で運搬するという「規模の経済」を念頭に置いた試験を実施し、低コストなシステムを引き続き検討していく予定である。

本研究は、(社)林業機械化協会からの受託研究の一部として実施した。

引用文献

- (1) 青柳聡史 (2004) 木質バイオマスのエネルギー変換技術と利用形態。森林科学 40 : 17-24
- (2) 北海道水産林務部(2008)高性能林業機械保有状況, 1-3
- (3) 林野庁 (2007) 「木材をめぐる状況」林野庁業務資料:12
- (4) 酒井明香・濱津潤 (2004) 人工林間伐で発生する未利用バイオマス量をはかる。日林北支論 52 : 157-159
- (5) 酒井明香・渡辺一郎・木幡靖夫 (2007) 林地残材のエネルギー利用に向けた収集・チップ化システムの検討ーむかわ町穂別での事例ー。日林北支論 56:125-127
- (6) (社)林業機械化協会 (2005) 平成 17 年度森林管理総合情報整備提供事業：間伐支援ソフト用データの収集調査報告書：11-12
- (7) (社)林業機械化協会 (2008) 平成 19 年度森林管理総合情報整備提供事業：間伐支援ソフト用データの収集調査報告書：
- (8) 全国木材資源リサイクル協会(2007)木質バイオマス需給調査「木質チップ取り扱い流通調査結果」
- (9) 立川史郎・佐々木誠一・沢口勇雄 (2005) 燃料用チップとしての小径間伐木収集システムの生産性コスト。森林利用学会誌 21(3) : 193-204
- (10) 中川昌彦 (2005) 定性間伐と列状間伐におけるハーベスタの生産性。森林利用学会誌 21(4) : 299-302