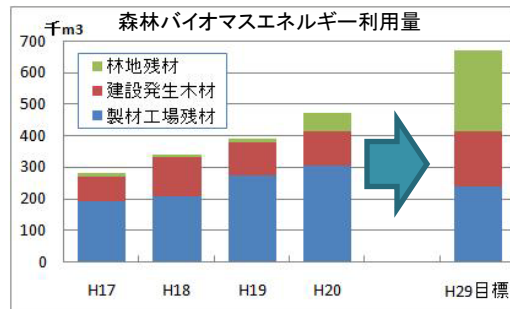


林地残材集荷システムの構築に向けて

▶近年、森林整備の促進や地球温暖化防止の観点から、木質バイオマスの利用が拡大しつつありますが、未利用間伐材や伐採現場における土場残材などのいわゆる林地残材（林地未利用材）の活用については、集荷コストの面などから進んでいません。



▶道では、「北海道森林づくり基本計画」において、木質バイオマスエネルギーの利用量を67万m³に増加させることを目標としており、このためには、効率的な林地残材集荷システムを構築することが必要であることから、H20～21年度に、作業システムの低コスト化を目指した林地残材の集荷実証事業を実施しました。

▶このパンフレットは、実証結果の概要（ダイジェスト）と考え得る効率化のポイントなどを示し、林地残材集荷システムモデルとして、林業や木質バイオマスの活用に携わる事業者の皆様が実際に林地残材の活用に取り組む際の参考となるよう作成したものです。

▶実証事業の詳細については、事業報告書本編をご覧ください。

http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/torikumi/biomass_energy/e-rinchizanzai.htm



林地残材（林地未利用材）の種類と用途

林地残材は、森林の伐採に伴って発生する枝条、追い上げ材等の端材、未利用間伐材など通常では利用されない木質バイオマスです。



枝条



端材



端材を切削したチップ



枝条を破碎したチップ



燃料用などに利用



製紙原料などに利用

このような林地残材が、伐採材積の24%～40%程度発生していると推測され※、道内の調査事例では、主伐で40～80t/ha、間伐で1～20t/ha発生していました。

用途としては、ボイラー燃料などのバイオマスエネルギー向けと木質ボードや製紙用チップなどのマテリアル向けがあり、多くの場合チップに破碎・切削して利用されますが、需要先のニーズに応じて破碎しないで、納入することも考えられます。



林地残材(林地未利用材)の集荷作業システムの提案

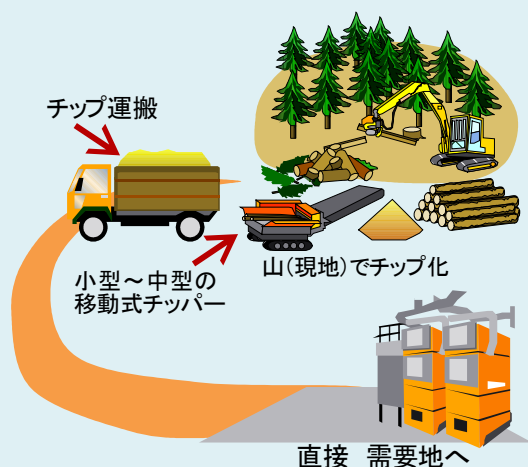
林地残材の集荷作業は、現場によって森林の立地条件や投入可能な林業機械が異なることから、このとおり作業を実施すれば必ず効率的に実施できるという性格のものではありませんが、ここに示すシステムを基本に、実際の現場や事業体の条件に応じて、効率的な方法を選択しましょう。

基本システム

林地残材の利用に際しては、多くの場合、チップ化して利用することから、チップ化作業をどこで行うかによって、基本システムを考えてみます。

現地チップ化システム

現地（山土場や作業道上など）でチップ化してから加工地・需要地（＝工場）に運ぶシステム



概要

長所

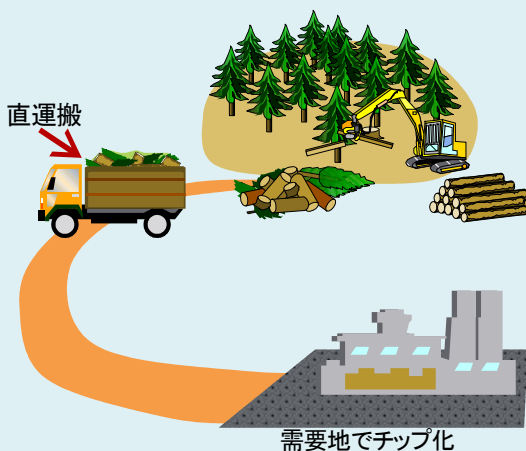
短所

- ①現地で破碎して運ぶため、枝条などのかさばる部位を、容積を小さくした状態で効率的に運搬できる
- ②林地残材が多量にある場合、または需要地まで遠距離の場合に有利

- ①チッパー機の重機運搬費がかかる
- ②大型のチッパー機には向かない
- ③小型～中型のチッパー機であっても、現地までの道路条件（林道幅員や曲線半径、傾斜など）によっては搬入できない
- ④天候や現地の作業条件（土場スペースなど）に左右されやすい

工場チップ化システム

現地で生じた林地残材をそのまま、もしくは圧縮して工場に運んだのちチップ化するシステム



- ①工場で破碎するため、チッパー機の重機運搬費がかからない
- ②天候や現地の作業条件（土場スペースなど）に左右されない
- ③端材の割合が高い場合、または需要地まで近距離の場合に有利
- ④固定式チッパーを使用する場合は一般的にランニングコストは安い

- ①現地で破碎しないため、枝条など容積密度の小さい残材は運搬効率が悪い
- ②端材の長さが短い場合（短尺材）は、運搬車への積み込み効率が悪い
- ③ストックヤードの広さや破碎機を所有しているかどうかなど工場の受入れ体勢に左右されやすい



各システムの作業モデルと実証例・効率化のポイントを次ページからご紹介します。

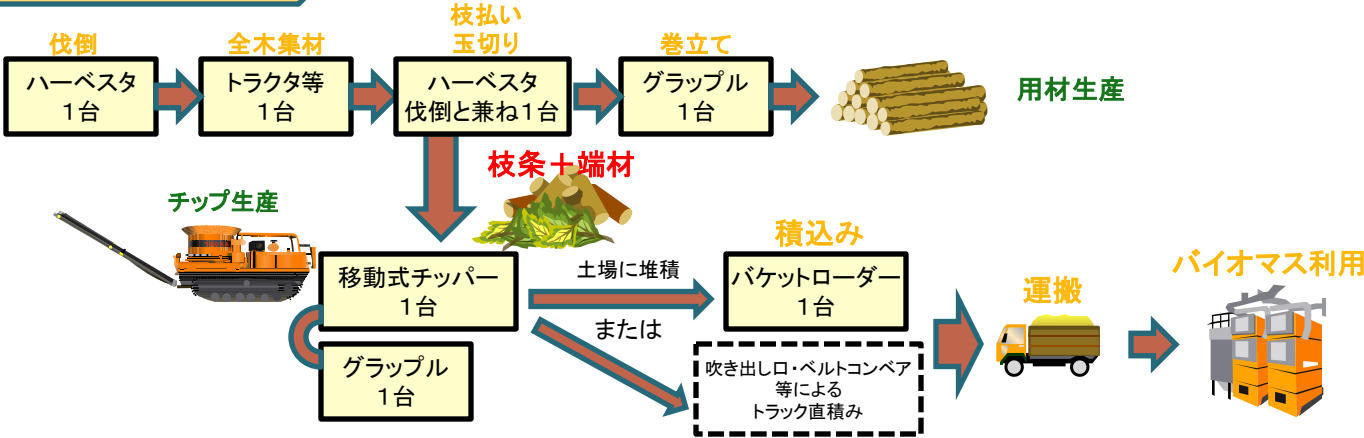
各システムのコストと生産性実証参考値を掲載しておりますが、

これらの数値は、本事業で実施した一つの事例であり、標準的なコストや生産性、機械の性能を示したものではありません。

また、コストは生産性を元に人件費や燃料費、減価償却費等を一定の仮定で試算した値であり、**あくまで参考値として掲載しておりますので、ご注意ください。**

試算条件についての詳細は、事業報告書本編をご覧ください

1 全木集材方式



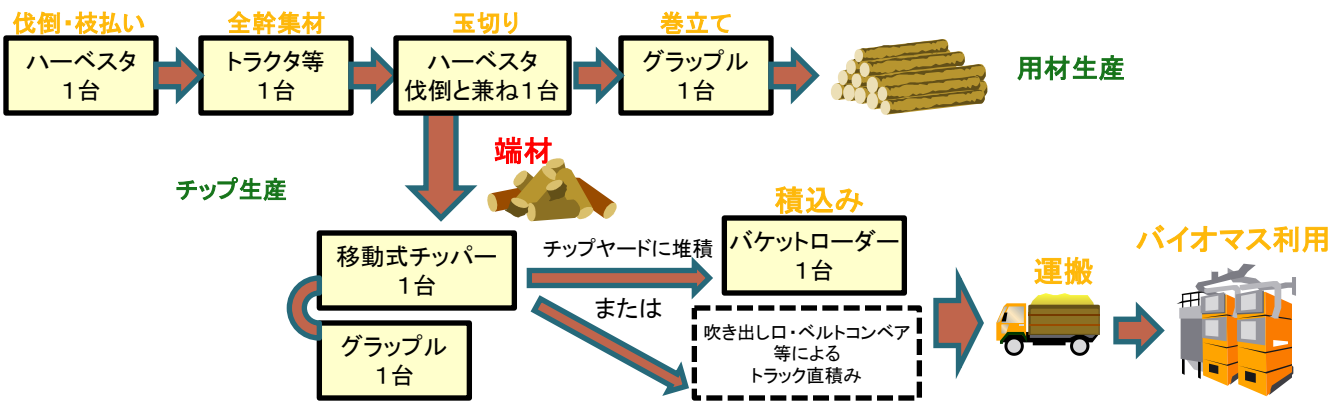
■特徴と効率化のポイント

- 全木集材の利点を活かし、土場で発生する枝条や端材を大量に収集チップ化
- 樹種によって枝条の量が大きく異なることに注意（カラマツは少なく、トドマツ・アカエゾマツは相対的に多い）

■コスト及び生産性
実証参考値

	チップ化	備考
コスト及び生産性	3,400円/t 14.5t/h	
計算条件	移動式チップパー機(出力228kw)	カラマツ主伐 面積 4.60ha チップかさ密度 0.24t/m3

2 全幹集材方式



■特徴と効率化のポイント

- 全幹集材の利点を活かし、土場に集まる端材(=樹皮の割合が小さい)のみをチップ化
- 端材の形状が不定で短尺材が多いなど積荷に時間がかかる場合に推奨
※端材の形状がパルプ材に近い場合（長めで方向が揃っている）は工場チップ化方式が効率的となるので注意が必要
- 積み込み方法の選択がポイント！

- ①チップヤード方式（チップパーを連続運転させチップをヤードにため込む方式）
→チップパーの休み時間が少なくなる利点はあるが、ヤードからトラックに移す重機（バケット等）が必要
- ②直積み方式（チップパーから直接トラックにチップを投入する方法）
→バケット等の重機は不要だが、トラックの台数が少ないとチップパー機が遊ぶことになり不効率。
スペースをとらず、チップに土砂が混ざりにくい利点も。
- ※ チップヤード方式が有利なケースが多いと考えられます（特に運搬距離が長い場合・破砕量が多い場合）が、トラックの台数、運搬距離、破砕量を勘案して最も効率的な方法をシミュレーションしてみるのも良いでしょう。

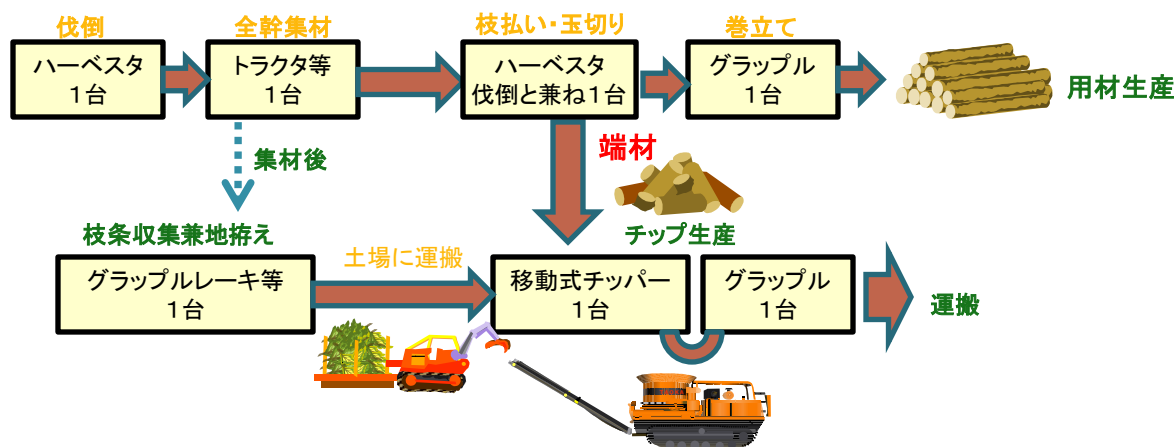
■コスト及び生産性実証参考値 ※集中土場(次ページ参照)での実証

	チップ化	運搬	備考
コスト及び生産性	8,700円/t 36.6t/日 (4.94t/h)	1,800～2,900円/t(5～3往復)	鉄板ヤード設置+バケットローダー
	9,200円/t 48.8t/日 (4.94t/h)	2,200～2,900円/t(4～3往復)	ベルトコンベア方式直積み
計算条件	移動式チップパー機(出力115kw)	11tチップ専用運搬車2台、片道50km 最大往復数はシミュレーションによる	カラマツ主伐 面積 7.22ha チップかさ密度 0.26t/m3

Variation・バリエーション

林地残材を造林地拵えと一体的に収集する

用材生産・バイオマス利用・地拵え植栽を一体化させた皆伐現場限定のシステム
植栽前に伐採跡地の枝条・ササ類を集め、土場残材とともにチップ化



■特徴と効率化のポイント

- 燃料用のチップが大量に生産可能→ただし樹皮やササ、土砂の混入割合は高いので需要先の条件を良く確認することが必要
- 土場までの枝条・ササ運搬は土そりやキャリアダンプの利用により効率アップ
- 枝条・ササ類を集めておくことで後の地拵え費用が低減し、ネズミの食害を減らす効果も期待



～集材方法について～

林地残材を集荷するためには、土場に残材を集める必要があることから、全木集材又は全幹集材の作業モデルを示していますが、「北海道高性能林業機械化基本方針（H21年改定版）」では、効率的な用材生産を行いうるハーベスタ＋フォワーダによる短幹集材を推奨しています。

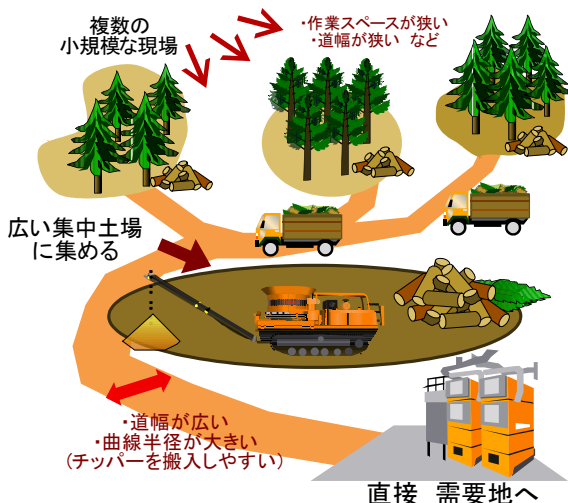
上記のように集材後に改めて残材を集める場合は、短幹集材を前提としたシステムも可能でしょう。

■コスト及び生産性実証参考値

	枝条収集	チップ化	備考
コスト及び生産性	1,800円/t 12.8t/h	2,900円/t 14.5t/h	ha当たり収分量 170t
計算条件	グラップルレーキ＋土ソリ使用	移動式チップパー機(出力228kw)	カラマツ主伐 面積 4.60ha チップかさ密度:0.24t/m3

Variation・バリエーション

集中土場でチップ化する



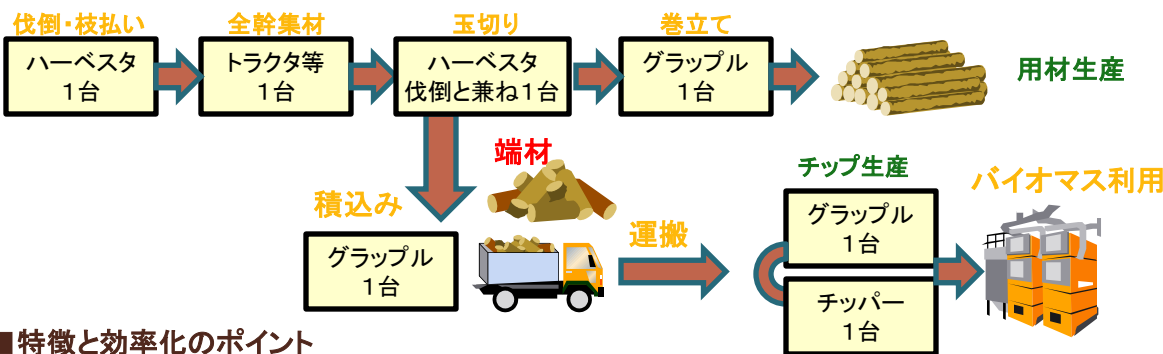
小規模な土場が複数あり、チップパー機が搬入できない場合や一つ一つの現場の残材量が少ない場合等にキャリアダンプやトラックで残材を一カ所の大きな土場に集めてチップ化する方法

■特徴と効率化のポイント

- 残材を一カ所の土場に集めてチップ化することで、チップパーの稼働時間を長くすることが可能
- 各土場に十分な広さがある場合は、チップパーが移動した方が効率的となる場合があるので注意

※コスト及び生産性実証参考値は、前ページをご覧ください。
(前ページの事例では、集中土場に集める経費が約10万円かかっています)

全幹集材方式



■特徴と効率化のポイント

- 土場に集まる端材を需要地近くに運搬してからチップ化
- 伐採量の少ない間伐では量が集まらない可能性があるので注意が必要
- 積み込み効率をいかに上げるかがポイント
→端材の形状がパルプ材に近い（長めで方向が揃っている）と積み込みしやすく効率的

■コスト及び生産性実証参考値

	積み込み・運搬	チップ化	備考
コスト及び生産性	1,600円/t 積み込み生産性32.3t/h	工場にある固定式チッパーを用いることにより比較的低コストに生産可能	
計算条件	片道50km 11tチップ専用運搬車2台使用		カラマツ主伐7.22ha チップかさ密度0.26t/m3

Variation・バリエーション

コンテナを活用した残材の運搬



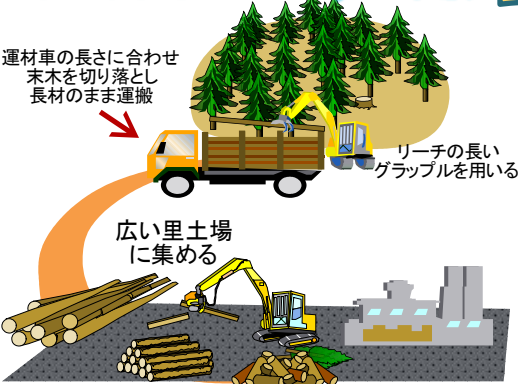
土場ごとに脱着式のコンテナを設置し、残材を随時投入する。
満杯になった段階で工場に運搬しチップ化する方法

■コンテナ方式の特徴と効率化のポイント

- 重機の空き時間を使って残材をコンテナに投入できること、トラック本体の待機時間がほとんどないことから集荷運搬効率のアップを期待
- 一方で脱着式コンテナ車は高価であり、リースではかえってコスト高となることから、稼働率を上げるための事業量確保が課題

Variation・バリエーション

長材で搬出→里土場で採材し、端材をチップ化



現地で玉切りせず、工場もしくは工場に近い場所に設けた“里土場”で玉切りし、そのまま残材を工場で使用する

■特徴と効率化のポイント

- 用材と一緒に（切り離されずに）残材を運べるため、残材利用の面から見ると非常に効率的。
※一方で、末木を山で落とすことから、採材時に長さが足りない、もしくは余るという短所があり、パルプ率は通常より高くなる傾向
- 確実に用材に利用できる部分は、用途に合わせて山土場で造材し、残りを長材で運搬するなどの工夫も必要

■コスト及び生産性
実証参考値

	積み込み・運搬(参考)	チップ化	備考
コスト及び生産性	1,900円/m3 32m3/1台 (長材運搬)	7,000円/t 8.7t/h(実測)	
計算条件	片道17km 11t運材車3台2往復	移動式チッパー機(出力260kw)	カラマツ間伐8.7ha チップかさ密度0.3t/m3



林地残材集荷作業システムの選択のためのフロー

林地残材を効率的に集荷して利用するためには、バイオマス利用者のニーズ及び森林の現況や伐採・集荷作業を担当する事業体の状況などを細かく把握し、これまでに示した作業モデルを基本に各々の状況に適した林地残材の集荷システムを検討・選択する必要があります。林地残材集荷の事業化を計画する際の参考となるよう、システムの検討・選択のためのフローを整理してみました。

1 需要先の条件を確認する

- ・バイオマスの形態（チップ、原木）
- ・品質（チップ形状、含水率、葉や土砂の混入など）
- ・納入条件（量、時期、頻度など）
※ コストや作業体制等の面から、需要先の条件に応えられない場合もあるでしょう。供給側が可能なことと需要側が求めるものを明確にし、お互いがどこまで歩み寄れるか協議を重ねて合意を図ります。

2 森林の現況と施業方法を確認する

- ・樹種（トドマツ、カラマツ、その他）
※カラマツは、集材中に枝が落ちやすいことから、枝の収集量は少なくなる傾向にあります。
- ・伐採方法（主伐、間伐）
※一般的に、間伐では、haあたりの伐採量が少なく、林地残材の集荷量も主伐に比べて少なくなります。
（林地残材集荷量：主伐＝40t～80t/ha、間伐＝1t～20t/ha）

3 伐採現場の作業条件を確認する

- ・路網（通行可能なトラックの大きさ、チップパー機がどこまで搬入可能かなど）
- ・土場（残材の堆積場所、チップング作業の場所の確保など）
- ・作業システム（投入可能な機械の種類と台数、チップパー機の性能）

4 基本システムを決定する

・樹種、伐採方法、集材方法、需要先の条件（用途）等を考慮し、集荷対象を決め、それに応じて基本システムを選択します。基本システムの決定プロセスの一つの例示として、下表のようなパターンが考えられます。

考慮すべき条件（例）				基本システム	集荷対象
樹種	伐採方法	集材方法	需要先の条件		
カラマツ	間伐	全幹	原木	工場チップ化	端材（追上げ材等）のみ
その他	主伐	全木	チップ	現地チップ化	端材＋枝条

※例えば、カラマツ間伐、全幹集材、原木納入という条件であれば、枝条を集めるのは不効率ですから、土場で発生する端材のみを集荷対象とし、工場チップ化システムを基本とします。

5 システムの詳細設計を検討する

- ・基本システムを決めたら、システムの詳細設計を検討します。特に検討が必要な項目は次のとおりです。

検討項目	検討内容
林地残材収集量の見積もり	林地残材収集量は、各現場で異なりますが、他の収集事例を参考にして、おおよその検討をつけます。 ※他の収集事例については、事業報告書本編を参照ください http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/torikumi/biomass_energy/e-rinchizanzai.htm
林地残材集積場所	土場での残材の集積場所を決めます。現地でチップ化する場合には、チップング作業の場所も考える必要があります。
作業日数・時間	残材の集荷量と作業効率から作業日数・時間の見当を付け、機材や作業員を確保します。
積載・運搬方法	現地チップ化システムの場合は、それぞれのメリット・デメリットを勘案し、直積み方法かヤード方式を選択します。 工場チップ化システムの場合も、メリット・デメリットを勘案し、コンテナ方式かダンブ運搬かを選択します。

林地残材を効率的に集めてバイオマスに！

平成22年4月
編集・発行：北海道水産林務部
調査協力：北海道立総合研究機構林業試験場
（旧北海道立林業試験場）