

# 移動式チップパーによる燃料用チップ供給コストの試算

岩手県林業技術センター ○佐々木誠一・多田野 修, ㈲二和木材 小笠原啓次郎

## 1 はじめに

木材価格の低下やパルプ・チップ材の需要の低迷により、素材生産事業の採算性が悪化している一方で、地球温暖化防止の観点から、木質バイオマスが環境にやさしいエネルギー源としての有効利用に対する関心が高まってきており、低質材等の未利用木質資源をチップ化しバイオマス燃料として利用するための移動式チップパーの活用が注目されている。

今回は、素材生産に伴って山土場で発生する木質バイオマスの発生量を把握するとともに、移動式チップパーによるチップ化試験、生産したチップの積込・運搬試験を行い、それぞれの作業工程及びコストを算出し、生産システムの違いによるチップ供給コストの試算を行ったのでその結果を報告する。

## 2 山土場での木質バイオマスの発生量

### (1) 調査方法

ホイールトラクタで全木集材を行った事業地 4 か所及びスイングヤードで全木集材を行った事業地 2 か所において、バイオマス発生量の調査を行った。

トラクタを使用した事業地では、搬出した材を土場に集積し、プロセッサで枝払・造材を行い、用材、チップ材及び枝条・残材に分け、それぞれを 1t クレーンスケールにより重量測定を行うとともに、用材、チップ材については、末口自乗法により材積を測定した。

また、スイングヤードを使用した事業地では、林道端まで材を搬出し、林道上でプロセッサにより枝払いを行い、全幹材と枝条の重量測定を行った。

### (2) 結果及び考察

バイオマス発生量調査の結果を表-1 に示す。トラクタによる全木集材では、集材過程で枝条の多くが消失し、土場で発生する残材・枝条の重量比率は、カラマツで 5% 未満、スギが 13% 程度、アカマツが 14% 程度であった。

表-1 山土場でのバイオマス発生量

:ホイールトラクタ全木集材

樹種	林齢	調査 本数	材長 (m)	胸高直径 (cm)	重量:(kg)			比率:(%)	
					全木材	用材	チップ材	枝条・残材	
カラマツ	50	15	22.3	26.9	重量	8,608	7,107	1,244	257
			17.2-29.6	16-36	比率	100.0	82.6	14.5	3.0
カラマツ	45	30	19.7	21.5	重量	9,360	7,329	1,656	375
			13.9-24.7	14-32	比率	100.0	78.3	17.7	4.0
スギ	37	40	16.0	17.9	重量	7,657	3,664	2,978	1,015
			11.8-20.2	10-28	比率	100.0	47.9	38.9	13.3
アカマツ	40	40	14.3	18.3	重量	8,192	688	6,391	1,117
			10.8-17.4	10-29	比率	100.0	8.4	78.0	13.6

:スイングヤード全木集材

樹種	林齢	調査 本数	材長 (m)	胸高直径 (cm)	重量:(kg)		比率:(%)	
					全木材	全幹材	枝条	
スギ	26	25	12.4	16.4	重量	4,313	3,358	955
			8.4-14.1	10-22	比率	100.0	77.9	22.1
スギ	18	33	11.2	15.4	重量	4,461	3,321	1,140
			8.4-14.5	9-22	比率	100.0	74.4	25.6

また、スイングヤードによるスギの全木集材では、重量比率 20～25%の枝条が発生した。

トラクタ全木集材を行ったカラマツ 45 年生の調査地は、19.8ha の間伐事業地であるが、土場で発生した末木枝条は、10tトラック 1 台に満たない程度であった。

### 3 チップ化処理工程及びチップ化処理コスト

#### (1) 調査方法

岩手県林業技術センターでは、燃焼部にスクリーンでチップを搬送するチップボイラーを所有しており、燃焼試験に供するには切削チップが適している (1) ことから、調査には切削型の移動式チップパー (東興産業：150型、最大処理径30cm) を使用した。

作業条件の違いによる生産工程を把握するため、投入する材の種類、投入方法を変えてチップ化処理を行い、単位時間あたりのチップ化工程 (m<sup>3</sup>/hr) を算出した。

投入する材を、チップ材、全幹・全木材、末木枝条に分け、チップ材については、投入方法をグラップルのみ、プロセッサのみ、グラップル+人力の 3 方法で実施した。処理量を把握するため、事前に材積及び重量を測定した。

チップ化処理コストは、表-2 の使用した機械類の時間費用を、調査で得られた作業工程で除して求めた。なお、チップパーの年間稼働時間を、1,200 時間とした。

#### (2) 結果及び考察

表-2 チップ生産に係る各作業の時間費用

	移動式チップパー	グラップルローダー	プロセッサ作業
機械価格 (円)	11,000,000	9,500,000	19,000,000
耐用年数 (年)	5	5	5
年間作業日数 (日)	200	200	200
1日あたり実働時間 (時間)	6	6	6
年間使用時間 (時間)	1,200	1,200	1,200
耐用時間 (時間)	6,000	6,000	6,000
整備・修理費率	0.4	0.4	0.4
燃料消費量 (リットル/時)	12	5	7
燃料単価 (円/リットル)	75	75	75
油脂消費量 (リットル/時)			0.3
油脂単価 (円/リットル)			160
固定費			
利子 (円/時)	124	107	214
車検・保険料 (円/時)	206	178	356
減価償却費 (円/時)	1,650	1,425	2,850
整備・修理費 (円/時)	660	570	1,140
直接費			
燃料費 (円/時)	900	375	525
油脂費 (円/時)			48
普通作業員賃金 (円/時)	2,000		
オペレータ賃金 (円/時)		2,500	2,500
時間費用合計 (円/時)	5,540	5,155	7,633
作業員			
普通作業員人数 (人) (日額単価 11,000円)	1		
オペレータ人数 (人) (日額単価 15,000円)		1	1

図-1 に、移動式チップパーのチップ化処理工程及びコストを示す。

プロセッサ単独によるチップ材の投入と末木枝条は工程が低く、コストは高いものとなったが、グラップルによる投入の工程が高く、コストは低めにおさえられた。補助員を付けることにより、コストの影響を少なくしながら、工程を上げることができた。

移動式チップパーの 1 時間あたりの処理能力は、丸太材積換算で約 7～9m<sup>3</sup> あり、1 日あたりの丸太の消費量はおおむね 50m<sup>3</sup> 程度と考えられた。

1 日あたり丸太で約 50m<sup>3</sup> 処理するチップパーの能力から考えて、一般的な素材生産現場の生産能力では、チップ材を含めて末木枝条までチップ化しても、チップパーの処理能力を満たすまでの発生量はないと考えられた。

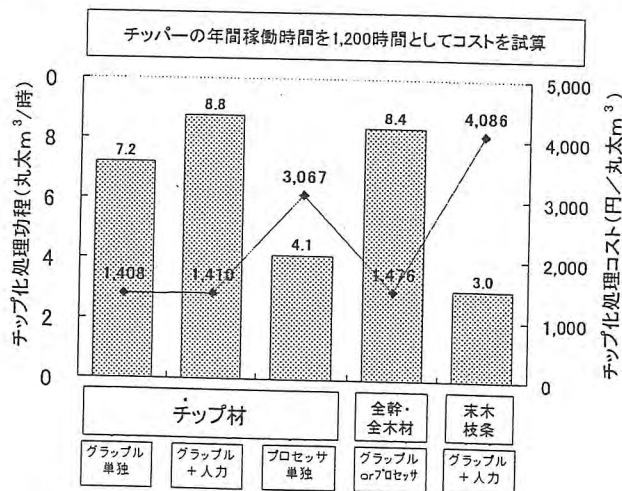


図-1 投入方法別チップ化処理工程及びコスト

#### 4 チップ及びチップ丸太の運搬工程調査

##### (1) 調査方法

チップの積込・運搬調査には、4t ファームダンプ、4t 脱着式ダンプ、10t 深アオリダンプを使用し、山土場試験では、チップパーから直接吹き込んで積み込みし、専用土場ではバケット容量 1m<sup>3</sup> のローダーで積み込んだ。丸太については、ローダークレーン付き 10t トラックによるチップ材の運搬工程調査を行った。

運搬コストは、表-3 に示す運搬車両の時間費用を、調査で得られた時間あたりの運搬工程で除して求めた。

表-3 チップ及びチップ材運搬に使用した車両の時間費用

区 分	4tファームダンプ	4t脱着式ダンプ	10t深アオリダンプ	ローダークレーン付き10tトラック
機械価格 (円)	10,500,000	7,300,000	15,000,000	20,000,000
耐用年数 (年)	5	5	5	5
年間作業日数 (日)	240	240	240	240
1日あたり実働時間 (時間)	8	8	8	8
年間使用時間 (時間)	1,920	1,920	1,920	1,920
耐用時間 (時間)	9,600	9,600	9,600	9,600
整備・修理費率	0.4	0.4	0.4	0.4
燃料消費量 (リットル/時)	6	6	16	16
燃料単価 (円/リットル)	75	75	75	75
車検・保険料 (円/年)	220,000	420,000	700,000	700,000
運転手賃金 (円/日)	13,000	13,000	13,000	13,000
固定費				
利子 (円/時)	74	51	105	141
車検・保険料 (円/時)	115	219	365	365
減価償却費 (円/時)	984	684	1,406	1,875
整備・修理費 (円/時)	394	274	563	750
直接費				
燃料費 (円/時)	450	450	1,200	1,200
賃金 (円/時)	1,625	1,625	1,625	1,625
時間費用合計 (円/時)	3,642	3,303	5,263	5,956

##### (2) 結果

図-2 に、運搬手段の違いによる運搬工程と運搬距離の関係を示す。運搬工程は距離が長くなるほど低下し、同一距離でも 1 回あたりの運搬量が多い大型車両ほど高くなった。脱着式ダンプはスパーコンテナを使用することにより積込時間が省略できたため、運搬効率は高くなった。

また、チップの容積は、丸太材積の約 2.7 倍に増加するため、丸太で運搬の方が効率的であった。バケットローダーによるチップの積込工程は、チップパーからの直接吹き込みの約 2.5 倍と効率的であった。

図-3 に、運搬距離を 30km とした場合の運搬車両別のチップ及びチップ材の運搬コストを示す。

運搬量が多い大型車両ほどチップ運搬コストは低くなり、同じ 10t ク

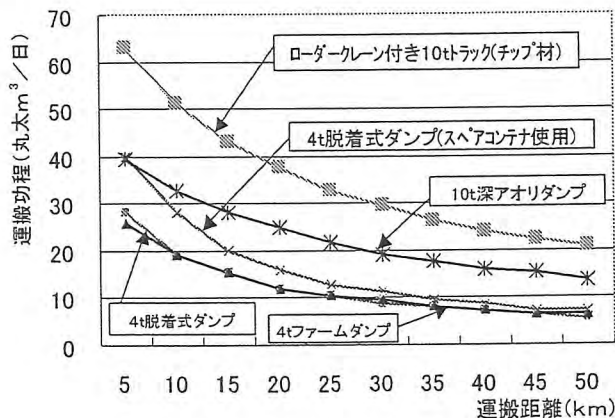


図-2 運搬手段別の運搬工程と運搬距離の関係

ラスで比較した場合、チップで運搬するよりも丸太で運搬した方がコスト的に有利であることが分かった。

### 5 システムの違いによる供給コストの試算

#### (1) 試算方法

移動式チップパーを使用する供給システムとして、山土場、専用土場、ボイラー前に分類し、さらに山土場では、ストックヤード経由での供給、ボイラーへの直接供給、山土場で発生する末木枝条チップの供給に分類して試算を行った。

試算条件として、チップ化処理コストについては、チップパーの年間稼働日数200日、グラップル単独によるチップ化処理功程7.2m<sup>3</sup>/hr（丸太換算）を適用し、運搬コストについては、チップの運搬を10t深アオリダンプ、チップ材の運搬はローダークレーン付10tトラックを使用し、運搬距離はともに30kmとした。

また、山土場及びチップボイラー前でのチップ化処理では、チップパー及び投入するグラップルの運搬費が必要となるため、処理ロットを山土場100m<sup>3</sup>、ボイラー前を50m<sup>3</sup>に設定して試算した。

製紙用工場チップについては、岩手県内のチップ工場からの聞き取り調査結果として報告(2)がなされているチップ化処理コスト1,047円/m<sup>3</sup>を適用した。

#### (2) 結果

図-4に、供給システムの違いによるチップの供給コストを示す。重油（41.475円/L、比重0.86、有効発熱量=低発熱量(10,160kcal/kg)×0.80=8,128kcal/kgで試算）に対抗できる供給システムは、山土場からボイラーへの直接供給、専用土場からの供給、ボイラー前での供給と試算され（重油に対抗可能なチップコスト 9,000円/丸太m<sup>3</sup>）、ストックヤードを経由するといった、チップの再運搬が必要となるシステムは、重油に対抗できないと試算された。

図-5は、専用土場からチップ供給を行う場合で、丸太及びチップの集出

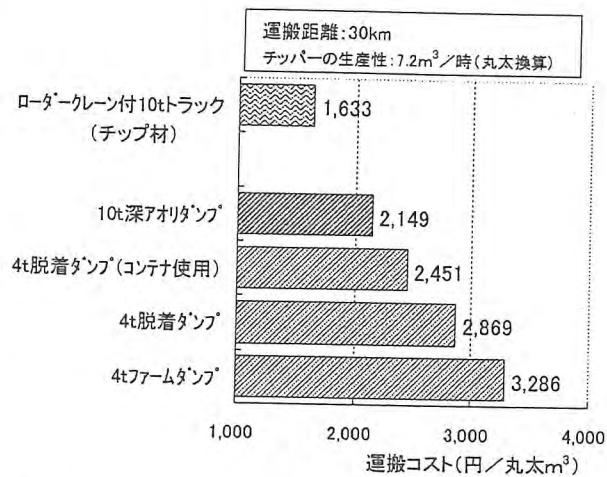


図-3 運搬車両の違いによる運搬コスト

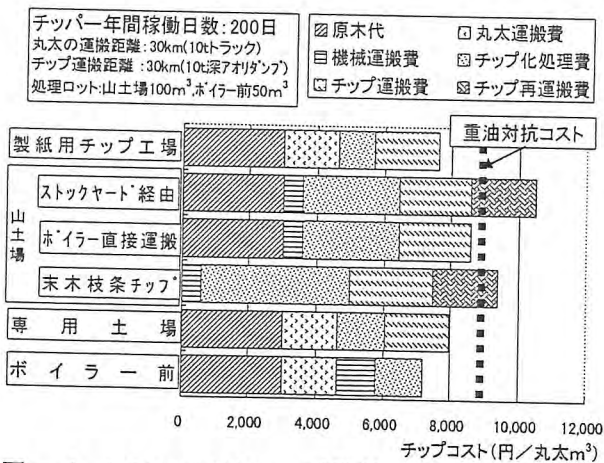


図-4 システム別チップ供給コスト

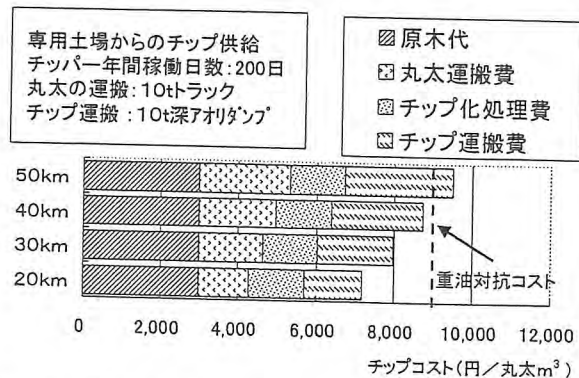


図-5 運搬距離とコストの関係

荷範囲を同一距離とした場合の運搬距離と供給コストの関係を示している。専用土場であっても、運搬距離が40km程度までが重油と対抗できる範囲と試算された。

## 6 チップ生産場所の比較

チップ生産場所の違いによる作業条件の優位性を比較した結果を表-4に示す。

山土場生産は、枝条や切り捨て間伐材などの全木材を対象にチップ生産する場合には有利と思われるが、チップパーが十分に稼働できるだけのロットの確保が難しく、生産したチップの運搬条件も制約が多い(3)などから、効率的にチップ供給を行うことは難しいものと思われる。

ボイラー前生産では、チップ消費量が多い大型のボイラーであればチップパーの稼働率が確保でき、供給コストを低くすることが可能であるが、今後普及が見込まれる中・小型のチップボイラーではチップサイロの容量が小さいため、チップパーなどの機械輸送コストが割高となり、供給コストは高くなると思われる。

専用土場でのチップ化は、複数の素材生産現場から原料丸太を安定的に確保することが可能であり、チップ化作業とチップ運搬作業を切り離して効率的にチップ供給ができるなどコスト的に有利で、移動式チップパーを利用して燃料用チップを供給する場合には、最も現実的な生産システムと思われる。

表-4 チップ生産場所の比較

項目	山土場	専用土場	ボイラー前
原木確保	×	◎	○
枝条処理	○	△	×
全木材処理	○	×	×
原木ストック	○	◎	×
原木乾燥	○	◎	×
チップ化作業	×	◎	△
通年作業	×	◎	○
作業場所	×	○	△
チップ運搬	×	◎	不要
コスト	△	◎	○
機械の運搬	必要	不要	必要

◎有利 ○やや有利 △普通 ×不利

## 7 おわりに

本研究では、移動式チップパーによる燃料用チップを、どのようなシステムで供給することがコスト的に有利であるのかを検証した。その結果、収集範囲40km程度までであれば、専用土場でチップ化を行うことにより、重油コストと対抗できることが試算により得られた。また試験を通じて、形状が均一なチップを生産できるチップパーの開発や含水率の低いチップの供給体制の構築が必要であることなど、新たな課題も明らかになった。この報告が、木質バイオマスの利用促進につながり、林業・木材産業の活性化に資することを期待する。

## 引用文献

- (1) 多田野 修ら (2004) チップボイラーによる木材チップ燃料利用技術の開発(1), 日林学術講115: 649p.
- (2) 立川 史郎 (2003) 森林バイオマス収穫システムの検討事例, 森林バイオマスの収集・輸送コストの低減について, 57p, 林業機械化協会, 東京
- (3) 佐々木 誠一ら (2004) 低質材等未利用木質資源の燃料用チップ供給コストの試算—山土場からのチップ運搬工程及びコストの試算—, 日林学術講 115: 648