

製材用原木の剥皮機械の能率(4)

- 富士FB式バーカーによる針葉樹材の剥皮事例 -

鎌田 昭吉* 河島 弘**
桜井 努***

まえがき

最近、本道の製材工場においても、省力化の面で機能の強化された剥皮機械の導入がさかんである。能率的な剥皮機械に対する関心は、たんに単位あたり生産能力の向上ということのみではなく、安全かつ容易に操作できるといった、人間の労働面にも向けられ、あらたに遠隔操作化された比較的大型の機械が開発されている。

機械にはそれぞれ特徴があり、これを採用する製材工場側としても、工場の生産規模や扱う材の種類・形状・量・用途などによって適合した機械を選択しなければならない。それには、まず、機械の特徴を知っておくことが必要条件である。そこで今回は、機械の性能と適用性についての実用的資料を得ることを目的として、定置式バーカー5機種、エノ式¹⁾、弓野式²⁾、岩谷式³⁾、富士FB式およびHEPKKEを対象に、製材用エゾマツ・トドマツ原木の剥皮作業について、夏・冬各1回現地調査をおこない、主として現場作業的観点から、能率と剥皮状態および電力消費量について検討した。

ここに第4報として、富士FB104C型バーカーについての調査結果の概要を記し、参考に供する。

調査の概要

1. 機械

調査の対象となった富士FB式バーカーは、コブ状の刃物が材の表面に圧着し、連続的に叩きながら自動走行する遠隔操作式のものである。

主な諸元はつぎのとおりである。

型 式：富士製作所製 FB104C型

カッター：浮動式ヘッド1本、カッターヘッド付フレームの無負荷時走行速度2.2~4.6m/min. 無段変速、負荷時走行速度1.1~2.7m/min. 直径(刃先円)約420mm, 回転数約900回/min.

カッター：コブ状カッター、刃物20個

原木回転：原木回転ローラー直径610mm, 回転数6~16回/min.

使用動力：カッター駆動用11.0KW, カッターヘッド付フレームの走行2.2KW, 走行可変用0.2KW, カッターヘッドの上下動用3.7KW(エアコンプレッサー), 原木回転用3.7KW, 回転速度可変用0.2KW 各1台, 総計21.0KW

皮つき丸太を原木回転台にのせ、丸太を回転させながら剥皮し、皮むきが終ると剥皮材をおろす、という一連の作業は、すべて1人の作業員により、遠隔操作によっておこなわれる。

8個の原木回転ローラによって皮つき丸太を廻らす。この回転している材の表面にゲンコツ状のカッター刃を圧着し、連続的に叩き、カッターが廻っている材の端から端まで移動して全面を剥皮する。カッターヘッドの上下動および剥皮中のカッターの圧着の加減は手動弁(エアシリソダー連結)の操作によって調整される。カッターヘッドの走行や原木回転などは、操作盤によっておこなわれる。

原木回転速度は、周速約11.5~30.6m/min.(計算値)の範囲で、無段変速かつ正逆回転できる。

カッターの回転方向は、丸太の長さ方向に直角方向、材面に対する衝撃加正方向は、丸太の回転方向によってな異り、原木が正回転する場合にはアップ・カッ

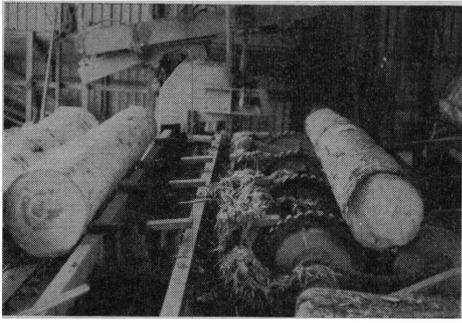


写真1 FB104Cバーカー（側面）

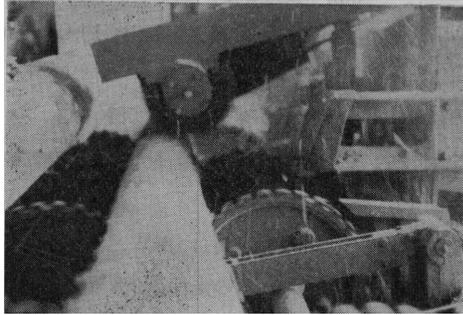


写真2 剥皮状況(庭木回転、カッター回転)

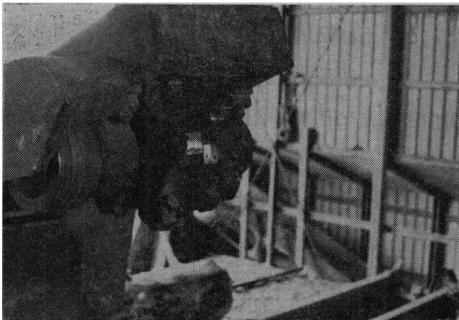


写真3 カッターおよびカッターヘッドの部分

ト(up-Cut), 逆回転の場合にはダウン・カット(down-Cut)タイプとなる。カッターは丸太の端から剥皮を始め, 適宜他の端まで剥皮しながら移動するので, 材面はラセン状に刻皮されていることになる。

なお, 剥皮材の残皮量については, 1日の剥皮材をプールしてみた場合に, 一応, 材表面積の5%を越えないということを目標に作業を進めている。

(写真1, 2, 3参照)。

2. 調査方法

調査は, 第1表のとおり, 道産針葉樹(エゾマツ・トドマツ)・同一機械を対象に冬期(1969年2月)と夏期(1969年7月)の2回にわたっておこなった。

冬期に測定した丸太は, 前年11月以降に伐採された凍結材, 夏期の測定丸太は, 当年2月以降に伐採されたもの(いわゆる冬山造材木)で, 伐採後3~5ヶ月を経過したものが大部分であるが, 比較的水分の多い材である。

測定は, 原則として通常の作業開始(午前7時30分)から作業終了(午後4時30分)までの1日間とし, 各丸太ごとに末口径, 節, 曲り, 剥皮材に残った樹皮部面積および皮むき作業の時間的経過を測定することにより, 丸太の径および形状別の剥皮時間・残皮率などを求めた。

電力消費量は, 各測定日ごとに消費実績を調べ, 剥皮時間あたりに換算した。

また丸太の乾燥程度を知るため, 標本的に剥皮した後の材の木部の外層(表面より約6mm深さまで)から試験片をとり, 含水率を求め, これを第1表に示した。

作業場の気温については, 各測定日の8, 10, 12, 14, 16時の5回測定し, 測定期間の最高・最低・平均値を求め, これも同表に示した。

なお, 樹種によって剥皮能率や剥皮材面の状態(残皮率により判断する), 電力消費量の点で差が認

第1表 調査時期・丸太・気温

調査時期	測定丸太*		測定年・月・日 (日数)	測定時の気温(°C)				
	樹種	本数		材積 (m ³)	含水率(%) $\bar{x} \pm \alpha$ (n)	最高	平均	最低
夏期	エゾマツ	75	23.99	1969.7.23~26 (4)	159.5 ± 42.0 (19)	28	22.4	14
	トドマツ	210	54.28					
	計	285	78.27					
冬期	エゾマツ	119	63.33	1969.2.18~19 (2)	186.6 ± 26.8 (28)	-1	-3.7	-8
	トドマツ	106	34.85					
	計	225	98.18					

*材長3.65m
 \bar{x} : 含水率の平均値(%) α : 含水率の標準偏差(%) (n): 含水率の測定丸太本数

められなかったため、以下、エゾマツとトドマツを込みにして整理することにした。

以下、丸太の形状についてはつぎの3種類に区分した。

3. 調査結果

1. 剥皮能率について

1.1 測定丸太の形状

直径については、末口径により第2表のごとく径級グループを4区分した。測定丸太の末口径の範囲は、夏期調査では最小16cm～最大60cm、冬期は18cm～74cmである。ここで平均径とは、丸太の末口径の単純平均値である。

節については、節の直径または高さが5cm以上のものにかぎってその個数をかぞえ直径および高さが5cm未満の節は節とみなさないことにしている。

曲りについては、矢高5cm以上のものにかぎってその矢高を測り、矢高5cm未満のものは曲りのないものとみなしている。

通直材：節無し - 曲り無し

節材：節有り - 曲り無し

曲り材：節無し - 曲り有り

なお、節有り、曲り有りの材は測定数が少ないので除くことにした。

1.2 作業時間

皮むき作業にかかわる動作をつぎのように区分して各動作に要する時間を丸太1本ごとに求めた。

皮むき作業の動作区分

動作：動作の内容および時間

- つみ：皮つき丸太を原木回転台につみ、カッターヘッドが小移動して剥皮を開始するまで
- おろし：剥皮終了後、カッターヘッドが小移動し、丸太を原木回転台よりおろすまで
- 剥皮：カッターヘッドが前進もしくは後退して剥皮する

第2表 調査時期・丸太形状別の剥皮能率

調査時期	測定丸太				剥皮能率		木直しを加味した剥皮能率			
	形状		末口径 (cm)	平均径 (cm)	本数	丸太1本 当り剥皮 時間 (sec)	剥皮時間 当り丸太 材積 (m³/hr)	木直し 丸太本数	木直し丸 太1本当 り木直し 時間 (sec)	木直し時 間を加味 した能率 (m³/hr)
	節一曲り	丸太1本 当り一曲 り (個) (cm)								
夏	無一無	—	(16)～18	17.4	9	95.6	4.13	—	—	4.13
		—	20～28	23.6	113	82.8	8.95	7	30.7	8.75
		—	30～38	32.5	25	85.9	16.26	—	—	16.26
		—	40～(60)	45.4	15	135.7	19.62	—	—	19.62
	有一無	21.3—	(18)～18	18.0	4	128.8	3.30	2	30.0	2.96
		22.4—	20～28	23.7	71	131.1	5.70	27	40.7	5.10
		15.0—	30～38	33.2	17	98.5	14.78	—	—	14.78
		17.0—	40～(52)	43.6	5	188.0	13.43	1	50.0	12.75
期	無一有	—10.0	(18)～18	18.0	3	66.7	6.37	—	—	6.37
		—11.5	20～28	22.5	13	88.4	7.55	—	—	7.55
		—14.4	30～38	33.0	8	82.4	17.54	—	—	17.54
		—10.0	40～(42)	42.0	2	72.5	31.98	—	—	31.98
冬	無一無	—	(18)～18	18.0	2	62.5	5.80	—	—	5.80
		—	20～28	24.5	54	84.9	9.41	4	43.8	9.06
		—	30～38	34.2	43	81.3	18.98	4	36.2	18.22
		—	40～(62)	45.8	22	125.3	22.36	1	70.0	21.81
	有一無	—	～18	—	—	—	—	—	—	—
		15.9—	20～28	23.8	38	126.9	5.95	11	41.4	5.44
		15.0—	30～38	33.3	26	127.7	11.43	2	75.0	10.94
		8.7—	40～(74)	51.0	29	171.9	20.64	4	107.5	20.21
期	無一有	—	～18	—	—	—	—	—	—	
		—10.8	20～28	23.7	6	110.8	6.73	3	71.7	5.09
		—13.0	30～38	33.6	5	109.2	13.70	1	65.0	12.24
		—	40～	—	—	—	—	—	—	—

木直し：剥皮時

中に原木回転

台からはずれ

た丸太を所定

の位置に正す

など偶発的に

発生するロス

作業

1.3剥皮能率

丸太のつみ、おろし時間を除いて、機械が直接有効に皮むきするに要した時間(剥皮時間)を、末口径・形状別に求め、第2表に示した。

また、夏期の通直丸太・末口径20～28cmの剥皮能率(剥皮時間あたり丸太材積 $8.95\text{m}^3/\text{hr}$)を100とした場合の能率比を第1図に示した。なお、剥皮速度と関連する材面の剥皮状態については第4表に示した。

丸太1本を剥皮するのに要する時間についてみると、末口径が18, 20～28, 30～38cmの3グループの範囲内では、原木の太さに左右されず、略一定であるが、40cmを越えると時間の増加が認められる。これは、剥皮中における回転ローラーと原木の回転は必ずしも同調していないことによるものである。原木回転ローラーの周速は、計算上は $11.5\sim 30.6\text{m}/\text{min}$ の範囲内で無段階変速であるが、観察結果によれば、材の細いもの程ローラーと材とのスリップ現象が生じ易く、実際の原木回転速度は、材が細くなるにつれて略直線的に低下するため、細い材であっても剥皮時間はほとんど短縮しない。したがって剥皮時間あたり材積は丸太の径に略比例し、太い材ほど能率がよい。

剥皮能率を丸太の形状別にくらべると、おおよそ、通直材>曲り材 節材となっている。

原木回転用ローラーは、原木の径や形状によって受ける単位部分の回転速度が異なるので、この変化に合致するよう、回転を自動調整する受け歯車の特殊機構(トラニオン機能)を備えている。ただし、大きな節や急激な曲りでは、原木のスムーズな回転がさまざま

れ、またカッターの非常に強い衝撃を部分的に受けるなど剥皮の正常な進行がみだされ、ある程度、剥皮速度の低下は避けられない。また剥皮中に、原木回転台から丸太がはずれた場合には、これを元の位置にセットしてから剥皮を再開しなければならないが、この木直し回数は、通直材にくらべて、形状の不規則な材に多いことは、上述のことから明らかである。

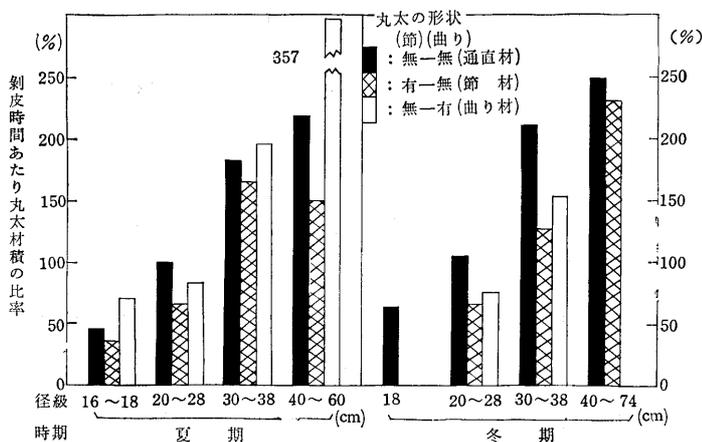
つぎに調査時期別にくらべると、夏・冬の差はまったく認められない。後述のごとく、剥皮材面の状態(残皮率の程度)についても、季節的な差異は認められない。これは、コブ状カッターの肉盛り厚さや形状を変えることによって、夏刃用・冬刃用に使い分けられていることの効果があらわれたものと考えられる。

1.4 標準作業の能率

皮むき作業の能率は、機械への材の供給、積載方法、剥皮原木の搬出方法などの違いによって大きく変わってくる。

そこで、この種タイプの機械に適應する原木搬送設備を配置し、ローダーやフリッパーなどによって、丸太の積み・おろしが自動的になされ、原木回転台に材がスムーズに供給されるという標準的な状態を想定し、原木の積み・おろし時間については、それぞれ21.0秒、18.0秒をあてはめて、主作業時間を算定することにした。

剥皮時間については、季節性が認められないので、



第1図 剥皮能率の比較
注)夏期20～28cm通直材 $8.95\text{m}^3/\text{hr}$ を100とする

夏・冬の測定値を込みにして、末口径と剥皮時間の関係を傾向値として算出し、これに積み・おろし時間を加算して、丸太1本あたり主作業時間を求め第3表に示した。さらに、主作業時間あたり剥皮丸太本数・材積を求め、これも同表に示した。なお、曲り材については、測定本数が比較的小さいので除いた。

皮むき作業は主作業のみでなく、準備や余裕時間なども含まれるので、実際の能率は第3表の数値より低下する。しかし、準備や余裕時間

第3表 標準作業の能率

丸太の形状	末口径 平均 cm	丸太1本あたり主作業時間 (sec)			作業能率	
		つみ・* おろし	剥皮	合計	本/hr	m ³ /hr
無一無	18	39.0	79.2	118.2	30.5	3.59
	26	〃	82.0	121.0	29.8	7.35
	34	〃	82.5	121.5	29.6	12.50
	42	〃	110.0	149.0	24.2	15.56
	50	〃	150.0	189.0	19.0	17.39
有一無	18	39.0	130.0	169.0	21.3	2.51
	26	〃	122.0	161.0	22.4	5.52
	34	〃	120.0	159.0	22.6	9.55
	42	〃	150.0	189.0	19.0	12.27
	50	〃	190.0	229.0	15.7	14.35

* つみ時間：21.0秒 剥皮開始までのカッター小移動も含む
おろし時間：18.0秒 剥皮終了直後のカッター小移動も含む
注) 材長3.65m

は、工場の作業分担や段取りなどによって増減するので、主作業時間を基準にして能率を比較した。

同表により作業能率についてみると、上掲第2表、剥皮能率とほぼ同様の傾向を示している。原木形状による差は、同一径級の対比で通直材1.00：節材0.70～0.82程度である。また、原木の太さによる能率差も非常に大きい。

なお、この機械は、カッターの主に削る作用で樹皮を除去するタイプのものではなく、コブ状カッターの圧着衝撃により、木部と樹皮を剥離するタイプのもので、たたかれて弛緩した皮が、一度に大きくはがされる場合も多くみられた。

また、形状の非常に不規則な材を除けば、カッターの強い打力で材を傷つけるようなこともなかった。

2. 残皮率について

残皮率は、皮むき後の丸太に残った樹皮面積を丸太の全表面積で除した概算値であるが、ここでは、この値が5%未満のものは完全に剥皮されたものとみなしている。つまり、残皮率が5%を越えるものを残皮丸太として、その平均値および測定全数に対する残皮丸太本数の比率を求め、第4表に示した。

なお、残皮丸太のうち、残皮率の最小は夏・冬とも5%、最大は夏期20%、冬期28%である。

同表から、通直材にくらべて節材や曲り材に残皮丸太の出る率がかなり高い。大きな節や急激な曲りがあ

る場合には、その周辺をたたくずに通過してしまう。観察結果によれば、木口断面の形状が偏平な材では、カッターヘッドの上下振巾が大きくなり、また同時に丸太も回転しているので、木口断面からみた長径側の周辺に皮が残り易い。

つぎに、夏・冬別に比較するとその差異は認め難い。第4表の小計・合計の数値は単純集計したものである。夏・冬別に同じ形状のもので対比するならば、残皮丸太の出る率も残皮丸太の平均残皮率もほぼ同じ程度である。

第4表 調査時期・丸太形状別の残皮率

調査時期	測定丸太			残皮の程度		
	形状		本数 (A)	残皮丸太		残皮丸太 (B/A) 本数比率 (%)
	節一 曲り	丸太1本 当たり 節数一 曲り (個) (cm)		本数 (B)	1本 当たり 残皮率 (%)	
夏期	無一無	—	162	13	9.2	8.0
	有一無	20.7—	97	26	8.1	26.8
	無一有	—12.1	26	8	7.5	30.8
	計	7.0—1.1	285	47	8.3	16.5
冬期	無一無	—	121	13	9.8	10.7
	有一無	13.4—	93	31	8.9	33.3
	無一有	—11.8	11	3	12.5	27.3
	計	5.5—0.6	225	47	9.5	20.9
合計	無一無	—	283	26	9.5	9.2
	有一無	17.1—	190	57	8.6	30.0
	無一有	—12.0	37	11	8.9	29.7
	計	6.4—0.9	510	94	8.9	18.4

3. 電力消費量について

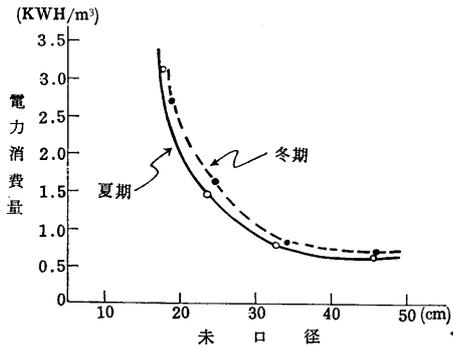
電力は、カッタ騒動用11.0KW、カッターヘッド付フレームの走行2.2KW、走行可変用0.2KW、カッターヘッドの上下動用3.7KW、原木回転用3.7KW、回転速度可変用0.2KW、各1台、総計21.0KWに対して消費されたものであるが、剥皮時間あたりに換算して求めるとつぎのとおりである。

夏期：12.90KWH/hr

冬期：15.42KWH/hr

これによると冬期の電力消費量は、夏期の約20%増しとなっている。夏期のかなり水分を含んだ材にくらべて、凍結材では樹皮と木部との結合が非常に強くなっているため、カッターの衝激加圧作用を強く働かせるためである。

つぎに、通直材を 1 m^3 剥皮するのに要する値を求め、第2図に示した(第2表通直材の径級グループの材積にもとづく)。これによると、夏・冬の差はごくわずかである。しかし、丸太の径と電力消費量の関係を見ると、材が太くなるにつれて電力消費量曲線は急激に低下し、末口径約30cmを境にして、その点を越えるとゆるやかな減少カーブを描いている。この材の太さによる差異は、剥皮時間あたりの剥皮能率に対応したかのように反比例の関係にある。太い材ほど剥皮能率は高く、電力消費の点でも有利である。



第2図 通直丸太1m³あたり電力消費量

まとめ

夏・冬各1回、富士F B104C型バーカーによる針葉樹エゾマツ・トドマツ丸太の剥皮作業の能率・剥皮状態・電力消費量などの調査をおこない、これらの事項について、夏期普通材と冬期凍結材の比較、丸太の径または形状による比較をおこなった。実際工場の日常作業観察であるため、作業条件や供試材などももろの条件をあらかじめ設定することができず、調査の精度、丸太の径級・形状別測定本数の不均一、調査の対象範囲など不満足な点もあったが、機械選択の実用的資料としては概略的な傾向はつかめたと思う。

比較結果の概略はつぎのとおりである。

(1) 凍結して樹皮の硬くなった材に対しても、夏期の水分の多い材と同程度の剥皮能率が得られた。また剥皮材面の状態も夏・冬の差が認められない。

電力消費については、剥皮時間あたりでみると凍結材の方が約20%ほど余計かかる。

(2) 丸太1本を剥皮するに要する時間は、末口径約

18~34cmの範囲内では、材の太さにかかわらず略一定であるが、末口径が40cmを越えると径に略比例して延長する。時間あたり剥皮材積は丸太の径に略比例し、細い材よりも太い材の方がだんぜん能率がよい。電力消費量の点でも剥皮能率と同様、太い材ほど有利である。

(3) 形状の不規則な材は、通直材にくらべて能率が若干低下する。曲りよりも節の影響を強くうける傾向が認められる。また通直材にくらべて、形状の不規則な材では樹皮が残りやすく、残皮率5%以上の材もかなり多く現われる。節や曲りが剥皮材面に及ぼす影響は、両者同じ程度である。

なお、この機械の主な利点をあげれば、(イ)凍結材に対しても能率が低下しないこと、(ロ)太い材の剥皮能率が非常に高いこと、(ハ)カッターによる材の噴き込みがなく材の歩止りが良いこと、(ニ)カッターが長持ちし、研磨および交換の手数が著しくはぶけること、などがあげられる。

また作業労働の面からみると、遠隔操作方式により、安全性、労働負担度、操作の容易さ、作業環境などの点できわめて有利であることがあげられる。

終りに、調査に際してご協力をいただいた富士製作所札幌営業所ならびに雄武町若狭事業所の関係各位に、また調査を進めるにあたり、種々ご指導をいただいた鈴木試験部長、北沢指導部長、小杉経営科長、山内動力科長、大川技師ほか関係の方々に厚く謝意を表します。

文献

- 1), 2), 3) 鎌田昭吉, 河島弘, 桜井努: 製材用原木の剥皮機械の能率(1), (2), (3) 北林産式月報または木材の研究と普及 1970年5, 7, 9月号

- 試験部 製材試験科 -
 **同上 経営科
 ***指導部 動力科
 (原稿受理 45.9.25)