

製材用原木の剥皮機械の能率（5）

- HEPKE KW - 20/80型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

ここ数年前から、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ができるといった、労働環境の面にも向けられ、あらたに遠隔操作化された大型の機械が普及しつつある。

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・同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であろう。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⁴⁾・HEPKE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、夏期と冬期に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5報として、HEPKE KW - 20/80型バーカーについての調査結果の概要を述べ、参考に供したい。

調査の概要

1. 機械

調査の対象となったHEPKE式バーカーは、遠隔操作によって自走式原木回転台上で丸太を廻し、ナイフを材面におしつけて、剥皮しながら送材するものである（写真1、2参照）。
主な諸元はつぎのとおりである。

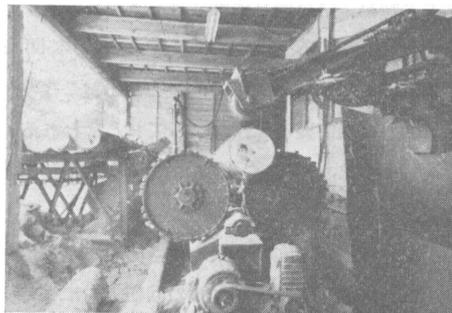


写真1 剥皮状況

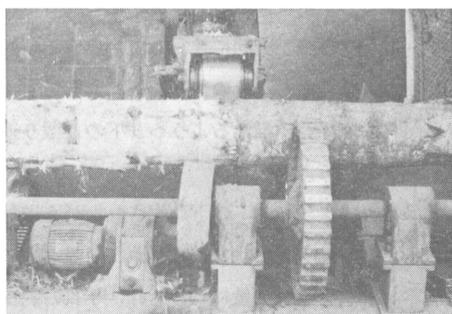


写真2 剥皮状況

型式：石田鉄工所製 HEPKE KW - 20/80
カッター：長方形ナイフ、刃数4枚、浮動式カッターヘッド1本、直径（刃先円）約225mm、回転数1,500回/min
原木回転台：原木回転台の走行速度・前進9.5, 18.8m/min, 2段切換, 後退18.8m/min一定, 原木回転用ローラー直径733mm, 回転数10.3回/min
使用動力：カッター駆動用15.0KW, カッターヘッドの上下動用0.75KW（エアーコンプレッサー）, 原木回転台走行用3.75KW, ローラー回転用3.75KW, 各1台
総計23.25KW

皮つき丸太を原木回転台にのせ、丸太を廻しながら剥皮し、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、遠隔操作方式でおこなわれる。

丸太は自走式原木回転台によって回転カッターヘッドの下を廻されながら送られる。

カッターヘッドは手動弁(エアシリンダー連結)により上下動および首振り運動(カッターヘッドが、材の長さ方向に対して小傾斜可能)する。原木回転台は、丸太の回転、送材および、おろしをおこなうが、これらは遠隔操作盤の操作によっておこなわれる。原木の回転速度は、周速約23.7m/min一定(計算値)、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、材面に対する衝撃加圧方向は、丸太の回転方向によって異なり、原木が正回転する場合にはアップカット(材の回転方向に逆行して剥皮する型)、逆回転の場合にはダウンカット(材の回転方向に並行して剥皮する型)となる。また、節や曲り、その他凹凸部に対しても、カッターが材面に平行に当たるようヘッドの首振り運動がある程度可能である。

丸太は、カッターヘッドの下を廻されながら送材されるので、材面はラセン状に剥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。

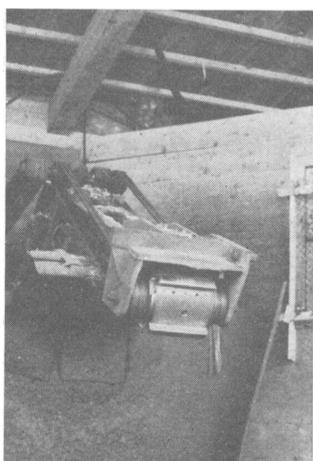


写真3 カッターヘッド

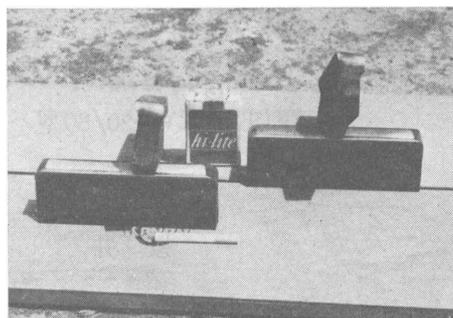


写真4 カッター1組(4枚)

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3月、1971年2月)と夏期(1969年6月)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1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8時00分)から作業終了(午後5時00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・残皮率等を求めた。

電力消費量は、各測定日ごとに消費実績を調べ、剥

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 含水率(%) (m³) $\bar{x} \pm \alpha(n)$		最高	平均	最低
夏期	エゾマツ	327	114.30	1969.6.23~27 (5)	24	19.4	15
	トドマツ	192	63.90				
	計	519	178.20				
冬期	エゾマツ	125	57.47	1969.3.11~12 1971.2.9 (3)	-3	-6.0	-12
	トドマツ	183	49.18				
	計	308	106.65				

*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

皮時間当りに換算した。

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・15・17時の5回測定し、測定期間中の最高・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)、電力消費量などの点で差が認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。

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14cm～最大74cm、冬期は12cm～66cm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、節の真径または高さが、5cm以上のものにかぎってその個数をかぞえ、径および高さが、5cm未満の節は、節とみなさないことにした。

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、5cm未満のものは曲りのないものとみなした。

以下、丸太の形状については、つぎの3種類に区分した。

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く、除いて集計することにした。

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 剥皮時間 当り剥皮 時間 (sec)	丸太 材積 (m ³ /hr)	木直し 丸太本数	1本当り 木直し時間 (sec)	木直し時 を加味 した能率 (m ³ /hr)
	節一 曲り	丸太1本 当り節数 一 曲り (個) (cm)								
夏	無一 無	—	(16)～18	17.6	22	87.4	4.68			4.68
		—	20～28	24.1	225	85.9	8.98			8.98
		—	30～38	33.1	111	105.0	13.76			13.76
		—	40～(74)	47.5	33	181.5	17.05			17.05
	有一 無	27.0—	(14)～18	17.2	5	94.2	4.16			4.16
		16.7—	20～28	25.0	38	119.0	6.95			6.95
		12.2—	30～28	34.0	29	128.2	11.94			11.94
		12.0—	40～(68)	46.9	16	171.4	17.26			17.26
	無一 有	—	～18							
		—11.4	20～28	25.3	18	97.9	8.72			8.72
—12.5		30～38	34.6	14	130.1	12.13			12.13	
—10.7		40～(66)	56.0	8	344.8	12.29	1	60.0	12.03	
冬	無一 無	—	(12)～18	15.5	29	84.9	3.91			3.91
		—	20～28	23.7	101	114.7	6.53			6.53
		—	30～38	33.8	49	195.1	8.11	1	25.0	8.01
		—	40～(66)	46.6	21	275.2	10.67	2	67.5	10.48
	有一 無	17.5—	(16)～18	17.0	8	108.4	3.51			3.51
		19.8—	20～28	24.7	49	150.5	5.56			5.56
		15.9—	30～38	34.7	25	216.0	7.40			7.40
		13.7—	40～(62)	50.0	15	341.3	9.97			9.97
	無一 有	—	～18							
		—10.0	20～28	24.0	1	121.5	6.22			6.22
—10.0		30～38	38.0	3	249.0	7.62			7.62	
	—11.7	40～(52)	42.8	5	219.1	11.11			11.11	

注) ()内は最大または最小値を示す

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前進する
- おろし：剥皮終了後原木回転台が小移動して、丸太を所定の位置におろす
- 剥皮：原木回転台が前進しながら剥皮する
- 回転台：剥皮丸太のおろし位定から、つみ位置まで移動の原木回転台（空らの状態）の後退移動
- 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口ス作業

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（剥皮時間当り丸太材積8.98m³/hr）を100とした場合の能率比を第1図に示した。なお、剥皮速度と関連のある材面の剥皮状態については、後掲（第4表）する。

第2表および第1図により、丸太1本を剥皮するの

に要する時間についてみると、太い材ほど長くかかるが、径級増の割りには、時間の上昇率が低い。

計算上、原木回転ローラーの周速は7.55m/min一定であるから、回転ローラーと原木の回転が完全に同調した場合には、原木の回転速度も一定、7.55m/minとなり、カッターの圧着剥皮作用による原木の回転ロスなどもなく、材がスムーズに剥皮されるという理想的状態を想定するならば、剥皮時間は、ラセン状に剥皮される長さに比例して、つまり原木の太さに比例することになる。

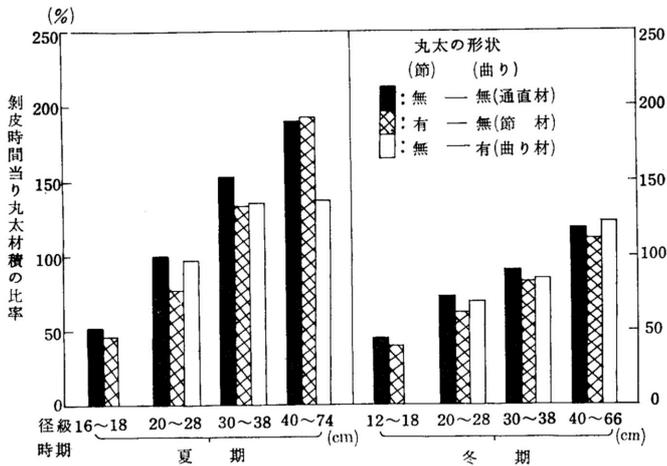
しかし、観察結果によれば、材の細いもの程ローラーと材とのスリップ現象が生じ易く、実際の原木回転速度は、材が細くなるにつれて低下するため、細い材であっても剥皮時間はさほど短縮しない。

したがって、剥皮時間あたり材積でみると、太い材ほど非常に能率がよいという結果が出ている。

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

カッターヘッドは、節や曲りなどがある場合には、材面の凹凸に並行してカッティングするよう、首振り運動（カッターが材の長手方向に対して傾斜する）の機能を備えているため、通直材にくらべて曲りや節による能率低下の度合はきわめてわずかである。しかし、極端に大きな節や急激な曲りでは、カッターの強い衝撃を部分的に受けることはさげられず、また原木のスムーズな回転がさまたげられ、正常な剥皮の進行がみだされる。なかには剥皮がきわめて困難な箇所があってその部分は残しておき、後で別の方法で（手動工具によって）剥皮しなければならない場合もあった。

つぎに調査時期別に比べてみると、冬期の能率低下が認められる。冬期の測定丸太はすべて水分を多く含んだ凍結材であるが、この凍結による剥皮速度の低下について、1本あたり剥皮時間の比でみると、冬期凍結材は夏期普通材の約1.4~1.8倍



第1図 剥皮能率の比較

注) 夏期20~28cm 通直材 8.98m³/hrを100とする

となっている。

なお、後述のごとく、材面の剥皮状態(残皮率の程度)についても季節的な差異が認められた。

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前後の搬送工程の違いによって大きく変わってくる。

そこで、この種の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・おろし時間および原木回転台の移動時間(移動間隔5.65m)については、それぞれ14.5秒、8.5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、季節的な差異が認められるので、夏・冬別に、また通直材のみを対象に、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。

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。

季節による能率比は、同一の径級の対比で、夏期普通材1.00:冬期凍結材約0.85(小径材)~0.65(大径材)程度である。

なお、本調査では、夏刃・冬刃ともにステライト肉盛りしたものを使用しているが、刃型とくに刃先角度によって剥皮能力が大きく左右されることを確認した。これは、この機械がカッターの回転叩打によって木部と樹皮を剥離するタイプというよりは、むしろカッターの削る作用で樹皮を除去するタイプのものであることによるものである。凍結材については、ステライト肉盛りしないで、刃先を鋭利にした方が、一段と剥皮力が増すようであるが、カッターの打力で材を傷つける恐れのあること、カッターの摩耗が早く、ひんぱんに取り替え研磨しなければならないというマイナスの面もあり、いずれが有利であるか一概にいえない。

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若干高いと考えられる。大きな節や急激な曲りがある場合には、カッターがその周辺をたたかずに通過してしまう場合がある。観察結果によれば、木口断面の形状が扁平な材では、カッターヘッドの上下振巾が大きくなり、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・冬別に比較すると差が認められ

第3表 標準作業の能率(通直材)

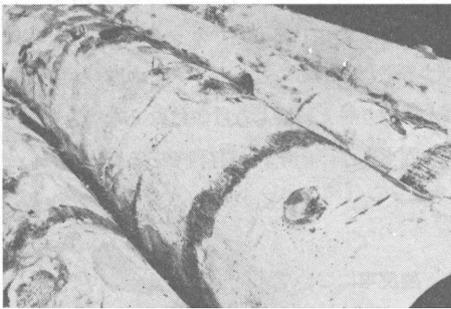
調査 時期	末口径 平均 cm	丸太1本あたり主作業時間(sec)				作業能率	
		1) 積み・おろし	2) 移動	剥皮	合計	本/hr	m ³ /hr
夏 期	18	23.0	18.0	87.4	128.4	28.0	3.31
	26	〃	〃	87.5	128.5	28.0	6.92
	34	〃	〃	106.0	147.0	24.5	10.33
	42	〃	〃	144.0	185.0	19.5	12.53
	50	〃	〃	190.0	231.0	15.6	14.23
冬 期	18	23.0	18.0	92.2	133.2	27.0	3.19
	26	〃	〃	115.1	156.1	23.1	5.70
	34	〃	〃	182.4	223.4	16.1	6.80
	42	〃	〃	220.8	261.8	13.8	8.86
	50	〃	〃	297.6	338.6	10.6	9.71

- 1) 積み時間 : 14.5秒 剥皮開始までのカッター小移動も含む
 2) おろし時間 : 8.5秒 剥皮終了直後のカッター小移動も含む
 3) 移動 : 剥皮材のおろし位置から積み位置までの原木回転台の後退移動時間(間隔 5.65m)

注) 材長 3.65m

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		残皮丸太		残皮丸太 本数比率 (B/A)	
	節一曲り	丸太1本当り 節数一曲り (個)(cm)	本数 (A)	本数 (B)		1本当り 残皮率 (%)
夏期	無一無	—	391	23	8.0	5.9
	有一無	15.0—	88	16	8.7	18.2
	無一有	—11.6	40	1	7.5	2.5
	計	2.5—0.9	519	40	8.3	7.7
冬期	無一無	—	202	38	8.6	18.8
	有一無	17.5—	97	31	10.1	32.0
	無一有	—10.7	9	3	10.0	33.3
	計	6.2—0.5	308	72	9.3	23.4
合計	無一無	—	593	61	8.3	10.3
	有一無	16.2—	185	47	9.6	25.4
	無一有	—11.5	49	4	9.4	8.2
	計	3.6—0.7	827	112	8.9	13.5

写真5 凍結材の剥皮丸太
(黒い環状帯は回転リングの跡)

る。第4表の小計・合計の数値は単純集計したものである。夏・冬期に対比するならば、残皮丸太の平均残皮率は大差ないが、残皮丸太の出る率は夏期普通材1：冬期凍結材3程度である。

3 電力消費量について

電力は、カッター駆動用15.0KW、カッターヘッドの上下動用0.75KW(エアコンプレッサー)、原木回転台走行用3.75KW、ローラ回転用3.75KW、各1台、総計23.25KW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。

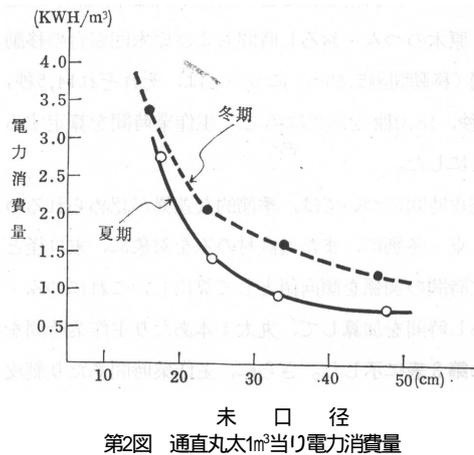
夏期：12.83KWH/hr

冬期：13.21KWH/hr

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強いのであるが、単位時間当り消費量でみる限りにおいてその影響はきわめて弱い。この機械は、カッターの衝撃的加圧によって樹皮層を木部から引きはがす働きは少なく、主として樹皮層を切り削っていくというタイプのもので、この切り削り作用は凍結の影響をさほど受けないためであると考えられる。

つぎに、通直材を1m³剥皮するに要する電力量を求め、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)。

第2図 通直丸太1m³当り電力消費量

これによると、冬期の電力消費量は、おおよそ夏期の30~40%増しとなっている。この季節差異は、前述したごとく、1本当り剥皮時間の長短によって、つまり剥皮能率の相違によるものである。丸太1m³を剥皮するのに要する時間にほぼ比例しているわけである。

つぎに、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は、剥皮能率に対応して、反比例の関係にある。太い材ほど剥皮能率が高く、電力消費量は少なくてすむ。

まとめ

夏期と冬期にわたって、HEPKEパーカーによる道産針葉樹エゾマツ・トドマツ丸太の剥皮作業の能率、剥皮材面の状態、電力消費量などについて現地調査をおこない、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ろもろの条件をあらかじめ統一することができず、調査の精度、丸太の径級および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ものと思う。

調査結果の概略をまとめると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は、夏期の水分の多い材にくらべて若干剥皮能率が低下する。材面の剥皮状態は良好ではあるが、凍結材では皮の残るものが多く出やすい。

剥皮時間あたり電力消費量については、夏・冬の差はないが、凍結材の方が剥皮によけい時間がかかるので、丸太材積あたりでは約30～40%増しとなる。

- (2) 丸太1本を剥皮するに要する時間は、末口径約16～30cmの範囲内ではあまり差がないが、大径になると、太さにほぼ比例して延長する。時間あたり剥皮材積は丸太の径に大きく左右され、太い材の方が一段と能率がよい。

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、形状の不規則な材では樹皮が残りやすく、とくに節材では残皮率5%以上のものも多く現われる。

なお、この機械の主な利点をあげれば、(イ)曲りに対してさほど影響されないこと、(ロ)比較的細い材から太い材まで剥皮が可能で、とくに太い材の剥

皮能率が非常に高いこと、(ハ)カッターが長持ちし、研磨および交換の手間がはぶけること、(ニ)刃型や刃先角を変えることによって、剥皮能力を高めたり、あるいは材の喰い込みを少なくしたり、原木条件、剥皮時期、要求する剥皮材面の程度などに合わせて、加減調整が比較的容易であること、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。

調査に際してご協力をいただいた村上木材株式会社、福多木材工業株式会社および北林製材株式会社の関係各位に、また調査を進めるにあたって、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は厚く謝意を表します。

文 献

- 1), 2), 3), 4) 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), (4) 北林産試月報または木材の研究と普及1970年5, 7, 9, 11月号

- *試験部 製材試験科 -

**試験部 経営科

***指導部 動力科

(原稿受理 46.2.15)