

豎鋸製材に関する研究(2)

- 豎鋸盤の挽材能率 -

吉田直隆*
小西千代治***

奈良直哉**

わが国における国産針葉樹原木の供給事情は、径級30cm前後の丸太が市場の大半を占めるにいたっているが、このような原木から帯鋸製材方式により、価値の高い役物を採材することは、その出現率の低下からみて、帯鋸製材の機能的意義を少なからず失わしめているといえる。

そこで、このような事情を前提として考えるならば、製材方式そのものを再検討すべき時期にあると考えられ、そのため欧米において製材機械の主機として使用されている豎鋸盤の導入を一応考えてみる必要がある。その際問題になるのは、欧米と異なるわが国の製材材種、使用鋸厚に関しての挽材能率である。わが国においては板類も比較的薄い板の需要が多いので、歩止りを低下させない観点から判断すれば、薄鋸(1.25~1.05mm厚)の使用を考えざるを得ない。そのため本試験においては上記の薄鋸を使用して、針葉樹を挽材する際の豎鋸盤の挽材能率を検討し、豎鋸盤による針葉樹挽材の実用性に関する知見を得たので報告する。

1. 使用機械、性能および使用鋸の形状

- 1.1 使用機械：西独エステラー社製 SS56vh型豎鋸盤
- 1.2 性能：フレーム巾：56cm 開口高：8~56cm，ストローク長：50cm，回転数：340r.p.m，平均鋸速度：5.6m/sec，最大送材速度：10m/min，オーバーハング/ストローク：4.5~17.0mm
- 1.3 使用鋸の形状：鋸厚1.25mmおよび1.05mm
鋸巾：135mm，齒喉角23°，齒端

角：43°，齒背角：24°，齒高：9mm，ピッチ：22mm，アサリの型：撥型，アサリの出：0.5±0.05mm，使用鋸長：1325mm（有効鋸長：1010mm）

2. 試験方法

試験は基礎試験と実用試験にわけ、エゾマツの平角を供試材として挽材能率を検討した。挽材能率の指標として、ここでは挽き曲りを生じない最大送材速度を求めることにした。供試材は平角の巾方向が板目になるように、樹心より3~6cmはなれたところから採材したものを扱い、鋸の鋸断方向は木表から木裏に切削するように統一した。

基礎試験では、供試材のバラツキをさけるため、材長を1mとして、これを特製の治具にとりつけて挽材し、挽き曲りを生じない最大送材速度におよぼす鋸厚、豎張量、挽巾、鋸掛数、含水率および節の影響について検討した。

また実用試験では村長3.65mのエゾマツ平角より、厚さ2.7cmの板6枚を1回の挽材で得るように鋸を調整して、生産上の適正送材速度を検討した。それぞれの試験条件を第1表に示した。

豎鋸の緊張量に関しては機械条件によってもかなり異なるといわれており、欧米の値を参考にして、本試験では緊張量を15kg/mm²と20kg/mm²の2条件に設定した。緊張量を与えるための鋸の締付け法は、くさびとエキセントリックカムで予備緊張力を与えた後、ヤンゼンの油圧緊張装置により、予めストレインゲージの歪で測定しておいた所定の緊張量に達するまで鋸を緊張させ、緊張量を規制した。

第1表 基礎および実用試験条件

鋸 条 件			供 試 材 条 件			試 験 項 目
鋸掛数 (枚)	鋸厚 (mm)	緊張量 (kg/mm ²)	挽巾 (cm)	含水率 (%)	節の有無	
2*	1.25, 1.05	15, 20	10, 15, 20	35.0~48.0	無 節	鋸厚, 緊張量, 挽巾
2*	1.25	20	10	50.0~68.0 36.0~44.3 20.1~27.8	無 節	
2*	1.25	20	15	35.0~48.0	有 節	節 の 影 響
4*	1.25	20	15	35.0~48.0	無 節	
7**	1.25	20	15	35.0~48.0	有 節	適正送材速度

歯喉角: 23°, 歯端角: 43°
ピッチ: 22mm, 鋸巾: 135mm
撥型アサリ, アサリの出: 0.5±0.05mm

* : 基礎試験条件
** : 実用試験条件

1002(1回抜取り検査)にもとづき生産上の適正送材速度を判定した。挽肌については肉眼観察による毛羽立ちの程度を計数化して、送材速度別の出現比率を求めるとともに、定量的に求めるための一手法として、毛羽立ち評価面を鉋削し、平滑

基礎試験における挽き曲りを生じない最大送材速度の判定は、厚さむらの測定と挽き曲りの検討によった。厚さむらの測定は材の厚さ1.5cm,長さ1mの板について、一定位置6点を測定し、JASに準じて、最大差が1mmに達したときの送材速度を求めた。挽き曲りについては挽材した板の長手方向および残された挽材面の長手方向に水系をはり、最大矢高が2mm (JASの挽角類で1等以上の曲りの許容値が長さの0.2%以内であることに準拠)に達したときの送付速度を求めた。厚さむらと挽き曲りより判定した最大送材速度は必ずしも一致しないため、2者のうちの大なる送材速度で最大送材速度を判定した。

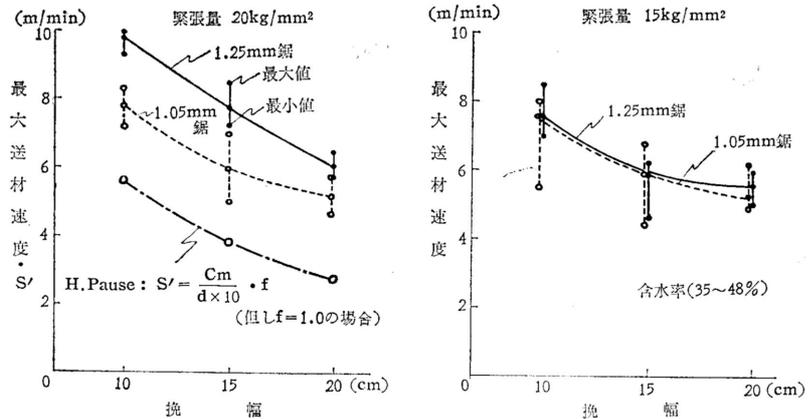
実用試験における生産上の適正送材速度の判定は、厚さむらの測定と挽肌の検討によった。厚さむらの測定は挽材された板の長手方向の一定位置3点を、予め設定した6条件の送材速度別に厚さを測定し、JASに準じて最大差が1mm以内にある板数を送材速度別に求め、10本の平角より挽材した全板数60枚に対する比率を求めて、これを合格枚数比率として示し、その信頼度をJISZ

面を得るまでの鉋削量を求めて、挽材面の毛羽立ちを検討した。毛羽立ちの評価は4区分(毛羽立ち無し,軽度の毛羽立ち,中位の毛羽立ち,著るしい毛羽立ち)とし、評価面は(15cm×20cm)を1截面として、截面の一部でも毛羽立ちの程度が大であれば、それをその截面の評価値とした。

3. 試験結果および考察

3.1 基礎試験

3.1.1 挽巾, 鋸厚, 緊張量と最大送材速度の関係
挽巾, 鋸厚, 緊張量をくみあわせて、挽き曲りを生じない最大送材速度を求め、第1図に示した。これを三元配置により分散分析をおこない、有意差の検定と影響の度合(寄与率)を求めた結果を第2表に、その主



第1図 緊張量一定, 挽巾別, 鋸厚別の最大送材速度

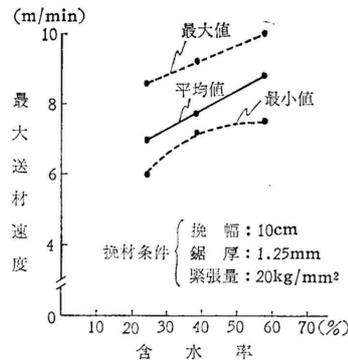
第2表 三元配置分散分析表

要因	変動 S	自由度 φ	分散 V	分散比 F ₀	F値		寄与率 ρ (%)
					0.05	0.01	
A	2.01	1	2.01	28.72	*	18.51 98.49	9.4
B	14.24	2	7.12	101.72	**	19.00 99.01	66.6
C	2.01	1	2.01	28.72	*	18.51 98.49	9.4
A×B	0.78	2	0.39	5.57		19.00 99.01	3.6
B×C	0.35	2	0.18	2.57		19.00 99.01	1.6
A×C	1.84	1	1.84	26.29	*	18.51 98.49	8.6
E	0.14	2	0.07				0.8
T	21.37	11					100.0

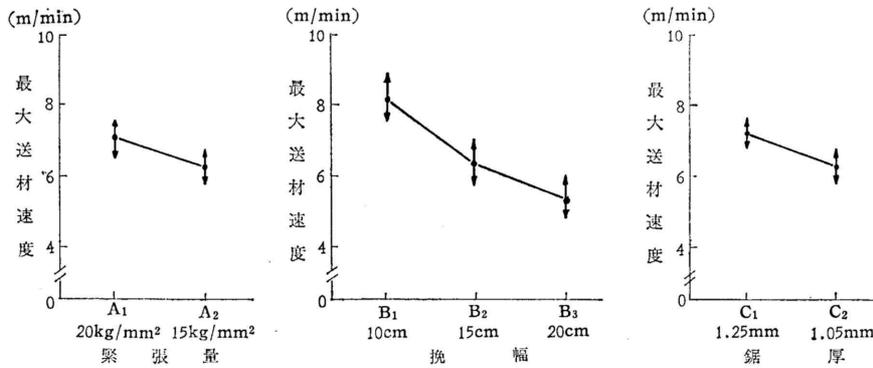
A: 緊張量
B: 挽幅
C: 鋸厚
*: 5%の危険率で有意な因子
** : 1%の危険率で有意な因子

られた。

3.1.2 含水率と最大送材速度との関係
含水率が異なる場合の最大送材速度との関係



第3図 含水率と最大送材速度



第2図 三元配置分散分析による主効果

を求めた結果を第3図に示した。最大送材速度と含水率の間にはほぼ直線的な関係があり、低含水率材より高含水率材を挽材した場合が高い値を示した。

効果のグラフを第2図に示した。すべての主効果が有意であり、とくに挽巾の寄与率は66.6%で高い値を示し、その影響の度合は3因子中、最も大きい。また緊張量と鋸厚の間には交互作用があった。第1図より緊張量20kg/mm²、厚さ1.25mmの鋸による送材速度は最も高い値を示し、挽巾10cmでは本機的设计最大送材速度(10m/min)にほぼ一致する。更に第1図の破線は、パウゼ氏が経験式として示している適正送材速

$$\text{度}(S') \quad S' = \frac{C_m}{d \times 10} \cdot f \quad (C_m \text{は平均鋸速度, } d \text{は}$$

メートル単位の挽巾, fは係数)をf=1としてプロットしたものであるが、測定曲線に近似し、fの値を定めることにより本式の適用が可能であることが認め

3.1.3 節と最大送材速度との関係

節の影響については、供試材の節の大きさ、および挽材面への分布を揃えるのは困難であるため、節の径1cm以下を省いて、挽材後実際にあらわれてきた節の合計面積の板材面(巾15cm、長さ100cm)に対する面積比と最大送材速度の関係について調べた。相関係数の有意差検定ではr=0.30で有意(n-2=48, 0.05)となったが、相関度は必ずしも高いとはいえない。無節材と比較すると、同一挽材条件のもとでは有節材の最大送材速度は約25%程度低い値を示した。

3.1.4 鋸掛数の影響

鋸を2枚から4枚にした際の最大送材速度は、2枚

の場合の約20%低い値を示した。これは縦鋸身全体にかかる緊張量を規制したため、歯底および歯背における緊張量のむらを生じたことが原因と考えられる。これらは実作業上ある程度は避けられないものではあるが、縦鋸特有の多数鋸を同時に使用する際の問題点を示しているといえよう。

3.2 実用試験

3.2.1 節の大きさと厚さむら

製材の二次加工には削削処理が必要になり、その削り残しが節部とどの程度関連するかをみるため、個々の有節部の厚さと、それに隣接する無節部の厚さを測定して、厚さむらを検討した。その結果は節の大きさが同じでも、送材速度が速くなると厚さむら(0~1.2mm)が増大し、そのバラツキも大きくなった。これは節部においては鋸に大きな負荷が生じ、無節部では軽減されるため、鋸振れや鋸の曲りが送材速度が速くなるにつれ、大きく生じたためと考えられる。

3.2.2 挽肌の定性的検討

送材速度別に挽肌を肉眼で観察し、各裁面にあらわれた毛羽立ちの程度を数値化して、その出現比率を第3表に示した。送材速度が速くなるにしたがい毛羽立ちの程度も著しく、その出現比率もかたよる。これは送材速度が速くなるにつれ、一歯あたりの切込み量が大きくなり、繊維の切断が十分に行なわれないため毛羽立ちが顕著になると考えられる。

3.2.3 挽肌の定量的検討

定性的に検討した挽材面を超仕上げ鉋盤で平滑面を得るまで鉋削をくり返して、送材速度別に鉋削量を求め、それを第4表に示した。送材速度が速くなると削る量も多くなる傾向を示している。この結果、定性的に毛羽立ちを判定したのも、実作業上では十分品質管理の一指標となりうるものといえよう。挽肌のアラサについては、普通帯鋸盤で挽材されたものは0.15~0.65mmといわれているところから、帯鋸盤により製材されたものと比較すると若干大きい値を示した。しかし、後述する適正送材速度との関連では0.64~0.77mmの鉋削量を示し、帯鋸盤での値と大差はないと考えられる。

3.2.4 生産上の適正送材速度の検討

縦鋸盤の送材速度

縦鋸盤導入の可否を論ずる際には、製品品質はもと

第3表 挽肌(毛羽立ち)の出現比率 (%)

設定速度 (m/min)	実送材速度(m/min)	毛羽立ち				計
		なし	軽微	中位	著しい	
2.0	1.86~1.87	55	30	15	0	100
3.5	3.33~3.61	3	44	45	8	100
4.0	3.88~4.14	0	36	47	17	100
4.5	4.48~4.62	0	3	75	22	100
5.0	5.21~5.40	0	7	59	34	100
5.5	5.65~5.66	0	0	30	70	100

第4表 送材速度別の初期毛羽立ちと鉋削量 (片面)(mm)

設定速度 (m/min)	実送材速度(m/min)	鉋削量と初期毛羽立ち			
		なし	軽微	中位	著しい
2.0	1.86~1.87	0.56	0.46	0.58	—
3.5	3.33~3.61	0.43	0.57	0.67	0.72
4.0	3.88~4.14	—	0.62	0.63	0.69
4.5	4.48~4.62	—	0.40	0.59	0.72
5.0	5.21~5.40	—	0.77	0.64	0.65
5.5	5.65~5.66	—	—	0.50	0.82

より帯鋸盤の能率と比較することが必要である。このためには縦鋸盤の適正送材速度を検討しなければならない。帯鋸盤では正味挽材時間と材扱がい、手待ち時間がプラスされて作業時間となるが、縦鋸盤では一回で原木の挽材を終るので、手待ち時間は殆んど必要としない。今仮りに、15cmの挽巾の材を帯鋸盤で挽材するのに、34.4m/min(一般に行なわれている平均送材速度)で挽材するとすれば、材長4mならば1回の挽材に7秒かかり、これに手待ちの5秒を加えると12秒になる。これを10回くり返すと10箇の製品ができ、その所要時間は120秒=2分となる。同量の製材品を縦鋸盤で一回に製材するには、鋸11枚をかければよく、帯鋸盤の能率と同一の能率をあげるに要する縦

鋸盤の送材速度は、材長4mを挽材所要時間で除した値(4m/2min)で求められ、この場合、堅鋸盤の送材速度は2m/minで帯鋸盤と均衡を保つことになる。この2m/minを基準として、予め送材速度を6条件に設定して挽材し、JASにより定められた厚さむらの許容限界値内の板数を測定して、送材速度別に全挽板数に対する比率を算定し、これを合格枚数比率として第5表に示した。実送材速度が4.48~4.62m/minまでは98%の合格率を示したが、5.21~5.40m/minでは85%の合格率となった。生産管理上、合格率は100%であることが望ましいが、製材品の場合の厚さむらは測定する製品の箇所(両面のアラサを形成する凹凸の相対位置)によっても、若干測定値に変動があり、一応ここでは85%を管理限界と考えることに

が認められた。製材品の場合、改造後も使用できることを考えるならば、若干の製品に改造手間がかかるとしても、堅鋸盤により製材された主製品が、1回抜き取り検査で85%の合格率になる時の送材速度を上記の検討結果より、適正送材速度と判定してもよいと考えられる。この結果生産上の送材速度としては、材料のバラツキも考慮に入れて挽巾15cmの場合には、5.21~5.40m/minまで可能と考えられる。

おわりに

今回の試験を通じて、針葉樹挽材の際の堅鋸盤の能率は、帯鋸盤に比較して2倍強の値を示し、その実用的な労働生産性も高いことが認められた。今後の問題としては、この堅鋸盤を用いて、日本的な製材にマッチした工場のレイアウトをいかにして確立するかである。

すなわち、製品の流れとして、帯鋸盤、堅鋸盤の併用または堅鋸盤とエッジャーの組合せなどを、どのようにレイアウトすれば最も効率の高いものになしうるかという点であり、これらの考え方を総合的な経済判断のもとに早急に確立する必要がある。

本試験の実施および取纏めに際しては、黒田一郎場長、枝松信之元副場長の懇切な御指導をいただいた。ここに厚く深謝の意を表します。

第5表 生産上の適正送材速度の判定表

設定速度 (m/min)	実送材速度 (m/min)	JASによる 全板数の合格率 (%)	JISによる判定
2.0	1.86~1.87	100	○
3.5	3.33~3.61	100	○
4.0	3.88~4.14	98	○
4.5	4.48~4.62	98	○
5.0	5.21~5.40	85	△
5.5	5.65~5.66	75	×

○印：適正送材速度

△印：生産上の適正送材速度の上限

×印：消費者危険が過大になり不適当

した。この85%の合格率を実際にはどの程度の確率で信頼したらよいか、JIS Z 1002により判定した。今85%の合格率を考えた場合、 $\alpha=0.05, \beta=0.10$ の場合で $P_{0.95}$ の確率で生産者危険を求め、 $P_{0.10}$ で消費者危険を考えると、通常特性曲線での消費者危険(消費者が製品をかった場合に、そのロット中に含まれる不良品の全体の個数に対する比率)は10~15%以下となり、抜き取り検査での管理限界として、85%の合格率は充分信頼のおける値と判断される。またこの結果、抜き取り検査で合格率85%の製品を製造すれば、実際に出てくる製品の不合格率は悪くても15%以下、条件がよい場合には10%以下で押えることが可能であること

文献

- 1) F. Fessel: Technische Einrichtungen neuzeitlicher Gattersägen-werke, Holz, als. Roh. 4 (1962)
- 2) J. Starcevic: Was leistet mein Vollgatter für Leistungs-planung, Kostenplanung, Terminplanung. Internationaler Holzmarkt 16/17(1967)
- 3) H. Mügge: Die Zerspanungs vorgänge beim Sägenschnitt am Vollgatter. Holz-wirtschaftliches Jahrbuch Nr.10, S.72
- 4) 枝松信之, 森 稔: 製材と木工, 森北出版株式会社

*木材部 乾燥科

**試験部 製材試験科

***農林省林業試験場

(元試験部 製材試験科)

(原稿受理 44.9.16)