

針葉樹材のロータリー単板切削 第3報

スギ, アカマツの単板切削性

高野 勉⁽¹⁾, 木下 毅幸⁽²⁾TAKANO, Tsutomu and KINOSHITA, Nobuyuki : Rotary Veneer Peeling
of Softwoods (Ⅲ)
Sugi and Akamatsu wood

要 旨: スピンドル径の小さい中小径木用の原木外周駆動方式のベニヤレースを主に用いて単板切削試験を行い, スギ及びアカマツの単板切削特性, 並びに最適切削条件を求める目的で実験を行った。主な実験項目は単板歩留まり測定, 目視による単板品質の評価, 及び刃物条件による単板品質変化の観察であった。スギ, アカマツの単板歩留まりはそれぞれ72%, 64%で, アカマツでは原木の曲がりなどの形状による歩留まり低下がみられた。単板品質に関しては, スギに比較してアカマツ単板の表面は平滑で, 実用上支障のない程度であった。スギでは辺材部の単板が心材部に比べて面が平滑であり, 含水率の高い部分からより平滑な単板が得られるといえる。また, スギの裏割れは, 辺材部でその間隔が小さくなる傾向があった。針葉樹材は硬い節を含むため, 単板切削を行う際に刃物の欠けが起きやすいが, スギでは刃物のすくい面側にベベルをつけた条件で, 逃げ面側につけた場合に比較して欠けが生じにくく, 切削可能な単板切削長も大きかった。本研究で用いたベニヤレースには, 原木外周駆動兼ベンディング防止ロール及びローラーディスクが備えられているが, スギについて両者のいずれかを作用させないで単板切削を行ったところ, 切削中の原木の割れやチェックの空回りなどのトラブルが22本中19本にみられ, これらの装置が円滑な切削を行う上で有効であることが明らかとなった。

はじめに

日本では戦後の拡大造林により国産針葉樹の蓄積が増大し, 今後の供給可能量の大幅な増加が見込まれている。そのなかでも, 製材用として品質的に劣るスギの中小径材の供給量の増加が予想されており, その効率的な利用が問題となっている。我が国の針葉樹材の用途はこれまで製材用がほとんどであり, それ以外の用途を開発することにより, これらの需要拡大を一層図る必要がある。

これまでに国産針葉樹材を用いた単板切削試験は, 北海道立林産試験場における道産材を対象とした一連の研究(例えば森泉, 1990)を除けばあまり行われてきておらず, スギについて公表された研究成果も少ない(中村, 1984; 天野, 1984 a; 天野, 1984 b)。筆者らは, ベニヤレースによる針葉樹材の単板切削性を明らかにするために一連の実験を行ってきており, これまでにニュージーランド産ラジアータマツ(木下, 1989), フィジー産カリビアマツ, インドネシア産メルクシマツ及びカシヤマツについて報告してきた(高野, 1989)。今回は国産針葉樹, そのなかでもとりわけ用途拡大が求められているスギ中小径木を対象とし, 中小径木用に開発されたスピンドル径の小さい原木外周駆動方式のベニ

ヤレースを用いて、単板切削試験を行った。本研究では、スギに加えて比較対象のためアカマツを供試木として用い、単板歩留まりや単板品質を調べ、単板切削工程における問題点を明らかにして、その解決方法を求めることを目的とした。

1. 実験方法

1.1 ベニヤレース

実験に使用したベニヤレースはウロコ製作所製で、中小径木用に開発されたスピンドル径の小さい外周駆動方式のものと、既報（木下，1984；木下，1989；高野，1989）で使用してきた従来型の2台である。

外周駆動方式のベニヤレースの主な仕様は次のとおりである。切削できる原木の最大長さ1 m，切削できる原木の最大径400mm，単板厚さ範囲0.6～4.0mm，最大切削速度35 m/min，油圧ダブルスピンドル方式で大スピンドル径100mm，小スピンドル径50mm，原木外周駆動兼ベンディング防止ロール（以下外周駆動ロール）及びローラーディスク付き。Photo. 1に、外周駆動ロール及びローラーディスクを示す。外周駆動ロールの回転速度及び原木に対する押しつけ圧は、原木の周速と径に応じて微調整が可能である。主要な電動機の出力は、主電動機22 kW，油圧ポンプ用30 kWである。原木木口面のチャッキング位置決めはチャージャーによって行い、切削した単板は、ロータリークリッパーによって所定の長さに切断する。

原木の径が35cmを超えるもの及び単板歩出し厚さが5 mmの場合については、従来型のベニヤレースを用いた。



Photo. 1. 原木外周駆動方式のベニヤレース
A veneer lathe with back-up rolls and roller disks.

a : スピンドル， b : 外周駆動ロール， c : ローラーディスク， d : ナイフ。小スピンドル径は5 cm。
A close-up of spindles (a), powered back-up rolls (b), roller disks (c), and knife (d), of veneer lathe.
Diameter of the small spindle was 5 cm.

1. 2 供試原木

使用した樹種はスギ (*Cryptomeria japonica*) 及びアカマツ (*Pinus densiflora*) で、スギは茨城県内3産地、アカマツは福島県産である。

スギについては、長さ約4mの丸太を直径及び年輪幅を測定した後、末口径22cm以下を小径木、24~28cmを中径木、それ以上を大径木の3グループに分けた。年輪幅の測定結果の一部をTable 1に示す。丸太は、剥皮した後に長さ95cmに玉切りした。玉切り後の原木径を径級別にTable 2に示す。

アカマツの丸太は長さが2mあるいは4mで、直径と年輪幅を測定した後に長さ95cmに玉切りした。年輪幅の平均値は2.5mmであった。剥皮は、ベニヤレースによって荒剥きと同時にを行った。また、アカマツではスギに比べて丸太の形状が悪く、これが単板歩留まりに影響すると思われるので、細りと曲がりを測定した (Table 3)。これらは、荒剥き時に連続した単板が切削されるまでのベニヤレースかんな

Table 1. 供試原木の年輪幅 (スギ)
Annual ring width of tested Sugi logs.

原木産地 Growth area of logs	原木径級* Class of log diameter**		心材 Heartwood				辺材 Sapwood			
			測定原木数 Number of logs	平均 Mean (mm)	最小 Min. (mm)	最大 Max. (mm)	測定原木数 Number of logs	平均 Mean (mm)	最小 Min. (mm)	最大 Max. (mm)
M	小径 Small		35	2.7	1.7	3.6	30	2.0	0.2	2.8
	中径 Medium		24	3.6	2.4	5.0	24	1.7	1.1	2.9
D	小径 Small		31	3.4	2.3	4.8	29	1.0	0.2	1.9
	中径 Medium		26	4.8	3.8	5.9	26	1.7	0.9	2.7
T	小径 Small		34	2.7	1.8	3.8	28	1.4	0.6	3.8
	中径 Medium		25	4.1	2.9	6.3	25	1.5	0.9	2.5

*小径：末口短径22cm以下， 中径：末口短径24~28cm。

**Small : The minimum Small-end diameter was below 22cm, Medium : that was between 24 and 28cm(log length : 4m).

Table 2. 供試原木の直径 (スギ)
Diameter of tested Sugi blocks.

原木径級* Class of log diameter**	原木数*** Number of blocks	原木径 Block diameter (cm)					
		長径 Largest			短径 Smallest		
		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.
小径 Small	196	23.7	19.0	30.0	22.4	18.0	28.5
中径 Medium	154	29.1	24.5	36.0	27.5	24.0	33.0
大径 Large	60	37.1	32.0	46.0	34.9	29.0	42.0

* 小径：末口短径22cm以下， 中径：末口短径24~28cm， 大径：末口短径30cm以上 (原木長4m)

** Small : The minimum small-end diameter was below 22cm, Medium : that was between 24 and 28 cm, Large : that was above 30cm (log length : 4m)

*** 原木長 Block length : 95cm

台の移動量を、スピンドルの回転回数をカウントすることによって測定した。

外周駆動方式のベニヤレースで切削した玉切り後の原木本数を径級別に Table 4 に示す。これらの原木は、単板厚さ 3 mm の条件で切削し、単板歩留まりの測定に供試した。なお、切削試験を行う前に、各

Table 3. アカマツ原木の形状
The shapes of tested Akamatsu blocks.

原木径 Block diameter (cm)	細り* Taper of blocks *				曲がり* Crook of blocks *			
	測定数 Number of measurement	平均 Mean (cm)	最小 Min. (cm)	最大 Max. (cm)	測定数 Number of measurement	平均 Mean (cm)	最小 Min. (cm)	最大 Max. (cm)
16~18	1	0.8	0.8	0.8	2	1.3	1.0	1.5
~20	9	1.8	0.8	3.8	26	1.4	0.5	4.3
~22	19	1.9	0.8	5.5	42	1.3	0.5	4.5
~24	20	1.8	0.5	4.5	44	1.5	0.5	4.3
~26	39	1.4	0.5	3.3	32	1.3	0.5	3.0
~28	19	2.1	0.8	4.3	14	1.4	0.5	4.8
~30	12	2.3	1.3	3.8	4	1.3	1.0	1.5
~32	6	2.1	1.3	3.0	2	1.0	0.8	1.3
~34	3	2.3	1.5	3.5	1	1.8	1.8	1.8

* 長さ95cm材の荒剥きに要したベニヤレースのかんな台の移動量により測定。単板歩出し厚さ：3mm

* Distance of knife carriage movement of veneer lathe during blocks were rounded up.
Nominal veneer thickness : 3mm. Block length : 95cm.

Table 4. 供試原木の径級別本数
Distribution of block diameter.

原木径 Block diameter (cm)	スギ原木数 Number of Sugi blocks				アカマツ 原木数 Number of Aka- matsu blocks
	産地 M Area : M	産地 D Area : D	産地 T Area : T	合計 Total	
16~18	0	0	0	0	3
~20	7	2	5	14	35
~22	15	23	16	54	61
~24	43	27	14	84	65
~26	18	28	20	66	72
~28	20	18	25	63	33
~30	28	13	10	51	16
~32	7	9	3	19	8
~34	0	2	0	2	4
合計 Total	138	122	93	353	297

Note) 原木長さは95cmで、径35cm以上のものを除く。

Block length : 95cm, except for larger blocks of diameter above 35cm.

原木ごとに長径・短径及び辺材幅を測定した。

1. 3 実験条件

単板歩出し厚さは主に3mmで、そのほかスギについては1, 2, 4, 5mmについても実験を行った。切削速度は20 m/minとした。刃口水平方向開きは主に90%の条件で実験したが、一部については刃口条件を変化させて単板の厚さむらへの影響を調べた。

スギを単板切削する場合、節による刃先の欠けを防ぎ、安定した品質の単板を切削することが要求される。そこで、スギの切削試験では、適正な刃物条件を調べるために刃物角及びベベル角を変化させた。刃物角は20°及び22°の2条件で、逃面あるいはすくい面側に24°, 25°, 26°及び28°の角度で幅1mmのベベルをつけた。アカマツの場合には刃物角22°, すくい面側に幅1mmで28°のベベルをつけた。

1. 4 測定方法

本研究では次の項目について測定・観察を行った。

1. 単板歩留まりの測定 (スギ, アカマツ)
2. 切削時に発生するトラブルの種類 (スギ)
3. 単板品質の評価
 - ①表面のあらさによる評価 (スギ)
 - ②表面に現れた節の程度による評価 (アカマツ)
4. 切削条件による単板品質の変化 (スギ)
5. 刃先の研削方法と刃物の寿命及びそれに伴う単板品質の変化 (スギ)
6. 外周駆動ロール及びローラーディスクの効果 (スギ)

切削した単板は、定尺及び乱尺単板に分けて枚数を数え、原木体積に対する割合を単板歩留まりとした。ここで、定尺単板とはクリッパーによって切断した長さ70~90cmの単板で、それよりも短く、かつ、5cm以上のものを乱尺単板としている。なお、乱尺単板の材積は、長さ30cmを境に2種類に分けてその枚数を数えて算出した。

単板品質については、まずスギの定尺単板を肉眼により、特に単板面のあらさを観察して4段階(良好, やや良好, やや不良, 不良)に分類し、その枚数を数えた。Photo. 2にそれぞれに分類された単板の例を示す。針葉樹材の単板切削では、早・晩材の境界付近にすべりを生じて早材部が剥落する、いわゆる目離れ現象が起きやすく、単板面には幅が広く、かつ深い痕跡が残るが、単板面の評価に当たっては特にこの目離れの程度に注目した。また、産地及び原木の径級による単板品質の違いを調べるため、刃先摩耗の影響を避ける目的で、原木の切削順序に産地や径級による偏りが生じないように留意した。

アカマツではスギに比較して単板面ははるかに平滑であり、特に実用上支障はないと判断した。そこで、アカマツについては単板面の節に注目し、126本の原木について定尺単板面に現れた節の大きさと数によって単板品質を肉眼で4段階(無節, 少ない, やや多い, 多い)に分類して枚数を数えた。

スギの一部の原木について切削条件を変化させて、単板厚さ、面あらさ、裏割れ深さ及び裏割れ間隔を測定した。

単板厚さの測定は、単板歩出し厚さを2.0, 3.0, 4.0, そして刃口間隔を85, 90, 95のそれぞれ3水

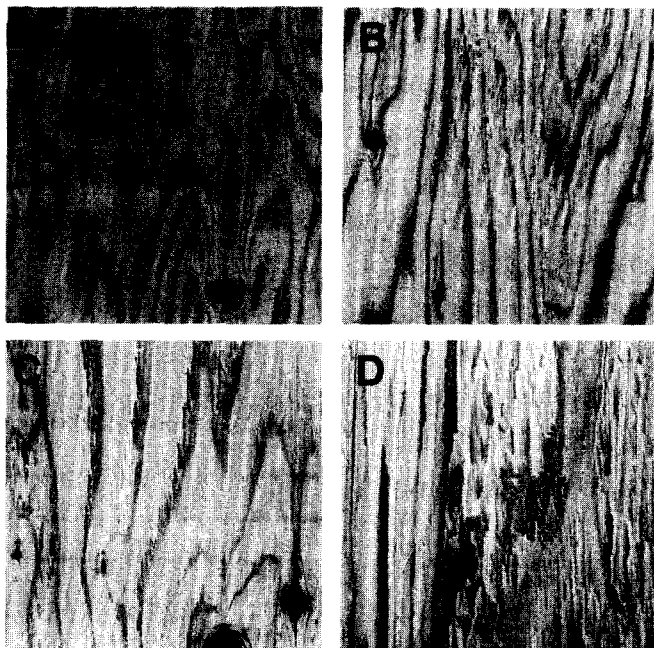


Photo. 2. 単板面あらしさを肉眼によって評価し、4段階に分類した場合のスギ単板の例
Examples of Sugi veneer classified according to surface roughness with visual sorting.

A : 良好 B : やや良好 C : やや不良 D : 不良
Excellent Good Poor Very poor
単板表面に外周駆動ロールとローラーディスクの跡が見える
The traces of back-up rolls and roller disks were visible on the veneers.

準に変化させて切削した単板について、精度1/100mmのダイヤルゲージで行った。

面あらし、裏割れ深さ及び裏割れ間隔の測定とその算出法は、前報と同様である。面あらしは、基準長さ5cmのプロフィールカーブより、山と谷の差の最も大きいものから5つ選んで測定した。裏割れ深さは、単板の厚さに対する百分率である裏割れ率で表した。面あらし測定用の供試原木は、単板歩出し厚さ2条件(3mm, 5mm)についてそれぞれ1本で、測定用試験片を辺材・心材それぞれ5枚ずつ用意した。裏割れの測定は歩出し厚さ4条件について行い、原木数は歩出し厚さが2mmと5mmでそれぞれ2本、4mmで3本、3mmで4本とし、測定用試験片は、各原木につき辺材・心材それぞれ5枚ずつとした。

2. 結果と考察

2. 1 単板歩留まり

Table 5 及び Table 6 に測定結果を示す。総単板歩留まりの平均はスギで72%、アカマツで64%であった。両樹種ともに原木径が大きくなるほど総単板歩留まりは増加しており、その増加量に樹種の違

Table 5. スギ単板歩留まり
Veneer yield of Sugi.

原木径 Block diameter (cm)	原木数 Number of blocks	定尺単板歩留まり*(%) Yield of full sheet veneer*				乱尺単板歩留まり***(%) Yield of strip veneer***				総尺単板歩留まり(%) Total yield of veneer			
		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.
18~20	14	50.1	0.0	61.5	15.1	20.7	7.0	42.4	9.1	70.8	17.5	91.0	24.5
~22	54	51.7	8.4	71.7	13.2	18.9	3.9	50.3	9.0	70.6	24.7	94.9	16.6
~24	84	55.5	0.0	67.1	10.0	16.3	2.3	36.3	6.2	71.8	16.0	88.2	13.4
~26	66	54.3	13.5	69.0	11.4	15.8	6.8	30.2	5.6	70.1	32.3	81.4	15.3
~28	63	58.9	16.0	80.8	9.9	15.4	3.6	34.6	6.4	74.3	50.6	88.8	8.3
~30	51	59.3	27.4	69.6	8.4	14.1	5.5	27.9	5.3	73.4	45.0	84.9	11.0
~32	19	56.0	34.5	68.8	9.9	16.4	5.4	27.0	5.9	72.4	47.3	85.5	15.2
~34	2	62.7	60.9	64.5	2.5	13.9	12.9	14.9	1.4	76.6	75.9	77.4	1.1

Note) 単板厚さ Veneer thickness : 3mm 原木長 Block length : 95cm

* 定尺単板サイズ Full sheet veneer size : 95×70~90cm

*** 乱尺単板サイズ Strip veneer size : 95×5~90cm

Table 6. アカマツ単板歩留まり
Veneer yield of Akamatsu.

原木径 Block diameter (cm)	原木数 Number of blocks	定尺単板歩留まり [*] (%) Yield of full sheet veneer [*]				乱尺単板歩留まり ^{**} (%) Yield of strip veneer ^{**}				総尺単板歩留まり(%) Total yield of veneer			
		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.	平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	標準偏差 S.D.
16~18	3	27.8	0.0	43.0	24.1	22.7	16.2	33.7	9.6	50.5	33.7	61.2	14.8
~20	35	40.0	10.8	54.0	11.2	21.6	7.8	31.9	6.1	61.5	36.5	73.8	10.2
~22	61	42.9	4.4	58.5	10.8	20.9	9.7	45.4	7.1	63.8	23.3	87.6	9.5
~24	65	45.9	4.0	60.4	11.8	18.4	5.4	41.2	6.3	64.3	22.3	86.1	11.5
~26	72	45.6	10.2	71.1	12.9	17.9	7.4	38.3	6.3	63.5	31.1	85.7	11.2
~28	33	49.6	21.4	64.2	9.2	18.2	9.1	29.8	4.8	67.8	44.8	78.5	7.5
~30	16	53.7	41.7	72.1	7.9	14.5	8.5	23.1	4.2	68.3	58.2	82.9	7.1
~32	8	53.3	36.5	60.7	7.6	14.5	12.0	20.5	2.7	67.7	51.2	77.3	8.1
~34	4	55.4	47.6	66.7	9.1	13.4	11.6	16.9	2.5	68.8	60.1	78.3	8.1

Note) 単板厚さ Veneer thickness : 3mm 原木長 Block length : 95cm

* 定尺単板サイズ Full sheet veneer size : 95×70~90cm

** 乱尺単板サイズ Strip veneer size : 95×5~90cm

いは見られない。しかし、同一原木径における総単板歩留まりと定尺単板歩留まりは、常にスギの場合で大きく、逆に、アカマツの乱尺単板歩留まりは、スギに比較してやや大きくなる傾向がある。これは、原木の形状の差によるもので、原木の曲がり、原木外周の凹凸ともにスギよりもアカマツの方がかなり大きいことに原因がある (Table 3)。連続した単板が切削される前に、乱尺単板や使用できない層の単板が得られるが、原木形状が悪い場合にこれらの量が多くなるためである。

単板歩留まりを低下させる最も大きな原因は、単板切削時に起きる原木の割れあるいはチャックの空回りである。Table 7に原木材積に対するむき芯材積の比率を示したが、切削中のトラブルによってばらつきが大きくなっている。スギ353本を切削したときの切削時におけるトラブルの発生状況を見ると (Table 8)、全体の約13%に原木の割れが生じ、約9%の原木にチャックの空転現象が起きた。特にチャックの空転は大径のチャックが後退した直後に起きやすく、単板歩留まりの大きな低下につながっている。

Table 7. 原木材積に対するむき芯の比率
Volume percentage of veneer core for block.

原木径 Block diameter (cm)	スギ Sugi				アカマツ Akamatsu			
	原木数 Number of blocks	むき芯率(%) Percentage of core			原木数 Number of blocks	むき芯率(%) Percentage of core		
		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.
16~18	0	—	—	—	3	21.7	11.1	39.1
~20	14	16.1	9.0	84.8	35	13.9	8.4	39.6
~22	54	12.4	6.8	66.3	61	12.2	6.8	54.5
~24	84	9.3	6.5	60.5	65	11.0	5.7	52.5
~26	66	10.5	4.8	53.2	72	10.5	4.6	41.7
~28	63	6.7	4.3	45.3	33	6.5	4.1	35.6
~30	51	7.5	4.0	39.1	16	6.1	3.6	18.3
~32	19	8.9	3.7	36.0	8	7.4	3.1	26.7
~34	2	3.8	3.3	4.4	4	3.4	2.9	4.2

Table 8. 切削時におけるトラブル (スギ)
Number of troubles during veneer peeling of Sugi.

原木数 Number of block	トラブルなし Free from troubles	原木の割れ Block cleavage	チャックの空転 Chuck spin-out
349	275 (78.8%)	44 (12.6%)	30 (8.6%)

2. 2 単板品質の評価

Table 9 にスギ単板面の評価結果を示す。この表では辺材と心材に分けて集計しているが、原木の径によらず辺材単板の品質がはるかによく（天野，1984 b），辺材単板の90%以上が「やや良好」以上の品質に分類されたのに対して，心材単板の場合には50%以下にしかすぎなかった。原木材積に占める辺材材積の比率をみると（Table 10），径の小さい原木からより多くの辺材単板が得られることが分かる。これは，一般に辺材幅が樹幹の径によらず一定であり，辺材材積の割合が原木径の減少に従って増加するためである。また，単板品質は原木産地によっても差があり，産地 M に対して D 及び T では品質が悪くなっている。単板品質に影響を与える原木材質の因子として，含水率，年輪幅，比重などが考えられるが，現在までのところこれらの影響については明らかになっていない。しかし，辺・心材間の単板品質の違いからは含水率の，そして，産地間における単板品質の違いと年輪幅の相違（Table 1）からは年輪幅の影響の大きいことがそれぞれ推察できる。一般に，辺材部では心材部に比較して含水率が高く，それは辺・心材境界で急激に変化する。スギの場合には白線帯と呼ばれる辺材から心材への移行部があり，この部分の含水率は特に低くなっている。単板切削を行う場合には最も面が粗くなり，刃詰ま

Table 9. 目視による表面品質別の単板枚数比率（スギ）

Percentage of veneer number classified according to surface roughness with visual sorting (Sugi).

径 級* Class of log diameter*	辺・心材 Sap- or Heartwood	単板数 Number of veneer sheets	単板比率 Percentage of veneer (%)			
			良 好 Excellent	やや良好 Good	やや不良 Poor	不 良 Very poor
小径木 Small	辺材 Sap-	520	40.0	53.3	6.3	0.4
	心材 Heart-	767	3.3	38.9	45.1	12.6
中径木 Medium	辺材 Sap-	581	40.1	51.8	6.9	1.2
	心材 Heart-	1 056	6.4	43.4	33.7	16.5
合 計 Total	辺材 Sap-	1 101	40.1	52.5	6.6	0.8
	心材 Heart-	1 823	5.1	41.5	38.5	14.9

産地 Growth area of logs	辺・心材 Sap- or Heartwood	単板数 Number of veneer sheets	単板比率 Percentage of veneer (%)			
			良 好 Excellent	やや良好 Good	やや不良 Poor	不 良 Very poor
M	辺材 Sap-	513	54.6	43.1	2.3	0.0
	心材 Heart-	645	7.4	60.0	28.4	4.2
D	辺材 Sap-	308	27.3	57.8	13.6	1.3
	心材 Heart-	695	3.0	27.8	45.8	23.5
T	辺材 Sap-	280	27.5	63.9	6.8	1.8
	心材 Heart-	483	5.0	36.6	41.6	16.8

Note) 単板厚さ Veneer thickness : 3 mm 単板サイズ Veneer size : 95×70~90cm

* 小径：末口短径22cm以下，中径：末口短径24~28cm（原木長4 m）。

* Small : shortest top-diameter was below 22cm, Medium : that was between 24 and 28 cm (Log length : 4 m).

Table 10. 原木材積に対する辺材材積の割合
Volume percentage of sapwood for block.

原木径 Block diameter (cm)	スギ Sugi				アカマツ Akamatsu			
	原木数 Number of blocks	辺材率 Percentage of sapwood (%)			原木数 Number of blocks	辺材率 Percentage of sapwood (%)		
		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.		平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.
16~18	0	—	—	—	3	80.6	76.5	87.5
~20	14	57.3	44.7	72.3	35	80.7	62.7	95.1
~22	54	58.4	42.0	82.8	61	81.3	57.8	91.8
~24	84	58.4	36.0	84.7	65	81.2	59.5	89.9
~26	66	52.9	38.5	69.6	72	80.6	64.0	92.2
~28	63	54.0	28.4	73.1	33	78.0	62.1	90.5
~30	52	52.5	32.5	86.9	16	75.0	61.5	88.1
~32	25	48.4	37.0	64.0	8	72.3	45.0	91.6
~34	19	47.5	31.0	68.4	4	76.7	52.7	90.2
~36	14	41.7	28.6	63.6	0	—	—	—
~38	11	44.2	34.3	57.4	0	—	—	—
~40	9	39.6	32.7	49.5	0	—	—	—
~42	1	39.9	39.9	39.9	0	—	—	—
~44	1	30.6	30.6	30.6	0	—	—	—

りも起きやすい部分である(中村, 1984)。今回の実験中にもこのことが観察され、同時に、切削中の刃先付近から早材剥落部の小片が多数落下するのが見られた。さらに、心材部から面の良好な単板が多数得られた原木では、その単板及びむき芯ともに重量が大きく、それらの含水率の高いことが容易に推察できた。これらの事実より、スギの単板切削では、高含水率の部分から、より面の平滑な単板が得られることが分かる。

一方、単板品質に対する年輪幅の影響については、含水率の場合に比べてあまり明確ではない。Table 1 に示したようにM産の原木はほかの産地に比べて年輪幅が狭くなっており、年輪幅の狭いことが単板品質に関して有利であることを示唆している。しかし、節の大きさやその数、またはスギにしばしば現れる高い含水率の心材をもつ原木の頻度など不確定の要因があるため、ここでは単板品質に対する年輪幅の影響の可能性を指摘するにとどめておく。

アカマツの単板はスギに比較してその面は平滑で、早材部の剥落や辺・心材間における単板品質の差は観察できなかった。なお、アカマツでは辺材の占める割合が大きく、原木径に対する心材径の割合は約45%、原木材積に占める辺材の比率は約80%にも及んでおり(Table 10)、得られた単板のほとんどが辺材部であった。

アカマツでは、原木表面に現れた大きな節が目についたため、単板面に現れた節の大きさと数によって単板品質を肉眼で4段階に分類した(Table 11)。当然のことであるが、原木径の大きなものから節の少ない単板がより多く得られた。特に径が28cmを超える原木からの単板は、その約半数が無節であっ

Table 11. 単板面に現れる節による単板品質の評価（アカマツ）
Percentage of veneer number classified according to the degree of knot appearance with visual sorting (Akamatsu).

原木径 Block diameter (cm)	原木数 Number of blocks	単板比率 (%) Percentage of veneer			
		無節 Free	少ない Slight	やや多い Moderate	多い Severe
16~18	1	50	50	0	0
~20	17	10	32	47	7
~22	37	20	36	45	2
~24	35	20	26	45	12
~26	19	10	19	45	30
~28	10	40	31	19	7
~30	5	50	16	12	24
~32	3	50	18	33	0

Note) 単板サイズ Veneer size : 95×90~70cm 単板歩出し厚さ Nominal veneer thickness : 3mm

た。原木径が大きくなれば全体の単板枚数も増えるため、大径の原木から、より多くの無節単板を得ることができる。ところで、マツでは何本かの枝が幹の同一高から出ている（輪生）ため、単板面での節の現れ方もスギやヒノキなどと異なり1か所に集中して現れる傾向があり、節による年輪の乱れが少なくなる。しかし、アカマツ原木はスギに比較して形状が悪く（Table 3）、単板面に対する年輪の角度の大きな部分が現れやすく、極端な場合には柾目の単板も見られた。年輪に対して逆目方向に切削した場合には逆目ばれの発生によって切削面は粗くなるため、原木はなるべく断面が真円に近く通直であることが望ましい。

2.3 切削条件による単板品質の変化

単板歩出し厚さ及び刃口水平方向開きの単板品質に及ぼす影響を調べるため、スギの一部の原木について切削条件を変化させて単板厚さ、面あらし、裏割れ深さ及び裏割れ間隔を測定した。

単板厚さの測定結果をTable 12に示す。刃口間隔が大きくなると厚さむらも増加する傾向がみられた。外国産のマツの場合（木下，1989；高野，1989）に比較して変動が大きいのが、これはスギ単板の面あらしが大きかったため、厚さむらに対する刃口間隔の影響も直接的なものか、あるいは面あらしによる間接的なものであるか定かではない。

単板歩出し厚さを変化させた場合の辺・心材別の単板面あらし、裏割れ率及び裏割れ間隔の測定例をTable 13及びTable 14に示す。実験に使用した刃物の摩耗状態や供試原木の条件（産地、径級など）が同じではないので、数値の比較には注意が必要であるが、心材部に比べて辺材部に裏割れの間隔が小さくなる傾向がみられる（天野，1984 a）。また、単板面を肉眼で評価した結果と同様に、辺材部の単板の面あらしが心材部に比較して小さくなっている。このような辺・心材間にみられる単板品質の差を引き起こす要因を明らかにするため、今後は単板品質と単板の含水率、比重（特に早材部）、年輪幅、切

Table 12. 単板歩出し厚さ及び刃口条件を変化させたときの単板厚さ (スギ)
Veneer thickness at various nominal veneer thicknesses and nose-bar openings (Sugi).

単板歩出し厚さ Nominal veneer thickness (mm)	刃口間隔 Nose-bar opening (%)	測定値数 Number of measure- ments	単板厚さ Veneer thickness (mm)				
			平均 Mean	最小 Min.	最大 Max.	範囲 Range	標準偏差 S.D.
2.0	85	300	2.23	1.96	2.62	0.66	0.11
	90	317	2.26	1.95	2.57	0.62	0.12
	95	167	2.11	1.64	2.41	0.77	0.12
3.0	85	264	3.19	2.95	3.58	0.63	0.11
	90	348	3.18	2.90	3.59	0.69	0.12
	95	342	3.29	2.92	3.81	0.89	0.16
4.0	85	168	4.16	3.82	4.54	0.72	0.12
	90	150	4.20	3.87	4.55	0.68	0.13
	95	138	4.26	3.77	4.76	0.99	0.17

Table 13. スギ単板の面あらし測定例
Veneer surface roughness of Sugi.

単板歩出し厚さ Nominal thick- ness of veneer (mm)	辺・心材 Sap- or Heartwood	単板面 Side of veneer	測定数 Number of measure- ment	面あらし (μm) Surface roughness	
				平均 Mean	標準偏差 S.D.
3.0	辺材 Sapwood	表 Tight	25	200	57.8
		裏 Loose	25	193	37.8
	心材 Heartwood	表 Tight	25	325	128.2
		裏 Loose	25	271	110.9
5.0*	辺材 Sapwood	表 Tight	25	288	120.4
		裏 Loose	25	350	118.6
	心材 Heartwood	表 Tight	25	323	100.6
		裏 Loose	25	342	112.4

Note) 刃口水平方向開き Horizontal bar-opening : 90%

* 外周駆動装置のない通常型レースで切削。

* Peeled with a conventional veneer lathe without back-up rolls and roller disks.

削方向に対する年輪の角度などとの関係を細かく調べていく必要がある。

このほか、単板歩出し厚さ1mmについても実験を試みたが、研磨直後の鋭利な刃物を使用しても刃詰まりが起きやすく、連続した単板を得ることは難しかった。スギの早材部は、ほかの樹種の早材部に比較して比重が低く軟らかい。そのため、早材部の繊維は切断されずに刃先によって圧縮・変形されやすく (LENEY, 1960)、単板厚さが1mmのように薄い場合には、この変形・破壊部が単板表面にまで及び、刃詰まりを起こすものと推察する。

Table 14. スギ単板の裏割れ測定例

Lathe checks of Sugi.

単板歩出し厚さ Nominal thick- ness of veneer (mm)	辺・心材 Sap- or Heartwood	裏割れ率 Lathe check depth			裏割れ間隔 Lathe check distance		
		測定数 Number of measurement	平均 Mean (%)	標準偏差 S.D.	測定数 Number of measurement	平均 Mean (mm)	標準偏差 S.D.
2.0	辺材 Sap-	209	54	25.2	212	1.3	0.68
	心材 Heart-	169	51	26.2	155	1.7	1.03
3.0	辺材 Sap-	189	71	15.6	178	2.9	1.28
	心材 Heart-	181	70	20.4	158	3.7	1.61
4.0	辺材 Sap-	189	54	37.4	182	2.5	1.90
	心材 Heart-	155	65	31.4	145	3.1	1.93
5.0	辺材 Sap-	141	47	30.1	132	2.0	1.44
	心材 Heart-	135	54	30.0	130	2.5	1.72

Note) 刃口水平方向開き Horizontal bar-opening : 90%

2. 4 刃先の研削方法と刃物の寿命

刃先の寿命を左右する因子として、摩耗による刃先の鋭利さの低下と、節を切削することによる刃先の欠けがあげられるが、摩耗以前に欠けが生じてはそれが刃詰まりの原因となるため、まず刃先の欠けにくい刃物条件を明らかにする必要がある。特にスギの場合には節の比重がアカマツに比べて高いため、節による刃先の欠けは大きな問題となる。刃先の寿命を延ばす方法として、切削前の原木を加熱することにより節を軟化させる方法と、刃物角を大きくする方法とが考えられるが、原木の加熱法は製造工程が複雑になり、また、スギの場合加熱することにより比重の低い早材部の切削が困難になって単板品質面からみると逆効果になるため(天野, 1984 a)、ここでは刃物の研磨方法について検討することとした。

南方産広葉樹材を利用している国内の合板工場では、一般に刃物角 20° ~ 22° に研削した後、刃先の逃げ面側を幅 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 、刃先角 25° ~ 30° 程度に研磨する方法がとられている。本研究では、スギ単板切削における刃物の適正研削条件を求めため、以下のような実験を行った。まず、刃物角 20° の刃物の逃げ面側に幅 1 mm で 24° 、 25° 、 26° のベベルをつけた。この条件ではいずれも刃先が欠けやすく、切削できた単板切削長はそれぞれ 105 m 、 175 m 、 205 m であった。また、刃物の欠けの深さも大きく、刃物の交換及び研磨による作業時間のロスを考えれば、実用条件に程遠いものである。次に、刃物角は同じ 20° で、刃物のすくい面側に 26° で幅 1 mm のベベルをつけてみたところ、切削可能な単板長は約 600 m となった。さらに刃物角を 22° 、同じくすくい面側に幅 1 mm で 28° のベベルをつけて切削したところ、切削長が 1500 m に達しても依然として切削可能な状態であり、実用に耐えうる刃物条件であった。この条件における単板切削長に伴う品質別の単板出現率の変化を Fig. 1 に示す。なお、刃先の欠けが少ない切削初期の段階では、刃物角または刃先角の変化による単板品質の差は認められなかった。

刃先にベベルをつけることによって刃先の剛性が増し、欠けが生じにくくなるが、以下の理由から、

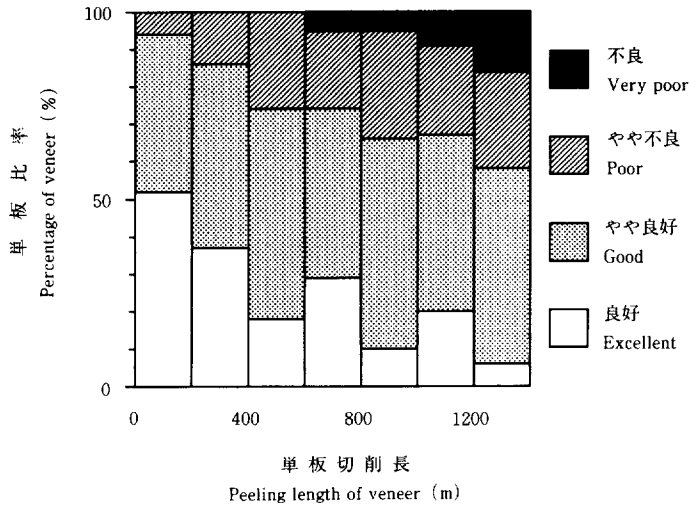


Fig. 1. 単板切削長によるスギ単板品質の変化
Relationship between peeling length of veneer and veneer quality in Sugi.

(Notes) 単板品質は表面あらさを肉眼によって評価した。刃物条件：刃物角が22°ですくい面側に幅1mm、28°のベベルをつけた。単板厚さ：3mm 刃口水平方向開き：90%

Veneers were classified according to surface roughness with visual sorting. Wedge angle : 22°, sharpness angle : 28° (face bevel of 1 mm land), nominal thickness of veneer : 3 mm, horizontal bar-opening : 90%.

硬い節を持つ針葉樹材の単板切削の場合には、逃げ面側にベベルをつけることは刃先の欠けを防ぐうえで得策ではないと考える。一般に、単板切削中に刃先のすくい面側は原木に押し込まれる方向に力を受けるが、逃げ面側にベベルをつけることによって逆方向の力が生じる(木下, 1979)。この逆方向の力は、刃物逃げ面と原木との接触状態によってその大きさが変化するため、比重の高い節を切削したときには急激に増加することが予想できる。従って、刃物は局部的に大きな力を繰り返し受けることとなり、刃先に大きな欠けを生じやすくなる。

2. 5 外周駆動ロール及びローラーディスクの効果

本実験で主に使用したベニヤレースには、むき芯径を小さくした場合に原木の割れ、あるいはチャックの空転が起きる率をできるだけ低くするために、外周駆動ロール及びローラーディスクが取り付けられている。これらの装置の効果をみるため、両者とも作用させた場合と一つの装置だけ作用させた場合について、切削時におけるトラブルの発生を調べたので、その結果を Table 15に示す。両者とも作用させた場合には原木12本中1本だけチャックの空転が起きたが、外周駆動ロールあるいはローラーディスクを作用させずに切削すると、22本中19本の原木にトラブルが生じた。残りの3本についても、むき芯は中央部がやや太い樽型となり、むき終わりに近い単板も中央部がふくらみ大きく波打っていた。以上の結果より、切削を円滑に行うためにはこれらの装置を作用させることが必要であることが分かる。

Table 15. 原木ベンディング防止ロール及びローラディスクの効果 (スギ)
Effect of powered back-up rolls and roller disks (Sugi).

原木ベンディング防止ロール Powered backup rolls	ローラディスク Roller disks	原木数 Number of blocks	切削時にトラブルを起こした原木数 Number of blocks stopped to peel by troubles
作用させる Operative	作用させる Operative	12	1 チャックの空転 Chuck spin-out
作用させる Operative	作用させない Inoperative	11	11 チャックの空転, 原木の割れ Spin-out and block cleavage
作用させない Inoperative	作用させる Operative	11	8* チャックの空転, 原木の割れ Spin-out and block cleavage

* 他の3本は、むき芯約6cmまで切削できたが、むき芯は中央部がふくらみ、むき終わりの単板も大きく波打った。

* Other three blocks could be peeled until about 6 cm of core diameter, but the cores were barrel-shaped and the some veneers at the end of peeling were buckled.

3. ま と め

スギ中小径木及びアカマツを対象として、主にスピンドル径の小さい原木外周駆動方式のベニヤレーズを用いて単板切削を行った。両樹種のうち特にスギについて、その単板切削性や最適な切削条件を求める目的で観察及び測定を行い、次のような結果を得た。

1) 単板歩留まりの平均はスギで72%、アカマツで64%であり、定尺(95×90~70cm)に満たない乱尺単板の量がアカマツで多かった。これは原木形状の影響によるものであり、原木の曲がりや表面の凹凸がアカマツに多く見られることに原因がある。

2) 単板切削時に原木の割れあるいはチャックの空回りが起きたが、スギでは全原木の22%にこれらのトラブルが発生した。

3) スギでは、辺材部の単板は心材部の単板に比較して面が平滑であり、含水率の高い部分から、より平滑な単板が得られるといえる。また、産地間にも相違がみられ、年輪幅の狭い産地の原木から表面の良好な単板が多く得られた。しかし、節の数や原木の含水率など、単板面あらさに影響を及ぼす不確定な要因があるため、年輪幅の影響を明らかにすることができなかった。

4) アカマツでは、スギに比較して単板面は平滑で、実用上支障のない程度であったが、曲がりなどの原木形状上の欠点に起因する逆目ほれの発生が多かった。また、単板面に現れた節については、原木径の大きなものから節の少ない単板がより多く得られた。

5) スギ単板の厚さむらは刃口水平方向間隔の広い条件で大きかったが、単板面あらさも大きく影響していると考えられる。

6) スギの裏割れについては、心材部に比べて辺材部でその間隔が小さくなる傾向があった。

7) 単板厚さ1mmの条件でスギを切削したところ、刃先による繊維の圧縮により刃詰まりが起きやすく、連続した単板を得ることが難しかった。

8) スギ切削の場合、刃物の逃げ側面にベベルをつけた条件では節による刃先の欠けが生じやすく、切

削可能な単板長が最大でも205 m と短く、実用的ではなかった。一方、すくい面側にベベルをつけた条件では刃先の欠けが小さく、刃物角22°で、28°のベベルを幅1 mmでつけた条件では、切削可能な単板長は1500 m 以上であった。

9) 外周駆動ロールあるいはローラーディスクを作用させないでスギ原木を切削したところ、22本中19本にトラブルが生じており、切削を円滑に行うためにはこれらの装置を作用させる必要がある。

引用文献

- 天野良一：スギ間伐材による LVL の製造 (第1報), 木材と技術, 57, 17~20 (1984 a)
天野良一：スギ間伐材による LVL の製造 (第2報), 木材と技術, 58, 11~14 (1984 b)
木下紋幸：単板切削における刃先形状の影響 第1報, 林試研報, 306, 25~63 (1979)
木下紋幸：厚単板切削において単板品質に及ぼす切削条件の影響, 林試研報, 326, 9~68 (1984)
木下紋幸ほか：針葉樹材のロータリー単板切削 第1報, 森林総研研報, 356, 63~86 (1989)
LENEY, L.: A photographic study of veneer formation, For. Prod. J., **10**(3), 133-138 (1960)
森泉 周ほか：針葉樹材の単板切削試験 (第1報), 林産試場報, **4**(3), 13~21 (1990)
中村徳孫ほか：スギ材のロータリー単板切削の問題点, 日林九支研論集, 37, 229~230 (1984)
高野 勉ほか：針葉樹材のロータリー単板切削 第2報, 森林総研研報, 356, 87~132 (1989)

Rotary Veneer Peeling of Softwoods (Ⅲ) Sugi and Akamatsu wood

TAKANO, Tsutomu⁽¹⁾ and KINOSHITA, Nobuyuki⁽²⁾

Summary

A veneer peeling test was conducted on Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Akamatsu (*Pinus densiflora*) blocks of 95cm length mainly with a veneer lathe equipped with a double spindle mechanism, a small spindle of 5 cm diameter, powered back-up rolls and roller disks which was made by UROKO SEISAKUSHO Co. Ltd.. We investigated the following subjects : veneer yield, veneer quality and grinding condition of the knife.

(1) The average of veneer yield was 72 percent for Sugi and 64 percent for Akamatsu, and the amount of strip veneer for Akamatsu was more than that for Sugi, which was caused by the fact that Akamatsu blocks had heavier irregularity of block surface or larger crook than Sugi blocks.

(2) During veneer peeling, block cleavage or chuck spin-out was observed, and the frequency of these problems was 22 percent, out of 353 blocks of Sugi.

(3) The veneer from sapwood was smoother than that from heartwood in Sugi, a fact which implied that the veneer from the Sugi blocks which had a high moisture content would have a smooth surface. Although the Sugi blocks from the growth area where logs had wider annual rings provided smoother veneer than those from the other growth areas, the effect of annual ring width on veneer quality was not clear because of uncertainty of the other factors which affected veneer quality, for example, number or size of knots and moisture content of blocks.

(4) The rough veneer caused by cutting against annual rings often appeared in Akamatsu because of unfavorable shapes of blocks such as irregularity of block surface or crooked blocks. The veneer of Akamatsu, however, was usually smoother than that of Sugi and had a suitable surface quality for general use. As a result of visual sorting according to the degree of knot appearance in Akamatsu full sheet veneers, which was 95cm×70-90cm in this study, the blocks of a large diameter provided a higher frequency of the full sheet veneers which had only a few knots or no knots than those of a small diameter.

(5) The veneer thickness varied at wide horizontal bar-openings with Sugi, which was probably affected by surface roughness of veneer.

(6) The interval of lathe checks in Sugi tended to be smaller in the sapwood veneer than the heartwood veneer.

(7) The gap between the knife edge and nosebar was often plugged up by compression tearing of wood fibers in front of the knife edge at a 1 mm of nominal veneer thickness in Sugi, and it was difficult to cut veneer continuously.

(8) Knife edge was more easily chipped under back bevel grinding conditions than that of face bevel, and veneer peeling was repeatedly troubled with a heavily chipped knife. The total length of available Sugi veneer was only 205 m using a 20 degree wedge angle, and 26 degree sharpness angle with a back bevel of 1 mm land, while it was more than 1 500 m at a 22 degree wedge angle and 28 degree sharpness angle with a face bevel of 1 mm land, and this result was sufficient for practical use.

(9) When the back-up rolls or the roller disks were not in operation during the peeling of 22 Sugi blocks, 19 blocks were stopped by troubles such as chuck spin-out or block cleavage during veneer peeling, which showed that both of them were necessary to peel veneer smoothly.