

製材木取りのシミュレーション (第3報)

中 田 欣 作

Simulation of Softwood-Log Sawing ()

Kinsaku NAKATA

With a view to obtaining facts about the automatic sawing of Ezomatsu and Todomatsu, simulation of sawing was performed using log samples which were 13 to 40 cm in diameter, 0 to 30 % in bending and 3.65 m in length. Six different methods of sawing were employed: pillar-1, pillar-2 and pillar-4 were applied to obtaining pillars 10.5 cm × 10.5 cm; Stud-1 and Stud-2, to obtaining studs 4.5 cm × 10.5 cm, Lumber, to obtaining lumbers 1.2 cm × 7.5-30 cm. The following facts were recognized from the simulation:

(1) It was possible to calculate the volume and the value yields for each of the six sawing methods and also to determine the best sawing method for each of the logs having different diameters and bends.

(2) With logs having a 30 % bend, both the volume and the value yields were 65 % lower than with logs having no bend.

(3) With logs having a 30 % bend, the angle of the first cutting affected both of the yields, which differed in a range of 30 %.

(4) In pillar sawing, the highest value yield was seen when pillar-1 was used to cut logs 13-22 cm in diameter; pillar-2, logs 24-26 cm in diameter; pillar-4, logs 28-40 cm in diameter. In stud sawing, it was seen when Stud-1 was used to cut logs 13-26 cm in diameter; Stud-2, logs 28-40 cm in diameter. In Lumber sawing, all the logs 13-40 cm in diameter were capable of being sawed.

(5) As for the volume yield, lumber was 60-65 %, and sawdust was 14 % in lumber sawing but 7-8 % in both pillar and stud sawing. Chips were 22 % in lumber sawing but 28-30 % in both pillar and stud sawing. As for the value yield with log prices being 100 %, lumber was 106-116 %; sawdust, 1-3 %; chips, 9-12 %; together, 121-128%.

製材の自動化を前提として、一般的なエゾマツ・トドマツの製材に対応できる資料を得る目的で、丸太径級13~40cm, 曲がり0~30%, 材長3.65mの丸太モデルについて製材のシミュレーションを行った結果、以下のことがわかった。なお、木取り方法は全部で6種類であり、正角(10.5×10.5cm)木取りは正角1丁, 正角2丁, 正角4丁の3種類, 平割り(4.5×10.5cm)木取りは平割り1丁, 平割り2丁の2種類, 板(1.2×7.5~30cm)木取りは1種類である。

1. 各種の木取り方法での歩留まりを予測することと、丸太径級や曲がりの大きさに合わせて最適な木取り方法の決定を行うことができた。

2. 丸太の曲がり率が30%となると、材積及び価値歩留まりは曲がりのない丸太の65%に低下する。
3. 丸太の曲がり率が3%になると、同一の丸太でも心出し角度の違いにより30%も歩留まりが変化する。
4. 正角木取りでは、丸太径級が13~22cmでは正角1, 24~26cmでは正角2, 28~40cmでは正角4の各木取り方法が最も歩留まりが高くなる。平割り木取りでは、13~26cmでは平割り1, 28~40cmでは平割り2の木取り方法が高くなる。板木取りは13~40cmですべて採材可能である。
5. 製品別の歩留まりは、材積歩留まりでは製品が60~65%、のこずが板木取りでは14%でその他の木取りでは7~8%、チップは板木取りでは22%でその他の木取りでは28~30%となる。丸太価格を100%とした価値歩留まりでは、製品は106~116%、のこずは1~3%、チップは9~12%となり、全体では121~128%となる。

1. はじめに

最近の製材用原木は大径良質なものから径級20~40cm程度の中大径低質なものと変化し、特にカラマツ・トドマツの人工林材ではさらに径級の小さな中小径低質なものが今後共に多いと考えられる。

このような比較的low質な中小径材を製材する場合には、今までのような価値歩留まりを主眼とした複雑な木取り方法でなく、製材の自動化を念頭において、木取り方法は単純なものにして製材作業能率を向上させ、かつ、単純な木取り方法においても材積・価値歩留まりを向上させることが重要だと思われる。

今までは^{1),2)}木取り方法を板木取りに限定して最適な木取り方法を決定する方法を検討してきたが、本報では、板木取りの外に正角木取りと平割り木取りを追加して、一般的なエゾマツ・トドマツの製材に対応できる資料を得ることを目的とした。

なお、本研究の概要を第37回日本木材学会大会(昭和62年4月,京都市)で報告した。

2. シミュレーション方法

2.1 丸太モデルの作成

シミュレーション(1)

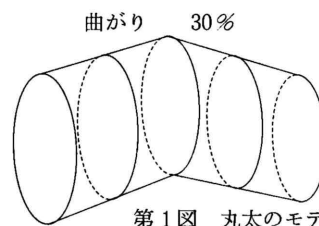
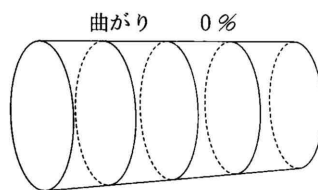
製材木取りのシミュレーションを行うに当たって、実際に測定を行った丸太データ²⁾(第1表)に基づいて以下の条件の丸太モデル(1)を作成した。

- 1) 丸太の直径は20cm~40cm
- 2) 丸太の横断面は円とし、材長は90cm間隔(第1図)

第1表 エゾマツ・トドマツ丸太の測定結果

径級 (cm)	本数 (本)	末口径 (cm)	元口径 (cm)	曲がり (%)	節数 (個)	最大節 (cm)
20	7	21.0	24.3	11.4	13	2.3
22	3	22.9	26.3	13.1	10	2.4
24	8	24.9	29.6	9.5	17	4.2
26	3	26.6	31.3	11.7	22	5.4
28	6	28.7	34.2	7.8	27	5.2
30	6	31.0	37.3	12.0	13	4.2
32	6	32.9	37.9	15.2	14	4.0
34	2	35.2	43.5	12.1	21	6.8
平均	41 ^{a)}	27.3	32.5	11.3	17	4.1

注 a) 合計本数

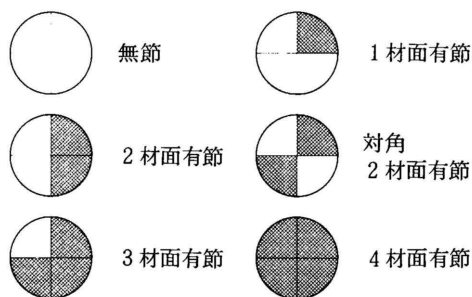


第1図 丸太のモデル、

- 3) 丸太の曲がり率は0%から5%ごとに30%まで
- 4) 節については、無節から4材面有節まで(第2図)

シミュレーション(2)

また、丸太の価格と製品の価格を比較するために、末口2乗法による丸太材積と丸太モデル(2)の実材積



第2図 節のパターン

が等しくなるように、末口直径を第2表のように決定してシミュレーションを行った。

- 1) 丸太の直径は13cm～40cm
- 2) 丸太の横断面は円とし、材長は90cm間隔
- 3) 丸太の曲がりりは0%から5%ごとに30%まで
- 4) 節はなし

シミュレーション(2)では、丸太価格及び製品価格を第3表のようにした。

ここで、丸太モデルの末口直径 (D_s) と元直径 (D_L) の関係は以下ようになる。

末口2乗法では、末口直径を2cm割約した数値 (D_2) を用いて計算を行うので、丸太材積 (V_2) は以下のようになる。

$$V_2 = D_2^2 \times L$$

丸太モデルでは、測定データより材長3.65mで18.6%のテーパを付けたので、丸太の実材積 (V_R) は以下ようになる。

$$D_L = 1.186D_s$$

$$V_R = (D_L^2 + D_L \times D_s + D_s^2) \times L \div 12$$

以上より、末口2乗法での材積値と丸太モデルの実材積値が同一となるように末口直径を求めた。

$$V_2 = V_R \text{ とすると}$$

$$D_s = \sqrt{V_2 \div 0.2994 \pi L}$$

このようにして求めたのが第2表の数値である。

2.2 木取り方法

木取り方法はツイン帯のこ盤での製材を想定して、左右対象で単純なものとして、第3図のように6通りとした。採材する製品の材種は第4表のように、正角・平割り・板・ヌキであり、正角木取りは心持ち正角1

第2表 丸太モデルでの末口直径

丸太直径 (cm)	材積 (m^3)	末口直径 (cm)	元口直径 (cm)
13	0.062	13.4	15.9
14	0.072	14.5	17.2
16	0.093	16.5	19.5
18	0.118	18.5	22.0
20	0.146	20.6	24.5
22	0.177	22.7	26.9
24	0.210	24.7	29.3
26	0.247	26.8	31.8
28	0.286	28.9	34.2
30	0.329	31.0	36.7
32	0.374	33.0	39.2
34	0.422	35.1	41.6
36	0.473	37.1	44.0
38	0.527	39.2	46.5
40	0.584	41.3	48.9

第3表 製品及び丸太価格（単位：円/ m^3 ）

製品及び丸太の種類	材長 (m)		
	3.65	2.73	1.82
正角	37,800	41,700	—
平割り	38,500	30,800	—
板 (幅 15 cm以上)	39,000	31,200	—
＃ (12 cm以下)	27,300	21,900	15,400
ヌキ	35,100	28,200	19,800
のこくず	4,500	—	—
チップ	7,600	—	—
丸太 (13～18 cm)	17,760	—	—
＃ (20～28 cm)	20,160	—	—
＃ (30～40 cm)	20,880	—	—

注) 製品は1等の価格、丸太は等級込みの価格
(昭和60年4月の旭川市況より推定)

丁 (以下正角1とする) ・心掛かり正角2丁 (正角2) ・心掛かり正角4丁 (正角4) の3種類、平割り木取りはタイコ材の幅が10.5cmのもの (平割り1)、同じく10.5cmの2倍のもの (平割り2) の2種類、板木取りは丸太径級に合わせて板挽き幅を変えた板挽き木取り (板) の1種類である。

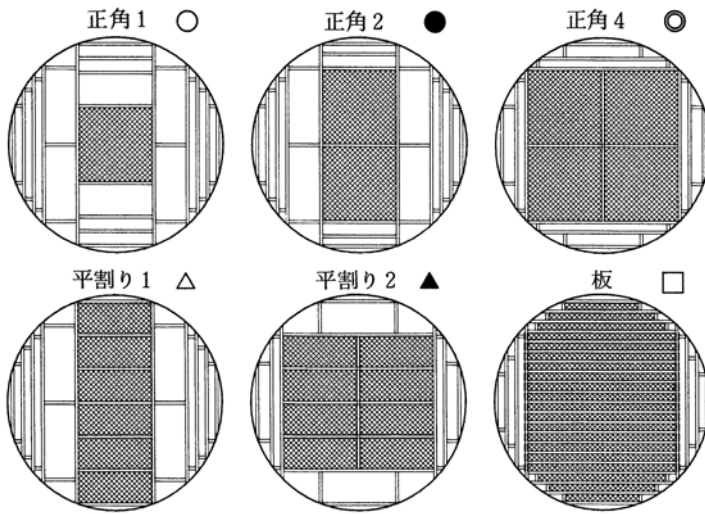
製品の採材基準は、製品1個当たりの価格 (円) が高いものから順次採材可能か判断していくこととした。

なお、一般的な製材品の中で平角・平割り (タルキ) ・平割り (ドープチ) 等は採材しなかった。

3. シミュレーション結果と考察

3.1 シミュレーション(1)結果

まず、丸太の曲がりによる材積歩留まりの変化を第



第3図 木取り方法

第4表 製品の寸法

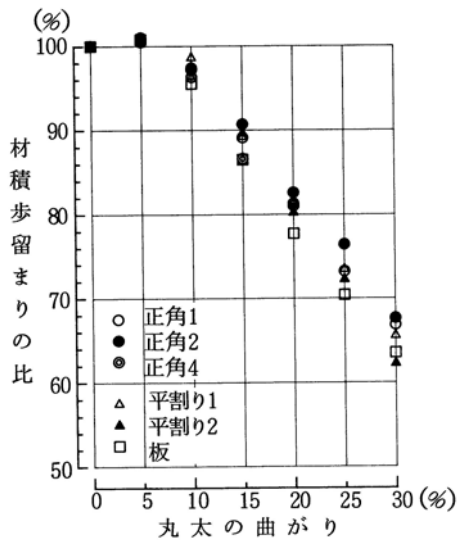
材種	厚さ (cm)	幅 (cm)	長さ (m)	
正角	10.5	10.5	3.65	2.73
平割り	4.5	10.5	"	"
板	1.2	15~30	"	"
"	1.2	7.5~12	"	"
ヌキ	1.8	10.5	"	"

30%の間はほぼ直線的に低下し、曲がり30%では曲がり0%の歩留まりの0.65となる。つまり、材長1.82m未満の短尺製品の採材を考えない場合は、木取り方法により若干の差があるが、ほぼ今回の平均程度程度の材積歩留まりの低下は起こりえるといえる。価値歩留まりも同様に0.65にまで低下する。

次に、節のパターンによる価値歩留まりの変化を第

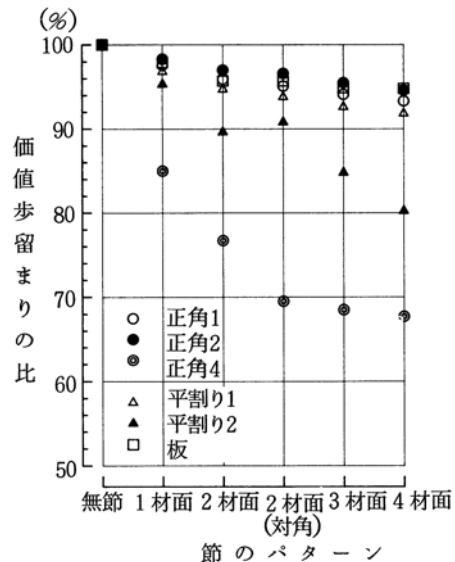
5図に示す。節のある材面の数が増えると、歩留まりは徐々に低下する。最も低下の割合が大きいのは正角4木取りであり、曲がり30%では曲がり0%の歩留まりの0.68となり、丸太の節条件により歩留まりが大きく左右されることがわかった。

また、丸太の心出し角度(第1図のように上方向に曲がりがある場合を角度0度として考える)を0度から30度ごとに150度まで変えて、同一の丸太における回転角度の違いによる材積及び価値歩留まりの違いを

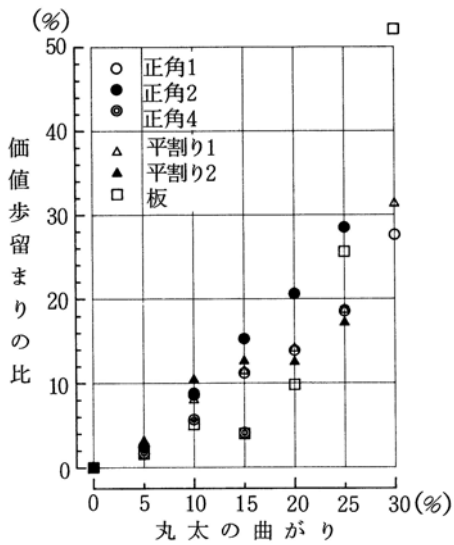


第4図 丸太の曲がりによる材積歩留まりの比の変化

4図に示す。丸太の曲がりが大きくなるにつれて歩留まりは曲がり5%では若干増加しているが、10%から



第5図 節のパターンによる価値歩留まりの比の変化



第6図 丸太の回転による価値歩留まりの比の変化

検討した。第6図に示すように、丸太の曲がりが大きくなるとほぼ2次元的に材積及び価値歩留まりの比（最大値／最小値）が大きくなる。すべての木取り方法の平均値では、曲がり30%になると、材積歩留まりの比は1.30、価値歩留まりの比は1.35となる。

価値歩留まりの比を木取り方法別に見ると、平均して大きいのが正角2木取りであり、板木取りは曲がりが大きくなると特異的に増加することがわかる。つまり、正角2木取りでは他の木取り方法に比べて全体的に丸太の心出し角度を変えることにより価値歩留まりの変化する値が大きいということであり、板木取りでは曲がりが大きくなるに従って変化する値が大きくなるということである。

ここで、板木取りの曲がり30%では価値歩留まりの比は1.5を超えるが、これはたとえば全くの素人が製材した場合と熟練者が製材した場合を比較すると50%も価値歩留まりが違う場合があるということになる。また、製材の自動化を考えた場合には、丸太の径級だけでなく丸太の曲がりの大きさ・方向も測定して、丸太の心出し角度も考慮した木取り方法を決定する必要があることを示唆している。

3.2 シミュレーション（2）結果

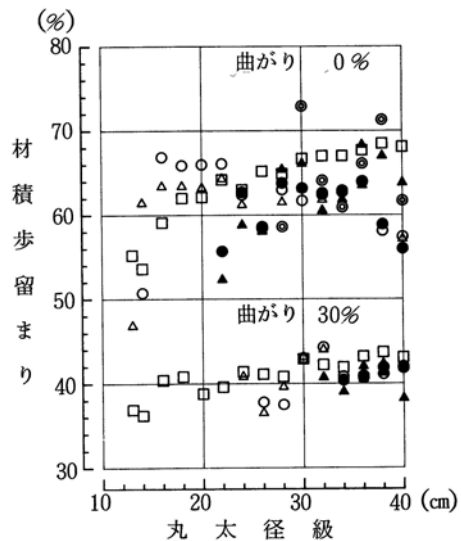
前述のように、シミュレーション（2）では丸太モデ

ルの実材積と末口2乗法による材積とは同一であるので、シミュレーションにより製品材積とのこくずの材積が求まると、残りはチップの材積とすることができる。

ここで、丸太モデルは節がなく曲がりがあるだけであり、製品はすべて1等であるとした。のこくずの材積については、アサリ幅を2mmとして計算した。

まず、第7図に丸太径級による材積歩留まりの変化を示す。丸太の曲がり0%（図中の上側）でのそれぞれの木取り方法における採材可能な最小丸太直径を見てみると、正角木取りでは、正角1が14cm、正角2が2cm、正角4が28cmと大きくなり、平割り木取りでは、平割り1が13cm、平割り2が22cmとなり、板木取りは13cmである。また、板木取りでは18cm以上では丸太径級が変化しても歩留まりは62~68%とやや安定しているが、その他の木取り方法では丸太径級の違いにより50~70%とかなりの変動が見られる。一方、丸太の曲がり30%（下側）の場合は、採材可能な最小丸太直径は板木取りでは13cmと同じであるが、その他の木取り方法では大きくなり、歩留まりは40%前後まで低下する。

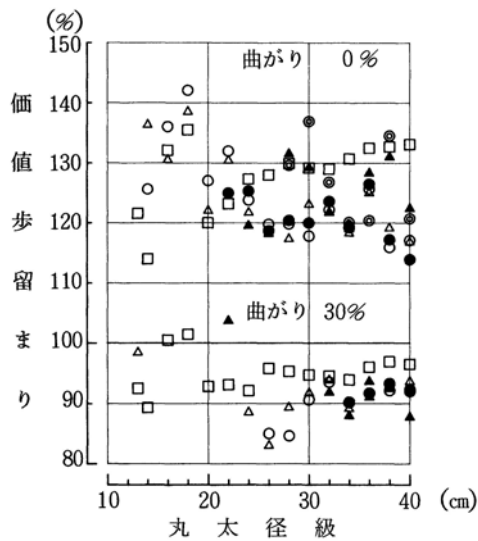
第8図に丸太径級による価値歩留まりの変化を示す。なお、この価値歩留まりにはのこくずとチップの価格



第7図 丸太径級による材積歩留まりの変化

注) 木取り方法

- 正角1
- 正角2
- ◎ 正角4
- △ 平割り1
- ▲ 平割り2
- 板

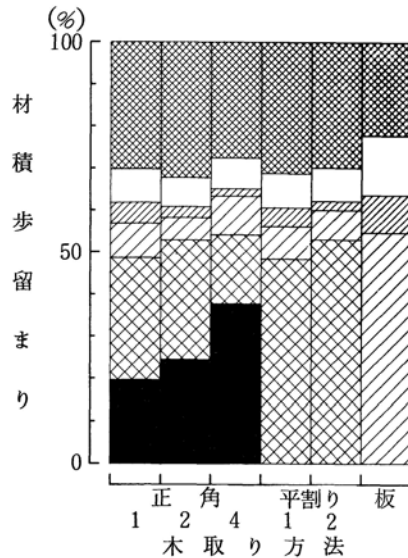


第8図 丸太径級による価値歩留まりの変化
注) 図中の記号は第7図と同様

が含まれている。曲がりが0%では、歩留まりは100～140%とかなりの変化が見られる（丸太価格を100%とする）。ここで、丸太径級ごとに最適な木取り方法を見てみると、正角木取りでは、13～22cmは正角1、24～26cmは正角2、28～40cmは正角4となり、平割り木取りでは、13～26cmは平割り1、28～40cmは平割り2となり、板木取りは13～40cmですべて採材可能である。曲がりが30%になると、ほとんどの場合で歩留まりが100%以下となり、丸太価格を下回ることがわかった。また、曲がりが大きくなると板木取りが適しているといえる。

木取り方法別の材積歩留まりを第9図に示す。この数値は各丸太径級での歩留まりを平均したものである。製品の歩留まりは60～65%で、のこくずは板木取りでは14%と大きいその他の木取りでは7～8%と小さく、逆にチップは板木取りでは22%と小さくその他の木取りでは28～30%と大きくなる。

板木取りでのこくずの割合が大きいのは、製品の厚さが1.2cmと薄い（正角は10.5cm、平割りは4.5cmである）ので、同一の丸太において採材される製品の数量が多く、つまり鋸断回数が多くなるためである。また、のこくずの量に反比例してチップの量が少なくなっている。

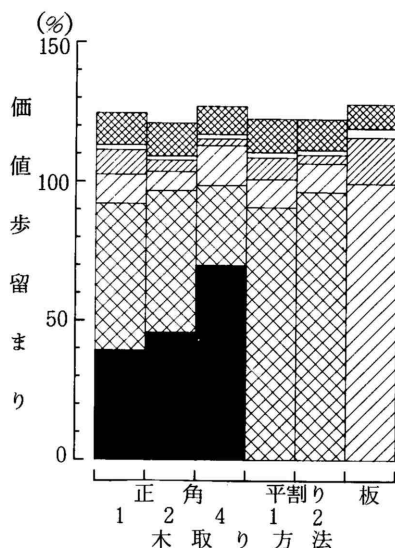


第9図 木取り方法別の材積歩留まり
注) 製品の種類

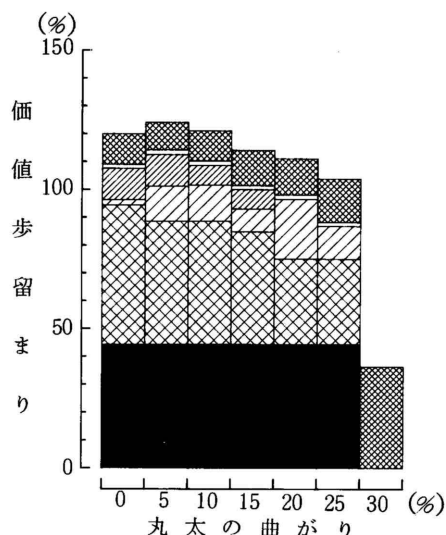
チップ
のこくず
スキ
板
平割り
正角

木取り方法別の価値歩留まりを第10図に示す。これは、丸太価格を100%とした場合のそれぞれの歩留まりを示しており、製品は106～116%と丸太価格を上回っており、更に1～3%ののこくずと9～12%のチップを加えると、全体では120%以上の歩留まりとなる。つまり、100円の丸太から120円以上の価値が生まれるということである。ただし、これらの値は丸太価格と製品価格が変化すればそれに従って変化するものであり、必ずしも固定的な値ではない。

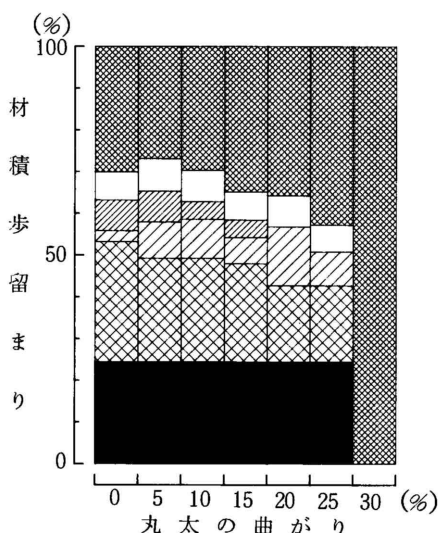
丸太の曲がりによる歩留まりの変化を見てみるが、一例として正角2木取り・丸太径級30cmでの材積歩留まりの変化を第11図に示す。まず、曲がりが0～25%では正角2丁が採材できるので正角の割合は24%と変化しない。平割りは曲がりが大きくなると29～18%と徐々に減少していく。板とスキの合計は8～16%と増減がある。そこで、製材品の合計では、曲がりが0%では63.2%の歩留まりが、曲がりが25%になると50.9%にまで低下する。また、のこくずは製材品の歩留まりの減少に伴って鋸断回数が少なくなるので減少して



第10図 木取り方法別の価値歩留まり
注) 図中の記号は第9図と同様



第12図 丸太の曲がりによる価値歩留まりの変化
注) 図中の記号は第9図と同様



第11図 丸太の曲がりによる材積歩留まりの変化
注) 図中の記号は第9図と同様

いき、逆にチップは増加していく。

同様に、正角2木取り・丸太径級30cmでの価値歩留まりの変化を第12図に示す。曲がり0%では、全体で120.0%であるが、曲がりが大きくなると徐々に低下していき、曲がり25%になると103.8%となる。曲がり30%ではこの木取り方法は不可能なので、かりに丸太すべてをチップにしたとすれば36.4%の歩留まりとなる。

ここで、たとえば丸太径級が13cm~40cm、曲がり0~30%の105 (15×7)本の丸太があるとして、すべての丸太に1本ずつ最も価値歩留まりの高くなる木取り方法を選び出すということを考えるとする。まず、丸太105本の価格は589,274円である。これらの丸太をすべて同じ木取りパターンでのみやるとすれば第5表に示すように板木取りが最高で682,888円の総価格となる。そこで、1本1本ごとに最も価値歩留まりの高くなる木取り方法を選び出していくとすれば、総価格は688,692円となり、丸太価格の16.9%アップとなる。

最後に、今回のシミュレーションでは正角・平割り・板・ヌキの製品しか考慮しなかったが、一般的にはこの外に平角 (10.5×12~30cm)・タルキ (4.5×4.5cmの正割り)・ドーブチ (1.8×4.5cmの平割り) 等が採材されている。人工林材のトドマツ (丸太径級18~30cm、曲がりの平均8.5%)での試験結果³⁾では、材積及び価値歩留まりは第6表のようになる。これでは、シミュレーション結果とは反対に板木取りが最も歩留まりが低くなっているが、これはタルキ・ドーブチの小物製品が正角及び平割り木取りでは材積歩留まりで9~12%採材されるが、板木取りでは2%と少ないためである。そこで、丸太の曲がりが大きくなると

第5表 木取り方法別の総価格 (単位:円)

丸太径級	丸太価格	最大値	最小値	正角1	正角2	正角4	平割り1	平割り2	板
13 cm	7,707	8,475	3,299	3,299	3,299	3,299	3,911	3,299	8,475
14	8,953	10,017	3,832	4,891	3,832	3,832	6,238	3,832	9,445
16	11,564	13,918	4,949	9,478	4,949	4,949	10,469	4,949	13,723
18	14,672	18,170	6,280	13,947	6,280	6,280	15,332	6,280	17,762
20	20,601	22,938	7,767	19,144	7,767	7,767	20,575	7,767	22,579
22	24,976	28,815	9,416	26,589	12,531	9,416	26,392	14,079	27,759
24	29,631	33,919	11,171	31,053	22,278	11,171	32,797	25,030	33,644
26	34,860	40,044	13,142	38,097	29,292	13,142	37,684	32,753	40,009
28	40,362	47,610	15,216	42,928	37,323	20,515	43,135	39,849	47,051
30	47,460	56,561	23,097	53,414	50,178	31,066	54,300	51,017	55,489
32	54,663	63,050	32,946	60,980	56,740	40,974	60,941	60,660	62,823
34	61,677	71,466	44,020	66,946	66,867	51,932	66,417	66,453	71,466
36	69,132	81,102	56,827	76,677	77,013	56,827	76,440	78,988	80,993
38	77,028	91,531	63,328	84,225	84,577	75,994	85,061	89,000	90,618
40	85,358	101,076	77,225	92,565	91,406	80,529	92,589	95,296	101,052
合計	589,274	688,692	372,515	624,233	554,332	417,693	632,281	579,252	682,888

第6表 トドマツ人工林材の試験結果

材種	寸法 (cm)	材積歩留まり (%)			価値歩留まり (%)		
		正角 a)	平割り b)	板 c)	正角 a)	平割り b)	板 c)
正角	10.5×10.5	24.6	—	—	46.0	—	—
平割り	4.5×10.5	21.3	49.2	—	37.8	89.2	—
板	1.2×12~30	1.1	5.4	55.9	1.7	9.0	101.9
小幅板	1.2×7.5~10.5	5.4	7.1	7.9	6.6	8.6	9.6
ヌキ	1.8×10.5	8.9	1.9	0.9	16.1	3.2	1.6
タルキ	4.5×4.5	4.8	3.1	0.4	7.4	4.8	0.7
ドーブチ	1.8×4.5	7.2	5.9	1.9	6.0	5.9	1.2
合計		73.4	72.7	67.0	121.7	120.9	115.0

注 a): 正角 を中心に採材する木取り方法
 b): 平割り "
 c): 板 "

これらの小物製品がもっと多くなると考えられ、したがって曲がりが大きくなるほど今回のシミュレーションの数値より歩留まりが大きくなり低下の比率が少なくなると予想される。

したがって、今回のシミュレーションをより正確かつ有効なものにするためにもこれらの小物製品の採材を考慮する必要がある。

4. まとめ

以上より、一般的なエゾマツ・トドマツを対象として製材のシミュレーションを行った結果、次のことがわかった。

1. 丸太の曲がり率が30%となると、材積及び価値歩留まりは曲がりのない丸太の65%となる。

2. 丸太の曲がり率が30%になると、同一の丸太でも心出し角度の違いにより30%も歩留まりが変化する。

3. 正角木取りでは、丸太径級が13~22cmでは正角1、24~26cmでは正角2、28~40cmでは正角4の各木取り方法が最も歩留まりが高くなる。平割り木取りでは、13~26cmでは平割り1、28~40cmでは平割り2の木取り方法が高くなる。板木取りは13~40cmですべて採材可能である。

4. 製品別の歩留まりは、材積歩留まりでは製品が60~65%、のこずが板木取りでは14%でその他の木取りでは7~8%、チップは板木取りでは22%でその他の木取りでは28~30%となる。丸太価格を100%とした価値歩留まりでは、製品は106~116%、のこずは1~3%、チップは9~12%となり、全体では

121~128%となる。

つまり、今回のようにいろいろな条件の丸太モデルについて製材のシミュレーションを行えば、各種の木取り方法での歩留まりを予測することができ、丸太径級や曲がりの大きさに合わせて最適な木取り方法の決定も行うことができた。

しかし、このようなシミュレーションの手法は単に歩留まりを予測するというだけではなく、実際の工場において役に立ついろいろな使い道があると考えられることができる。

たとえば、丸太等の計測を行い、そのデータから自動的に最適な木取り方法を決定すること、また、製材工場のレイアウトを設計する際に、各々の機械がどの

ような木取りを行っていけば良いのかを検討し、機械の種類や台数を決定すること、更に、実際に稼働している工場では現状の機械の中でどの機械が生産性の向上のネックとなっているのかを捜し出すこと等が考えられる。

文 献

- 1) 中田欣作：林産試月報，392，9（1984）
- 2) 中田欣作：林産試月報，410，3（1986）
- 3) 製材試験科：林産試場報，1，5，3~4（1987）

- 試験部 製材試験科 -
(原稿受理 昭62.10.30)