

シベリア産エゾマツ製材工場のレイアウトと生産性

茅原正毅*¹, 坂井正孝*²

The Layout of a Siberian Spruce-Sawmill, and Its Productivity

KAYAHARA Masaki*¹, SAKAI Tadayuki*²

The layout of a Siberian spruce-sawmill and its productivity were studied.

The layout was made on the basis of some set conditions, such as the number of working days, the size of products, the thickness of the bandsaw, the log diameter and cutting time.

Results obtained are summarized as follows:

- 1) The model layout of 40,000m³/year log-consumption could be obtained.
- 2) The break even point of log-consumption of a Siberian spruce-sawmill is about 31,000m³/year.
- 3) The cost of a sawmill can be decrease considerably by the automation of the sawing process.

シベリア産エゾマツ製材工場のレイアウトとその生産性について検討した。

レイアウトは稼働日数、製品寸法、帯鋸厚さ、原木寸法および切削必要時間のような数種の設定条件に基づいて行った。

得られた結果は次のように要約される。

- 1) 年間原木消費量40,000m³のモデル(標準となる)工場のレイアウトが得られた。
- 2) シベリア産エゾマツ製材工場の原木消費量の損益分岐点は約31,000m³/年である。
- 3) 製材コストは工程の自動化によってかなり減少できる。

1. はじめに

北洋材製材工場は低付加価値性、米材等との競合、人手不足などから苦境に立たされている。これらの技術面からの対応策として、高付加価値製品の

開発、あるいは省力・自動化機械の開発などもあるが、基本的に重要なことは、現状の生産性をより以上に上げるための様々な角度からの検討、取組みであろう。ここではケーススタディとしてシベリア産

1993年10月22日受理

本報告の一部は第43回日本木材学会(1993年, 岩手大学), および日本木材学会中部支部大会(1992年, 高岡短期大学)において発表した。

* 1 企画管理部 * 2 木材試験場

エゾマツ製材工場のレイアウトと採算性を検討した結果について述べる。

しかし製材工場のレイアウトに関連する要因はきわめて多く、条件が様々に異なる北洋材工場すべてにあてはまる最適レイアウトは存在しないとすることも過言ではない。したがってここではレイアウトの際の基本的、原則的なものを求める意味で予め数段階の条件を設定し、それに基づくレイアウトと生産性（採算性）について検討した。

2. レイアウトの方法

2.1 目標

富山県における北洋材製材工場の典型的なタイプは、いわゆる臨海型の少品種量産工場であり、エゾマツによる垂木、胴縁、貫等を生産する工場が代表的である。したがってここでは目標として、最新鋭の機械設備も導入してできるだけ生産効率向上を図ったレイアウトを考えてみた。さらに工程を一部自動化した場合の採算性についても検討した。

2.2 考え方

(1)生産性を高めるために、機械、人を過不足なく配置し、切削能力を100%引き出す。このためには機械相互の切削バランスをとることが肝要で、これがレイアウトのポイントであり、基本と思われる。

(2)ロスタイムを少なくし、かつトラブルに強いレイアウトとする。そのために①できるだけシンプルなレイアウトとし、材の流れが直線的に最短距離になるようにする。②バイパスを設け、ライン全体の停止を防ぐ。③製品の出し入れが容易なものとする。

(3)木取り方法は箱挽き、だら挽き、その他各種の方法があるが、県内には箱挽き木取りが多い。言うまでもなく大割後の挽材は、箱挽き木取りの場合は幅決め材が主体、また、だら挽き木取りの場合は耳付き材となる。生産性だけを考えるとだら挽き木取りの方がやや有利とも考えられるが、自動化のし易さ、あるいは今後の乾燥工程導入などを考えて、こ

こでは箱挽き木取りとした。

2.3 条件の設定

(1)操業日数

年間260日、285日

操業日数については、県内でも土曜日の月1、2回休業がやや普及してきたため、年間280日を切る工場も出てきたが、一応最小最大日数の意味で設定した。なお今後の傾向として、従業員個人に対しては一斉休日ではなく、変則交替制などにより、就業日数の減少がさらに進むものと見られる。

(2)製品寸法

長さ3種：3.8m、3m、2m

プレーナー削り代：1.5mm

垂木：40.0mm×40.0mm(40.0mm×41.5mm)

胴縁：40.0mm×16.0mm(40.0mm×17.5mm)

貫：57.0mm×12.0mm(57.0mm×13.5mm)

72.0mm×12.0mm(72.0mm×13.5mm)

製品材種・寸法は、各工場、各種各様であるが、一応3種、代表的寸法とした。またプレーナー仕上げを行えば、これによって当然歩留まりは低下するが、今後は導入が避けられないと考え、削り代1.5mm(両面)をみた。

(3)帯鋸厚さ、および挽道幅

18G(1.25mm)、2.3mm幅

現在、鋸厚は18G(1.25mm)、あるいは19G(1.05mm)などが一般的に用いられているが、切削時間を短縮し、生産性を上げ易いものとして18G(挽道幅2.3mm)とした。

(4)原木径と本数比率

原木径と本数比率も各工場によってかなり異なるが、県内数社を調査し、その結果に基づく平均的な数値とした。これを表-2-1に示す。

(5)使用機械と切削必要時間

使用切削機械については、各種の製材機械が市販されている中で、北洋材製材工場に汎用されているものとして、ツインバンドソー、オートテーブル、横

表-2-1 原木末口径と本数比率

末口径 (cm)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	平均21.6cm
本数比率(%)	12	14	15	13	12	8	8	5	4	3	2	2	1	1	100%

バンドソー、プレーナーギャングリッパにしばった。

製材工程のフローは図-2-1のとおり。

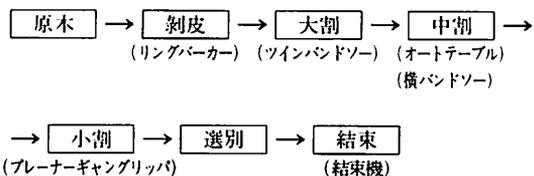


図-2-1 製材工程フロー

ツインバンドソーの切削必要時間は工場全体の生産性を左右すると思われるため、これを表-2-2のように4段階設定した。あわせてその他の機械の切削必要時間も示すが、これは3.4で後述するように、ツインバンドソーの4段階の切削時間それぞれとバランスするように設定した。

表-2-2 使用機械と切削必要時間

機械名	ツインバンドソー	オートテーブル	横バンドソー	プレーナーギャングリッパ
必要時間	31秒	12秒	8秒	8.5, 8秒
	33秒	12秒	8秒	9.0, 8秒
	36秒	13秒	9秒	9.5, 9秒
	38秒	13秒	9秒	9.5, 9秒

注) ツインバンドソーの必要時間は、第1カット後、90°回転して木返し、第2カットする総時間

また3.1で述べるように、これにともなう1日の挽材可能本数(挽材可能材積)を算出し、これを基に採算性の検討を進めた。

現状におけるツインバンドソーの切削時間は、最近では中径材1本4面カット1サイクルが20秒台の最新式の機械も出てきている。しかし県内工場のそれは40秒以上のところが多い。この原因として、ツインバンドソーの切削時間を短縮すると、後に続く小割工程で材が滞留してしまうためにスピードを落さざるを得ないこと、また機械の老朽化などがあげ

られる。

その他の機械の切削必要時間は、工場によってはこれより長時間を要している場合もあるが、現状の技術を駆使すれば十分達成可能と思われる。なお原木1本を切削するための要素作業時間の合計は、実際の原木の切削時間をオーバーするが、これは例えば鋸断中すでに次の原木がプリセットされているように、重複時間がかかなりあるためである。

以上は条件設定に対する一応の根拠であるが、必ずしも厳密な調査によるものではなく、ここではあくまでもレイアウトおよび採算性を検討していくための設定条件とした。

3. レイアウトの作成

3.1 原木の挽材本数

まず最初に、表-2-2のツインバンドソーの切削時間から一日あたりの挽材総本数を求め、740, 700, 640, 604本に設定した。さらに本数比率により径級ごとに本数を算出した。これより径級ごとに原木の材積を求めた。この結果を表-3-1に示す。なお740, 700, 640, 604本に設定した理由は、ツインバンドソーの実稼働時間を23,000秒として計算したためであるが、これについては3.4で詳述する。

3.2 木取り

木取り方法は、第1カットおよび第2カットはツインバンドソーによる4面カットとし、これより垂木を採る工程とした。残りの背板に対しては最大歩留まりになるように胴縁、貫を採材する工程とした。原木径級ごとの木取り図を図-3-1, 3-2に示す。

3.3 切削回数

上記図-3-1, 3-2より径級別に原木1本あたりの各機械の切削回数を求めた。これを表-3-2に示す。

次に原木消費量を740, 700, 640, 604本/日とした場合、それぞれ1日あたりの切削回数を機械ごとに求めた。これを表-3-3に示す。

3.4 切削必要時間

表-2-2の切削必要時間と上記表-3-3の1日あたりの本数に対する切削回数から、各機械の1日の切削必要時間を求めた。さらに1日28,800秒(8時間×3600秒)とした場合の稼働率を求めた。こ

表-3-1 原木の末口径と本数、材積（1日あたり）

末口径(cm)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	合計	
本数(本)	89	104	111	96	89	59	59	37	30	22	15	15	7	7	740本	
	84	98	105	91	84	56	56	35	28	21	14	14	7	7	700本	
	77	90	96	83	77	51	51	32	26	19	13	13	6	6	640本	
	73	85	91	78	73	48	48	30	24	18	12	12	6	6	604本	
本数比率(%)	12	14	15	13	12	8	8	5	4	3	2	2	1	1	100%	
原木1本 当たり 材積(m ³)	0.07448	0.09728	0.12312	0.15200	0.18392	0.21888	0.25688	0.29792	0.34200	0.38912	0.43928	0.49248	0.54872	0.60800	-	
原木 総材積 (m ³)	740本	6.629	10.117	13.666	14.592	16.369	12.914	15.156	11.023	10.260	8.561	6.589	7.387	3.841	4.256	141.360m ³
	700本	6.256	9.533	12.928	13.832	15.449	12.257	14.385	10.427	9.576	8.172	6.150	6.895	3.841	4.256	133.957m ³
	640本	5.698	8.730	11.808	12.616	14.168	11.169	13.107	9.536	8.892	7.391	5.707	6.396	3.294	3.648	122.160m ³
	604本	5.411	8.258	11.154	11.910	13.361	10.541	12.371	8.997	8.374	6.988	5.378	6.029	3.135	3.474	115.381m ³
総材積比率(%)	5	7	10	10	12	9	11	8	7	6	4	5	3	3	100%	

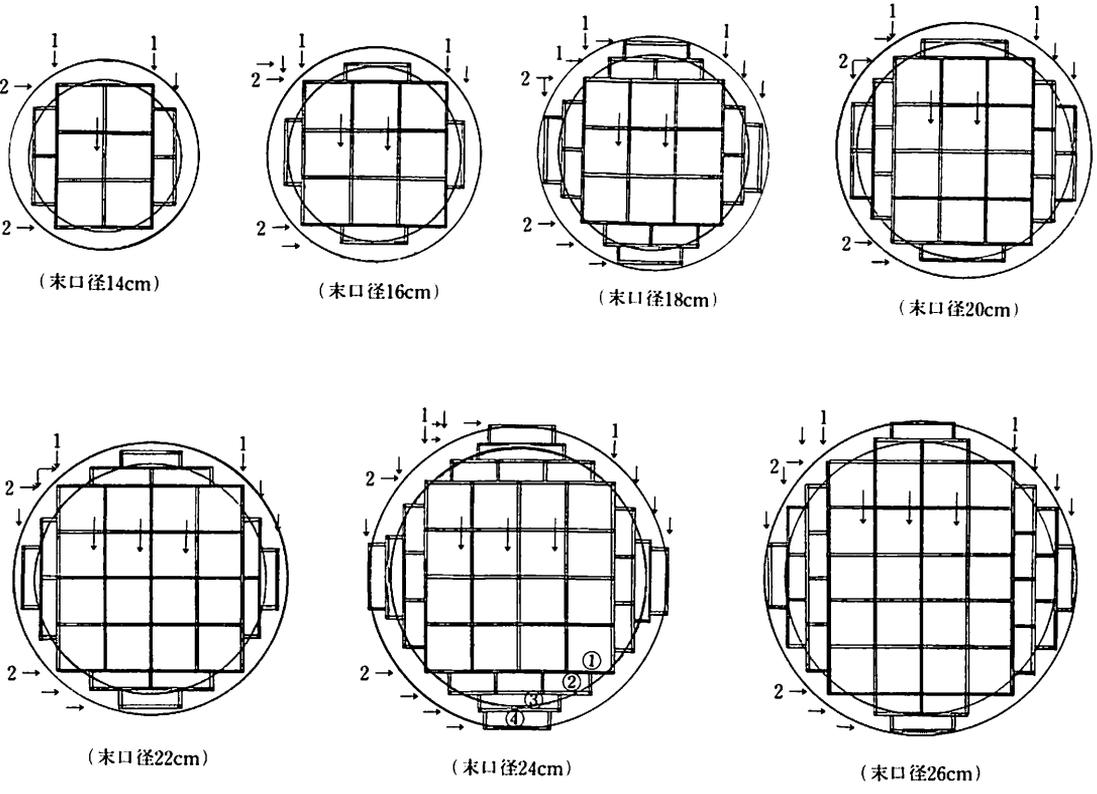


図-3-1 木取り図 (末口径 14~26cm)

- 注) 1) 1および2は、それぞれツインバンドソーの第1カット、第2カットを示す。
- 2) 内円は末口、外円は元口を示す。なお元末の差は、4cm一定とした。
- 3) ①は垂木、②は胴縁、③は貫 (72mm長さ)、④は貫 (57mm長さ)を示す。

れを表-3-4に示す。

表より、ツインバンドソーの稼働率はいずれも約80%となっている。この80%の値、即ち8時間×3,600秒×0.80≒23,000秒は、現状の北洋材製材工場の実稼働時間(鋸替え、清掃時間等を省いた実生産時間)としてはベストにかなり近い値と思われ、県

内の生産性に優れた工場で行った調査結果ともほぼ一致する。逆にツインバンドソーに限らず、製材機械の一日の実稼働時間が23,000秒に達すれば、それらはほぼフル稼働している、と言える。なお鋸替え、清掃時間を8時間以外にとることにより、あるいは休憩時間を担当者だけ別にとって、鋸替えを休憩時

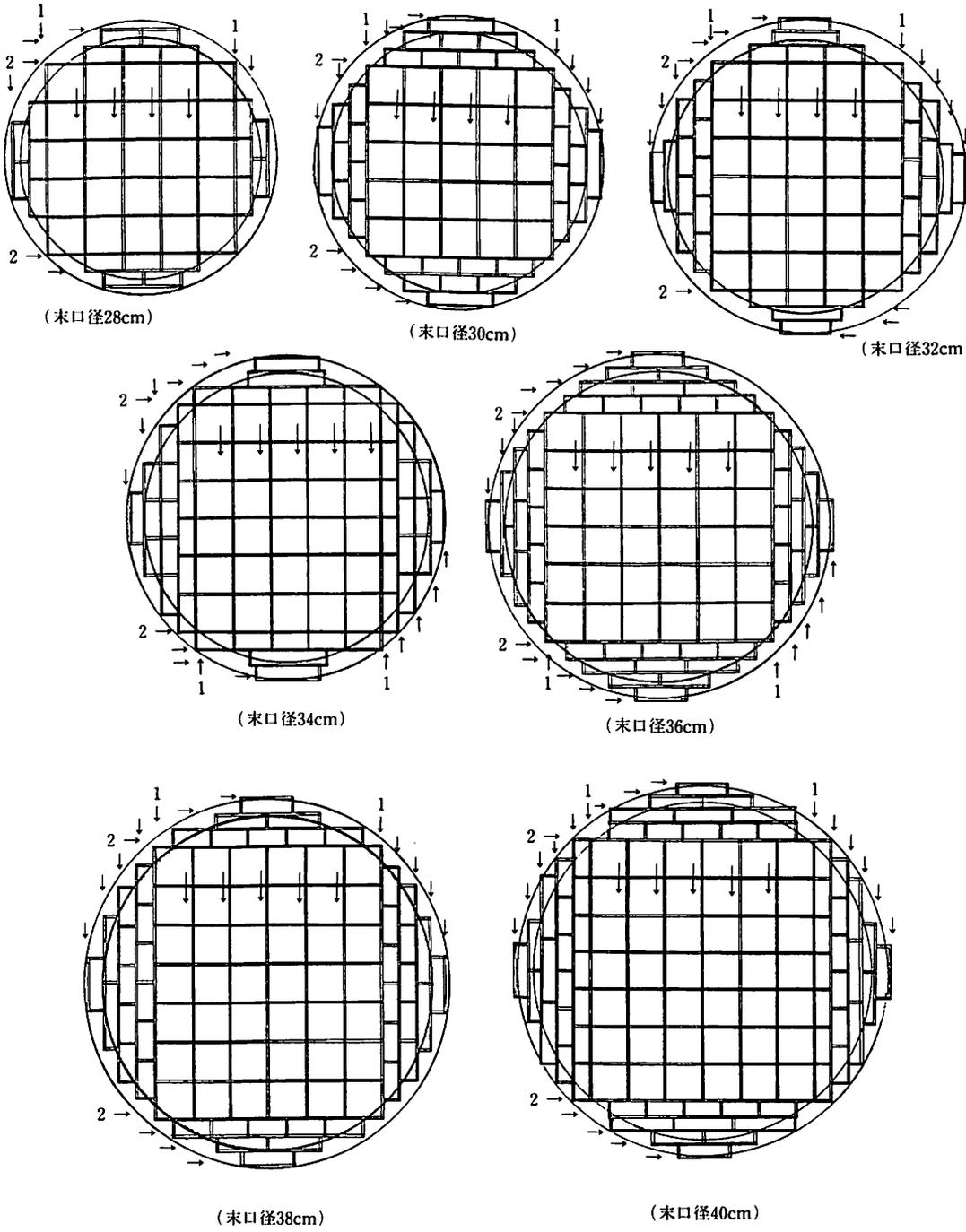


図-3-2 木取り図 (末口径 28~40cm)

表-3-2 径級別、各製材機械の切削回数（1本あたり）

末口径 (cm)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	合計
ツインバンドソー	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14回
オートテーブル	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	47回
ギャングリッパ	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	61回
第1横バンドソー	2	0	4	4	4	4	6	8	8	6	8	4	6	6	70回
第2横バンドソー	0	4	4	2	4	8	4	0	4	8	6	12	8	12	76回
第1ギャングリッパ	2	0	4	4	4	4	6	8	8	6	8	4	6	6	70回
第2ギャングリッパ	0	4	4	2	4	8	4	0	4	8	6	12	8	12	76回

注) ツインバンドソーは第1カット、第2カットの時間が異なることから、第1カット、第2カットを合わせて1回の切削回数とした。

表-3-3 切削回数（1日あたり）

末口径 (cm)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	合計
ツインバンドソー	89	104	111	96	89	59	59	37	30	22	15	15	7	7	740回
	84	98	105	91	84	56	56	35	28	21	14	14	7	7	700
	77	90	96	83	77	51	51	32	26	19	13	13	6	6	640
	73	85	91	78	73	48	48	30	24	18	12	12	6	6	604
オートテーブル	89	208	222	192	267	177	177	148	120	88	60	75	35	35	1893回
	84	196	210	182	252	168	168	140	112	84	56	70	35	35	1792
	77	180	192	166	231	153	153	128	104	76	52	65	30	30	1714
	73	170	182	156	219	144	144	120	96	72	48	60	30	30	1544
ギャングリッパ	178	312	333	288	356	236	236	185	150	110	75	90	42	42	2633回
	168	294	315	273	336	224	224	175	140	105	70	84	42	42	2492
	154	270	288	249	308	204	204	160	130	95	65	78	36	36	2277
	146	255	273	234	292	192	192	150	120	90	60	60	36	36	2136
第1横バンドソー	178	0	444	384	356	236	354	296	240	132	120	60	42	42	2884回
	158	0	420	364	336	224	336	280	224	126	112	56	42	42	2730
	154	0	384	332	308	204	306	256	208	114	104	52	36	36	2494
	146	0	364	312	292	192	288	240	192	108	96	48	36	36	2350
第2横バンドソー	0	416	444	192	356	472	236	0	120	176	90	180	56	84	2822回
	0	392	420	182	336	448	224	0	112	168	84	168	56	84	2674
	0	360	384	166	308	408	204	0	104	152	78	156	48	72	2440
	0	340	364	156	292	384	192	0	96	144	72	144	48	72	2304
第1ギャングリッパ	178	0	444	384	356	236	354	296	240	132	120	60	42	42	2884回
	168	0	420	364	336	224	336	280	224	126	112	56	42	42	2730
	154	0	384	332	308	204	306	256	208	114	104	52	36	36	2494
	146	0	364	312	292	192	288	240	192	108	96	48	36	36	2350
第2ギャングリッパ	0	416	444	192	356	472	236	0	120	176	90	180	56	84	2822回
	0	392	420	182	336	448	224	0	112	168	84	168	56	84	2674
	0	360	384	166	308	408	204	0	104	152	78	156	48	72	2440
	0	340	364	156	292	384	192	0	96	144	72	144	48	72	2304

注) 総切削回数のうち、1段めは1日あたりの原木総消費量740本の場合、2段めは700本の場合、3段めは640本の場合、4段めは604本の場合の数値。

表-3-4 1日の切削必要時間

機 械 名	ツインバンドソー	オートテーブル	ギヤングリッパ	第1横バンド	第2横バンド	第1ギヤング	第2ギヤング
1切削当りの必要時間(秒)	31	12	8.5	8	8	8	8
	33	12	9.0	8	8	8	8
	36	13	9.5	9	9	9	9
	38	13	9.5	9	9	9	9
1日の必要時間(秒)	31秒×740回 =22,940	12秒×1,893回 =22,176	8.5秒×2,633回 =22,381	8秒×2,884回 =23,072	8秒×2,822回 =22,576	8秒×2,884回 =23,072	8秒×2,822回 =22,576
	33秒×700回 =23,100	12秒×1,792回 =21,504	9.0秒×2,492回 =22,428	8秒×2,730回 =21,840	8秒×2,674回 =21,392	8秒×2,730回 =21,840	8秒×2,674回 =21,392
	36秒×640回 =23,040	13秒×1,637回 =21,281	9.5秒×2,277回 =21,632	9秒×2,494回 =22,446	9秒×2,440回 =21,960	9秒×2,494回 =22,446	9秒×2,440回 =21,960
	38秒×604回 =22,952	13秒×1,544回 =20,072	9.5秒×2,136回 =21,360	9秒×2,350回 =21,150	9秒×2,304回 =20,736	9秒×2,350回 =21,150	9秒×2,304回 =20,736
稼 働 率(%)	79.7(100)	78.9(97)	77.7(98)	80.1(101)	78.4(98)	80.1(101)	78.4(98)
	80.2(100)	74.7(93)	77.9(97)	75.8(95)	74.3(93)	75.8(95)	74.3(93)
	80.0(100)	77.4(97)	75.1(94)	77.9(97)	76.3(95)	77.9(97)	76.3(95)
	79.7(100)	69.7(87)	70.5(88)	73.4(92)	72.0(90)	73.4(92)	72.0(90)

注) 稼働率=総所要時間(秒)÷8時間×3,600秒
 ()内の数値はツインバンドソーの値を100とした場合の比率

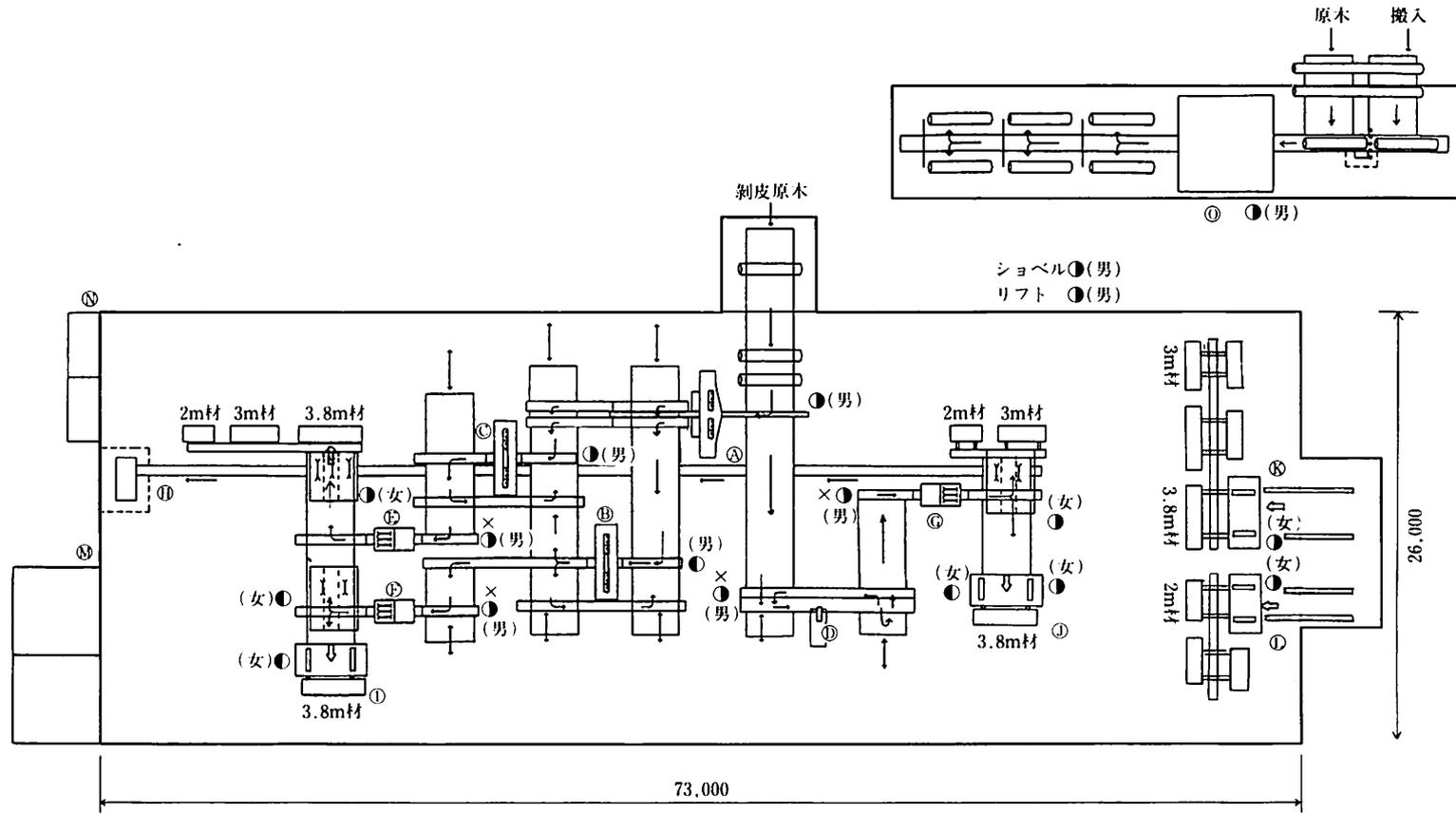


図-3-3 工場レイアウト

記号	機 械 名	記号	機 械 名	記号	機 械 名	記号	機 械 名	記号	機 械 名
A	ツイン帯のご盤	D	オートテーブル帯のご盤	G	プレーナーギャングリッパ	G	全自動結束機	M	集塵装置
B	横型帯のご盤	E	プレーナーギャングリッパ	H	アンダーチップパー	K	結束機	N	防ばい浸漬
C	横型帯のご盤	F	プレーナーギャングリッパ	I	全自動結束機	L	結束機	O	リングバーカー

注) ×は自動化した場合に不要となる作業員

間中に行ってしまうこと等によって23,000秒を上回ることも可能ではあるが、ここでは標準的な作業状態のもとでの良好条件として23,000秒を設定した。

ここでツインバンドソーの稼働率を100とした場合、各機械の稼働率比率を切削時間4条件それぞれにおいて求め、表-3-4中で表わしてみた。その結果、すべての機械が87~101%の範囲にあり、このような切削時間条件で各機械相互の切削バランスがとれていることがわかる。

以上のことを確認し、さらに2.2で示した考え方でレイアウトしてみた。

3.5 レイアウト

レイアウトを図-3-3に示す。

図-3-3において、主な製材工程は次のとおりである。

- (1)原木を搬入し、短定材(3.8m)はそのままで、また長定材(7.6m)は玉切り後、剥皮する。
- (2)リングバーカー(O)で、剥皮後、原木を両側にふり分け、元末をそろえる。
- (3)剥皮原木をツインバンドソー(A)にかけ、たいこ挽きする(第1切削)。その後90°回転し、4面カットする(第2切削)。4面カット材は右側の垂木採材ラインへ、また背板は左側の胴縁、貫の採材のラインへ搬送する。
- (4)垂木の採材ラインではオートテーブル(D)により41.5mm厚にカットし、必要に応じてリターン装置によりリターンする。
- (5)41.5mm厚板材はプレーナーギャングリッパ(G)により40.0mm厚にプレーナーがけ後、40.0mm幅で小割りし、垂木を採材する。
- (6)垂木は女性により選別し、3.8m材(1等材)に対しては自動結束する。3.8m長さを確保できない材は、3または2mにカット(2, 3等材)し、堆積する。一定量が集まれば、リフトによって図の右側の結束場へ運び結束する。
- (7)一方、胴縁、貫の採材ラインへ搬送した背板は、厚さに応じて胴縁採材用の第1横バンドソー(B)に送り、17.5mm厚にカットする。残材から再度胴縁を採材できる場合はリターンし、貫を採材できる場合は第2横バンドソー(C)に送る。17.5mm厚板材はプレーナーギャングリッパへ送り、プレーナーがけ後、40.0mm幅に小割りし、胴縁を採材する。

これを垂木と同様に選別し、結束する。3.8m材およびその長さに達しない材は、それぞれ(6)と同様に結束にする。

- (8)背板の厚さ寸法により、当初から貫を採材する予定の背板は第2横バンドソー(C)へ送り、胴縁と同様に小割りし、選別後結束する。
- (9)最後の防ばい浸漬槽で防ばい処理をして、保管する。

4. 採算性の検討

以上のようなレイアウトのもとで製材した場合の採算性について以下検討する。

4.1 生産額

表-4-1 製材品の設定価格

記号	寸法	長さ	設定価格
A	40.0×40.0mm	3.8m	47,000円/m ³
Ⓐ	40.0×40.0	3.8	37,000円/m ³
B	40.0×16.0	3.0	37,000円/m ³
C	40.0×16.0	2.0	21,000円/m ³
D	40.0×16.0	3.8	53,000円/m ³
E	40.0×16.0	3.0	32,000円/m ³
F	40.0×16.0	2.0	24,000円/m ³
G	57.0×12.0	3.8	54,000円/m ³
H	57.0×12.0	3.0	33,000円/m ³
I	57.0×12.0	2.0	24,000円/m ³
J	72.0×12.0	3.8	54,000円/m ³
K	72.0×12.0	3.0	33,000円/m ³
L	72.0×12.0	2.0	24,000円/m ³

注) Ⓐ: Aの寸法で丸身のついたもの

木取図から原木径級ごとに採材される製材品の材積、さらにこれより生産額を求める。まず製材品の設定価格を表-4-1に示す。なおこの価格は平成4年7月の平均値を参考に設定した。

原木1本あたりの材積と生産額は、末口径14cmの場合を示すと表-4-2のようになる。以下同様にして原木末口径16~40cmの場合について求め、さらにこれを基に、1日あたりの製材品材積を算出した。

なおここで3.8m材に満たない短尺材(3.0m材)の採取可能性の判断は、図-3-1、3-2の木取り図において、末口部における材断面の欠け度合、丸みのかかり方等によった。

これらを一括して表-4-3に示した。ここで得られた材積歩留まり64%は、県内工場の平均的レベ

ルと思われ、ブレンダーがけによる歩留まり低下を考えれば、決して悪い数値ではない。

また製材品生産額は、主製品である製材品と共に副製品であるチップ、鋸屑の生産額も求め、両者あわせた合計額とした。原木消費量740本/日の場合の年間生産額を表-4-4に示した。

同様にして原木消費量700, 640, 604本/日の場合の年間生産額を算出し、表-4-5に示した。

4.2 製材コスト

製材コストに関係する要因は数多くあるが、そのうち予め設備費、目立、刃物費、廃材処理経費、消耗品費について以下のように算出した。

4.2.1 設備費

上記のレイアウトに対する主な使用機械の電気容

表-4-2 木取り図による製材品材積(末口径14cm)

記号	寸法	長さ	採材数	材積小計	生産額
A	40.0×40.0mm	3.8m	6本	0.03648m ³	47,000円×0.03648m ³ =1,714.56円
B	40.0×40.0	3.0			
C	40.0×40.0	2.0			
D	40.0×16.0	3.8	4本	0.00973m ³	53,000円×0.00973m ³ =515.69円
E	40.0×16.0	3.0			
F	40.0×16.0	2.0			
G	57.0×12.0	3.8			
H	57.0×12.0	3.0			
I	57.0×12.0	2.0			
J	72.0×12.0	3.8			
K	72.0×12.0	3.0			
L	72.0×12.0	2.0			
	合計	—	10本	0.04621m ³	2,230.25円

表-4-3 木取り図による製材品材積（1日あたり）

末口径 (cm)		14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	合計
1本当り (本) 3.8m材採材数 (材積比率)	A 6 D 4	A 5	A 0 D 8	A 12 D 6	A 12	A 16 D 12	A 20 D 10	A 21 D 12	A 25 D 20	A 26 D 16	A 30 D 20 J 2	A 36 D 20 C 4	A 38 D 20	A 42 D 28 J 4	A 298 D 176 G 4 J 6 (84.24%)	
	(100%)	(48.31%)	(93.13%)	(89.47%)	(62.22%)	(38.87%)	(87.51%)	(84.20%)	(90.01%)	(81.61%)	(87.19%)	(87.89%)	(80.84%)	(85.30%)		
		Ⓐ 4 (39.65%)			Ⓐ 4 (20.41%)											Ⓐ 8 (1.80%)
		H 4 (13.04%)		K 2 (5.30%)	E 8 (13.78%)	K 4 (7.29%)	E 8 (9.21%)	B 4 (10.30%)	E 8 (6.89%)	B 4 E 4 (11.14%)	E 10 (7.05%)	H 16 (10.38%)	B 4 E 12 H 4 K 4 (17.58%)	E 8 H 8 K 4 (13.31%)	B 12 E 58 H 32 K 18 (10.48%)	
1本当り (本) 2m材採材数 (材積比率)			I 4 (6.87%)	F 4 (5.23%)	I 4 (4.59%)	I 4 (3.84%)	I 4 (3.28%)	F 8 (5.50%)	L 4 (3.10%)	F 4 I 4 L 4 (7.25%)	F 8 I 4 (5.76%)	I 4 (1.73%)	I 4 (1.58%)	I 4 (1.39%)	F 24 I 36 L 8 (3.48%)	
1本当り材積 (m ³)		0.0462	0.0629	0.0797	0.0979	0.1192	0.1423	0.1668	0.1863	0.2229	0.2414	0.2725	0.3162	0.3460	0.3946	-
総本数に対する材積 (m ³)	740本	4.1118	6.5416	8.8467	9.3984	10.6088	8.3957	9.8412	6.8931	6.6873	5.3108	4.0875	4.7430	2.4220	2.7622	90.6501m ³
	700本	3.8808	6.1642	8.3685	8.9089	10.0128	7.9690	9.3408	6.5205	6.2412	5.0694	3.8150	4.4268	2.4220	2.7622	85.9021m ³
	640本	3.5574	5.6610	7.6512	8.1257	9.1784	72.573	8.5068	5.9616	5.7954	4.5866	3.5425	4.1106	2.0760	2.3676	78.3781m ³
	604本	3.3726	5.3465	7.2527	7.6362	8.7016	6.8304	8.0064	5.5890	5.3496	4.3452	3.2700	3.7944	2.0760	2.3676	73.9382m ³
材積歩留り (%)	740本	62.03	64.66	64.74	64.41	64.81	65.01	64.93	62.53	63.18	62.03	62.04	64.21	63.06	64.90	64.13%
	700本	62.03	64.66	64.73	64.41	64.81	65.02	64.93	62.53	63.18	62.03	62.03	64.20	63.06	64.90	64.13%
	640本	62.43	64.85	64.80	64.41	64.78	64.98	64.00	62.52	65.18	62.06	62.07	64.27	63.02	64.90	64.16%
	604本	62.33	64.74	65.02	64.12	63.13	64.80	64.72	62.12	63.88	62.18	60.80	62.94	66.22	68.13	64.08%

注) 材積歩留り = 製材品総材積 / 原木総材積

量、および設備費を表-4-6に示す。

4.2.2 目立て、および刃物物費

年間の使用鋸、および刃物費用とそれらの目立て費用は、消費原木量604~740本に対して実際は若干差が出てくると思われるが、ここでは一定とし、これを表-4-7に示した。なおこれらの数値の根拠

については紙数の都合上記載を割愛する。

4.2.3 廃材処理経費

製材時に発生するパーク、プレーナー屑の年間の処理経費を原木消費量ごとに表-4-8に示した。なお算出根拠は備考に示した。

4.2.4 消耗品費

表-4-4 年間生産額 (挽材本数740本/日)

種類	生産量	金額(千円)	備考
主製品 (製材品)	90.6501m ³ /日×260日 =23,569m ³ /年	4,112,346円/日×260日 =1,069,210	歩留り64.13%
	90.6501m ³ ×285日 =25,835m ³ /年	4,112,346円/日×285日 =1,172,019	
副製品	(チップ)	141.36m ³ /日×260日×0.2×0.4 =2,940.32t/年	原木の20%, 比重0.4
		141.36m ³ /日×285日×0.2×0.4 =3,223.01t/年	
	(鋸屑)	141.36m ³ /年×260日×0.1×3.3 =12,128.82m ³ /年	原木の10%, 膨容比3.3
		141.36m ³ /年×285日×0.1×3.3 =13,294.91m ³ /年	
合計		1,134,265	
		1,243,328	

表-4-5 年間生産額 (挽材本数700,640,604本/日)

挽材本数(本/日)	金額(千円)	備考
700	1,073,784	稼働日数260日/年
	1,177,032	" 285
640	979,683	" 260
	1,073,884	" 285
604	925,857	" 260
	1,014,881	" 285

工場における消耗品費として、防ばい薬剤費、結束テープ、油類、工具等の経費を備考に示す算出根拠から計算し、原木消費量ごとに表-4-9に示した。

4.2.5 製材コストの算出

以上の結果を基にして製材コストを求め、表-4-10に示した。

ここで生産条件Ⅰ～Ⅷは、原木消費量（1日あたりの挽材本数と稼働日数の積）に基づくものであり、年間消費量30,000～40,288m³である。また①は図-3-3レイアウトで示すように、Ⅰの条件のもとでギャングリッパー（3台）、オートテーブルバンドソー（1台）にそれぞれ自動化装置（チャージャー）を付加し、計4人の省人化を図った場合である。

表-4-6 主な使用機械の電気容量、および設備費

機械名	電気容量(kw)	金額(千円)	備 考
ツイン帯鋸盤	140	68,500	1,200mmφ、画像処理装置付、センターチャック90°回転式
横型帯鋸盤×2	58×2=16	14,000×2=28,000	1,200mmφ、選別スキッド付
オートテーブル帯鋸盤	62	20,000	1,200mmφ、自動送材装置付
プレーナーギャングリッパ×2	72×2=144	19,000×2=38,000	キャタピラ送り、二面プレーナー
プレーナーギャングリッパ	90	19,300	”、”
アンダーチップパー	58	9,000	1,200mmφ、振動コンベア付
全自動結束機×2	10×2=20	10,000×2=20,000	三連式、積込み装置付、両端カット付
結束機×2	-	1,500×2=3,000	100V、片側カット付
集塵装置	100(30+30+40)	20,000	マルチクロン方式、3台
防ばい浸漬槽×2	5.5×2=11	3,000×2=6,000	長さ5m×幅1.5m×高さ1.2m
リングバーカー	67	22,000	原木径最大890mmφ、4枚刃式
粉碎装置	100(37+55+8)	15,500	パークカッター、シュレッダー、搬送装置
搬送装置	120	6,000	
ショベルローダー	-	12,000	ディーゼル8.2t
フォークリフト	-	3,600	” 3t
電気工事	-	18,560	20,000円/kwとする
合計	1,028	363,460	

注) 据付工事、基礎工事含む

(平成4年7月価格)

「設備費」は、表-4-6によるものであり、生産条件に左右されない。ただしIの自動化を図った場合は、自動化装置4台分(1台2,000万円)の8,000万円を加えている。「建築工事費」は、面積1,898㎡(73m×26m)とし、3.3㎡あたり20万円で計算した。「所要動力」は表-4-6に示したとおり、1,028kW一定とするが、自動化した場合はやや増加し、1,030kWとした。「年間製材経費」の算出根拠に関しては、表-4-10中に示すとおりである。

以上のことから原木1㎡あたりの製材コストを算出し、右欄に示した。

4.3 工場の採算性と損益分岐点

以上求めた製材コストから、レイアウトに基づく工場の採算性について検討した。その結果を表-4-11に示す。ここでそれぞれの検討項目の算出根拠は表中に示すが、特に原木単価および工場管理費については次のとおりである。

- ①原木単価：一般に径級(14~18cm, 20~28cm, 30~40cm)および長さ(短定, 長定)ごとに異なる

表-4-7 目立て, および鋸刃物費(年間)

種類	区分	金額(千円)	備考
帯鋸	目立て	6,900	ステライト費用含む
	鋸費	2,100	18G, アサリ幅2.3mm
丸鋸	目立て	2,600	
	鋸費	2,300	アサリ幅2.7mm
プレーナー刃	研磨	1,300	
	刃物費	1,700	
チップパー刃	研磨	1,200	
	刃物費	1,000	
小計	目立て研磨	12,000	
	鋸刃物費	7,100	
合計		19,100	

表-4-8 廃材処理経費(年間)

種類	金額(千円)	備考
バーク処理	11,394m ³ /年×100円/m ³ =1,139	原木の10%, 膨容比3.1, バーク堆肥用 36,754m ³ /年×0.1×3.1=11,394m ³
プレーナー屑処理	3,639m ³ /年×300円/m ³ =1,092	原木の3%, 膨容比3.3 36,754m ³ /年×0.03×3.3=3,639m ³
合計	2,231	挽材本数740本/日, 稼働日数260日/年
	2,446	" 740本/日, " 285日/年
	2,110	" 700本/日, " 260日/年
	2,313	" 700本/日, " 285日/年
	1,930	" 640本/日, " 260日/年
	2,115	" 640本/日, " 285日/年
	1,821	" 604本/日, " 260日/年
	1,996	" 604本/日, " 285日/年

表-4-9 消耗品費 (年間)

種 類	金 額 (千円)	備 考
防ばい薬剤費	$23,569\text{m}^3/\text{年} \div 60 \times 8,000\text{円} = 3,143$	薬剤使用量 $300\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 1\text{缶}(1.8\ell) / 60\text{m}^3$ 1缶8,000円
結束テープ	$23,569\text{m}^3/\text{年} \times 46\text{m} \times 1.24\text{円} = 1,344$	$46\text{m}/\text{m}^3$ 使用テープ代 $1.24\text{円}/\text{m}$
油類, 工具等	$363,460\text{円}/\text{年} \times 0.01 = 3,635$	設備費の1%とする
合 計	8,122	挽材本数740本/日, 稼働日数260日/年
	8,903	" 740本/日, " 285日/年
	7,682	" 700本/日, " 260日/年
	8,422	" 700本/日, " 285日/年
	7,024	" 640本/日, " 260日/年
	7,699	" 640本/日, " 285日/年
	7,295	" 604本/日, " 260日/年
	7,647	" 604本/日, " 285日/年

が、ここでは一律価格とし、平成4年7月の平均的単価22,000円(工場着価格)と設定した。

②工場管理費：量産型工場の一般的な数値から考えて、生産原価の10%と設定した。この中には運賃のほか販売経費、租税公課、福利厚生費、金利等を含んでいる。

表において差益は生産条件IIで最大、VIIで最小(赤字)となった。このことは原木消費量と関係しているようにみえる。そこで次に原木消費量と差益および製材コストとの関係を表わしてみた。これを図-4-1に示す。

図より差益は、原木消費量が増加するのに伴いほぼ比例的に増大し、逆に製材コストはほぼ反比例して減少することがわかる。ここで差益が0になる原木消費量は約31,000 m^3 、即ち原木消費量の損益分岐点と言える。このときの製材コストは約6,000円/原木 m^3 である。また図-4-1において黒点は自動化

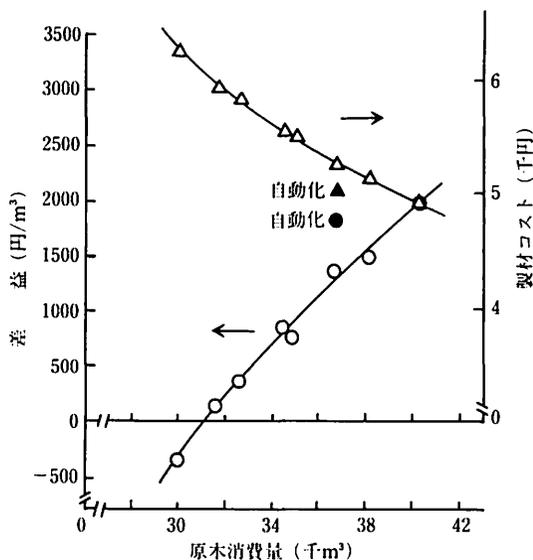


図-4-1 原木消費量と差益, 製材コストとの関係

表-4-10 製材コスト

生産条	設備費(千円)	建築工事費(千円)	所要動力(kW)	所要人員(人)	年間製材経費(千円)										製材コスト
					減価償却費		労務費	電力費		目立費刃物費	修理費	消耗品費	合計		
								基本料	使用料						
					耐用年数10年定額法	耐用年数25年定額法	基本給 月男29万円 女18万円 手当4ヶ月	1,600円 kW・月	13円 kW・hr 稼働率全 体の0.7	帯鋸 丸鋸 プレーナー チップパー	設備費の 2%と する	樹皮、プ レーナー 屑処理	防ばい薬 剤費、結 束テープ 等	⑤+⑥+⑦ ⑧+⑨+⑩ ⑪+⑫+⑬	
基礎、据付 電気工事費 含む ①	20万円 /3.3m ² 1,898m ² ②	③	④	①×0.01 =⑤	②×0.04 =⑥	男 29×16×11(7)人 女18×16×9人 =⑦	③×1,600 ×12 =⑧	④×13×8 ×260×0.7 285 =⑨	⑩	①×0.02 =⑪	=⑫	=⑬	=⑭	年間消費量(m ³) I ① : 36,754 II : 40,288 III : 34,767 IV : 38,110 V : 31,762 VI : 34,816 VII : 30,000 VIII : 32,883	
I	363,460	115,030	1,028	男11 女9	36,346	4,601	51,040+25,920 =76,960	19,738	19,458	19,100	7,269	2,231	8,122	193,825	5,274円
①	443,460	"	1,030	男7 女9	44,346	4,601	32,480+25,920 =58,400	19,776	19,496	19,100	8,869	2,231	8,122	184,941	5,032円
II	363,460	"	1,028	男11 女9	36,346	4,601	76,960	19,738	21,329	20,937	7,269	2,446	8,903	198,529	4,928円
III	"	"	"	"	"	"	"	"	19,458	18,068	"	2,110	7,682	192,232	5,529円
IV	"	"	"	"	"	"	"	"	21,329	19,805	"	2,313	8,422	196,783	5,164円
V	"	"	"	"	"	"	"	"	19,458	16,519	"	1,930	7,024	189,845	5,977円
VI	"	"	"	"	"	"	"	"	21,329	18,107	"	2,115	7,699	194,164	5,577円
VII	"	"	"	"	"	"	"	"	19,458	15,590	"	1,821	7,295	189,078	6,303円
VIII	"	"	"	"	"	"	"	"	21,329	17,088	"	1,996	7,647	192,974	5,869円

注) I : 挽材本数740本/日、稼働日数260日/年 ① : Iの条件のもとで、自動化装置4台(2,000万円/台×4台=8,000万円)を付加し、自動化を図った場合 II : 740本/日、285日/年 III : 700本/日、260日/年 IV : 700本/日、285日/年 V : 640本/日、260日/年 VI : 640本/日、285日/年 VII : 604本/日、260日/年 VIII : 604本/日、285日/年

表-4-11 工場の採算性

生産条件	I	①	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
原木単価(円/原木m ³) ①	22,000円	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左
製材コスト(円/原木m ³) ②	5,274円	5,032円	4,928円	5,529円	5,164円	5,977円	5,577円	6,303円	5,869円
歩留り (%) ③	64.13	64.13	64.13	64.13	64.13	64.16	64.16	64.08	64.08
生産原価(①+②)/③ ④	42,529円	42,152円	41,990円	42,927円	42,358円	43,605円	42,982円	44,168円	43,491円
管理費 ④ × 0.10 = ⑤	4,253円	4,215円	4,199円	4,293円	4,236円	4,361円	4,298円	4,417円	4,349円
販売原価 ④ + ⑤ = ⑥	46,782円	46,367円	46,189円	47,220円	46,594円	47,966円	47,280円	48,585円	47,840円
生産額(円/製品m ³) ⑦	1,134,265千円 ÷ 23,569m ³ = 48,125円	同左	1,243,328千円 ÷ 25,835m ³ = 48,126円	1,073,784千円 ÷ 22,335m ³ = 48,076円	1,177,032千円 ÷ 24,482m ³ = 48,077円	979,683千円 ÷ 20,378m ³ = 48,075円	1,073,884千円 ÷ 22,338m ³ = 48,074円	925,857千円 ÷ 19,224m ³ = 48,162円	1,014,881千円 ÷ 21,072m ³ = 48,163円
差益 ⑦ - ⑥ = ⑧	1,343円	1,758円	1,937円	856円	1,483円	109円	794円	-423円	323円
年間利益 ⑧ × 製品m ³ ⑨	31,653,167円	41,434,302円	50,042,395円	19,118,760円	36,306,806円	2,221,202円	17,736,372円	-8,131,752円	6,806,256円

注) (1)管理費には、販売経費、租税公課、運賃、福利厚生費、金利、その他を含む。

(2) I : 挽材本数740本/日、稼働日数260日/年 ① I の条件のもとで、自動化装置4台(2,000万円/台×4台=8,000万円)を付加し、自動化を図った場合 II : 740本/日、285日/年 III : 700本/日、260日/年 IV : 700本/日、285日/年 V : 640本/日、260日/年 VI : 640本/日、285日/年 VII : 604本/日、260日/年 VIII : 604本/日、285日/年

を図った場合であるが、これによって差益で約30%の増加、製材コストで約6%の減少になっている。したがって自動化のために多少の設備投資をしても人件費の削減効果により、十分元がとれることがわかる。また原木消費量の増加は稼働日数にも関係するが、主としてツインバンドソーの切削必要時間の短縮によるものであり、これが工場の生産性を左右することについては2.3(5)、その他の項で述べたとおりである。

以上の考察に対し、観点を変えて販売原価の変動費、固定費から損益計算表を作成し、検討してみた。これを表-4-12および表-4-13に示す。

表-4-12に示す数値は、年間の原木消費量に対するそれぞれの費目ごとの金額を生産条件別に示したものであり、また表-4-13は生産量の少ない生産条件から順に並べて損益を求めたものである。ここで限界利益は生産額から変動費を差し引いて求めたが、これが固定費を上まわれれば利益となり、下まわれれば損失となる。この分岐点が損益分岐点であり、この場合、生産条件V、即ち原木消費量31,762m³を少し下まわった量と言える。したがって図-4-1の結果とほぼ同様の結果である。

以上のことから結論として、既述の各種設定条件におけるシベリア産エゾマツ製材工場の損益分岐点は、約31,000m³であると言える。

4.4 北洋材製材工場の現状と損益分岐点

シベリア産エゾマツ製材工場の原木消費量の損益分岐点は、あくまでも計算上ではあるが年間約31,000m³と求められた。31,000m³を消費するためには前述のとおり、年間操業日数を260日とすればツインバンドソーの切削時間は4面カット36秒(285日とすれば39秒)、オートテーブル13秒、横バンドソー9秒、プレーナーギャングリッパ9.5または9秒がバランスする切削時間の最長条件であり、これ以上の長時間では採算が合い難いことになる。

しかし前述のとおり、現状ではむしろ原木1本に対してこれ以上長時間かけて製材している方が多いと思われる。このような現状との差異は、設備費が減価償却を終えている場合、また原木購入時と製品出荷時の時間的ずれ、あるいは手形決済など商取引上の種々の要因が絡むこと等により、例え技術的には計算上31,000m³が損益分岐点であっても必ずし

も絶対ではなく、経営面でもカバーできるためであると考えられる。しかし安定した企業を目指すならば、年間31,000m³以上の原木消費量を確保するのが望ましいと言えよう。

なお逆に言えば、時短を達成するためには切削時間の短縮はきわめて重要な課題となるであろう。

5. 労働生産性について

労働生産性を示す指標として、営業を含む工場全従業員に対する生産量で示す場合と工場内の直接生産従事者に対する生産量で示す場合の2種があるが、ここでは後者とし、ツインバンドソーの切削必要時間との関係で示した。これを図-5-1に示す。ここで黒点は自動化を図った場合である。

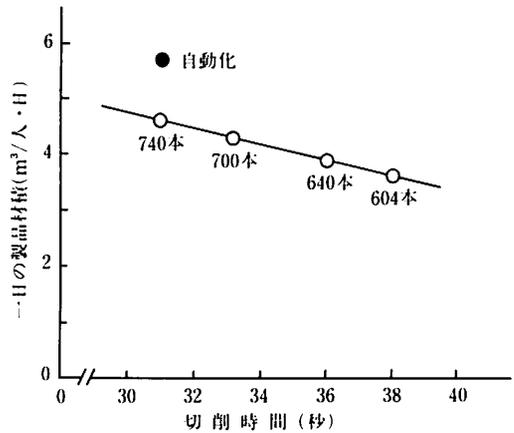


図-5-1 ツインバンドソーの切削時間と製品材積との関係

図においてツインバンドソーの切削時間が短いほど1日の製品材積も増加し、1人あたりの1日の生産量(労働生産性)は31秒(740本/日)で4.53m³/人・日となり、この値は通常比較的生产性の良好な工場で2.5m³/人・日程度であることから考えてかなり高いと言える。また自動化により4人を省人化すれば5.67m³/人・日となり、さらに高い値となることから自動化の有効性が確認できる。

6. 工場規模について

前述のとおりレイアウトの基本は、機械の切削バ

表-4-12 販売原価の変動費、および固定費

(千円)

生産条件	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
変動費	原木費	808,588	886,336	764,874	838,420	698,764	765,952	660,000	723,426
	電力費(使用料)	19,458	21,329	19,458	21,329	19,458	21,329	19,458	21,329
	目立費	19,100	20,937	18,068	19,805	16,519	18,107	15,590	17,088
	処理費	2,231	2,446	2,110	2,313	1,930	2,115	1,821	1,996
	消耗品費	8,122	8,903	7,682	8,422	7,024	7,699	8,295	7,647
	管理費(変動分)	66,239	74,481	61,884	69,706	54,868	62,009	50,912	57,642
	小計	923,738	1,014,432	874,076	959,995	798,563	877,211	756,076	829,128
固定費	減価償却費(設備費)	36,346							
	減価償却費(工事費)	4,601							
	労務費	76,960	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左
	電力費(基本料)	19,738							
	修理費	7,269							
	管理費(固定分)	34,000							
小計	178,914	178,914	178,914	178,914	178,914	178,914	178,914	178,914	
合計 (販売原価)	1,102,652	1,193,346	1,052,990	1,138,909	977,477	1,056,125	934,990	1,008,042	

注) 管理費(製造原価の10%)中の変動費は、主として運賃であることから、これを約6割とし、残り約4割を固定費と考える。この考え方により最小生産量のVIIの条件において管理費全額が84,912,408円であることから全条件において固定費を34,000千円(84,912,408円×0.4≒34,000,000円)とし、残りをそれぞれ変動費とした。

表-4-13 損益計算表

生産量	生産額	変動費	限界利益	固定費	損益	備考
19,224	〒円 925,857	〒円 756,046	〒円 196,781	〒円 178,914	〒円 -9,133	生産条件VII
20,378	979,683	798,563	181,120	”	2,206	” V
21,027	1,014,881	829,128	185,753	”	6,839	” VIII
22,335	1,073,784	874,076	199,708	”	20,794	” III
22,338	1,073,884	877,211	196,673	”	17,759	” VI
23,569	1,134,265	923,738	210,527	”	31,613	” I
24,482	1,177,032	959,995	217,037	”	38,123	” IV
25,835	1,243,328	1,014,432	228,896	”	49,982	” II

ランスをとることであり、このことが生産性を向上させるポイントである。

前述のとおり、ここではツインバンドソー、オートテーブル、横バンドソー、ギャングリッパを組み合わせ、切削バランスをとり、箱挽き木取りで最大1日740本挽材できるレイアウトを考えた。このような組み合わせはコンパクトで経済的な1ユニット（1ライン）であると思われる。

北洋材は比較的小径木が多いため、このようにツインバンドソーを主体に考えていく方法が最も効率的であり、ツインバンドソー1台の場合（1ユニット）は740本/日、2台の場合（2ユニット）は1,480本/日挽くことになる。このような原木消費量が目標値であれば経済的であり、さらにツインバンドソー2台の場合は単に2ユニットを並列させておくのではなく、小割、小割用製材機を高性能なもので兼用させることによりさらに製材コストを低下させることも可能である。また400~500本/日程度の原木消費量が目標であれば、ツインバンドソーは単に4面カットのみならず、径級に応じて2度挽きすることによって横バンドソー1台を省く方向で検討すべきであろう。また1,000~1,200本/日程度の原木消費量が目標の場合もツインバンドソー2台を用い、同様に考えていく方が経済的と思われる。即ち、

ツインバンドソーの高効率性を最大限に活かすべきと考える。ただし、これらについては切削機械それぞれの要素作業時間分析による詳細な検討に基づいて結論を出す必要がある。

いずれにしても上述の1ユニット体制（740本/日）、あるいは2ユニット体制（1,480本/日）の両者からはずれる原木消費量の場合は、製材コストはやや割高となる。

なおだら挽きの場合は、ツインバンドソーは原木1回通しのたいこ挽きとなるので上述の考察とは異なる。

7. おわりに

ケーススタディとして今回はエゾマツから垂木、胴縁、貫を木取り製材する工程に対してレイアウトし、採算性について検討したが、アカマツ、カラマツ、さらに国産材の場合でも、垂木、胴縁、貫を木取りする場合はこれとほぼ同様に考えることができる。

しかしアカマツ等から役物を木取る場合は、これとは異なる。またカラマツの場合は、土台角用等に角材を木取りすることが多く、木取り法が異なれば、これに合わせて修正しなければならない。しかしこれらの場合でも背板に対してほぼ同様である。

冒頭で述べたとおり、今回の目的はレイアウトお

よび採算性を検討するための基本を示すことであり、それを基に工場の実情に合わせて原木径、製品寸法、切削必要時間、その他の数値を入れ換えれば単にレイアウトのみならず、工程改善、あるいは生産性向上方法を検討していくための参考資料となり得るのではないかと考え、浅学を顧みず提示した。読者諸兄のご叱正をお願いしたい。

8. 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、御指導あるいは御協力いただいた農林水産省森林総合研究所 西村勝美

海外森林保全研究チーム長、中小企業診断士 吉澤康正氏、林業技術センター唐澤了前所長、吉田直隆木材試験場長、さらに原野製材株式会社 原野省三社長、飯山巖取締役、丸吉工業株式会社 酒井義則社長、川合商店 川合悦夫社長、柴木材株式会社 坂田義治専務、株式会社富士工業所 野坂伊三雄社長、野坂和市営業課長、三善工業株式会社 井高宏取締役、株式会社イシタ 大城英範営業課長、株式会社大井製作所 鈴木金次課長、および林業技術センター木材試験場 材料加工課研究員、各位に対し心より感謝の意を表す。