

- 研 究 -

# 製材工場の土場作業機械化の実態調査(2)

- フォークリフト・トラックおよびショベル・ローダーによる機械化作業 -

鎌田 昭吉\* 佐藤 真\*\*

### 3-2-2 荷役・運搬能力について

製材工場の土場作業の基本は、原木の受入れ作業、挽材工程に原木を導入する工程間作業、製品出荷作業の三つから成り立っている。しかし、工場で行なわれている作業の仕組はきわめて複雑多岐で、土場作業という一つのわく内で荷役運搬能力の検討を行ない、あるいは作業改善を実行するにはあまりにも範囲が大きすぎる。そこで一連の荷役・運搬工程を作業の内容や目的によっていくつかの単位作業に分類して、それぞれの能力について検討することにした。

運搬の三要素である時間・距離・運搬量の観測デー

ターを単位作業別に集計し、平均的な値を求め、作業方式別に第6表-1, 2に示した。

この分析データを使って次式により、荷役運搬の能力を求めてみることにする。

#### (1) 荷役・運搬能力の算定式

運搬能力は一般に下式のように積載量(g)と運搬回数( $\frac{T}{C_m}$ )の積であらわされる。

$$\text{理論上の能力 } y' = g \cdot \frac{T}{C_m} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{実際上の運搬能力 } y = g \cdot \frac{T}{C_m} \cdot E = y' \cdot E \dots\dots\dots(2)$$

第6表-1 単位作業時間分析結果(機械力型作業方式)

工場	作業種類 単位作業名	対象 樹種	測定 日数 (日)	運搬回数		運搬数量		運搬1回当たりの平均値						
				1) 片道		本数 (本)	材積 (m³)	2) 運搬距離 (m)	積載本数 (本)	積載量 (m³)	3) 走行速度 (m/分)		すくみ時間 (分)	おしり時間 (分)
				往	復						空走行	積走行		
S-I	④ 原木の捲立	N	2	11	38	170	59.8	27	3.5	1.22	51	62	0.44	0.38
	⑤ 剥皮のための原木運搬	L	2	16	62	319	79.5	71	4.1	1.03	84	83	0.52	0.15
	⑥ 剥皮原木の捲立, 小運搬	N	1	8	30	200	43.1	53	5.3	1.14	78	68	0.37	0.33
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	1	9	6	86	20.6	90	5.7	1.36	55	80	0.46	0.19
	⑧ 剥皮原木の工場搬入	L	1	12	11	89	19.2	156	3.9	0.83	94	92	0.83	0.30
S-II	② 原木の出荷(貨挽依頼)	N	2	7	24	174	45.6	39	5.6	14.7	58	46	0.34	0.28
	③ 原木の選別・仕訳	N	2	33	50	260	73.7	24	3.1	0.89	58	55	0.32	0.16
	④ 原木の捲立	N	2	33	8	193	51.7	63	4.7	1.25	58	58	0.27	0.28
	⑤ 剥皮のための原木運搬	N	2	16	10	188	35.6	68	7.2	1.36	93	70	0.34	0.20
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	2	23	7	99	47.5	46	3.3	1.58	84	62	0.33	0.26
	⑨ 製品の搬出	N	2	29	13		47.0	33		1.11	69	52	0.36	0.19
F-I	⑤ 剥皮のための原木運搬	N	1	8	13	101	25.4	89	4.8	1.22	71	67	0.56	0.20
	⑥ 剥皮原木の捲立, 小運搬	N	1	24	17	165	42.0	40	4.0	1.03	81	65	0.47	0.17
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	1	13	29	169	49.5	30	4.0	1.17	58	58	0.42	0.38
	⑨ 製品の搬出	N	1	25	26	*474	29.5	50	*9	0.58	80	72	0.27	0.34
	⑩ 製品の出荷	N	1	2	14	*445	21.4	40	*28	1.33	53	46	1.52	*4.43
F-II	⑨ 製品の搬出	N	1.5	26	6		57.0	125		1.78	94	55	0.16	0.16
	⑩ 製品の仕訳, 小運搬	N	1.5	42	23		90.4	32		1.39	63	50	0.14	0.17
	⑩ 製品の出荷	N	1.5	5	8		15.3	31		1.17	48	45	0.29	0.32

(注) 1) 空走行をのぞく片道運搬  
2) 片道の運搬距離  
3) 往復運搬の数値だけから算定した。

\* 製品のロード数(角材は個数, 束ものは束数で数える)。  
\*\* 数量を検収しながら積つけを行なっている。

第6表-2 単位作業時間分析結果(人力依存型作業方式)

対象樹種: 針葉樹

工場	作業種類 単位作業名	測定 日数	作業方法			運搬数量		実働 時間計 (分)	運搬 距離 (m)	運搬1回当りの平均値					
			作業 方式	所要 人員 (人)	運搬 回数	本 材 積 (本) (m³)	積 載 量 (本) (m³)			積 載 本 数 (本)	積 載 量 (m³)	走行速度 (m/分)		積 込 時 間 (分)	お ろ し 時 間 (分)
												空 走 行	積 走 行		
M-I	④ 原木の捲立	2	ウインチ捲立	4~6	トラック 4台分	115	45.6	281.00	~30						
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	2	トロ運搬	2	トロ 22台	69	38.1	159.28	平均31	3.11	72	44	36	4.42	0.98
M-II	⑩ 製品の搬出	2	トロ運搬	2	トロ 10台	* 664	26.1	284.20	平均 145	* 66	2.61	48	40	11.03	9.28
	⑪ 製品の出荷	3	人力運搬	4*	トラック 3台分	* 702	28.9	167.40	~ 5						

(注) \* 製品のロード数(角材は個数, 束ものは束数で数える)  
\*\* トラックへ積込2人, トラック上の受けとり側 2人。

- y 理論上の運搬能力 (m³/時間)
- y 実際上の運搬能力 (m³/時間)
- g 1回当り積載量 (m³/回)
- T 作業時間 (時間)
- Cm 1サイクルタイム = 1往復時間 (時間)
- E 実稼働率 = 作業時間に占める実稼働時間の割合を示す値

実際上の能力(y)は、現場効率を考慮して、理論上の能力(y)に前号で述べた実稼働率(E)を乗じたもので与えられる。

一方、サイクルタイム(Cm)は、運搬距離の関数として次のように解析される。

$$\text{サイクルタイム } C_m = a + b + \left( \frac{1}{v} + \frac{1}{v'} \right) S \dots\dots(3)$$

- a 1回当りすくいこみ時間 (時間/回)
- b 1回当りおろし時間 (時間/回)
- 積走行速度 (m/時間)
- 空走行速度 (m/時間)
- S 運搬距離 (片道m)

結局、理論上の能力は、

$$y' = g \cdot \frac{T}{a + b + \left( \frac{1}{v} + \frac{1}{v'} \right) S} \dots\dots(4)$$

と書きかえられる。この(4)式により、理論上の能力を求めることにするが、その前にあらかじめ計算の基礎項目について若干検討を加えてみる。

(2) 主要項目の検討

a) 積載量とサイクルタイムの関係

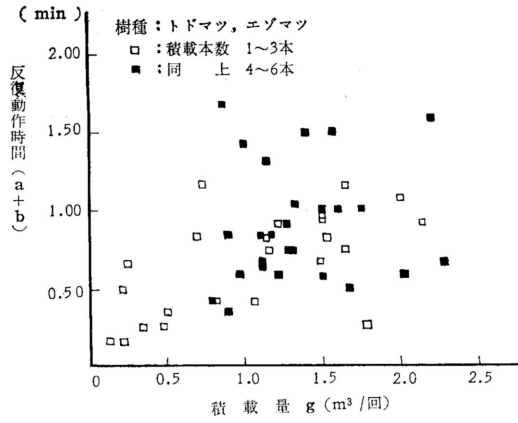
(4)式により積載量(g)とサイクルタイム(Cm)の相互関係についてみると、経験的に(g)の増加はすくいこみ時間(a)やおろし時間(b)の増加を促がし、積走行速度( )の低下、すなわち積移動時間の増加をもたらすと判断される。一方、空走行速度( )および運搬距離(S)は、直接(g)の影響を受けることのない独立的な因子とみなされよう。結局、分子の積載量が大きくなれば、それに対応して分母のサイクルタイムも延長し、両方の兼ね合いから、運搬能力(y)が最大となる最適な組み合わせ、すなわち最適積載量が存在するように思われる。

そこで積載量の大小が、反復動作時間(すくいこみ・おろし)や移動走行時間(空・積走行)に及ぼす影響について検討してみた。その結果、データ自体にも問題があるが、パラツキがかなり大きく、全般的にとくに強い相関関係があるとは認められなかった。

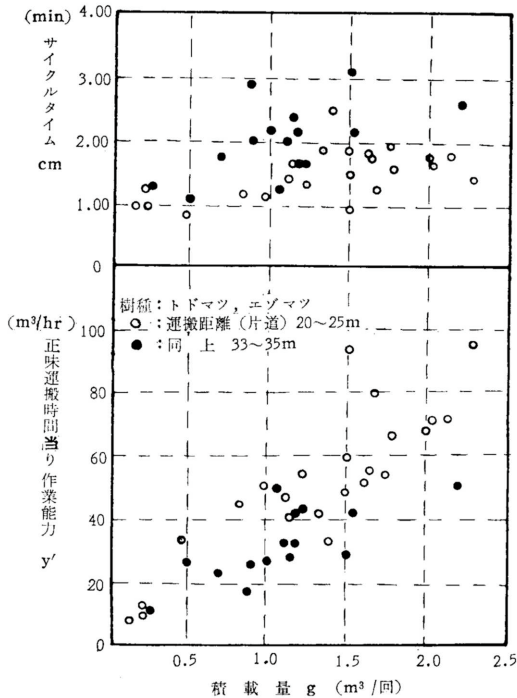
参考までに1例を第4図ならびに第5図(上半分)に示した。

一般に積載量が大きくなるにつれて、反復動作時間(第4図)はやや上昇する傾向がみられるが、さほど明確ではない。さらに移動走行時間も含めて1往復時間(第5図上半分)でみると、上昇傾向はほとんど消滅している。つまり、積載量の大小がサイクルタイムに及ぼす影響は、積載量とは無関係に、運搬距離によって決定づけられる空走行時間が介在することもあって、きわめて微弱であることが認められた。

つぎに機械は低速であるから、運搬距離を考慮して上掲(1)式にもとづき、運搬能力を求め積載量と関連し



工場：S-I  
 作業種類：原木の捲立  
 観測回数：49回(往復, 片道込)  
 第4図 積載量と反復時間の関係



工場：S-I  
 作業種類：原木の捲立  
 観測回数：38回(往復のみ)  
 第5図 積載量とサイクルタイムおよび作業能力の関係

てみる(1例を第4図下半分に示す)。

当然のことではあるが、運搬距離が等しいときには積載量と作業能力は略比例的な関係にある。この比例関係は工場、機種、対象樹種、作業の種類、原木、製品の別などにかかわりなく、共通的にみられた。

このような傾向は、一面、現場では機械の積載能力にかなりの余裕をもって作業を進めているとも解される。実際、積載量を機械の実用上の能力限界に近づけ、その水準を維持するという事はきわめてむずかしい問題であろう。しかし、図からも明らかなように、この積載量の問題は後述の移動距離の問題(レイアウトに関連する)とともに、能率向上のもっとも重要なポイントとなっている。

したがって、ここでは機械能力に応じた適正な荷姿の選定、一貫したユニットロード方式の採用あるいはパレットの有効利用などが望まれる。一方、作業に適したアタッチメントを選定することが積載能力を高めるもっとも効果的な方法であるから、その点機械性能の面についても検討する余地がある。

b) 運搬距離とサイクルタイムおよび運搬能力の関係

機械の活動範囲はほとんど自工場の土場内に限られ、非常に低速であるから、距離を切りはなして考えることはできない。

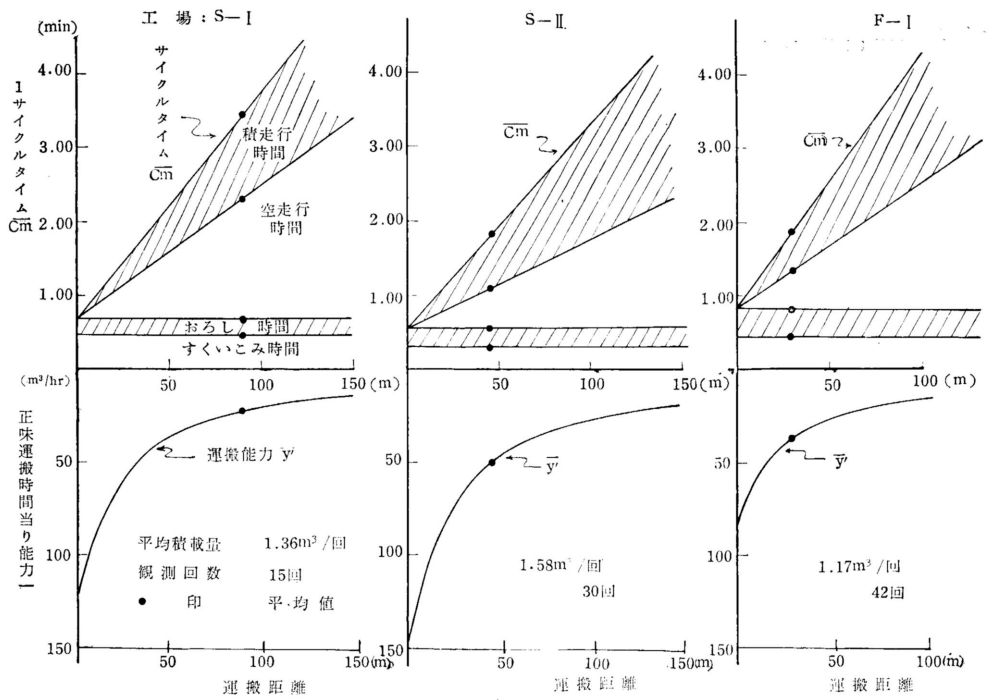
そこで、第6表-1のデーターを基礎に、運搬距離に対するサイクルタイムおよび運搬能力の関係を簡単なグラフ解析した1例を第6図に上げておく。

なお、このグラフ解析は、運搬距離による差異を明確にするため、諸要素の変動はその平均値を採用することによって、一応無視して問題を単純化したものである。

図により、サイクルタイムを運搬距離に対して固定的な反復動作時間(取扱時間)と比例上昇する移動走行時間とに分けてみると、運搬距離が短いほど移動走行時間の占める割合が小さくなり、相対的に固定的な時間の占めるウェイトが高まってくる。したがって、F- およびS- の工場のように、近距離運搬の場合には取扱時間の短縮が効果的であろう。反対にS-

工場のように運搬距離がかなり長い場合には移動走行時間の短縮を計ること、とくに空走行速度を高めることが能率向上の第1の目標となるであろう。

一方、荷役運搬能力についてみると、距離が長くなるにつれて激減してゆく。高能率をあげるためには距離短縮を計るべきであるが、その場合には当然、ある



第6図 運搬距離とサイクルタイムおよび運搬能力の関係

特定の1作業だけでなく、全作業を考慮しなければならない。すなわち、運搬量と運搬距離の積の総和が最小となるように作業場を配置することが大切であり、レイアウトの良否が問題になってくるわけである。

### (3) 荷役・運搬能力の算定結果

上掲(4)式に第6表のデータを投入して、正味運搬時間当りの能力を計算し、さらに比較のため、人力依存型の作業方式の場合についても、4~6人1組(原木の捲立)および2人1組としての実働1時間当りの能力を求め、単位作業別、運搬距離別に第7表にとりまとめた。また参考までに第7図-1,2をつけ加えた。なお、人力依存型作業のうち、原木の捲立および製品の出荷作業については、作業の性格として移動間隔が比較的短かく、観測も1ロット(トラック1台分)を単位に大まかに行なったので、実際の行動範囲内の出来高を計上することにとどめた。

上述したごとく、データを解析的に処理したことに問題がのこるが、一応これによって距離と能力との関連が明確化され、統一的な基準において比較を行なうことが可能である。

実際に能力を比較する場合には、同一作業たとえば製品の搬出の中で、工場間あるいは現在と過去などにおいて行なうときには重要な意味をもつ。また、同一工場において異なる作業間の比較を行なう場合には、それぞれの作業の特徴や作業実績の差異が明確となり、第6表の作業時間分析データとあわせて、能力向上の問題点の検出に役立つと思う。

しかし、機械作業方式と人力依存型の作業方式の単純な比較は意義が小さい。この場合にはさらに高次の生産性、経済性などの観点から対比しなければならないであろう。

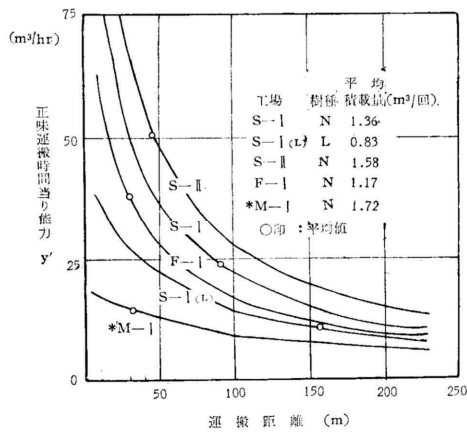
以上、機械化作業方式を中心に能率調査結果のあらましを述べたが、これらの問題はいま一歩進んで、工場全体の生産機構との調和という観点から再検討してみる必要がある。かりに土場部門の能力が、工場の生産能力からみてかなり余裕のある場合には、運搬機械の稼働率を高め、能力を増したからといって生産数量を増す作用をするわけではない。残業時間が減ることによって、コストの節約になるという効果はあるが、過剰能力をかかえることの損失の方が大きい場合

製材工場の土場作業機械化の実態調査(2)

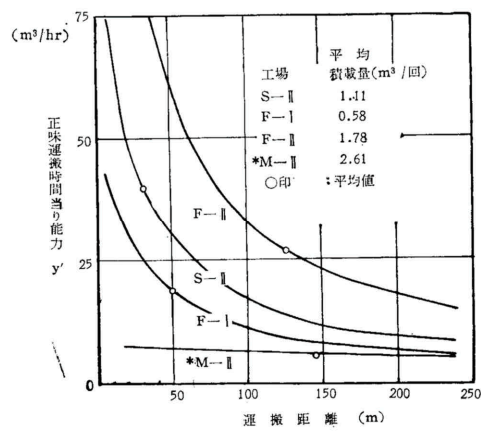
第7表 正味運搬または実働時間当り荷役運搬能力の算定結果 (m<sup>3</sup>/hr)

工場	作業種類	樹種	片道運搬距離 (m)							
			10	20	30	40	50	100	150	200
S-I	④ 原木の捲立	N	62	48	39	32	28	17	12	9
	⑤ 剥皮のための原木運搬	L	68	54	44	38	33	20	14	11
	⑥ 剥皮原木の捲立, 小運搬	N	70	54	44	38	33	20	14	11
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	85	64	52	43	37	22	15	12
	⑧ 剥皮原木の工場搬入	L	37	32	28	25	22	15	11	9
S-II	② 原木の出荷(賃挽依頼)	N	87	63	49	40	34	20	14	10
	③ 原木の選別, 仕訳	N	64	45	35	28	24	11	9	7
	④ 原木の捲立	N	84	61	48	39	33	19	13	10
	⑤ 剥皮のための原木運搬	N	103	78	63	53	46	27	19	15
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	109	82	66	55	48	28	20	15
	⑨ 製品の搬出	N	75	54	42	35	30	17	12	9
F-I	⑥ 剥皮のための原木運搬	N	70	55	45	38	33	20	14	11
	⑧ 剥皮原木の捲立, 小運搬	N	67	52	42	35	30	18	13	10
	⑩ 剥皮原木の工場搬入	N	62	47	39	33	28	17	12	9
	⑪ 製品の搬出	N	41	31	26	22	19	11	8	6
	⑫ 製品の出荷	N	13	12	11	11	10	7	7	6
F-II	⑨ 製品の搬出	N	175	119	90	72	60	33	23	17
	⑩ 製品の仕訳, 小運搬	N	124	81	60	48	40	21	15	11
	⑫ 製品の出荷	N	68	48	37	30	25	14	10	8
M-I	④ 原木の捲立	N	10 (移動距離 30m以内)*							
	⑦ 剥皮原木の工場搬入	N	17	16	15	14	13	10	8	7
M-II	⑨ 製品の搬出	N	8	7	7	7	7	6	6	5
	⑫ 製品の出荷	N	10 (移動距離 5m以内)**							

(注) \* 4~6人の組作業能力  
\*\* トラックへの積つけ2人, トラック上の受けとり側2人の組作業能力



作業種類: 剥皮原木の工場搬入  
\* M-I: 2人1組のトロ運搬能力  
第7図-1 荷役運搬能力曲線



作業種類: 製品の搬出(針葉樹)  
\* M-II: 2人1組のトロ運搬能力  
第7図-2 荷役運搬能力曲線

があり得る。

このように、土場作業は生産の中心活動に同調しなければならないという特性をもっているのであるから、最終的には工場全体としての収益やコストに及ぼす効果を確かめることが必要であろう。

この経済効果の検討は今後の研究課題としたい。

#### 4. むすび

このような簡単な調査においても幾多の改善すべき点がみられ、個々の工場についてそれぞれ診断的な結

論を引き出すことも可能ではあるが、ここでは焦点を共通的な問題にしぼって、若干解説を試みた。

最初に述べたごとく、道内の製材工場における土場作業の機械化は、まだ日が浅く、解決しなければならない課題を数多く残している。一方、それに対して解決の手がかりとなるべき、実践的な資料はほとんど見当らない。このようなことから、この種の調査事例は1工場の問題として限定されるものではなく、土場作業の機械化の可能性や、今後の土場作業のあり方について考える上に、いささかなりとも役立つならば幸い

である。

おわりに、終始御指導をたまわった当场、小西製材試験科長、堤林産機械科長ならびに調査に協力をいただいた山手木材KK、滝ノ上木材苫小牧事業所、坂篠木材店土別工場、北見三井木材留辺薬工場、山田木材、ならびに測定にあられた当场製材試験科河島弘、花沢文夫、奈良直哉の諸氏および関係各位に厚く謝意を表したい。

- 林産試 \*経営科 -  
\*\*林産機械科 -