

製材工場の土場作業機械化の経済性(1)

- 人力型およびフォークリフト、ショベルローダ
による機械力型作業方式のモデル設定 -

鎌田 昭吉

一昨年、道内の針葉樹製材工場4社の厚意により、フォークリフトやショベルローダによる土場作業機械化の実態調査の機会を得て、時間分析を中心に検討し、一応の報告を終えた¹⁾。ひきつづいて、この調査結果にもとづいて、作業方式による能率やコストの比較を行い、主として製材工場の生産規模の面から、機械化の経済性について検討を試みたので、その内容を4回にわたって報告する。なお、本報は第18回日本木材学会の発表内容を補足説明したものであるが、その後の検討によって多少修正変更のあることをあらかじめ了解願いたい。

1. はじめに

今まで製材工場の土場作業は、永年の慣習としてもっぱら人力に依存してきたのであるが、ここ数年前から労務者の不足や賃金の上昇などを背景に、あらたにフォークリフトやショベルローダなどの荷役運搬機械の導入が試みられている。これらの機械導入は、トラック、ウィンチ、デリック、クレーン、コンベアなどを用いる伝統的な人力依存型の土場作業の仕組みを根本からくつがえし、労働力の節減、作業の質、速度、安全性といった面で、その効果は著しいものがある。

しかしながら、機械はかなり高価なもので、また導入の条件として平坦で固い路面が必要であるため、通路の新設や土地、環境整備などにもかなり大きな資金需要をともなうのが普通である。したがって、機械化は反面経営の弾力性を阻害し、企業の生命をおびやかにいたることがある。

このようなことを考えるならば、あらたに機械を導入するにあたっては、まずその新しい作業のあり方が問題になると同時に、充分なる原価計算によって機械化の採算性を確かめてみる必要が生じてくるであろう。

しかしながら、現実には、こうした問題に対して充分な解答が得られないままに、試行錯誤の形で機械化を進めている傾向が多いように感ぜられる。事実機械化作業といってもまだ実用化の日も浅く、その作業方式は完成されていないように見える。あきらかに合理化を要する問題、改善しなければならぬ課題を数多

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がほとんどないというのが実情である。この期に機械化作業の実態を調査し、作業特性や経済性についての研究をおこなうことは、土場作業の機械化をおし進めることにもなるであろうし、また作業改善のためにも役立つものと考えられる。

その1つとして、針葉樹製材工場を対象に機械化作業の実態調査を行い、機械の稼働状況や作業能率について検討した¹⁾。ひきつづき、本報はこの調査データを基礎にして、本道の代表的な土場作業のモデル(人力型およびフォークリフトやショベルローダによる機械力型作業方式)を想定し、作業方式による能率や経費の比較対比を試みた。またこのモデルにもとづいて、製材工場の生産規模や原木・製品の在庫期間、人件費と関連しながら、最適な作業方式の選択という問題についても検討を加えてみたいと思う。

2. 方法と手順

通常、作業方式の比較といった広範な対象への接近の仕方として、まず最初に考えられるのは、作業の実態を明きらかにするとともに、実際のコストを把握して比較対比することであろう。

しかしながら、現実の工場と直接取り組んでみる場合にはいろいろと難しい問題がある。たとえば、コストの把握についてみた場合、土場作業に係るコストは、原価計算上必ずしも独立した勘定科目として

扱れておらず、他の費目、労務費とか一般経常経費の部分として処理されているため、そのなかから土場作業コストのみを分離しなければならない。

一方、場や土場のおかれている条件は、個々の企業によって大きく異なるのが普通である。事実、作業の実態をみるならば、企業によって工場規模、土場の広さ、建物、通路の配置状況など外見上の作業環境が異なることはいうまでもないが、土場作業という同じ名称の下で、内容的に大きな差のあるさまざまな作業が含まれている場合も多い。当然、作業方式によるコスト差異を明確にし、優劣の判断を下すためにはそれ自身をのぞくほかの条件を統一して比較検討するのになければその意義がうすれるであろう。

そのためには数多くの事例について調査し、さらに条件差をとりぞいでコスト分析する必要があるが、機械化の日も浅く、基礎資料に乏しい。現段階ではきわめてやっかいな仕事であるといわねばならない。強いてこれを実行すつともなれば、多大な経費と時間を要するであろうし、とうてい1個人の手におえる問題でもない。

このような強い制約がつきまとうため、実際コストを比較するという方法は回避し、ここではあらかじめ統一的な前提条件を設定し、従来からの伝統的に行なわれてきた人力依存型作業方式(1種)、近時急速に普及しているショベルローダとフォークリフトによる機械力型作業方式(3種)についてそれぞれモデルを組み立て、モデルによってコストの比較を試みることにした。

その手順にあらまはしは次のとおりである。

まず、上記針葉樹工場の調査データ¹⁾により、また既住の関連データを使って、工場による特殊性をのぞくように留意し、それぞれの作業方式に適合した統一的作業基準を設定する。つぎに、それぞれの作業方式について作業能力を解析的に算定し、さらに共通的な費用の計算基準を定めて作業コストを積算し、主とし製材工場の生産規模と対置して、作業方式による経済性の比較を試みる。同時に、とくに重要な前提因子として、原木・製品の在庫期間ならびに人件費にも着目して、それらがコストに及ぼす影響を追求してみる

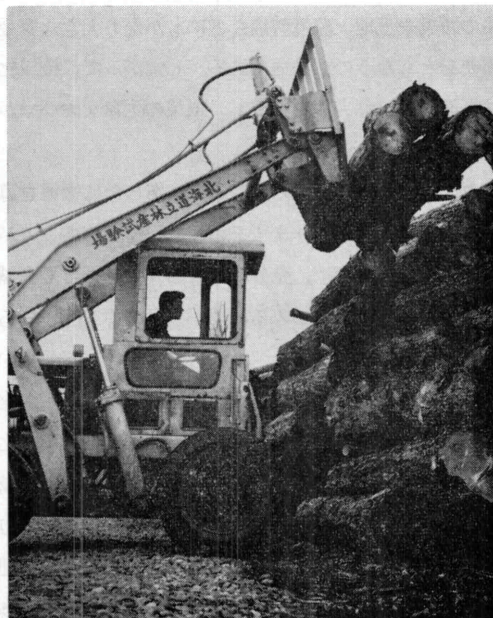
ことにする。

本報のように、実際原価ではなく、モデルによって合理的でしかも能率的に設計されたと考えられる統一的な作業条件における数値を見出ししていくという方法は、作業方式による能率やコストの基本的な差異を明確にし、どの作業方式が最も有利であるかを判断するための数量的な基礎を提供するものである。また本試算の結果は、実現可能な目標値とみなし得るであろうから、作業改善の1指標としても役立つものと考えられる。

しかしながら、モデルの設定にあたっては、統一的な前提を数多く設けなければならない、その条件設定の仕方が問題となるし、それが比較的妥当なものであったとしても、その数が多いため、現実とかけはなれるという危険性がある。したがって、現実の工場に適用する場合には、前提条件の相異を考慮して、現実的な修正を加えていかなければならないであろう。

また本研究は、後述のごとく、人力型作業方式としては、ウィンチャートロを用いる形態のものに限定し、機械化作業としてはフォークリフトならびにショベルローダによる方式だけをとりあげた。

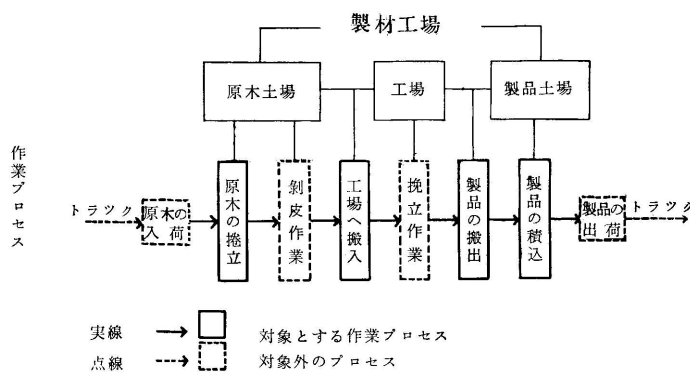
当然、コンベア、クレーンその他荷役、運搬機械類についても並行して検討しなければならないであろうが、データの集積もなく今後の課題としたい。



第1表 作業方式

作業方式	記号	土場別作業方式		主要機械設備名	作業人員	備(剥皮作業)
		原木土場	製品土場			
1. 人力依存型	M 型	人力	人力	ウインチ・トロ	※ $\sum_{j=1}^4 m_j$	手工具による
2. ショベル型	S 型	ショベル・ローダ		ショベル・ローダ 1台	運転手 1人	固定式パーカーによる
3. ショベル+フォーク型 (1台+1台)	S-F 型	ショベル・ローダ	フォーク・リフト	ショベル・ローダ 1台 フォーク・リフト 1台	運転手 2人	同上
4. ショベル+フォーク型 (2台+1台)	2S-F 型	ショベル・ローダ	フォーク・リフト	ショベル・ローダ 2台 フォーク・リフト 1台	運転手 3人	同上

※ m_1 原木捲立作業員数 (人) — ウインチを使用する
 m_2 原木工場搬入作業員数(人) — トロを使用する
 m_3 製品搬出作業員数 (人) — トロを使用する
 m_4 製品積込作業員数 (人) — 人力による
 $m_1, 2, 3, 4$ の算定は第2報(後掲)による



第1図 作業の流れ

3. モデルの設定

3.1 作業方式と作業の流れ

対象とする作業方式は第1表に示すとおり、4つのタイプに限定した。

M型はトロ運搬を基本とする伝統的な人力依存型作業方式、S型は原木と製品の両方の土場作業を全面的にショベルローダ(1台)に依存する方式、S-F型は原木用のショベルローダ1台と製品用のフォークリフト1台の2機種組み合わせ方式、2S-F型は同様に原木用ショベルローダ2台に対して製品用フォークリフト1台の組み合わせ方式である。なお、ここでとり上げた運搬機械は、道内の製材工場において最も普及している型式のもの、最高積載能力2tショベルローダ、2.5tフォークリフト、ともにディーゼルエン

ジンのものにかぎる²⁾。作業のプロセスは第1図のように単純化した。

作業能力とコストの計算は原木の捲立、原木の工場搬入、製品の搬出、製品の積込の4工程だけにかぎり、原木入荷の過程(原木土場への丸太卸し以前のプロセスおよび検収業務)、原木の剥皮作業、製品の積込後の出荷の過程(工場外への持ち出しおよび検査業務)は計算の対象から外すことにした。ただし、剥皮

作業についてはそれぞれの作業方式に適した方法を採用することにして、M型では原木捲立機の設置された個所で手工具(ハンドパーカー、マサカリ等)を使用して剥皮するものとする。S、S-F、2S-F型の機械力による方式の場合には固定式パーカーを使用することにした。

したがって、原木の工場搬入の過程は、人力型では原木の桟から剥皮丸太を直接工場へ搬入することになるが、機械力型では、まず原木桟から皮つき丸太を固定式パーカーに運び入れ、さらに剥皮丸太を工場へ搬入するという二つのステップをふむことになる。

一方、機種別に作業の分担を考慮することにした。

S型においては、ショベルローダ1台で全作業を実行することになるが、S-F型および2S-F型におい

では、原則として、原木関係の作業はショベルローダに依存し、製品関係の作業はフォークリフトに依存するものとした。しかし、作業配分の如何によって、両機種間に能力の不均衡を生ずる原因ともなるので、作業の内容によってある程度互換性を認めることにした。このことについては項をあらためて述べてみたい。なお、原木の入荷および製品の出荷作業はすべてトラック輸送によることを前提とする。

以下、計算の対象とする作業プロセスは第2表に示すとおり、添数値 $j = 1, 2, 2-1, 2-2, 3, 4$ であらわすことにする。

第2表 作業種類と記号 (j)

作業種類	作業方式	
	人力依存型 (M型)	機械力型 (S, S-F, 2S-F型)
原木の捲立	$j = 1$	$= 1$
※ 原木の工場搬入	$= 2$	$= 2-1$ $= 2-2$
製品の搬出	$= 3$	$= 3$
製品の積込	$= 4$	$= 4$

※ $j = 2$ 人力型における原木捲立機から原木を工場へ搬入する作業
 $j = 2-1$ 機械力型において原木機から固定式パーカーに原木を運ぶ作業
 $j = 2-2$ 機械力型において固定式パーカーから剥皮原木を工場へ搬入する作業

3.2 土場のレイアウト

地形の平坦な方形路網のもとで作業が進められることを前提とする。

主通路（運搬機械およびトラック道）、補助通路（作業員用路）をある一定の間隔で縦横に設け、土場全体を格子状に分割し、いくつかの方形の小ブロック土場を作成し、各ブロックの利用率が均等になるように、全ブロックを一率に使用するものと仮定する。また、土場と工場を連絡する主通路（機械力型の場合）およびト口線路（人力型の場合）は両土場の中央部を貫通するように設けるものとし、原木土場から工場（大割機デッキ）までの平均的な運搬距離および工場（製品結束個所）から製品土場までの平均運搬距離は土場の大小にかかわらず機械力型、

人力型それぞれ一定の間隔、前者は20m、後者は10mを保つものとする。

レイアウトを構成するおもな要素はつぎのとおりである。

3.2.1 土場の所要面積

土場の所要面積は、工場の生産規模と在庫期間をパラメーターに原木用と製品用土場に区分して、それぞれの土場単位面積当り貯材能力、通路占拠率および土場余裕率を考慮して下式により算定する。

$$D = \phi \frac{y}{\rho} x = \phi \frac{y}{\rho_0 (1-\alpha)} \cdot x \dots \dots (1-1)$$

$$D' = \phi' \frac{y'}{\rho'} \cdot x \cdot \varepsilon = \phi' \frac{y'}{\rho_0' (1-\alpha')} \cdot x \cdot \varepsilon \dots \dots (1-2)$$

D, D' 原木および製品土場面積 (m²)

ε 、原木および製品土場の余裕面積率(小数であらわす)

α, α' 原木および製品土場の通路を含めた単位面積当り貯材能力(原木m³/土地m²)、(製品m³/土地m²)

ρ, ρ' 原木および製品土場の通路をのぞく単位面積当り貯材能力(原木m³/土地m²)、(製品m³/土地m²)

ϕ, ϕ' 原木および製品土場の総面積に占める通路面積率(小数であらわす)

y, y' 原木および製品の平均在庫期間(日)

x 製材工場の1日当り原木挽立数量(原木m³/日)

針葉樹製材の平均歩止り(小数であらわす)

ここでは具体的に次の数値¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾を採用することにした(第3表)。

第3表 土場面積の算定基礎

諸係数	作業方式 土場区分	人力型		機械力型	
		原木土場	製品土場	原木土場	製品土場
余裕面積率	ϕ, ϕ'	1.50	1.50	1.50	1.50
通路面積率	α, α'	0.25	0.35	0.30	0.40
貯材能力(通路を除く)	ρ_0, ρ_0'	1.20	1.20	1.00	1.00
貯材能力(通路を含む)	ρ, ρ'	0.90	0.78	0.70	0.60
所要面積	D, D'	1.667 xy	1.346 xy'	2.143 xy	1.750 xy'

但し、針葉樹製材歩止り $\varepsilon = 0.70$ 共通
 x 製材工場の1日当り原木挽立数量 (原木m³/日)
 y, y' 原木および製品の平均在庫期間 (日)

3.2.2 通路の巾

通路の巾は原木、製品土場ともに相等しく次のように設定する¹⁾⁷⁾。

通路区分	作業方式	人 力 型	機 械 力 型
主 通 路 巾	r_1	4.0m	5.0m
補 助 通 路 巾	r_2	2.0	2.0
ト ロ 線 路 巾	r_3	2.0	—

3.2.3 通路の長さ

通路の長さは、人力型と機械力型の場合の2通りについてつぎのような制約にしたがって定める。

i) 人力型の場合

トロ線路は土場の中央を貫通するものとし、総長は土場内における線路長に土場と工場との連結路長(10m)が加えられる。主通路は原木の工場搬入方向と平行な土場の外辺(正方形の2辺長)に設置するものとする。ただし、土場の1辺長が40m未満の比較的せまい場合(面積で1,600m²未満)においては1辺にのみ主通路を設けるものとする。補助通路面積は上記の総通路面積からトロ線路面積と主通路を差し引いた残りとし、その通路長は補助通路巾(2.0m)で除して求めるものとする、原木土場における通路長はつぎのとおりである。

通路区分	土場面積	$D \geq 1600m^2$	$D < 1600m^2$
主通路長 (m)		$2\sqrt{D}$	\sqrt{D}
補助通路長 (m)		$\frac{1}{r_2} (D\alpha - 2\sqrt{D} \cdot r_1 - \sqrt{D} \cdot r_3)$	$\frac{1}{r_2} (D\alpha - \sqrt{D} \cdot r_1 - \sqrt{D} \cdot r_3)$
※トロ線路長(m)		$\sqrt{D} + 10$	$\sqrt{D} + 10$

※ +10mは土場と工場の連絡路の長さをあらわすもので、土場面積の外数となっている。

なお、製品土場における通路長は、まったく同様に上表のD、 r_1 、 r_2 、 r_3 をそれぞれD、 r_1 、 r_2 を対応させることによって求められる。

ii) 機械力型の場合

土場内(土場と工場とを結ぶ通路はのぞく)の方形路網に占める主通路と補助通路の割合が、その長さにおいて相等しい(主通路総延長=補助通路総延長)も

のと仮定した¹⁾⁵⁾⁷⁾。前述の土場所要面積と通路率の関係から求めると、原木および製品土場における通路長はつぎのとおりである。

$$\text{主通路長 (m)} = \frac{D \cdot \alpha}{r_1 + r_2} + 20 \text{ および } \frac{D' \cdot \alpha'}{r_1 + r_2} + 20$$

$$\text{補助通路長 (m)} = \frac{D \cdot \alpha}{r_1 + r_2}, \text{ および } \frac{D' \cdot \alpha'}{r_1 + r_2}$$

以上の基準によって、土場のレイアウトを構成することにした。ただし、ここでは通路を具体的にどのように配置すべきかといった実際的な問題には深く立ち入らず、あくまでも大まかな基準のわく内でレイアウトを想定し、この結果にもとづいて作業能力およびコストの計算を進めていくことにする。

3.3 作業種類別の運搬距離

上記のレイアウトにもとづいて作業の種類とその移動範囲を次のように定める。

3.3.1 原木の捲立距離

原木入荷のためのトラックはどのブロックにも自由に近づくことができ、トラックから卸された丸太はそのブロックに隣接の小ブロックまたはトロ線路方向と直角方向の小ブロックに捲立てるものとし、その平均的な捲立距離は、人力型、機械力型いずれの場合にも30m前後とみなした。

3.3.2 原木の搬入距離

機械力型の場合には縦横に走る搬入路を通して、どの小ブロックからも一様に固定式パーカーに運びこまれ、さらにパーカーから剥皮原木を工場へ運び入れるものとする。

人力型の場合には、トロ線の両側に極積された剥皮丸太をどのブ

ロックからも均等にトロで運び込まれるものとする。

3.3.3 製品の搬出距離

機械力型では、工場から各ブロックに対して一様に運び出すことにする。人力型ではトロ線路から置場までの小運搬距離はとくに考慮しないことにする。

3.3.4 製品の積込距離

トラックは積込予定の製品桟へ自由に近づくことが

第4表 作業種類別の平均運搬距離 (d_i) の設定 (m)

作業種類	作業方式	人 力 型	機 械 力 型
原木の捲立	d ₁	30 (m)	30 (m)
原木の工場搬入	d ₂	$\frac{\sqrt{D}}{2} + 10 = \frac{1}{2}\sqrt{1.667xy} + 10$	$\frac{3}{4}\sqrt{D} + 20 = \frac{3}{4}\sqrt{2.143xy} + 20$
製品の搬出	d ₃	$\frac{\sqrt{D'}}{2} + 10 = \frac{1}{2}\sqrt{1.346xy'} + 10$	$\frac{3}{4}\sqrt{D'} + 20 = \frac{3}{4}\sqrt{1.750xy'} + 20$
製品の積込	d ₄	5	30

※ d₂₋₁ ($=\frac{3}{4}\sqrt{D}$)とd₂₋₂ (=20)との和

できるものとし、平均的な積込移動範囲は、作業特性を考慮して機械力型では30m前後、人力型では5m前後とみなす。

以上の平均的な移動距離を整理すると第4表のようになる。

今回は紙数の余裕もなく、作業方式設定の概略をのべるに止まったが、以下、これらの事柄を前提にして、第2報では作業方式による能力の算定について、第3,4報では作業方式によるコストの算定と採算性について検討した結果を報告する。

文 献

- 1) 鎌田昭吉・佐藤 真：製材工場の土場作業機械化の実態調査(1)，(2)北林産試月報および木材の研究と普及 1967年10,11月
- 2) 鎌田昭吉：道内製材工場の土場作業機械化の近況 北林産試月報および木材の研究と普及 1966年8月
- 3) 土居禎夫：実用製材技術1958年 森北出版
- 4) 日本木材加工技術協会：木材工業ハンドブック 丸善 1958年
- 5) 日本産業車輛協会：フォークリフトハンドブック 日刊工業 1964年
- 6) 運搬便覧編集委員会：運搬便覧 日刊工業 1959年
- 7) 日本運搬管理協会：運搬管理便覧 日刊工業 1965年

- 林産試験資料 -
(原稿受理43.7,29)