

# 製材工場の土場作業機械化の経済性(2)

- 作業方式による荷役運搬能力の算定 -

鎌田 昭吉

前報<sup>1)</sup>では、人力型と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のモデルについて、その基本的事項を述べた。今回はこの前提条件にしたがって、人力型については所要労働量を算定し、機械力型については荷役運搬能力の算定を試みたので、算出の方法と結果を報告する。

## 4. 運搬能力の算定

調査資料<sup>2)</sup>にもとづいて多くの作業条件のうち最も支配的な因子と思われる運搬距離と関連して、作業種類別の作業能力を求め、さらに一連の土場作業を行うときの機械の総合的な能力や人力型作業における所要人員などを解析的に求めてみる。

### 4.1 作業種類別の運搬能力の解析

能力は下式のとおり、正味稼働時間内の運搬回数と1回当たり積載量の積として表わすことにする<sup>2)</sup>。

$$Z_j = g_j \times \frac{60H}{C_{mj}} \dots \dots \dots (2-1)$$

ここでサイクルタイム (Cmj 1往復時間) は、運搬距離の関数として下式のようにあらわすことにする。

$$C_{mj} = a_j + b_j + \left( \frac{1}{v_j} + \frac{1}{v'_j} \right) d_j \dots (2-2)$$

- Z<sub>j</sub> 作業種類別運搬能力 (m<sup>3</sup>/時間 - 原木換算材積)
- g<sub>j</sub> 作業種類別 1 回当たり積載量 (m<sup>3</sup>/回 - 原木換算材積)
- H 正味稼働時間 (時間)
- C<sub>mj</sub> 作業種類別 1 サイクルタイム (分)
- a<sub>j</sub> 作業種類別 1 回当たりすくいこみ時間(分)

第5表 作業時間分析値および正味稼働時間当り作業能力

機種	作業種類	(j)	時間分析値					サイクルタイム (分/回)	正味稼働時間当り能力 $Z_j = g_j \times \frac{60}{c_{mj}}$ (m <sup>3</sup> /時間)
			すくいこみ時間 (a <sub>j</sub> )	おろし時間 (f <sub>j</sub> )	積速 (v <sub>j</sub> )	空走速度 (v' <sub>j</sub> )	※※積載量 (g <sub>j</sub> )		
シロベルダ	原木の捲立	1	0.5	0.4	65	75	1.25	0.9+0.03d <sub>1</sub>	42
	※ 原木の工場搬入 (工場→パーク)	2-1	0.5	0.4	65	75	1.40	0.9+0.03d <sub>2-1</sub>	84 / (0.9+0.023√2.143xy)
フリシロ オフ及ビ 1クットルダ	※ 原木の工場搬入 (パーク→工場)	2-2	0.5	0.4	65	75	1.50	0.9+0.03d <sub>2-2</sub>	60
	製品の搬入	3	0.5	0.4	65	75	2.00	0.9+0.03d <sub>3</sub>	120 / (1.5+0.023√1.750xy')
	製品の積込	4	0.5	0.4	65	75	1.80	0.9+0.03d <sub>4</sub>	60
※※※ 入 力	原木の捲立	1	—	—	—	—	—	—	10
	原木の工場搬入	2	4.0	1.0	30	40	1.50	5.0+0.06d <sub>2</sub>	90 / 5.6+0.03√1.667xy
	製品の搬出	3	7.0	1.0	30	40	3.00	12.0+0.06d <sub>3</sub>	180 / 12.6+0.03√1.346xy'
	製品の積込	4	—	—	—	—	—	—	14

※ j=2-1 原木桤から固定式パークに原木を運ぶ作業 [注] d<sub>j</sub>: 前報<sup>1)</sup> P16 第4表参照  
 j=2-2 固定式パークから剥皮原木を工場へ搬入する作業  
 ※※ g<sub>j</sub> 原木換算材積  
 ※※※ j=1 5人1組の組作業能力 (m<sup>3</sup>/時間・5人) — ウィンチ使用  
 j=2 2人1組の組作業能力 (m<sup>3</sup>/時間・2人) — トロ使用  
 j=3 2人1組の組作業能力 (m<sup>3</sup>/時間・2人) — トロ使用  
 j=4 2人1組の組作業能力 (m<sup>3</sup>/時間・2人) — 人力積込

- bj 作業種類別 1 回当りおろし時間(分)
- vj 作業種類別積走行速度(m/分)
- vj 作業種類別空走行速度(m/分)
- dj 作業種類別片道運搬距離(m)

データ<sup>2)</sup>によれば、作業の種類によって積載量に差が認められた。

作業特性として、荷役運搬作業のなかに材を選り分けるといふ要素が入ってくる作業(原木の捲立および製品の積込 j=1, 4)において、その選別の密度の高いほどすくいこみ 1回当り積載量が小さくなるという傾向がみられた。しかし要素作業時間については、作業の種類や運搬機種によっても大きな違いは認められず、それらの影響は無視してよいと判断し、それぞれ第5表左欄に示す如く定めた。さらにこの数値を基礎に、運搬距離をパラメーターにして、正味稼働時間当り作業能力を第5表右欄の如く設定した。

4.2 作業方式別の運搬能力および所要人員の計算  
土場の仕事量は、季節的にも時間的にも変動しやすいが、ここでは作業方式の比較を行う目的から、年間を通して平均的な作業状態を想定し、原木の受け入れから製品の出荷に至る一連の作業プロセスを定常化して考える。すなわち、連日、1日の原木挽立数量に見合うだけの原木を捲立し、工場へ搬入し、さらに1日の挽立量に対応する製品を工場から搬出し、これと等量の製品を積み込み出荷するという理想的な平衡状態が連続的に保たれているものとみなす。

一方、作業時間については次のような基準を設ける。1日の拘束時間は9.0時間、休憩、休息を除く作業時間は7.5時間、準備・後始末・作業打合せ・その他雑用をのぞく実働時間は6.0時間、さらに作業場所の移動・段取り・作業待ちといった付帯作業時間をのぞく正味の有効稼働時間は、機械力型、人力型ともに1日当り4時間を標準とし、年間稼働日数は300日とする。

さらに、作業の配分についてもつぎのような基準を設けた。

前述<sup>1)</sup>のごとく、S型作業方式においては、原木・製品両土場の全作業(j=1, 2-1, 2-2, 3,

4)をショベルローダ1台で実行することになるが、ショベルローダとフォークリフトの混合型(S-F型および2S-F型)作業方式の場合には、原則としてショベルローダは原木土場関係の作業(j=1, 2-1, 2-2)を行ない、フォークリフトは製品土場関係の作業(j=3, 4)を行なうことにする。

第6表 S-F型および2S-F型作業方式における機種別作業配分

作業配分 型式		作業種類 (j)				
		1	2-1	2-2	3	4
I	基本型	S	S	S	F	F
II	S>F型	S	S	S	F	S
III	S<F型	S	S	F	F	F

S, F: 各々ショベルローダ, フォークリフトを示す。

しかし、この作業配分の仕方(第6表参照.....これを基本型と称す)に準ずるならば、ショベルローダ、フォークリフト両機種の所要作業時間に大きな差が生じてくる場合があり、両機種の組合せとしてみた場合の総合力は、いずれか一方、能力の低い方の水準におさえられてしまう。そこで、機械性能や作業特性を考慮に入れ、ショベルローダでも、フォークリフトでも、実行容易なかつ交換性の高い作業として、剥皮原木の工場搬入(j=2-2)と製品の積込(j=4)の2作業を選定し、その作業の配分を変えることによって、できるだけ両者の能力の均衡を保つようにし、そのときの総合的な能力を算出することにした。ただし、作業の配分を変える場合でも、その作業はショベルローダかフォークリフトのいずれか一方に全面的にゆだねるものとし、1つの作業を両方の機種に適当に分割配分するという型式はとらないことを前提にした。

たとえば、基本型にしたがって作業を進めるとした場合、まず、両機種の能力と稼働時間を求めて比較する。かりにショベルローダの能力が過大で、ショベルローダに大きな「遊び」を生ずるようなときには、本来ならばフォークリフトが行なうべき製品の積込作業(j=4)を100%ショベルローダに転荷する状態を考える。すなわち作業配分型式、S>F型による場合についても、能力、稼働時間を算出し、その比較において、両機種の組合せとしてみた場合の総合的な能力の

高い方の作業配分型式を採用することにする。このことは同時に、両機種稼働率が高い方の作業配分型式を採用する結果となる。反対にフォークリフトの能力が過大のときは、作業配分型式 S<F 型に準じ、本来ならばショベルローダが行うべき剥皮原木の工場搬入作業 (j=2-2) をフォークリフトに置換することになる。

したがって、このような作業配分の基準にしたがえば、両機種能力の不均衡はかなり解消されることになる。しかし、交換できる作業 (j=2-2, 4) が限定され、またその作業を分割配分しないという前提を設けているため、両機種ともに 100%稼働するという完全な均衡状態には必ずしも到達し得ないが、その程度のアンバランスは許容できるものとみなして計算を進めていくことにした。

以上の基準にもとづいて、一連の作業を行うときの機械の総合的な荷役運搬能力および人力型における所要人員の算定式を次のように導いた。

4.2.1 機械力型作業方式における荷役運搬能力の算定

機械の総合力は、機械の正味稼働時間の制約から、工場の生産規模 x に置き換えて求めることにする。

$$\sum_j^j \frac{x}{z_j} \leq H$$

$$\therefore x \leq \frac{H}{\sum_j^j \frac{1}{z_j}} \dots \dots \dots (3-1)$$

x: 1日当り原木挽立数量 = 1日当り荷役運搬能力 (m<sup>3</sup>/日)

H: 機械の正味稼働時間 = 4時間 / 日

Z<sub>j</sub>: 作業種類別の運搬能力 (m<sup>3</sup>/時間)

4.2.2 人力型作業方式における所要人員の算定

作業種類別所要人員は組作業能力と正味稼働時間の関係から、それぞれ

$$m_j = \frac{x}{H \cdot Z_j} \times m_j' \dots \dots \dots (3-2)$$

m<sub>j</sub>: 作業種類別の所要人員

x: 1日当り原木挽立数量 = 1日当り荷役運搬数量

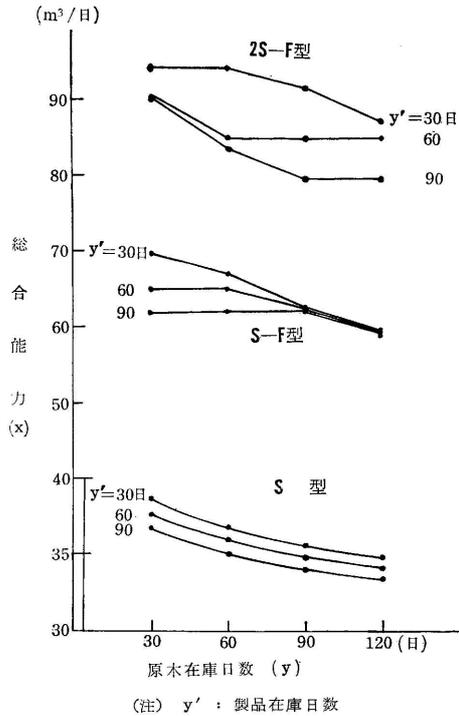
具体的な計算の過程は本号18~20P, 【荷役運搬の総

合能力および所要人員の計算例】にのべる。なお実際の計算作業は、原木在庫日数を 4 段階 (y = 30,60,90,120)製品在庫日数を3段階 (y' = 30,60,90)に固定して、その組み合わせ12種の場合について行なうことにした。

4.3 計算結果について

4.3.1 荷役運搬の総合能力

機械力型作業方式における総合的な荷役運搬能力計



第 2 図 機械力型作業方式別の総合能力

算結果を原木および製品の在庫期間と関連して示すと第2図のとおりである。

これによって、S 型作業方式についてみると、在庫期間の長短が能力に及ぼす影響が明らかに認められ、かつ規則性がある。前述のごとく、原木にしる製品にしるその在庫期間が変われば、所要土場面積が比例増減し、同時に原木の搬入や製品の搬出距離も略比例変化するので、その結果、機械の能力は在庫日数に対して略逆比例的に変化するという仕組みになっていることによるものである。なお、S 型作業方式においては、ショベル 1台で全作業を一貫処理し、この場合の機械

の稼働率は100%の状態にある。

一方、S-F型および2S-F型作業方式についてみると、在庫期間の長短による総合能力の差異は、必ずしも規則正しくあらわれていない。これは両機種種の能力が完全な均衡状態に保たれていないことに基因するものである。

使用機械を限定し、かつ作業の配分についても特定の基準を設けたことが、両機種種のアンバランスの解消されないおもな理由であり、当然、いずれかの機械に“遊び”を生じてくることになる。この余った時間なり、余剰能力を他の仕事に転用の可能性があるが、この潜在能力の活用効果という要素は、定量化がきわめて困難であることから、コスト計算の中にはくり入れないことにする。

したがって、S-F型および2S-F型の作業方式においては、総合能力が発揮される状態においても、いずれか一方の機種に“遊休ロス”がそのまま残された形になっていることに注意を要する。この際の作業配分の型式および機種別の稼働率等についての詳細は、後述、【荷役運搬の総合能力および所要人員の計算例】を参照されたい。

#### 4.3.2 人力型作業方式における所要人員

計算結果を第3図に示した。

原木の捲立、製品の積込に要する人員は、作業距離が一応固定されているので、仕事量に対応して比例増減することになる。

一方、原木の工場搬出に要する人員についてみると工場の生産規模が大きくなれば、土場面積も比例拡大し、それにとまって運搬距離も延長し、相対的に作業能力が低下するため、図示したごとく、仕事量に対する所要労働量の比率もわずかではあるが増加することになる。なお、図中で省略した部分〔 $m^2$  ( $y=90$ ),  $m^3$  ( $y=60$ )〕については、それぞれ対応する所要人員曲線の範囲内におさまっているため、容易に推定できる。

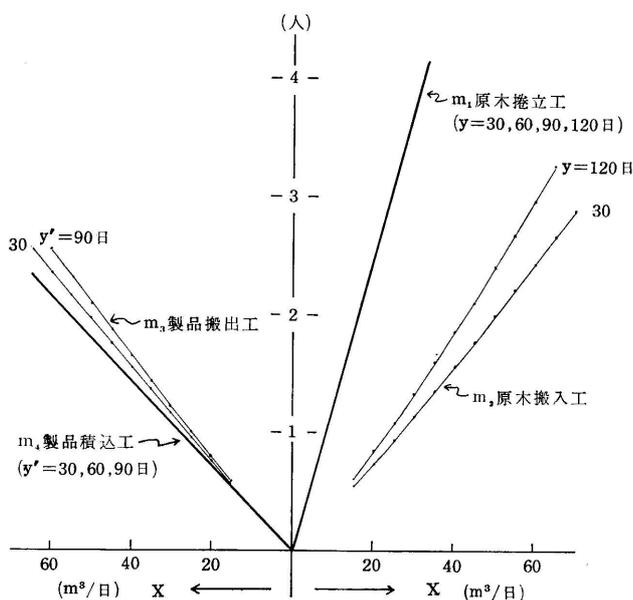
#### 4.3.3 結果の検討

以上、作業方式別に総合能力ならびに所要人員を算定したが、本研究に先立って、現実の土場について調査した資料<sup>2)</sup>や、統計的なデータ<sup>3)</sup>などと較べてみるならば、平均的にみて、実績値よりも能率がよいという計算結果が出たように思われる。そのおもな理由としては、いままでに述べてきた前提条件の相異による

ものと考えられる。

事実、土場作業の実態をみるならば、工場建物、機械設備、土場等の区画・配置、通路の配置等が合理的でないとか、作業の仕組みや方法に問題があるとか、季節的にもまたその時々々の生産ペースの変動によって作業の遅れや混乱を生じているとか、機械の故障による作業の一時停止といった諸々の制約条件が複雑に重なり合って、荷役運搬作業の速度や質を低めている工場が多くみられる。

一般的にいうと、機械化の日が浅く、作業のプロセス・環境整備・機械の維持管理・運転操作技術といった機械化のための前提が充分ととのっていないという根本的な問題が残されており、いまだその作業方式は完成されていないようにも



(注) X: 工場の生産規模 (1日当り原木捲立量)

第3図 人力型作業方式における作業種類別所要人員

思える。

しかし、研究の目的からいって以上のような障害によって影響されない、合理的でしかも能率的に設計された統一的な作業条件のもとにおける数値が必要である。ここで総合能力や人員の算定の過程をふりかえってみるならば、作業条件については「好ましい」、基準を設け、基礎となる数値については実際の成績、その他の客観的なデータの平均的な値を採用し、また若干の安全余裕を見込むよう留意した。したがって、ここにあらわれた数値は、実現可能な1つの目標値とみてもさしつかえないと考える。

#### 文献

- 1) 鎌田昭吉：製材工場の土場作業機械化の経済性(1) 北林産試月報および木材の研究と普及 1968年10月
- 2) 鎌田・佐藤：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
- 3) 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

- 林産試 経営科 -  
(原稿受理 43.7.29)