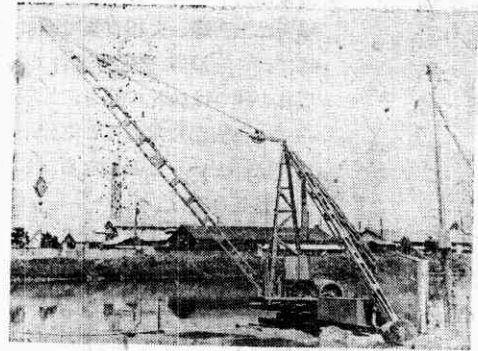


# 荷役設備の選定 と その経済計算

、 亦 木 英 一



1.5 ton 水平引込式デリッククレン

巻上負重 1.5ton 旋回半径 7.5m 旋回 1.5r/mn 2HP  
巻上 13m/mn 10HP 俯仰水平引込式共用

## 1. 荷役設備の選定に當つて

工場事業場等において材料あるいは製品が水平、垂直あるいは兩者の結合した形で運搬される作業が材料取扱の對象となるもので、すべての企業における材料取扱経費の合計は統計によれば全生産費用の 2% 以上に達するといわれている。またこれを輸送費、すなわち貨物運賃、同取扱費用、及び郵送運賃等に比べてみると約 80% と見積られる。

一方自由競争下における各企業が自己の優位を確保するためには、直接生産費の低下を圖るとともに上記のような相當の比率を占める材料取扱経費を縮減するために徹底した運搬作業の合理化を圖らねばならない。

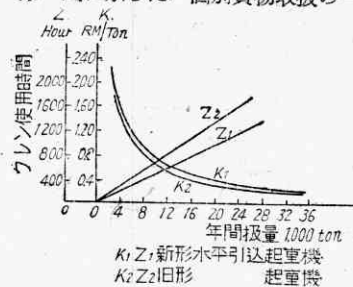
しかして運搬作業の合理化とはどんな意義と利益をもつているかといえは、経済的意義としては運搬作業の有機的なる組織化により直接作業労働者を雑作業（材料の運搬、工具類の探索等に有効時間の 1/2~1/3 を費消している）より解放し、かつ機械化によつて管理面より運搬作業並びに生産作業を推進し、同時運搬、同時作業の原則を實現することにあり、倫理的意義としては基本的人權の確立された今日、不必要、不自然なる労働力濫費の防止と個人的收得の増加をもたらすことになる。かくしてこの合理化により下記のごとき数多くの利益を企業にもたらすことになる。

- (1) 作業工程の圓滑化
- (2) 生産の増加
- (3) 製造原價の低下
- (4) 資金回轉率の向上
- (5) 管理統制の容易
- (6) 製品損傷の防止
- (7) 床面積の高度活用
- (8) 災害の防止

以上のような運搬作業の合理化の實施は、まず取扱材料の性質と量ともつとも合致した荷役設備を選定することであり、次の段階でそれが四圍の條件に適合し、かつ経済的に最良であることを確かめねばならない。一般に取扱材料は散積材料と個別貨物とに分けられ、前者はその取扱いは生産に多くの費用を要せず、しかも取扱量は概して大きいので、かならず機械的處理を必要とし、そうでなければ企業そのものは成立し得ないくらいである。一方後者の個別貨物は運搬過程に手加工を多く

ふくみ、運搬量にも一定の限度があるのが普通である。そして兩者の取扱數量はともに荷役設備の經濟性を左右する要因となるもので十分に現状を把握する必要がある

参考のために取扱量によつて荷役費の低下する割合を第 1 圖に示した。個別貨物取扱の一例としての機械工場



第 1 圖 荷役費—取扱量

あるいは一般製造工業等における運搬作業の合理化は取扱量および生産量さえ多ければ、いわゆる流れ作業を實施してその目的を達し得る。この場合流れ作業用荷役設備は生産設備の一環となる故、その形式選定に當つては、各個の生産工程および作業分析を行い、これらを有機的に連絡し結合するものでなければならぬ。したがつて、この場合なかなか荷役設備の選定は困難であるが、一たん荷役設備計畫者の努力によつて解決されれば、その企業が業界にぬきでることはきわめて容易である。しかもこの荷役設備費の回収にして一ヶ年を要するものは少いことをもつても如何にその利益が莫大であるかを想像できよう。

## 2. 荷役設備計畫の基本方針

荷役設備計畫に當つては取扱材料の種類、數量、土地價格、機械形式別の費用、動力費および賃金の高低を基礎數値とし生産工場全體の能率を最大にすべき調和した運搬系統の確立を期すべきである。なお注意すべき諸點を列挙すれば、

- (1) 材料および製品の移動経路を明確に示す流れ線圖を作成し、流れの距離を最短とすること。このためには新形式の設備を導入するよりは機械の配置や、工程を変更する方式が得策である。さらに建屋内における

通路、扉、エレベーター、階段等ならびに各建屋間を連絡する運搬路および鐵道引込線等を適當に設け、品物受渡場所、貯藏場所、半製品および製品置場等をあらかじめ確定しおくべきである。

(2) 荷役設備は現在はもちろん、將來擴張された場合も充分な機能を發揮できるものでなければならぬ。一般に將來の擴張を洞察し、その場合にも充分に適應ししかも材料の動きが最小であるように熟慮されるということはなかなか困難である。

(3) できるだけ不必要な運搬作業をさげ重力を利用して經費の節減を圖り、止むを得ない時に動力を使用する。

(4) 動力を使用する場合においても最小經費で運搬できる方法ならびに装置を選ぶこと。

(5) 荷役設備の方式はできるだけ標準型で試験済みのものを採用すべきで、製品の性質、製造工程あるいは方式によつては標準型で間に合わず新形式設備を要求される場合もあるが、その外は新形式を採用すべきでない。

(6) 新設備には最小の投資を行い、しかも荷役設備と方法は該設備に對して緊要不可欠のものとするべきである。なお設置場所の自然的利益は充分に利用すべきで重力によるシュート、ローラーコンベヤーあるいはスパイラルシュート等は大いに活用すべきである。

(7) 荷役設備に弾力性を持たせ、運搬方法に故障が起つても生産が停滯し、混亂せぬようにすべきである。

(8) 材料の流れる経路は受入個所から直結するべきで全工程中材料取扱の無秩序や逆行を避けるべきである

(9) 荷役設備に對する投資は合理化で得られた利益で補償されなければならない。積極的な企業體は新荷役設備が一年間投資額の 20~25% の利益、すなわち、4~5 年間で償却され得ることを認めればいさぎよく舊設備を故鐵にする用意と方針とを持つべきである。

(10) 荷役設備によつて得られた利益は固定課金、すなわち資本利子、租税、保險、保守修繕および減價償却費等に確保されるべきである。

以上の 10 項目は以下 3 項のように要約できる。

- (1) どんな材料取扱においても絶対に必要な運搬作業だけを遂行すべきである。
- (2) 經費の最小な方式を採用すべきである。
- (3) 概して單一形式の荷役設備は與えられた場所における材料取扱の問題にかならずしも適應はしない。

3. 荷役設備の種類と選定

荷役機械設備の種類は多種多様で、その分類もなかなか困難であるが、一般に次の 3 基準で分けられる。

(1) 機種による分類

起重機……クレン、ホイスト、テルハー、

運搬機……ベルトコンベア、エレベーター、空気コンベア等

運搬車輛……手押車、牽引車、動力車等

(2) 取扱材料による分類

石炭、コーグス、鑛石、砂、灰等取扱設備

(3) 運轉機能による分類

連続式……コンベア、エレベーター等

間歇式……ホイスト、テルハー、運搬車輛等

随時式……一般クレン

このように種類の多い荷役設備の中、どんなものが設備計畫の目的とか取扱材料あるいは運搬能力に合致するかどうかを表で明示するためにしばしば第 1 表のような

第 1 表

荷役設備選定上考慮すべき物的條件の検討表

	材料の形		運搬すべき量	速く回数	運送方向	取扱法に影響する作業								
	材の寸法	材の性質												
取扱材料	小	中	大	最大	平均	最小	連続	間歇	随時	取扱	運送	貯藏	搬出	取扱
與えられた條件														
起重機	-	V	V	V	V	V								
天井走行	-	V	V	V	V	V								
門	-	V	V	V	V	V								
シブ	-	V	V	V	V	V								
コモチ	-	V	V	V	V	V								
デリック	-	V	V	V	V	V								
原上運搬	-	V	V	V	V	V								
モノレール	-	V	V	V	V	V								
テルハー	-	V	V	V	V	V								
ローラー	-	V	V	V	V	V								
ホイスト	-	-	-	-	-	-								
テイク	-	-	-	-	-	-								
電気	-	-	-	-	-	-								
空気	-	-	-	-	-	-								
コンベヤー	-	V	V	V	V	V								
シュート	-	V	V	V	V	V								
フライ	-	V	V	V	V	V								
エア	-	V	V	V	V	V								
チェーン	-	V	V	V	V	V								
ベルト	-	V	V	V	V	V								
スラット	-	V	V	V	V	V								
ハケ	-	V	V	V	V	V								
エレベーター	-	V	V	V	V	V								
ネジ	-	V	V	V	V	V								
空気	-	V	V	V	V	V								
車輛類	-	V	V	V	V	V								
積載車(手動)	-	V	V	V	V	V								
台車	-	V	V	V	V	V								
牽引車	-	V	V	V	V	V								
床固定式	-	V	V	V	V	V								
床持上式(低昇)	-	V	V	V	V	V								
同(高昇)	-	V	V	V	V	V								
ト	-	V	V	V	V	V								
機	-	V	V	V	V	V								
移動エレベーター	-	V	V	V	V	V								
原上機械	-	V	V	V	V	V								

ものが利用される。表中V印は利用し得ることを示し、一印は不可能なことを示す。なお空白欄には設備計畫者がそれぞれ記入する譯で、こうして求められた利用し得る數種の荷役設備にさらに經濟的検討を加えて最後の決定をみるのである。

一般に取扱數量の多い散積材料、連続的に運搬される個別貨物、あるいはとくに重量の大きい貨物の場合は機械設備による外はなく、設備費も相當の額に達するから機種を選定には、あらゆる検討を加えて最良の方式を採用すべきであつて、このための努力は惜まれてはならない。これに反して規模の小さい運搬作業の場合は機械設備による經濟的利益が過小評價されがちであるが、この場合でも充分に有利な設備を選定すれば豫期以上の便宜

と利益とを得るのであつて、前節にも述べたように、動力費のいらぬローラーコンベア、あるいはシュート類(口繪)を利用したり、または僅少な動力費ですむスラットコンベア(口繪)あるいはポータブルバイラー(口繪)、さらに進んで固定型あるいは移動型小形起重機、その他バッテリーカー(口繪)、フォークリフト(口繪)等を利用すれば、荷役費等の低下はもちろん、工場割掛金の節約等のために意外の経済的利益をもたらすものである。

#### 4. 荷役設備の経済的考察

荷役設備が経済的に成立するかどうかは設備計画の初頭に當つて充分慎重に調査研究されねばならない。一般には運搬單位に対する費用の大小すなわち Cost/ton/km により経済的採算を比較しているが、この結論を得るための経済的要素としては下記のようなものがある。

(1) 減價償却費 減價償却の方式、すなわちその償還範囲は企業形態によつて多少異なるが、一般に実施されている方式としては償還年限を假定して次式によつている

(イ) 減價年賦償還法

$$\text{年々の償還金 } a_1 = A \times \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \dots\dots(1)$$

(ロ) 減價積立年金法

$$a_2 = A \times \frac{r}{(1+r)^n - 1} \dots\dots(2)$$

ここに A: 償還あるいは積立てらるべき設備費  
r: 設備費に対する金利 n: 償還あるいは積立年限(大形機では25年、中形機では20年、小形機では15年が普通である。)

(2) 人件費 荷役設備の規模形式により、また社会状況により異なるが、所要人員と賃金(通常1人1日500円)とによりきめられる。

(3) 動力費 荷役設備の種類および取扱材料により異なるが、単位扱量に対する電力量あるいは燃料費によつてきめられ、石炭取扱いの場合は0.5KWH/tonくらいである。(グラブバケツを利用しない場合は0.2KWH/tonくらいとなる)

(4) 保守修繕費 修繕費は一般に機械部品よりも電気部品に多く要し、大體一年間に設備費の4~6%を要するが、蓄電池車等の場合には20%にも達することがある。なお消耗品としての油脂、鋼索、接觸片等は全部で0.005~0.01%くらいである。

(5) その他四圍の条件によつてきまつてくる特殊費用以上の諸要素により概括的な経済的検討を行い得るのであるが、実際の工場、事業場等においては、既設の荷役設備を新形式のそれに取換えた時の詳細な経済的比較を行いたい場合が多いのである。これに対してA.S.M.E(アメリカ機械學會)では直接労賃の差異はもちろん、工場管理費の相違迄ふくめた荷役設備経済比較式を提案している。いま

- (1) 荷役設備を運轉するために要する年間金額を Y.
  - (2) すべての固定費を賄い得る最大算定投資額を Z.
  - (3) 新設備によつて得られる年間餘剰利益を V.
  - (4) 設備費に対する金利もふくんだ全利益を P.
  - (5) 新設備の償還年限を H.
- とすれば

$$Y = I'(A' + B' + C' + D')/100 = I'n' \dots\dots(3)$$

$$Z = x'(S + L + U - E)/n' + F/n' - K \dots\dots(4)$$

$$V = x'(S + L + U - E) + F - (Y + a'K) \dots\dots(5)$$

$$P = 100V/I' + A' \dots\dots(6)$$

$$H = 100/(P + D') \dots\dots(7)$$

ここに

X=100x 設備の使用率; A=100a 投資額に対する金利; B=100b 保険、税金率; C=100c 保守、修繕費率; D=100d 減價、損耗率; N=100n 最低固定課金率=A+B+C+D; E=E'-E<sup>0</sup> 年間消費動力の超過額; S=S<sup>0</sup>-S' 直接労賃の年間節約額; L=L<sup>0</sup>-L' 労賃割掛金の年間節約額; U=U'-U<sup>0</sup> 利用された豫備能力年間額; I=設備費; F=Y<sup>0</sup>=n<sup>0</sup>I<sup>0</sup> 舊設備に対する年間固定課金; Y=Y'=n'I' 新設備に対する年間固定課金; K=おきかえられる舊設備の現在價值等をあらわし<sup>0</sup>印は舊設備に対する値、'印は新設備に対する値を示している。作業時間は1日8時間、1年2,400時間を標準としており、それ以下の時でも保守修繕費率cは一定と見なされるが、とくに必要ある場合はcの代りにcxをもちいてもよい。

以上(3)~(7)式により新形式の荷役設備の年間固定課金、新設備に許し得る算定投資額、年間利益および償還年限等が判明し、新舊兩設備の経済的比較が得られるのである。(もし上式の内(5)Vが負数となれば舊設備でも十分に利益をあげ得ることを示している)

#### 5. 荷役設備経済計算の實例

まずはじめにカット寫眞に示すような材料の受け入れあるいは製品の積出しに便利で簡易なデリッククレンの實例につき荷役費用の原價計算ならびに機械化による利益を計算して見ると次のようになる。いま本機の年間取扱量を工場用石炭12,000t、その他12,000t(1日當り扱量120tとして一年200日稼動)とし、機械設備費50萬圓、金利6%、所要動力0.2KWH/ton、保守修繕費率5%、搬器(モッコ)消耗率10%、所要人員5人、償還年限5年とすれば機械荷役による場合は前節の諸式より

$$(1) \text{償還額} = 500,000 \text{円} \times \frac{0.06(1+0.06)^5}{(1+0.06)^5 - 1} = 121,000 \text{円}$$

$$(2) \text{人件費} = 500 \text{円} \times 5 \times 200 = 500,000 \text{円}$$

$$(3) \text{動力費} = \begin{cases} 10\text{HP} + 2\text{HP} \text{ 基本料金} = 24,000 \text{円} \\ \text{従量料金} 0.90 \text{円} \times 0.2 \times 24,000 = 4,300 \text{円} \end{cases}$$

$$(4) \text{保守修繕費} = 500,000 \text{円} \times 0.05 = 25,000 \text{円}$$

$$(5) \text{搬器(モッコ)消耗費} = 500,000 \text{円} \times 0.10 = 50,000 \text{円}$$

$$\text{計 } 724,300 \text{円 (あるいは } 30 \text{円/ton)}$$

となり、一方人力のみによる荷役費は通常水切り 55 円/ton であるから年間扱量 24,000t では 55円×24,000=1,320,000円となり、前者は後者の 55% にしか当たらないのである。なおこの場合機械の使用率は一年 200 日、すなわち 200日/300日=60% であるがもつとも高度に利用すればさらに荷役費は低下される譯である。

次にバッテリーカーとこれに代るべきエプロンコンベアとの経済比較をしてみると次のようになる (By Mr. James A. Shepard; Mechanical Engineering, Jan. 1925)

	バッテリーカー	エプロンコンベア
X% 設備使用率	X <sup>0</sup> =80%	X'=90%
A% 金利	A <sup>0</sup> =6%	A'=6%
B% 保険税金率	B <sup>0</sup> =3%	B'=3%
C% 保守修繕費率	C <sup>0</sup> =20%	C'=7.5%
D% 減價損耗率	D <sup>0</sup> =25%	D'=10%
N% 最低固定課金率	N <sup>0</sup> =54%	N'=26.5%
p 1 時間當り動力費	p <sup>0</sup> =\$0.1017	p'=\$0.1325
h 使用時間	h <sup>0</sup> =1,920	h'=2,160
ph 動力費	E <sup>0</sup> =\$195.20	E'=\$286.20
E 動力費の差	E=E' <sup>0</sup> -E <sup>0</sup>	= \$91.00
m 運轉手 (d=\$0.50/hour) 1 人	0 人	0 人
mdh 直接労賃	S <sup>0</sup> =\$960.00	S'=0
S 直接労賃の節約	S=S <sup>0</sup> -S'	= \$960.00
L 労賃割減率 (30%) の節約	L=30% S	= \$288.00
I 設備費	I <sup>0</sup> =\$2,200.00	I'=\$8,640.00
K 設備の現在價值	0	0
K <sup>0</sup> 同上、ただし I <sup>0</sup> が既設の場合 K <sup>0</sup> =\$1,100.00 (I <sup>0</sup> の 50%)		
U 利用された豫備能力	0	0
U <sup>0</sup> 可能な豫備能力	U <sup>0</sup> =\$150 (假定)	
F 年間固定費用	F <sup>0</sup> =\$1,188.00 (I <sup>0</sup> の 54%)	

上記の値を前節の式(3)(4)(5)(6)(7)に代入すれば

(1) 兩設備ともにまだ設置されていない場合

$$Y = \$8,640, Z = \$8,849, V = \$55.40, P = 6.64\%, H = 6 \text{ 年}$$

(2) バッテリーカーが既設されている場合

$$Z = \$7,749 (I' \text{ より } \$891 \text{ 少い}), V = -\$10.60 \text{ (バッテリーカーが有利)}, P = 5.88\%, H = 6.3 \text{ 年}$$

(3) バッテリーカーの豫備能力を考えると

$$Z = \$7,183 (I' \text{ より } \$1,457 \text{ 少い}), V = -\$160.60 \text{ (バッテリーカーが有利)}, P = 4.14\%, H = 7.07 \text{ 年}$$

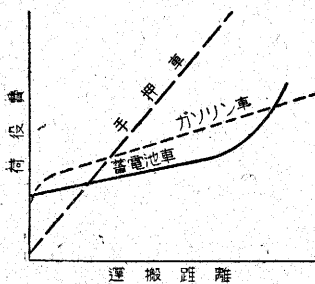
以上のように各場合につきそれぞれ具体的な數値によつて詳細な經濟的検討を行うことができる。

なお参考のため工場内の運搬を手押車、ガソリン車およびバッテリーカーで行つた場合の荷役費を比較すれば、第 2 圖~第 5 圖のようになり、荷役費は運搬距離、扱量、道路状況および斜面の有無等の影響を受けることがわかる。

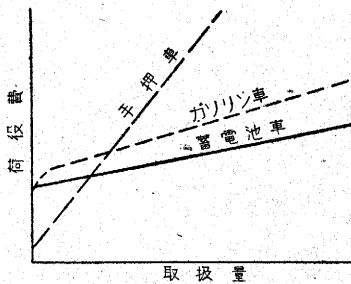
さらに某電動機製作工場におけるコンベア・システムによる流れ作業實施の結果得られた製品の工數低下および 1 人當り生産高の増加は、第 6 圖および第 7 圖に示すように驚愕的な良結果を得ている。もちろんこの成功は管理擔當者の勝れた洞察となみなみなぬ努力とが生産形態と工程管理および原價計算の三者を一體にさせた結果であり、荷役設備としてのローターコンベアあるいはスラットコンベアは單にその手段として利用したに過ぎないものといえよう。

文 献

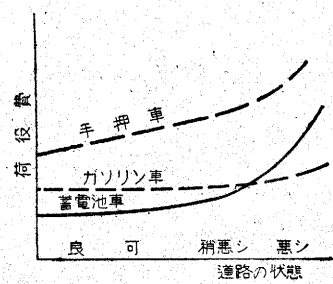
- (1) 國行一郎: 石炭取扱設備, 岩波機械工学 第 8 卷
- (2) 福原榮一・名取四郎: 生産管理のあり方とその實際, 日本能率 第 9 卷第 4, 5, 6, 7 號
- (3) Simeon J. Koshkin: Modern Material Handling
- (4) C. B. Crockett & H. J. Payne: A. S. M. E. Transactions 1927, M. H-50-3



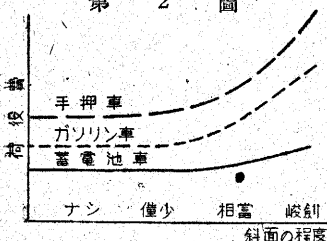
第 2 圖



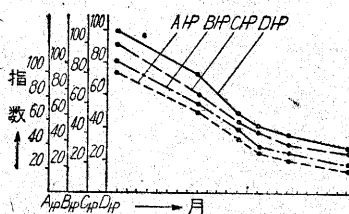
第 3 圖



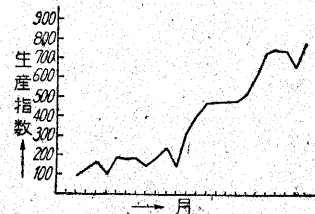
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

製作工數低下實績(當初を 100 とす)

一人當生産指數(當初を 100 とす)