

歩行者一輪運搬車の動力化の評価

土居 栄城・池見 隆男

(農学部農業機械学研究室)

Evaluation to Power Driving of Wheelbarrows

Eiki DOI and Takao IKEMI

Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture

Abstract : In order to have knowledge with merits by power-driving wheelbarrows, the authors investigated working time, heart rate and Flicker value of operator at transporting. The loads per one transporting was 50 kgf for normal wheelbarrows and 100 kgf for power driving wheelbarrows, and the distance was 50 meter both. The results were as follows:

- (1) Evaluating from heart rate, we could found out turning point at 1,000 kgf and 1,000 meter respectively, for total quantity and total distance of transportation. Beyond the point, increasing rate of heart rate was lower for power driving type than for normal type.
- (2) For Flicker value, we could not found out little difference between power driving type and normal type.
- (3) Total time of consumption at transporting was lower for power driving type than for normal type.
- (4) Summarizing these results, by power driving of wheelbarrows it can obtain the merits, only as total quantity for a distance and a volume is more than a definite value.

結 言

近年、稲作はもちろんその他の作物においても大部分の作業について機械化がなされているが、運搬作業に関しても例外ではなく、各種の動力付きの運搬車が開発・導入されている。すなわち、積載量で100~1000kgf、エンジン出力で1.10~7.36kW (1.5~10.0 PS)、また走行装置でも1輪、3輪、4輪及びクローラタイプなどがあり¹⁾、これらの中から水稻作、露地野菜、施設園芸などそれぞれの作業に適したものが選ばれ、利用されている。このように動力化が進んでいる運搬作業の中で、少量、短距離の小運搬には依然として昔ながらの一輪車が多く利用されている。

その理由としては、一輪車の特徴である手軽さ、耕作道などの小道でも通行可能なこと、圃場内にも乗り入れが可能なことなどが上げられる。

一輪運搬車の動力化のメリットとしては、作業能率の向上と生体負担の軽減が上げられる。この内作業能率に関しては、1回の運搬量が増加するので、当然向上すると考えられるが、一方生体負担については作業条件によっては必ずしも動力車が有利ともいえない場合がある。

本研究では、生体負担の軽減に関して、作業者の心拍数とフリッカー値の測定結果より従来の人形のものに対する動力形の利点に関して調査を行ったので報告する。

なお、本研究の実験に協力して頂いた専攻学生河野好宏君に謝意を表します。

実験方法

1. 供試運搬車 供試機の外観及び諸元を Fig. 1 および Table 1 に示す。

動力運搬車におけるエンジンは荷台の下、車輪の後方に装備されているので、無負荷状態でも自重のかなりの部分がハンドルに掛かるような構造となっている。また、自重も人力タイプの 11.5kgf に対して約3.5倍の40kgf とかなり重いのが特徴である。

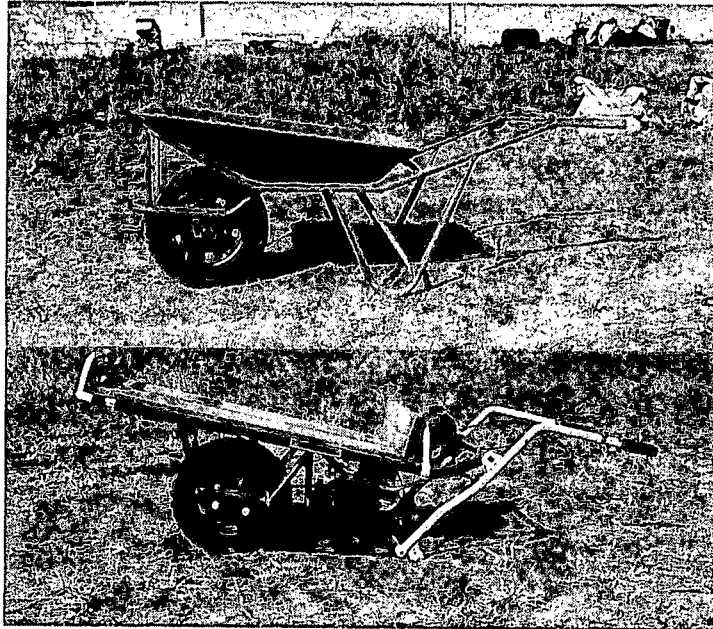


Fig. 1. Views of wheelbarrows used test. Uper : normal type, lower : power-driving type.

Table 1. Specification of wheelbarrows used test

Kind of wheelbarrows	Power type	Normal type
Weight (kgf)	40.0	11.6
Max. load (kgf)	150	100
Height of handle (cm)	50.0	47.5
Size of tire	3.50-8	3.00-13
Engine		
Rated output	1.6kW/6000 rpm	
Displacement	50cc	
Travel speed (low)	4.0km/h	
(high)	5.1km/h	

2. 被験者 被験者は、年令21・22歳の健康な青年男子5名で、各人の生理条件を Table 2 に示す。
3. 実験方法 それぞれの運搬車について、総運搬量を20個(500kgf)、30個(750kgf)、40個(1,000kgf)の3種類変えて運搬作業を行った時の心拍数及びフリッカー値を測定した。

Table 2. Age and physique of subjects

Subject	Age	Height	Weight
		cm	kg
A	21	169	62
B	22	165	60
C	22	170	55
D	22	168	64
E	22	183	75

作業は、スタート地点で荷物を積み、50mの直線距離を運び、降ろして、空で帰ってくるものを1行程とした。荷物は麻袋に砂をつめたもので、1個の重量は25kgfである。また1回の積載量は、それぞれの機種の適正量、すなわち人力運搬車では2個（50kgf）、動力運搬車では4個（100kgf）としたので、人力運搬車では、動力車の2倍の行程数を必要することになった。

心拍数は、ブルスメーター（三栄測器製、2 D16型、測定範囲30～200 b/min、最小目盛5 b/min）を使用し、作業前、作業中及び作業後について測定した。なお、作業中は各行程終了後に測定し、また作業後は、作業前の値に回復するまで、または定常状態になるまで3分毎に測定した。

フリッカー値は、ポータブルフリッカー（竹井機器工業製、セクター式、測定範囲10～60 Hz）を使用し、作業前及び作業後において測定した。なお、作業後については、直後及び6分毎に作業前の値に回復するまで測定した。また、測定は2回おこない、その平均値を用いた。

作業速度については、動力運搬車ではスロットルレバーの位置を一定にすることにより直線走行時の速度を一定にしたが、人力運搬車では走行速度の規制を行わず、各被験者に適した速度でおこなった。

結果及び考察

1. 運搬作業所要時間 各作業における所要時間を Table 3 に示す。

Table 3. Expending times at transporting

Total loads number	Kind of wheelbarrows		
	Power type sec	Normal type sec	Difference sec
20	841	1,244	403
30	525	1,716	1,191
40	1,384	2,033	649

いずれの総運搬個数に対しても人力運搬車の場合が多くなっており、その差は20個で約7分、30個で10分、40個で11分となっているが、この違いは主として、運搬回数（すなわち運搬距離及び積込み・積降し回数）の差に拠るものと考えられる。しかし、運搬回数は人力運搬車の方が動力運搬車の2倍になっているが、所要時間はいずれも5割程度しか増加していない。このことは、両者の差の大部分は運搬作業によるもので、積込み・積降しに要する時間は、両者間でほぼ等しいことを意味している。

2. 運搬車のハンドルにかかる静的荷重

一輪運搬車の場合、運搬作業時にバランスを取りながら、ハンドルを操作するが、そのときハンドルに作用する荷重の大きさがハンドル操作に大きく影響す

る。そこで、運搬作業時におけるハンドル荷重を知るために、水平状態及び右側に傾斜させた状態におけるハンドル荷重を測定した。なお、積載荷重は動力運搬車では100kgf、人力運搬車では50kgfとした。水平状態及び傾斜状態におけるハンドル荷重の測定状態を Fig. 2 に示す。

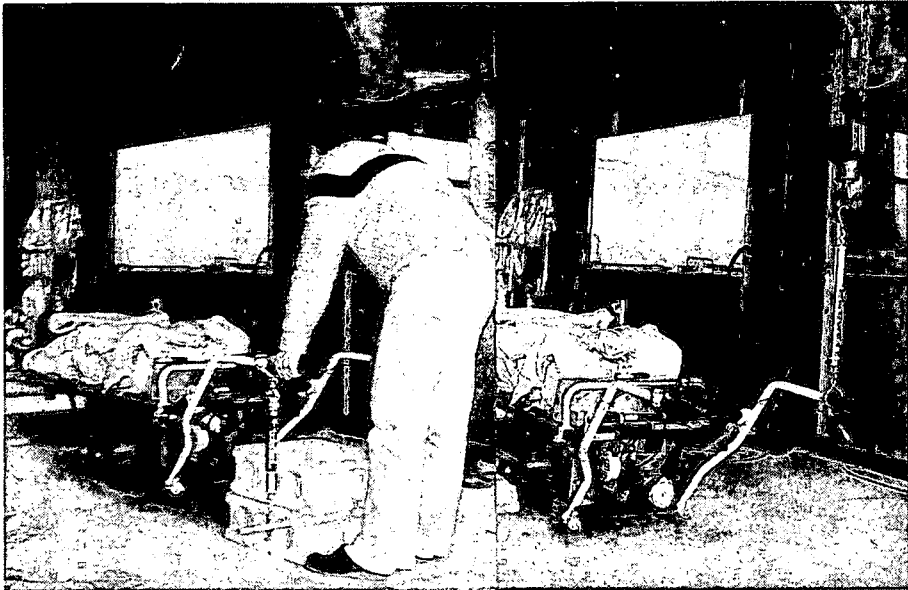


Fig. 2. Measuring scene of handle loads at inclined tightly the wheelbarrows. Left : loads operating lefthandle, right : loads operating righthandle.

水平状態におけるハンドル荷重は、動力運搬車で2.5kgf、人力運搬車で6.3kgfとなり、人力運搬車ではかなりの重量がハンドルに作用している。これは、機体の構造、すなわち車輪が荷台の前方に装備されていることに起因している。一方、動力運搬車は荷台の中央に車輪が装備されており、そのためハンドル荷重が小さくなったものと考えられる。ハンドル荷重は操縦性から言えば、ハンドルにある程度の荷重が作用する方が操縦しやすく、走行は安定する。適正なハンドル荷重は、自重及び積載荷量の大きさとも関係しており、全重量の5%程度が適正であるとする、両者のハンドル荷重はそれぞれ12.6%及び2.5%となり、人力運搬車では大きすぎ、動力運搬車では小さすぎると言える。

また、実際の操作時の状態に関係が深いと考えられる傾斜状態における左右のハンドル荷重を Fig. 3 に示す。

水平状態とは逆に左右のハンドルの保持力は、いずれも動力運搬車の方が大きくなっている。特に、下側（この場合では右側ハンドル）になるハンドルの保持力が傾斜角度の増加に比例して、急激に大きくなっている。すなわち、上側のハンドルでは傾斜角10度で9 kgf、20度で17kgfであるのに対し、下側ハンドルの保持力は10度で18kgfにもなり、上側の約2倍の大きさにもなっている。このことは、機体が傾斜した場合には、機体の重量は主として下側の手で保持されていることを意味している。また、左右を合計した全保持力も傾斜角度の増加と共に急激に増大する。

実際の作業中の操作性は、自重、積載量、積載位置、車輪の位置などに影響されるので、自重はできるだけ軽量の方が良いといえる。また、積載量が多くなれば、より左右のバランスが重要にな

るので、荷物の積み方にも配慮が必要である。

一方、人力運搬車では左右のハンドルにかかる荷重は同程度であり、増加率も比較的緩やかである。

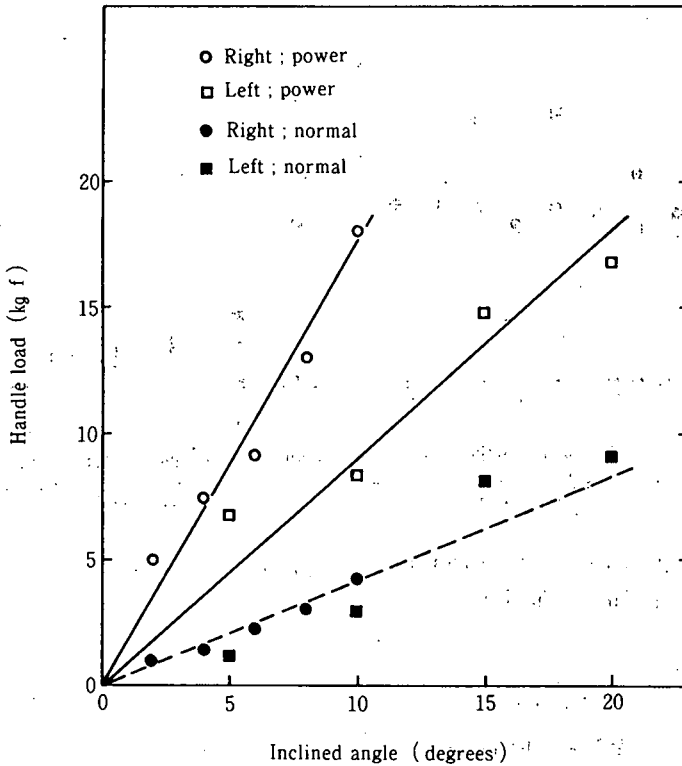


Fig. 3. Relationship between inclined angles and forces holding down lefthandle and supporting righthandle at condition inclined rightly the wheelbarrows.

3. 運搬作業による心拍数の変化と運搬車の種類との関係 運搬作業中及び作業後の心拍数の変化を Fig. 4 ~ Fig. 6 に示す。

作業中の心拍数は、動力運搬車における総運搬個数20個及び30個、また人力運搬車における20個のとき、いずれもほぼ平衡状態が成立している。しかし、動力運搬車の40個及び人力運搬車の30及び40個では、1回の運搬量が同一であるにも拘わらず平衡状態が成立せず、作業中全般に渡って増加傾向を示している。このことより、心拍数は、1回の運搬量に影響されるだけでなく、総運搬量にも影響されることが判る。すなわち、総運搬量がある限度（本実験の場合、人力運搬車では30個、動力運搬車では40個）以上多くなると精神的に圧迫感を感じるようになり、心拍数に影響してくると思われる。

また、動力の有無との関係では、総運搬個数20個、30個、40個のいずれにおいても、動力運搬車の心拍数が高くなっているが、総運搬個数が増加するにつれて、その差は小さくなり、40個では両者の差が殆どなくなっている。この理由としては、総運搬個数が少ない時は、歩行距離の影響よりも運搬車の自重を含めた積載荷重の影響が大きく作用するが、総運搬個数が多くなるにつれて、歩

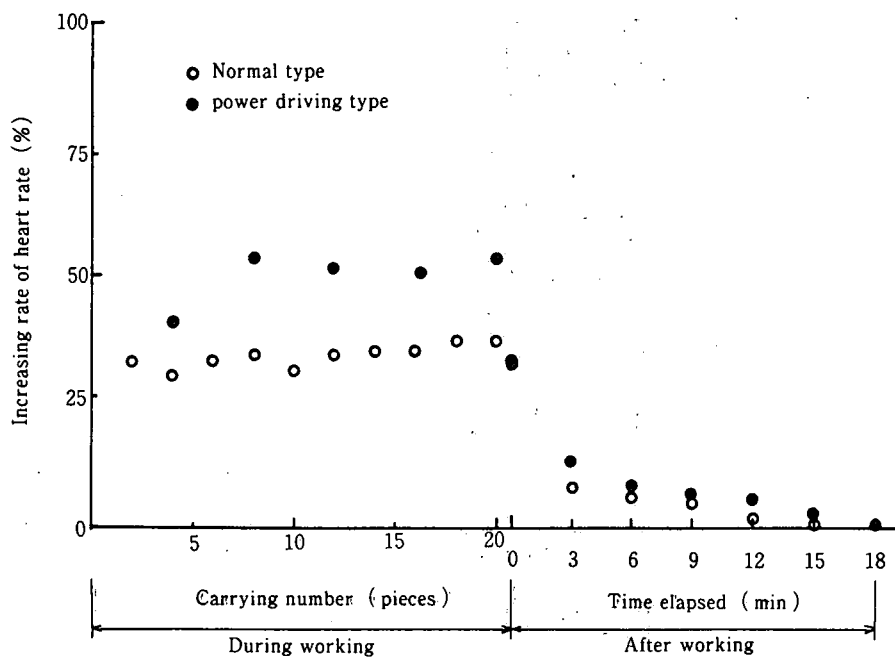


Fig. 4. Variation of heart rate of subjects during and after transporting, for total quantity of transportation : 20 pieces.

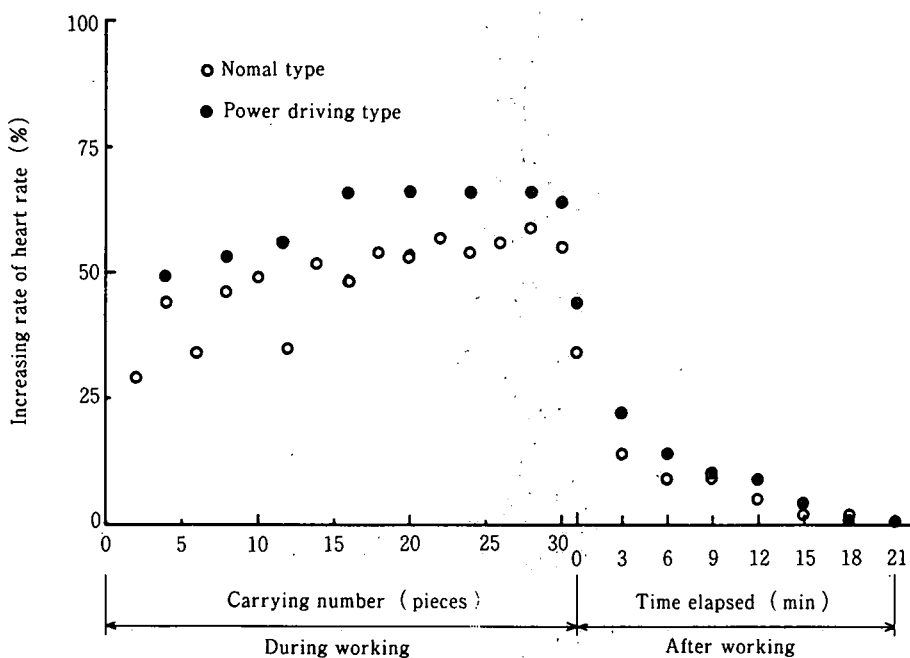


Fig. 5. Variation of heart rate of subjects during and after transporting, for total quantity of transportation : 30 pieces.

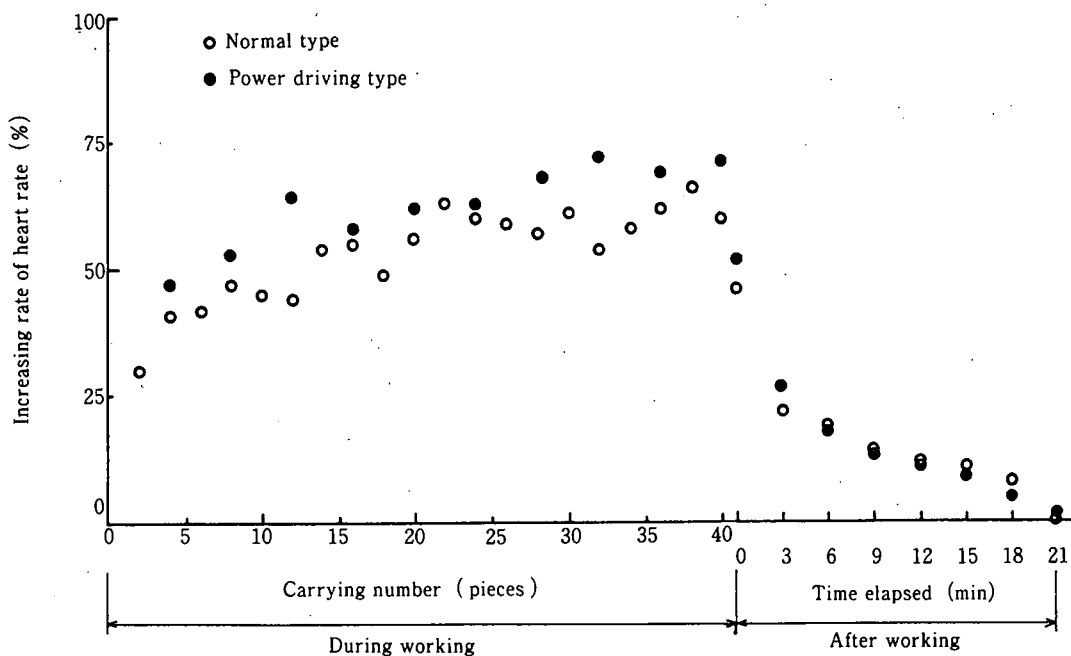


Fig. 6. Variation of heart rate of subjects during and after transporting, for total quantity of transportation : 40 pieces.

行距離の影響がより大きくなるからであると考えられる。すなわち、動力運搬車では1回の運搬量が人力運搬車の2倍であるので、運搬回数が半分になり、歩行距離も半分で済むことになる。そのため、運搬量が大きくなればなる程、その差は大きくなることになる。

一方、回復所要時間を見ると、総運搬個数20個の場合には、人力運搬車の方が若干少なくなっているが、30個及び40個では両者はほぼ等しくなっており、総運搬量が増加するにつれて、動力化によりメリットが生じる傾向が認められる。

次に、Table 4 に示す心拍指数 (=安静時心拍数/作業時心拍数)²⁾より生体負担を評価すると、総運搬個数に関係なく、いずれも動力運搬車の方が心拍指数が高くなっている。しかし、総運搬個数が多くなるにつれて、その差は小さくなり、心拍数増加率と同様な傾向を示す。なお、表中の作

Table 4. Variation of heart rate and index of heart rate at transporting ; figure is mean value of 5 subjects

Number of load	Kind of wheelbarrows	Heart rate (b/min)			Index of H.R.
		Before	During	After	
20	Normal	73.2	97.6	99.6	1.33
	Power	72.8	109.2	111.8	1.50
30	Normal	70.4	104.2	108.0	1.48
	Power	69.2	110.4	112.0	1.59
40	Normal	70.8	107.6	112.4	1.52
	Power	78.5	126.2	133.5	1.61

業時心拍数は、作業中の心拍数の平均値を取ったものである。

以上本実験条件（運搬距離片道50m）において、生体負担及び操作性から評価すると、運搬回数にして10回（距離にして1km）、運搬量にして1,000kgf（運搬個数にして40個）程度を越したあたりから動力運搬車の方が有利になるが、それ以下の作業量では人力車の方が有利であると言える。

4. フリッカー値の変化と運搬車の種類との関係 Table 5にフリッカー値の測定結果を示す。安静時への回復所要時間は、動力の有無に関係なく、総運搬個数20個の場合には12分以下であり、30及び40個では18分以下となり、ほぼ等しくなっている。

Table 5. Recovery process after transporting for Flicker value indicated decreasing rate to value before working (unit: percent)

Number of load	Kind of wheelbarrows	Preceding time after transporting (min)			
		0	6	12	18
20	Normal	-4.1	-0.2	2.0	-
	Power	-4.0	-1.7	0.8	-
30	Normal	-4.3	-2.2	-0.3	1.9
	Power	-6.3	-3.5	-1.7	0.4
40	Normal	-5.9	-2.5	-2.0	1.0
	Power	-4.9	-2.2	-0.9	0.6

また、作業終了直後の低下率については、総運搬個数20個ではほぼ等しく、30個の場合動力運搬車の方が大きい、40個では逆に小さくなっている。このようにフリッカー値に関しては一定の傾向が認められず、両者の優劣は判断できない。これは作業時間が15～30分間程度と比較的短時間であったため、明確な差が生じなかったものと考えられる。

要 約

歩行用一輪運搬車の動力化による生体負担の軽減について、心拍数及びフリッカー値を指標として調査したが、その結果は以下のである。

- (1) 作業能率は、動力運搬車の方が約30%短くなった。
- (2) 心拍数から見ると、本実験条件（片道50m、1個当たり荷重25kgf）では、総運搬個数40個（総運搬量1,000kgf）、総運搬距離1km程度が分岐点となり、それ以下では人力運搬車が有利であり、それを越すと動力運搬車が有利になる傾向が認められた。
- (3) 心拍数の変化傾向には、運搬個数が関係し、総運搬個数が40個以上になると、動力運搬車、人力運搬車ともに、定常状態が成立しなかった。
- (4) フリッカー値からは、一定の傾向は認められず、動力運搬車と人力運搬車の優劣は判断できにくい。
- (5) 以上の結果を総合すると、動力化による有利性には限界があり、本実験条件では、総運搬個数40個（1個25kgf）、運搬距離1km（片道50m）以上の作業量において、動力化の有利性が認められた。

文 献

- 1) 岸田義典編：'86農業機械カタログ集，P. 157～163，新農林社，東京（1986）.
- 2) 農業機械学会編：新版農業機械ハンドブック，P. 107～109，コロナ社，東京（1984）.

(昭和63年9月29日受理)

(昭和63年12月27日発行)

