

動力耕耘機耕耘刀の切削速度に関する研究

土 屋 功 位*

Masanori TSUCHIYA : Studies on the cutting velocity of power tiller's tines.

(1) 緒 言

これまで行つた多くの実験で耕耘作業に於ける所要動力は、耕耘刀軸の回転数の変化により非常に大きい影響を受けることを知つた。然し耕耘刀の回転半径は機種によりかなりの相違があるので、本研究に於いては回転数の代りに耕耘刀の周速度（以下これを切削速度と呼ぶ）を求め、切削速度の変化による耕耘性能の種々なる特性を調べた。

実験の際は山形県立農機具研究所の小松・今間両技師や多くの学生諸君の協力を受け、又秋山農機株式会社・久保田鉄工株式会社・古川農機株式会社からは試験機の整備その他に非常な援助を戴いた。尙資料の整理その他に教室の武田喜久夫・富樫颯子両君の多大の労があつたことを附記する。

(2) 実 験 方 法

- 1) 試験期日 昭和29年5月6日～5月13日
 - 2) 試験圃場 山形大学農学部附属農場水田
 - 3) 供試機種 秋山式クランク型・久保田式ロータリー型・古川式スクリー型
- 第1表は夫々の耕耘巾・耕耘刀回転半径・耕耘刀数を示したものである。
- 4) 圃場状態

稲株間距離は 7.5×7.5寸の正常植で、表土は約 15cm の深さであつた。土質は砂壤土（粘土23.4±1.0%・微砂28.1±1.5%・細砂31.8±1.5%・粗砂16.7±1.3%・灼熱損失量 6.6±0.8%）で、水分含有量は36～39%であつた。土壌孔隙率は 64±5% で、雑草の生育量は 30cm 平方内の乾燥重量で 3.5±2.1g であつた。堆肥は散布してない。

実験は各型式別に第2表の如き運転条件で行い、所要動力はこれまでの実験と同様 7.5 HP の電動機を搭載し、自記ワットメーターに記録された入力より電動機特性曲線から出力を換算して求めた。尙耕耘作業は 15m の直線距離を、耕深 13cm を規準として行つたものである。

第1表 諸 元

銘 柄	耕耘巾 (cm)	回転半径 (cm)	耕 耘 刀 数	
秋 山 式	82	9.0	2本双	6本
久保田式 I	59	22.5	ナタ爪	16本
久保田式 II	59	22.5	L 爪	8本
古 川 式	76	39.4	3本双	2本

註；秋山式の回転半径はクランク軸の値を示す

* 農学部農業工学研究室 (Laboratory of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture)

第2表 運転条件の組合せ

銘柄	耕耘刀回転数 r.p.m.	耕耘速度 m/min	耕耘ピッチ cm	銘柄	耕耘刀回転数 r.p.m.	耕耘速度 m/min	耕耘ピッチ cm	
クボタ式 ナタ爪 16本	182	13.0	6.8	秋山式	346	10.3	2.9	
	209	14.0	//		378	11.1	//	
	250	17.6	//		408	11.8	//	
	279	19.2	//		472	13.8	//	
	320	22.2	//		346	17.6	4.9	
	182	18.2	9.5		378	18.2	//	
	209	20.0	//		408	20.0	//	
	250	24.0	//		472	23.1	//	
	279	27.3	//		346	22.3	6.5	
	320	30.0	//		378	24.0	//	
	89	13.3	13.9		408	26.7	//	
	102	14.6	//		472	30.1	//	
	144	20.7	//					
	299	42.8	//					
205	31.0	//						
クボタ式 L爪 8本	182	12.3	6.8	フルカワ式	106	12.8	3.8	
	209	14.8	//		142	17.2	//	
	250	16.7	//		166	18.5	//	
	279	20.0	//		197	23.1	//	
	320	22.2	//		263	31.6	//	
	182	16.7	9.5		87	13.0	4.6	
	209	20.7	//		116	17.4	//	
	250	25.0	//		135	18.7	//	
	279	27.3	//		161	23.1	//	
	320	31.0	//		215	27.3	//	
	89	12.7	13.9		251	35.2	//	
	102	15.0	//		106	18.2	6.0	
	268	38.7	//		142	24.0	//	
	147	18.8	//		166	30.0	//	
205	31.6	//	197	39.3	//			
299	42.8	//	87	18.7	7.3			
344	46.2	//	116	26.1	//			
			135	30.8	//			
			161	35.3	//			
			215	46.2	//			

(3) 実験結果

1) 走行動力

始めに各試験機の走行動力を測定した。耕耘速度は 15m 間を走行するに要する時間から算出したもので、その結果を図示したのが第1図である。走行動力は各機とも耕耘速度即ち走行速度に比例して直線的に増加する。

2) 所要動力原図

第2表に示した如き運転条件の組合せにより、試験を反復実施して得た結果を整理図示したのが第2図である。

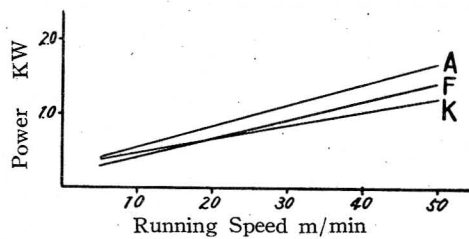


Fig. 1. Power required in running

A-Akiyama crank type
F-Furukawa screw type
K-Kubota rotary type

耕深は 13cm を基準にして試験を行つたが、実際の耕深は若干上下して居つたので、原図を作成するに当つては夫々 13cm に換算した時の所要動力の値を打点したわけである。換算の方法はこれまで実施した多くの実験成績の中で、運転条件が近似して居る特性曲線を採り、その耕深と所要動力との関係から求めたものである。尚図中の右肩の数字は夫々の機種種の耕耘ピッチを cm で表したものであるが、古川式は 3 本刃を使用したので耕耘刀 1 回転につき此の値の 3 倍の値となる。

3) 碎土率

同一耕耘ピッチで土壌を耕耘した際、切削速度の変化により碎土率が変化するかどうかを調査した結果は第 3 図の如くであつた。碎土率の表示法については農業機械学会誌第 15

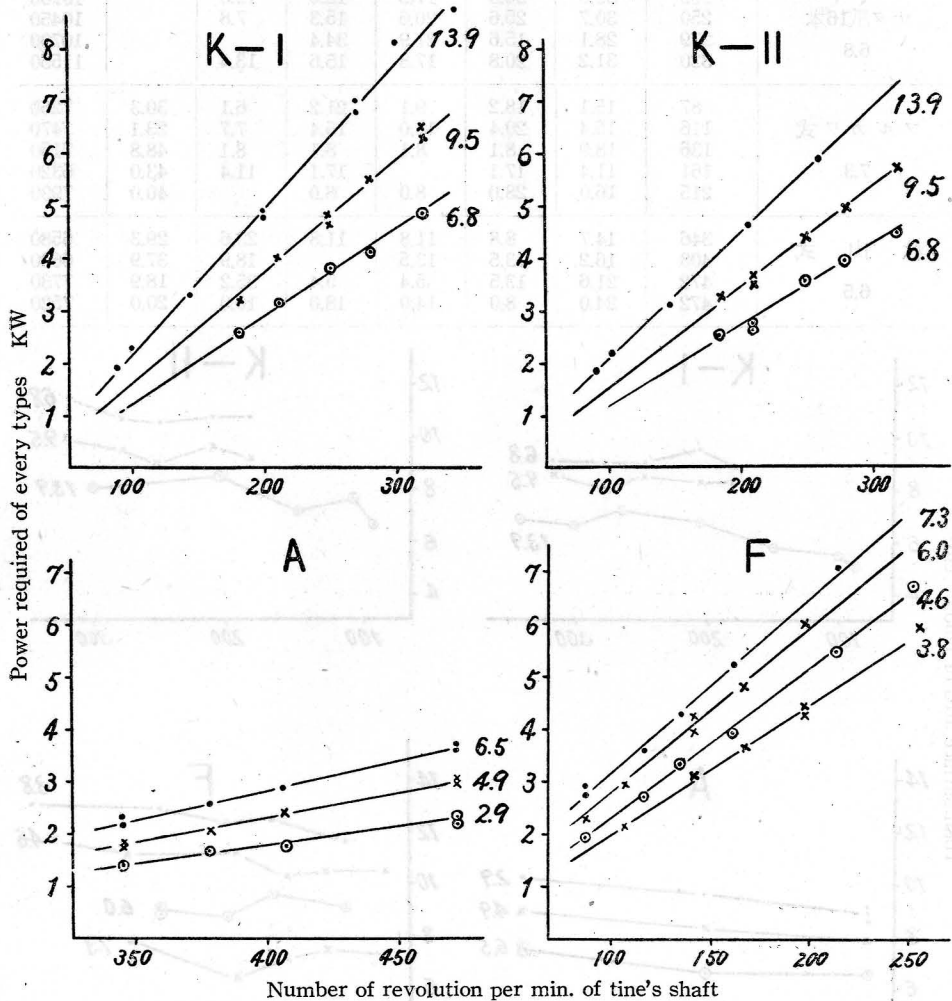


Fig. 2. The relation of the power required in working to the r.p.m. of tine's shaft. (Original diagrams obtained from this experimentation.)

K-I Kubota rotary type with 16 "Nata" tines

K-II Kubota rotary type with 8 "L" tines.

A Akiyama crank type.

F Furukawa screw type.

卷第2号に詳細に発表されてあるが、総表面積とは土塊の表面積を積算した値で、此の値が大きい程良く碎土されて居ることを示すものである。尙試験成績の一部を第3表に示す。

第3表 型式別の碎土率

銘柄 耕耘ピッチ (cm)	耕耘刀回転 数 r.p.m.	0~1	1~3	3~5	5~7	7~10	10<	総表積 (cm ²)
クボタ式 L爪8本 6.8	182	25.5	21.3	6.4	19.1	27.7		8940
	209	26.6	24.5	17.7	13.5	17.7		9270
	250	23.7	21.0	18.4	13.2	23.7		9000
	279	27.0	8.1	10.8	24.4	29.7		9000
	320	26.2	16.7	23.8	23.8	9.5		9200
クボタ式 ナタ爪16本 6.8	182	28.5	28.6	22.8	17.2	5.8		10630
	209	32.5	25.0	17.5	12.5	12.5		10700
	250	30.7	25.6	20.6	15.3	7.8		10450
	279	28.1	15.6	21.9	34.4			10700
	320	31.2	20.8	17.8	15.6	13.4		11550
フルカワ式 7.3	87	15.1	18.2	9.1	21.2	6.1	30.3	7260
	116	15.4	20.4	18.0	15.4	7.7	23.1	7470
	136	18.9	8.1	8.1	8.1	8.1	48.8	7150
	161	11.4	17.1		17.1	11.4	43.0	6320
	215	16.0	28.0	8.0	8.0		40.0	7900
秋山式 6.5	346	14.7	8.8	11.8	11.8	23.6	29.3	6580
	408	16.2	13.5	13.5		18.9	37.9	6600
	472	21.6	13.5	5.4	5.4	35.2	18.9	7730
	472	24.0	8.0	14.0	18.0	16.0	20.0	7520

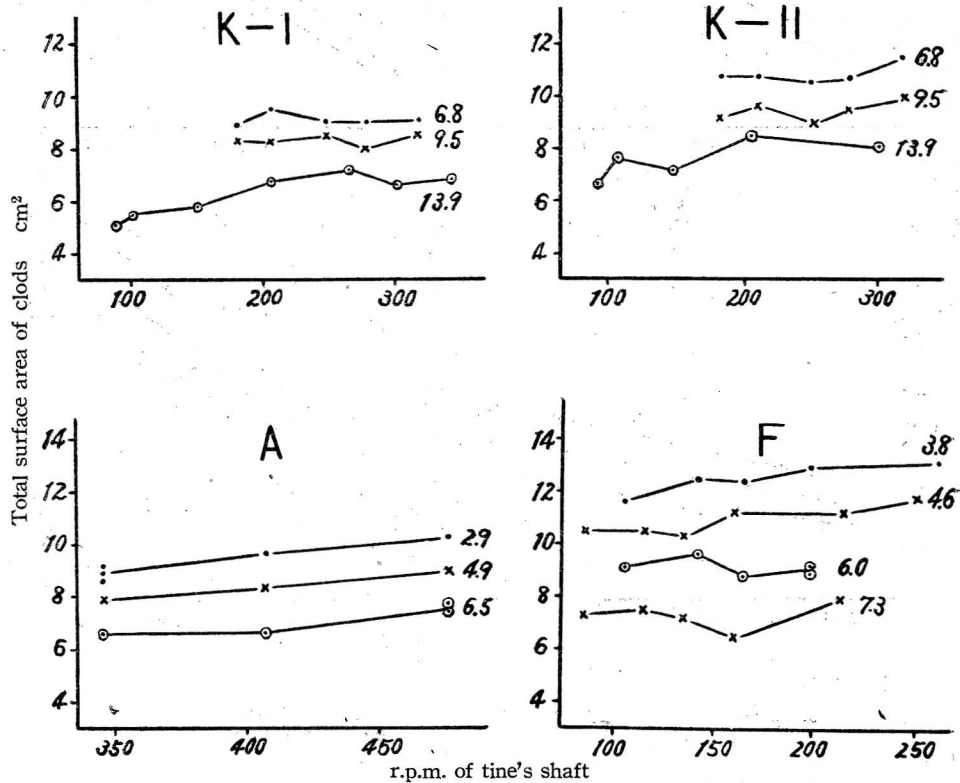


Fig. 3. The rate of size distribution of clods. (It means the pulverization of soil)

(4) 特性線図の作成

1) 耕耘刀切削速度と所要動力との関係

第2図の原図を基にして、農業機械学会誌第14巻第1・2号に述べた要領により第4図が得られる。以下第5図・第6図も同様の方法で得られたものである。

図中の右肩の数字 2, 4, 6, 8...は夫々耕耘ピッチを示す値であるが、古川式の場合は前述の如く耕耘刀1回転につき、此の3倍の値が機体の前進距離になるわけである。又鎖線は総所要動力より、第1図の走行動力を差し引いた耕耘のみに要する動力を表したものである。厳密には耕耘作業中の走行動力は、第1図の値と若干異なることは先に発表した通りであるが、それらの差は無視することが出来る程度である。

2) 耕耘速度と所要動力との関係

実際の作業に於いては耕耘速度即ち作業能率と所要動力との関係が重要視されるので、

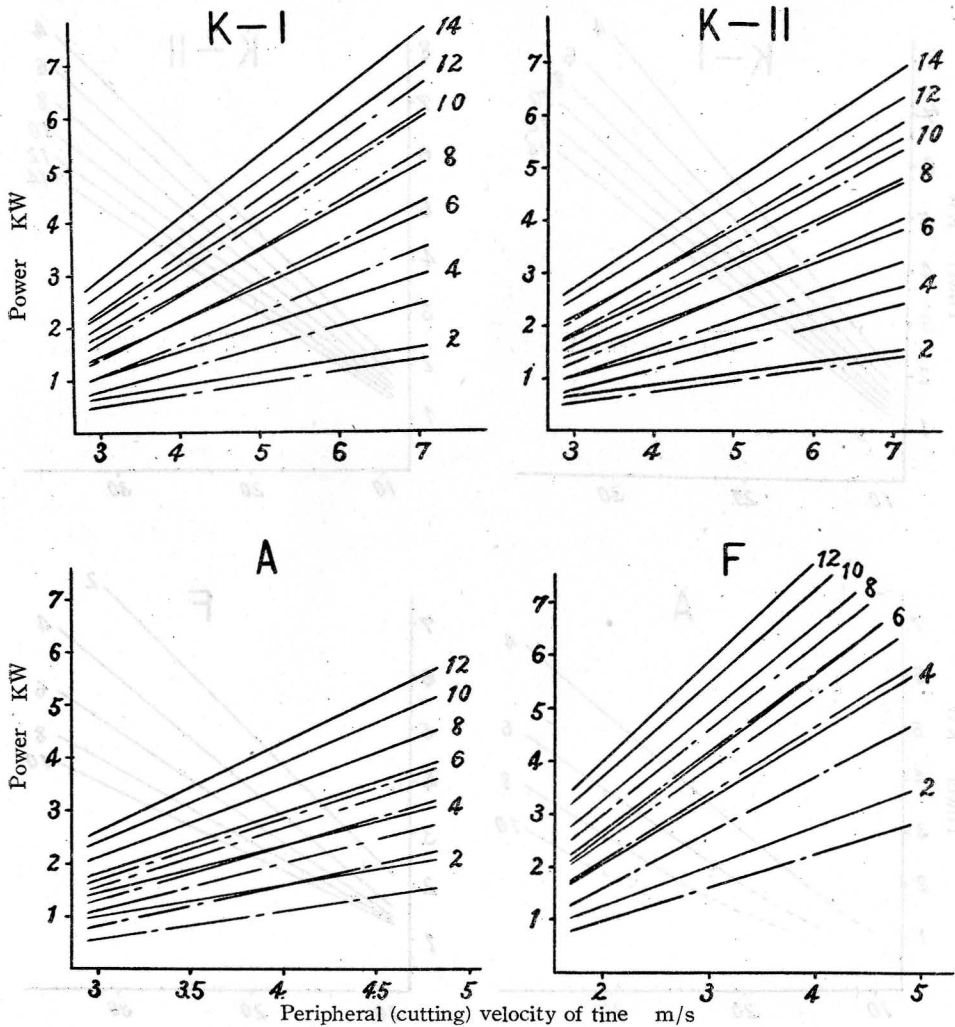


Fig. 4. The relation of the power to the cutting velocity of tine.
(At working depth 13cm)

第4図を基にしてこれらの関係を求めた。

第5図の所要動力は走行動力を含めたものであつて、これにより各機種別の耕耘性能が知られるであろう。

3) 土壌比抵抗

土壌比抵抗値 (kg/cm²) は次の両式を用い、第4図・第5図の関係より算出したものである。

$$\frac{\text{動力 (KW)} \times 1.33 \times 75(\text{kg} \cdot \text{m/s}) \times 60}{\text{耕耘速度 (m/min)} \times \text{耕深 (cm)} \times \text{耕巾 (cm)}} \dots\dots\dots(a)$$

$$\frac{\text{動力 (KW)} \times 1.33 \times 75(\text{kg} \cdot \text{m/s})}{\text{切削速度 (m/s)} \times \text{耕深 (cm)} \times \text{耕巾 (cm)}} \dots\dots\dots(b)$$

(a) 式は犁又はプラウ等の牽引作業の土壌比抵抗に相当するものと考えることが出来る

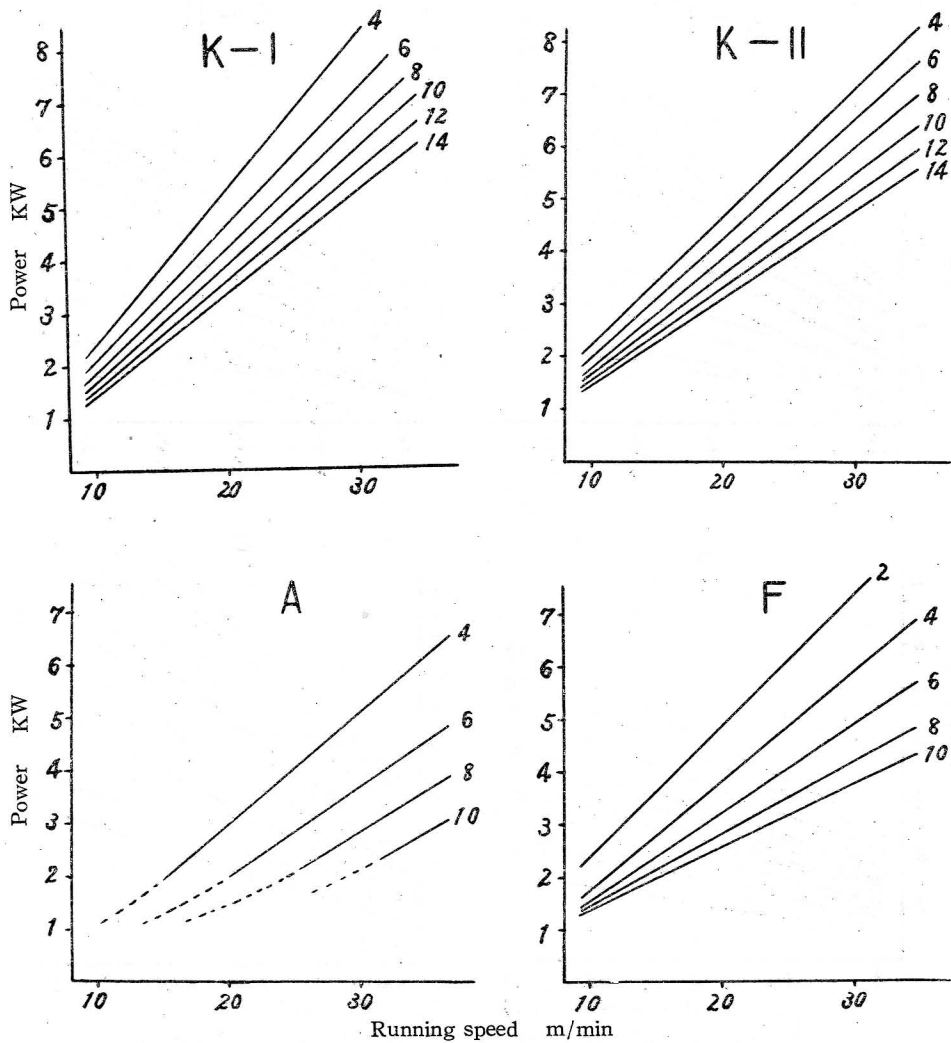


Fig. 5. The relation of the power to the running speed.

のに対して、(b)式は土壤の切削抵抗と見なすべきかも知れない。従つて第6図より知られる様に、前者は一般に云われる土壤比抵抗の値と同様の値となり、後者はそれとかなり異なる値を示して居る。

所で此の両式はいずれも、夫々の機種種の耕深及び耕巾で除されるから、此の比抵抗の値は端的に夫々の機種種の耕耘性能を比較表示するものと見なすことが出来るわけである。

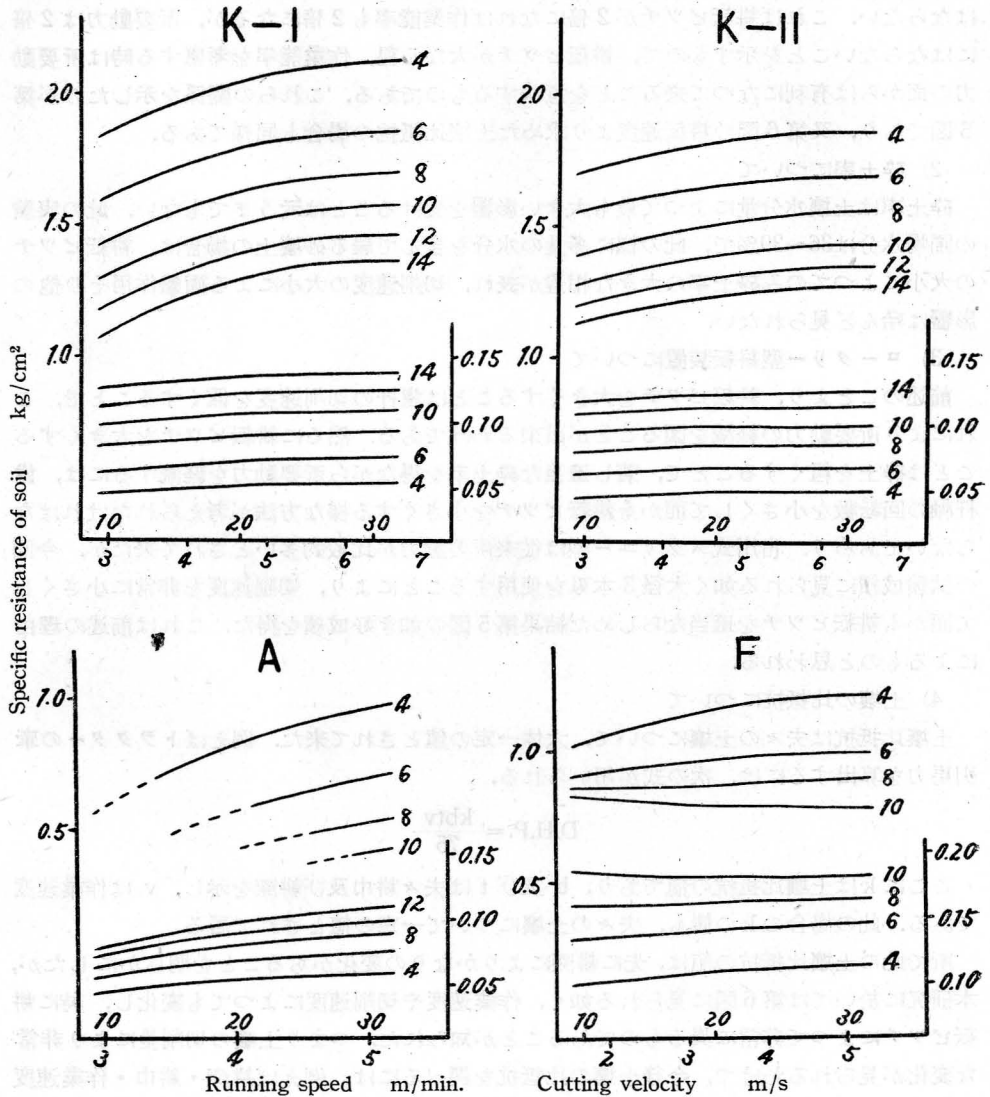


Fig. 6. The relation of the specific resistance of soil to the running speed and cutting velocity.

(5) 考 察

1) 所要動力について

実験の範囲内に於いては第4図より、耕耘刀の切削速度を増加するに従い、所要動力は直線的に増加するのが知られる。然るに第6図の土壤比抵抗の値は、切削速度の変化によ

る差違があまり見られない。これらの関係より此の種の軟い土壤にあつては、切削抵抗それ自体はあまり大きくないため、結局第4図の所要動力は、(抵抗×速度)の速度の変化によつてのみ直線的に変化するものであると考えて良いのであろう。

一方第4図を検討するに、耕耘ピッチの増加割合に較べて所要動力の増加割合は若干少いことが知られる。つまり4cmと8cmのピッチを例にとれば、その所要動力は2倍にはならない。これは耕耘ピッチが2倍になれば作業能率も2倍になるが、所要動力は2倍にはならないことを示すもので、耕耘ピッチが大なる程、作業能率を考慮する時は所要動力の面からは有利になつて来ることを意味するものである。これらの関係を示したのが第5図であり、又第6図の耕耘速度より求めた土壤比抵抗の場合も同様である。

2) 碎土率について

碎土率は土壤水分量によつて最も大きい影響を受けることは云うまでもない。此の実験の圃場水分は36~39%で、此の様に多量の水分を含んで居る砂壤土の場合は、耕耘ピッチの大小によつてのみ碎土率の大きな相違が表れ、切削速度の大小による衝撃作用その他の影響は殆んど見られない。

3) ロータリー型耕耘装置について

前述のことより、耕耘ピッチを大きくすることは齒杆の切削速度を低くすることで、これにより所要動力の軽減を図ることが出来るわけである。然るに耕耘ピッチを大きくすることは碎土を粗くすることで、若し適当な碎土率を得ながら所要動力を軽減するには、齒杆軸の回転数を小さくして而かも耕耘ピッチを小さくする様な方法が考えられなければならないであろう。古川式スクリー型は従来所要動力が比較的多いとされて来たが、今回の試験成績に見られる如く大径3本刃を使用することにより、切削速度を非常に小さくして而かも耕耘ピッチを適当ならしめた結果第5図の如き好成绩を得た。これは前述の理由によるものと思われる。

4) 土壤の比抵抗について

土壤比抵抗は夫々の土壤について、大体一定の値とされて来た。例えばトラクターの牽引馬力を算出するには、次の式が用いられる。

$$D.H.P. = \frac{kbtv}{75}$$

ここにkは土壤比抵抗の値であり、b及びtは夫々耕巾及び耕深を示し、vは作業速度である。此の場合のkの値も、夫々の土壤について一定の値とされて居る。

所で此の土壤比抵抗の値は、先に耕深によりかなりの変化があることを明らかにしたが、本研究に於いては第6図に見られる如く、作業速度や切削速度によつても変化し、特に耕耘ピッチによつて非常に異なるものであることが知られた。つまり土壤の切削量により非常な変化が見られるわけで、今後土壤の比抵抗を調べるには、例えば耕深・耕巾・作業速度を夫々一定にして夫々の土壤の比抵抗を求める方式をとらない限り、土壤差による相違を比較することは無意味なものと考えられるのである。

(6) 結 論

各型式別に耕耘刀(齒杆)の切削速度を種々に変化させ、それによる所要動力や碎土率並に土壤比抵抗等の特性を調べた。これらの結果は次の如きものである。

1) 各型式とも切削速度の増加に伴い、所要動力はかなり著しく直線的に増加する。殊

に耕耘ピッチが大きい程、その傾向は著しい。然し耕耘ピッチを大きくする割合には、所要動力の増加割合は小さい。

2) 前述の理由から耕耘速度と所要動力との関係は、耕耘ピッチが大きい程所要動力の面から有利になつて来る。

3) 碎土率は水分含有量により最も大きい影響を受けるもので、36~39%の如き多量の水分を含んで居る砂壤土の場合は、耕耘ピッチの大小によつてのみ碎土率の大小が決定され、切削速度の大小による衝撃作用等の影響はあまり見られない。

4) 土壌比抵抗は作業速度と切削速度の両者より求められるが、いずれも耕耘ピッチの大小によりかなりの相違が見られる。尚作業速度によつても変化し、耕深によつても非常な相違がある故、土壌の比抵抗を求めるには耕深・耕巾・作業速度を夫々一定にして行わなければならないであろう。

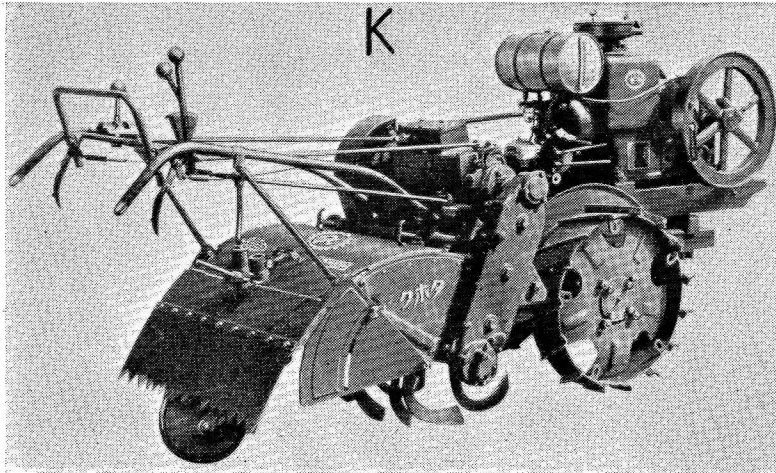
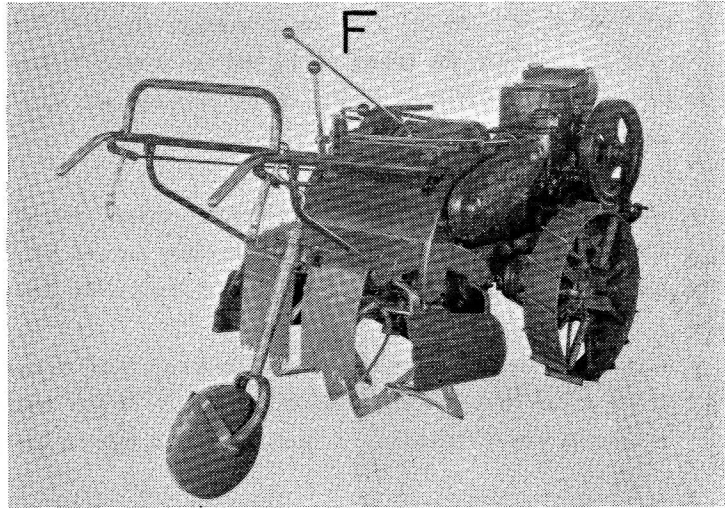
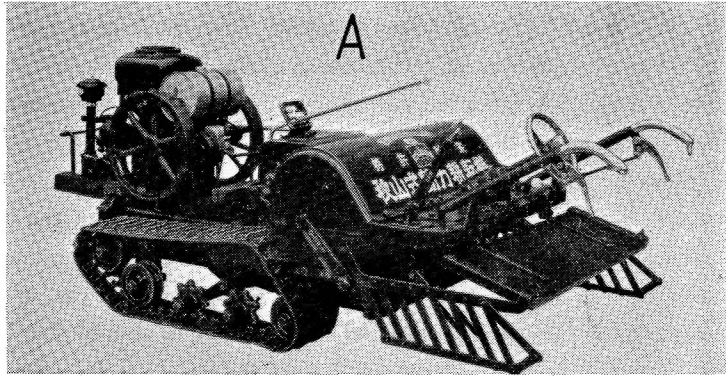
5) 所要動力の面から見た耕耘性能は、クランク型が最も優れて居る。それ故ロータリ型に於いては、所要動力を軽減し適当な碎土率を得るためには、切削速度を低くし而かも耕耘ピッチを小さくする様、古川式の3本刃の如き方法を研究する必要がある。

Reference

- 1) Baver, L. D. (1948) : Soil Physics.
- 2) Abe, M. (1950) : Dynamical study on the working part of Power tiller, Jour. Sci. Agri. Machi. Jap. Vol. 11, No. 2
- 3) Tsunematsu, S. Yoshida, T. and Okamura, T. (1952) : Practical usies of the Japanese tiller in Hokkaido; Effect on the pulverization of the soil. J. S. Agri. Machi. Jap. Vol. 11, No. 3
- 4) Sonomura, M. and Umeda, S. (1953) : Study on the power tiller. J. S. Agri. Machi. Jap. Vol. 14, No. 1. 2
- 5) Tsuchiya, M. and Komatsu, Y. (1952-1954) : On the load characteristics for each type of power tiller. J. S. Agri. Machi. Jap. Vol. 13, 14, 15
- 6) Tsuchiya, M. (1954) : On the characteristics of the breaking soil by power tillers. J. S. Agri. Machi. Jap. Vol. 15, No. 2
- 7) Shōji, H. and Yamazawa, S. (1954) : An experiment on crushing of clay clods by tines. J. S. Agri. Machi. Jap. Vol. 15, No. 3. 4

Summary

In Japan the power tillers, originated in the rotary type imported from Europe about in 1923, are at present used more than 40,000, with the crank and the screw types invented in Japan; and the number of the makers is over fifty. It seems the use has been greatly extending with years. These three types are shown in the picture.



A-Akiyama crank type. F-Furukawa screw type. K-Kubota rotary type.

The writer has studied about the relation of the power required to the depth of tillage and working speed with the power required : the result of it has proved the relation depends upon the number of revolutions per min. of tine. Therefore the writer experimented how the peripheral speed, namely cutting velocity of tine, would influence on the various characters of tillage. The results are as follows :

1) The power required increases linear proportionally with cutting velocity of tine ; the larger tilling pitch is, the greater the power becomes. But the rate of the power required is rather less comparing with the increasing rate of tilling pitch, as shown in Fig. 4 and Fig. 6. (Note : Tilling pitch is the distance in cm. of advancing of a tiller during one revolution of tine, and the numeral as 2, 4, 6, ... in the figures are tilling pitch.)

2) In the sandy loam with 36-39 % of water content the size distribution of various clods by tillage is decided by tilling pitch, and the impact action by cutting velocity has very little influence. (Note : In Fig. 3 the total surface area of clods is the amount of each clod's surface, and it means the rate of size distribution of clods.)

3) Specific resistance of soils has been considered constant respectively according to the kinds of soil, but the change is considerably noticed by the change of depth of tillage, working speed and cutting velocity, besides by the amount of soil tilled.

4) In rotary type tillers, not only cutting velocity must be reduced but the method of cutting soil more than twice during one revolution of tine shaft must be contrived to get moderate size distribution of clods tilled and lighten the power.