



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	「モーア」の切断抵抗に関する研究
Author(s)	常松, 栄; TSUNEMATSU, Sakae; 岡村, 俊民 他
Citation	北海道大學農學部邦文紀要, 2(4), 52-57
Issue Date	1956-11-18
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11617">https://hdl.handle.net/2115/11617</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	2(4)_p52-57.pdf



# 「モータ」の切断抵抗に関する研究

常 松 栄\*  
岡 村 俊 民\*

## Studies on the cutting resistance of the mower

By

Sakae TSUNEMATSU

Toshitami OKAMURA

### 1. 緒 言

先にわれわれは農業機械学会誌 13 巻 1, 2 号で第 1 報として試験用小型機を利用したモータの四種の双型につき、牽曳速度および歯車比に関する実験結果を報告し、その中で「最適ナイフ速度は牽曳速度とナイフ速度との函数として決定されるべきであるとの推定を下し得る」との見解を述べた。また他方ナイフ・セクションを長期間使用した結果、磨耗、研磨等に原因して両刃縁部が頂点において合したとき、即ち前掲のナイフ・セクション No. 3 (ナイフ切断角  $35.5^\circ$ ) の場合を使用限界とすべきで、それ以上使用して、有効刃縁が短くなつた場合は不利であると述べたが、これらの点につき、昭和 24 年 12 月より 25 年 1 月にかけて実施した室内実験を行つた故、その結果を述べる。

### 2. 実験方法

前掲学会誌に報告した四段切換ギヤを有する 6 枚刃試験用モータを利用して、3 枚刃となし実験室内に固定し、クランク軸を単相 1 馬力モーターにて歯車駆動した。切断所要電力の測定は予じめプロニブブレーキにより 220~180 V の範囲内の各電圧の際の出力特性曲線を求めて置き、切断時の電圧電流を読み、所要電力を求めた。しかして被切断物は写真 5 に示すが如く、茎稈挟み装置に挟んだ材料をレール上を移動する  $45 \times 75$  cm のトレーラーに搭載して一定速度で供給した。茎稈挟み装置は  $270 \times 6 \times 25$  cm の木材 40 枚を 10 枚宛 4 段にならべ、茎稈と木材とを交互に 9 列並べ

両側から函金で締付ける様にした。第 1 回目の切断で茎稈の上端 (基部より 6 cm) を切断し終つたときは上段の木材 10 枚を除き、挟み装置を高くして第 2 回目の切断を行い、次いで第 3 回目と、常に茎稈の固定点とナイフとの距離を一定に保持しながら、1 回の材料準備により 4 回の試験を可能たらしめた。供試材料は麦稈の場合は 1 cm 間に 1 本の割合で、牧草の場合は 30 cm 間に 176 本を基準密度として配列したが、各列交互に茎稈の上部と基部とを逆に挟んで切断部位による材料条件の相違を防止することに努めた。なおレールの長さは 4 m にして、2 m 間の測定を可能にした。

供試材料は小麦稈および牧草を使用した。前者は刈取後数カ月を経て十分に乾燥したもので、基部より 45 cm までの間を使用した。牧草は 2 番刈後に生長せるオーチャードで 3 番刈に相等するもので茎というよりは葉に近いもので 1 番刈の場合とは、その趣を異にしており、極めて柔軟で麦稈の剛性に対して対象的なものである。併し牧草の場合は材料の関係で実験回数も少く、参考程度に止めざるを得なかつた。

上述の装置方法によりナイフの回転数を 476 r.p.m. 709, 938, 1172 の四段に変え、各々の場合材料供給速度を 0.4 m/sec~2.0 m/sec 間を任意に選んだ。

### 3. 実験結果

#### A. 切断所要力

イ. 切断角  $29.5^\circ$  の普通型ナイフによる小麦稈の切断

第 1 図の下図は材料供給速度、即ち牽曳速度と切断所要動力との関係を示すもので、ナイフ往復数は 5 段

\* 北海道大学農学部農業機械学教室

階に変えてあるが、いずれの往復数においても

$$W = a' + b'v_F^n \dots\dots(1)$$

但し  $W$  = 切断所要力 (watt)

$v_F$  = 材料供給速度 (m/sec)

$a', b'$  = 係数

なる関係が成立する。第1図の実線は上式の曲線を示すもので曲線は測定点より平均法により平滑化したものである。

第1式の  $a', b'$  なる係数とナイフ往復数との関係を近似的に求めると

$$a' = a + bR^n \dots\dots(2)$$

$$b' = c + dR \dots\dots(3)$$

但し  $R$  = ナイフ往復数 (回/分)

$a, b, c, d, n$  = 係数

が成立する。したがって

$$W = a + bR^n + (c + dR)v_F^n \dots\dots(4)$$

なる実験式が成立する。この第4式より修正したものが第1図下図中の破線にして係数を入れると

$$W = 29.9 + 9.11 \times 10^{-29} R^{29.7} + (55.79 - 0.00408R)v_F^2 \dots\dots(5)$$

となる。この際の測定値と残差との平均は第1表になる。

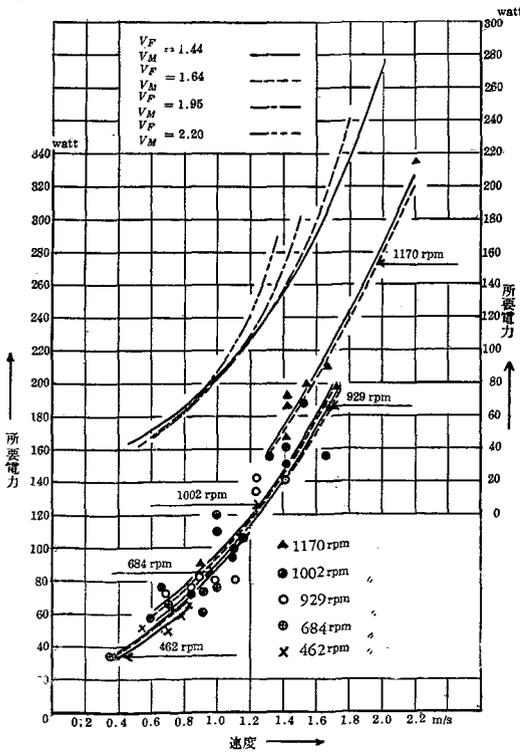
第 1 表

ナイフ往復数 (回/分)	残差の平均 (watt)
462	-3.02
684	-0.34
929	0.56
1002	4.52
1170	2.9
平均	0.92

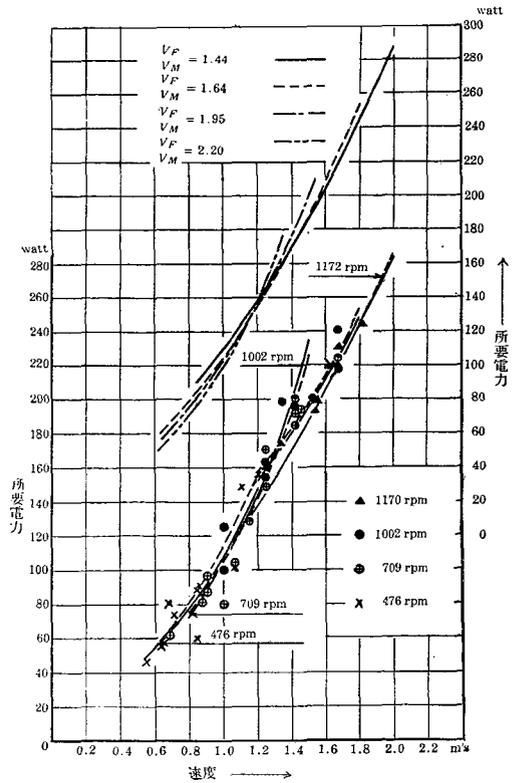
切断所要動力は第4式より牽曳速度およびナイフ速度の函数となつているが、ナイフ速度の所要動力におよぼす影響は僅少である。併し前掲学会誌に述べた圃場試験の際に使用した  $v_M/v_F$  ( $V_M$ : ナイフ平均速度) が 1.44, 1.64, 1.95, 2.20 の場合の切断所要力の算出値を第5式より求めると第1図上図となる。本図によれば 0.9~0.8 m/sec 以下の牽曳速度では  $v_M/v_F$  の変化による抵抗の差は僅少であるが、 $v_M/v_F$  を大とした方が有利にして 1.2 m/s 以上になると小さくした方が有利になる。

B. 切断角 35° のナイフによる小麦稈の切断

切断角が 29~30° の普通双が磨耗して両刃縁が頂部において合した状態における切断角についての結果を第2図下図に示す。実線が測定値にして、破線が修正



第 1 図



第 2 図

値であるが、係数を入れると

$$W = 18.7 + 10^{-16} \times 9.12R^{3.5} + (64.25 - 0.0647R)v^2P$$

となる。第2図上図は  $V_M$  を前述の如く仮定した場合にして、 $29.5^\circ$  の切断角の場合よりも曲線が立つており、しかも  $V_M$  の差の影響が少く現われている。したがって  $V_M$  は  $1.2 \text{ m/sec}$  付近においては実験の範囲内では、いずれにてもよいことになる。併し実用モータにおいては、この角度のナイフは使用されていないので、問題はないが、本質的には  $29.5^\circ$  のナイフと同一といえるが、ただ切断抵抗が  $29.5^\circ$  のものより  $1.2 \text{ m/sec}$  の牽曳速度の場合で約  $13\%$  の増加を示しており、この増加率は牽曳速度が早い程大となる傾向を示している。

C. 切断角  $29.5^\circ$  のナイフによる牧草の切断

第3図下図はオーチャードを切断した際の結果なるも、牧草の条件が一定ならざることおよび材料不足等に原因して、満足なる結果を得られなかつたが、柔軟なる材料を供用した場合の切断機構を知らんとしたもので参考し止める。しかし本質的には小麦稈の場合となら変つた点はなく、同一法則になつている。既述

せる諸係数の関係を求めると第2表となる。

第2表

	$a'$	$b'$	$a$	$b$
471 r. p. m.	24.5	58.7	16.33	66.6
708 "	18.7	64.5	24.82	54.8
942 "	68.0	41.3	50.5	43.7
1016 "	40.5	46.3	65.3	40.2
1175 "	123.5	26.4	122.5	32.6

これらの結果を圃場試験結果と比較するために、前掲学会誌 p. 30 の第5図に示した6枚刃の場合の牽曳速度一切断抵抗曲線より、3枚刃の切断所要動力に換算したものが第1図上図である。 $29.5^\circ$  のナイフの場合は  $1.6 \text{ m/sec}$  以下では殆んど曲線は平行しており、 $1.6 \text{ m/sec}$  以上で交叉する傾向を示し、本実験の場合と相等の差を有するが、 $35^\circ$  のナイフの場合は極めて類似した関係を示している。

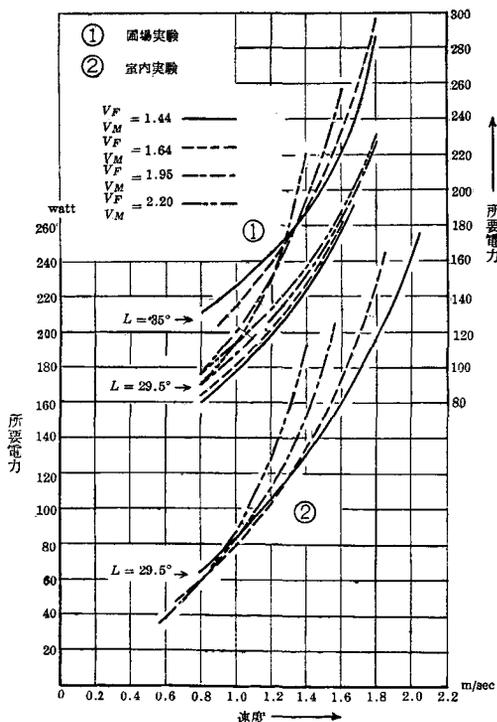
これらの結果より牽曳速度を大にする場合は  $V_M$  は小となし、 $0.8 \text{ m/sec}$  あるいは  $0.6 \text{ m/sec}$  と牽曳速度を小とする場合は  $V_M$  を  $1.8 \sim 2.0$  程度にまで高めることが切断の点よりしては安全かつ有利であるといえる。併し圃場における切断抵抗は、そのときの諸条件に影響され、単純なものでなく、われわれの今日まで行つた試験結果の数例を比較しても、ある場合は切断抵抗は牽曳速度の上昇とともに増加する場合と全く逆に低下する場合とがあり、その原因については未だ未解決である。今参考までに牽曳速度と切断抵抗との関係に影響を与える要因を列挙すると次の如きものがある。

A. 機械的条件

1. ナイフの切味および切味に関する要因と牽曳速度との関係
2. 受刃の条件（鋸歯の磨耗状態）が切味切断の際の材料の滑り等に関するが、その影響
3. ナイフと受刃との関係
  - a. 両者の間隙は切味に関するが速度が変化した場合、この間隙の大小が切味におよぼす影響
  - b. 切断の際、ナイフが押上げられるが、その程度、ならびにそのために変化するナイフ程の運動摩擦抵抗の速度との関係

B. 牧草の条件

1. 牧草の種類、生育密度、熟期等の影響
2. 株形成の有無、大小、密度
3. 下草、枯草は切断に際して最も悪影響をおよぼすが、その影響



第3図

C. その他の条件

す影響

1. 土地の凹凸は切断桿の上下振動に影響をおよぼし、そのために生ずる二度切の増加がおよぼ

2. 風向、即ち追風と向風とでは切断の難易が異なる外に、切断物の切断桿上よりの流去の難易を

第 3 表

Test No.	$v_F$ (m/s)	ナイフ往復数 (回/分)	$V_M$	$V_M$ 平均	刈 株 高 さ (mm)				平均	平均
					刈 列 番 号					
					1	2	3	4		
33	1.43	703	1.26	1.28	88.0 ± 7.5	74.3 ± 6.2	80.0 ± 18.3	91.3 ± 18.3	83.3 ± 18.0	84.4 ± 17.6
45	2.35	1186	1.30		89.5 ± 12.6	86.6 ± 10.6	84.7 ± 11.5	81.1 ± 6.3	85.5 ± 17.1	
36	0.84	475	1.45	1.46	82.2 ± 14.6	74.2 ± 15.6	71.9 ± 8.0	75.7 ± 9.9	75.9 ± 13.6	77.2 ± 14.1
13	1.03	603	1.48		89.0 ± 16.4	71.4 ± 6.8	68.4 ± 9.9		76.4 ± 15.0	
37	1.67	938	1.44		85.6 ± 19.7	74.5 ± 7.6	75.6 ± 10.0	81.2 ± 10.5	79.3 ± 13.6	
12	0.56	372	1.70		69.5 ± 11.2	59.5 ± 4.2	59.1 ± 6.9		62.9 ± 9.2	
19	0.59	380	1.65	1.63	76.9 ± 8.3	70.3 ± 6.1	72.0 ± 8.5		73.0 ± 8.3	74.1 ± 9.6
8	0.72	458	1.64		71.8 ± 14.7	64.0 ± 5.9	63.0 ± 8.0		66.5 ± 10.9	
5	0.77	460	1.54		79.4 ± 9.1	70.1 ± 3.6	70.8 ± 8.9		73.7 ± 8.9	
32	1.11	700	1.62		80.6 ± 12.2	74.7 ± 5.6	68.9 ± 10.2	77.5 ± 8.7	75.3 ± 10.2	
18	1.33	878	1.69		76.8 ± 9.9	74.4 ± 6.9	76.7 ± 8.5		76.1 ± 8.8	
17	1.43	872	1.57		73.6 ± 9.3	69.3 ± 6.6	72.6 ± 5.7		72.1 ± 7.6	
23	1.54	1003	1.67		79.7 ± 12.6	77.0 ± 7.4	79.7 ± 11.0		78.7 ± 10.6	
21	1.67	1015	1.56		84.0 ± 16.4	78.3 ± 6.8	75.0 ± 5.6		79.0 ± 11.6	
14	0.77	533	1.78	1.81	80.6 ± 9.6	74.3 ± 4.3	71.2 ± 3.9		75.5 ± 7.7	75.4 ± 8.5
16	0.91	669	1.89		66.5 ± 6.8	70.4 ± 5.0	69.8 ± 5.4		68.9 ± 6.0	
9	1.00	677	1.74		73.5 ± 11.0	72.2 ± 6.0	65.2 ± 9.5		70.0 ± 9.5	
11	1.25	875	1.80		74.6 ± 8.5	72.4 ± 6.2	71.8 ± 7.7		72.9 ± 7.6	
41	1.25	928	1.90		80.5 ± 8.2	72.3 ± 6.1	73.8 ± 8.6	80.2 ± 4.2	76.5 ± 8.5	
22	1.33	975	1.88		80.6 ± 9.7	78.5 ± 3.4	77.9 ± 8.0		79.0 ± 7.9	
15	1.43	951	1.71		86.1 ± 14.6	76.2 ± 6.9	74.2 ± 6.7		78.4 ± 11.0	
10	1.43	1037	1.86		85.3 ± 8.6	76.7 ± 5.2	76.4 ± 6.8		79.6 ± 8.2	
46	1.74	1165	1.72		80.6 ± 10.6	76.6 ± 8.2	78.2 ± 7.0	77.4 ± 9.9	78.3 ± 9.0	
25	1.43	1000	1.79		74.5 ± 11.7	67.0 ± 5.1	77.3 ± 8.6	78.4 ± 9.4	74.8 ± 9.4	
3	0.91	680	1.92	1.97	69.8 ± 15.2	75.2 ± 4.1	72.3 ± 6.2		73.2 ± 9.5	72.6 ± 9.0
50	1.43	1164	2.09		76.3 ± 8.2	72.8 ± 6.5	70.1 ± 8.9	75.2 ± 8.5	73.6 ± 8.4	
53	1.54	1170	1.95		76.9 ± 12.3	68.4 ± 5.2	70.5 ± 6.5	75.6 ± 11.4	72.8 ± 10.0	
38	1.67	938	1.93		70.9 ± 9.5	69.3 ± 3.8	71.4 ± 6.8	72.0 ± 11.2	70.8 ± 8.1	
43	1.11	930	2.15	2.23	70.6 ± 8.8	71.5 ± 5.2	68.4 ± 9.1		70.0 ± 7.6	70.0 ± 6.9
47	1.30	1165	2.30		71.9 ± 3.3	68.9 ± 3.0	69.3 ± 3.8	69.9 ± 10.6	69.9 ± 6.2	
2	0.72	678	2.43	2.39	67.1 ± 10.0	66.2 ± 4.0	65.9 ± 5.3		66.4 ± 6.8	66.0 ± 6.1
20	1.11	1015	2.34		67.9 ± 4.7	64.2 ± 4.7	64.3 ± 3.7		65.5 ± 5.3	
28	1.00	1020	2.62	2.34	71.7 ± 9.1	67.9 ± 4.6	67.0 ± 7.3	68.8 ± 7.0	68.9 ± 7.4	69.1 ± 6.7
26	0.91	1010	2.84		73.0 ± 5.9	72.6 ± 5.9	70.0 ± 4.7	70.7 ± 8.0	71.5 ± 6.4	
31	0.59	700	3.05		68.7 ± 5.8	67.5 ± 4.0	61.7 ± 4.1	70.0 ± 4.7	67.0 ± 6.4	

生じ、場合によつては大きな悪結果を生ずる。

以上の諸要因の検討なくしては、切断抵抗は勿論、牽曳速度と切味との関係は明かになし得ないと考える。したがつて今後機会を得て、これらの問題にまで発展したいと思つているが、今回の実験結果の場合が基礎的なものと考えている。

#### D. 刈株高さに関して

被切断物の9本の挟み列中の4列または3列の約30cm間の刈高さを1本宛測定し、平均値および標準偏差を求めた結果が第3表である。

挟み列間隔は2.5cmにして、ある列をガードの中心になる様にしたから、大体7.5cm即ちナイ1往復間に切断される間の刈高さを測定したことになるも、切断機の振動等に原因して、ある程度の誤差は有している。第3表で理解し得ることは $V_M$ が1.3以下では刈高さは84.4mmでその場合の標準偏差は17.6mmとなつてゐるが、基部よりナイフまで60mmなるに対し平均24.4mmも長くなつており、しかも甚しく虎刈となり極めて不良な結果を示すが、これは切断図で明らかにされている点である。写真2はこの場合の一例である。次いで不良な場合は $V_M$ が1.46にして $V_M$ が大になるにしたがつて、刈高さも偏差も小となる傾向が示されている。写真3は $V_M$ が1.44、4は $V_M$ が1.79、5は $V_M$ が1.92の場合を示している。いずれも牧草に比較すれば茎の剛性の強い小麦稈の場合であるが柔軟な牧草においては、この傾向はさらに甚しくなるもので、この点よりして $V_M$ は高くする方が好ましいが、主体は所要動力におくべきで、ナイフ速度を高くすることは、二度刈を増しかつ空転抵抗をも急激に高くすることになる故、第1図を主体にして考慮すべきである。

## 4. 結 論

小麦稈および牧草を供試材料として、これを挟み装置に挟み、基部より7.28cmの位置で切断し得る様にし、材料を種々の速度で供給し、切断所要力を求めた結果は

$$W = a' + b'v^2r$$

$W$  = 切断所要力 (watt)

$v_r$  = 材料供給速度 (m/sec)

$a', b'$  = 係数

なる関係となり、これにナイフ速度を考慮に入れると

$$W = a + bv^2_M + (c + dv_M)v^2_r$$

$v_M$  = ナイフ速度

$a, b, c, d, n$  = 係数

なる実験式を得るが、これより1.2m/sec付近を中心に、牽曳速度が低速の場合は $V_M(v_M/v_r)$ を高くし高速のときは $V_M$ を低くする方が有利にして、この比は現在の1.7前後にあることが明かになつた。なお刈株高さの長短、整一度は $V_M$ の値と密接な関係があり、 $V_M$ を1.28以下にすると平均14mmも長く刈取られ、標準偏差も17.6mmと大きくなつてゐるが、 $V_M$ を約2.0にすると平均12.6mm長く、偏差は9.0mmになつた。

本実験は文部省の科学研究費によつて行つたものであることを付記しておく。

## 参 考 文 献

- 1) Bell, A. J.: Care and repair of the mowing machine Michigan State Collage of Agr. and Applied Science Dec. 1935.
- 2) Elfes, L. E.: Design and Development of a high-speed mower Agr. Eng. Vol. 35, No. 3, 1954.
- 3) Fischer-Schlemm W. E.: Der einfluß des Watenwinkels auf die Shssreidhaltigkeit von Mähmesserklängen Grundlagen der Landtechnik Heft 5: 1953.
- 4) Grouary, H.: Untersuchungen über der Schneidvorgang bei Mähmaschinen. Die Landmaschinen; 1929 Nomb.
- 5) Kepner, R. A.: Analysis of cutting action of a mower Agr. Eng. Vol. 33, No. 11, 1952.
- 6) Kloth, W. und Götzman, A.: Untersuchungen über den Schneidvorgang beim Grass- und Getreidewähen. Die Technik in der Landwirtschaft. 1933.
- 7) 松田良一, 江崎春夫, 青山寛次: バリカン式刈取機の切断抵抗に関する研究. 最近の刈取機研究. 昭 24. 12.
- 8) 守島正太郎, 中川健治: 廻転双式草刈機の双形について, 三重大学農学部学術報告, Vol. 7, 1953.
- 9) Schulze K. H.: Über den Schneidvorgang an Grashalmen. Grundlagen der Landtechnik Heft 5: 1953.
- 10) Schweigman P.: Ein Beitrag zur. Schnitt-Theorie. Die Technik in der Landwirtschaft. 1936.

写真



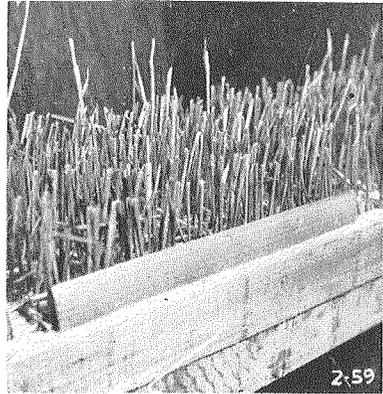
1



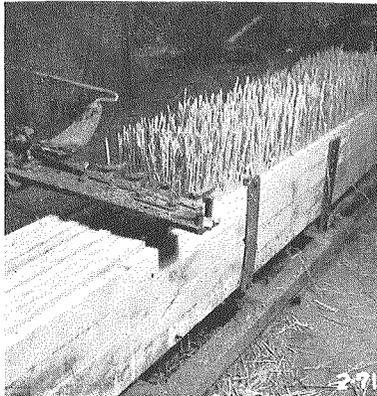
2



3



4



5

- 11) Stroppe Th.: Zur Normung des Schneid-  
virkes der Mähmaschine.
- 12) Stroppe Th.: Studien über den verschleiß  
von Schneiden für Halmartiges Schnittgut.  
Grundlagen der Landtechnik Heft 5: 1953.
- 13) Stroppe Th.: Zur systematik der Techno-  
logie des Schneidens. Grundlagen der Land-  
technik Heft 5: 1953.
- 14) 常松 栄, 岡村俊民: 「モータ」切断部機構の  
理論的研究. 農業機械学会誌, Vol. 13. No.1,  
2. 昭 27.

### Summary

The purpose of this report is to determine the fundamental cutting resistance of a mower under the various drawing speed and the knife speed. For this purpose, we designed and manufactured the small testing mower that could change the driving gear of the knife bar. We fixed this mower on the frame, and supplied wheat straw and grass that was caught between the wooden bar, under the knife bar which was driven by the electric motor.

From the results of the experiments, found out the next formula.

$$W = a' + b'v_F^2$$

$W$  = cutting power (watt)

$v_F$  = supplied speed of the material  
(m/sec)

$a', b'$  = coefficient.

This formula was applied various knife speed, but  $a'$  and  $b'$  was changed by the knife speed, so we drew out the next formula.

$$W = a + bV_M + (c + dV_M)v_F^2$$

$v_M$  = knife speed (m/s)

$a, b, c, d, n$  = constant.

For the relations between the value of  $V_M$  ( $v_M/v_F$ ) and the cutting height of the stumps, we obtained the same fact that other researcher had said for these problems. Namely, we took the lower value of  $V_M$ , the stump and the lower the value of standard variation. For example, in case the value of  $V_M$  was given 1.28, the cutted height of the straw which was cut 60 mm from the base, was 74 mm and standard variation was 17.6 mm, and when  $V_M$  was 1.97, the cutted height was 72.6 mm and S.V. was 9.0 mm.

From these results we consider the suitable value of  $V_M$  had to given 1.7 under the usual horse mower speed (1.0~1.2 m/sec), but when we want to speed up a mower traveling, it is prefer to take the lowest value of  $V_M$ .