

## さとうきび脱葉機の開発に関する基礎的研究

(第2報) 蔗茎の貫入, 抗折, 切断および圧碎抵抗について

宮部芳照・阿部正俊・小島 新

(農業機械学第1研究室)

昭和53年9月2日 受理

### Fundamental Studies on the Development of a Leaf-Stripping-Machine for Sugar Cane

#### II. On the Penetrating, Bending, Cutting and Crushing Resistance of a Sugar Cane Stalk

Yoshiteru MIYABE, Masatoshi ABE and Shin KOJIMA

(Laboratory of Agricultural Machinery I)

#### 緒 言

さとうきび脱葉機の開発を行うためには, まずさとうきびの力学的特性を知る必要がある。従来, さとうきびそのものに関するいわゆる原料価値を判断する手段としての化学的特性に関する研究は多いが<sup>1),2)</sup>, 脱葉機開発に直接必要なさとうきびの物理的特性についての研究はみられない。蔗茎から蔗葉を離す, いわゆるさとうきびの脱葉は, 引張, せん断, 衝撃, 圧縮などの力およびこれらの組み合わせられた力の作用によって行われるものと考えられる。

前報では蔗葉の引張抵抗について報告を行ったが, 本報では蔗茎の貫入, 抗折, 切断および圧碎抵抗についてそれぞれ測定を行い, 脱葉機開発のための若干の基礎資料を得たのでここに報告する。

#### 材料および方法

##### 1. 供試材料

供試したさとうきびは, ほぼ平均的な生育状態を示す株から最長あるいはそれに準ずるきびを選び, それを地際から刈り取ったもので Table 1, Table 2. に示すとおりである。なお, 材料の採取は収穫時期別に4回に分けて行い, 測定は試料採取後それぞれ48時間以内に行った。また, 測定は試料からの水分の蒸散をできるだけ防ぐために, ビニールに包んで暗所に置くようにした。

ここで原料茎とは展開葉の上部から6枚目節位で切断した下部茎をいう。数値はそれぞれ無作為に抽出した30本の平均値である。

##### 2. 測定装置および測定方法

測定装置は, Fig. 1. に示すような万能引張圧縮試験

Table 1. Experimental material (I)

Variety	N:Co, 310			
Growing district	Makurazaki (Kagoshima-ken)			
Planting date	Mar. 10, 1966			
Planting distance (cm)	30			
Row spacing width (cm)	120			
Yield (t/10a)	8.5			
Harvesting date (No.)	Nov. 1 '67 (1)	Dec. 1 '67 (2)	Dec. 22 '67 (3)	Jan. 14 '68 (4)
Plant height (cm)	330	345	350	350
Plant weight (g)	822	880	1015	1015
Mature cane length (cm)	165	172	190	199
Mature cane weight (g)	612	678	768	790
No. of green leaves (leaf/stem)	12	11	9	8

Table 2. Experimental material (Ⅱ)

Node order	Harvesting date (No.)	Brix (%)	Diameter of stem (cm)	Node distance (cm)	Moisture content (wet base) (%)	
					Stem	Leaf
8	1	13	2.1	11.0	81.0	75.9
	2	15	2.0	11.5	78.6	75.0
	3	17	1.8	12.0	72.6	72.3
	4	18	1.8	12.2	72.0	71.6
10	1	15	1.7	11.3	76.5	75.5
	2	16	1.7	12.9	75.3	73.6
	3	18	1.8	13.0	71.3	70.4
	4	19	1.8	13.2	71.0	70.3
12	1	17	1.9	13.2	73.8	75.3
	2	18	1.8	15.2	72.8	72.2
	3	18	1.8	16.0	71.1	58.9
	4	20	1.9	16.3	70.3	50.3
14	1	17	2.0	17.2	73.0	41.5
	2	18	1.9	18.7	72.8	41.0
	3	19	2.0	19.0	69.8	40.5
	4	20	1.9	19.0	69.7	10.5
16	1	18	2.0	18.3	72.6	7.5
	2	19	2.0	19.2	72.3	7.5
	3	19	2.0	19.3	69.7	7.5
	4	20	2.0	20.2	69.7	7.4
18	1	18	2.0	19.1	72.0	7.7
	2	20	2.0	19.9	71.9	7.0
	3	20	2.0	19.8	69.3	7.2
	4	21	2.1	19.1	69.2	7.2
20	1	19	2.1	18.2	71.3	7.0
	2	20	2.1	18.6	70.7	6.7
	3	20	2.2	18.6	68.8	5.9
	4	21	2.3	18.5	68.7	5.6

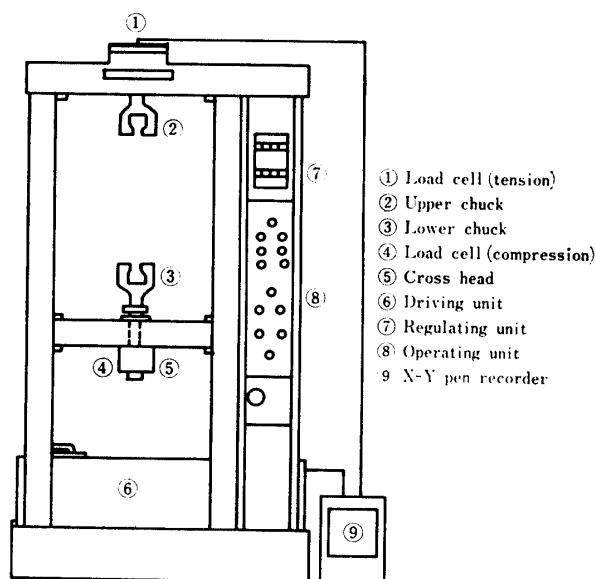


Fig. 1. Measuring apparatus.

機（新興通信工業株式会社製，TOM/200D 型）に引張および圧縮用ロードセルを取り付け，自動平衡式 X-Y 記録計（新興通信工業株式会社製，AS14 型）を組み合わせて，以下の項目についてそれぞれ測定を行った。

#### (1) 蔗茎の貫入抵抗

さとうきびを機械脱葉する場合，一般には葉鞘部に引張り，衝撃を与える方法，あるいは葉鞘部を摩擦して脱葉する方法などが考えられるが，その際，原料となる蔗茎にできるだけ損傷を与えないことが重要である。

そこで蔗茎表皮の収穫時期別および節位別の硬さを知るために，Fig. 2 に示すように，圧縮荷重用ロードセル LC/10K（容量 10kg，精度フルスケールの  $\pm 0.5\%$ ）と直径 1.0mm，長さ 10.0mm のプランジャを圧

縮試験機の移動クロスヘッドに取り付け、台上に水平固定した蔗茎の各節間中央部に 50mm/min の速度でプランジャを貫入させ、蔗茎表皮を貫通する際の最大抵抗値を蔗茎の貫入抵抗として、X-Y ペンレコーダに自記させた。測定個数は蔗茎の7節位から21節位までの節位についてそれぞれ50個ずつ測定した。

なお、節位は梢頭部から下部の方へ展開葉を1葉ごとに順次数えて、1節位、2節位、3節位……と名づけ、以下、節位の呼び方についてはすべて同様な取り扱いを行う。

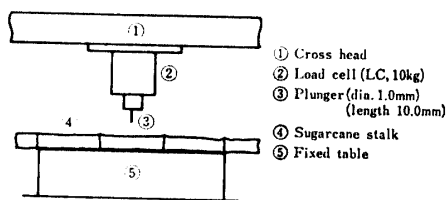


Fig. 2. Measuring apparatus of penetrating resistance.

## (2) 蔗茎の抗折抵抗

機械脱葉の一つとして、回転運動している屈撓性のある部材、例えばリンクチェーンなどの打撃による脱葉方法が考えられるが、その際、蔗茎の折損破壊をできるだけ防止し、蔗汁損失を最小限度におさえる必要がある。また、グラブなどによるさとうきびの集束や結束作業などの場合も同様なことといえる。

そこで蔗茎の収穫時期別および節位別の抗折抵抗およびそのたわみ量を知るために、測定装置としては、Suggs<sup>5)</sup> らがたばこ茎の力学的特性を明らかにするために使用した装置を応用して、Fig. 3 に示すような引張荷重用ロードセル LT/100K (容量 100kg, 精度フルスケールの  $\pm 0.5\%$ ) を引張試験機の上部固定梁に取り付け、移動クロスヘッドにはスパン 400mm の両端にローラ③、④を取り付けた両端自由支持の抗折抵抗測定装置を装着して測定を行った。また、上部チャックには蔗茎支持部にできるだけ摩擦を生じさせないようにローラ⑤を取り付けている。測定はクロスヘッドを 100mm/min の速度で下方に移動させることにより、両端自由支持の蔗茎節間中央部に集中荷重を加え、抗折時の最大抵抗値およびその時のたわみ量を X-Y ペンレコーダに自記させた。測定節位は、10, 13, 16, 19 位で各節位についてそれぞれ 50 回ずつ測定した。

## (3) 蔗茎の切断抵抗

蔗茎を約 20~30cm 位に切断して送風脱葉を行う場合や、梢頭部の切断あるいは、刈取り作業の機械化を

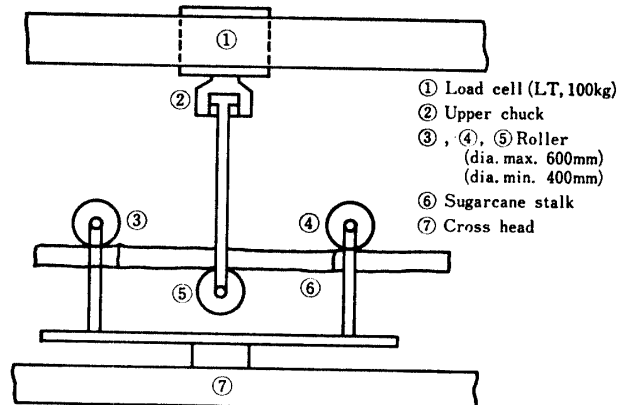


Fig. 3. Measuring apparatus of bending resistance.

計る場合に、蔗茎の切断抵抗を知る必要がある。

そこで、蔗茎の収穫時期別および節位別の切断抵抗を測定するために、Fig. 4 に示すように、圧縮試験機の移動クロスヘッドに圧縮荷重用ロードセル LC/200K (容量 200kg, 精度フルスケールの  $\pm 0.5\%$ ) と鋼鉄製切断刃(刃幅 60mm, 刃厚 2.5mm, 楔角  $14^\circ 20'$ ) を切断角が 0 度になるように取り付け、台上に蔗茎を水平固定した。切断方法は、いわゆる押し切り法で、蔗茎節間中央部を垂直に切断し、切断速度はまず静的切断抵抗<sup>2)</sup> を明らかにするために、できるだけ低速度の 50mm/min で行い、最大、平均切断抵抗値、切断エネルギーおよび蔗茎単位断面積当りの切断エネルギー(比切断エネルギーと呼ぶ)を算出した。測定節位は第7位から第21位までの各節位についてそれぞれ50回ずつ測定した。

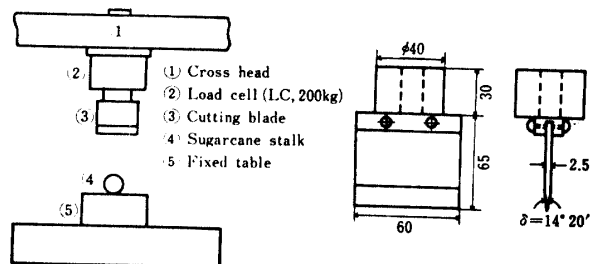


Fig. 4. Measuring apparatus of cutting resistance and cutting blade.

## (4) 蔗茎の圧碎抵抗

さとうきびをは場から搬出し運搬する場合に、蔗茎をできるだけ圧縮してトラックなどに積み込む場合や、工場脱葉する際に、グラブなどで蔗茎を一度に大量に脱葉装置内に供給する場合に、蔗茎の圧碎をできるだけ防止しなければならない。

そこで蔗茎の圧碎抵抗を収穫時期別および節位別に

測定するために、Fig. 5 に示すように、圧縮試験機の移動クロスヘッドに圧縮荷重用ロードセル LC/200K (容量 200kg, 精度フルスケールの  $\pm 0.5\%$ ) と圧縮用アンビル (平板) (幅  $50 \times 50\text{mm}$ , 厚さ  $10\text{mm}$ ) を取り付けた。台上に水平固定した蔗茎節間中央部に平板で  $50\text{mm/min}$  の速度で垂直荷重をかけ、蔗茎表皮が最初に破砕される時の荷重を蔗茎の圧砕抵抗として、X-Y ペンレコーダに自記させた。測定節位は第 7 位から第 21 位までの各節位についてそれぞれ 50 回ずつ測定した。

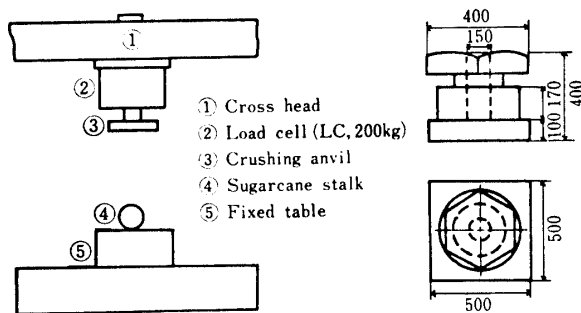


Fig. 5. Measuring apparatus of crushing resistance and crushing anvil.

## 結果および考察

### 1. 蔗茎の収穫時期別および節位別の貫入抵抗

Table 3. Correlation table between node order and penetrating resistance

Y	X	Node order														
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Penetrating resistance (kg/cm <sup>2</sup> )	777~842														19	33
	712~777													20	36	47
	647~712												3	34	44	44
	582~647										3	21	61	62	65	71
	517~582									21	69	99	86	74	36	5
	452~517					5	3	28	68	126	114	75	50	10		
	387~452			5	25	73	144	155	126	53	14	5				
	322~387	15	32	88	108	111	53	17	6							
	257~322	94	95	86	67	11										
	192~257	54	63	21												
	127~192	73	10													

\*\* Significant at 1% level

$\eta_r = 0.941$

Table 4. Analysis of variance of penetrating resistance (node order: 14)

Factor	Sum of squares	Degree of freedom	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	5.50	$n_1 = 3$	$u^2 = 1.833$	(76.375**)
Within class variation (Sw)	4.70	$n_2 = 196$	$v^2 = 0.024$	
Total variation (S)	10.20			

\*\* Significant at 1% level

$\alpha = 0.01$   $\lambda = 3.88$ ,  $\alpha = 0.05$   $\lambda = 2.65$

測定結果を図示すると Fig. 6 のようになる。これによると各収穫時期とともに、蔗茎の貫入抵抗は節位によってかなりの差があり、梢頭部から根部の方になるに従って著しく増大する傾向にある。例えば 21 節位は 7 節位の約 2.5~3.0 倍の値を示している。各時期別に測定した値をひとまとめにした Table 3 の相関表について貫入抵抗と節位との間の相関関係を示す相関比を計算すると  $\eta_r = 0.94$  となり、両者の間に極めて強い相関関係があることがわかる。

次に同じ節位における測定値が各収穫時期によって差があるか否かを知るために分散分析を行った結果、収穫時期別の貫入抵抗の差はいずれも 1% 水準において有意であることが確かめられた。その 1 例は Table 4 に示すとおりであり、同節位でも収穫時期が 11 月初旬から翌年 1 月中旬と経過するに従って貫入抵抗は全節位とも増大する傾向にある。例えば 1 月中旬収穫の蔗茎は 11 月初旬のものに比べて全節位平均で約 1.3 倍の貫入抵抗を示している。

### 2. 蔗茎の収穫時期別および節位別の抗折抵抗とたわみ量

測定結果は、Fig. 7, Fig. 8 に示すとおりである。これによると各収穫期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から根部の方になるに従って抗折抵抗は増大し、そのたわみ量は逆に減少する傾向を示している。例えば収穫

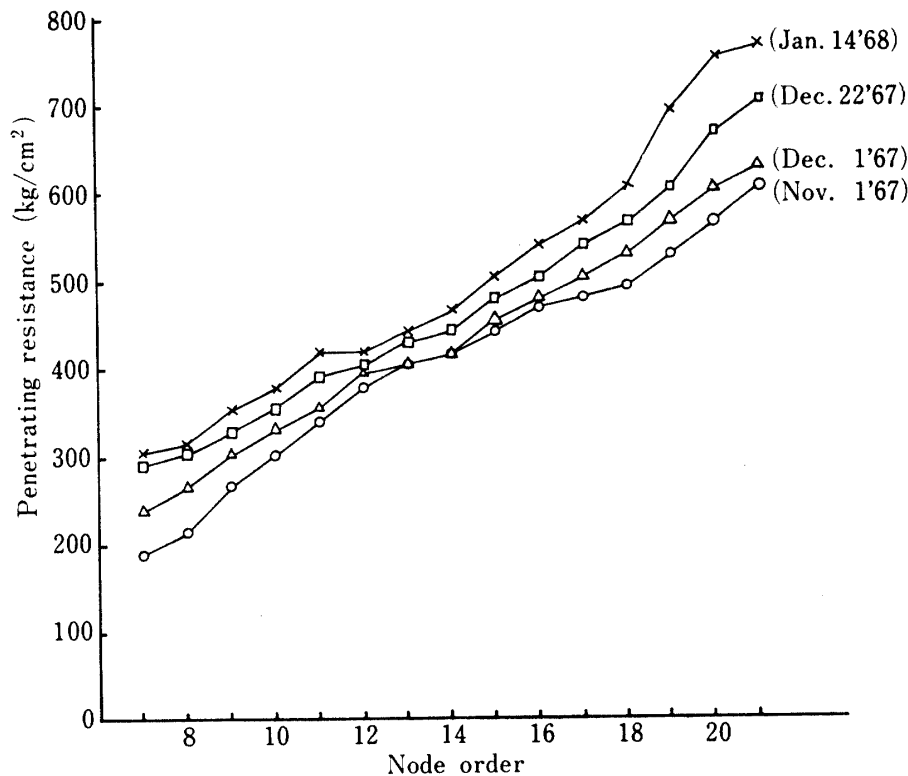


Fig. 6. Relation between node order and penetrating resistance.

期が12月1日の蔗茎では、10節位の抗折抵抗は14.2 kg, 19節位では21.5kgで約1.5倍の増加を示し、また、そのたわみ量は、10節位で14.1cm, 19節位が6.6 cmで約1/2に減少している。このことは、蔗茎の内部は柔組織および多数の維管束から成っており、これらの組織が梢頭部は根部に比べて、柔らかく抗折抵抗は小さいが、弾力性に富んでいて、そのたわみ量は大きいということであろう。各収穫時期別に測定した値をひとまとめにしたTable 5, Table 6の相関表について、節位と抗折抵抗およびそのたわみ量との間の相関関係をみると、それぞれ相関比  $\eta_{r1}=0.82$ ,  $\eta_{r2}=0.87$  となり、両者の間に極めて強い相関があることがわかる。

次に各収穫時期別における同節位の抗折抵抗およびそのたわみ量の差はTable 7, Table 8に示すように、いずれも1%水準において有意であることが確かめられ、収穫時期が経過するに従って抗折抵抗は増大し、そのたわみ量は逆に減少する傾向にある。これは蔗茎が完熟期に向って、その内部組織が徐々に充実して来ていることを示しているものと考えられる。

### 3. 蔗茎の収穫時期別および節位別の最大切断抵抗と平均切断抵抗

測定結果は、Fig. 9, Fig. 10に示すとおりである。

これによると、各収穫期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から根部の方になるに従って、最大および平均切断抵抗は増大する傾向を示している。各収穫期別に測定した値をひとまとめにして、節位と最大および平均切断抵抗との間の相関関係をみると、それぞれ相関比  $\eta_{r1}=0.91$ ,  $\eta_{r2}=0.83$  となり、両者の間に極めて強い相関があることがわかる。Table 9に節位と最大切断抵抗の相関表を示しておく。

次に各収穫時期別における同節位の最大および平均切断抵抗は各節位とも収穫時期によって非常に有意の差があり、収穫時期が11月初旬から翌年1月中旬へと経過するに従って、最大および平均切断抵抗は増大する傾向にある。Table 10に7, 14, 21節位の収穫時期別最大切断抵抗の分散分析結果を示しておく。

### 4. 蔗茎の収穫時期別および節位別の切断エネルギーと比切断エネルギー

測定結果は、Fig. 11, Fig. 12に示すとおりである。これによると各収穫期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から根部の方へと下位になるに従って、切断および比切断エネルギーは増大する傾向にある。例えば12月1日収穫の蔗茎についてみると、7節位の切断および比切断エネルギーはそれぞれ33.5kg-cmと9.8kg-cm/cm<sup>2</sup>であり、また21節位はそれぞれ118.5kg-cmと31.2kg-

Table 5. Correlation table between node order and bending resistance

Y			Node order			
			10	13	16	19
Bending resistance (kg)	28.00~29.00					11
	27.00~28.00					14
	26.00~27.00					13
	25.00~26.00					12
	24.00~25.00					23
	23.00~24.00				9	23
	22.00~23.00				12	35
	21.00~22.00				17	20
	20.00~21.00			7	26	16
	19.00~20.00			21	32	24
	18.00~19.00	7	32	32		9
	17.00~18.00	14	36	24		
	16.00~17.00	30	34	29		
	15.00~16.00	46	38	8		
	14.00~15.00	32	21	6		
	13.00~14.00	33	11	5		
	12.00~13.00	27				
	11.00~12.00	11				

$$\eta_{r1}=0.817$$

Table 6. Correlation table between node order and deflection

Y			Node order			
			10	13	16	19
Deflection (cm)	17.00~18.00		4			
	16.00~17.00		7	7		
	15.00~16.00		45	14		
	14.00~15.00		45	12	2	
	13.00~14.00		40	38	5	
	12.00~13.00		26	39	19	
	11.00~12.00		25	39	47	
	10.00~11.00		8	36	50	
	9.00~10.00			15	39	5
	8.00~9.00				25	24
	7.00~8.00				13	39
	6.00~7.00					46
	5.00~6.00					44
	4.00~5.00					30
	3.00~4.00					12

$$\eta_{r2}=0.866$$

Table 7. Analysis of variance of bending resistance

Factor	Node order	Sum of squares	Df	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	10	346.32	3	115.44	(72.15**)
	13	251.38	3	83.79	(44.10**)
	16	868.84	3	289.61	(194.37**)
	19	1233.14	3	411.05	(228.36**)
Within class variation (Sw)	10	313.92	196	1.60	
	13	372.43	196	1.90	
	16	291.71	196	1.49	
	19	351.88	196	1.80	
Total variation (S)	10	660.24			
	13	623.81			
	16	1160.55			
	19	1585.02			

\*\* Significant at 1% level

$$\alpha=0.01 \lambda=3.88, \alpha=0.05 \lambda=2.65$$

cm/cm<sup>2</sup>である。このように21節位は7節位に比べて、切断エネルギーで約3.5倍、比切断エネルギーで約3.2倍の増加を示している。各収穫期別に測定した値をひとまとめにして、節位と切断および比切断エネルギーとの間の相関関係をみると、それぞれ相関比  $\eta_{r1}=0.94$ ,  $\eta_{r2}=0.84$  となり、両者の間に極めて強い相関がある。Table 11 に節位と切断エネルギーの相関表を示しておく。

次に各収穫時期別における同節位の切断および比切断エネルギーは各節位ともに収穫時期によって非常に

有意の差があり、収穫時期が経過し、蔗茎が完熟期に向うにつれて、同節位の切断および比切断エネルギーは増大する傾向を示している。Table 12 に7, 14, 21節位の収穫時期別切断エネルギーの分散分析結果を示しておく。

##### 5. 蔗茎の収穫時期別および節位別の圧砕抵抗

測定結果は、Fig. 13 に示すとおりである。これによると各収穫期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から根部の方になるに従って、圧砕抵抗はやや減少する傾向にある。例えば11月1日収穫の蔗茎についてみると、21

Table 8. Analysis of variance of deflection

Factor	Node order	Sum of squares	Df	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	10	244.73	3	81.58	(57.86**)
	13	231.42	3	77.14	(38.57**)
	16	163.00	3	54.33	(34.61**)
	19	49.21	3	16.40	(8.04**)
Within class variation (Sw)	10	277.28	196	1.41	
	13	391.77	196	2.00	
	16	307.83	196	1.57	
	19	399.24	196	2.04	
Total variation (S)	10	522.01			
	13	623.19			
	16	470.83			
	19	448.45			

\*\* Significant at 1% level

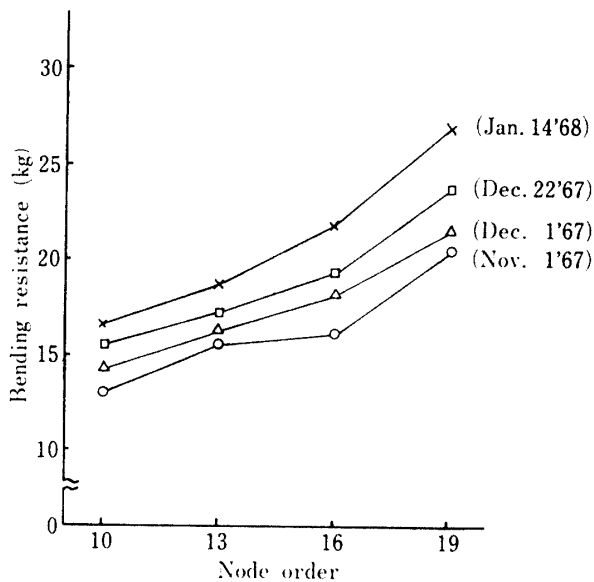
 $\alpha=0.01 \lambda=3.88, \alpha=0.05 \lambda=2.65$ 

Fig. 7. Relation between node order and bending resistance.

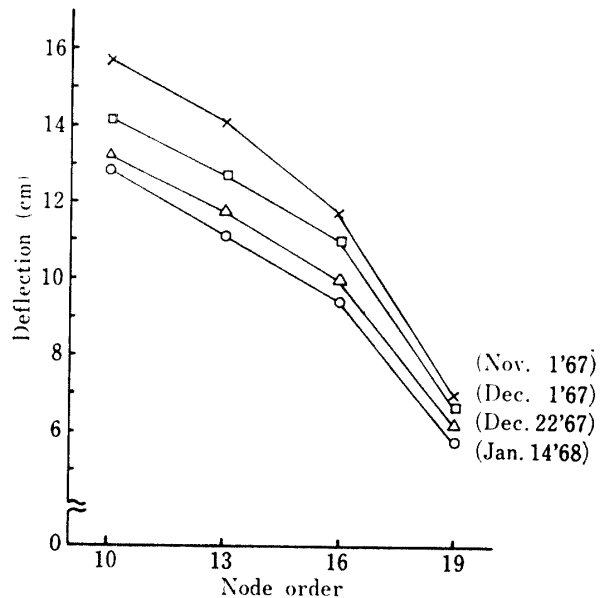


Fig. 8. Relation between node order and deflection.

Table 10. Analysis of variance of maximum cutting resistance

Factor	Node order	Sum of squares	Df	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	7	20074.00	3	6691.33	(3126.79**)
	14	4270.50	3	1423.50	(818.10**)
	21	2405.80	3	801.93	(448.01**)
Within class variation (Sw)	7	418.86	196	2.14	
	14	342.01	196	1.74	
	21	349.99	196	1.79	
Total variation (S)	7	20492.86			
	14	4612.51			
	21	2755.79			

\*\* Significant at 1% level

 $\alpha=0.01 \lambda=3.88, \alpha=0.05 \lambda=2.65$

Table 9. Correlation table between node order and maximum cutting resistance

Y	X	Node order																			
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
Maximum cutting resistance (kg)	85.00~90.00																				11
	80.00~85.00																			37	58
	75.00~80.00																			39	100
	70.00~75.00																			65	96
	65.00~70.00																			64	35
	60.00~65.00																			26	
	55.00~60.00																			32	
	50.00~55.00																				
	45.00~50.00	4	35	4	41	8	50	35	50												
	40.00~45.00	39	15	32	16	47	31	47													
	35.00~40.00	12	37	21	34	30	22	3													
	30.00~35.00	45	32	47	27	23															
	25.00~30.00	19	31	26	23																
	20.00~25.00	31	0	24																	
	15.00~20.00	25	40																		
	10.00~15.00	25	10																		

$$\eta_r = 0.912$$

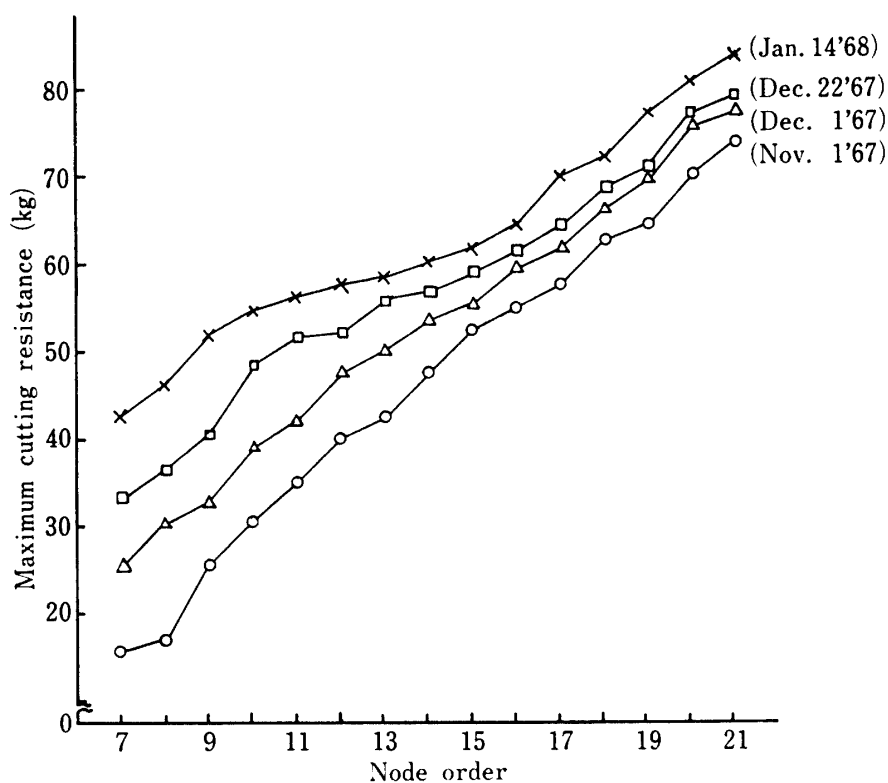


Fig. 9. Relation between node order and maximum cutting resistance.

節位は7節位の約1/2に減少している。また、Table 13の相関表について、節位と圧砕抵抗との間の相関関係をみると、相関比  $\eta_r = 0.85$  となり、両者の間には極めて強い相関があることがわかる。

次に、同節位における圧砕抵抗が収穫時期によって差があるかどうか分散分析を行った結果、各節位とも

に同節位の圧砕抵抗は収穫時期によって、1%水準において有意差があり、収穫時期が経過するに従って、圧砕抵抗はやや増大する傾向を示している。Table 14に7, 14, 21節位の収穫時期別圧砕抵抗の分散分析結果を示しておく。



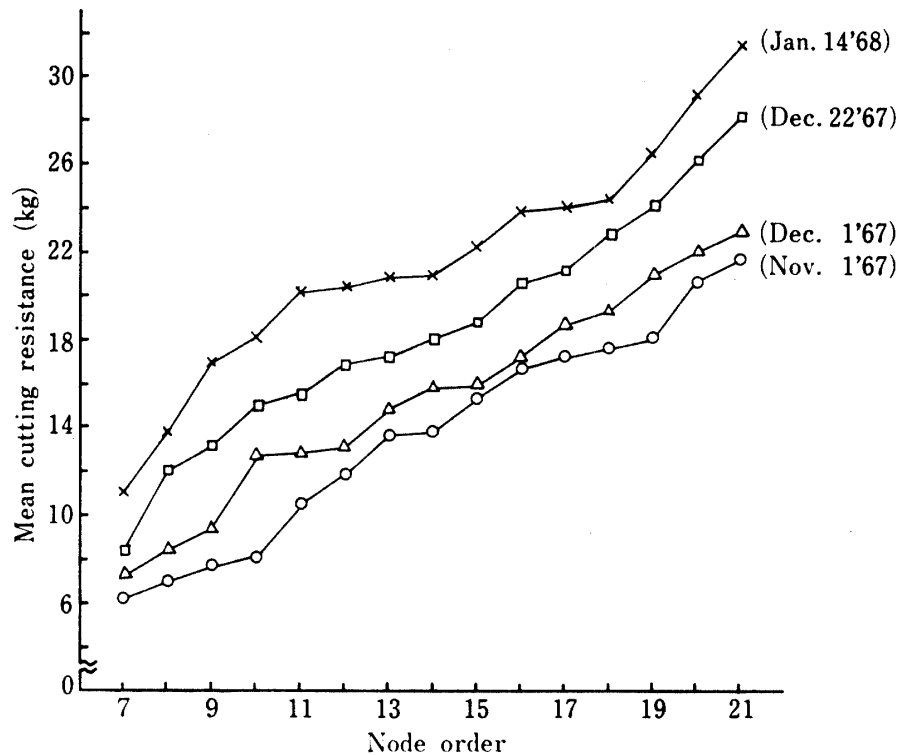


Fig. 10. Relation between node order and mean cutting resistance.

Table 11. Correlation table between node order and cutting energy

X Node order		Y														
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Cutting energy (kg-cm)	130.00~140.00														11	26
	120.00~130.00														39	67
	110.00~120.00													36	49	70
	100.00~110.00												37	38	78	37
	90.00~100.00										22	50	40	70	23	
	80.00~ 90.00								22	79	102	119	117	56		
	70.00~ 80.00						30	90	103	106	76	31	6			
	60.00~ 70.00			50	58	71	83	110	75	15						
	50.00~ 60.00	50	50	50	42	79	87									
	40.00~ 50.00	50	50	19	50	50										
	30.00~ 40.00	50	50	32	17											
	20.00~ 30.00	50	50	49	33											

$$\eta_r = 0.938$$

### 要 約

さとうきび脱葉機の開発のための基礎資料を得るために、蔗茎の貫入、抗折、切断および圧碎抵抗について、収穫時期別および節位別にそれぞれ測定を行った。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 蔗茎の貫入抵抗は節位との間に極めて強い相関関係があり (相関比  $\eta_r = 0.94$ )、各収穫時期の蔗茎ともに節位が梢頭部から根部の方へと下位になるに従って

て増大する傾向を示している。また、収穫時期別による同節位の貫入抵抗はいずれも 1% 水準において有意差があり、収穫時期が 11 月初旬から翌年 1 月中旬へと蔗茎が完熟期に向うに従って、貫入抵抗は各節位ともに増大する傾向を示している。

2. 蔗茎の抗折抵抗およびそのたわみ量は節位との間に極めて強い相関関係があり (相関比  $\eta_{r1} = 0.82$ ,  $\eta_{r2} = 0.87$ )、各収穫時期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から下位の方へなるに従って抗折抵抗は増大し、その

Table 12. Analysis of variance of cutting energy

Factor	Node order	Sum of squares	Df	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	7	25609.00	3	8536.33	(7831.50**)
	14	6117.94	3	2039.31	(944.13**)
	21	12544.61	3	4181.54	(1035.03**)
Within class variation (Sw)	7	213.54	196	1.09	
	14	424.23	196	2.16	
	21	791.79	196	4.04	
Total variation (S)	7	25822.54			
	14	6542.17			
	21	13336.40			

\*\* Significant at 1% level

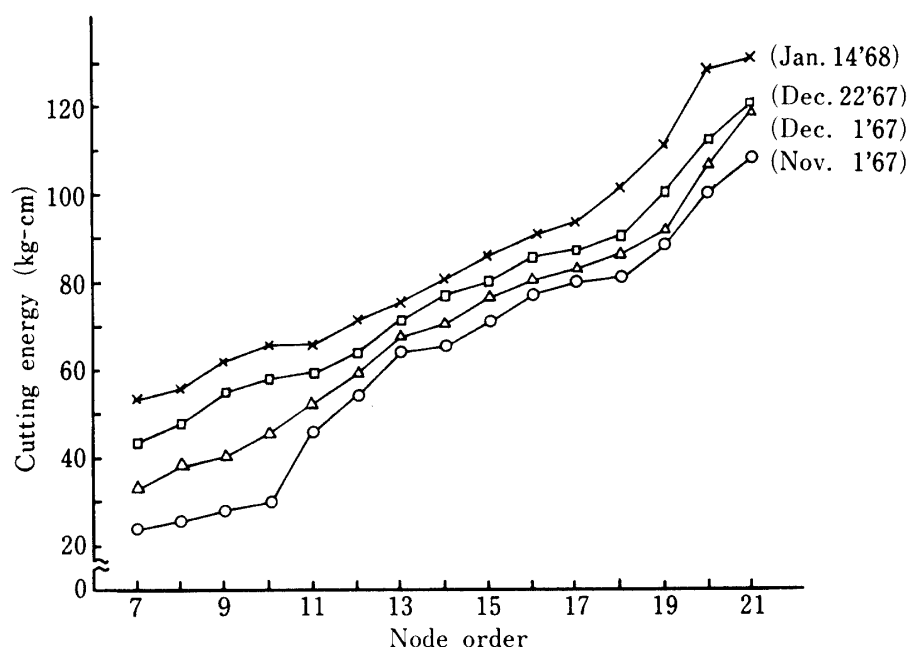
 $\alpha=0.01 \lambda=3.88, \alpha=0.05 \lambda=2.65$ 

Fig. 11. Relation between node order and cutting energy.

たわみ量は減少する傾向にある。また、収穫時期別による同節位の抗折抵抗およびそのたわみ量はいずれも1%水準において有意差があり、収穫時期が経過するに従って、抗折抵抗は増大し、そのたわみ量は逆に減少する傾向を示している。

3. 蔗茎の最大および平均切断抵抗は各収穫時期ともに節位によってかなり差があり、梢頭部から根部の方へいくに従って増大する傾向にある。節位と最大および平均切断抵抗との間にはそれぞれ極めて強い相関関係がある(相関比  $\eta_{r1}=0.91$ ,  $\eta_{r2}=0.83$ )。次に、収穫期別の同節位の最大および平均切断抵抗は各節位ともに収穫時期によって非常に有意差があり、収穫時期が経過し蔗茎が完熟期に向うに従って、いずれも増大する傾向を示している。

4. 蔗茎の切断および比切断エネルギーは節位によってかなりの差があり、各収穫時期の蔗茎ともに梢頭部から根部の方へいくに従って増大する傾向にある。節位と切断および比切断エネルギーの間にはそれぞれ極めて強い相関関係がある。(相関比  $\eta_{r1}=0.94$ ,  $\eta_{r2}=0.84$ )。次に、収穫時期別による蔗茎の同節位の切断および比切断エネルギーは各節位ともに収穫時期によって非常に有意差があり、時期が経過するに従って、いずれも増大する傾向を示している。

5. 蔗茎の圧碎抵抗は節位との間に極めて強い相関関係があり(相関比  $\eta_r=0.85$ )、各収穫時期の蔗茎ともに、節位が梢頭部から下位の方になるに従って減少する傾向にある。次に、収穫時期別による同節位の圧碎抵抗はいずれも1%水準において有意差があり、時

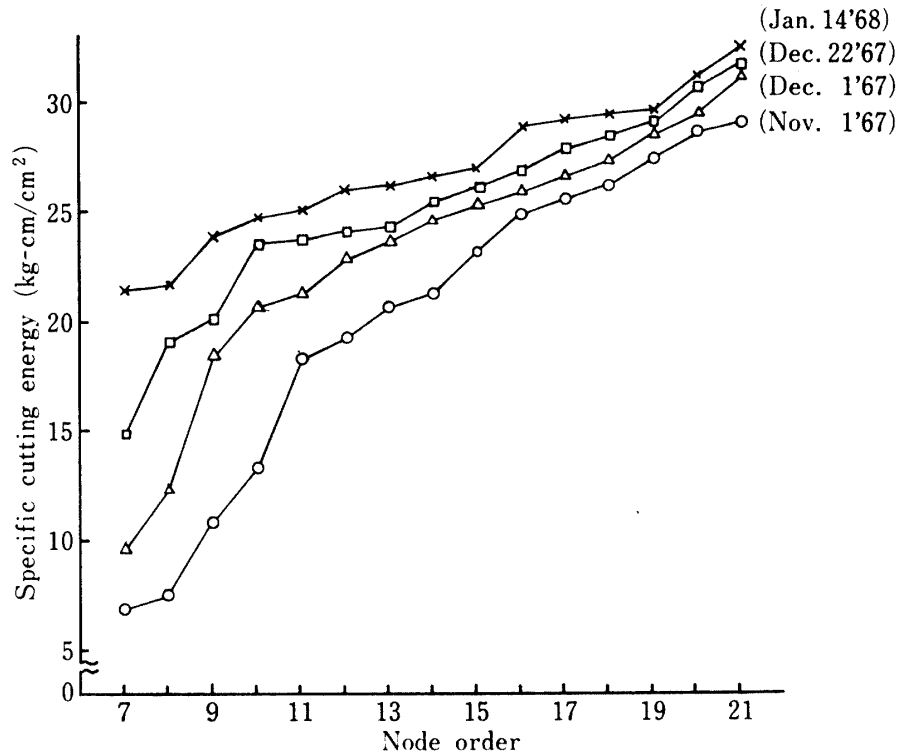


Fig. 12. Relation between node order and specific cutting energy.

Table 13. Correlation table between node order and crushing resistance

		X	Node order																		
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
Y																					
Crushing resistance (kg)	160.00~165.00	2	4	4	1																
	155.00~160.00	14	4	5	15	3															
	150.00~155.00	13	24	27	5	11															
	145.00~150.00	21	24	17	14	12	5														
	140.00~145.00	38	23	22	18	30	9														
	135.00~140.00	30	26	35	30	31	28	25	4												
	130.00~135.00	24	36	30	33	31	28	22	6												
	125.00~130.00	27	26	21	28	15	30	34	20	3	2										
	120.00~125.00	17	21	15	23	28	22	24	18	28	8	6	5	1	1						
	115.00~120.00	14	7	11	16	21	32	25	31	24	8	15	3	5	6						
	110.00~115.00		5	11	10	3	20	36	20	28	34	28	6	5	7	8					
	105.00~110.00			2	4	11	22	18	24	28	24	35	13	11	3	9					
	100.00~105.00				3	4	4	7	29	28	32	13	23	13	7	5					
	95.00~100.00							9	33	24	38	36	27	22	16	15					
	90.00~ 95.00								9	24	21	28	30	30	24	32					
	85.00~ 90.00								6	10	26	29	35	34	37	27					
	80.00~ 85.00									3	7	10	32	27	27	26					
	75.00~ 80.00												19	9	30	24					
	70.00~ 75.00												7	29	16	28					
	65.00~ 70.00													11	19	17					
	60.00~ 65.00														0	6					
	55.00~ 60.00														3	0					
	50.00~ 55.00															3					

$$\eta_r = 0.851$$

## 謝 辞

期が経過するに従って増大する傾向を示している。

本研究を行うに当たり、供試材料の提供や実験遂行にご協力いただいた薩南製糖株式会社に対して感謝の意を表します。

Table 14. Analysis of variance of crushing resistance

Factor	Node order	Sum of squares	Df	Variance	Variance ratio
Between class variation (Sb)	7	3946.00	3	1315.33	(11.16**)
	14	2500.30	3	833.43	(6.05**)
	21	14904.90	3	4968.30	(54.60**)
Within class variation (Sw)	7	23105.93	196	117.89	
	14	27009.17	196	137.80	
	21	17834.50	196	90.99	
Total variation (S)	7	27051.93			
	14	29509.47			
	21	32739.40			

\*\* Significant at 1% level

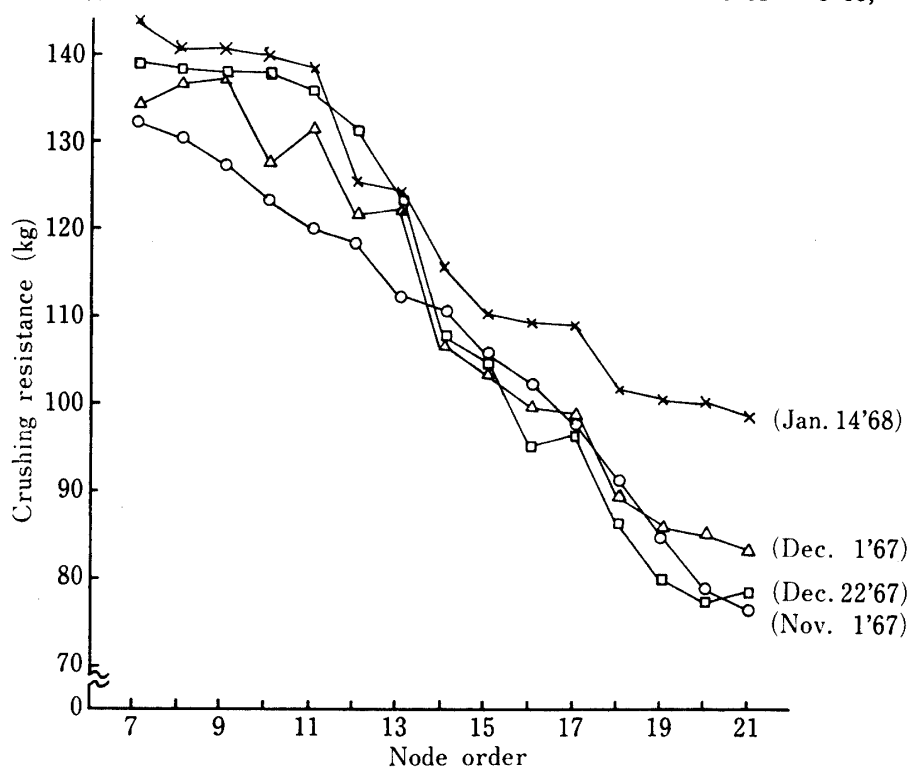
 $\alpha=0.01 \lambda=3.88, \alpha=0.05 \lambda=2.65$ 

Fig. 13. Relation between node order and crushing resistance.

## 文 献

- 1) 鹿児島県農業試験場：さとうきび刈取時期試験。試験研究業績集，64-66 (1967)
- 2) 中川健治：茶摘機的设计要素に関する研究 2。三重大学農学術報告，No.32，56-68 (1965)
- 3) さとうきび試験研究協会：蔗汁分析調査成績。さとうきび試験研究報告書，52-53，116-119 (1968)
- 4) 須藤 允・藍 房和・田原虎次：桑葉の切断抵抗について。日蚕雑，37，323-330 (1968)
- 5) Suggs, C.W. and Splinter, W.E.: Mechanical properties of tobacco stalks. *Trans. ASAE*, 8, 361-364 (1965)

## Summary

In order to develop a leaf-stripping-machine for sugar cane, we performed an experimental measurement on the penetrating, bending, cutting and crushing resistances in a sugar cane stalk. The results obtained are as follows:

1. Penetrating resistance of the stalk was noted to be fairly varied among the node-locations, tending to be

increased with the shifting of locations toward the lower segments. The correlation between node-locations and penetrating-resistance was fairly close (correlation ratio:  $\eta_r=0.94$ ). And also its resistance became gradually greater in accordance with the delaying of the harvesting time (Nov.1, Dec.1, Dec.22 '67, Jan.14 '68).

2. Bending-resistance and deflection of the stalks were different according to the node-locations. The correlation between node-locations and bending-resistance, and that between the node-locations and deflection, were fairly close, respectively ( $\eta_{r1}=0.82$ ,  $\eta_{r2}=0.87$ ). Bending-resistance increased, and deflection of the stalk decreased, with the shift of locations from the top to the root and also with the shift of harvesting season from the early one to the late one, respectively.

3. Each node-location on a stalk had a specific value concerning maximum, mean cutting-resistance, and cutting, specific cutting-energy, increasing from the top to the root and also from the early harvest to the late harvest. The correlation between node-locations and maximum-, mean-cutting-resistance, and that between the node-locations and cutting-, specific cutting-energy, were fairly close; respectively ( $\eta_{r1}=0.91$ ,  $\eta_{r2}=0.83$ ,  $\eta_{r3}=0.94$ ,  $\eta_{r4}=0.84$ ).

4. Crushing resistance of the stalk showed a tendency to decrease with the shift of locations from the top to the root and increase reversely as harvesting was delayed. The correlation between node locations and crushing resistance was fairly close ( $\eta_r=0.85$ ).