さとうきび脱葉作業の機械化に関する基礎的研究 (第1報)

—脱葉部材としてのリンクチェーン使用脱葉方式による脱葉作業特性について—

宮部芳照・岩崎浩一・柏木純孝

Fundamental Studies on the Mechanization of the Leaf

Stripping Operations for Sugar Cane (I)

—Operational Characteristics of Link Chain Type Leaf Stripping Method—

Yoshiteru MIYABE, Koichi IWASAKI and Sumitaka KASHIWAGI

1 緒 言

さとうきびは鹿児島県南西諸島および沖縄県の基幹作物として栽培されており、さとうきびの脱葉作業は収穫調製作業の中で約6~7割の労働時間を占めている。また、脱葉作業の機械化の現状についてみると、小型脱葉機では3~5本のさとうきびを同時に脱葉出来る全茎式のブラシ脱葉機や0.3~0.4mにさとうきびを切断した後に脱葉を行うロール式ミニドラム脱葉機、中型ドラム脱葉機、更にはケーンハーベスタの脱葉部にはチェーン式脱葉、或いは風選式脱葉装置が組み込まれており、これら各種脱葉機、脱葉装置の開発によって、さとうきび脱葉作業の省力化は植付け、管理、刈取り作業等の機械化に比べると、かなりの水準のところまで進んでいるのが現状である。しかしながら、脱葉機、脱葉装置設計の際の基礎的な設計資料となる脱葉方式の違い、或いは脱葉ブラシ、脱葉ロール、脱葉チェーン等の各種脱葉部材の違いによる脱葉作業特性、更にはそれらの耐久性の問題¹⁾等についてはまだ、その説明が残されているといえる。

そこで、第1報では脱葉部材として、リンクチェーンを採用した遠心力利用による衝撃摩擦脱葉方式の脱葉作業特性とその耐久性について明らか

にし、第2報では脱葉部材として屈性のあるコイルスプリング、スチルブラシ等を利用した脱葉作業特性と耐久性について、第3報では各種脱葉方式の違いによる脱葉作業性能および経済性について、それぞれ比較検討を行う。

2 実験装置および方法

1) 脱葉特性実験

脱葉実験には図1~図2に示すような脱葉装置を試作した。脱葉部材として、線径3.00mm、全長120mmのリンクチェーン(リンク個数5個、リンク長径28.80mm、リンク短径13.20mm、材質SBC2)を1例に30mm間隔で25本配列し、これを上下2本の脱葉ロール円周上にリンク先端部外径が270mmになるように90°間隔で4列ずつ取付けた(図2参照)。また、上下2本の脱葉ロールの回転方向はさとうきび送り方向に対して、それぞれ順回転させ、上下のロールのシャフト間隙は230mmとした。さとうきびはあらかじめ梢頭部が切断されたものを根部から送込みロールによって送り、上下2本の脱葉ロールの間を通過する際に、リンクチェーンの遠心力を利用した衝撃摩擦力によって脱葉された後、引出しロールによって引出される機構になっている。

実験方法は脱葉部材の作業特性をみるために、

平成4年6月1日受理

鹿児島大学農学部 〒890 鹿児島市郡元1丁目21-24

Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24 Korimoto, Kagoshima 890

図1 脱葉特性実験装置概略図

上下脱葉ロール回転数を600, 700, 800, 900 rpm (リンクチェーン先端部の周速度はそれぞれ8.48, 9.90, 11.31, 12.72 m/s) とし、送込みおよび引出しロール回転数を70, 80, 90, 100, 110 rpm (ロール周速度, それぞれ0.55, 0.63, 0.71, 0.79, 0.86 m/s) の5段階にとり, 以上の回転数について予備実験の結果から, これらを種々組合せて計14回の実験を行った. なお, 1回の実験にはそれぞれ80本のさとうきびを供試し, 作業人員はいずれの場合も2人で, さとうきびを連続して常時4～6本ずつ脱葉部へ挿入し, 脱葉の終わったさとうきびは引出し側にそのまま集積した. また, 上下脱葉ロールと送込みおよび引出しロールの駆動は可変速三相誘導電動機(5-5 EM型, 3.7kW/1500rpmと3-3 M型, 2.2kW/1500rpm, 住友機械工業)を用いてそれぞれ行った.

次に測定項目としては脱葉作業特性をみるために, ①梢頭部を切断した機械脱葉前のさとうきび茎葉重量, ②機械脱葉後のさとうきび茎葉重量(損失さとうきび茎葉重量含む), ③機械脱葉重量, ④未脱葉重量, ⑤損失さとうきび茎重量(茎長0.3m以下に折損したもの), ⑥損失さとうきび葉重量, ⑦精茎重量(未脱葉, 側芽, 蔗根などを取り除いた原料茎のみ), ⑧脱葉作業時間をそれぞれ測定し, 次の①～④の項目について算出した. ①脱葉率(%): $[(3)/(3+4+6)] \times 100$,

図2 脱葉ロール概略図

⑥未脱葉重量歩合(%): $[(4)/(2)] \times 100$, ⑦さとうきび損失率(%): $[(5)/(5+7)] \times 100$, ⑧脱葉作業能率(kg/man-h): $[(2)-(5)-(6))/(8)] \times 60/2$. 更に, 正味脱葉所要動力については上下脱葉ロールの所要動力を三相電力計(DPW-3型, 横河電機製作所)で測定し, 負荷時の平均所要動力と無負荷時の所要動力の差をもって正味脱葉所要動力とした.

なお, 供試材料条件は表1に示すとおりである.

2) 耐久性実験

実験装置は図3に示すように, 脱葉部材(リンクチェーン)そのものの耐久性をみるために, 被衝撃物として塩化ビニールパイプ(外径114mm, 長さ550mm, 厚さ70mm)を脱葉ロールの下端部に設置し, 脱葉ロールには脱葉特性実験に供したのと同じ材質, 寸法のリンクチェーンをロール円周上に180°間隔で2列配列した(AおよびB列とする). なお, リンクチェーンの取付け方法, 位置等については脱葉特性実験の場合と全く同様であるが, 1列当りの取付け本数は, 9本(総計9本×2列=18本)とした. また, 脱葉ロール回転数は脱葉作業特性結果から総合的に判断して, 最良と考えられる回転数700rpm(9.90 m/s)で実験を行い, 脱葉ロールの駆動はV S モータ(1500/1800rpm, 3.7kW)で行った. なお, 今回はリンクチェーン先端部の30mmが被衝撃物(塩ビパイプ)を打撃するようにし, 塩ビパイプの被衝撃面が摩耗してきた場合はその都度取替えた.

測定方法はリンクチェーン打撃部, リンク間連

表1 供試材料

刈取年月日 (天候)	平成3年1月16日~17日 (晴) 春植1年株出し	原料茎径	Top	1.89
品 種	N: Co, 310	(cm)	Mid	2.26
全 長 (m)	3.16		Root	2.99
全 重 (kg/本)	1.10	原料茎硬度	Top	410.3
青 葉 数 (枚/本)	7	(kg/cm ²)	Mid	528.7
原料茎長 (m)	1.70		Root	614.2
原料茎重 (kg/本)	0.91	ブリックス	Top	19.0
含水率 (%)	部	葉	Mid	21.4
			Root	21.6
		原料茎 曲 り 度	原料茎の根部 より約120cmの 所から、上部約 50cmが30°~40° 曲がっている。	
			※数値は50本の平均値で ある。	
予 想 取 量 (ton/10a)	9.0

図3 リンクチェーン耐久性実験装置

結部および脱葉ロール取付け部の3箇所について、AおよびB列それぞれのリンクチェーンの中で、リンク線径の最大摩耗量をマイクロメータ(1/100mm)で計測し、原線径に対する摩耗量の割合を摩耗率として表わし、その経時変化を50時間毎は2.5時間毎に、その後は5時間毎に測定して最終的に累計100時間の測定を行った。同時に、リンクチェーンの欠損状態についても観察した。

3 結果および考察

1) 脱葉作業特性

図4は各送込み、引出しロール周速度における上下脱葉ロール周速度と脱葉率との関係を示した

図4 脱葉ロール周速度と脱葉率の関係

ものである。

脱葉率は各送込みおよび引出しロール周速度(以下、送りロール周速度という)の場合ともに、上下脱葉ロール周速度(以下、脱葉ロール周速度という)が高くなるに従って上昇する傾向を示した。特に、送りロール周速度の高い0.71および0.79 m/sにおいては脱葉ロール周速度が高くなるに従って脱葉率の上昇割合は高く、例えば、送りロール周速度0.71 m/sの場合、脱葉ロール周速度8.48 m/sから12.72 m/sになると、脱葉率はそれぞれ94.5%から98.9%に上昇した。また、送りロール周速度の低い0.55および0.63 m/sにおいては脱葉ロール周速度8.48~11.31 m/sの範囲において、脱葉率は安定した高い値となり、97.6~98.8%を示した。このように、送りロール周速度が高く、さとうきび供給速度が早くなると脱葉率は脱葉ロール周速度に影響されやすくなる傾向を示した。

次に、脱葉ロール周速度一定の場合は送りロール周速度が高くなると、脱葉率はいずれの場合も低い値を示し、特に脱葉ロール周速度8.48 m/sの時、送りロール周速度0.71 m/sで94.5%の低い値を示した。これを脱葉ロール内へのさとうきび供給量からみると、毎時1人当り、約950kg以上のさとうきびを供給した場合(図10参照)、脱葉率は脱葉ロール周速度8.48 m/sの低速において、急激に低下することがわかる。このように、さとうきび供給速度を低速にし、脱葉ロール周速度を相対的に高くすると、脱葉率の向上がみられるということは脱葉部材(リンクチェーン)によ

上下脱葉ロール周速度(m/s), () : 回転数(rpm)

図5 脱葉ロール周速度と未脱葉重量歩合の関係

るさとうきび単位長さ当たりの衝撃回数が多くなり、脱葉ピッチが小さくなると共に脱葉部材の衝撃力の増大が原因によるものと考えられる。

図5は各送りロール周速度における脱葉ロール周速度と未脱葉重量歩合との関係を示したものである。

前述の脱葉率がさとうきび葉量のみを対象にした脱葉歩合であるのに対し、未脱葉重量歩合（以下、未脱歩合という）は実際に製糖工場内へ搬入される原料茎重中に占める未脱葉重の割合をみたもので、いわゆる製糖歩留りに影響してくるものであるが、各送りロール周速度の場合ともに、脱葉ロール周速度が高くなるに従って、未脱歩合は減少する傾向を示した。また、各脱葉ロール周速度における送りロール周速度の影響をみてみると、脱葉ロール周速度の低い8.48m/sにおいてはその影響がより多く現われ、送りロール周速度の低い方が未脱歩合も低い値を示した。しかしながら、脱葉ロール周速度の高い9.90～12.72m/sの範囲においては送りロール周速度による差はあまりみられず、特に11.31m/sにおいては0.15～0.17%の未脱歩合を示した。このように、未脱歩合は主に脱葉ロール周速度を高めることによって低下し、さとうきび供給速度の影響は脱葉ロール周速度が上昇するとあまり現われない傾向を示した。従って、未脱歩合のみを考えた場合は本実験の範囲内において、脱葉ロールおよび送りロール周速度共に高めて作業を行った方が、脱葉作業能力の面からも有利であると考えられる。

上下脱葉ロール周速度(m/s), () : 回転数(rpm)

図6 脱葉ロール周速度とさとうきび損失率の関係

図6は各送りロール周速度における脱葉ロール周速度とさとうきび損失率（以下、損失率という）との関係を示したものである。

損失率は各送りロール周速度の場合ともに、いずれも脱葉ロール周速度が高くなると上昇する傾向を示した。特に、脱葉ロール周速度9.90m/s以上になると急激な上昇を示し、例えば、送りロール周速度0.71m/sの場合でみると、脱葉ロール周速度9.90m/sで0.27%、12.72mで5.69%の値を示した。また各脱葉ロール周速度においてはいずれの場合も送りロール周速度の低い方が損失率は高い値を示し、脱葉ロール周速度11.31m/sにおいて、送りロール周速度0.79m/sの時1.30%に対し、0.55m/sになると3.70%と高い値を示した。これは送りロール周速度が低下すると、脱葉部内でのさとうきび滞留時間が長くなり、脱葉部材の衝撃回数が増すことによって、折損さとうきびが増加したためであると考えられる。また、これを前述の脱葉率との関係でみると、さとうきび供給速度を低速にし、脱葉ロール周速度を高めて脱葉率の向上を図ろうとすると、損失率は逆に増大することになり、本脱葉方式の宿命ともいえる結果が生じてくることになる。

次に、図7は各送りロール周速度の場合における脱葉ロール周速度と正味脱葉所要動力（以下、所要動力という）との関係を示したものである。

各送りロール周速度の場合ともに、脱葉ロール周速度に比例して所要動力は増大する傾向を示し、脱葉ロール周速度1.41m/s（100rpm）の上

図7 脱穀ロール周速度と
正味脱穀所要動力の関係

図8 送込み、引出しロール周速度と
脱穀作業能率の関係

昇に対し、0.07～0.11kWの増大を示した。また、各脱穀ロール周速度においては送りロール周速度が低下すると所要動力はやや増大する傾向を示し、送りロール周速度0.08m/s（10rpm）の低下に対し、0.01～0.04kWの増大を示した。このように、所要動力は脱穀ロール周速度の上昇と送りロール周速度の低下によって増大する傾向を示したが、このことは脱穀部材の衝撃力の増大と脱穀ピッチが小さくなることにより、さとうきび茎葉間に脱穀部材が食い込み易くなるため、負荷が増大したものと考えられる。

図8は各脱穀ロール周速度の場合における送りロール周速度と脱穀作業能率との関係を示したものである。

脱穀作業能率は各脱穀ロール周速度において、いずれの場合も送りロール周速度に比例して直線的に増大する傾向を示し、また各送りロール周速度においても脱穀ロール周速度に比例してわずかに増大する傾向を示した。脱穀作業能率と送りロールおよび脱穀ロール回転数との間には本実験の範囲内で次に示す近似式が成立する。

$$Y = 10.74X^{0.98 + (0.24 \times 10^{-4})n}$$

ここで、Y：毎時1人当たり脱穀作業能率
(kg/man-h)

X：送りロール回転数 (rpm)

n：脱穀ロール回転数 (rpm) である。

即ち、脱穀作業能率Yは供給材料（さとうきび）

の供給密度にも関係してくるが、主に送りロール回転数Xに比例して増大し、また脱穀ロール回転数nが増加すると、脱穀部材によってさとうきびを脱穀部内へ引き込む作用が働き、そのため脱穀作業能率Yもnに比例してわずかに増大することがわかる。前述の近似式は $Y = AX^{a+bn}$ の形で与えられ、Aは材料の供給密度に影響される係数であり、またaは送りロールのスリップに関係し、bは脱穀ロールの材料引き込み作用に関係する係数である。

以上、リンクチェーンを脱穀部材として使用した脱穀方式について検討してきたが、人力による脱穀作業（脱穀率99.2%，作業能率117.5kg/man-h²⁾）を考慮して、脱穀率98.0%程度、さとうきび損失率1.0%以下の脱穀精度を得るためには送りロールおよび脱穀ロールの適正周速度はそれぞれ0.55～0.63m/sと9.90m/s前後が適当であると考えられる。また、その時の脱穀作業能率は740～853kg/man-hであり、人力脱穀作業と比較して、約6～7倍の能率を示した。更に、脱穀部材によるさとうきび表皮への損傷についても観察したが、本実験の範囲内においては殆ど認められず、また上下脱穀ロールへの蔗葉の纏絡は若干みられたものの、脱穀精度に悪影響を及ぼす程ではなかった。なお、脱穀作業実験結果については表2に示しておく。

表2 リンクチェーン脱葉方式による脱葉作業特性

実験番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
上下脱葉														
ロール回転数 (rpm)	600			700				800				900		
周速度 (m/s)	8.48			9.90				11.31				12.72		
送込みおよび引出し														
ロール回転数 (rpm)	70	80	90	70	80	90	100	70	80	90	100	90	100	100
周速度 (m/s)	0.55	0.63	0.71	0.55	0.63	0.71	0.79	0.55	0.63	0.71	0.79	0.71	0.79	0.86
機械脱葉前さとうきび														
茎葉重量 (kg)	66.17	74.26	89.45	66.07	74.19	77.75	75.62	71.76	77.25	74.74	98.22	76.45	83.07	77.25
機械脱葉後さとうきび														
茎葉重量 (kg)	54.60	63.72	82.41	54.55	63.70	71.67	70.58	60.70	66.64	67.92	89.70	64.75	72.02	67.97
(含損失さとうきび茎葉)														
機械脱葉重量 (kg)	11.57	10.54	7.04	11.52	10.49	6.08	5.04	11.06	10.64	6.82	8.52	11.75	11.05	9.28
未脱葉重量 (kg)	0.18	0.26	0.41	0.13	0.17	0.13	0.18	0.10	0.11	0.10	0.14	0.06	0.09	0.11
損失さとうきび茎重量 (kg)	0.35	0.14	0.16	0.51	0.32	0.19	0.18	2.24	2.06	1.96	1.16	3.68	3.59	3.53
葉重量 (kg)	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.06	0.05	0.03	0.02	0.06	0.05	0.05
精茎重量 (kg)	54.06	63.32	81.84	53.90	63.21	71.35	70.22	58.30	64.39	65.83	88.38	60.95	68.29	64.28
脱葉作業時間 (min)	2.20	2.24	2.61	2.19	2.23	2.25	1.97	2.36	2.23	2.06	2.47	1.87	1.90	1.65
脱葉率 (%)	98.38	97.59	94.50	98.50	98.41	97.91	96.55	98.57	98.52	98.13	98.16	98.98	98.75	98.31
未脱葉重量歩合 (%)	0.33	0.41	0.50	0.23	0.27	0.18	0.26	0.16	0.17	0.15	0.16	0.09	0.12	0.16
さとうきび損失率 (%)	0.64	0.22	0.20	0.94	0.50	0.27	0.26	3.70	3.10	2.89	1.30	5.69	4.99	5.21
正味脱葉所要動力 (kW)	0.66	0.64	0.62	0.76	0.72	0.70	0.70	0.84	0.81	0.81	0.79	0.88	0.87	0.85
脱葉作業能率 (kg/h)	1479.27	1703.04	1890.80	1480.27	1705.29	1906.13	2144.16	1484.75	1735.43	1920.29	2150.28	1957.54	2159.37	2341.45
(kg/man-h)	739.64	851.52	945.40	740.14	852.64	953.07	1072.08	742.37	867.71	960.15	1075.14	978.77	1079.68	1170.73

2) 脱葉部材の耐久性

図9はAおよびB列のリンクチェーンについて、それぞれチェーン打撃部、リンク間連結部および脱葉ロール取付け部の3個所の最大摩耗率の経時変化を示したものである。

まず、AおよびB列のリンクチェーンともに、3摩耗個所の摩耗率の経時変化についてはそれぞれ同様な傾向を示し、これらの摩耗個所の中で最も摩耗率の高い個所はリンクチェーンが被衝撃物を打撃するチェーン先端部であり、次に脱葉ロール取付け部、リンク間連結部の順となった。また、3摩耗個所ともに、経過時間が約40時間迄は摩耗率の上昇割合が高く、その後、100時間迄の摩耗率はわずかに上昇するが、殆どその変化はみられなかった。例えば、チェーン打撃部の摩耗率についてみると、B列の場合で10時間経過後、5.0%（原線径3.00mmに対して0.15mm摩耗）であり、40時間経過後で18.3%、更に100時間経過後で19.7%の値を示した。また、脱葉ロール取付け部においてはAおよびB列ともに、各経過時間においてチェーン打撃部の約1/2程度の摩耗率を示し、100時間経過後で9.7%の値を示した。リン

ク間連結部の摩耗についても同様に、チェーン打撃部の約1/3程度の摩耗率を示し、100時間経過後で7.0%の値を示した。

このように、今回供試したリンクチェーンの摩耗は初期の段階で、摩耗率の上昇割合は高いが、その後の摩耗率についてはわずかな上昇のみみられるものの、その変化はあまり認められなかった。これはリンクチェーンの場合、金属表面をミクロ的にみると、面あらしがかなりあるものと考えられ、初期の段階においては、ざらつき摩耗的な現象があらわれ、これが初期摩耗の増大につながったものと考えられる。今回は塩ビパイプを打撃した耐久性実験であり、実際の脱葉作業の場合に比べると、かなり過酷な条件下であるといえる。そこで、単純に比較することは出来ないが、リンクチェーンの最大摩耗率からみるとチェーン打撃部で100時間経過後において約20%以下の摩耗率を示しており、実際のさとうきび脱葉作業で本脱葉装置を用いた場合、100時間経過時でさとうきび処理量は約160tonに相当し、脱葉部材としての耐久性はかなりあるものと考えられる。しかしながら、リンクチェーンの欠損状態をみると、45時

図9 リンクチェーンの摩耗率の経時変化

間経過後においてA列の1本、更に60時間経過後においてB列の1本がそれぞれリンク継ぎ目の溶接部から離れたものがあり、今後、溶接技術の問題として改善を要する課題であると考えられる。

4 摘 要

さとうきび脱葉機設計に際しての一つの基礎的資料を得るために、脱葉部材としてリンクチェーンを使用した脱葉方式による脱葉作業特性および耐久性について検討した。その結果は次のとおりである。

1) 脱葉率は約950kg/man-h以上のさとうきびを脱葉部内へ供給すると、脱葉ロール周速度8.48m/s時において急激に低下した。

2) 未脱葉重量歩合は主に脱葉ロール周速度を高めることによって低下し、特に脱葉ロール周速度の高い9.90～12.72m/sの範囲においては送りロール周速度による影響はあまり認められなかった。

3) さとうきび損失率は脱葉ロール周速度が高くなると上昇し、特に9.90m/s以上になると急激に上昇し、最大5.7%の値を示した。

4) 脱葉所要動力は脱葉ロール周速度1.41m/sの上昇に対し、0.07～0.11kW、また送りロール周速度0.08m/sの低下に対し、0.01～0.04kWの増大をそれぞれ示した。

5) 脱葉作業能率は主に送りロール周速度に比例して増大し、本実験の範囲内において、

$$Y = 10.74X^{0.98 + (0.24 \times 10^{-4})n}$$

の近似式が成立した。ここで、Y：脱葉作業能率(kg/man-h)、X：送りロール回転数(rpm)、n：脱葉ロール回転数(rpm)である。

6) 脱葉率98.0%、さとうきび損失率1.0%以下の脱葉精度を得るためには送りロールおよび脱葉ロールの適正周速度はそれぞれ0.55～0.63m/sと9.90m/sであり、この時の脱葉作業能率は約740～850kg/man-hで、人力脱葉に比べて約6～7倍の値を示した。

7) リンクチェーンの耐久性は100時間経過後において、チェーン打撃部の最大摩耗率は19.7%であり、脱葉部材としてはかなり耐久性があると考えられるが、リンク継ぎ目の溶接技術の向上が今後の検討課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 鹿児島県農業試験場徳之島支場(1991)：さとうきび低コスト・高品質・超多収技術確立試験，⑤浸炭ロールの利用法と耐久性について、さとうきび関係試験成績概要書：97，甘味資源振興会
- 2) 宮部芳照・阿部正俊・小島 新(1978)：さとうきび収穫調製作業の労働強度および作業能率について，農作業研究33：45—47

SUMMARY

In order to obtain an basic data for the design of a leaf-stripping machine for sugar cane, the operational characteristics of a link chain type leaf-stripping roll and its durability were analyzed. The results obtained are summarized as follows.

- 1) In case of the feeding quantities beyond about 950kg/man-h, detrash rate decreased remarkably at the stripping roll-speed of 8.48m/s.
- 2) Trash rate decreased mainly in proportion to the stripping roll-speed, and it could be considered that there is no effect of the feeding roll-speed under the stripping roll-speed of 9.90～12.72m/s.
- 3) Cane loss increased in proportion to the stripping roll-speed. The maximum of cane loss was 5.7% under the stripping roll-speed of above

9.90m/s.

4) The increase of stripping power was 0.07~0.11kW in proportion to the rising of the stripping roll-speed of 1.41m/s and 0.01~0.04kW in proportion to the dropping of the feeding roll-speed of 0.08m/s, respectively.

5) Working efficiency made an approximation with a following equation within the limits of this experiment.

$$Y = 10.74 X^{0.98 + (0.24 \times 10^{-4}) n}$$

, where Y : working efficiency (kg/man-h),

X : feeding roll-speed (rpm),

n : stripping roll-speed (rpm).

6) The higher stripping-performance (detrash rate : 98.0%, cane loss : under 1.0%, working efficiency : about 740~850kg/man-h) was obtained under the feeding roll-speed of 0.55~0.63m/s, the stripping roll-speed of 9.90m/s. This working efficiency was about 6~7 times higher as compared with manual operation.

7) Concerning the durability of the material of the link chain, maximum wearing rate was 19.7% at the hitted end of the chain, after the lapse of 100hours. This material exhibited higher wear resistance, but the improvement of the welding methods of the link joint is the subject for a future study.