

加工用無支柱トマト栽培の省力化に関する研究 (第2報)

——試作した果実搬送機および収穫機について——

有馬 博・土屋敏夫・深谷 潔*・中村怜之輔**

信州大学農学部 農場研究室

目 次

I 緒 言	75
II 加工トマト果実搬送機について	76
1 果実搬送機の試作目的	76
2 慣行法による選択収穫作業の能率	77
3 果実搬送機の構造	80
4 果実搬送機の運転方法と機能	80
5 果実搬送機のほ場実験	81
6 考 察	82
III 加工トマト収穫機について	82
1 収穫機の試作目的	82
2 収穫機設計上の留意点	83
3 収穫機の構造と機能の概要	90
4 収穫機のほ場実験	97
5 考 察	109
IV 摘 要	110
V 附 記	111
VI 参考資料	111

I 緒 言

加工用無支柱トマト（以下加工トマトと言う）の栽培は1963年から一般に普及した。信州大学農学部附属農場はその当初から30 a～1.5haの栽培を続けながらH1370種の導入、無仮植育苗方法の研究、乗用型ホイールトラクタによる作業体系の組立など省力栽培のための研究を総合的にすすめてきた。その結果、一応の省力化に成功¹⁾したが収穫作業は依然として手作業によらざるをえない状況であった。トマトは本来、環境条件が良ければ容易に不定根を発生して生長を続ける植物である。現在、加工用に栽培されている品種の多くは芯止まり性の高いものであって支柱栽培される生食用トマトとは性状が異なるが収穫終期になっても栄

昭和48年10月30日受付

* 昭和47年度農場研究室研究生

** 現在；岡山大学農学部

養生と生殖生長が併行して行なわれている。そのため収穫期間は7月下旬頃から9月下旬まで約2ヶ月間にわたり、かつ、この間つねに熟果と未熟果が混在する。したがって面積あたりの収量を多くするためには熟果から漸次手作業で収穫する“選択収穫”を7～14日おきにくり返す必要がある。この方法による10aあたりの収穫所要労働は収量、収穫回数、品種、栽培方法によって著しく異なるが、各地方の資料から抜粋すれば、長野県(1964)56～330時間、平均166.75時間²⁾、東北地方(1966～1967)10.7人～20.1人、愛知県(1967)74～93時間、平均82.3時間³⁾であり、一般に、全栽培労働の30～60%に達している。

ここ数年来、このような収穫労力の調達がしだいに困難になり収穫作業の方法とこれに関連する品種改良、栽培法の研究がさかんになった。すなわち品種については芯止まり性が高くおいし性で熟期が斉一であり、かつ、ほ場における裂果、腐敗損失が少ない小型果のものが育成され普及されるようになり、栽培的には茎葉の過繁茂を避け未熟果の混在率を低下させるとともに収穫作業を行ないやすくする方法がとられるようになった。

これに併行して、ある一時期に茎から熟果、未熟果を全部振り落としこの中から出荷可能な果実だけをとり出す“一挙収穫”(once-over harvest)⁵⁾が一部で実施され始めた。早生ダルマ、くりこま、チコー、チコーNo.3、KG127などの品種ではこの収穫法が可能であるが早期に熟した果実は一挙収穫適期までに過熟腐敗し“ほ場内損失”になるため一挙収穫だけでは面積あたりの収量は慣行法よりも低下する。一挙収穫用品種として現在期待されているKG127種でも選択収穫を全面的に廃止するにはなお検討を要するものと思われる。

以上のような経過のなかで著者らは1968年に、当時の主要品種H1370、くりこま、チコー等を対象に手作業による選択収穫を行なうことを前提にして果実搬送機(試作名称SK-38型)を試作し実験した。

さらに1973年はおいし性小型果の品種を主な対象にして一挙収穫用のトマト収穫機(試作名称SU-73型)を試作、実験して二・三の知見を得た。

以下、本稿では以上の2機種のご構造と機能およびほ場実験について報告する。

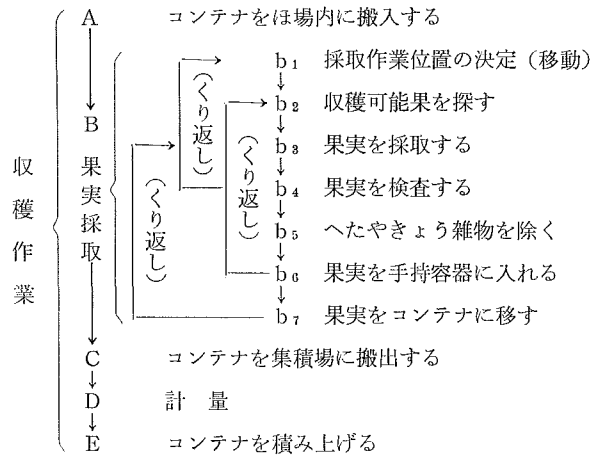
Ⅱ 加工トマト果実搬送機について

1 果実搬送機の試作目的

果実搬送機は加工トマト果実の手作業による選択収穫に使用する目的で試作した実験機である。

一般に、慣行法による果実収穫作業は図—1のような単位作業と微細動作⁴⁾によって行なわれる。

果実採取動作は $b_1 \sim b_7$ であるが b_2 、 b_4 、 b_5 では熟度、腐敗の有無、裂傷の程度、へたの有無、きょう雑物附着などを短時間に判定することが要求される。さらに $b_1 \sim b_3$ および b_7 では未熟果や茎葉を損傷しないよう動作しなければならない。これらの動作を実用化可能な機械におきかえることは極めて困難であろう。しかしA～Eまでの、単位作業の集まりとしての収穫工程においてA、C、DおよびEに費される時間は意外に多い。試作した果実搬送機はA～Eを人—機械系として相互に関連づけ単純化、能率化するとともに運搬等の労働強度を軽減しようとしたものである。



図—1 加工トマト果実の選択収穫作業動作

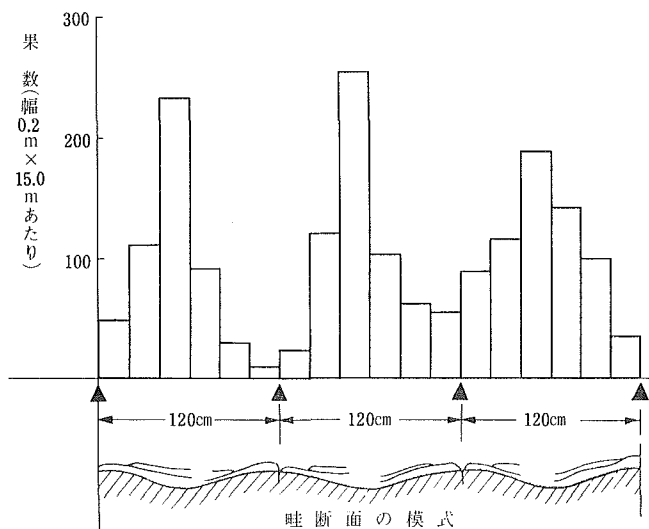
2 慣行法による選択収穫作業の能率

果実搬送機の実験にさきだって慣行法による選択収穫作業能率を調査した。作業者は毎年トマト収穫に従事している婦人4名と農場職員でいずれも収穫作業の熟練者であった。

(1) 調査ほ場およびトマトの状況

調査は農場内のほ場で1963年9月下旬～10月中旬に行なった。供試品種はH1370で、これを畦幅120cm、畦高18～23cmの高畦へ株間45cmにマルチ材を用いずに栽培した。調査時（10月9日）にはすでに3回の選択収穫が済まされていた。ほ場内75m²から求めた1m²平均の総果数は30.4果で、うち23.8果（78.3%）が出荷可能果であった。出荷用コンテナ（20kg入）1箱あたり果数は210.9果で平均果重は94.8gであった。

生育初期の果実は株元近くに着生するが生育がすすみ茎が伸長するにつれて果実の着生範



図—2 加工トマトの果実分布（H1370, 1968, 10.9） ▲；栽植位置

囲は拡大する。いっぽう、初期の着果は早期に熟して選択収穫されるためH1370のような草姿の大きい品種は収穫後期になると多くの果実が畦間に分布するようになる。

図-2は調査時の果実分布を畦の中心からの距離別に示したものである。

この時期には下部葉は枯死していて生葉の地表被覆率は約35%であった。したがって多数の果実が茎葉外に露出していて採取動作は行ないやすい状態であった。

(2) 選択収穫の作業能率

表-1にH1370果の採取速度を示した。表中の数字は図-1の果実採取動作 $b_1 \sim b_6$ によって採取した果実の数である。動作 b_7 は含んでいない。

表-1 加工トマト果実の採取速度 (H1370, 1968.10.9)

調査 作業者	作業速度と2分間の果実採取数					
	普通		急		可能なかぎり急ぎ	
	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回
婦人 A	57	54	83	80	94	97
〃 B	48	67	79	72	84	89
〃 C	56	59	78	86	92	96
〃 D	45	46	72	69	94	88
合計	206	226	312	307	364	370
1名1分間 平均果数	25.8	28.3	39.0	38.4	45.5	46.3
作業精度	良	良	良	良	不良	不良
備考	長時間作業を続けられる		作業継続不可		2分ごとに休憩が必要	

作業者（いずれも婦人）4名の平均採取果数/分/人は普通の作業速度で25~28果、急いだ場合38~39果、最も急いだ場合でも45~46果であった。この調査の結果、作業を長時間継続して行なうときの採取果数は25果/分/人以内であり、動作 b_7 を含めるとさらに減少するものと考えられた。また、作業速度をわずかでも早めようとする疲労が急増するであろうと推察された。

以上は採取動作 $b_1 \sim b_6$ に関する短時間の調査であるが収穫作業工程にはこのほかAおよびC~Eも含まれる。表-2、表-3は業務として長時間作業を継続したときの作業能率である。

表-2 加工用トマト採取所要時間 (H1370, 1968.10)

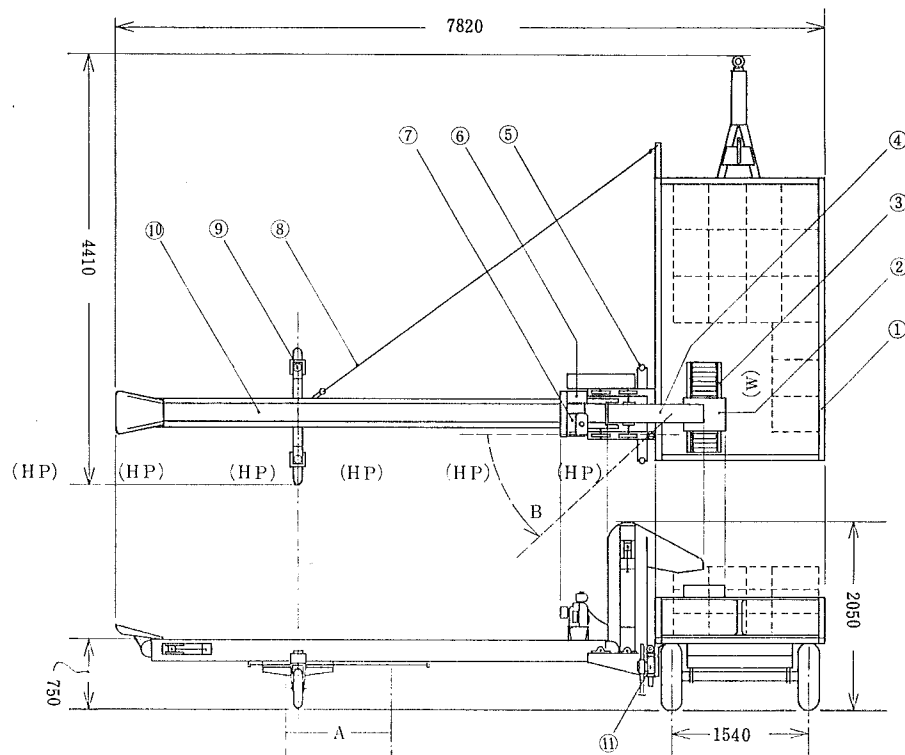
月 日	作業者		延作業時間 (時間)	採取量 (20kg入箱)	1名1時間 平均採取量 (20kg入箱)	1箱あたり 採取所要時間 (分)
	性別	人数				
10 2	女	4	25.0	124	4.96	12.1
3	女	3	16.7	78	4.70	12.8
7	女	5	27.0	117	4.34	13.8
合計	—	—	68.7	319	14.00	38.7
平均	—	—	—	—	4.67	12.9 ^(a)

表—3 加工トマト収穫作業——空箱運搬，計量などに要する時間

(H1370, 1968.9~10)

月 日	取扱箱数	空 箱 搬 入		果実収容後の箱搬出		計 量, 集 積	
		延所要時 間 (分)	1箱あたり 所要時間 (分)	延所要時 間 (分)	1箱あたり 所要時間 (分)	延所要時 間 (分)	1箱あたり 所要時間 (分)
9.19~20	228	125	0.55	316	1.39	345	1.51
10.17~18	223	140	0.63	334	1.50	375	1.68
合 計	451	265	1.18	650	2.89	720	3.19
平 均	—	—	0.59 ^(b)	—	1.44 ^(c)	—	1.60 ^(d)

1箱あたり収穫所要時間=(a)+(b)+(c)+(d)=16.5分



- | | |
|----------------|-------------------------|
| ① トレーラ | ⑨ カスタ車輪 |
| ② コンテナ | ⑩ ベルトコンベア |
| ③ ローラーコンベア付秤量器 | ⑪ 連結ピン |
| ④ バケットエレベータ | A カスタ車輪位置調節範囲 |
| ⑤ スタンド | B ベルトコンベア折り曲げ方向（最大100°） |
| ⑥ ウォームギヤ減速機 | (HP) 果実採取者作業位置 |
| ⑦ エンジン | (W) 秤量箱詰者作業位置 |
| ⑧ ワイヤ | |

図—3 果実搬送機（SK—38型）

単位mm

果実20kg (コンテナ1箱分) の採取には平均12.9分を要し、これ以外に空箱運搬、果実収容後の搬出、計量、集積に1箱あたり3.6分を要した。コンテナ集積場所はトマトほ場に隣接する平地にあって調査ほ場の中心からの走行距離は76mであった。なお、運搬にはハンドトラクタでけん引するトレーラを使用した。

以上の調査における果実20kgあたりの収穫所要時間は16.5分であった。ただしこのうちの採取時間12.9分にはバケツ(7kg入)に収容した果実を通路にあるコンテナまで平均距離4.3mを歩行して運搬する時間も含まれているので、採取動作 $b_1 \sim b_6$ に要した時間は11分内外であったと考えられる。したがって1箱あたりの収穫時間16.5分の約35~40%が採取動作以外の関連作業に消費されたことになる。

3 果実搬送機の構造

図-3に果実搬送機の構造を、また表-4にその諸元を示す。

表-4 果実搬送機 (SK-38型) 諸元表

(昭和43年5月現在)

適用 トラクタ	型 式 馬 力 (ps)	4 輪乗用型 20~50	バケツ エレベ ータ	型 式 バケツの平面 寸法 (mm)	バケツ垂直昇降 式 165×135
適用 トレーラ	型 式 ボディ平面寸法 (mm)	2 輪高床式 約3000×1800		バケツの数	18
	最大積載量 (kg)	2000		バケツの速度 (mm/sec)	500
				果実揚程 (mm)	800
機体寸法 (トレー ラとも)	全 長 (mm)	4410	秤 量 器	型 式	無錘秤, ローラー コンベア付
	全 幅 (〃)	7820		最大秤量 (kg)	100
	全 高 (〃)	2050			
エンジン	名 称	G E 13 S K	作業方法 その他	収穫方法の種類	手採取, 選択収穫
	型 式	空冷4サイクル		作業名別	トラクタ運転1名
	連続定格出力 (ps/rpm)	2.2/1700		作業名別	秤量, 箱詰 1名
	使用燃料	ガソリン		作業名別	手採取 6名
ベルト コンベア	材 料	2 P R 5 mm厚ゴム		作業幅 (m)	7.2
	長 さ (mm)	5310		前進速度 (cm/min)	約 140
	幅 度 (〃)	310			
	速 度 (mm/sec)	416		作業能率	採取果数 約140果/min 採取果重 約13kg/min

4 果実搬送機の運転方法と機能

果実搬送機は20馬力以上のトラクタでけん引し、ほ場内に14~16mおきに設けられた通路または通行を予定して広幅に設けられた畦間を走行する。ベルトコンベアはトレーラへ、トレーラの進行方向と直角に装着され専用の小型原動機によって駆動される。ベルトコンベアはカスタ車輪で支持されているが走行をスムーズにするため、先端部にとりつけたワイヤロープをトレーラ前部につなぎけん引を補助している。

作業者はトラクタ運転手1名、検査、秤量、箱整理に1名と果実採取者数名を要する。果実採取者はベルトコンベアの後方に適当な間隔に並んで果実を採取し、これをいったん手持の小型容器に入れ、ある程度たまったらベルトコンベアにあけながらコンベアとともに歩行前進する。秤量者はトレーラ上にいてベルトコンベア、バケットコンベアを経由してくる果実を秤量器上のコンテナに受け、検査しながら秤量してトレーラ上に積みあげる。秤量器にはローラーコンベアが取り付けられ、コンテナの移動、交換が容易に行なえるようにしてある。トラクタ運転者は採取者の作業状況にあわせて機体を前進させる。

ベルトコンベアとバケットコンベアからなる搬送部はトレーラとの接続部にある1本の連結ピンによって切りはなすことができるので、トレーラ上に果実入りコンテナがたまれば搬送部を切りはなし、トレーラだけをけん引して集積場に向う。復路は空箱を持ち帰り再び搬送部を接続して採取作業を続ける。

搬送部は上記のピンを中心にして後方へ水平に100度回転させることができる。旋回あるいは道路走行時にはこれを操作し全幅を縮小する。

5 果実搬送機のは場実験

加工トマトの収穫能率は品種、収穫時期、間隔、栽培法、茎葉の繁茂度、単位面積あたりの収穫可能果数、作業者の熟練度と作業方法その他によって著しく異なる。したがって単位面積あたりの所要時間だけで作業能率を示すことは不適当な場合がある。そこで果実搬送機のは場実験は先述の2、(1)の調査は場で行ない結果は2、(2)の慣行法の作業能率と比較した。

はじめにも述べたとおり、この搬送機は手作業による選択採取を前提にしたものであるから収穫作業能率には採取速度がもっとも影響する。そこで、採取者の作業動線をできるだけ短くするとともに各採取者の作業量を同一にして全員が同じ速度で搬送機に伴って前進できるようにする必要がある。採取者が1ヶ所に立ち、位置を移動せずに果実を採取しうる範囲は右足附近を中心とする半径約50cmの円の前半分約0.4m²であり作業幅は約1mである。そこで、ベルトコンベア1mにつき1名の採取者を配置すれば作業動線は直線になり作業者相互の接触もなく能率的に作業できると考えられた。

搬送機の駆動には採取者のほかに採取者の人数にかかわらずトラクタ運転手1名と秤量者1名を要するので、この2名を含めた作業能率は採取者数をNとおけば $N/(N+2)$ の割

表—5 加工トマト果実搬送機運転結果

(収穫量200kg/回) (H1370, 1968.10)

実 験	所要時間 (分)	走行距離 (m)	収穫果数 (果)	採取者1名の 採取果数 (果/分)	作業者8名の 延作業 時間(分)	1箱あたり 延作業時間 (分)
第1回	15.7	25.9	2189	23.2	125.7	12.6
第2回	15.5	23.0	2067	22.2	123.9	12.4
第3回	14.9	16.8	2138	23.9	119.3	11.9
合 計	46.1	65.7	6394	69.3	368.9	36.9
平 均	15.4	21.9	2131.3	23.1	123.0	12.3

合で変化し、採取者が多いほど向上するはずである。しかし、実験ほ場は畦幅が1.2mであり、図-2に示したとおり果実が畦間に偏在していたことも考慮し、各作業者の作業量を同一にすると同時に作業分担区域を明らかにするため1畦に1名ずつ、計6名を配置した。作業者は2、(2)項の調査に従事した婦人と農場の男子職員である。

表-5は運転結果である。

作業員8名による200kgの収穫所要時間は15.4分で、この間の搬送機の走行距離は21.9m、採取幅は7.2m、採取面積は157.7m²であった。採取者6名の平均採取果数は23.1果/分/人でほぼ通常の作業速度であった。果実20kgあたりの作業時間はトラクタ運転者、秤量者を含めて12.3分であった。

6 考 察

慣行法による20kgあたりの収穫所要時間は16.5分であり、搬送機を使用した場合は12.3分であった。ただし、後者には集積地への往復時間が含まれていない。搬送機のトレーラ上には秤量の作業スペース以外に果実入りコンテナを50箱積載することができた。果実200kgを15分間で採取すればトレーラは1時間15分ごとに搬送部を外して集積場所へ往復しなければならない。その他の雑時間を考慮すれば搬送機を使用した場合でも収穫作業は当初の予想ほど能率化されなかった。ただし、慣行法に比べて作業者の労働強度は低下すると考えられた。すなわち、採取者は果実を通路まで搬出する必要がなくなり、秤量やコンテナの運搬過程では持ち上げ、移動回数が約1/2に減少することによって疲労が軽減されるものと推察された。

加工トマトの栽培工程のうち収穫工程以外は不完全ながら省力化をすすめることができた。しかるに、選択収穫を続けるかぎり、この工程の省力化は試作した搬送機を使用した場合が限界であろうと考えられ、一貫した省力栽培体系を組み立てるためには収穫法そのものを改めうる品種の育成を待つ以外はないことが痛感された。

このことは加工トマトのほか多くの果菜類、葉菜類についても同様であって、選択収穫せざるをえないような個体のバラツキと人力によるほかないような精度の格付要求があるかぎり機械力使用には限界があって、大幅な省力化は困難であろうと推察された。

Ⅲ 加工トマト収穫機（試作実験機）について

1 収穫機の試作目的

1967年以後H1370に代って、より一挙収穫適性が高い早生ダルマ、くりこま、チコー、チコーNo. 3などの栽培が増加した。著者らはこれらの品種を用いて収穫間隔の延長、施肥量ことに窒素施用量の検討、手作業による振り落とし一挙収穫、傾斜板上への振り落としによるきょう雑物分離等を試みてきたが、いずれも慣行法による作業能率を大幅に向上することはできなかった。

一般に、一挙収穫を行なう場合には、ほ場における果実の裂傷、腐敗による損失を少なくするために草姿がわい性で果実は小さく熟期がより斉一な品種が栽培される。その結果、採取動作のくり返し回数が増加することと収穫適期の労働ピークがより顕著になる欠点がある。例えば、1973年から普及しはじめて一挙収穫用として期待されているKG127の平均果重を

36 g とすれば出荷果 1 t あたりの果数は 27778 果である。実際には、採取しても何らかの傷害により廃棄される果実が含まれるので実際の取扱果実数はさらに多い。1973年の収穫末期（9月24日）に熟練者 2 名によって行なった実験では、平均果重 36.03 g の出荷果を 1 名毎分 36.0 果採取できた。小型果のために 1 動作で 2 個を採取することが可能でありへたの除去、熟度判別も容易な品種であるため H1370 より採取果数は多かったが 20 kg あたりの採取時間は 15.4 分で H1370 より 2 分以上多く要した。このように熟練者が作業にあたっても果実採取動作だけで出荷果 1 t あたり 771 分を要し、10 a の出荷量を 6 t とすれば延約 77 時間が採取だけに費されることになる。

本報で述べる収穫機はこのような採取動作そのものを機械化し収穫作業工程を能率化すると同時に作業強度を軽減することを目的にして著者らが設計・製作した実験機である。

試作の背後には多湿な我国においても機械による一挙収穫が可能であろうと推定される品種の育成、普及がすすめられつつあること、収穫労力の調達がきわめて困難になったことおよび需要の伸びに栽培がともなわず原料が不足している実状がある。

2 収穫機設計上の留意点

加工トマトの機械収穫に最も早く着手したのはアメリカ合衆国である。すでに 1942 年にはカリフォルニア大学において機械収穫用トマトの育成が始められ、1959 年には試作収穫機がミシガン大学の園芸農場で 10 品種を供試して試運転された。⁵⁾ そして 1960 年代の後半には実用機が普及し、⁶⁾ 手収穫から機械による一挙収穫に移行した。

いっぽう、加工トマト栽培がさかんなイタリアでも 1960 年代の始めごろから機械収穫の研究が開始され手作業用の収穫用具の実験を経て 1969 年にピサ大学の農業機械研究所が試作機を完成した。⁷⁾ 現在は実用機が市販されているといわれる。

これらの国々の実用機、例えば UC-BLACKWELDER, f m c, Ditta TANZI ARMA ND などはいずれも茎または根の切断→茎葉および果実のピックアップ→振動による果実分離→人力による選別→果実収容の過程を経て一挙収穫を行なう収穫作業専用機であるが各機とも機体が大きく、塔乗する選別者 (sorter) だけでも 10 名以上を要する規模のものである。

著者らは試作収穫機の設計にあたって我国の多湿な気象条件、栽培様式、栽培規模等に適合していて可能なかぎり手作業を機械作業に置きかえうるものであり、かつ早急に実用化できる実験機の製作を目標にした。具体的に設計上の留意点をあげれば以下のとおりである。

(1) 果実を茎葉ごと機体上にピックアップし、一挙収穫を行なう専用機であること。

トマト本来の性状からみれば、熟果を適期に選択収穫することが望ましいがこれを実用的に機械化することは困難であろうと思われる。近年、一挙収穫が可能な品種の栽培が増加しているがそれぞれ一長一短があるのでなお今後の育種に期待しながら試作機は一挙収穫用として製作する。

トマトの茎葉は、ときに 1.5m^2 以上に展開することがある。また、機械には、刈取または掘取、ピックアップ、リフトアップ、果実の振り落とし、果実収容その他の作業要素に対応する機械部分を組みこむ必要があるため機構が複雑になり、機体寸法、全備重量には小型化の限界があると思われるので最初から自走式の収穫専用機として設計し、共同利用またはこれに準じた利用がなされることを予想する。これについては水稲収穫用の各種機械の発達と

普及の過程と利用実態を参考にする。⁸⁾

(2) 回転半径の小さい全面1畦処理型にし小型ほ場でも駆動可能にする。

前項Ⅱの果実搬送機の運転経験から収穫機は往復作業が可能であり、かつ、枕地が少なくてすみ、小型不整型のは場でも駆動を可能にする必要があることを痛感したので、ことにこの項には留意した。1回の処理幅はトラクタの輪距に適合させるため1.2~1.4mとし、茎葉などは機体後面の処理済部分に排出する。

(3) わい性小型果品種を作業対象にする。

早生ダルマ、チョコNo. 3, KG127 などわい性または栽培的にわい性型に生育させやすい品種で一挙収穫適性にとみ、小型果で物理的損傷を受けにくい品種をとりあえず作業対象にする。

(4) 作業能力は作業者3名で10aあたり2時間を目標にする。

収穫初期に手収穫を1回行なったほ場の一挙収穫時の果実総量を6t/10aと仮定し、これを現在、一般に使用されている20kg入コンテナに収容すれば300箱に相当する。したがって作業速度を2時間/10aとすると毎分の果実処理量は50kgであってコンテナ2.5箱分である。これを果実数でみれば、平均果重が40gの場合は毎分1250果、60gなら830果あまりである。加工用トマトの一挙収穫適期はおおよそ7~10日間(現在の品種を用い、一地域内で一品種を同一の栽培法で栽培した場合)と推測されるので作業能力は高いほど望ましいが上記の果実量を処理する機体の規模、作業者の作業強度、必要なコンテナ数、収容された果実の選果能力等を考慮すれば理論能率として10aあたり2時間を当面の目標にするのが妥当であろうと考えられる。1畦処理の場合、畦幅を1.3mとし、機体の走行速度を10.7cm/secにとれば10aあたり2時間で処理可能である。株間を30cmとすれば、1株の処理時間は平均2.8secである。

作業者数を3名としたのはこの程度の人数なら栽培者が容易に調達できると考えたからである。作業分担はオペレータ1名、コンテナ扱いなど果実収容に2名である。なお、必要により伴走するトレーラへも果実収容を可能にするため横送りコンベアも装着できるようにする。この場合は少人数でも選別者がコンベアにつけるようにすることを考慮する。

(5) 収容果の熟度選別は別に機体外で行なう。

先にKG127のトンあたり果数を約27800果と仮定した。この品種について試算すれば一挙収穫時における未熟果その他の出荷不可能果の混在果数率を20%としても約7000果を除外する必要がある。一挙収穫による10aあたりの出荷可能果の収量を5tとすると35,000果を廃棄しなければならない。すなわち、収穫機を2時間/10aで駆動させた場合には毎分290果あまりを除外しなければならない。しかるに加工用トマト果は一搬に果重、外形寸法、果梗部の引張強さや曲げモーメント、振動方法等によって熟度選別することが困難である⁹⁾¹⁰⁾ため手作業またはその他のメカニズムによってこれを行なわざるをえない。機体上で選別を行なうとすれば、さしあたって手作業によるほかないであろうが人力による選別能力はへたの除去も含めて平均40果/minとみられる¹⁰⁾ので予想する収穫機には7~8名の選別者が塔乗しなければ完全な選別はなしえない。

現在のところ、熟度選別は加工工場への搬入以前に済まされるべきものとされているが、これについては今後検討の余地があると考えられるし、熟度の斉一性の高い品種の育成や光

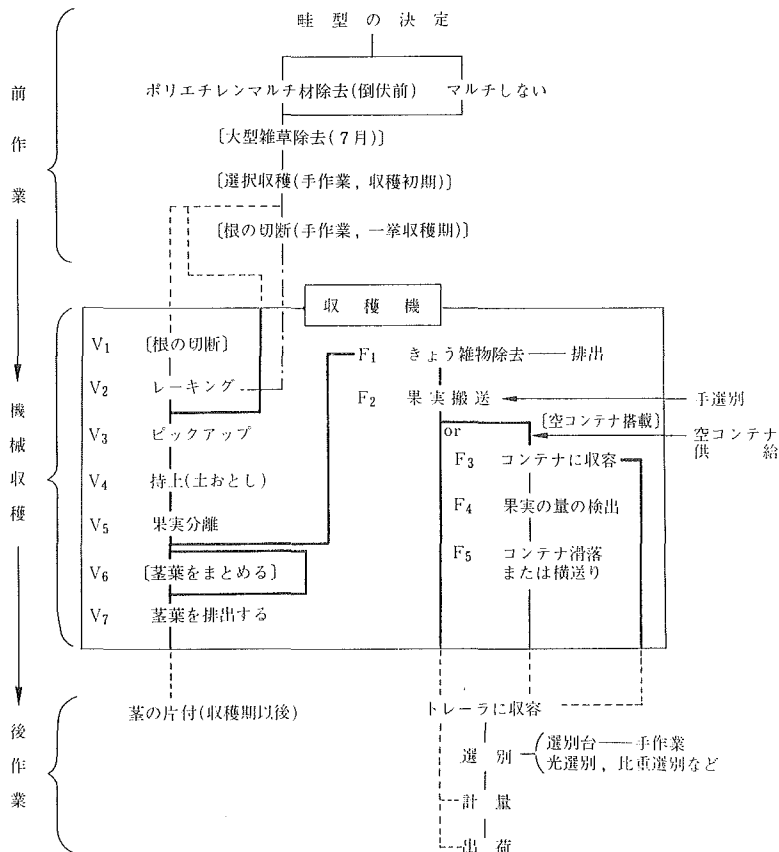
選別機構,¹⁰⁾¹¹⁾ 比重選果法¹²⁾の開発に期待して試作する収穫機の作業要素からは選果を除外する。

(6) 機体各部の調節を可能にし、実験に便利な構造にすること。

国内には加工トマト収穫機の実用機はない。また、機械収穫のために測定されたトマトの茎葉、果実の理工学的諸特性に関する国内文献¹³⁾も少ない。収穫機の実用化までには今後各種の計測と機械部分の機構に関する実験が必要になると思われるので試作機の各部はなるべく単純、かつ、調節可能で各部を単独に作動できるように設計して実験を行ないやすくする。また、各部を外部から容易に観察できるようにするため機体にはカバー類をとりつけない。なお、試作中にひんばんに設計変更することが予想されるのですべて研究室内で製作する。

(7) 試作する収穫機の作業要素とこれに関連する前後作業。

図—4は予想される収穫機の作業要素とこれに関連する前後作業である。



[] ; 省略可能なもの

V ; Vine

F ; Fruit

太線 ; 後出 (112頁)

図—4 機械収穫とその前後作業

機械収穫の前作業は品種選択、施肥量の決定にさかのぼるが、最も重要なのは畦型の決定とポリエチレンフィルムの除去であろう。畦はポリエチレンフィルム用のマルチャーでマルチすると同時に成形されるからこの時点で極度の高畦にならないよう配慮が必要になろう。一貫した作業体系を考えるならばマルチャーの選択、あるいは改造も予定しなければならぬ。平地のまま栽培すれば収穫機のピックアップ部の構造は単純化されようが梅雨期に排水不良による生育障害と病害の発生が増加するおそれがある。マルチ材は使用しないことが望ましいが長野県のような寒冷地ではポリエチレンマルチによる初期生育促進効果が顕著に現れ、その影響が最後まで続くため、これの使用を全廃するにはなお検討を要する。現在一般に用いられている0.02mm厚のフィルムでは収穫機内に巻取ロール、ブローその他の処理機構を設けても土中の部分はちぎれて残り完全な回収は困難であろう。さしあたってフィルムは倒伏期直前に手作業で除去するほかはないと考えられる。

大型の雑草として防除対象になるのは主にアカザとよく分けつしたヒエ類である。ことにペーパーポットで苗とともに植え込まれて生育したものは作業の障害になると思われるので床土作りに注意する。

選択収穫は経営上の必要性によって実施する。現在の品種では着色初期の果実を一挙収穫適期まで放置すればほ場での損失になることは明らかであってその損失量は従来の選択収穫の20~40%に達するものと推察されるからである。ことに降雨によって裂傷を生ずる品種は損失が多い。

根または茎の切断はとりあえず手作業で行なうがピックアップ部の強度を充分にとり、バコンベアによって根ごとひき抜くことを試みる。

収穫機が備えるべき作業要素は図4の枠内に示したものを予想する。レーキングとは機械収穫時以前または機械収穫時に茎からはなれて溝部に転落した果実を畦の中央部に集めるとともに隣の畦の株と処理畦の株の茎葉のからみつきの除き、茎も畦中央部に集めることである。

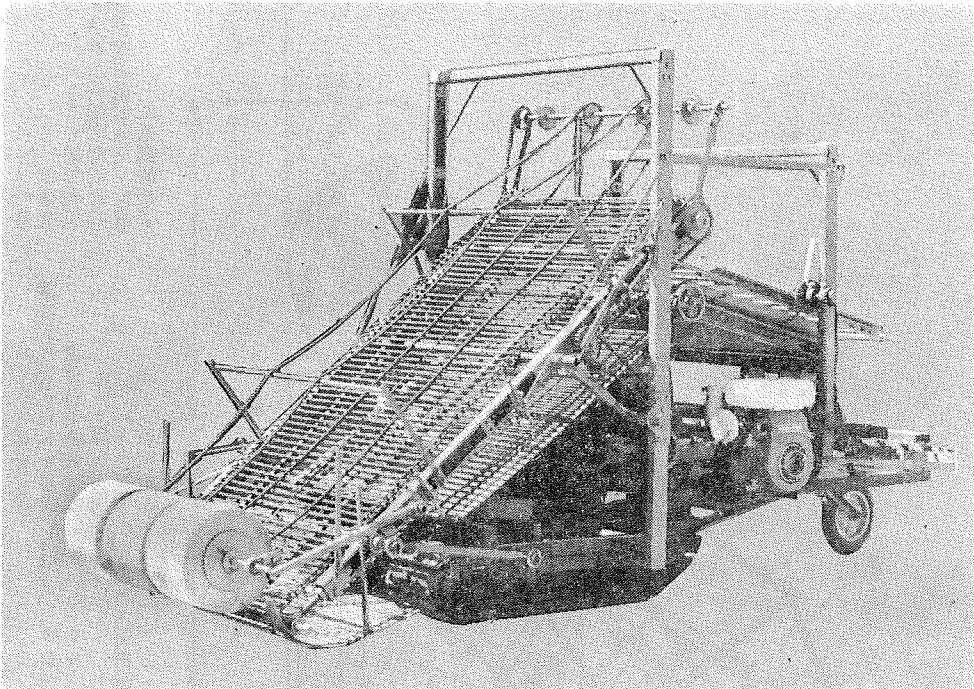
ピックアップ機構は地面にある果実もすべて拾いあげうるものでなければならない。一挙収穫適期直前(1972年9月1日)の調査では根元をハサミで切り、茎を静かに持ちあげた場合の落果数率が早生ダルマ13%, チコーNo. 3では57%に達した。今後、ジョイントレスタイプの品種あるいはこれに相当する果柄部の強度をもつ品種が作出されないかぎりこの落果を無視できない。

茎からの果実分離は強制振動⁹⁾によって行なう。振動は果実からへたが最もよくはなれ、結節(joint)から分離しないような振幅にし振動数は排出される茎に若干の果実が残る程度にとどめる。振動ふるいはできるだけ単純にし、茎葉や雑草のからみつきの防ぎ、清掃もしやすくする。

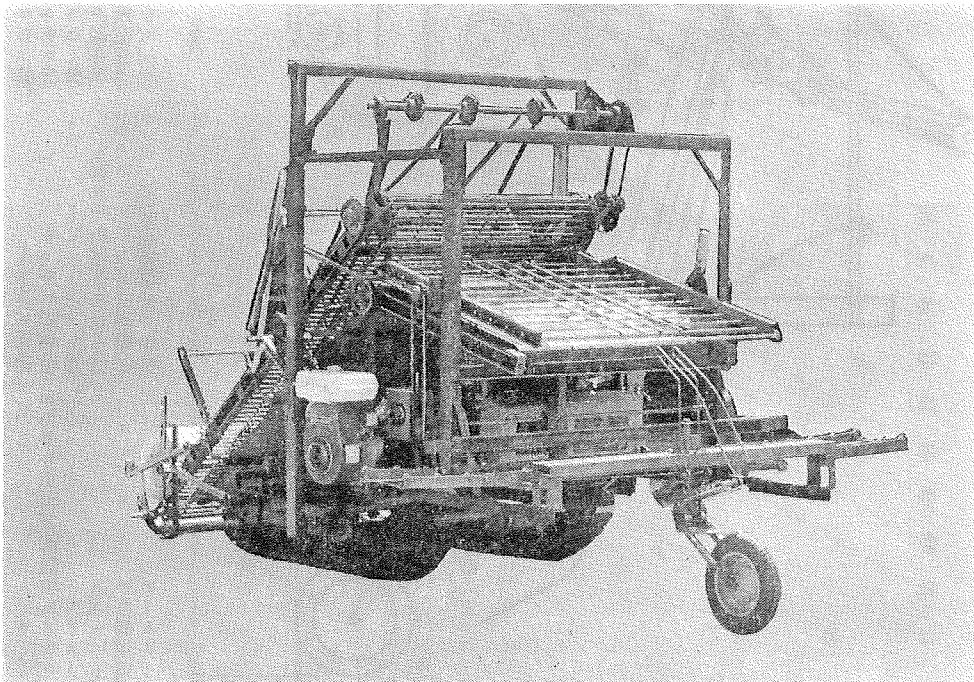
最終的な選果にいたる以前のきょう雑物としては土、石、茎、葉、腐敗果、マルチ材、雑草などがあげられる。ことに試作機は根に附着した土をリフトアップしてくることが予想されるし、強制振動試験⁹⁾の際、多量の茎葉が落下したことにかんがみ、きょう雑物分離装置を装着する。

茎葉ときょう雑物は機体の走行および次の畦の収穫に支障のない部分に排出する。

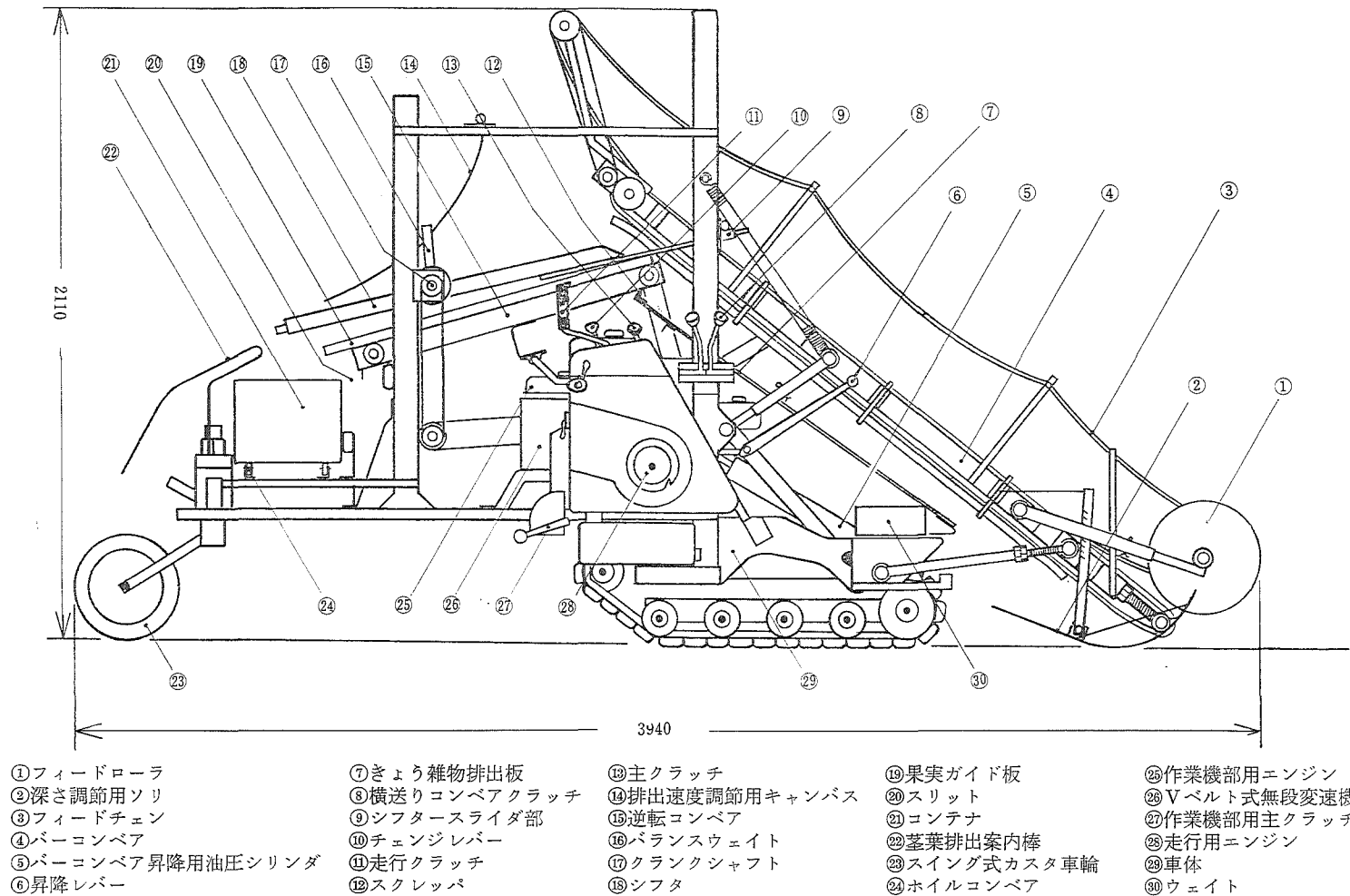
果実はコンテナまたは直接にトレーラかトレーラ上のコンテナに収容する。機体上のコン



図一五 トマト収穫機（SU—73型）前部および左側面



図一六 トマト収穫機（SU—73型）後部および左側面
（図一五，図一六とも排出速度調節用キャンバスを外してある）



図一7 トマト収穫機 (SU-73型) 右側面図 単位mm

表一6 トマト収穫機（SU-73型）諸元表

（昭和48年9月13日現在）

歩 行・乗 用 の 別			歩 行		フチ イエ ロー ドン	種 類		単列ローラーチェ ーン		
機体寸法	全 長 (mm)		3940			規 格 (番)	40			
	全 幅 (〃)		1540				長 さ (mm)	2850		
	全 高 (〃)		2110					数 量 (本)	2	
全 備 重 量 (kg)			1052		バ ー コ ン ベ ア	長 さ (mm)			2400	
作 業 幅 (mm)			1050			幅 (〃)		1090		
※ エン ジ ン	名 称		L H 480—H			バーの直径 (〃)		10		
	形 式		空冷・4 サイクル			バーのピッチ (〃)		35		
	連続定格出力 (ps/rpm)		8/1700		傾 斜 角 (度)		42°			
	使用燃料		ハイオクタン灯油		シ ン	長 さ (mm)		1120		
	※ 主 ク ラ ッ チ		乾式多板			幅 (〃)		1230		
※ 操 向 ク ラ ッ チ		ギャクラッチ		振 動 方 式		揺動スライダクラ ンク式				
※ 走 行 速 度	前進1速(m/min)		17.4			フ タ	振 動 数 (rpm)		100～300	
	〃 2速(〃)		28.8		振幅(振動軸にて) (mm)		40～80			
	〃 3速(〃)		69.6		平 均 傾 斜 (度)		12			
	後進 (〃)		24.6		Vベルト式無段変 速装置		三木プーリー L A—100			
走 行 部	走	クローラの輪距 (mm)		910		逆 転 コ ン ベ ア	材 料		2 P R 5 mm厚ゴム	
		クローラの幅 (〃)		280			長 さ (mm)		980	
	カ ス タ ー 車 輪	カスター車輪		13×3.00 1 個			幅 (〃)		1000	
		最小回転半径 (mm)		1900			傾 斜 角 (度)		16	
		最低地上高(〃)		140		ホ イ ル コ ン ベ ア	長 さ (mm)		2560	
※ エン ジ ン	名 称		L G 250		幅 (〃)		280			
	形 式		空冷・4 サイクル		ホイル外径(〃)		30			
	連続定格出力 (ps/rpm)		4.5/1700		ホイルのピッチ (〃)		130			
	使用燃料		ガソリン		作 業 方 法 等	収 穫 方 法 の 種 類		一挙収穫		
	フ ロ イ ー ド ラ	材 料		ウレタンフォーム		刈 取 方 法		全面・1畦刈		
外 径 (mm)		350		運 転 者 (名)		1				
長 さ(〃)		1140		補 助 者 (名)		1～2				
数 量		1		理論能率（走行速度0.1m/sec, 畦幅1.2mの場合） (a/hrs)		4.3				

※；クボタHJ4型コンバインの諸元表による。

テナに収容する場合は、果実が一定量に達したらコンテナが機体後方に滑落するか、横方向に動いて空コンテナが供給されるようにすることが望ましい。機体にスペースがあれば空コンテナの積載場所を設ける。

後作業での問題は熟度選別である。さしあたっては傾斜板またはコンベアを用いて手作業で行なうが別の方法を検討する。栽培的には熟期を斉一にする栽培法を研究する。

3 試作機の構造と機能の概要

前項の留意点にもとづき1973年1月から試作機の製作を開始し1973年6月に一応完成したがその後修正を加え続けて同年9月13日に附属農場の加工用トマトほ場で公開運転を行なった。¹⁴⁾

(1) 試作機の名称

信州大学農学部農場研究室1973年型加工トマト収穫機（略称；S U—73型試作実験機）

(2) 構造と機能

図—5～図—7は試作した収穫機であり、表—6はその諸元表である。

水稻、麦用の自脱コンバインハーベスタ（クボタH J—4型）の自走部を一部改造し安定性をよくするために後部にスイング式カスタ車輪を1個とりつけた。これにフィードローラ、フィードチェン、バーコンベア等からなる茎葉や果実の掘取、ピックアップ、リフトアップ部と果実分離、茎排出用の揺動スライダクランク式シフタおよびきょう雑物除去用の逆転平ベルトコンベアその他を搭載した。

試作機は機体前部でトマトを株ごと掘りとり、地上の落果も含めてピックアップし果実を茎葉から分離してコンテナに収容すると同時にきょう雑物をバーコンベアの下側に、茎を後部に排出する。この機能はさきの図—4内に太線で示した。レーキング装置、茎をまとめる機構、およびコンテナの自動計量、滑落装置は開発中で試作機にはとりつけてない。後部のホイルコンベアにはコンテナをおき果実をこれに収容するが、別に製作したさん付ベルトコンベアと交換すれば伴走するトレーラまたはトレーラ上のコンテナに果実を収容することもできる。

以上の機構に関連してバーコンベア昇降用油圧装置、平ギヤ減速機およびVベルト式無段変速装置等を使用している。

エンジンは走行部に 8 ps/1700rpm のものが搭載されているが実験を考慮して作業機部に 4.5ps/1700rpm のものを1台使用した。

表—7に試作機の作業要素名とこれに関連する主な機械部分を示した。

表—7 作業要素名およびこれに関連する主な機械部分

作 業 要 素	機械部分 (図—7 の部品番号)							
自 走	10	11	13	23	28	29	30	ほか
掘取・ピックアップ	1	2	3	4	5	6		
搬送・土おとし	3	4						
果 実 分 離	9	14	16	17	18	26		
きょう雑物除去	7	12	15	19	20			
茎 葉 の 排 出	14	18	22	26				
果 実 収 容	8	15	19	21	24			

a 自走部

供試したコンバインのクローラ式台車はトマト収穫機に使用するには小型すぎることその他二・三の不適合個所が予測されたが、都合によりこの機種以外は入手しえなかったのでこれを使用した。特に、軸距が右 1000mm, 左 1120mm しかないため塔載する作業機部をできるだけ小型に設計し機体の重心を軸間に置くよう努力したが前後の重量バランスをとりきれなかった。そこで車体の最後部にスイング装置つきカスタ車輪 1 個を補助輪としてとりつけ安定させた。この台車の改造前の自重は約 400kg でこれに刈取装置, スレッシュャーなど約 300 kg を塔載していたものであるが、試作収穫機の作業機部はその約 2 倍の 652kg になった。製作中、つねに重量軽減に努めたが、望ましい材料が入手できなかったり、工作機械の不足から希望する加工ができなかったこともあって台車に不つりあいな重量を塔載する結果になった。このように、作業機部を小型軽量化しようとしたことが後述のバーコンベアの傾斜角度、シフタおよび逆転コンベアの寸法に影響し、2, 3 の欠点を生ずることとなった。

走行部の主な改造部分は車体の前部を溶断し後部に伸長したこと、クラッチレバー 3 個を右の横側に位置変更したことおよび運転席を取り外したことで動力伝達機構は改造しなかった。エンジンは 8 ps/1700rpm で余裕馬力がありすぎたがそのまま使用した。走行速度は 10 cm/sec を一応の標準にした。

b バーコンベア

収穫機の性能の良否はピックアップ部の性能によって決定されと考えられたのでこの部分の設計と製作には特に注意した。

一挙収穫適期のトマト果は果実重量率からみても果数率からみても 90% 以上が地表からの高さ 15cm 以下に分布し、その多くは地表に接している。茎の長さ、重量についても同様である。果実の水平分布は品種、栽培法、倒伏時の風の吹き方によって変化するが一挙収穫期には畦の頂部よりも側部または溝部に多数が偏在する。図-1 もその 1 例である。しかも多数の果実が茎から脱落して畦間に転落する。

以上に加えてピックアップ直前の、茎または根の切断方法が問題になる。トマトには明らかな直根はない。地表面下にあって直根のごとく観察される部分は植付時に地表面下に埋めこまれた茎であることが多い。この部分の長さも 30~40mm (ペーパーポット苗を専用のトランスplanterで植えた場合)、ないし 60~70mm (仮植苗を手植したもの) しかないのでこの部分で切断することは畦の頂部の仕上精度をよくしたとしても困難であろう。個体によっては主枝が低い位置から発出して、発出部が地表面以下に埋められていることもあるので、ライスコンバインの刈取部のデバイダーのごときものを先行させる必要もあろう。オープンセンターブレードのような刃は機体の前進速度が遅いので地ぎわまたは地表直下のぼろ軟な土壌では切断効果が低い。

そこで、株を根ごと引き抜きピックアップする方法を試みることにし株の引抜抵抗を測定したところ最小 5 kgw, 最大約 30 kgw で平均値は水平方向が約 18 kgw, 垂直方向が 14~17 kgw であった (早生ダルマおよびチコー No. 3, ポリエチレンマルチ区, 1972. 9)。ただし、株の側方から土を切削してゆき株を引き抜けば引抜に要する抵抗はより小さくなるものと推察された。

以上のような茎葉、果実の測定結果¹³⁾のほか履帯の幅、畦幅、中型トラクタの車輪間隔、

廃棄してよい果実の寸法などを考慮して図-8のバーを用いたバーコンベアを製作した。

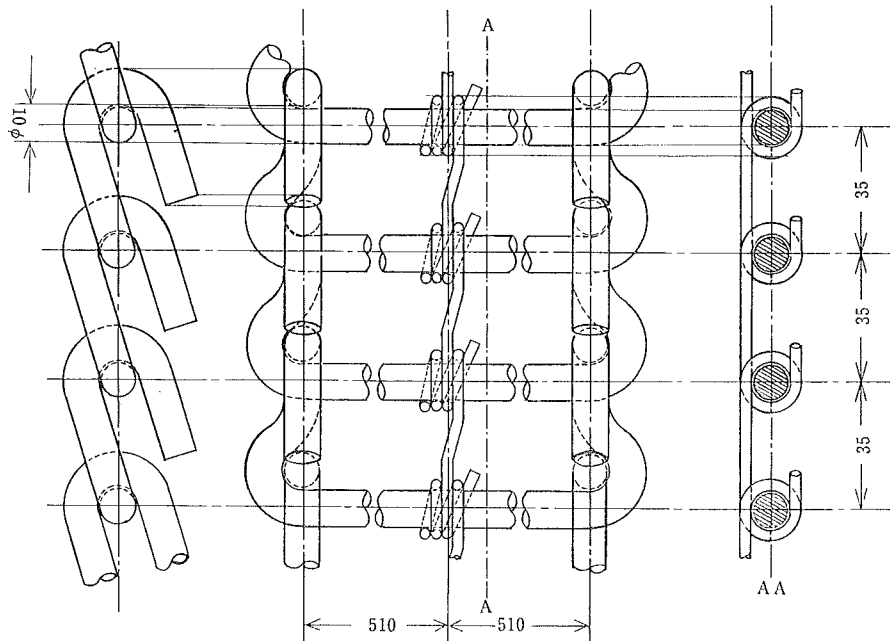


図-8 バーコンベアのバーおよびたわみ防止用フック

単位 mm

バーコンベアの長さは 2400mm, 幅 1090mmである。台車には図-5～7のごとく装着した。下端部は畦の頂部の地表面下に潜らせることにし、それに耐える強度を与えようとした。(125頁図-12参照)

すなわち、バーには S45C, 10mmφ の丸棒142本を用い、シャフトには 25mmφ のロッド鋼を使用した。さらにバーの中央部を図-8の特殊な形状のフックでつなぎバーのたわみを防ぐとともにバーの間隔を一定に保持しようとした。バーの中心間距離は 35mm, 材の直径は10mmφである。したがって25mmφ以下の果実は棄てられる。

バーの両端は図-8のように曲げてリンクし、泥などの附着に耐えるようにした。

バーコンベア全体は台車のフレームとフレームに立てた支柱とに4節回転機構で連接して支持し、油圧昇降装置によって先端部は主に垂直昇降を、また上端部はシフタ上でわずかに水平移動をおこなうように製作した。

UC-BLACKWELDER, fmc など米国の収穫機について推定すると、これらのバーコンベアの上面の傾斜角は35～40度のようである。またイタリアのピサ大学の試作機は30度になっている。著者らの試作機はバーを地表面下に入りこませるため、バーの中央部にはタインあるいは突起、引き上げ用のバーなどを設けないことが望ましいと考えられた。そこで、傾斜角をより小さくしようとしたが台車の規格との関係から望ましい角度になしえず最終的に

は42度になった。ただし4節回転機構の連接棒の長さ調節によって若干の変更は可能である。

バーコンベア前部（接地部）のシャフトにはバーの回転を妨げず、しかも可能なかぎり小型のテールローラ（60mmφ、長さ40mm）を4個とりつけ、土の附着を防ぐとともに切削抵抗を少なくし、かつピックアップ効率を高めようとした。

c フィードローラ

バーコンベアは油圧装置と深さ調節用そりで切削深さを調節し前進しながら株を地表面直下から引き抜いてゆくがバーの深さが不十分だとただちに引き抜きロスや果実のピックアップロスを生ずる。逆に深すぎればバーコンベア前部に切削した土がたまりリフトアップされる土の量が増したりピックアップロスを生ずる。さらに、これが原因になってシフタに搬送される株の間隔が一定せず、シフタの果実分離性能が低下する。そこでバーコンベアの先端部にフィードローラを取りつけた。材料はとりあえずウレタンフォームを用い、外径は茎の垂直分布調査にもとづいて分布高さの3倍、350mmφとし、長さはバーコンベアの幅に合わせて1140mmにした。このローラーは外部からの圧迫によって容易に100mm以上へこみ、果実が完全に没しても裂傷を生じない弾力の材料を使用した。周速度はバーコンベアの約1.7倍であり、自重で茎、葉などを軽く圧迫しながらバーコンベアに送りこむ。茎葉がない場合のローラーとバーコンベアの間げきはバーの間げきと同じ25mmである。

d フィードチェン

フィードチェンはバーコンベア上の茎、葉を自重で押さえて滑落を防止し、また、茎から離れた果実を茎葉にからませて搬送させるためのものであり、同時にフィードローラへの動力伝達にも使用している。

e シフタおよび茎葉排出速度調節用キャンパス

トマト果は茎葉の強制振動によって容易にへたまたはジョイントから離れるが振動が強すぎると裂傷を生じたり表皮下に内部損傷を生ずる。強制振動はなるべく弱いことが望ましい。

振動の方法には垂直または水平などの直線振動、ストローシェーカーのように円運動を利用したもの、だ円振動その他が考えられる。先にも述べたようにシフタに達するまでに多数の果実が茎から離れているが、これには振動を与える必要はない。茎に着いている果実だけを振り落とせばよいはずである。

いっぽう、10aあたりの栽植株数は2500～3000株あるのでおよそ2～3秒ごとに1株がシフタに搬入される。一挙収穫時には下部葉は脱落しているが茎はなお弾性を保っている。したがって、シフタ上に1株ずつ正確に乗せられたとしてもシフタの振動数と振幅が適当でないと振動が株全体に及ばず茎に果実が残ることになる。当然、2株以上を重ねてシフタに乗せれば上側の株の果実の分離率は著しく不良になる。このことから、シフタ部では株と株が重ならないように搬入と排出が調節されなければならない。さらに、分離残しの果実を少なくするためにはシフタ上で草姿を変化させて振動を株全体に与えるようにすることが望ましい。

果実硬度は熟度がすすむにつれて低下するのでシフタの網目は太い材で作り果実に局部的な衝撃を与えないようにし、かつ、網目はできるだけ粗にし果実との接触を少なくする必要

がある。

果実を茎から離す外力には果頂→へた方向の引張、赤道面に平行なへたの曲げモーメントおよび果柄軸のトルクの3種が考えられるが通常の振動方法では前二者によるところが大きいと考えられる。へたは引張には強いが曲げモーメントには非常に弱いものである。⁹⁾ 現在普及している品種にはすべて果柄部にジョイントと呼ばれる結節があって多数の果実がこの部分から分離され、へたが果実に附着している。このへたは出荷前に全部手作業で除去している現状であるが振動の方法によってはへたの附着率を低下させることができるかもしれない。

垂直および水平の直線振動試験⁹⁾の結果、早生ダルマ種(チコーNo. 3やKG127よりも茎から離れにくい)の果実は振幅40mm以下では分離しにくい、振幅80mmでは146~270cpm、120mmでは106~165c/minでほとんど全果が分離された。振幅40mmの水平振動では振動数を450c/minにしても分離されない果実があった。これはシフタの振動が茎葉の弾性によって吸収されて果実に及ばなかったり、果房の固有振動数と合致しないためであった。概して水平振動よりも垂直振動において良好に分離した。しかし、斜め方向以外の直線振動では茎葉の移動や姿勢変化が少ないであろうと推察された。これに対して、ストローシェーカーのような円振動は茎葉の移動、排出には好都合であるが振動数を増すにつれて水平振動に似た振動効果に移行するであろうし機構が複雑になり、からみついたマルチ材などの除去がしにくい欠点が予想された。

以上の諸点を考慮して試作機には図一9のようなシフタを装着した。これは揺動スライダクランク機構の連接棒と同様な振動をするもので、設計時にはこれの基礎実験を済ませてなかったので疑問点が多かったが垂直あるいは水平振動にはより不満な点が多かったし、完全な円振動にするとマルチ材がからみつきのやすすいうえシフタとバーコンベアおよび後述の逆転コンベアとの関連が不備になるという制約もあったのでこのような振動方法を採用した。

トマトの茎葉は、主枝が放射状に伸長すると、わい性の品種でも全幅150cm以上に達することがある。シフタ上で、このような大きさの株を姿勢変化させようとすれば図一9の規模のシフタでは小さすぎることが予想されたが、これを長くすると果実の収容装置をさらに後方に位置させなければならなくなり機体の重量バランスがとりにくくなるのでやむをえずこの寸法にとどめた。

振動による果実の外見的損傷はチコーNo. 3のような裂けにくい品種にはほとんど発生しないが早生ダルマなど裂傷を生じやすい品種もあるのでシフタの網目材料は外径12mmφにし、なお、バランスウェイトを小さくするためこれを肉薄のパイプで製作した。中央部だけへ縦方向のパイプを取りつけたのはバーコンベアから落下する茎が網目からみ株のシフタ上の移動を妨げるのを防止するためである。

このシフタはクランク軸③、クランクピン②によって振動され、クランクピンの部分は半径30mmの完全な円振動をとるがシフタ最前部をスライダで支持しているため、クランクピン部以外の部分はほぼだ円型にちかい卵型の軌跡をとって振動する。すなわち、最前部のパイプAはクランク軸とスライダ部を結ぶ線方向に60mm(長径)、これと直角方向に27.4mm(短径)の横長のだ円状の軌跡をとり、また最後部のパイプBは60mm(短径)と94.5mm(長径)の縦長のだ円型形状の軌跡をとって振動する。茎葉、果実等はバーコンベアによっ

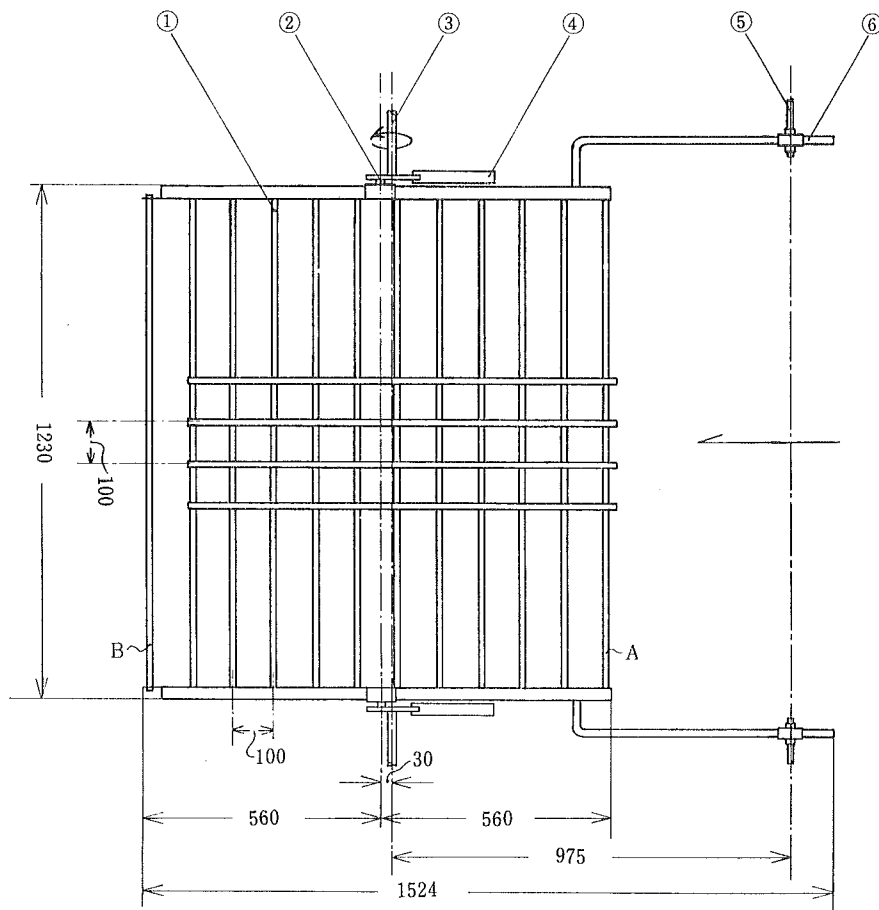


図-9 シフタ 単位mm

- ① 肉薄パイプ 12φ (ステンレス巻)
- ② クランクピン
- ③ クランクシャフト
- ④ バランスウェイト
- ⑤ 固定軸
- ⑥ スライダー
- ← 株の進入方向

て一印方向からシフタ上に達し、反対側に排出される。振動数は138~330c/minまで得られるようVベルト式無段変速機を径由して動力を伝達した。なお、機体への振動はバランスウェイトによって消去した。

シフタ全体は平均傾斜角12度に傾斜させ、茎葉を後部に排出させるようにした。シフタのほかには茎葉の強制排出装置はない。茎葉は振動を受けてシフタ上で跳躍させられながら後部に移動し排出される。したがって茎葉の大きさ、形状やシフタの振幅、振動数、傾斜角に

よって茎葉の跳躍回数、シフタ上の滞留時間が変化する。そこで図-7のようにシフタ上部からキャンバスを垂下させて排出速度を調節するとともに株全体をわずかにシフタに押さえつけ果実の分離率を高めようとした。

f 逆転コンベアその他きょう雑物の除去装置

出荷時のきょう雑物には、先にあげた土、石、茎、葉などのほか一定限度以上の裂傷のある果実、未熟果、日焼などによる着色不良果、鳥害果、病虫害果、へたがあげられる。

これらのうち土、石、茎、葉、腐敗による変形果は健全果に比べて斜面の転落速度が遅いことに注目して傾斜させた広幅のベルトコンベアを逆転させ、きょう雑物を果実の転落方向と逆の方向へ除去しようとした。

逆転コンベアの材料として、ネット、バーなども検討したがきょう雑物のからみつき、果実の損傷、スクレppの必要性を考慮し表面の平滑な2PR5mm厚のゴムベルトを使用した。大きさはシフタに合わせて長さ980mm、幅1000mmにした。厚い材料を用いたのはコンベアの縦横比からみてベルトがだ行するおそれがあったためであるが重量が大きい欠点があった。

平面(ベニヤ板)上に熟果を静置し、面をしだいに傾斜させてゆけば最も転落しやすい果実は3度で転落するがペアータイプのチコーNo. 3の果実を転落しにくい姿勢に置くと30度以上になってから転落または滑落する。¹³⁾ ただし、傾斜面にわずかに振動を与えたり、果実を傾斜面上に落下させるとほぼ全果が15度以下で転落する。試作した収穫機ではシフタと逆転コンベアの間隔が平均115mmあり、そのうえ果実はシフタの振動を受けた後に逆転コンベアに落下するので傾斜角は当初14度に設定したがその後16度に修正した。コンベアの手速度は12.7cm/secである。

ベルトには腐敗果および損傷果の果汁、泥その他が附着することを予想してコンベア上端の下側にスクレppを設けた。きょう雑物はバーコンベアの下側にあるきょう雑物排出板上を経て履帯の前に排出される。

逆転コンベアに落下した果実はコンテナ(あるいは横送りコンベア)に落下するが果実に類似した形状の土塊は果実と同じ方向に転落する。そこで逆転コンベアとコンテナ(または横送りコンベア)の間に水平距離65mmの間げきを設けて土塊を除去することにした。

g 果実収容装置

機体の前進速度を10cm/secにとれば毎秒の平均収容果数は15~23果、重量は0.83kgあまり(未熟果とも6t/10aの場合)である。栽培状況がよければなお増加する。果実収容装置はこの数量を処理しうるものでなければならない。

試作機には最初、2PR5mm厚ゴムベルトを用い長さ2100mm、幅350mmの横送りコンベアを装着した。ベルト面にはB型Vベルトを300mmおきに接着してさんにし、速度300mm/secで左右いずれへも駆動できるようにし、果実は伴走するトレーラ上のコンテナに収容することを試みた。しかし、実験機としては逆転コンベアから落下する果実を直接コンテナに収容するほうが便利のため逆転コンベアはアタッチメントとして取り外し可能にし、代りにホイルコンベアを装着して5個のコンテナを塔載できる構造にした。コンテナの外型寸法は縦 500 ± 3 mm、横 360 ± 3 mm、高さ 263 ± 1 mmであった。ホイルコンベアの長さは2566mmであるが両端の一部を折りたたみ路上走行を行ないやすくした。

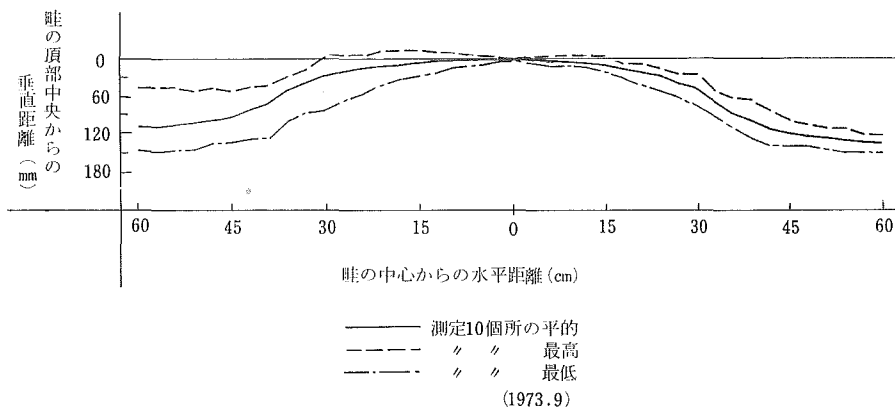
4 収穫機のは場実験

は場実験は附属農場の加工トマトは場で1973年8月～9月に行なった。

(1) 供試は場の概況

主な栽培品種は早生ダルマ、チコー No. 3、KG127の3種で、いずれもペーパーポットで35日間冷床トンネル育苗し、畦幅120cm、株間30cmに機械定植した。10aあたりの栽植本数は2778本である。

畦は小型のハンドトラクタ（1.8ps）にとりつけたマルチャーで成型しながら0.02mm厚ポリエチレンフィルムを被覆したものであったが実験は予めこのフィルムを取り除いてから行なった。



図一10 一挙収穫期の畦の断面

図一10は供試は場の畦の断面である。

前記のマルチャーでマルチしたあと機械定植、除草剤散布、薬剤散布のため39psのホイールトラクタがアタッチメントをマウントして畦間を4回通過した結果図のような断面型になった。なお、は場はわずかに南面に傾斜していたが洪積層火山灰土壌で石礫はほとんどなかった。

表一8は各品種の茎葉の広がり幅である。

表一8 加工トマト茎葉のひろがり幅
(ペーパーポット苗区、1品種30株調査 1973.9.8)

品 種	茎葉のひろがり幅 (cm)		
	最 大	最 小	平 均
K G 1 2 7	118	40	85
チ コ ー No. 3	143	88	124
早 生 ダ ル マ	198	126	157

3品種ともわい性種であるが1973年は倒伏期以後異常な干ばつ(連続干天日数30日)があったため、草姿は例年より小型であった。

表一9は各品種の着色種度別果実割合と平均果重である。調査は選択収穫を1回も行なっていない区で、一挙収穫適期と考えられた9月8日に行なった。

表一9 加工トマト着色度別果実割合
(ペーパーポット苗区 1品種10株あたり 1973.9.8)

品 種	着色度等	出 荷 可 能 果			出 荷 不 能 果				調査数量合計
		R (完熟)	R Y (着色 終期)	計 (R + R Y)	R G (着色 中期)	G R (着色 始)	G (緑果)	計 (R G + G R + G)	
K G 127	果 数 率(%)	61.7	14.6	76.3	7.8	1.9	14.0	23.7	413果
	重 量 率(%)	69.3	13.4	82.7	6.1	1.5	9.7	17.3	16.4kg
	平均果重(g)	44.9	36.7	—	31.3	30.0	27.6	—	39.7g/果
チコーNo.3	果 数 率(%)	43.1	13.5	56.6	15.7	13.3	14.4	43.4	990果
	重 量 率(%)	53.2	11.8	65.0	12.9	10.8	11.3	35.0	37.2kg
	平均果重(g)	51.6	36.7	—	34.3	33.9	32.8	—	37.6g/果
早生ダルマ	果 数 率(%)	28.6	13.1	41.7	11.7	16.5	30.1	58.3	412果
	重 量 率(%)	33.3	11.7	45.0	12.5	18.3	24.2	55.0	24.0kg
	平均果重(g)	67.8	51.9	—	62.5	64.7	46.8	—	58.3g/果

表中, R, R Yは出荷可能な着色度の果実であり, R G, G R, Gは不可能果である。出荷可能な着色度の果実割合は K G 127 が最も多く, ついでチコー No. 3 で早生ダルマは最も少なかった。平均果重は熟度がすすんだ果実ほど大きかった。また, 品種別には早生ダルマが最も大きく, K G 127 は小さかった。

一挙収穫法ではほ場における果実損失が重視される。特に裂果の発生率が低いことが必要条件である。表一10には各品種の裂果重量率を示した。本年は干ばつ後の降水によって例年より裂果の発生が多かった。

表一10 加工トマト裂果の割合
(ペーパーポット苗区 1973.9.9
1品種20株あたりの完熟果について調査)

項 目	裂果重量 (kg)	健 全 果			裂果と健全果の重量比	
		果 数	重 量 (kg)	平均果重 (g)	裂果(%)	健全果(%)
K G 1 2 7	3.3	417	16.8	40.3	16.4	83.6
チコー No. 3	5.0	527	23.0	43.6	17.9	82.1
早生ダルマ	9.2	214	12.9	60.3	41.6	58.4

以上, 表一8～表一10の結果その他から, 一挙収穫には K G 127 が最も適していると考えられたので以下の実験は主に K G 127 で行なった。

(2) 走行実験

操縦装置は走行用、作業機部用とも全部機体の右側中央部に集め運転者は歩行しながらこれらを操作した。

試作機の履帯中心距離は910mmで履帯幅は280mmであった。履帯の中心は畦の傾斜面（平均傾斜角8度）の部分を走行したが畦間への滑落はなかった。履帯の軸距は左右が異なり、左が1120mm、右が1000mmで、シュアの枚数は左が36枚、右が33枚であったが直進性は良好であった。機体重量は1052kgであったが走行クラッチは容易に操作できバーコンベア先端中央部を畦の中心線からのふれ70mm以内で運転することができた。

履帯のシュアは鋼板にゴムを接着させたもので1枚ずつ分離しているため収穫機も改造前の自脱コンバインと同様に走行時に機体が振動する欠点があった。作業時はほ場がぼう軟であったこととバーコンベアの深さ調節用そりを畦間に接触させていたため作業の障害にはならなかったが、路上では前後または左右の振動を生じ機敏な走行ができなかった。

自走用エンジンの連続定格出力は8ps/1700rpmであって余裕馬力が充分にあったためこれを570rpmで運転することによって10cm/secの前進速度を得ることができた。なお最低回転数は540rpmでこのときの前進速度は9.5cm/secであったがこの場合でも作業時にエンジンが停止するような負荷はかからなかった。

機体の重心の水平位置は履帯の動輪の軸の約35cm前方にあった。機体後部のコンテナ5個に果実をみたと履帯前部の接地圧が低下して機体全体が後方にやや傾斜しバーコンベアの深さ調節が行ないにくくなる欠点があった。

最小回転半径は後部のカスタ車輪も含めて1900mmであった。小面積のほ場でも効率よく駆動できそうであった。

(3) 株の掘上および搬送される土の量に関する実験

試作機には茎や根の切断装置はない。バーコンベアのバーまたは必要に応じてバーにとりつけた材を用いるなどしてコンベアの一部分を地表面下に入りこませて株を掘ると同時に引き抜こうとするものである。試作機の掘上部の機構では機体の前進速度、バーの速度、バーの断面形状、バーの間隔、バーの太さ、土の切削深さ、株と土の性状が株の掘上率に関係すると考えられる。試作機ではこれらの要因のうちいくつかを規定したので実験はバーの切削深さその他に限定した。

a 畦断面の土壌硬度

図-11は供試ほ場の畦の断面の土壌硬度である。数値は山中式土壌硬度計の示度である。

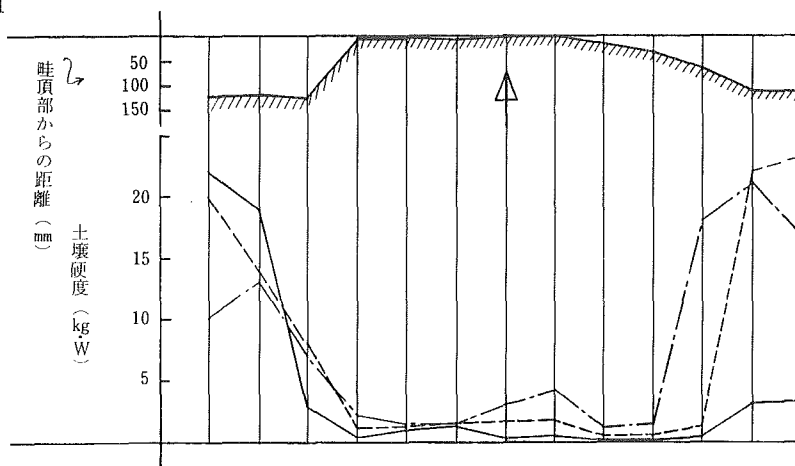
実験直前まで小雨が続いたため含水量は多かったが、9月15日までポリエチレンフィルムマルチが施してあったため畦の床面の表面附近はぼう軟であった。

b バーの切削深さと株の掘上割合

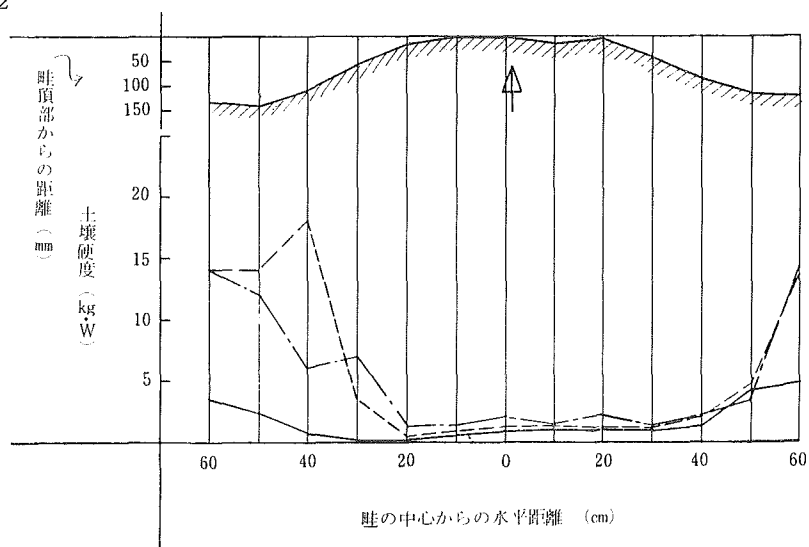
表-11は畦の頂部（栽植位置）におけるバーの切削深さと株の掘上割合である。

バーの切削深さ3cmでは全部の株が掘り上げられたが2cm以下では掘り残しを生じた。フィーローラを使用しない場合はバーコンベアの前面に切削した土がたまりやすく、株を押しやったり株の上側をバーが通過したりして掘上ロスを生じた。表-11はペーパーポット苗栽培のKG127についての結果であるが、同じ品種でも仮植苗栽培をすれば根の分布範囲が広がる。また、ポリエチレンフィルムマルチ材を用いずに栽培しても同様である。これ

測定 - 1



測定 - 2



畦型
 土壤硬度 地表下30mm
 " " 70mm
 " " 120mm
 株の位置

図-11 畦断面と土壤硬度
(山中式土壤硬度計による。1973.9)

表—11 バーの切削深さと掘上株数
 (ペーパーポット苗区 KG127)
 (バーの速度 19.6cm/sec, 1973.9.)

バーの切削深さ (cm)	掘上株数 (各20株につき)	
	フィードローラなし	フィードローラあり
1	4	12
2	11	16
3	20	20
4	20	20

らの栽培法をとった場合、あるいは KG127 より根の大きい品種の場合は表—11より掘上率が低下することが予想されるが切削深さを調節することによって全株掘り上げ可能であろうと推察された。

フィードローラの周速度は 34.6cm/sec にした。バーの速度が 19.6cm/sec であるから両者の相対速度は 15.0cm/sec である。フィードローラは茎葉、果実をバーコンベア上にかけ上げると同時に自重 (22kg) によってバーコンベアにそれらを押しつけ株の掘上を容易にした。

バーコンベアの切削深さが浅すぎると株の掘上率が低下するだけでなく茎から脱落している果実のピックアップ率が低下し逆に深すぎるとバーコンベア上に土塊が持ちこまれコンテナの果実に混入する土が増加した。切削深さは 3～4 cm が最も良好であった。

切削深さの調節はバーコンベア先端部の左右に設けた深さ調節用そり 2 個と油圧昇降装置を併用して行なったが油圧装置は手持の材料で組み立てたので昇降速度、昇降距離とも微細な調節が困難であり実験時にはほとんどをそりで調節した。そりは処理畦の両側の畦間を進行させたが畦の頂部と畦間の高低差が一定でない部分ではバーが所定の深度を保てなくなる欠点があった。畦頂部の高さに追従して切削深さを調節する機構に改良する予定である。

大型に株形成したヒエ、オーチャードグラスや茎立ったアカザはバーの土中貫入を阻止したり、シフタに停帯して茎の排出を妨げることがあったが個体数が少なかったので大きな支障にはならなかった。

c バーコンベアで運ばれる土の量

c—1 株に附着した土の量

以上の掘上方法では根に附着している土もリフトアップされる。供試は場は実験の10日前までポリエチレンフィルムマルチが施されてあったので根は比較的小さかったがかなりの量の土が根とともにピックアップされた。このうち大半はバーコンベアでシフタへ搬送する間に落下したが 1 株平均 60.5 g がシフタに達した。実験時の土壌含水率は 51.1% であったがほ場が乾燥していれば土の量は減少するであろう。

トマトの根と同様に大きく株形成した雑草の根も土を搬送した。

c—2 バーの切削深さとシフタに落下した土の量

根に附着した土のほか、バーそのものが土を搬送する。この土の量についてもさきにあげたようなバーの断面形状その他が関係すると考えられるが、表—12は表—11の実験と同様に

前進速度 10cm/sec, バーコンベア速度 19.6cm/sec において 切削深さを変えた場合の土の量である。土壌条件は前項 C-1 と同じで、株をあらかじめ引き抜き去ったトマトのない畦における実験である。

表—12 バーの切削深さとシフタ部へ落下した土の量

(バーの速度; 19.6cm/sec, 走行距離 3 mあたりの土の重量, 1973. 9.)

バーの切削深さ (cm)	シフタ部へ落下した土の量 (kg)		
	実験 1	実験 2	平均
1	0.4	0.7	0.55
2	1.9	1.6	1.75
4	5.2	4.5	4.85

切削深さが浅ければバーコンベア前方に盛りあがる土が少ないためバーに附着した土が搬送されるだけであるが深くすると土塊も搬送されるようになりシフタ部に落下する土量が急増する。

c-3 バーの速度とシフタ部に落下する土の量

バーの速度を大きくして土の切削間隔を小さくすれば土塊が小型化し、搬送中にバーの間げきから落下しやすくなるのではないかと推察されたのでバーの速度とシフタ部に落下した土の量、土塊の大きさ別割合などの関係を求めて表—13を得た。

表—13 バーの速度とシフタ部へ落下した土の量

(切削深さ; 40mm, 走行距離 3 mあたりの土の量, 1973. 9.)

バーの速度 (cm/sec)	土 量 および 比 率	シフタ部へ落下した土の量 (土塊の最大径別)				合 計
		25mm 以上 土塊数(個)	25mm 以上 重 量 (kg)	25~10 mm 重 量 (kg)	10mm 以下 重 量 (kg)	
低速 9.8	土 量 比(%)	133 —	2.15 19.4	1.35 12.2	7.56 68.4	11.06kg 100.0%
基準 速度 19.6	土 量 比(%)	58 —	1.25 27.2	0.63 13.7	2.72 59.1	4.60kg 100.0%
高速 29.4	土 量 比(%)	30 —	0.50 32.3	0.15 9.7	0.90 58.0	1.55kg 100.0%

実験は切削深さ40mm, 前進速度10cm/secで行なった。バーの速度とバーの切削間隔(水平距離)の関係は低速35.72mm, 基準速度17.86mm, 高速11.91mmであった。

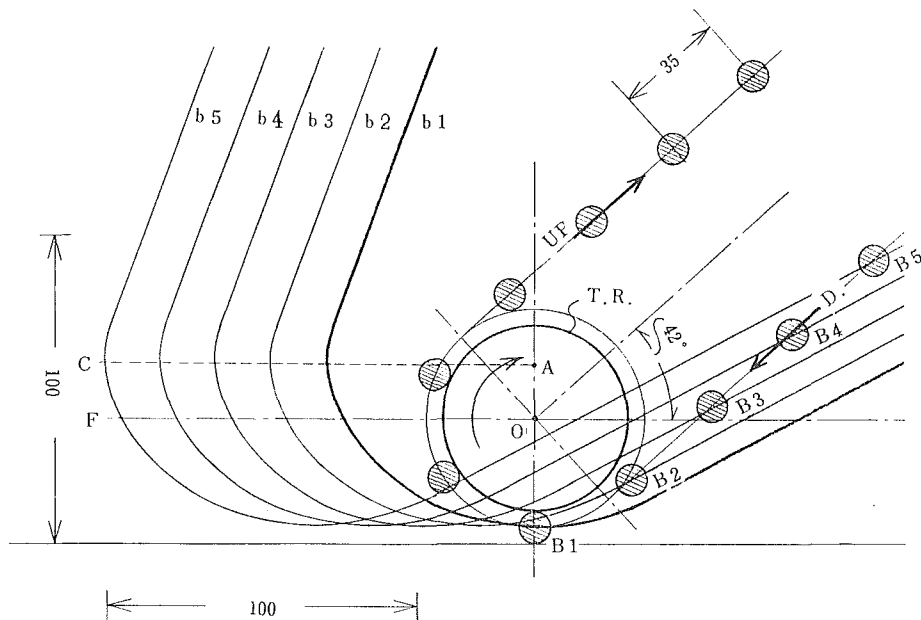
シフタ部に落下する土の量はバーの速度によって著しく異なり、バー速度が大きいほど土量が少なかった。

d バーの軌跡

試作機において、バーの速度約 20cm/sec を一応の基準速度に設定したのは次の理由によ

る。すなわち、機体の前進速度とバーの速度が同一であれば、バーコンベア上の株間距離はほ場の栽植距離と同じ 30cm となり、ほ場における茎葉のからみつき状態そのままシフタに到達する。この状態ではシフタ上で十分な振動が与えられず、排出もしにくくなることが予想されたので掘上→ピックアップ→搬送の過程で株間距離を 2 倍に拡大し相互のからみつきを分離させようとしてバーの速度を機体の前進速度の約 2 倍 (19.6cm/sec) にした。

図—12は基準速度におけるバーの中心の軌跡である。



図—12 バーの中心の軌跡

(前進速度; 10cm/sec, バー速度; 19.6cm/sec
基準切削深さ30~40mm, 単位; mm)

バーの中心間距離は35mmである。バーBnは 19.6cm/sec で←D. 方向に下降し、テールローラ T.R. (60mmφ) をまわってUP→方向に上昇するがこれにF方向への機体前進速度 10cm/sec が加わるのでバー Bn の軌跡 bn は図のようになる。この軌跡においてバーの対地水平速度はテールローラの中心の軌跡の上 17.68mm を通る線 AC 上でゼロになり、AC 線以下では斜め前方に、以上では斜め後方に傾むく。バーの軌跡間の水平距離は位置に関係なく 17.86mm であるが垂直距離はバーがテールローラに接している範囲内では位置によって異なり、テールローラの下部ほど小さい。土の切削深さを小さくしたときほど搬送される土量が少ないのは、浅ければ切削土量が少ないこと、バーの軌跡の傾斜が少ないことのほかこの軌跡間の垂直距離が小さいことも関係していると思われる。

株を手で引き抜いたときに茎に附着して持ち上げられる粗大な根の分布範囲は株元から半径 5~10cm 以内であるから表—11, 表—12の運転方法では 1 株につき5.6本ないし11.3本のバーがその範囲を切削することになる。

以上は機体の前進速度、バーの速度、バーの間隔、テールローラの直径を規定した場合の軌跡についてであるが、それらの相互関係によって軌跡の形、傾斜、垂平、垂直距離、AC線の高さが変化する。さらにバーの太さ、断面形状も加わってピックアップ部の性能が決定されると考えられるので、さらに詳細な検討が必要であろう。試作機ではとりあえずバーの速度を増すことによってピックアップの性能を向上させようと思われた。

(4) 果実のピックアップおよびシフタへの搬送実験

a 畦上の果実のピックアップ実験

試作機のピックアップ装置は茎を100%ピックアップする。したがって茎に附着したままピックアップ部を通過した果実は全部シフタへ搬送される。しかし、108頁に述べた調査例のごとく加工トマトの果実は茎から離れやすいものであるからある程度茎から離れにくい品種が作出されないかぎり地表に転落した果実をピックアップできる機構が不可欠であろう。

表一14は畦上の果実の位置と試作機のピックアップ率である。畦上の所定位置に100~120果を約3cmずつ離して直線状に並べ、その上に果実を除去した茎葉を30cm間隔に置き収穫機を基準速度で運転して実験した。バーの切削深さは畦頂部で40mmにした。

表一14 畦上の果実位置とピックアップ果数
(ペーパーボット区K G 127, 1973. 9.)

畦の中心からの 水平距離 (cm)	畦頂部中央からの 垂直距離 (mm)	畦面の平均傾斜 (度)	供 試 果 数	ピックアップ 果 数
0	0	0	100	100
30	34.0	15.7	100	64
40	80.3	18.6	100	23
50	103.3	9.3	100	8

試作機のバーは直線で、まだ畦形に適合させるような曲げ加工を施したりタインなどをとりつけたりしてない。この状態での実験であるが畦頂部の果実は100%ピックアップされた。畦面は曲面をなしているので畦の中心からはなれるにしたがって切削深さが浅くなって茎葉にからんだ果実以外はバーコンベアに乗らずピックアップ率は著しく低下した。畦上の傾斜部の果実はバーの進行によって畦間に転落させられピックアップロスになるものが多かった。

畦の床面が平であれば、バーの切削深さ25~30mmで果実は総てピックアップされるが我国では畦栽培を前提にしてこれにピックアップ部やかきよせ装置を適合させる必要があると思われるので市販のマルチャーによって成型される畦の形や各地の畦形を調べたあと順次改造を行なう予定である。

b バーコンベアの傾斜角と果実の転落

バーコンベア上の果実は2本のバーに乗って上昇される。果実の重心が各バーと果実の接点を通る垂線の間にあれば転落しないはずであるから転落率にはバーのピッチと太さ、コンベアの傾斜角、および果実の直径が関係する。

先にも述べたとおり、試作機のバーコンベアの傾斜角は42度にしたがこの傾斜角は自走部に合わせて設定したものであって、やや急角度すぎることが設計段階で予想されていた。そこでバーコンベアの傾斜角と果実の転落率について実験した。供試果は早生ダルマ(ラウン

ドタイプ), チコーNo. 3 (ペアータイプ) およびKG127 (卵型) の3品種で, いずれもは場からランダムに収穫した果実を使用した。供試果の直径等は表—15に示した。

表—15 供試果の果径と果重
(ペーパーポット苗区, 1品種100果を任)
(意抽出して調査, 全部完熟果, 1973.9.)

品 種	縦 径 (mm)			横 径 (mm)			果 重 (g)		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
K G 1 2 7	56	38	46.0	54	29	39.2	66	17	39.3
チコー No. 3	72	42	57.9	52	31	41.9	76	22	48.3
早生ダルマ	54	37	46.2	57	37	47.7	96	26	60.1

実験は, バーの速度を 19.6cm/sec とし, 所定の傾斜角を保って運転しているバーコンベアとフィーダーラの間果実100果を高さ30cm から落下させた後バーを 5 m 駆動させて停止し, シフタ部を経てコンテナに収容されたもの, バーコンベアの途中に乗っているもの, 全く上昇されずにバーコンベアとフィーダーラの間にとどまったものを計数した。バーコンベアとフィーダーラの間げきは25mm にしたので, いったん上昇したあとバーコンベアの途中から転落した果実はバーコンベアとフィーダーラの間にとどまり, 再び上昇した。表—16は実験結果である。

表—16 バーコンベアの傾斜角と搬送果数
(バー速度; 19.6cm/sec, バーの駆動距離; 5 m,)
(表—15の果実を供試, 1973.9.)

バーコンベア 傾斜角 (度)	K G 1 2 7			チコー No. 3			早生ダルマ		
	上昇せ ず	上昇中	シフタ に到達	上昇せ ず	上昇中	シフタ に到達	上昇せ ず	上昇中	シフタ に到達
30.0	1	22	77	7	10	83	59	14	27
32.5	1	12	87	19	25	56	69	11	20
35.0	23	9	90	56	15	29	82	8	10

実験の結果, 品種別では小型果の KG127 が最も上昇しやすく, ついでチコー No. 3 であり, 早生ダルマは転落果が多かった。

各品種ともバーコンベアの傾斜角が小さいほどよく上昇したが早生ダルマは30度でも59% が転落した。試作機のバーコンベアは茎から脱落した果実は茎葉にからませて搬送する機構にしてある。そのため, バーコンベアの上側には2本のフィーダーチェンを設け, バーと同一速度で同一方向に駆動させているが, 茎葉にからまない果実の一部は傾斜角30度でも転落することが知られたのでバーコンベアの製作にあたってはバーの一部に何らかの転落防止具を付ける必要があると考えられた。畦間の果実をピックアップすると同時に転落を防止できるようにバーの改良をすすめる予定である。

(5) シフタに関する実験

図一9に示したように試作機のシフタは揺動スライダクランクの連接棒と同様な運動をする機構である。クランク部における振幅は40, 60および80mmの3種に調節可能にしたが60mmが適当であろうと予想されたので以下の実験は総て60mmで行なった。また、シフタの平均傾斜角も0~16度まで調節できるように製作したが詳細な実験はなしえず、とりあえず12度のみで実験した。シフタに傾斜角を与えたのは若干の傾斜がある方が茎の排出が順調に行なえるであろうことおよびシフタとその直下に装着した逆転コンベアをなるべく接近させ、果実の落下衝撃による損傷を少なくしようとしたからである。

a 振動数とシフタ上の茎葉の挙動

Vベルト式無段変速機によってシフタの振動数を変えシフタ上の茎葉の挙動を観察した。使用した茎葉はKG127種で、果実は前もって除去しておいた。表一17はその結果である。

表一17 シフタ振動数と茎葉の挙動

(ペーパーポット苗区KG127, 1973.9.) ○;有 ×;無

加 振 位 置	シ フ タ 前 部		シフタ中央部		シ フ タ 後 部		移動中の
平均縦振幅 ※ (mm)	30		60		90		
振動数(c/min)	跳 躍	移 動	跳 躍	移 動	跳 躍	移 動	茎の反転
100	×	×	×	×	×	×	×
120	×	×	×	×	×	○	×
130	×	×	×	○	○	○	×
150	×	×	○	○	○	○	×
180	○	○	○	○	○	○	×

※ クランク軸とスライダ部を結ぶ線と直角でほぼ上下方向の振幅。

この実験には排出速度調節用キャンパスは使用しなかった。収穫時期の茎葉は夏期より硬化しているがなお弾性があるシフタの振動を吸収する。振動数が少ないと茎葉はシフタと同様の振動をしシフタ面から離れないが順次振動数を増加すると上下の振幅が大きいシフタ後部で茎葉の移動が始まり、やがてシフタ面上で跳躍するようになる。これも最初はシフタと同一の振動数をとるがやがてシフタと異なった振動数で跳躍するようになり、さらに振動数を増せばシフタの中央部や前部でも移動→跳躍が始まる。跳躍には移動がともなうことはもちろんである。茎葉の動きはシフタ後部ほど大きい。

設計時にはシフタ上で茎が反転するなど姿勢変化することを期待したが、シフタ最後部でも跳躍高さは最大30~40cmであって主枝の反転が見られたのみであった。

b シフタ上の茎の振動回数

前項aと同様に果実を除いたKG127種の茎葉を用いてシフタの振動数と茎葉がシフタに落下してから排出されるまでの跳躍回数を目視と8mmフィルムで調べて表一18を得た。この実験にも排出速度調節用キャンパスは用いてない。

振動数200rpmではシフタ前部(バーコンベアから茎葉が落下する位置)に停滞して排出されない株が過半数あったが250rpm以上ではほぼ全部排出された。シフタ上の跳躍回数はシフタの振動回数が多くなるほど少なくなった。跳躍の高さは詳細に測定できなかったがシ

表—18 シフタの振動数と株が排出されるまでの跳躍回数
(ペーパーポット苗区KG127, 果実を除去した株を使用, 1973.9.)

シフタ振動数 (c/min)	供試株数	非排出株 数	排出株数	排出株の跳躍回数		
				最 小	最 大	平 均
200	30	16	14	9	20	13.1
250	30	2	28	7	20	10.7
300	30	0	30	6	13	8.6

フタ後部ほど高く、また振動数が多いほど高かった。

c シフタ振動数と茎葉の滞留時間および残り果数

次に KG127 種の、果実が附着したままの個体を用いてシフタの振動数と茎葉のシフタ上の滞留時間、茎葉に附着したまま排出された非分離果の数およびシフタにはねられて外部に飛び出した果実の数を調査した。前記 a, b と同様にキャンバスは下垂せずに行なった。

表—19 シフタ振動数と株のシフタ上の滞留時間および非分離果の数—キャンバスなしの場合
(ペーパーポット苗区KG127, 平均着果数41.6果/株, 1973.9.)

シフタ振動数 (c/min)	供試 株数	非排出 株 数	排出 株数	排出株のシフタ上の 滞留時間 (sec)			分離され なかった 果数 (果/株)	シフタか らのとび 出し (果/株)
				最小	最大	平均		
200	30	12	18	4.2	13.9	6.3	3.2	0.2
250	30	1	29	1.8	4.9	2.9	3.2	0.8
300	30	0	30	1.7	3.6	2.4	4.0	3.0

果実が着いている茎葉は果実のないものよりよく跳躍するようであった。そのため、この実験に用いた茎葉は実験 b（表—18）よりも順調に移動、排出されたが 200rpm では排出率が低かった。

シフタ上の滞留時間は振動数が多いほど短かった。バーコンベアは 3 秒に 1 株の割合で搬送してくるのでシフタ上での重なりを防ぐには 3 秒以内に排出を完了する必要がある、そのためにはおよそ 250rpm 以上の振動数が必要であった。

茎葉に附着したまま排出される果実は 1 株（平均着果数41果）平均 3～4 果あったがシフタを長くすれば減少させることが可能であろうと推察された。

シフタからのとび出し果はその多くがシフタの最後部からシフタのパイプにはねられてとび出すものであった。この損失はシフタの寸法を修正するとともに適当なカバーを設ければ減少させることができるであろう。

d 排出速度調節用キャンバスの効果

この実験では排出速度調節用のキャンバスをシフタ上部から図—7のごとく下垂させ、シフタの運転と調査は実験 C と同様に行ないキャンバスの効果を調べた。

キャンバスは株の滞留時間をのばすことと非分離のまま排出される果実を減少させるには有効であった。とび出し果が減少しなかったのはキャンバスがシフタ最後部のパイプに巻き

表—20 シフタ振動数と株のシフタ上の滞留時間および
非分離果の数——キャンバスを使用した場合
(ペーパーポット区KG127, 平均果数42.1果/株, 1973.9.)

シフタ振動数 (c/min)	供試 株数	非排出 株 数	排出 株数	排出株のシフタ上の 滞留時間			分離され なかった 果数 (果/株)	シフタか らのとび 出し (果/株)
				最小	最大	平均		
250	10	0	10	2.6	4.9	3.3	2.4	1.1
300	10	0	10	1.9	4.3	3.1	2.3	2.9

つくのを防止するため十分な長さにしなかったからである。キャンバスはシフタから跳躍する果実の損傷を防ぐには好都合であるが排出速度を調節するには軽すぎるようであった。ただし、キャンバスあるいはこれに代る材料によって排出速度が調節できたとしても試作機のシフタの大きさでは滞留時間を3秒以上にのばすことは好ましくない。3秒以上にするにはそれに応じたシフタの長さをとらなければならないであろう。

(6) きょう雑物分離

きょう雑物の分離についてはまだ数量的な実験結果を求めてないので観察結果を主に概括する。

a 逆転コンベアによる果実排出損失

逆転コンベアは土、腐敗果、枝葉、雑草、マルチフィルムの切れはしなどの除去に極めて有効であった。ことに枝葉と変形した腐敗果はほぼ完全に除去された。ただし、果実に類似した外形の土塊は果実と同様にコンベア面を転落してコンテナに入りこむ欠点があった。逆転コンベアには最初14度の傾斜角を与えたがバーコンベアから一時に多量の土が落下するとこれがコンテナの方向への果実の転落を阻み、土と一緒に果実も前部へ排出してしまう欠陥があった。そこで傾斜角を16度に修正したところ果実の排出ロスはやや少なくなったがなお完全ではなかった。

表—21は走行して収穫したときの逆転コンベアからの果実排出損失である。

表—21 逆転コンベアからの排出損失果数
(ペーパーポット区KG127, コンベア速度, 12.7cm/sec,)
(走行収穫実験による, 1973.9.)

逆転コンベア傾 斜角	傾 (度)	実 験 回	供 試 果 数	排出損失果数	排出損失果数率 (%)
14		1	411	22	5.4
		2	431	40	9.3
		3	412	32	7.8
		4	738	54	7.3
		平 均	—	—	7.4
16		1	400	22	5.5
		2	400	27	6.8
		3	400	32	8.0
		平 均	—	—	6.8

排出による損失果数率は6.8～7.4%の高率であった。ことにバーコンベアによる切削深さを大きくすると土が多量に搬送され排出損失を大きくする結果になったが逆転コンベアはきょう雑物除去に有効であるから切削深さを調節しやすくしたり切削部の構造を再検討して搬送される土量を減少させるとともに逆転コンベアの材料、寸法およびコンベア速度と傾斜角度の調整をすれば実用的に使用できると思われる。

b スリットの効果

ここでスリットと称したのは逆転コンベアの下端とコンテナの間げきのことである。試作機では何回かの調整を経て最終的には幅65mmにした。逆転コンベアからの土塊の転落速度は果実のそれよりも遅いことを利用してこれで土塊を除外しようとした。このスリットは土塊だけでなく逆転コンベアのベルトがエンジンやシフトに共振したときに落下してくる微細な土砂粒子の除去にも効果があった。しかし、ベルトの長さが不十分なために果実と土塊の転落速度差がわずかであって十分な選別効果をあげ得なかった。土塊の大きさと量は土壌含水量によって異なるであろうが土塊はピックアップ部の改良によって減少させることが先決であろう。

c スクレップときょう雑物排出板

きょう雑物のなかには多量の腐敗果が含まれることがあってこれの果汁が逆転コンベアのベルトに泥や枯れ葉を附着させる。スクレップはそれらの除去に不可欠のものであった。スクレップに連結したきょう雑物排出板は傾斜角を35度にして取りつけたが水分の多いきょう雑物は面に附着して滑落しなかった。ことに供試ほ場の火山灰土は附着しやすいものであった。試作機では台車の規格と油圧装置のスペースのためにこれ以上の角度をとりえなかったが50度以上の傾斜を要するようである。

土に関するその他の問題として土ぼこりによるエンジントラブルや動力伝達機構の故障が予想される。また、米国ではトマト収穫機の導入当初から土ぼこりが作業者の健康管理上の問題にされている。¹⁵⁾ 多湿な我が国では欧米とは事情は異なるであろうが実用機の設計には考慮すべきことがらである。

5 考察とまとめ

加工用無支柱トマトの栽培工程には育苗、定植、薬剤散布、収穫など従来の概念からすれば労働集約的な工程が多く含まれているが栽培規模、作業方法、作業精度からみれば一般の畑作物に共通する場面が多い。栽培は総て加工工場との契約のもとに行なわれ、収穫果は全部加工用に出荷される。そのため出荷時の選果基準は生食用果菜ほど厳格でなく、実用的に機械収穫作業をなしうる可能性が最も高い果菜である。すでに米国では数年前から収穫機が実用化し普及しているレイタリアでも最近普及し始めたといわれる。

我国の加工トマト栽培環境は経済的にも自然条件的にも欧米とは大差があるため、今日まで収穫は総て手作業で行ってきたがここ数年来の労力不足にともなって収穫作業の省力化が急務とされている。

著者らは収穫機の試作にあたって欧米の機械収穫法^{16)はか}と我国の水稲収穫用機械の発達と普及経過を参考にした。しかし最も留意した点は国内における無支柱トマトの栽培の歴史が浅く、品種、栽培法、栽培規模、経営上の取扱等が多岐にわたり、かつ、変化しつつあることであった。したがって試作機SU-73型には基本的な最少限の機構を組みこむにとどめ

た。例えば、試作機のピックアップ部にはまだ畦型に適合させるための工作を施していないしレーキング装置もとりつけてない。これらは収穫機の実用化のためには不可欠な機構であるから今後の畦型、品種等のあり方を推測したうえで装着すべきであろう。シフタについても同様である。かつて品種改良ではへたの取れやすいことが重要な形質とされた。このことは手作業による選択収穫においては当然の要求であろう。しかし茎葉ごとピックアップする一挙収穫法では結節 (joint) のみならずへたもある程度離れにくいことが要求されることになる。すでにこのことを予想して jointless 品種の育種が行なわれているようであるがそうした品種が普及すればシフタの機構、振幅、振動数も変ってくるであろうし、ピックアップ部も簡略化されよう。

機械収穫果の選果の方法と格付基準の検討も今後の問題であろう。米国でも収穫機械はこれにともなう選果、集荷方法の能率化とともに普及したといわれる。現在の手収穫果と同様な選果精度を機械収穫果に要求するならば、高効率な選果装置が開発されないかぎり小型の収穫機の早期実用化は困難であろう。機械収穫をすすめるためには収穫機の研究と併行して育種、栽培分野からの研究が必要でありさらに果実の出荷、受入体制など加工分野からの歩みよりも必要だと考えられる。

試作した収穫機はクローラー自走式前面処理後面排出型の実験機であった。主な機械部分は自走部、掘取—ピックアップ—搬送部、シフタ部、きょう雑物分離部などであったがいずれも多く欠点を有していた。そのうちあるものは部品入手ができなかったことおよび工作技術の未熟によるものであり、あるものは設計ミスによるものであった。しかし、ほ場実験を含めて総合的に考察すれば、試作機 S U—73型は小型の自走式実験機として最少限の基本的な機構は装着できたと思われる。¹⁴⁾ 幸い、時を同じくして機械化研究所、島根大学農学部附属農場ほかがそれぞれ異なる型式の試作機を発表されるなど、各方面で研究をすすめていられるので近年中に収穫作業が機械化される可能性が高まった。品種改良や栽培分野の研究にも期待しながらさらに実用化をめざした収穫機開発の研究を推進すべきだと考えられる。

IV 摘 要

1 加工トマト収穫作業の省力化を目的にして信州大学農学部農場研究室において果実搬送機 (S K—38型, 1968年) と収穫機 (S U—73型, 1973年) を試作した。

2 果実搬送機はトラクタがけん引する 2 t 積のトレーラの左側へ着脱自在な長さ 5.3 m のベルトコンベアその他を取りつけたもので手作業によって選択採取した果実をコンベア等でトレーラに搬送しトレーラ上で計量箱詰を行なう機械である。

3 果実搬送機の使用によって収穫作業を構成する単位作業や微細動作は関連づけられ労働強度の軽減には役立ったが作業能率はわずかしき向上しなかった。

4 収穫機はクローラー自走式全面 1 畦処理後面排出型の一挙収穫専用機であり自走部にフィードローラ、フィードチェン、バーコンベアからなる掘上、ピックアップ、搬送装置とシフタ、排出速度調節用キャンバスからなる果実分離および茎の排出装置、逆転コンベア、スクレppa、排出板からなるきょう雑物分離装置、およびベルトコンベアまたはホイールコンベアを使用した果実収容装置その他を塔載している。

5 バーコンベアは先端部では場の表層を浅く切削しトマトの株を切断することなく掘り上げるとともに茎からはなれて地表にある果実も合わせてピックアップしてシフタへ搬送する。フィドローラ、フィードチェンはバーコンベアの作用を助ける。

6 シフタは揺動スライダクランク機構の連接棒と同様な振動を行ない果実を茎葉と分離すると同時に茎葉を機体の後部に排出する。

7 逆転コンベアはシフタ直下に装着された傾斜付きの広幅ベルトコンベアでシフタから落下する果実を果実収容部に転落させる。ベルトは果実の転落方向と逆方向に駆動され、土、石、枝葉等のきょう雑物を果実と分離する。

8 加工トマトは場で駆動性、株の掘上、ピックアップ、果実分離、茎の排出、その他について実験した結果、バーコンベアの傾斜角度、バーの速度、シフタの大きさ、逆転コンベアの大きさ、台車の規模その他に欠点を認めたが試作実験機として一応の成果を得た。

9 以上の結果、加工トマトの機械収穫は我国でも可能であり品種改良、畦型の改良など栽培分野からの研究、選果方法の研究と併行して収穫機開発のための研究を推進すべきだと考えられた。

V 附 記

本研究は1968年から1973年の間に信州大学農学部農場研究室において農場長高橋敏秋教授以下全農場職員の協力のもとになされたものである。

収穫機の機構については京都大学農学部農業工学科農用作業機械学研究室 川村登教授にご指導いただいた。

収穫機の製作は農場オペレーター北原英一技官、淵井正文技官、小林正技官に、または場実験はトマト栽培を担当された沢田正技官の労に負うところが多かった。

さらに、株式会社南信クボタからはコンバイン台車を寄贈していただき、原金物店には諸材料購入のためにほん走していただいた。

1968年の果実搬送機試作の際は協伸鉄工所に製作をお願いした。

全期間を通じてカゴメ株式会社 伊藤生産部長、深谷甲信越原料地区課長以下技術員諸氏から栽培、機械その他全般にわたって貴重な御意見を賜った。

本稿をまとめるにあたり高橋敏秋教授にご校閲いただいた。

以上記して深く感謝の意を表する。

VI 参 考 資 料

- 1) 有馬 博・中村怜之輔：加工用無支柱トマト栽培の省力化に関する研究，信州大学農学部紀要 Vol. 6, No. 2, (1969)
- 2) 長野県園芸特産課：加工用トマトの栽培労力（1964）
- 3) 阿部 勇（編）：トマトの無支柱栽培，農文協新書（1969）
- 4) 川延謹造：農業機械化技術，養賢堂（1966）

- 5) Stout B.A. and S.K. Ries : Development of a Mechanical Tomato Harvester, Agr. Eng., Vol. 41, No. 10 (1960) P 682~685
- 6) 深谷清夫 : アメリカの加工トマト栽培, 信州のそ菜, 長野県経済連, 1968.3
- 7) Sergio Di Ciolo • Massimo Zoli : Raccolta meccanica del Pomodoro; realizzazioni e provo 1970, RIVISTA DI INGEGNERIA AGRARIA, (1971)
- 8) 全購連農業機械部 : 水田作機械化のてびき, (1968)
- 9) 有馬 博 : 加工トマトの機械収穫に関する研究——果梗部の引張試験および振動による果実の落下試験——, 農業機械学会第32回総会講演要旨, (1973.4)
- 10) Stephenson K. Q. : Selective Fruit Separation for Mechanical Tomato Harvester, Agr. Eng., Vol. 45 No. 5 (1964) P 250~.
- 11) 中馬 豊 : 果実・野菜の理工学的諸特性 (その5), コールドチェーン技術, (1971.9)
- 12) 中村怜之輔・伊東卓爾 : 加工用無支柱トマト果実の比重による熟度選別に関する研究, 岡山大学農学部学術報告, No. 41, (1973.3)
- 13) 有馬 博 他 : 加工用トマトの茎葉および果実についての諸計測, 発表予定中
- 14) 信州大学農場研究室 : 加工トマト収穫機 (試作実験機) 発表検討会資料, (1973.9.13)
- 15) Knop J. G. : Packaged Farming—A new concept provides contract machine work from planting to harvest, Farm Quarterly. (1966) P. 99
- 16) Cargill B. F. and G. E. Rossmiller : Fruits and Vegetable Harvest Mechanization——Technological Implications, Rural Monpower Center (1969)

Studies on the Laborsaving Culture of Processing Tomato

II. On the Trial Fruits Conveyor and Mechanical Harvester

By Hiroshi ARIMA, Toshio TSUCHIYA, Kiyoshi FUKAYA,
and Reinosuke NAKAMURA

Laboratory of Experimental Farm, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Summary

1. For the purpose of the laborsaving of processing tomato harvest, a fruit conveyor and a mechanical harvester were constructed at the Laboratory of Experimental Farm, Fac. Agric., Shinshu Univ.

2. The fruit conveyor was constructed and tested in 1968, which consists of 5.3m long belt conveyor, bucket elevator and weighing machine. These parts were attached to tractor trailed wagon. Six hand-pickers followed the conveyor on foot and they put picked-up fruits on it, and there after the fruits were lifted to the weighing machine set on the wagon.

3. The application to this trial machine was useful for relief the hardness of work in combination with simple jobs and operations, however, it only resulted in slightly level-up of labor efficiency.

4. Recently, it is wide spreading to culture the suitable varieties for once-over harvest, for example, dwarf, small variation in the date of maturity of fruit on the plant and the narrow location of ripe fruits, instead of the long vine and large fruit varieties.

The tomato mechanical harvester referred in this report was designed for these new varieties.

5. The mechanical tomato harvester was constructed using the self-propelled crawler frame of a combine harvester for small lowland rice field, and it was tested in 1973. The minimum turning radius of the tomato harvester was 1.9m.

a) Pick-up mechanism ; Parts for root cutting were not necessary to be set because roots were drawn out by a bar-conveyor and a feed roller. The bar-conveyor was able to dig on the top of the bed 40mm deep.

b) Sifter ; Sifter was 1,230mm in width and 1,524mm in length. It was constructed of 12mm ϕ stainless pipe on 100mm centers. The bed was shaken just like a conrod of slider crank system, with about 250~300c/min. The horizontal stroke of the sifter was 60mm, while the value of vertical stroke was varied from the position of the bed. By the conrod like shaking, vines were discharged to backward of the harvester.

c) Dirt and foreign material discharge ; A flat belt 1,090mm wide was incorporated

at a 16-deg angle to the horizontal beneath the sifter bed to receive the fruit. The fruits rolled down into container. Dirt and foreign material discharged at the top as the belt moved up. Belt speed 12.7cm/sec was not enough.

6. The field tests were conducted mainly using KG127 variety at the Exp. Farm of Shinshu Univ. From these results of tests, it will be considered that the practical use of mechanical harvester for processing tomato is possible within a few years even under the relatively high humidity and the narrow field conditions like in Japan.