

## ラッキョウの機械収穫に関する研究(第2報)<sup>\*</sup> 試作引抜き式掘取機

岩崎正美<sup>\*\*</sup>・石原 昂<sup>\*\*</sup>・田中雄作<sup>\*\*</sup>

### Studies on Mechanical Harvesting of Baker's Garlic (II) Trial Lifting Type Digger

Masami IWASAKI,<sup>\*\*</sup> Akira ISHIHARA<sup>\*\*</sup> and Yusaku TANAKA<sup>\*\*</sup>

<sup>\*\*</sup> *Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture*

#### Summary

At the present time, the harvesting methods used for Baker's garlic bulbs cut off the root zone, together with loosening the sand with a digging blade attached to a power tiller.

The plants are then pulled up by hand and the surplus leaves are cut off with a sickle. Therefore, the lifting-type-diggers were newly designed and utilized for the mechanical harvesting of Baker's garlic, because of the advantage in positioning the bulbs for better cutting off of the leaves and roots.

The results of the test run of the trial diggers are summarized as follows.

1. The condition of the moisture content in the sand was found to be one of the most important factors affecting harvesting under the growing of leaves of Baker's garlic plants, as shown in Photo 4 (a) (b).
2. The position of the digging blade in relation to the grasping-point of the lifting belts influenced the operation of trial diggers.
3. The principles utilized in the design of the above trial diggers may have potential for the harvesting of other root crops such as garlic.

#### 1. 緒 言

ラッキョウの引抜きによる収穫は、第1報で報じたように種々の条件により左右されるが、すべての引抜きは困難で、特に生育不良な株において茎葉の破断を生じる。<sup>2)</sup>鳥取県岩美郡福部村では、収穫の補

助的作業として引抜く前に耕うん機アタッチメントの根切刃を砂中に進行させて、根群の切断を行っている。そして付随的に砂も膨軟となり引抜き抵抗力が低下する。本報では現行収穫作業に合わせて根群切断—引抜き—砂落し—調整—収納を機械化することを目的として、引抜き式掘取機の試作を行った。

※ 昭和51年10月 農業機械学会関西支部(岐阜)一部講演

※※農学部農用作業機械学研究室

作物体の茎葉を挟んで持ち上げる引抜き式掘取機は、主として欧米でエンジン、たまねぎあるいは砂糖大根収穫機<sup>1),3)</sup>などに应用、市販されているが、我が国では未だ実用化されておらず輸入品による実用化試験が行われている段階である。本方式による掘取機は茎葉をベルトで挟み搬送するため、搬送中における作物体の姿勢制御を行いやすく、茎葉の切断あるいは付着土の除去など掘取りに続く次の調整作業を比較的容易に行いうる利点をもつ。その反面立毛中の茎葉を挟んで持ち上げるため、茎葉が土壤中からの根部引抜き抵抗に抗しきれない条件を必要とし、このことは土壌および対象作物の物理的性質によって左右される。そこで著者等は、引抜き式掘取機の試作を行い圃場における試運転を通じて、本方式におけるラッキョウへの応用の可能性と、作物体(ラッキョウ)、土壌(砂)、および試作機(機械)の3者間における問題点を把握しようとし一部その基礎実験を行った。試行錯誤の繰り返しによるものであり、実用化には遠いが、あえてここに報告し大方の御叱正を仰ぎたい。

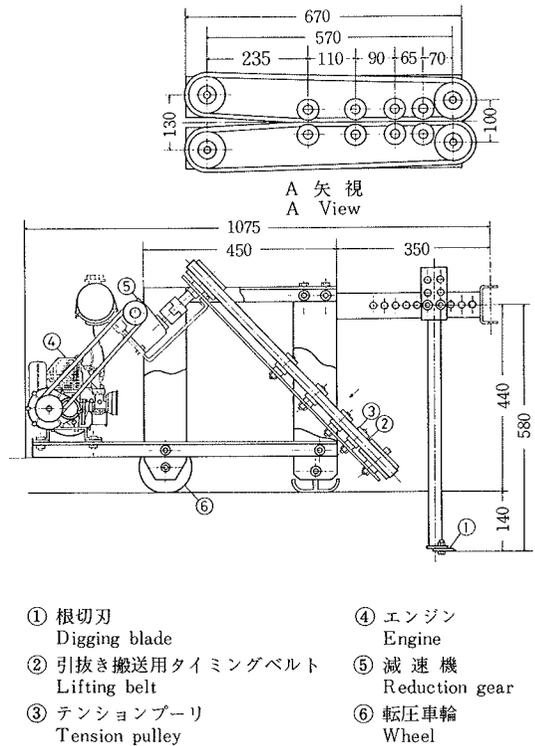
本実験にあたっては、本学付属砂丘利用研究施設佐藤一郎、山根昌勝両先生の適切な御指導、かつ試験圃場の御便宜をいただいた。ここに厚く感謝いたします。また試作にあたっては(株)マルナカ製作所岩本吉造氏の御好意によるところが大きい。さらに本研究室卒業生岡野浜二、芋生裕志、水本雅也諸氏および実験全般にわたり文部技官米岡弘明氏の御協力を得た。なお本研究の一部は、昭和50年度文部省科学研究費によるものである。

## 2. 試作1号機

1. 構造 試作1号機の概略図を第1図に示す。耕うん機アタッチメント形式とし、要部は根切刃①と引抜き搬送用タイミングベルト(以下搬送ベルトと省略)②および②を駆動するエンジン④である。本機は立毛中のラッキョウを機械によって引抜くことに主眼をおき、調整部については考慮しなかった。

根切刃①は平刃で、切削幅20cm、対地傾斜角度0°とし、切削深さ14~20cm間および搬送ベルト②との位置関係を自由に変更できる。

搬送ベルト②は茎葉との摩擦力および茎葉の破断



第1図 試作1号機

Fig.1. Trial lifting type digger (1).

を防ぐなどを考慮して厚さ10mmのスポンジを貼付した。対地傾斜角度は45°で固定し、茎葉を挟んで引抜くとき、引抜き抵抗に抗しよう8個のテンションプーリ③を設け搬送ベルト間の締付け力を調整できる構造とした。

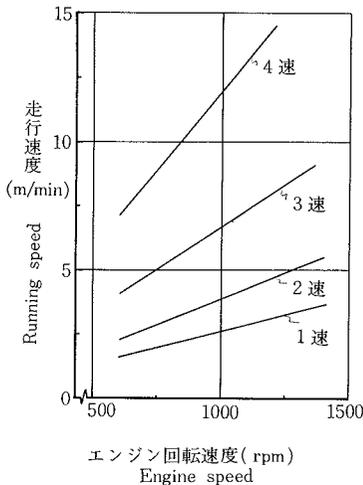
動力伝達は耕うん機と別個に2サイクルガソリンエンジン(1.3ps/6,500 rpm)④を積載し、ウォームギヤによる減速機(1/30)⑤を使用して、タイミングプーリにより片側の搬送ベルトのみ駆動させた。他方の搬送ベルトはテンションプーリの締付けにより摩擦力で駆動される。

試作機をけん引する耕うん機はディーゼルエンジン(8.5ps/2,400 rpm)を積載しており、走行部は砂丘地であることおよび低速を得たい理由からクローラを装着した。第2図にコンクリート路面におけるエンジン回転速度と走行速度の関係を示す。

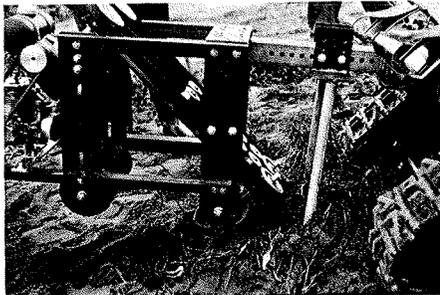
2. 試運転結果と考察 試運転は本学付属砂丘利用研究施設のラッキョウ圃場で行った。試運転毎に多

くの問題点を生じ、そのつど対策を検討し可能な改良を加えるという試行錯誤を繰り返した。

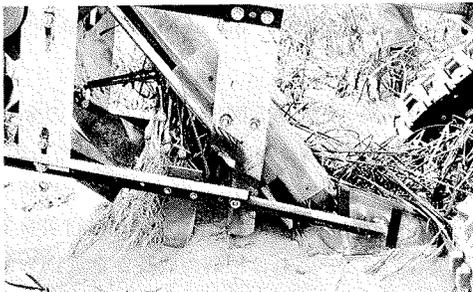
まず、茎葉を搬送ベルトで挟んで持ち上げるまでのいわゆる前処理部に問題点を生じた。すなわち前



第2図 走行速度とエンジン回転速度  
Fig.2. The Relationship between running and engine speeds.



(a) 改良前  
Original type



(b) 改良後

Improved type: Lifting belt cover and divider board were attached

写真1 試作1号機試運転状況

Photo. 1. Test run situation of trial digger (1).

述のように根切刃は、切削深さおよび前後方向に移動可能な構造としたが、根切刃の設定を写真1(a)に示すように搬送ベルト②の挟み位置よりも前方にしたとき、ラッキョウの根群とくに側根のために、砂表面の鉛直方向の盛り上がりが大きくなった。そのため、茎葉の挟み部である地表に最も近いタイミングで砂が覆った。その結果、搬送ベルトに砂をかみ駆動不能となった。また砂の盛り上がりによって、茎葉も共に動き搬送ベルト間に茎葉が挟まれない現象を生じた。これらの対策として、

(1)根切刃を茎葉挟み位置よりも後方に設定する。

(2)側根用根切刃の装着

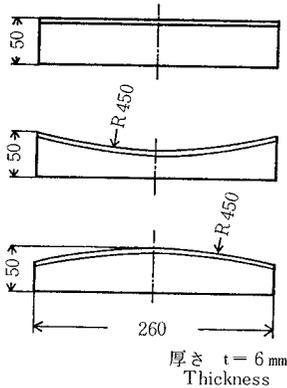
(3)倒伏あるいは傾斜している茎葉を集草して、搬送ベルト間に案内するための集草板の装着。

(4)搬送ベルトカバーの装着

などが挙げられ、(2)~(4)を付加した。(1)については茎葉の最大引張力  $P_{max}$  (kg) に至る以前に根群の切断を行うのでなければ、茎葉破断を生じること、さらに搬送ベルト先端の挟み位置の地上高の設定とも関連して、根切刃と搬送ベルト挟み位置との最適な関係を見出すことが本方式の掘取機開発上重要な課題であると考えられた。

また本試作機は、独立したエンジンを積載したため、耕うん機の走行速度と搬送ベルト速度間の調整に困難を生じた。この調整と前項(1)~(4)の設定がうまく行われたとき、一部で連続的に持ち上がり搬送が可能であったが、このとき圃場含水比の相違によって著しく影響された。すなわち乾燥状態では、根群への砂付着はほとんどなく、写真1(b)に示すように持ち上がるが、降雨直後では根群への砂付着が特に多く、根切刃を通過して持ち上がったのち、根切刃によって成形されたまま根群に付着した砂の影響で茎葉が破断した例が多く、砂の除去対策の必要に迫られた。

3. 根切刃による砂表面の挙動 試作1号機の試運転結果から、搬送ベルト先端の茎葉挟み位置と、その傾斜角度および根切刃との位置関係を明らかにする目的で、根切刃のみを土壌中に進行させたときの砂表面の挙動(鉛直変位)を測定した。根切刃は第3図に示すような3種を試作した。鉛直変位を検出するため、巻線型ポリウムをかいた地表の上下動



第3図 根切刃

Fig. 3. The experimental digging blade used for the vertical displacement of sand surface.

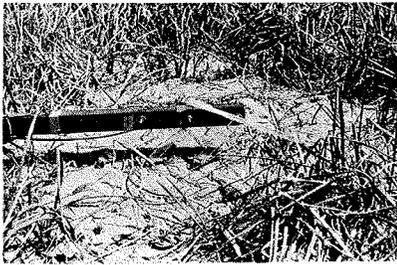
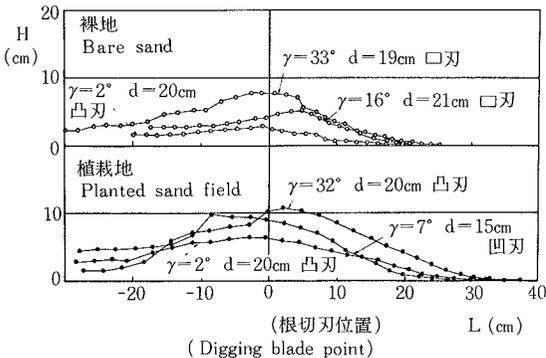


写真2 地表変位検出部設定状況

Photo. 2. Measurement of sand surface displacement.

に追従するセンサー3個と根切刃の位置を検出するセンサー1個を試作して写真2に示すように圃場に設定した。圃場は砂丘裸地とラッキョウ植栽地で、後者の場合はナイフにて茎葉を切断した後設定した。切削深さ  $d$  を14~20cm, 根切刃傾斜角度  $\gamma$  を0~30°間で変化させた。第4図に結果の一例を示す。根切



第4図 根切刃による砂表面変位

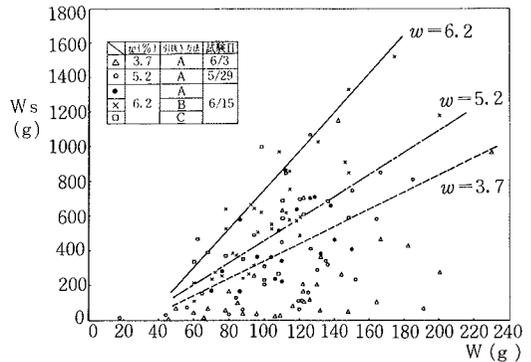
Fig. 4. The relationship between horizontal distance (L) and vertical displacement of sand surface (H) by the digging blade.

刃のけん引は、前項の耕うん機で行ったため、切削深さ  $d$  および根切刃傾斜角度  $\gamma$  等に正確を欠くが結果の概要を以下に述べる。

根切刃の先端上方における砂表面の鉛直変位  $H$  (cm) は、刃傾斜角度  $\gamma$  (度) に有意差が認められたが、刃形状間には有意差が認められなかった。また切削深さ  $d$  (cm) の増加と共に  $H$  は減少する傾向が認められた。そして植栽地では裸地に比べて根群の影響により、平均値差で約3cmの  $H$  の増加が認められた。

根切刃の先端から前方水平距離  $L$  (cm) の位置で表面変位が始まるとすれば  $L$  は、刃傾斜角度  $\gamma$  および切削深さ  $d$  の増加と共に大きくなり、 $d=13\sim 21\text{cm}$  の範囲では  $L=20\sim 30\text{cm}$  の範囲が多かった。そして植栽地は裸地よりも重回帰分析の結果約7cm程度  $L$  が大きくなった。

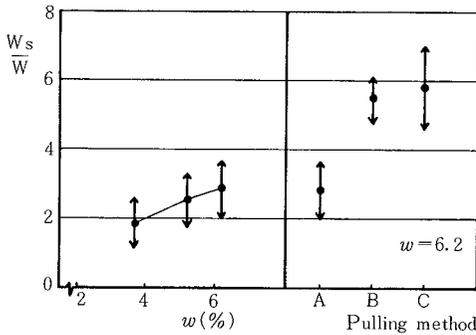
4. 根群への砂付着量 引抜きが可能である場合根群には砂の付着を生じる。ここでは圃場の含水比および引抜き方法によって砂付着量がどのように影響



第5図 根群への砂付着量

Fig. 5. The relationship between sand weight of root zone ( $W_s$ ) and weight of Baker's Garlic ( $W$ ).

されるかを調べた。第5図は、ラッキョウの全重量  $W$  (g) と砂付着量  $W_s$  (g) との関係を示したもので含水比  $w$  (%) は地表面下10~20cmまでの平均値で示した。同図より全重量  $W$  の増加と共に砂付着量  $W_s$  も増加している。これは根群の成長が全重量  $W$  と高い相関にあることをうかがわせる。第6図は、ラッキョウの全重量  $W$  に対する砂付着量  $W_s$  の割合  $W_s/W$  を含水比  $w$  および引抜き方法別に母平均95%の信頼区間を示したものである。含水比  $w$  の増加と共に、



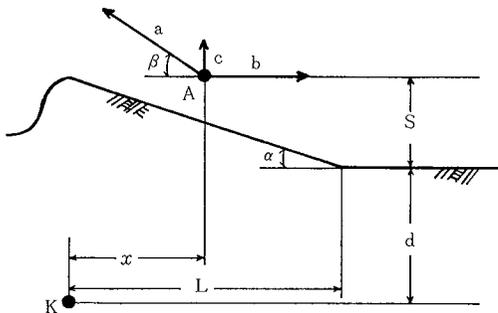
第6図 根群への砂付着割合

Fig. 6. Relation among  $W_s/W$ , moisture content ( $w$ ) and pulling method.

$W_s/W$ も増加傾向がみられる。そして含水比  $w$  一定のもとで、引抜き方法別にみると、立毛状態のままでの引抜き方法(A)が最も少なく、球根底部より地表面までの砂をとり除いた方法(B)あるいは、株を中心として両側10cm、切削深さ20cmの位置で側根刃を通過させたのちの方法(C)による引抜き等、引抜き方法(A)による引抜きに比べてより引抜き容易となるよう砂に何らかの作用を加えると逆に根群への砂付着割合  $W_s/W$  は増加するという結果となった。

## 2. 試作2号機

1. 構造 試作1号機をもとにして生じた問題点や前述の若干の基礎実験を通じて2号機を試作した。設計にあたり特に前処理部である茎葉挟み位置と根切刃との位置関係について検討した。



第7図 根切刃と茎葉挟み位置関係

Fig. 7. Schematic diagram of the relation between digging blade point (K) and grasping point of lifting belt (A).

第7図において、根切刃Kによって砂表面は  $\alpha$  の角度をもって距離  $L$  (cm) より直線的に盛り上がり

する。茎葉の挟み位置Aより  $\beta$  の角度をもつ搬送ベルトの速度を  $a$  (cm/s), 耕うん機の走行速度を  $b$  (cm/s) 根切刃によって鉛直上方に押し上げられるラッキョウの速度を  $c$  とする。いまA点において茎葉が挟まれたとすると  $t$  秒後の搬送ベルトの鉛直変位は、 $a \sin \beta \cdot t$  で表わされ、一方根切刃によるラッキョウの鉛直変位は、 $c \cdot t = b \tan \alpha \cdot t$  となり、この二つの差が引抜きによる茎葉の破断に至るまでの鉛直変位  $X_p$  (cm) よりも少ない変位内で根切刃Kが、その球根直下を通過すれば引抜き可能であると仮定すれば、鉛直変位  $X_p$  (cm) および根切刃Kと茎葉挟み位置Aとの水平距離  $x$  (cm) は、

$$X_p > (a \sin \beta - b \tan \alpha) \cdot t \dots\dots\dots ①$$

$$x \leq b t \dots\dots\dots ②$$

また、ラッキョウをほぼ鉛直上方に引抜くとすれば、

$$b \doteq a \cos \beta \dots\dots\dots ③$$

地表面から茎葉挟み位置Aまでの高さ  $S$  は、

$$S > (L - x) \tan \alpha \dots\dots\dots ④$$

の各条件を満足しなければならない。

ここで  $X_p$  は前報より母平均の95%信頼区間で0.9~1.9cmの範囲、また搬送ベルトの傾斜角度  $\beta = 35^\circ$  砂表面の盛り上がり角度  $\alpha = 18^\circ$ 、根切刃からの距離  $L = 30$  cmと仮定したとき、 $x < 2.4 \sim 5.1$  cmとなる。しかし前報の引抜き試験機による  $X_p$  は茎葉の持ち上がり始めから根群に張力がかかっており、一方試作機の場合は茎葉の挟み位置において強制的な茎葉送り込み装置をもたないために、搬送ベルトに挟まれる茎葉は、進行方向への倒伏に近い状態と考えられ、ここでは  $x = 5 \sim 15$  cmの範囲に設定できるようにした。このとき挟み位置での砂表面の鉛直変位は、3.3~6.5cmの範囲となり挟み位置高さ  $S$  を10cmとした。

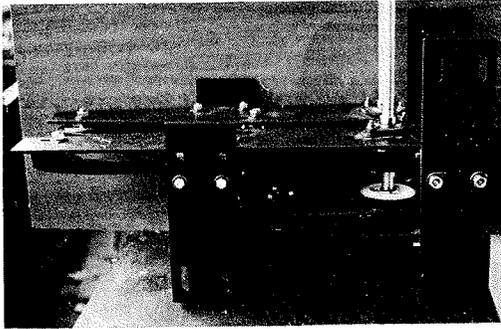
さらに1号機で対処できなかった次の諸点を考慮した。

(1)動力取出しを耕うん機のエンジンより得る。

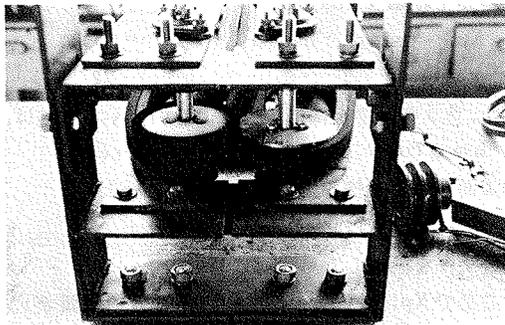
(2)タイミングプーリをB型Vプーリとし搬送ベルトは両側とも駆動し、テンションプーリの焼付けを防ぐため各プーリの両端にベアリングを装着する。

(3)砂落とし装置を取りつける。

(4)荒ラッキョウへの調整作業すなわち茎葉と根群の切断装置を取りつける(写真3(a)(b))。



(a) 調整部全景  
Side view



(b) 根群切断刃と受刃  
Rotating knife and passive edge for root zone

写真3 調整部

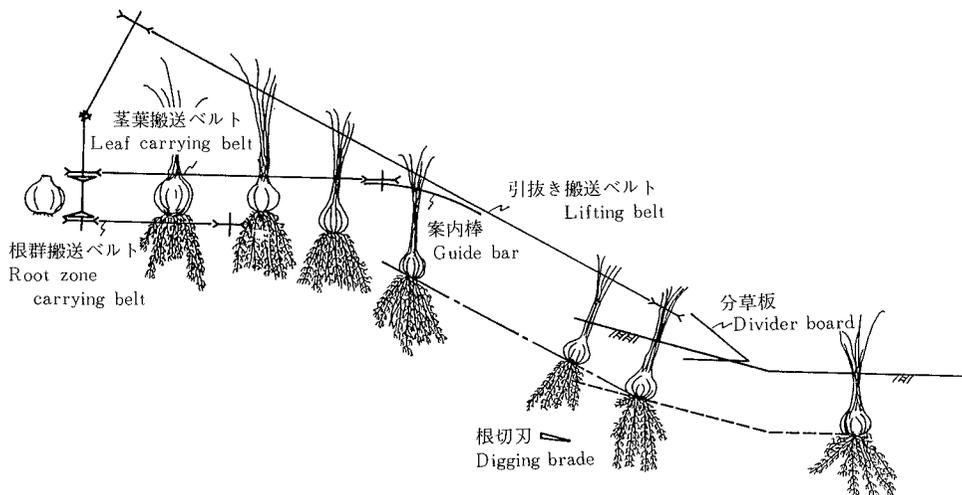
Photo. 3. Device for the cutting off of leaves and root zone.

収穫模式図を第8図に、試作2号機の概略図を第9図に示す。同図において搬送ベルト③によって持ち上げられたラッキョウ根群の砂は、砂落し板により落とされる。砂落し板は揺動軸⑦により円弧運動となる。その後、案内棒⑤により茎葉搬送ベルト⑥に挟みかえられたのち、根群搬送ベルト⑧により根群も挟まれる。このとき搬送ベルト③は、テンションプーリをゆるめているためラッキョウへの拘束力をもたない。茎葉および根群を挟んだまま搬送されたラッキョウは、⑩および⑪のナイロン受刃と、搬送速度と同じ周速度の回転刃により約6cmに切断される。

動力は耕うん機より取り出し、機体走行速度と方向、搬送ベルト速度と方向の合成によりラッキョウがほぼ鉛直上方へ引抜かれるよう、ギア比およびプーリ径を決定した。

2. 試運転結果と考察 試運転は本学附属砂丘利用研究施設圃場および岩美郡福部村で行った。1号機と同じく試運転毎に多くの問題点を生じた。以下にその概略を述べる。

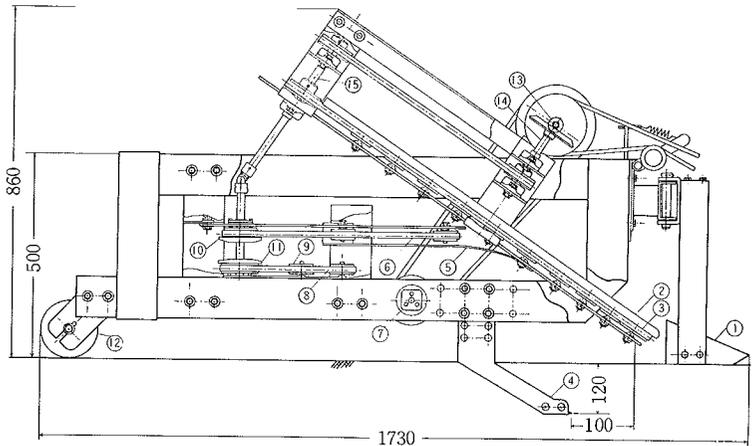
(1)乾燥時の圃場水分状態においては、引抜き搬送までの連続運転が可能であった。しかし含水比の多いとき砂落し装置の効果はまったくなく、逆にラッキョウをひきずり落す結果となった。(写真4(a)(b))。



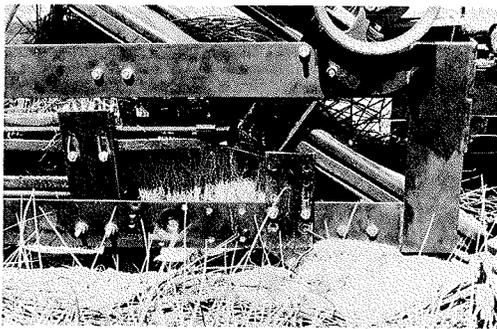
第8図 収穫模式図

Fig.8. Schematic diagram of harvesting of Baker's garlic bulbs.

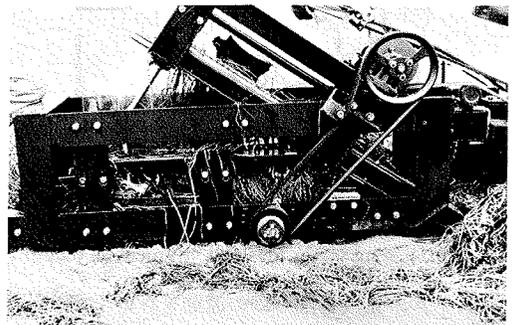
- ①分草板  
Divider board
- ②ベルトカバー  
Velt cover
- ③引抜き搬送ベルト  
Lifting belt
- ④根切刃  
Digging blade
- ⑤案内棒  
Guide bar
- ⑥茎葉搬送ベルト  
Leaf carrying belt
- ⑦砂落し用揺動軸  
Shaking shaft
- ⑧根群搬送ベルト  
Root zone carrying belt
- ⑨テンションプーリー  
Tension belt
- ⑩茎葉切断用受刃  
Passive edge for cutting of leaf
- ⑪根群切断用受刃  
Passive edge for cutting off of root zone
- ⑫転圧輪  
Wheel
- ⑬第1中間軸  
Counter shaft (1)
- ⑭第2中間軸  
Counter shaft (2)
- ⑮第1駆動軸  
Drive shaft (1)



第9図 試作2号機  
Fig.9. Trial lifting type digger(2).

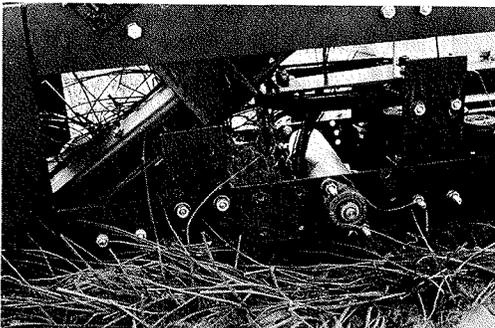


(a) 乾燥圃場状態  
Dry field condition



(c) 調整部へのつまり  
Clogged by sand and Baker's garlic  
写真4 試作2号機試運転状況

Photo. 4. Test run situation of trial digger (2).



(b) 湿潤圃場状態  
Wet field condition

(2)茎葉抜き位置近くのフレームに作業中砂が推積し、これが搬送ベルト先端にまでおよび1号機と同じく駆動不能になった。(写真4(c))。

(3)案内棒によるラッキョウの姿勢制御が不完全で、茎葉搬送ベルト間に球根を挟むことがあった。(写真4(a))。

(4)切断された球根は回転刃から分離されなかった。そして切断された茎葉と根群も切断調整部から分離されず停滞した。(写真4(c))。

これらの対策として砂落とし装置をとりはずし、根切刃は第10図に示すような4種類を試作した。また

なお、試作1号機は昭和49年に設計・試作し、昭和50年の収穫期に試運転を行った。試作2号機は昭和50年7月より設計・試作にとりかかり昭和51年に試運転を行ったものである。

#### 4. 摘 要

現行作業形態に合わせたラッキョウ収穫の機械化を目的として、引抜き式掘取機の試作を行った。試運転および一部基礎実験の結果概要は次のとおりである。

1. 試作機における引抜きは、圃場条件特に含水比によって著しく影響をうけた。乾燥時には、引抜き搬送が可能であったが、含水比の高い状態では根群への連続した砂付着により、引抜きが困難であった。

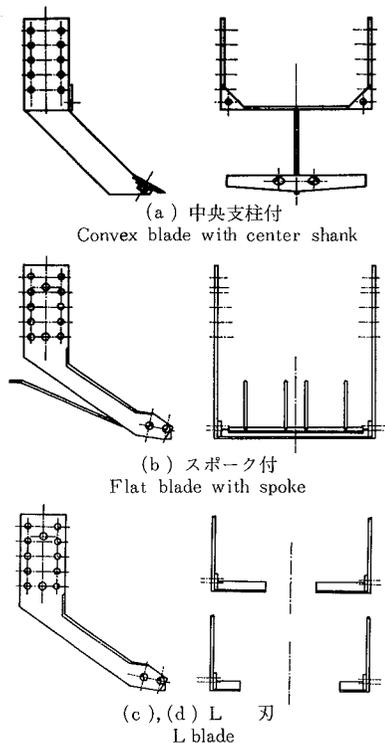
2. 根群への砂付着量を圃場含水比別にみた結果含水比  $w$  が3.7~6.2%へ増加するに伴って、ラッキョウ全重量  $W$  (g) に対する砂付着量  $W_s$  (g) の割合  $W_s/W$  は1.9から3.0へ増加した。そして同一含水比では、砂中に刃を通過させることによって立毛状態のまま引抜くときよりも約2倍多くなった。

3. 根切刃と茎葉挟み部との位置関係の重要性を見出して根切刃による土壌表面の挙動について検討した。

4. 根群が発達しているため側根用根切刃の装着がラッキョウ収穫機械にとって必要である。

#### 参 考 文 献

1. Armer, A. A. 1953. A harvester for Ireland's sugar beets. *Agr. Eng.* 34:312-314.
2. 岩崎正美・石原 昂. 1977. ラッキョウの機械収穫に関する研究(第1報). 鳥取大学農学部砂丘研究所報告. 16:35-42.
3. Pori, W. L. and Price Hobgood. 1970. Mechanical harvester for fresh market onions. *TRAN. ASAE.* 13:517-522.



第10図 根切刃(試作2号機用)

Fig. 10. Digging blade for trial lifting type digger (2).

フレームの先端を削り砂の流動を行いやすくしたが圃場含水比の高い状態での根群への砂落としの解決策を具体化できないままに終わった。

以上、引抜き方式の掘取機のラッキョウへの応用は、調整作業を行いうる利点をもつが多くの解決すべき問題点を有し、なかでも根群が非常に発達しているため、砂落とし装置あるいは、根群への砂付着を少なくし、かつけん引抵抗力の小さい根切刃の開発を必要とする。