

# 中型トラクタ用弾丸暗きょせん孔機の試作研究

小嶋和雄\*・村田 敏\*・土居栄城\*・篠崎浩之\*\*

(\* 農学部農業機械学研究室)

(\*\* 高知県農林技術研究所)

## On the Trial Production of the Mole Plow for the Middle Size Tractor.

K. KOJIMA\*・S. MURATA\*・E. DOI\*・H. SINOZAKI\*\*

(\* *Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture*)

(\*\* *Kochi Prefectural Institute of Agricultural & Forest Science*)

### I. 緒 言

最近農業構造改善事業の進展にともない、水田区画の拡大が各所で行なわれつつあるが、水田区画の拡大は生産性の向上にはその効果が認められるが、かんがい水の管理面では必ずしも良い面ばかりとはかぎらず、かえって不利な面もあらわれてくる。

水田の区画が広ければ広いほど、急速なそして均一な排水は困難になり、また水田基盤整備のためブルドーザなどの走行による土の踏固めにより排水不良の現象があらわれてくる。

水稻の刈取時または刈取あとの排水不良はトラクタ、コンバインなどの利用に支障をきたすようになる。

この対策としては必ず暗きょ排水が取り上げられ、福岡県三瀬町、八郎瀧干拓地では各種の暗きょによる排水効果の試験がなされているが、トラクタの利用がすすみだした現今では、トラクタによる弾丸暗きょのせん孔は、耐久力は多少劣るが、トラクタのはん用性の向上、労働力の軽減、無資材、迅速性に富むなどの諸点からみて最も合理的であると思われる。

勿論弾丸暗きょはこれまでの成果から、現在の排水不良田に適用して十分な効果をあげうことは申すまでもない。

元来弾丸暗きょは地下水排除のため、資材暗きょの簡易型、または代用として施工されていて、昭和22年に森ら<sup>1)2)</sup>の昭和32年から35年にかけて庄司らの研究<sup>3)4)5)6)</sup>があるが、いずれもウインチによる巻取式のせん孔機の機能や、きょ孔に関する調査研究である。

トラクタ用弾丸暗きょせん孔機に関しては、筆者らが行なった研究<sup>7)8)9)10)11)</sup>があり、油圧駆動により暗きょにこう配をつけるせん孔機の試作研究<sup>12)</sup>も行なった。しかしながらこれは地表下50 cm内外のところをせん孔する目的の大型トラクタ(35 PS. 1.5 t以上の装軌型)用のせん孔機である。

最近大型トラクタの普及も次第に増加の傾向を示しているが、15~25 PSの中型トラクタの普及が目覚しく、農業機械市場調査研究会の調査<sup>13)</sup>によると、昭和39年には8,452台におよび、35 PS以上の7,229台を上回るようになった。

前述のように弾丸暗きょはもともと地下水排除を目的としたものであるが、筆者らは普及度の高い中型乗用トラクタを用い、地表下50 cm以下の浅いせん孔により、地表水の急速な排除を主目的とした弾丸暗きょせん孔機を試作しようとするものである。

そこでききに試作した大型トラクタ用せん孔機より、後部円すい体の直径を小さくし2, 3の部材の寸法も幾分縮小して中型トラクタでもけん引出来るような構造とした。



弾丸体の先端は、油圧力で上方に引き上げる関係上、常に下向力を受けるように、円筒型の上部をななめに切削した型とした。この先端部は取り替えるようになっていて、第3図のような角度をもつ先端部を作製し、先端角度とけん引抵抗力の関係を調査することにした。

試作せん孔機の外観は第4図のようである。

(2) 弾丸体引上力の算出

当せん孔機は前述のように、せん孔しながら弾丸体を上方に引き上げ、暗きょに自動的にこう配をつけ排水を迅速ならしめる計画なので、弾丸体およびシャックを引上げるための力を算出し、必要油圧力を計算してみた。

室内実験の結果<sup>9)</sup> から直径4 cm、スカート長8 cmの弾丸体で、せん孔深22 cmの水平分力は約190 kg、垂直分力は約80 kgなので、合力の作用角 $\theta$ は、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\text{垂直分力}}{\text{水平分力}} = \tan^{-1} \frac{80}{190} = \tan^{-1} 0.421 \approx 23^\circ$$

この作用角はせん孔深が22 cmの場合であるので、せん孔深がこれよりも大となると作用角も大きくなると思われるが、水平分力も増大するので、作用角はさほど大きくならないと思われる。実際の作用角は全く不明なので安全のため作用角は30°と仮定する。

また合力の作用点は不明であるが、水平分力は弾丸体の中心線上にかかるものと仮定し、垂直分力は弾丸体引上点つまりシャックの中心線上にあると仮定すれば、合力の作用点は両線の交点となる。

弾丸体を引き上げる場合のシャックとビーム間の摩擦抵抗は第1図の2の上下2つのローラーで軽減するようにする。ローラーは半径 $d$ なるローラー軸上を回転するようになっている。

いま、

$P_1$  : 弾丸体に作用する水平分力(せん孔抵抗) (kg)

$P_2$  : 上部ローラー軸にかかる力 (kg)

$P_3$  : 下部ローラー軸にかかる力 (kg)

$l_1$  : 水平分力の作用点と下部ローラー軸心の距離 (cm)

$l_2$  : 上下ローラー軸心間の距離 (cm)

$U_0$  : 全引上所要力 (kg)

$U_1$  : 弾丸体に作用する下向分力 (kg)

$U_2$  : 上部ローラーの摩擦力 (kg)

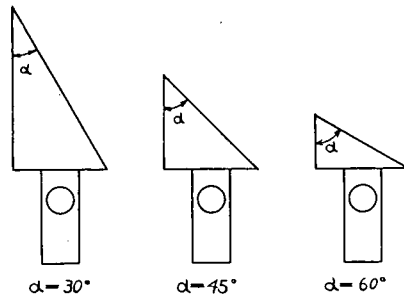
$U_3$  : 下部ローラーの摩擦力 (kg)

$\theta$  : 抵抗合力の作用角

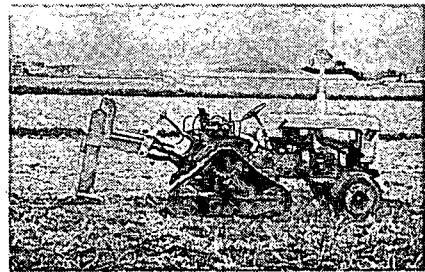
$W$  : せん孔体の重量(弾丸体およびシャックの重量) (kg)

$d$  : ローラー軸の半径 (cm)

$r$  : ローラーの半径 (cm)



第3図 供試弾丸体の先端部の種類



第4図

$\mu$  : 境界摩擦係数

$f$  : ころがり摩擦係数 (cm)

とすると,

$$P_1 l_1 = P_2 l_2 \quad \therefore P_2 = P_1 l_1 / l_2$$

$$P_1 + P_2 = P_3$$

$$U_0 = U_1 + U_2 + U_3 + W$$

$$U_1 = P_1 \tan \theta$$

$$U_2 = \frac{d}{r} \mu P_2 + \frac{f}{r} P_2$$

$$U_3 = \frac{d}{r} \mu P_3 + \frac{f}{r} P_3$$

$$\therefore U_0 = P_1 \tan \theta + P_2 \left( \frac{d}{r} \mu + \frac{f}{r} \right) + P_3 \left( \frac{d}{r} \mu + \frac{f}{r} \right) + W$$

$P_1$  は室内実験結果<sup>8)</sup> では、直径 4 cm, スカート長 4 cm, 先端角 45° の弾丸体で、せん孔深 22 cm の場合 170 kg を示す。

せん孔抵抗は弾丸体の直径、せん孔深に大体比例する傾向がある。

当試作機の弾丸体 (後部円すい体) の直径は 8 cm, せん孔深は最大 50 cm とするので、 $P_1$  が弾丸体の直径、せん孔深に単純に比例するとすれば、約 782 kg (170 kg × 2 × 2.3) となる。

次にスカート長の増加によるせん孔抵抗の増加は、室内実験結果でもあまり明らかでないが、スカートの周面積 12.6 cm<sup>2</sup> につき約 2.5 kg 増加しているようである。当試作機の弾丸体および後部円すい体のスカートの周面積は約 712.5 cm<sup>2</sup> になるので、スカートによる摩擦抵抗はその周面積に比例するとしてその増加分を計算すると約 132 kg となる。

弾丸体の水平分力とスカートによる摩擦抵抗の増加分を加えた全せん孔抵抗は約 914 kg となる。

せん孔体の重量すなわち弾丸体とシャンクの重量 ( $W$ ) は、硬鋼の単位体積の重量を 0.0079 kg/cm<sup>3</sup> とし、シャンクは幅 18 cm, 厚さ 1.5 cm, 長さ 85.5 cm の平板, 弾丸体は簡単のため直径 5 cm, 長さ 30 cm の円筒型, 後部円すい体は直径 8 cm, 長さ 14 cm の円筒型として計算すると約 28 kg となる。

いま  $P_1 = 914$  kg,  $l_1 = 60$  cm,  $l_2 = 28$  cm,  $d = 1$  cm,  $r = 2$  cm,  $\mu = 0.03$ ,  $f = 0.03$  cm,  $\theta = 30^\circ$  とすると,

$$P_2 = 914 \times 60 / 28 \doteq 1959 \text{ (kg)}$$

$$P_3 = 914 + 1959 = 2873 \text{ (kg)}$$

$$U_1 = 914 \times \tan 30^\circ \doteq 528 \text{ (kg)}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \times 0.03 \times 1959 + \frac{0.03}{2} \times 1959 \doteq 59 \text{ (kg)}$$

$$U_3 = \frac{1}{2} \times 0.03 \times 2873 + \frac{0.03}{2} \times 2873 \doteq 86 \text{ (kg)}$$

$$U_0 = 528 + 59 + 86 + 28 = 701 \text{ (kg)}$$

引上力としてはこの外、ビームとシャンク側壁の摩擦力、引上用滑車の摩擦力、またせん孔抵抗の増大などのため安全率を 2 以上見込み 1.5 ~ 2 t ほど必要となる。

当試作機は油圧力 2 t の油圧シリンダ (シリンダ直径 6 cm, ストローク 22 cm) を取り付けた。この油圧シリンダの作動で弾丸体は 20 cm 昇降することになる。

III. ほ場実験方法

(1) ほ場条件

ほ場実験は高知県農林技術研究所（南国市大浦）の水稲刈跡田で，昭和40年11月4日行なった。供試ほ場の土層部（深さ20 cm くらいまで）の土壌の物理性は，第1表のようで，土性はU. S. P. R. A法の三角座標により分類するとロームに属する。その下部は厚さが一定しない粘土質の層があり，約40 cm 以下は砂れきの混入が多くなる。

実験時の土壌水分はやや多く，比較的やわらかい状態を示す。

降雨があると一時的に地下水位が高くなり，時には地表下10~15 cm に達することがあるが，通常は2~3 m もしくはそれ以上低い。

第1表 土 壌 の 物 理 性

真 比 重			2.50	含 水 比 (%)	50.4	
粒 度 分 析 (%)	れ き	2.00 > mm	1.2	孔 げ き 率 (%)	62.4	
	粗 砂	2.00~0.25	16.5	土 地 表 下 5cm 硬 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	0.53	
	細 砂	0.25~0.05	30.7		10	0.66
	シルト	0.05~0.005	35.0		15	0.50
	粘 土	0.005 <	16.6		20	0.36

(2) 実験方法

トラクタはヤンマートラクタYM18A型（協和農機株式会社製作）を半装軌型に改造したもの（推定重量1.2 t，けん引力1 t，馬力18 PS）を供試した（車輪型を半装軌型に改装したため諸元はYM18A型と相当異なるので削除する）。

トラクタの走行速度は第1速（約0.25 m/s），第2速（約0.50 m/s），第3速（約0.86 m/s）の3種とし，エンジンの回転数はできるだけ定格回転数（2000 rpm）をたもった。

弾丸体のせん孔深は地表面下25, 30, 50 cm の3種とした。25, 30 cm の場合は油圧シリンダを 작동させて，せん孔しながら弾丸体を引き上げて暗きょにこう配をつけたが，50 cm の場合は地表下40 cm くらいのところに砂れき層が存在したため，こう配をつけ得ず，水平せん孔に止めた。

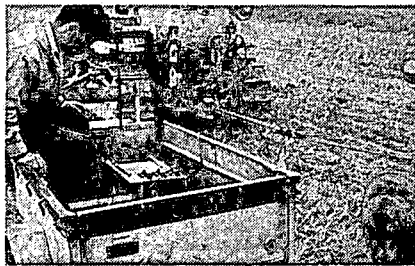
なお暗きょのこう配はフローチェックバルブのコントロールにより自由に変化させ得ることは過去の実験<sup>12)</sup> で判明しているため，本実験ではチェックバルブの開度を一定とし，車速を変えることによりこう配をどれほど変え得るかを調査した。

けん引力の測定試験は水平せん孔時測定した。測定方法はせん孔機を装着したヤンマートラクタを，コマツトラクタ（D30型）でけん引し，負荷時（せん孔時）のけん引抵抗より，無負荷時のけん引抵抗（ヤンマートラクタのみの走行抵抗）を差引き，せん孔機のみけん引抵抗を算出した。けん引力は両トラクタの間にロードセル（容量3 t）を取付け，自動平衡記録計により記録した（第5図，第6図参照）。

けん引車（コマツトラクタ）の走行速度は第1速（約0.27 m/s），第2速（約0.56 m/s），第3速（約0.80 m/s）の3種とし，エンジンの回転数はできるだけ定格回転数（1800 rpm）をたもつようにした。



第 5 図



第 6 図

## IV. 実験結果および考察

## (1) 暗きょのこう配

ほ場の一辺に沿って集水きょを掘り、これと直角方向に始めの深さ 25, 30, 50 cm の 3 種類のせん孔を行なった。

せん孔を開始して 2~3 m くらいは、弾丸体を引き上げることなく水平せん孔をし、その後上昇を開始した。

前述のように弾丸体の上昇速度はフローチェックバルブの開度を調節することにより、自由に定めることができるが、今回の実験はチェックバルブの開度を一定にし、せん孔速度により暗きょのこう配が如何になるかを主目的とした。15~20 m 走行した結果は第 2 表のようである。

第 2 表 暗きょのこう配

車速	速度 (m/s)	始めの深さ (cm)	せん孔距離 (m)	高低差 (cm)	こう配
1	0.25	30	13.0	10	1/130
2	0.50	25	17.5	3	1/550
3	0.86	30	17.3	2	1/865

せん孔深 50 cm の場合は、前述のように深さ 40 cm ぐらいのところには砂れき層が存在し、このため弾丸体引上力が増し、その反力によりトラクタの前部が持ち上がり弾丸体の引き上げは出来なかった。しかしながら水平せん孔は十分可能であった。

以上の結果から、中型トラクタ (15~18 PS, ただし半装軌型) でも弾丸暗きょせん孔作業ができ、しかもチェックバルブの操作をせず、車速の変化のみで暗きょのこう配を 1/130~1/870 まで変えうることが判明した。

ほ場条件が良ければ、深さ 50 cm の場合も暗きょにこう配をつけることも可能と思われる。

## (2) 走行速度と走行抵抗

ヤンマートラクタの走行抵抗が、走行速度によりどのように変化するかしらべたものであり、当実験の目的に直接関係はないが、せん孔機を取付けたヤンマートラクタをけん引車 (小松トラクタ D30型) でけん引して、試作せん孔機の抵抗を測定する方法を採用したので、ヤンマートラクタの走行速度と走行抵抗の関係を知る必要がある。

せん孔機を空中に保持し、ヤンマートラクタの変速ギヤを中立にして、コマツトラクタのけん引速度を第 1 速 (0.27 m/s), 第 2 速 (0.54 m/s), 第 3 速 (0.79 m/s) の 3 種に変えて走行抵抗を測定した結果は第 7 図のようである。

走行速度の変化に対する走行抵抗の差はあまりみられないようで、第1速における走行抵抗が、第2速、第3速におけるものくらべわずかに小さいようであるが、第2速、第3速では等しい。以上よりして本実験の範囲では走行速度による走行抵抗の差はほとんどないといえる。

(3) けん引速度とけん引抵抗

弾丸先端角を $30^\circ$ とし、せん孔深が25cmのとき、けん引速度を第1速、第2速、第3速に変化させた場合のけん引抵抗の測定値は第8図のようである。

けん引速度が大になると、けん引抵抗もかなり上昇するが、第2速と第3速の間には大差はない。

これから考察すると、けん引抵抗の大きいせん孔機、深いせん孔時、土壌条件の悪い時は、能率は犠牲にしてもトラクタは第1速で走行する必要がある。

(4) 弾丸体先端角とけん引抵抗

せん孔深30cm、けん引速度第1速(0.27 m/s)の場合、弾丸先端角を $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ に変えた場合のけん引抵抗を測定したが、その結果は第9図のようである。

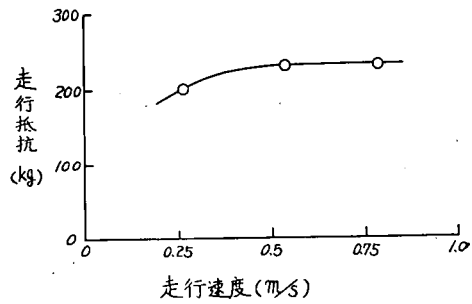
弾丸先端角が大きくなるにつれて、けん引抵抗は明らかに減少している。

これは一般に考えるとところと相反するようであるが、同一直径の場合、弾丸先端角が小さいと表面積が大きくなりそれだけ土との摩擦抵抗が大きくなるものと考えられる。

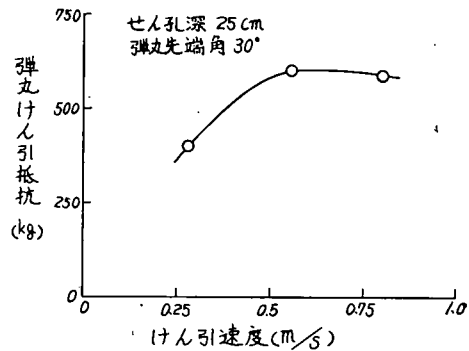
以上は室内実験の結果<sup>8)</sup>でも同様な傾向がうかがわれた。

(5) せん孔深とけん引抵抗

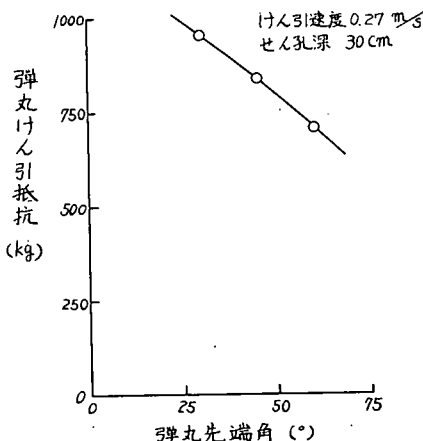
弾丸先端角 $30^\circ$ 、けん引速度第1速(0.27 m/s)の場合、せん孔深を25、30、50 cmに変えた場合



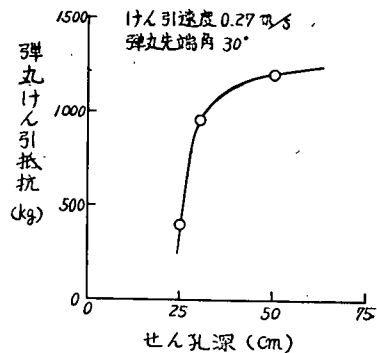
第7図



第8図



第9図



第10図

のけん引抵抗は第10図のようである。

せん孔深が増加すると、抵抗は増加しているが、50 cm の場合はその増加程度が減少している。

室内実験と異なり、ほ場においては深さ別の土層の硬軟がまちまちなので、深いせん孔が必ずしも抵抗が大であるとはいえない。しかし、せん孔深が大になればシャングの抵抗がそれだけ増加するので、たとえ深いところに軟らかい土層があっても、全体としてのせん孔抵抗は深さに比例はしないが、増加するのが一般的傾向といえよう。このことは大型トラクタ用せん孔機のほ場実験<sup>12)</sup>の際にも見受けられた。

せん孔深が25 cm 程度であれば、車輪型中型トラクタ（1t 前後）でも十分弾丸暗きょせん孔が出来るようである。

#### (6) せん孔状況および排水状況

暗きょの形状は第11図のように、きわめて明りょうで、降雨後にはほ場の水がよく流失した。また暗きょ施工後、次の作物作付のため、中型トラクタ（全装備重量約900 kg）を乗り入れてロータリ耕うんなどを行なったが、暗きょは破壊されることなく原形をとどめた。



第 11 図

ただ走行速度が第3速の場合は、きょ孔上部にき裂が生じすぎ、きょ孔の形が悪くなるようであった。

暗きょの排水効果を知るため、ほ場の一辺に沿い集水きょを掘り、暗きょをこれと交差してせん孔したのであるが、ほ場の構造上、集水きょから排水路

までの落差がわずかしかりえなかつたので、降雨時の排水は十分にできなかったうらみがある。

降雨のあるたび、その1～3日後、作土層の含水比を6回にわたって測定したが、非せん孔区にくらべ大きくて2～3%せん孔区の方が含水比が少なかったに止まり、大体において大差なかつた。

この点、集水きょから先の排水条件さえよければ、十分効果があげられるものと期待できる。

## V. 摘 要

トラクタ用の弾丸暗きょせん孔機は、農業構造の改善とともに、今後その必要性が増大するものと思われる。しかしながら現在、トラクタ用せん孔機については全く研究がなされていないといってもよい。

そこで、さきに大型トラクタ用弾丸暗きょせん孔機の試作を行なったが、今回は中型トラクタ用弾丸暗きょせん孔機を試作し、その実用性を検討した。ほ場実験を行なった結果は次のようである。

(1) 暗きょのこう配は、フローチェックバルブの開度を一定にしても、トラクタの走行速度を、第1, 2, 3速と変えることにより1/130から1/870まで変え得ることが判明した。ただ、せん孔深が50 cm のときはトラクタの前部が持ち上がり、水平せん孔に止まった。

しかしながら、中型トラクタでも弾丸暗きょせん孔ができることが確認できた。

(2) トラクタの走行抵抗は、走行速度0.27～0.80 m/s の範囲では大差は認められなかつた。

(3) けん引速度が増加すると、けん引抵抗が増加するので、深いせん孔、土壌条件が悪い場合は第1速でせん孔する必要がある。

(4) 弾丸先端角が小さくなると、けん引抵抗は大きくなる。これは弾丸体の表面摩擦が増大するためであろう。



(5) せん孔深が深くなると、けん引抵抗は増大するが、その増加のしかたは土壤条件によりかなり異なってくると思われる。

### 参 考 文 献

- 1) 森 周六・庄司英信・守島正太郎：もぐら暗渠用地下穿孔機に関する調査研究（その1），農機誌，第9巻，第1号，昭22.
- 2) 同 上（その2），農機誌，第9巻，第2号，昭22.
- 3) 庄司英信・石川武男・長崎 明・羽井 学・佐野文彦：もぐら暗キョに関する研究（I），農土研，第25巻，第1号，昭22.
- 4) 同 上（II），農土研，第26巻，第4号，昭33.
- 5) 同 上（III），農土研，第27巻，第3号，昭34.
- 6) 同 上（IV），農土研，第28巻，第1号，昭35.
- 7) 守島正太郎・松尾昌樹・小島和雄・池見隆男：地下せん孔体に関する研究（第1報），農機誌，第26巻，第3号，昭39.
- 8) 同 上（第2報），農機誌，第26巻，第3号，昭39.
- 9) 守島正太郎・小島和雄：弾丸暗きょせん孔機に関する研究（第2報），農機誌，第27巻，第2号，昭40.
- 10) 同 上（第3報），農機誌，第27巻，第2号，昭40.
- 11) 小島和雄・下村 巧：同上（第4報），農機誌，第27巻，第3号，昭40.
- 12) 守島正太郎・小島和雄・神屋静太郎・岡田芳一：同上（第5報），農業機械学会，第24回総会講演要旨，1965.
- 13) 農業機械市場調査研究会編：農業機械統計要覧，1965.

（昭和41年9月14日受理）

