

## 堆肥埋込機開発のための基礎実験 (1)

### 溝開き及び堆肥投入装置の試作

中 尾 清 治\*

---

Fundamental Tests for Development of Solid Manure Injector (1)  
Trial Production of Furrow Opener and Injection Device  
Seiji NAKAO

---

The majority manure is spread on the field in a thin layer. This deposition technique leads to problems from runoff, undesirable order and most importantly a serious loss of the nitrogen content of manure because of exposure to the air. To avoid these problems, injection device of manure was tried to develop.

In this paper, the furrow opener and the injection device of manure were made on an experimental basis and their test results were reported.

The furrow opener cut a furrow approximately 17.3-18.2 cm wide and 7.3-10.1 cm deep and pushed the soil to both side. The spread of pushed soil was about 6 times as wide as a furrow. The soil which fell back into the furrow behind the shovel was 15-45% of pushed soil in volume.

The injection device of manure is auger unit and easily can arrange the injection volume of manure by changing the revolution speed of auger shaft. The manure which was tested in auger was bark. Within the limits of this test, this auger unit would be applied with less required torque of auger shaft by using 60° in the angle of auger shaft, 100-400 rpm in its revolution speed and above 76.5 cm<sup>2</sup> in the area of feed inlet port.

### 緒 言

農業生産に用いられる堆きゅう肥は、化学肥料と異なり、有機質に富み安価であり、それによる生産物は高価商品として評価されている。しかし、作業面からみると、粒状または液状等の化学肥料の施肥は、機械により効率よく作業することができるが、堆きゅう肥は、悪臭もありその取り扱いが容易でなく、マニュアルスプレッダまたは人力で農地へ全面散布されたのち、プラウ等によ

り土中に入れられている。

この方法は、悪臭を周囲にさらすこと、散布後雨水等により流出し周囲が不浄になることなどの公害問題を生じるが、さらに重要なことは、空気中にさらされることによる含有窒素の損失がある。

これらの問題を解決するには、堆きゅう肥（以下堆肥という）を散布しなくて、運搬と同時に土中に埋没させることである。土中に埋没させる装置については、液体を用いた注入機が開発されているが、しかし、これに堆肥を使用することはできない。また、施肥播種機を用いて粒状化学肥料による土中への施肥が行われているが、

\* 農業機械工学研究室

堆肥の使用は不可能である。したがって、堆肥埋込システム装置の開発は、農業生産過程で利益向上のために考えなければならない重要な問題である。

この問題について、著者は1982年11月より1983年8月の間、ペンシルバニア州立大学 (U.S.A.) において研究に着手した。ここでは、実用的な作業機械の完成のために、まず、装置の開発のための基礎実験を行った。

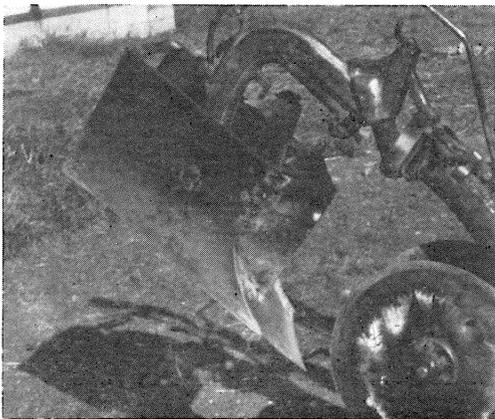
### 実験装置及び実験方法

堆肥埋込システムを作業的な面から考えると、従来から行われてきた方法は、溝開き、堆肥投入、覆土の三つの作業工程からなっている。ここでもこの方法に基づいて各装置の開発を行った。

溝開き装置には、播種または作物の条間のような狭い場所に溝をつくらなければならないことを考慮して、土壌を両側面に排土するような培土形式の特殊なショベルを作成した。このショベルには、堆肥投入を容易にし、かつ堆肥投入前に溝に土が戻らないようにするために、ショベルの両側に長い側板を取り付けることにした。

このようにして作成したショベルは、幅170mm厚さ3mm、長さ300mmのプレートを曲げ、先端を鋭利にし、先端から曲面に沿って180mmの個所に土を両側に排除するために、ショベル上面の中心から両側へ45°の角度をもった排土板を取り付けた。また、このショベルの両側後方に長さ537mm、高さ175mm、厚さ3mmの溝保持板を取り付けた。(第1図)

溝開きの実験は、このショベルを犁の先端に取り付け大学構内の畑地(まき土)で、2回行った。土壌条件は、第1回目 (S59.11.6)、表面の土壌硬度  $0.9 \text{ kgf/cm}^2$ 、含水比 9.6%、溝開き速度 18 及び 32 cm/s、第2回目 (S59.11.14)、表面の土壌硬度  $1.3 \text{ kgf/cm}^2$ 、含水比 31.3%、溝開き速度 10 及び 18 cm/s である。



第1図 ショベル

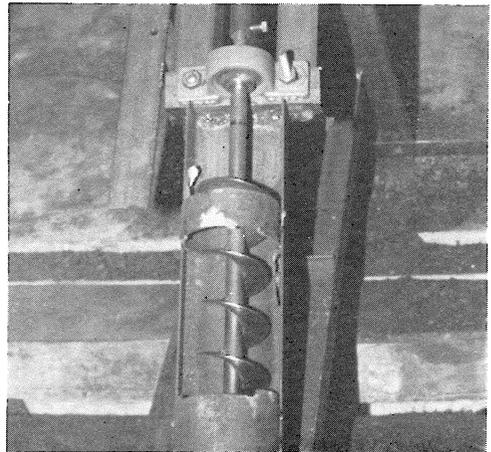
堆肥投入装置は、種々の形式が考えられ、ペンシルバニア州立大学ではポンプ形式を用いたが、これは機構が複雑であること、また、連続して施肥を行う場合には走行速度とのマッチングが必要であること等の欠点があり、これらの問題を解決するために、ここではオーガー形式を用いた。

作成したオーガーは、直径65mm、長さ1000mm、翼の高さ22mm、翼のピッチ47mmであり、その外円筒の上部には、堆肥供給口断面幅85mm、長さ125mmが切り取ってある。(第2図)

作成した堆肥投入装置の性能を検討するために、オーガー軸の傾斜角 (0, 15, 30, 45 及び 60° の5水準)、回転速度 (100~600 rpm の範囲で8水準)、供給口断面積 (断面の幅はオーガ外円筒の内径で84mm、長さを35, 60, 90 及び 125mmの4水準、したがって面積では29.8, 51.0, 76.5 及び  $106.3 \text{ cm}^2$ ) を変化させて、軸トルク及び堆肥の排出量を測定した。動力源には0.4 kWのモーターを用いた。

実験に供した堆肥は、市販されている広葉樹皮堆肥を用いた。オーガー入口までのホッパー内における堆肥の流動性は、堆肥の含水比と樹皮片の大きさによって異なり、とくに含水比が大きいとホッパー内のオーガー入口付近で詰まりを生じやすい。ここでは、できるだけホッパー内の堆肥の流動性をよくするために、ホッパーを直立長方形筒とし、堆肥を自然乾燥させて含水比4.76%のものを用いた。この堆肥は樹皮片の板状のものが多く、ふるい分けすると、2.5mm以下44.1%、2.5~5.0mm 27.5%、5.0~7.0mm 13.7%、7.0~10.0mm 8.9%、10.0mm以上5.8%であった。

覆土装置は、進行方向に対して角度をもった板を引く装置等により、容易に土を埋め戻すことができる。ここでは溝開きにより排土した土について、溝に戻る割合を調査し、自然覆土の度合を検討した。

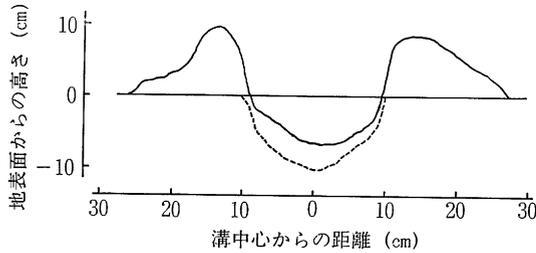


第2図 オーガー

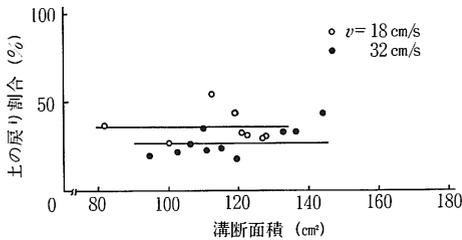
### 実験結果及び考察

#### 1. 溝開きについて

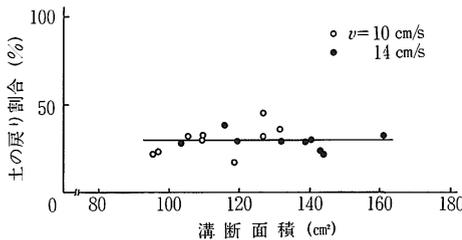
開溝した溝について、各実験条件(土壌硬度 0.9 kgf/cm<sup>2</sup> のとき溝開き速度 18 と 32 cm/s, 土壌硬度 1.3 kgf/cm<sup>2</sup> のとき溝開き速度 10 と 18 cm/s) ごとに、



第3図 溝の断面形状の例

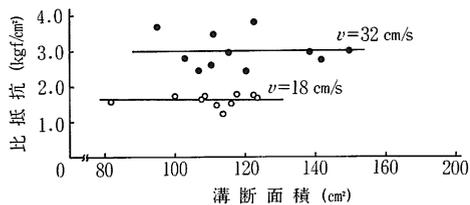


(a) 土壌硬度 0.9 kgf/cm<sup>2</sup> のとき



(b) 土壌硬度 1.3 kgf/cm<sup>2</sup> のとき

第4図 溝開き速度 (v) による溝断面積と土の戻り割合の関係



(a) 土壌硬度 0.9 kgf/cm<sup>2</sup> のとき

任意の断面 10ヶ所 (30 cm 間かくの溝の横断面) を選び測定すると第1表のようになる。また、溝の断面形状の例を第3図に示す。

全般に、開溝した溝は、犁床があったため溝床は平面にならず凹形の曲面になり、また土壌へのくい込みも悪く浅い溝になった。

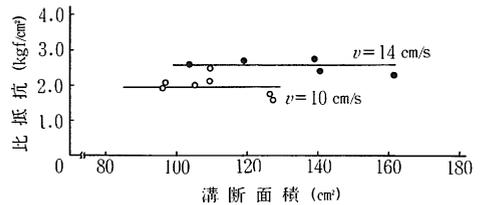
第1表 (128頁) より、作業幅及び土壌抵抗の値には変動があり、平均値に対する最小から最大までの幅は大きい。また、作業幅 (排除された土の広がり幅) は、溝幅のほぼ6倍程度になり、作物等により条間に制約されれば、この条間が作業幅になり、その中央に $\frac{1}{6}$ の溝幅しかつけれないことになる。溝への土の戻りは、覆土の助力になるもので、溝断面積と土の戻り割合を第4図 (a), (b) に示す。この図より、土の戻り割合は、土壌硬度 0.9 kgf/cm<sup>2</sup> のとき溝開き速度によってやや差はあるが、一般に溝断面積が変化してもほぼ一定で、15~45%位で平均 30% であると考えられる。もし、堆肥が投入されていれば、土の戻り割合はこの値よりやや減少すると考えられる。

次に、溝断面積と土壌の比抵抗の関係を第5図 (a), (b) に示す。この図より、溝の断面積が大きくなっても比抵抗はほぼ一定である。また、同一土壌硬度において、溝開き速度が速いほど比抵抗の値はやや大きい。したがって、溝開き速度の増加は、比抵抗に増加因子として影響すると考えられる。

#### 2. 堆肥投入について

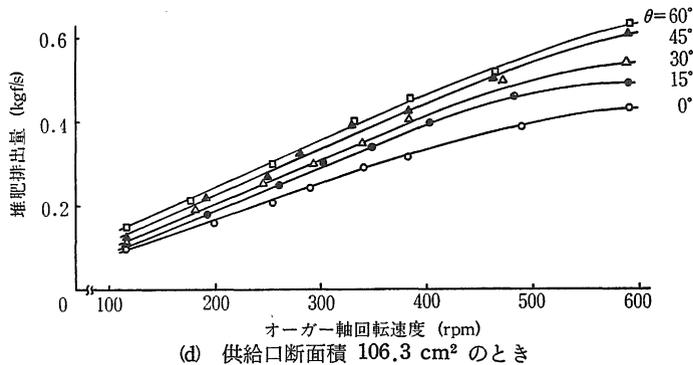
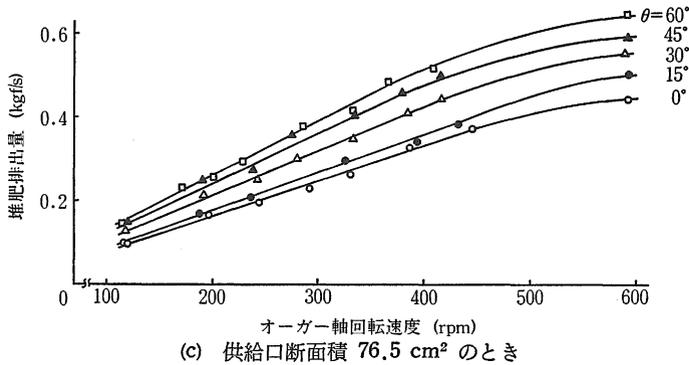
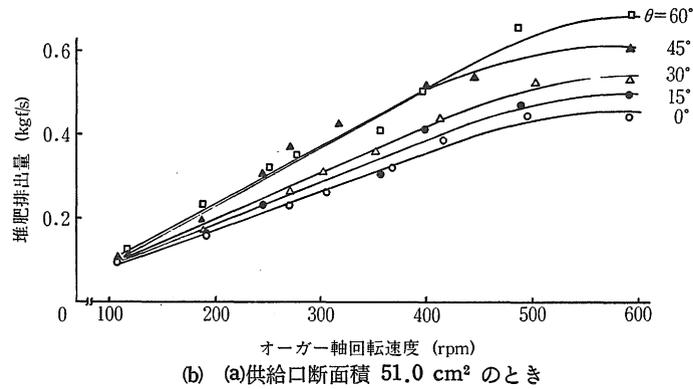
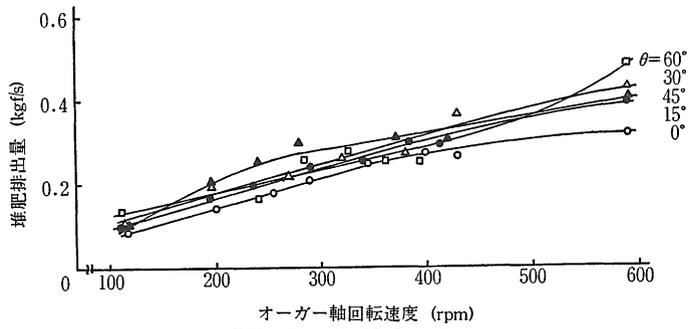
まず、オーガー軸の傾斜角を 0, 15, 30, 45 及び 60° に変化させたときのオーガー軸の回転速度と堆肥排出量の関係を第6図 (a), (b), (c) 及び (b) に示す。

この図より、一般に、軸の回転速度の増加とともに堆肥の排出量は増加する。また、オーガー軸の傾斜が急になるほど堆肥の排出量は増加する傾向にあるが、供給口断面積が最小の 29.8 cm<sup>2</sup> の場合には、オーガー軸の傾斜にはあまり関係ない結果になっている。



(b) 土壌硬度 1.3 kgf/cm<sup>2</sup> のとき

第5図 溝開き速度 (v) による溝断面積と比抵抗の関係



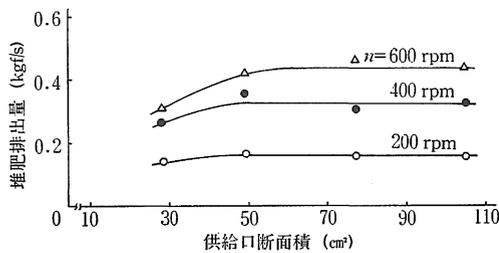
第6図 オーガー軸傾斜角 ( $\theta$ ) によるオーガー軸回転速度と堆肥排出量の関係

第1表 ショベルの実験結果

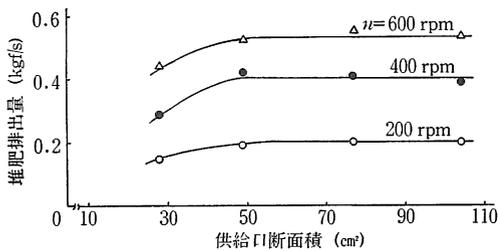
項目	1 - a		1 - b		2 - a		2 - b	
	最小~最大	平均	最小~最大	平均	最小~最大	平均	最小~最大	平均
溝幅 cm	16.7~19.3	18.1	16.1~18.5	17.3	17.0~19.8	18.2	15.1~19.7	17.6
溝深さ cm	7.0~7.8	7.3	7.3~9.5	8.2	7.2~9.7	8.4	8.5~12.5	10.1
作業幅 cm	36.5~58.8	48.0	45.0~56.5	50.7	49.0~58.0	50.5	42.5~65.2	53.3
土壌抵抗 kgf	141~228	181	271~396	359	185~272	219	249~450	322

1 - a : 土壌硬度 0.9 kgf/cm<sup>3</sup>, 溝開き速度 18 cm/s  
 1 - b : " " " " 32 cm/s  
 2 - a : " 1.3 kgf/cm<sup>3</sup>, " " 10 cm/s  
 2 - b : " " " " 18 cm/s

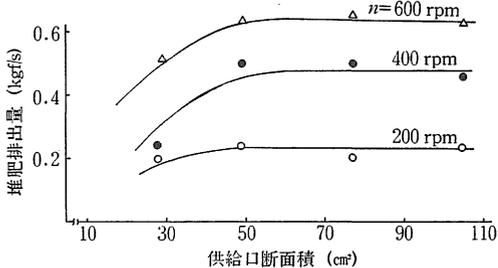
これらの結果に基づいて、オーガー軸回転速度 200, 400 及び 600 rpm のときの供給口断面積と堆肥排出量の関係を、オーガー軸傾斜角 0°, 30° 及び 60° について



(a) オーガー軸傾斜角 0° のとき



(b) オーガー軸傾斜角 30° のとき



(c) オーガー軸傾斜角 60° のとき

第7図 オーガー軸回転速度 (n) による供給口断面積と堆肥排出量の関係

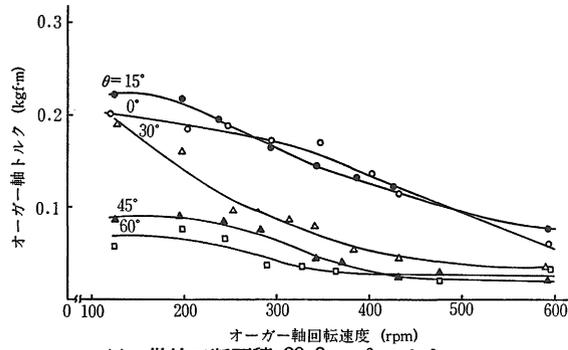
示すと第7図(a), (b)及び(c)のようになる。

この図より、供給口断面積が約 50 cm<sup>2</sup> 以上になると、堆肥排出量は一定となっている。したがって、このときの堆肥の排出量は、供給口断面積による影響がなく、軸の回転速度によって調節ができると考えられる。供給口断面積が約 50 cm<sup>2</sup> 以下でこの場合には 29.8 cm<sup>2</sup> のときのデータしかないが、このときには、供給口断面積が小さいために、オーガーによる堆肥の輸送に十分追従することができなかったと考えられる。

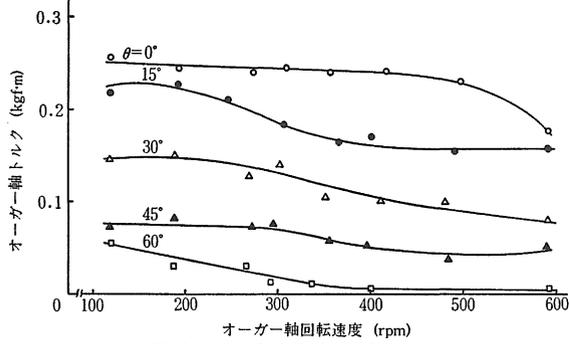
つぎに、オーガー軸の傾斜角を変化させたとき、オーガー軸の回転速度と軸トルクとの関係を第8図(a), (b), (c) 及び(d)に示す。一般に、オーガー軸の傾斜角が大きくなると、堆肥の重力作用により軸トルクは減少している。この軸トルクが一定値から減少していくときの軸の回転速度は、オーガー軸の傾斜角によって異なり、傾斜角が増加すると小さくなっていく傾向にある。供給口断面積が 51.0 cm<sup>2</sup> になると、この傾向は顕著になり、供給口断面積 29.8 cm<sup>2</sup> では、軸の回転速度 100 rpm ですでに軸トルクは減少していく傾向にある。

これは、さきの軸の回転速度と堆肥の排出量の関係に、供給口断面積が小さい場合には、オーガーの傾斜角が影響しないときと同じように、軸の回転速度に対して供給口断面積が小さくなると、オーガーによる堆肥の輸送が十分追従できないことによるものである。

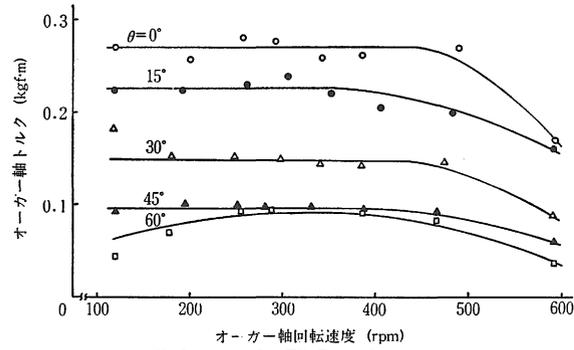
堆肥の投入量を調節しながら施肥するためには、オーガー軸の回転速度による調節が、簡単な操作で容易に排出量を変えることができる。そのためには、供給口断面積は堆肥の輸送に十分追従できるほどの大きさが必要である。したがって、このオーガーでは、軸回転速度 100 ~ 400 rpm の範囲で使用するとき、供給口断面積は 76.5 cm<sup>2</sup> 以上でなければならない。また、この範囲では軸トルクは一定となり、堆肥の排出量にあまり影響し



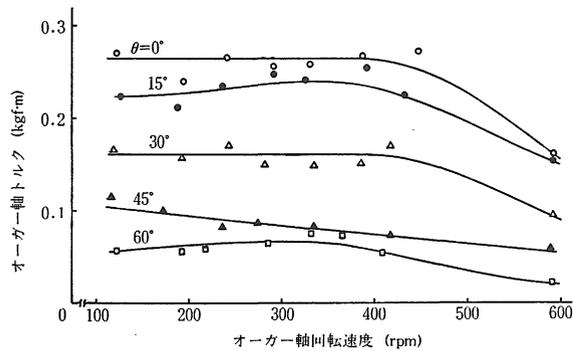
(a) 供給口断面積 29.8 cm<sup>2</sup> のとき



(b) 供給口断面積 51.0 cm<sup>2</sup> のとき



(c) 供給口断面積 76.5 cm<sup>2</sup> のとき



(d) 供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> のとき

第8図 オーガー軸傾斜角 ( $\theta$ ) によるオーガー軸回転速度と軸トルクの関係

ない結果になっている。

以上の結果から、オーガー軸の傾斜角は急なほど、少ない軸トルクで多くの排出量を得ることができるが、オーガー軸の傾斜角が急になると、堆肥の供給口も急になるので、堆肥がオーガーに入り難くなっていく。このオーガー装置では、実験結果よりオーガー軸の傾斜角を $60^\circ$ に固定し、軸の回転速度 $100\sim 400$  rpm、供給口断面積 $76.5$   $\text{cm}^2$ にすれば、軸トルクも少なく、堆肥も十分に追従できる。すなわち、堆肥の排出量をオーガー軸の回転速度 $100\sim 400$  rpmの範囲で調節するようにすれば、このオーガー装置は、能力を十分に発揮できる堆肥投入装置として活用することができる。

### 摘 要

現在、堆肥を施肥する場合、マニュアルスプレッダまたは人力により農地へ全面散布したのち、プラウ等により土中に入れられている。この方法は、悪臭を周囲にさらし、また、植物栄養源の窒素が大気中へ放出される。この問題を解決するために、堆肥を農地へ運搬と同時に埋め込む作業機を開発することにした。

これは、溝開き、堆肥投入、覆土の三つの作業を、一工程で行うようにするもので、ここでは、溝開き及び堆肥投入装置を試作し、基礎実験を行った。

溝開き装置には、一般に作業幅が播種の条間によって制限され、狭幅で深い溝をつくらなければならないため

に、培土形式のショベルを作成した。

圃場実験の結果、溝幅平均 $17.3\sim 18.2$  cm、溝深さ平均 $7.3\sim 10.1$  cmにおいて、作業幅すなわち排除された土の広がり幅は、溝幅の約3倍程度であった。また、溝への土の戻る割合は、 $15\sim 45\%$ で平均 $30\%$ 位であった。これは覆土の助力となる割合を示すものである。

堆肥投入装置には、オーガー形式を用いた。これは、オーガー軸の回転速度を変化させることにより、堆肥の施肥量を容易に調節することができる。供試した堆肥は広葉樹皮堆肥で、室内実験の結果、オーガーの軸傾斜角を $60^\circ$ 、堆肥供給断面積 $76.5$   $\text{cm}^2$ 以上にし、オーガーの軸回転速度 $100\sim 400$  rpmの範囲で堆肥の排出量を調節すれば、軸トルクも少なく、堆肥投入装置として活用できると考えられた。

### 謝 辞

本実験を行うに際して、ご協力いただいた昭和59年度の農業機械工学研究室専攻生、王田征夫、伏田英夫の両君に、謝意を表する。

### 参 考 文 献

中尾清治・S. P. パソン：島根大農研報 17：129-133，1983