

## 堆肥埋込機開発のための基礎実験 (2)

バーク堆肥による堆肥投入装置の性能

中 尾 清 治\*

Fundamental Tests for Development of Solid Manure Injector (2)

Performance of Injection Device by Bark Manure

Seiji NAKAO

A solid manure injection system is a beneficial method which preserves manure nitrogen and reduces undesirable odor and pollution problems. This system design consists of two basic units which are a furrow opener and auger conveyer of manure.

The manure which was first tested in the auger unit was bark of broad-leaved tree. This material did not work into the auger unit readily, therefore, did not allow it to work. To solve this problem, in this paper, the tests were tried with lieqid (moisture content 78%) and dry condition of bark manure.

The injection volume per required torque of auger shaft in liquid condition of manure, was much as compared with dry condition when the revolution speed and the angle of auger shaft were relatively small, and was less when they were large. The efficiency of auger unit was high in liquid condition when the area of feed inlet port of auger conveyer was relatively small.

From test results, in liquid condition of manure, the injection device of auger unit can be applied with less required torque of auger shaft by using 45° in angle and relatively small feed inlet port.

### 結 言

現在、堆きゅう肥を施肥する場合、マニユアスプレッド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、堆きゅう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。

この作業機は、溝開き、堆きゅう肥（以下堆肥という）投入、覆土の三つの作業を同時に行うようにするもので、これまでに、溝開き、堆肥投入の装置を試作した。

溝開き装置は、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、両側培土形式のショベルとした。また、堆肥投入装置は、オーガー形式の円筒コンベアとした。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利点をもっている。

これらの装置について、これまでに基礎実験を行い報告した。その結果、溝開き装置については、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、開溝後覆土の助力となる溝へ土が戻る割合は、15~45%で平均30%位であった。

堆肥投入装置については、バーク堆肥を天日乾燥したものをを用いた結果では、供給口断面をある程度大きくし、オーガー軸傾斜角を60°位にすれば、軸トルクも少なく、堆肥排出量の調節も可能と考えられた。しかし、市販の水分のある状態の堆肥では、堆肥ホッパーから投入装置へスムーズに流れず、ホッパー内のオーガー入口付近で詰まりすなわちブリッジ現象を生じた。数日天日乾燥させた堆肥を用いると比較的スムーズに流れたが、基本的には、この詰まりを防止することが必要になった。

この解決策については、種々の方法があり、施肥播種

\* 農業機械工学研究室

機等の覚拌装置形式も考えられるが、安価で容易にできることが肝要である。ここでは、堆肥の状態を変えて流動性をよくすることを試みた。市販のバーク堆肥に水分を与えて流動状態にし、乾燥状態の堆肥と比較しながら、堆肥投入装置の性能を検討した。

### 実験装置及び実験方法

堆肥投入装置（第1図）は、オーガー形式の堆肥輸送装置である。オーガーは、軸の直径 15mm、翼の高さ 22mm、翼のピッチ 47mm、長さ 650mm（前報では 1000mm であったが、溝開き装置、堆肥ホッパーを組み合わせると、短い方がよいので設計変更した。）である。オーガーの外円筒（内径 84mm）の上部には、堆肥供給口断面幅 84mm、長さ 125mm が切り取ってある。

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（前報では 100~600 rpm の範囲であったが、作業機走行速度と堆肥施肥量の関係から、少し回転を低くした方がよいと考えられるので、30~300 rpm の範囲で 5 水準）、供給口断面積（断面の幅はオーガー外円筒の内径 84mm、長さを 35, 60, 90 及び 125mm の 4 水準、したがって面積では、21.0, 51.0, 76.5 及び 106.3 cm<sup>2</sup>）を変化させて、軸トルクおよび堆肥の排出量を測定した。動力源には 0.4 kW モーターを用いた。

供試材料は市販の広葉樹皮堆肥で、含水率は 65~68%（湿量基準）である。この堆肥は樹皮片の板状のものが多く、乾燥してふり分けると、2.5mm 以下 44.1

%, 2.5~5.0mm 13.7%, 5.0~7.0mm 13.7%, 7.0~10.0mm 8.9%, 10.0mm 以上 5.8% であった。堆肥ホッパーから堆肥投入装置への詰まりを防ぐために、堆肥を流動化させ、安息角を測定して最適の流動状態を検討した。

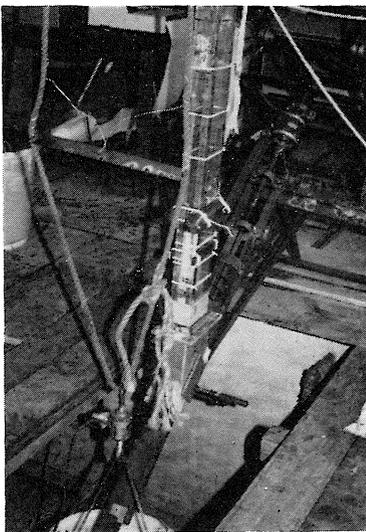
まず、この堆肥の含水率と安息角の関係は第 2 図のようになった。堆肥の安息角は含水率約 75% のとき最大になり、さらに水分が高くなると安息角は急に小さくなり、含水率約 80% では堆肥と水分が分離した。安息角が小さくて、堆肥の水分が分離しない流動状態の堆肥の含水率は約 78% であった。したがって、ここでは、市販のバーク堆肥に水分を加えて、この流動状態としたものを供試材料とした。

また、この状態とこれまでの実験とを比較するために、バーク堆肥を数日天日乾燥を行い、含水率 13.3% のものを乾燥状態の堆肥として同様の実験を行った。

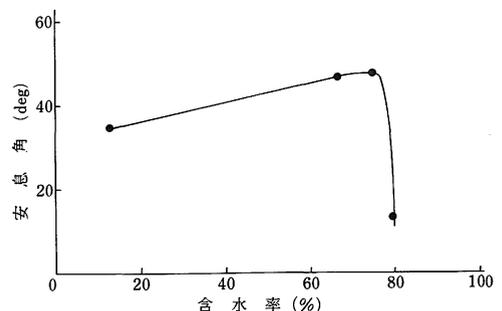
### 実験結果及び考察

オーガー軸の回転速度と堆肥の排出量の関係について、供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> における堆肥の乾燥状態の場合を第 3 図に、流動状態の場合を第 4 図に示す。両者ともに、排出量は回転速度の増加に比例して増加し、また、投入装置の傾斜角が急になるほど多くの排出量が得られる。この両者を比較すると、一般に、オーガー軸の同一回転速度、同一傾斜角において、流動状態の堆肥の排出量は、乾燥状態に比較して約 2.5 倍多いが、流動状態の堆肥はほとんどが水分で、堆肥成分から考えると、乾燥状態の方が 5~6 割位多いことになる。また、乾燥状態では、投入装置の傾斜角による排出量への影響はあまりないが、流動状態では、オーガー軸の回転速度が増加するほどその影響が大きい。これは、堆肥が重力により移動する要素も加わっているため、投入装置の傾斜角が急になるほど排出量が増加すると考えられる。

他の供給口断面積の場合については、第 3 図、第 4 図



第1図 実験装置



第2図 堆肥の含水率と安息角

とほぼ同様の傾向を示し、供給口断面積の大きさによる影響はあまりなかった。

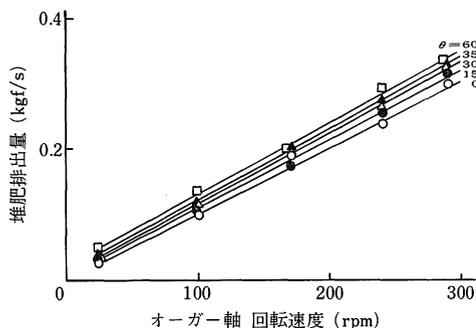
次に、オーガー軸の回転速度と軸トルクの関係について、供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> における堆肥の乾燥状態の場合を第5図に、流動状態の場合を第6図に示す。この両者を比較すると、堆肥の状態によって異なった傾向を示している。

すなわち、乾燥状態では回転速度が増加しても軸トルクはあまり変化なくやや減少の傾向を示している。これに対して、流動状態では回転速度の増加とともに軸トルクも増加している。この原因について、前者では、堆肥のみかけの単位体積重量が小さいために、ホッパー内の堆肥の自重によるオーガー軸への影響が少なく、また、堆肥の慣性力の作用も受けることなどによるものと考えられる。後者では、その反対で、堆肥のみかけの単位体積重量が大きく、したがって堆肥の自重によるオーガー軸への影響が大きく、排出量は乾燥状態に比較して約2.5倍多くなっている。

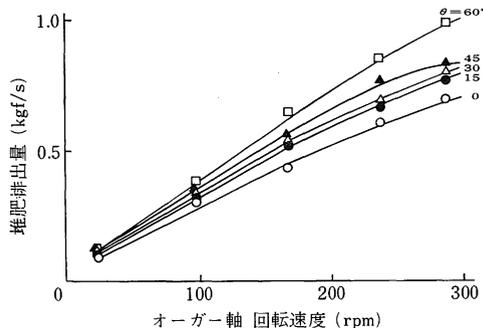
一般に、オーガー軸の傾斜角が大きくなると軸トルクは減少していく傾向にあり、これは堆肥の自重による落下作用の影響であると考えられる。とくに、流動状態でオーガー軸傾斜角60°では、その作用が大きく影響し、他と比較して軸トルクの増加割合が急に小さくなっている。他の供給口断面積の場合については、これらとほぼ同様の傾向であった。

次に、オーガー軸の回転速度と単位軸トルク当たりの排出量の関係について、供給口断面積 29.8 cm<sup>2</sup> の場合を第7図に、106.3 cm<sup>2</sup> の場合を第8図に示す。

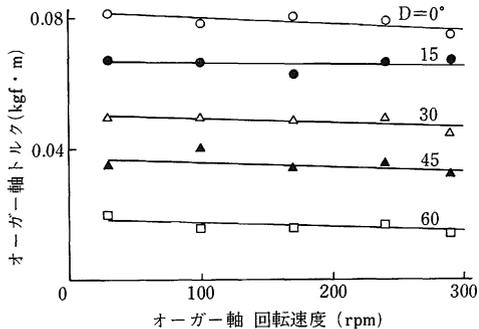
堆肥の乾燥状態の場合には、これらの図に示されるように軸トルク当たりの排出量は、オーガー軸の傾斜角によっては異なるが、両方の供給口断面積についてはほぼ同じである。したがって、前報では、オーガー軸の回転速度が 100~600 rpm と大きいために、供給口断面積による堆肥の追従性の問題があったが、ここでは、オーガー軸の回転速度が 30~300 rpm と小さいために、この問題はないものと考えられる。



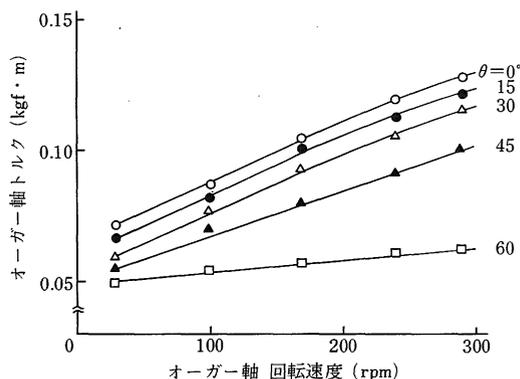
第3図 オーガー軸の傾斜角 ( $\theta$ ) による回転速度と乾燥状態の堆肥排出量 (供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> の場合)



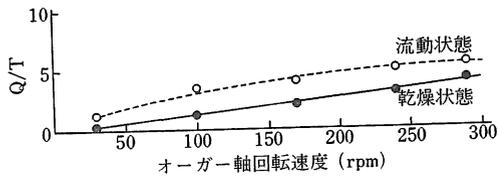
第4図 オーガー軸の傾斜角 ( $\theta$ ) による回転速度と流動状態の堆肥排出量 (供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> の場合)



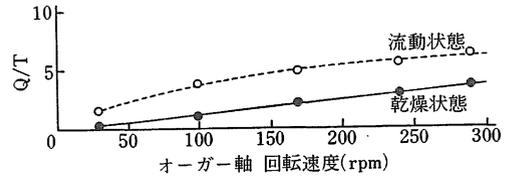
第5図 オーガー軸の傾斜角 ( $\theta$ ) による回転速度と軸トルク (乾燥状態の堆肥, 供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> の場合)



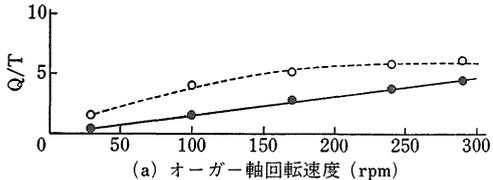
第6図 オーガー軸の傾斜角 ( $\theta$ ) による回転速度と流動状態の軸トルク (流動状態の堆肥, 供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup> の場合)



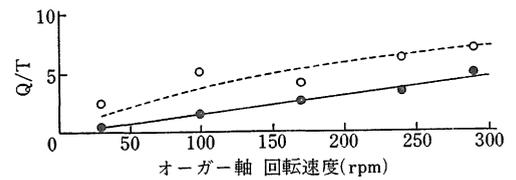
(a) オーガー軸傾斜角  $0^\circ$



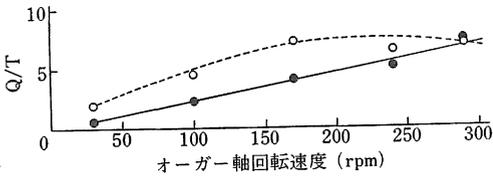
(a) オーガー軸傾斜角  $0^\circ$



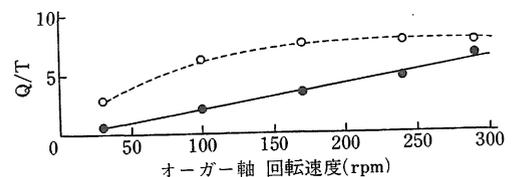
(b) オーガー軸傾斜角  $15^\circ$



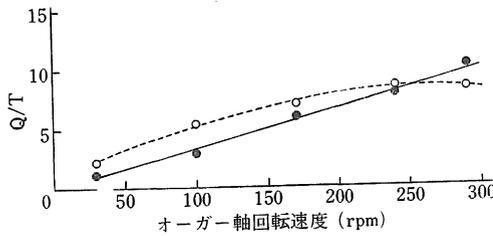
(b) オーガー軸傾斜角  $15^\circ$



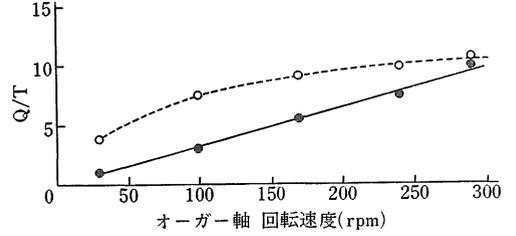
(c) オーガー軸傾斜角  $30^\circ$



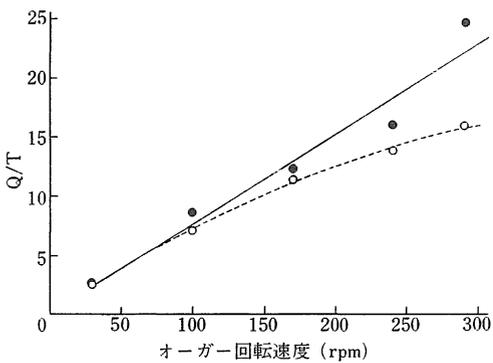
(c) オーガー軸傾斜角  $30^\circ$



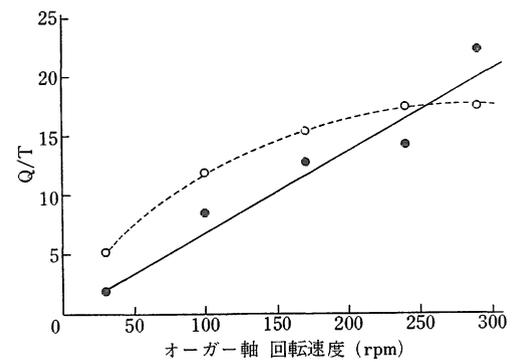
(d) オーガー軸傾斜角  $45^\circ$



(d) オーガー軸傾斜角  $45^\circ$



(e) オーガー軸傾斜角  $60^\circ$



(e) オーガー軸傾斜角  $60^\circ$

第7図 単位軸トルク当たりの堆肥排出量 ( $Q/T$ ) とオーガー軸回転速度の関係 (供給口断面積  $29.8 \text{ cm}^2$  の場合)

第8図 単位軸トルク当たりの堆肥排出量 ( $Q/T$ ) とオーガー軸回転速度の関係 (供給口断面積  $106.3 \text{ cm}^2$  の場合)

流動状態の場合には、オーガー軸の回転速度が増加すると、低回転では単位トルク当たりの排出量は乾燥状態に比較して大きい、高回転になるに従ってその増加割合は減少していく。この傾向は、オーガー軸の傾斜角が大きくなるほど、また、供給口断面積が大きくなるほど顕著である。供給口断面積 106.3 cm<sup>2</sup>、オーガー軸の傾斜角60°になると、低回転でも乾燥状態に比較して小さくなっている。これは、堆肥がオーガー軸の翼に重力として作用し、その抵抗による軸トルクが必要なため、単位軸トルク当たりの排出量は減少すると思われる。乾燥状態の場合には、みかけの単位体積重量が小さいために、この影響はあまりないと考えられる。

前報の結果では、堆肥の乾燥状態の場合に供給口断面積は、オーガー軸の回転速度による堆肥の追従性の問題で、ある程度（オーガー軸外円筒の幅を一辺とする正方形）以上で、オーガー軸の傾斜角 60°にすれば、軸トルクも少なく投入装置の能力を十分に発揮できると考えられている。

しかし、流動状態の場合には、実験結果から、オーガー軸の傾斜角が急になるほど供給口断面積の影響を受けやすいことから、供給口断面積は比較的小さい方が単位軸トルク当たりの排出量が多いので効率がよい。また、オーガー軸の傾きが60°になると自重による流動落下を生じやすく、オーガー軸の回転速度が増加してもそれに相応するほどに排出量が増加しない。堆肥はオーガーによって排出量を調節できることが必要であり、したがって、オーガー軸の傾斜角は45°位がよいと思われる。

この効率よい条件で、オーガー軸の傾斜角を固定し、堆肥の流動性をよくすれば、圃場施肥量にあった堆肥の排出量が、オーガー軸の回転速度を変えることによって自由に得られるので、オーガー方式の堆肥投入装置は調節が容易で、所要動力の少ない合理的な作業機といえる。

## 摘 要

堆肥埋込システム装置は、堆肥内の窒素の損失を防

ぎ、周囲の不浄と悪臭を減少させるために開発されなければならない。

試作したオーガー方式による堆肥埋込装置について、バーク堆肥による前報の結果では、堆肥ホッパーから堆肥投入装置の供給口付近で堆肥の詰まりを生じ、スムーズに流れなかった。

この問題を解決するために、ここでは、バーク堆肥に水分を与えて含水率78%の流動状態として、堆肥投入装置の基礎実験を行った。同時に、この堆肥を天日乾燥した乾燥状態についても同様に実験し、比較検討した。実験結果は次の通りである。

- (1) オーガー軸の同一の回転速度、傾斜角において、流動状態の堆肥の排出量は、乾燥状態に比較して大きかった。
- (2) 流動状態のオーガー軸トルクは、乾燥状態と異なった傾向を示し、回転速度の増加とともに増加した。
- (3) 単位軸トルク当たりの動流状態の堆肥排出量は、オーガー軸の回転速度及び傾斜角が小さいとき乾燥状態に比較して大きく、傾斜角が大きくなるとその反対になった。また、供給口断面積は、流動状態の場合比較的小さい方が、単位軸トルク当たりの排出量が多く効率がよかった。

実験結果から、流動状態の堆肥では、供給口断面積を比較的小さくし、オーガー軸の傾斜角を45°にすれば、堆肥の排出量をオーガー軸の回転速度によって自由に調節でき、この装置は高性能を発揮することができる。

本実験を行うに際して、ご協力いただいた昭和60年度の農業機械工学研究室専攻生、青島久君、佐佐木孝雄君、藤原弘三君に、謝意を表します。

## 参 考 文 献

1. 中尾清治・S. P. パソン：島根大学農学研報 17：129-133, 1983.
2. 中尾清治：島根大学農研報 19：124-130, 1985.