

堆肥埋込作業機開発の基礎研究 (Ⅱ) ——施肥量制御システムの検討——

中尾 清治*・楠原 勝彦**・藤浦 建史*・田中 幸三***

Fundamental Studies on Development of the Solid
Manure Injector (Ⅱ)
——Investigation of Injection Control System——
Seiji NAKAO, Katsuhiko KUSUHARA, Tateshi FUJIHARA
and Kouzou TANAKA

In this report, the optimum condition in injection control system of the solid manure injector, that is made as a trial by remodeling a manure spreader in previous report, is investigated on many experimental results. The tested material is bark manure. The volume of bark manure pushed to auger conveyer is adjusted by on-off control system on the electric circuit that moves the floor chain of a manure spreader, so that the fulling rate of auger filled with manure is able to keep the constant value of 80~90%. Under this condition, the injection volume of manure in farm can be arranged easily by changing the revolution speed of auger shaft.

I. 緒 言

農業生産に用いられる堆肥は、化学肥料とことなり、有機質に富み安価であり、それによる生産物は高額商品として評価されている。しかし、作業面からみると、堆肥は悪臭もあり取り扱いも容易でなく、農地へ全面散布されるので悪臭等の公害問題も生じる。

この問題を解決するために、前報で試作した堆肥埋込作業機について、開発に向かったの基礎実験から、施肥量制御の検討を行なった。

II. 実験方法

前報で試作した作業機はマニュアルブレッダを改造したもので、堆肥箱、堆肥送り装置、堆肥散布装置、動力伝達装置などからなっている。

この装置で堆肥は、床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部へ、次に横送りオーガから縦送りオーガに強制的に供給される。このとき検討しなければならないのが

床チェーンコンベヤによりオーガ部へ送られる堆肥の量と横送りオーガ軸の回転速度及び縦送りオーガ軸の回転速度のマッチングである。

まず、床チェーンコンベヤにより送られる堆肥の量と横送りオーガ軸の回転速度の関係を調べるために、堆肥箱への堆肥の積載高さ (10, 15, 20, 25及び 30 cm の 5段階)、床チェーンコンベヤの速度 (0.92, 1.20, 1.47 及び 1.70 cm/s の 4段階)、横送りオーガ軸の回転速度 (60~210 rpm の範囲内で6段階) を変化させて、横送りオーガ軸及び縦送りオーガ軸にかかるトルクを、また堆肥の排出量を排出口の下部に、圧縮型のロードセルを設置して測定した。実験は、まず、床チェーンコンベヤの速度とオーガ部の堆肥排出処理能力を検討するために、縦送りオーガにより排出量に影響がないように、縦送りオーガ軸の回転速度と横送りオーガ軸の回転速度を等しくした。

次に、縦送りオーガ軸の回転速度の影響を調べるために、堆肥箱への堆肥の積載高さを一定の 20 cm にし、床チェーンコンベヤの速度 (0.92, 1.20, 1.47及び1.70 cm/s の 4段階)、横送りオーガ軸の回転速度 (100~210

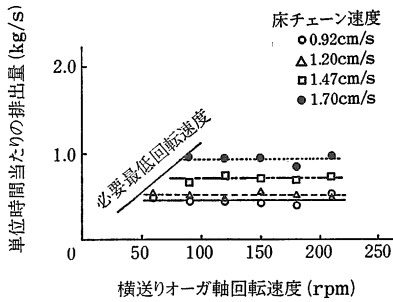
* 農林システム学講座

** 日本電信電話株式会社

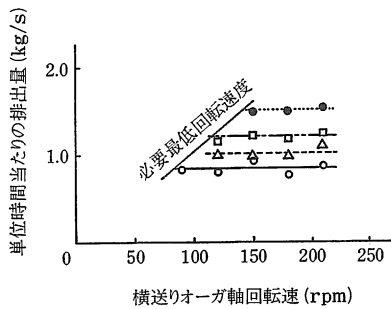
*** 島根県立松江工業高等学校

rpm の範囲内で5段階)を変化させると同時に、縦送りオーガ軸の回転速度を横送りオーガ軸の回転速度に対して1.0, 0.9, 0.8……に変化させ、横送りオーガ軸及び縦送りオーガ軸にかかるトルクと堆肥の排出量を測定した。供試堆肥は、市販されている広葉樹皮堆肥である。

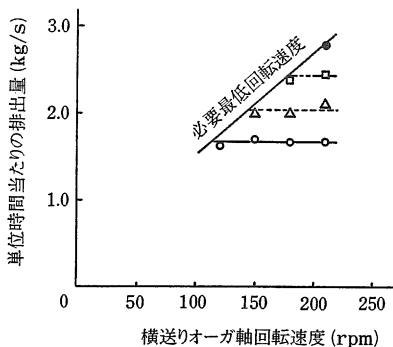
III. 実験結果及び考察



(a) 積載高さ10cmのとき



(b) 積載高さ20cmのとき



(c) 積載高さ30cmのとき

図1 横送りオーガ軸回転速度と単位時間当たりの排出量の関係

1 床チェーンコンベヤによる堆肥の搬送量と横送りオーガ軸の回転速度の関係について

横送りオーガ軸の回転速度と単位時間当たりの排出量の関係について図1に示す。単位時間当たりの排出量は横送りオーガ軸の回転速度を変化させても一定である。しかし、積載高さ一定では床チェーンコンベヤの速度が増大すると単位時間当たりの排出量は増加している。また、一定の床チェーンコンベヤの速度では、積載高さが高くなるにつれて増加している。したがって、単位時間当たりの排出量は、床チェーンコンベヤによりオーガ部まで送られる堆肥の搬送量によって影響を受ける。今回の横送りオーガ軸の回転速度の測定範囲は60~210 rpmであるが、床チェーンコンベヤの速度が極度に増大したり、積載高さが高くなると、床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部までの堆肥の搬送量に対して、横送りオーガ軸の回転速度が低いため堆肥の排出量が追従しなくなり、つまりを生じ回転が停止して測定不能となった。床チェーンコンベヤによる堆肥の搬送量に対する横送りオーガ軸の回転速度の境界線を、図中の必要最低回転速度として示すことができる。いいかえると、このラインの左側では、つまりを生じ回転が停止してしまう領域である。床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部までの搬送量が多いほど、横送りオーガは速く回転させる必要がある。

単位時間当たりに床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部までの堆肥の搬送量と排出口からの単位時間当たりの排出量の関係を検討するために、床チェーンコンベヤの単位時間当たりの搬送量を(1)式により求め、実際の排出量と比較した。

$$Q_1 = \gamma_0 \cdot A \cdot V = \gamma_0 \cdot b \cdot h \cdot V \quad (1)$$

Q_1 : 床チェーンコンベヤの単位時間当たりの搬送量 (kg/s)

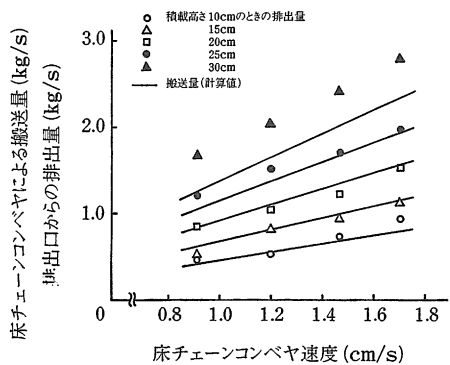


図2 排出口からの排出量と床チェーンコンベヤによる搬送量の関係

γ_g : 堆肥のみかけ密度 (kg/cm^3)

A : 積載断面積 (cm^2)

b : 床チェーンコンベヤの幅 (cm)

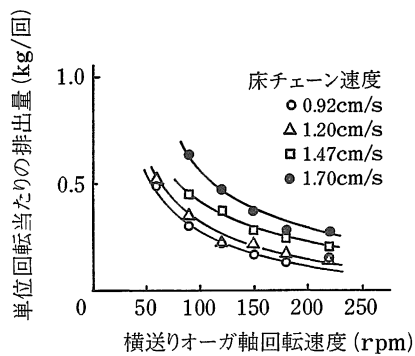
h : 積載高さ (cm)

V : 床チェーンコンベヤの速度 (cm/s)

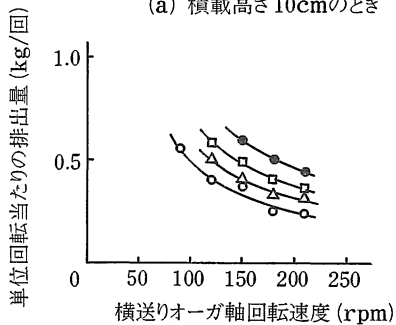
比較した結果を図2に示す。床チェーンコンベヤの単位時間当たりの搬送量と実際に排出された量は、ほぼ等しくなっている。しかし、積載高さ 30 cm において床チェーンコンベヤによる搬送量よりも、排出された量の方がかなり多くなっている。これは、積載高さを高くするほど堆肥の自重により下部は密になり、みかけ密度が変化

するためと思われる。そこで高さの違いによるみかけ密度の変化について別途に実験して検討すると積載高さ 30 cm においてもほぼ等しくなった。このことから、単位時間当たりの排出量は床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部までの搬送量によって決まることがわかる。

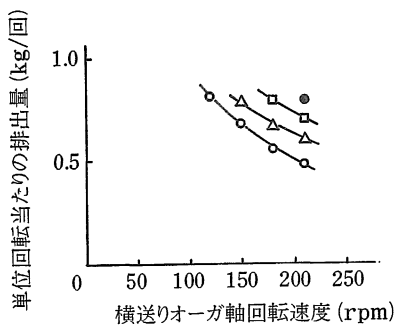
横送りオーガ軸の回転速度と単位回転当たりの排出量の関係について図3に図す。単位時間当たりの排出量は横送りオーガの回転速度によって変化しないことから、単位回転当たりの排出量は、回転速度が増大するとともに減少する。したがって、1回転当たりにオーガにより送



(a) 積載高さ 10cm のとき

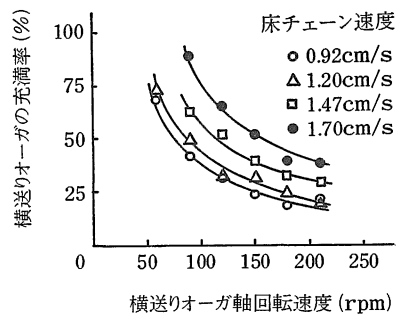


(b) 積載高さ 20cm のとき

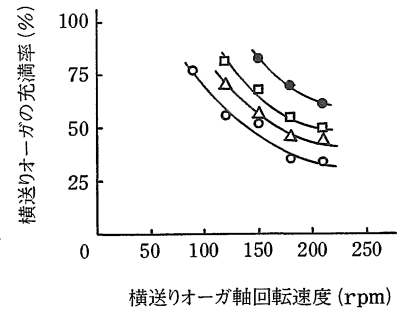


(c) 積載高さ 30cm のとき

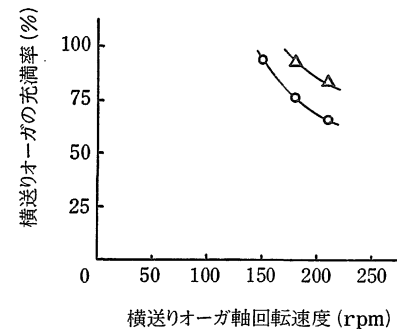
図3 横送りオーガ軸回転速度と単位回転当たりの排出量の関係



(a) 積載高さ 10cm のとき



(b) 積載高さ 20cm のとき



(c) 積載高さ 30cm のとき

図4 横送りオーガ軸回転速度と横送りオーガの充填率の関係

られていく堆肥の量に差があることになる。このことをさらに詳しく考察するために(2)式により横送りオーガの充満率を求めた。ここで、堆肥は軸方向に一樣にどの横断面内でも同じ状態にあるものと仮定する。

$$\eta_s = \frac{Q_2}{\frac{\gamma_0 \cdot \pi (d_f - d_s)}{4} \cdot \frac{P_f \cdot n_f}{60}} \quad (2)$$

η_s : 充満率 (%)

Q_2 : 単位時間当たりの排出量 (kg/s)

γ_0 : 堆肥のみかけ密度 (kg/cm³)

d_f : オーガの軸径 (cm)

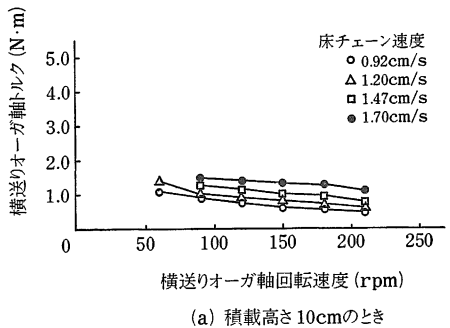
d_s : オーガの外径 (cm)

P_f : オーガのピッチ (cm)

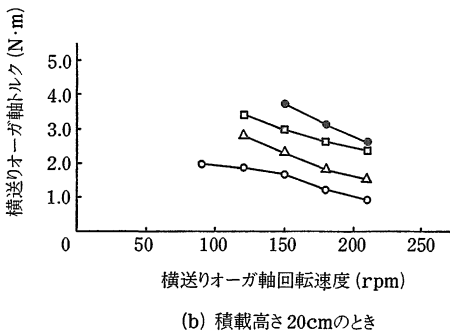
n_f : オーガ軸回転速度 (rpm)

横送りオーガ軸の回転速度と横送りオーガの充満率の関係について図4に示す。充満率は、横送りオーガ軸の回転速度が増大するとともに低下する。一定の積載高さでは、床チェーンコンベヤの速度が増大するとともに充満率は高くなっている。また、一定の床チェーンコンベヤ速度において積載高さが高くなるにつれて高くなっている。このことから、床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部まで送られる堆肥の量が多くなるにしたがって、充満率は高くなるのがわかる。必要回転速度における充満率は80~90%である。いいかえると、この横送りオーガの最大充満率は80~90%であり、その以上になるとつまりを生じ横送りオーガは停止する。

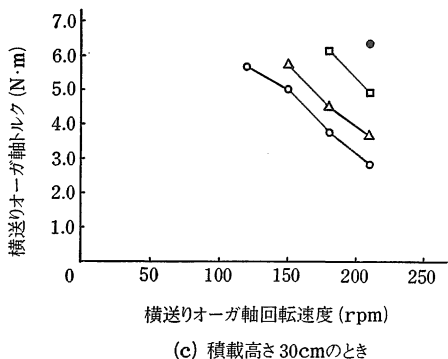
横送りオーガ軸の回転速度と横送りオーガ軸トルクの関係を図5に示す。横送りオーガ軸の回転速度が増大するとともに、軸トルクは小さくなる。一定の積載高さでは、床チェーンコンベヤの速度が増大するとともに軸トルクは増大している。また、一定の床チェーンコンベヤの速度では、積載高さが高くなるにしたがって軸トルクは大きくなっている。積載高さ 20 cm 以上で軸トルクは急激に増大している。これは、床チェーンコンベヤにより送られてくる堆肥が横送りオーガの上端を覆う状態になったためと思われる。軸トルクの変化は充満率によって大きく影響されていると考えられ、これは図6に示されるような変化になる。充満率が低いとき、これは横送りオーガ軸の回転速度が速いあるいは床チェーンコンベヤにより横送りオーガ部までの搬送量が少ないときであり、軸トルクは小さくなっている。反対に充満率が



(a) 積載高さ 10cm のとき



(b) 積載高さ 20cm のとき



(c) 積載高さ 30cm のとき

図5 横送りオーガ軸回転速度と横送りオーガ軸トルクの関係

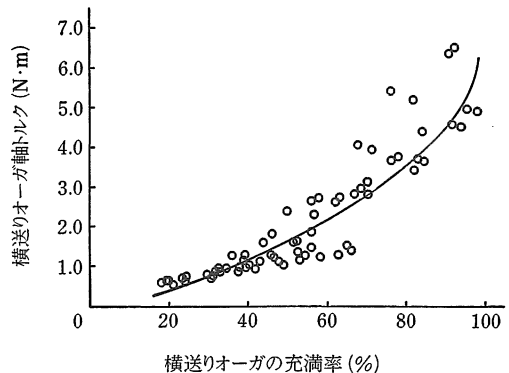
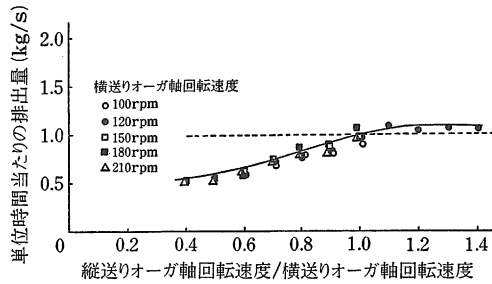


図6 横送りオーガの充満率と軸トルクの関係

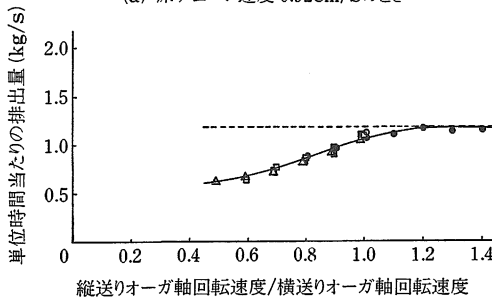
高いとき、これは回転速度が遅いあるいは床チェーンコンベヤによる搬送量が多いときであり、軸トルクは大きくなっている。

2 縦送りオーガ軸の回転速度の影響について

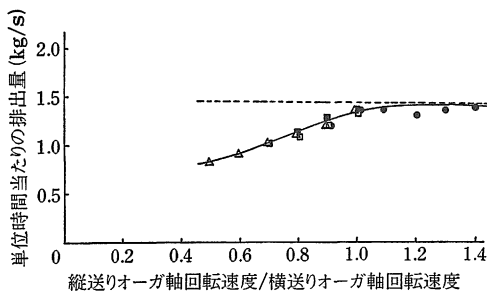
横送りオーガ軸に対する縦送りオーガ軸の回転速度の比と単位時間当たりの排出量の関係を図7に示す。この比が小さくなるにしたがって、単位時間当たりの排出量は減少している。このことから、排出量はこの比が約1.0以下になると縦送りオーガによって制御されている。また、比が1.0以上になると排出量は一定値になっている。これは、床チェーンコンベヤの速度と積載高さを決めれば、縦送りオーガへの供給部までの搬送量は決まり図中の破線で示される一定値になる。つまり、1.0以上



(a) 床チェーン速度 0.92cm/sのとき



(d) 床チェーン速度 1.20cm/sのとき

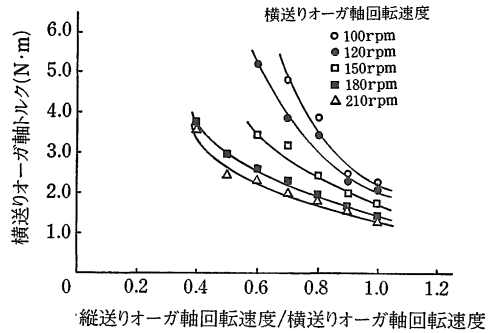


(c) 床チェーン速度 1.47cm/sのとき

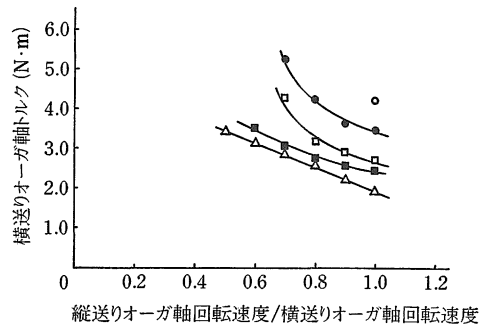
図7 横送りオーガ軸回転速度に対する縦送りオーガ軸回転速度の比と単位時間当たりの排出量の関係 (積載高さ20cmのとき)

では縦送りオーガによる影響はないので制御できないことになる。したがって、この装置の場合、床チェーンコンベヤと横送りオーガによって縦送りオーガへの供給部まで送られてきた堆肥を、すべて排出させるためには回転速度の比を1.0以上にする必要がある。

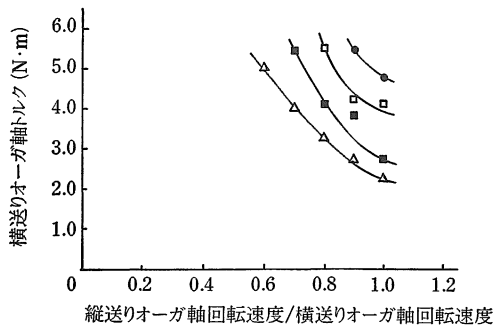
横送りオーガ軸に対する縦送りオーガ軸の回転速度の比と横送りオーガ軸トルクの関係を図8に示す。回転速度の比が小さくなるにしたがって軸トルクは大きくなっ



(a) 床チェーン速度 0.92cm/sのとき



(b) 床チェーン速度 1.20cm/sのとき



(c) 床チェーン速度 1.47cm/sのとき

図8 横送りオーガ回転速度に対する縦送りオーガ回転速度の比と横送りオーガ軸トルクの関係 (積載高さ20cmのとき)

ている。これは、回転速度の比が小さくなるにしたがって、縦送りオーガへの供給部まで送られてきた堆肥のすべてが排出しきれず、徐々にたまり始め充填率が高くなっているためと考えられる。

3 縦送りオーガ軸トルク

縦送りオーガ軸にかかるトルクは、ほとんど必要としなかった。これは、縦送りオーガを垂直に設置したために、堆肥の自重による落下作用の影響を受け軸トルクはあまり必要としなかったと考えられる。

4 総合考察

以上の実験結果から、この堆肥排出装置を実際の圃場に適応していく場合を考える。

一般に、堆肥の局所施肥は、一定量を条状に施肥することであり、そのためには、きめこまやかな施肥量の調節が必要である。この観点から、この装置の適応を考えると、施肥量の微調整は縦送りオーガ軸の回転速度によって決める方がよい。なぜならば、堆肥排出量の調節が容易であること、堆肥の排出時にオーガによって堆肥のかたまりなどがある程度ほぐされ単位時間当たりの排出量にむらが生じにくいこと、オーガ軸の回転を止めると同時に堆肥排出は停止し応答性に無駄がないことなどである。

この縦送りオーガ部へ十分に供給するようにすれば、充填率も高くなり、高効率化へとつながることになる。この場合、横送りオーガとの関係があり、図7より縦送りオーガ軸回転速度と横送りオーガ軸回転速度の比が1.0になるようにすればよい。そのためには、床チェーンコンベヤによって十分にオーガ部へ堆肥を搬送することであるが、この搬送量が過剰になると、オーガ部が追従しなくなり横送りオーガにかかるトルクが増大してくる。この問題を解決するためには、横送りオーガ軸が80~90%の充填率を確保できるように床チェーンコンベヤによって堆肥搬送量を調節することであり、これは床チェーンコンベヤのON-OFF制御で十分対応できる。とくに、堆肥箱の積載高さは不定であり、オーガ部へ過剰に堆肥を搬送しないようにオーガ部の入口に高さを制御するセンサをつけて床チェーンコンベヤをON-OFF制御するようにすればよい。

以上のことから、堆肥排出量の制御は、荒調節は床チェーンコンベヤで、微調節は縦送りオーガで行なう方法が最適であり、高効率であり、むしろ実用化への可能性は大きい。

IV. 摘 要

堆肥埋込作業機は、農業生産過程において利益向上の

ために、また周囲の不浄と悪臭を減少させるために、ぜひ開発されなければならない。

試作した作業機は、マニュアルスプレッダを改造し、散布部分に堆肥埋込装置を取付けたものである。その装置は、溝開き装置、堆肥投入装置、覆土装置からなっている。

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、狭幅で深い作溝しなければならないために、培土形式のショベルとした。堆肥投入装置は、オーガ形式の円筒コンベヤとした。これは、オーガ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。覆土装置は、進行方向に対して角度をもたせたディスク板とし、それにより溝に土を戻すようにする。

ここでは、まず、マニュアルスプレッダの床チェーンコンベヤの速度とオーガ部の堆肥投入装置の堆肥排出性能を実験により解析し、最適な堆肥排出方法を検討した。その結果、次のような結論を得ることができた。

堆肥排出量の制御は、マニュアルスプレッダの床チェーンコンベヤの速度とオーガ軸速度の組み合わせで行う。その方法は、オーガ部へ堆肥を過剰に搬送しないで充填率80~90%になるように、床チェーンコンベヤの速度をON-OFF制御によって堆肥の搬送量を調節する。

オーガ部では、横送りオーガ上の堆肥がスムーズに流れて、縦送りオーガにより完全に排出できるように、各オーガ軸の回転速度をマッチングさせる。ここでの実験では、横送りオーガ軸と縦送りオーガ軸の回転速度の比は1.0であった。これより、縦送りオーガ軸の回転速度によって堆肥の排出量を制御すれば、容易に施肥量を調節することができる。

本実験を行なうにあたって、ご協力いただいた平成元年度の農業機械工学研究室専攻生、先原健詞君、野津英一君、吉原章裕君に謝意を表します。

参 考 文 献

1. 中尾清治他：農機学会関西支部報 68：39-40, 1990
2. 中尾清治他：農機学会関西支部報 68：41-42, 1990