

# 堆肥施与による水稻収量の増加要因の解析

—窒素の吸収パターンと土壌間隙率の増加—

平野 繁・田辺 猛

Analysis of Yield Increase in Paddy Rice by Compost Application

— The Nutrient-Absorption Pattern and the Increase  
 in Void Percent of Soil —

Shigeru HIRANO and Takeshi TANABE

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

## Abstract

The relationship between change in soil structure induced by application of cow's compost and yield of paddy rice was investigated in 1/2000 a pot trials. Three fertilization treatment were set up by compost application at the rate of 100%, 50% or 0%, and adjusted to the total concentration of three major nutrients (NPK) with application of chemical fertilizer.

Compost application gave considerable increase in rice yield. The increase in rice yield can be explained by the following effects. One was slower mineralization of compost than chemical fertilizer, hence, the nutrient-absorption pattern of rice in this situation increased yield. The other effect was the decrease in the solid phase of the soil induced by compost application.

This study showed the difficulty of dividing the effects of compost application into chemical and physical effects.

**Key words** : Compost application, Change in void percent of soil, Yield of paddy rice

## 1. はじめに

家畜糞尿の農地への還元の必要性は、昭和30年代中頃に始まった農業の専作的規模拡大、特に、畜産部門の規模拡大によって大量の糞尿が排出されるようになった時期から注目されてきた(松崎, 1978)。また今日では、大量の糞尿処理の目的だけではなく、低化学肥料・低農薬を意図した持続型農業を目的とし、土壌の改善を目的とした堆肥としての利用が注目されている。しかしながら、畜産農家における糞尿処理を目的とした大量かつ局的な施与による地下水汚染等の環境問題を考えると、水田をはじめとする耕種部門での広域的な家畜糞尿の利用が必要となる。

堆肥の農地への施与の効果は、①堆肥の持つ肥料成分

による土壌の化学性の向上、②有機物施与にともなう土壌の物理性の改善、③土壌の生物相を豊富にする生物性の改善の3点が知られている。作物生産と堆肥施与との関係を論じるとき、化学性と物理性は相関連して変化することから、作物生産の向上が、化学性の変化に起因するものか物理性の変化に起因するものか分離して考察することは困難となる。家畜糞尿の有効利用を積極的に推進する際、施与する堆肥を単なる化学肥料の代替としてとらえるだけではなく、作物生産に対する様々な付加価値を明確にする必要がある。

特に、土壌中の窒素の発現(無機化)量は、微生物の酵素反応としてとらえられ、地温の関数として推定される(杉原ら, 1986; 上野ら, 1990b)。したがって、気温の年次変動によって、堆肥施与による化学的な効果が変

化することから、堆肥施与の効果は単年度で評価することは難しい。

本実験は、堆肥の施与が水稻の生育・収量におよぼす影響を検討するうえで、化学肥料と三要素量が同等になるよう堆肥を施与し、肥料成分の影響を低減し、主として土壌の物理性的変化が反映されるよう考慮した。実験年の気候は、例年のない高温に推移し、施与した堆肥の無機化が促進されたと考えられた。したがって、肥料成分の差による影響が小さく、堆肥施与による土壌の物理性的変化、特に土壌間隙率の増加と作物生産との関係を検討することが可能であると考えられる。

## 2. 材料および方法

実験は1994年に、東京農業大学農学部(東京都世田谷区)で行った。水稻品種コシヒカリを用い、4月27日に育苗箱に播種、5月23日 3.5葉期に達した稚苗を、1/2000aワグネルポットに移植し、ポットあたり1株1本2株立てとして栽培した。供試土壌は、関東ローム層心土を用いた。処理区は、化学肥料を全量施与する化肥全量区、化学肥料と窒素成分が同等の堆肥を全量加える堆肥全量区、および、堆肥全量区の半量の堆肥を加え、成分で化肥全量区と同量になるよう化学肥料を加えた、化肥堆肥混合区の3区を設けた。各区の施肥量ならびに三要素の成分量は、表-1に示した。なお、各区の供試個体数は10個体とした。

本実験では、東京農業大学富士畜産農場で生産された牛糞堆肥を用い、施肥設計をするにあたり、堆肥の全窒素をケルダール法で、リン酸とカリウムは湿式灰化後、リン酸はバナドモリブデン酸法で、カリウムは原子吸光

光度法で測定した。

移植後6週間後の6月20日から4週間ごとに出穂後期の8月15日までの3回、分けつ数・葉色(クロロフィル含量相対値)を測定した。葉色は、葉緑素計(SPAD-502, ミノルタ社)を用いた。9月29日に収穫乾燥後、個体あたりの穂重・全粒数・全粒重を測定した。土壌の三相分布は、収穫後採土円筒(100ml)により採集し、土壌三相計(DIK-1100, 大起理化工業社)を用いて測定した。土壌は、各区5ポットから1点ずつ、深さ5~10cm間より採集した。

## 3. 結 果

### 1) 堆肥施与と初期生育との関係

図-1に、移植後の分けつ数・葉色(SPAD値)の出穂期までの推移を示した。移植後6週間目の6月20日では、堆肥全量区の分けつ数・葉色のSPAD値は小さく、化肥堆肥混合区は、化肥全量区と比較して差がみられなかった。その1カ月後の7月18日では、分けつ数・葉色のSPAD値ともに、化肥全量区が最も大きく、化肥堆肥混合区、堆肥全量区の順となった。出穂期の8月15日では、葉色のSPAD値は前回の7月18日と傾向を同じくしたが、分けつ数は堆肥全量区が最も大きく、化肥堆肥混合区は、化肥全量区と比較して差がみられなかった。

### 2) 土壌の物理性的変化と水稻の収量との関係

土壌の固相は、堆肥全量区、化肥堆肥混合区、化肥全量区の順に大きくなった(表-2)。すなわち、土壌間隙率は、堆肥全量区>化肥堆肥混合区>化肥全量区となった。

図-2に、土壌の固相率と個体あたりの穂重・全粒数・

表-1 各施肥区分のポットあたりの化学肥料および牛糞堆肥の施与量と成分量  
Table 1 Amount and concentration of applied chemical fertilizer and compost per 1/2000 a pot.

施肥区分	化肥全量区	化肥堆肥混合区	堆肥全量区
化学肥料			
硫安(N)	7.0 g (1.47 g)	3.5 g (0.74 g)	—
過磷酸石灰(P)	5.0 g (0.85 g)	3.4 g (0.57 g)	—
燐(P)	5.0 g (1.00 g)	3.4 g (0.68 g)	—
塩化カリ(K)	3.0 g (1.80 g)	1.0 g (0.57 g)	—
成分量合計(N-P-K)	(1.47-1.85-1.80)	(0.74-1.25-0.57)	
牛糞堆肥	—	133.9 g	267.8 g
成分量合計(N-P-K)		(0.74-0.60-1.23)	(1.47-1.20-2.46)
総成分量合計(N-P-K)	(1.47-1.85-1.80)	(1.47-1.85-1.80)	(1.47-1.20-2.46)

注) 牛糞堆肥の施与量は生重で表記した。成分量は水分65.2%、乾物あたりの成分、N=1.58%・P=1.29%・K=2.64%より算出した。

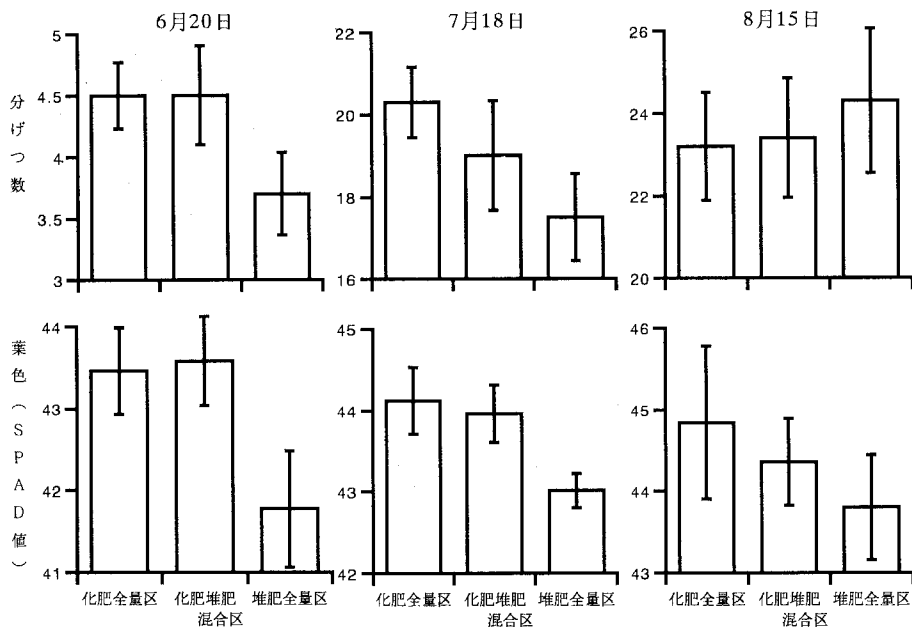


図-1 一株分けつ数と葉色の推移 (垂直線は標準誤差を示す)

Fig. 1 Change of tiller number per plant and change in leaf color.

表-2 堆肥施与量の相違と土壤の三相分布

Table 2 Effect of application of compost in three phases of soil

	固 相	液 相	気 相
化肥全量区	16.2% (±0.15)	61.2% (±2.17)	22.6% (±2.32)
化肥堆肥混合区	14.9% (±0.02)	60.8% (±0.95)	24.3% (±0.94)
堆肥全量区	14.4% (±0.23)	66.4% (±1.08)	19.2% (±1.31)

注) ( ) 内は標準誤差を示す。

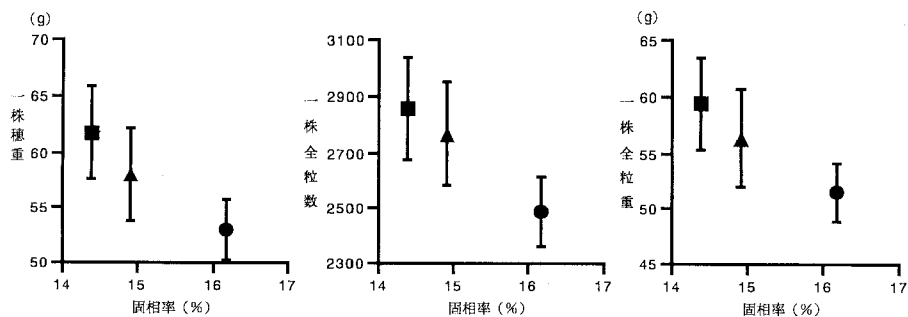


図-2 土壤の固相率と水稻の収量との関係

●：化肥全量区，▲：化肥堆肥混合区，■：堆肥全量区 (垂直線は標準誤差を示す)

Fig. 2 Relationship between solid ratio of soil and yield of rice.

全粒重との関係を示した。3形質ともに、固相が小さくなるほど増加する傾向が認められた。

#### 4. 考 察

本実験では、堆肥施与区は三要素量を化肥全量区と同等にしたが、堆肥中の有機態の窒素・リン酸は、植物に吸収される形態になるためには、微生物の酵素反応による無機化が必要である(杉原ら, 1986; 上野ら, 1990b)。そのため、生育初期では堆肥の無機化が化学肥料に比較して遅かったことから、分けつ数・葉色が低く推移し、夏期の高温とともに堆肥の無機化が進んだ出穂期において、堆肥全量区で分けつ数の増加がみられたものと考えられた(図-1)。

水稻の収量・品質が良好となる窒素の吸収パターンは、前期吸収量がやや少なく、穂揃期以降吸収量が増加する経過をとることが理想的であることが報告されている(上野ら, 1988; 上野ら, 1990a)。本実験において、処理区の中で堆肥全量区で最大収量が得られたのは、この区の窒素吸収パターンが理想的パターンと合致していたためと考えられた。また、堆肥施与による水稻の増収要因は、三要素、特に窒素の吸収量ではなく、水稻の吸収パターンに対応した土壌中での堆肥分解速度にあることが示唆された。この結果は、前述の試験年の気象要因が大きく影響したものと考えられた。

また、水稻の収量と土壌の固相率との間には負の相関関係が認められ、固相率が小さくなる、すなわち、土壌間隙率が増加すると、水稻の収量が増加することが認められた(図-2)。土壌間隙の増加による、作物生育への影響は、直径の異なるガラス球を組み合わせた間隙の異なるモデルを用いた小林・大竹(1977)の実験の結果、間隙が大きくなるほど、地上部の生育が大となることが報告されている。

さらに、天野・森脇(1984)は、冷害を人工的に生じさせ、稲葉身への窒素吸収量別に収量・根の活性( $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力)等を比較した結果、堆肥施与によって根の活性が高まり、冷害による収量低下を小さくしたことを報告している。根の活性の向上の要因については論議されていないが、活性向上が堆肥施与による土壌の物理性の改善に起因する可能性が高いものと推察される。

以上のことから、本実験でみられた堆肥施与による水稻の増収効果は、これまでの研究の結果から、土壌間隙の増加が一因であると考えられることができる。しかしながら、前節で考察したように、堆肥全量区でみられた増収効果は、堆肥無機化のパターンもその一因であることが示唆されていることから、堆肥施与による作物生産への

効果を、単純に土壌の物理性改善に起因するとは断言できなかった。このことに関し、鹿児島県農業試験場で行われた、稲作への数種の有機物の連用施与効果の報告(上村ら, 1986)では、土壌の固相率の変化と玄米収量との間には、明確な関係が得られていない。本実験同様、施与有機物の土壌化学性への影響の相違や、実験年の天候など、多様な要因が相乗的に加わり、有機物施与の作物生産への効果の要因を明確にできなかったものと考えられた。

本実験は、堆肥施与による土壌の物理性改善が、水稻の生育収量におよぼす効果を検討する目的で遂行したが、堆肥と化学肥料との肥効の相違が水稻の収量におよぼす影響を分離することはできなかった。作物生産における、堆肥施与の土壌物理的改善効果を単独で分離して検討するためには、土壌において化学的な変化をできる限り除去した上で、物理性のみを変化させる実験系が必要となると考えられた。ガラス球を用いて土壌間隙のモデルを創出した小林・大竹(1977)の実験を進展させ、作物の生育・生理に関する詳細な調査も、一つの方法であろう。

また、本実験では、多くの水田土壌と比較して固相率の小さい関東ローム層心土を用いたことから、実際的水稻栽培と実態が異なるものと考えられる。今回報告した堆肥施与による土壌の固相率の変化と作物生産との関係について一般化するためには、関東ローム以外の水田土壌を用いた更なる検討が必要と考えられた。

#### 5. 摘 要

本実験は、堆肥施与による土壌の物理性の変化が、水稻の生育・収量におよぼす影響を検討する目的で行った。堆肥全量区・化肥堆肥混合区・化肥全量区の3区を設け、合計の三要素量が同等になるよう化学肥料で調整し、水稻の生育・収量を検討した。堆肥施与によって水稻の収量は増加し、その要因として、①化学肥料と比較して堆肥の無機化が遅れ、水稻の理想的窒素吸収パターンの肥効を示したこと。②堆肥施与によって土壌の固相率が減少し、土壌間隙が増加したこと。の2点が考察された。本実験から、堆肥施与による作物生産への効果を、土壌の化学性の変化と物理性の変化に分離することは困難であった。

#### 謝 辞

本実験の遂行にあたり、協力いただいた作物学研究室、笠原政行、牧三津雄の両氏に謝意を表す。

## 引用文献

- 天野高久・森脇良三郎 (1984) : 水稲の冷害に関する栽培学的研究, 第3報 穂孕期不稔に対する堆肥施用の効果. 日作紀, **53** : 7~11.
- 上村幸廣・宇田川義夫・吉留昭夫・古江広治 (1986) : 各種有機物の施用が水稲の生育及び土壌におよぼす影響. 鹿児島県農業試験場研究報告, **14** : 21~28.
- 小林裕志・大竹良明 (1977) : イネ科牧草根の物理的な機能に関する研究. IV. 固定された間隙モデルにおける根系発達. 日草誌, **23** : 241~246.
- 松崎敏英 (1978) : 家畜ふん尿の農地還元. 土肥誌, **49** : 429~440.
- 杉原 進・金野隆光・石井和夫 (1986) : 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研

報, **1** : 127~166.

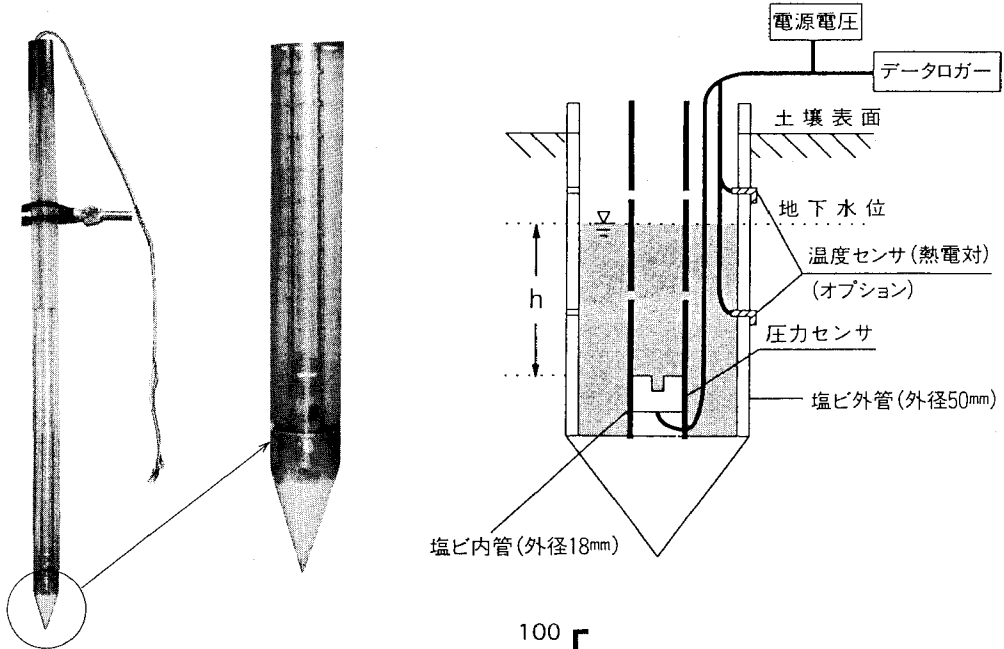
- 上野正夫・安藤 豊・藤井弘志・佐藤俊夫 (1988) : 水稲の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化量の関係. 土肥誌, **59** : 316~319.
- 上野正夫・熊谷勝巳・佐藤之信・井上每子・田中伸幸 (1990 a) : 土壌窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術. (その1) 水稲の理想的な窒素吸収パターンと緩効性肥料の溶出パターン特性. 農業および園芸, **65** : 828~834.
- 上野正夫・佐藤之信・熊谷勝巳・大竹俊博 (1990b) : 速度論的解析法による土壌窒素発現予測システム. 土肥誌, **61** : 273~281.

(受稿年月日 1995年 8月 11日)  
(受理年月日 1995年 12月 1日)

# 地下水の動きを迅速かつ容易に見る

## 圧力センサ式地下水位メータ (EN-GW-501)

### 1. 構成



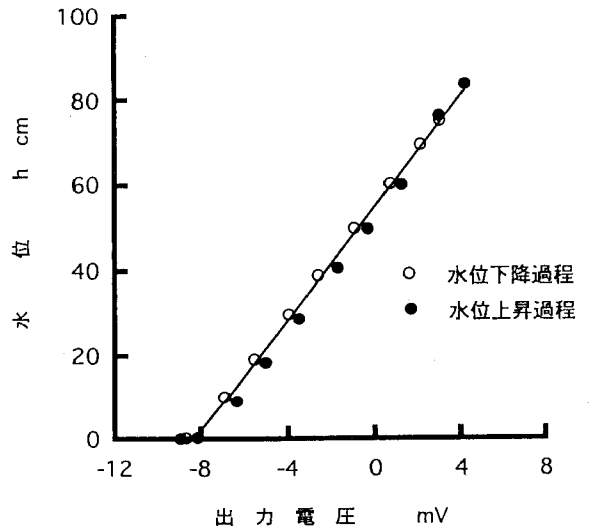
### 2. 圧力センサ (拡散型半導体圧力変換器)

#### 1)仕様

定格圧力	0~ $9.81 \times 10^{-2}$ MPa (0~1000cmH <sub>2</sub> O)
最大圧力	0.196MPa
動作精度	±0.3% FS (0~50℃)
ヒステリシス	定格圧力の1%以下
アナログ出力	
オフセット電圧	±5 mV (0MPa)
スパン電圧	100 mV±50mV
駆動電流	1.5 [mA]

#### 2)特性

圧力センサの出力電圧の初期値(水位0cm)によらず水位と出力電圧は直線関係を保ち、ヒステリシスは非常に小さい(直線性/ヒステリシス=±0.3%FS)



### 3. 地下水位メータ仕様

1)標準仕様	外管・内管 1 m 延長ケーブル 5 m
2)オプション	外管・内管 1 m以上 電源装置 埋設用オーガー

## エンドウ理化

〒001 札幌市北区新琴似10条7丁目3-16

☎ (011) 763-1088  
FAX (011) 763-1667