

### 3. 発酵鶏ふん等家畜ふん堆肥の水稲への利用

福岡県農業総合試験場 山本 富三

#### 1. はじめに

作物の安定生産と品質向上を図る上で「土づくり」は不可欠である。しかし、化学肥料への過度の依存や有機物の投入不足による地力の低下がみられており、品質の低下、排水不良や連作障害の発生、土壌緩衝能の低下、さらには気象変動への対応が困難など、作物の生産を不安定にしている。

このような中、「土づくり」に欠かせないものとして、有機物の役割が改めて見直されている。また、最近消費者の健康 安全指向から有機農産物生産の取り組みも増えている。

家畜ふん堆肥は、貴重な有機物資源として土壌改良や地力向上の効果を有するとともに、作物に養分を供給する肥料としての効果も持っている。そのため、施用に当たっては、その化学肥料相当分を減肥することが必要である。しかし、今までは堆肥の成分含量や肥効に関する情報の不足に加えて、原料や製造法の相違により肥効が異なること、施用後の養分発現パターンが不明であるなどから、堆肥は土づくりの手段としてのみ捉えられ、肥料成分が考慮されない場合が多く、不適切な施用に起因する土壌の悪化や環境への負荷が懸念されている。

そのため、ここでは水稲を対象に、各種の家畜ふん堆肥の窒素発現パターンや肥効率に関する試験事例とともに、発酵鶏ふんを利用した水稲の全量有機物施用法の試験成果を紹介する。

#### 2. 家畜ふん堆肥中の肥料成分の評価

これまで、肥料成分を評価するのに、施用された家畜ふん尿中の肥料成分量のうちの何%が化学肥料に相当するのかを表す値（福岡県では化学肥料に対する肥効率としている）が用いられてきた。これは、作物の施肥量を計算する上での目安となる数値で、例えば窒素肥効率(%)については、家畜ふん尿中の窒素量 × 窒素肥効率 / 100 = 化学肥料に相当する窒素量となる。

家畜ふん尿については、畜種別に一応の肥効率が設定されている（第1表）。しかし、設定された肥効率に適用しない事例が多く、また腐熟度や水分調整材の影響が考慮されてないため、製品によるバラツキもみられる。さらに、有機物の分解は気象条件や栽培期間で異なるため、作物の種類や作型で肥効率が大幅に相違すると予想されるが、一律の基準となっているなどの課題があり、肥効率を適正に設定することが必要となっている。

第1表 化学肥料に対する肥効率（福岡県）

畜種	種類	窒素	リン酸	加里
牛	発酵処理物	30% (水稲 麦は 25%)	60%	90%
	乾燥ふん	70	70	90
豚	発酵処理物	70 (水稲 麦は 50%)	70	90
	乾燥ふん	70	70	90
鶏	乾燥ふん	70	70	90
	発酵ふん	70	70	90

#### 3. 水田土壌における家畜ふん堆肥の窒素無機化

これまで、水稲に対する家畜ふん堆肥の施用試験は数多く実施されているが、水田土壌中での分解過程や窒素の無機化パターンについて検討された試験成績は少ない。

家畜ふん尿に含まれる窒素は、速効性の無機態のものも含まれるが、大部分は有機態で肥効の発現が緩やかに進む部分から成る。さらに、後者は施用後の作物に対して利用されるものと、地力的に働き、あとあと利用されるものとに別れる。したがって、水稲の各生育時期にどの位の窒素が無機化され、水稲に供給されるの

かを把握することが家畜ふん堆肥の肥効率を評価する上で重要である。そこで、数種の家畜ふん堆肥を用いて、窒素無機化試験やガラス繊維ろ紙法による圃場埋設試験により、水田土壤に施用後の窒素無機化パターンについて調査した試験結果を紹介する。

#### 1) 家畜ふん堆肥の窒素無機化量の予測による化学肥料施用量の削減

家畜ふん堆肥の有効活用により化学肥料施用量を削減し、環境への負荷軽減を図るため、福岡県三池郡高田町の水田で、1992年～1996年に実証試験が実施された。当地区は、水稻・麦の大規模栽培と畜産の複合経営に取り組んでいる生産者が多く、地区の環境保全のためには牛ふん堆肥や乾燥鶏ふんといった家畜ふん堆肥の有効利用を進め、循環型農業の構築を図る必要があった。

当地区内で生産された乾燥鶏ふんおよびおがくず入り牛ふん堆肥を供試し、家畜ふん堆肥中の窒素のうち、化学肥料相当分を適正に見積もり、適量の減肥を行うため、水稻生育期間中における家畜ふん堆肥の窒素無機化率を次のように推定した。

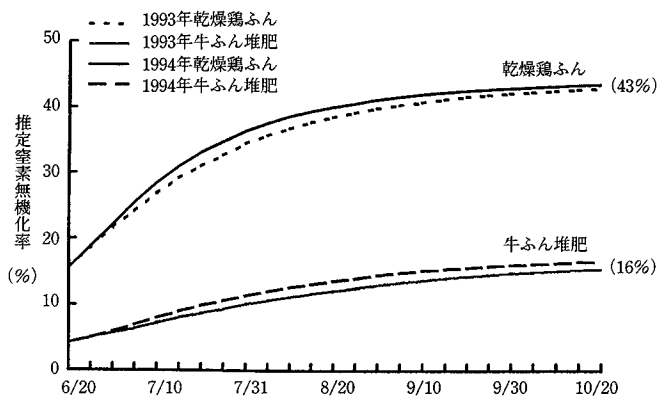
①移植前の作土を採取し、純水 150～170cc を入れたポリ容器に土壌 100g に対して堆肥を窒素成分で 200g となるように混合して加え、湛水条件で 160 日間、温度 3 段階（20, 25, 30℃）で培養し、定期的に取り出して窒素無機化率を測定した。

②実験結果を速度論的方法により解析し、得られた無機化モデル式（第 2 表）と地温の実測値を基に、水稻生育期間中の窒素無機化率の推移を求めた（第 1 図）。

第 2 表 単純型無機化モデル式における家畜ふん堆肥の窒素無機化特性値

種 類	$N_0$ (%)	$k(25^\circ\text{C})$ ( $\text{d}^{-1}$ )	$E_a$ ( $\text{kJmol}^{-1}$ )	$B$ (%)
乾燥鶏ふん	31.3	0.024	41.4	13.2
牛ふん堆肥	17.7	0.009	57.7	3.5

注) 単純型モデル式  $N=N_0(1-\exp(-k\cdot t))+B$ ,  $N$ は窒素無機化率(%),  $t$ は培養日数(日),  $N_0$ は可分解性窒素の割合(%),  $k$ は25℃における速度定数,  $E_a$ はみかけの活性化エネルギー,  $B$ はもともと堆肥に含まれる無機態窒素の割合(%)を示す



第 1 図 水稻生育期間中の推定窒素無機化率の推移

なお、無機化試験に供試した乾燥鶏ふんは窒素含量 2.16%, 水分 18%, おがくず入り牛ふん堆肥は窒素含量 0.59%, 水分 64% であり、無機化率は堆肥施用時から、ある生育時期までに無機化した窒素の総量(家畜ふん堆肥にもともと含まれていたアンモニア態窒素を含む)を全窒素量で除した割合を示す。

水稻生育期間中の総無機化率は、乾燥鶏ふんが 43%, 牛ふん堆肥が 16% であった。この値は、前述の化学肥料に対する肥効率とは多少性格が異なるが、窒素肥効率とされていた乾燥鶏ふん 70%, 牛ふん発酵処理物 25% に比べて低い値であった。そのため、1995～1996 年には得られた窒素無機化率を肥効率とみなして、施肥設計を第 3 表のとおりとし、水稻ヒノヒカリを供試して試験を行った。

第3表 現地実証試験における窒素施肥量 (kg/10a)

区名	家畜ふん堆肥				化学肥料			総N施肥量	
	投入量	N量	肥効率	化学肥換算N	基肥	穂肥1	穂肥2		
鶏ふん	227	5.8	× (43%)	= 2.5	+	5.7 (LP複合D80)	0	0	8.2
牛ふん	2,000	15.8	× (16%)	= 2.5	+	4.8 ( " )	0	0	7.3
当地の慣行	—	—	—	—	—	4.9 (速効性肥料)	2.1	2.1	9.1

注) a) 家畜ふん堆肥の窒素含量は乾燥鶏ふんが2.56%, 牛ふん堆肥が0.79%

b) 鶏ふん区は緩効性肥料を用いたため、化学肥料による施肥量から13%減肥し、 $(9.1\text{kg}-2.5\text{kg}) \times 87\% = 5.7\text{kg}$ とした

c) 牛ふん区は連用により地力が向上したため、さらに0.9kgの減肥を行った

第4表 現地実証圃場における水稻の精玄米重、検査等級および収量構成要素

区名	精玄米重 (kg/10a)			検査等級		m <sup>2</sup> 当たり 刈数	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)
	1995年	1996年	平均	1995年	1996年			
乾燥鶏ふん	543 (98)	570 (101)	557 (100)	2等	2等	35,300	72.2	21.6
牛ふん堆肥	585 (106)	544 (96)	565 (101)	2等	2等	37,600	73.0	21.7
作況圃場	552 (100)	565 (100)	559 (100)	1等下	1等中	32,500	77.5	22.4

第5表 鶏ふんの種類別の窒素無機化率 (25℃, 湛水条件)

種類	全窒素 (%)	無機態 窒素 (%)	培養日数 (日)								
			0	2	7	14	28	42	56	70	84
生鶏ふん	2.2	0.31	0	5	61	60	50	66	69	61	72 (76)
乾燥鶏ふん	3.2	0.39	0	10	16	20	22	29	21	30	34 (42)
発酵鶏ふん A	2.2	0.15	0	15	23	22	26	22	23	20	25 (30)
“ B	2.4	0.03	0	12	25	24	25	22	18	19	22 (23)
“ C	3.0	0.29	0	18	30	30	28	27	23	26	26 (33)
おが屑入り A	2.9	0.18	0	11	18	16	15	11	1	8	10 (15)
発酵鶏ふん B	2.4	0.40	0	7	15	14	15	13	6	4	10 (17)

注) ( ) は鶏ふんに、もともと含まれている無機態窒素を含む

実証試験圃場における水稻の収量、品質を第4表に示した。当地域内の水稻作況試験圃場と比較すると、1995年は乾燥鶏ふん区でやや減収、牛ふん堆肥区では6%の増収となり、1996年は乾燥鶏ふん区ではほぼ同等、牛ふん堆肥区では4%の減収となった。2カ年の平均では、乾燥鶏ふん、牛ふん堆肥区とも作況圃場と同等の収量であった。また、検査等級は乾燥鶏ふん、牛ふん堆肥区とも作況圃場に比べてやや劣ったが、当地区全体との比較では、乾燥鶏ふん、牛ふん堆肥区ともほぼ同等の等級であった。

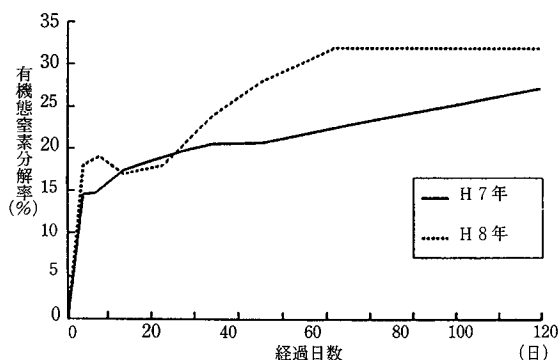
このことから、家畜ふん堆肥の窒素無機化量を正確に算定し施肥設計を行った本技術は、収量・品質の面で生産現場への導入が可能と考えられた。

## 2) 鶏ふんの種類別の窒素無機化

鶏ふんの窒素無機化率について調査するため、生鶏ふん、乾燥鶏ふん、発酵鶏ふんおよびおがくず入り鶏ふんを供試し、窒素成分で25mg相当の試料を風乾土50gと混合して100cc容のポリ容器に入れ、湛水状態で25℃の定温室に静置し、定期的に取り出して窒素無機化率を測定した。

その結果、湛水条件下における鶏ふんの窒素無機化は種類によって大幅に異なり、84日間で生鶏ふんは70%程度が無機化したのに対し、乾燥鶏ふんおよび発酵鶏ふんの無機化は20～35%であり、おがくず入り鶏ふんは10～15%と少なかった(第5表)。

## 3) 水田土壌における発酵鶏ふんの有機態窒素の分解過程



第2図 発酵鶏ふんの有機態窒素分解率

水田土壌に施用した発酵鶏ふんの分解過程について調査するため、鶏ふん 5g を未風乾土 50g と混合した後、ガラス繊維ろ紙に包んで福岡農総試内の水田圃場に地表面下 5～10cm の深さで埋設した。鶏ふんの埋設は 6 月 20 日 (移植時) で、埋設後は湛水状態とし、その後は標準の水管理を行った。水稻栽培期間中に経時的に取り出して、重量、全窒素および無機態窒素含量を測定し、有機態窒素の減量分から発酵鶏ふんの有機態窒素分解率を算定した。

その結果、水田圃場における発酵鶏ふんの有機態窒素は、埋設 1 週間目で 15～19%、最高分げつ期までに 20～24%、成熟期までに 27～32% が分解された (第 2 図)。

このように、鶏ふんの化学肥料に対する肥効率は 70% と設定されていたが、前述の窒素無機化試験や圃場埋設試験の結果から、鶏ふんの種類で異なり、発酵鶏ふんの肥効率はこれより低いことが想定された。

#### 4. 発酵鶏ふんと菜種油かすを利用した水稻の全量有機物施肥法

最近、消費者の健康 安全指向から、有機栽培米の生産が増えている。一方、環境保全の面から、家畜ふん尿の処理が問題になっており、家畜ふん堆肥の有効活用を図るための技術開発が求められている。そこで、水稻ヒノヒカリを供試し、発酵鶏ふんを有効に活用しながら化学肥料を全量有機物で代替する全量有機物施肥法について明らかにした。

全量有機物施肥法としては、基肥窒素の全量を発酵鶏ふんで施用し、穂肥は施肥基準に準じて、菜種油かすを出穂 25～27 日前 (化学肥料の第 1 回穂肥施用時より 7 日程度前) に施用することとした。穂肥における粒状油かすの施用量は、化学肥料に対する窒素肥効率を 100% として算出した。次に、発酵鶏ふんの化学肥料に対する窒素肥効率を 25% および 35% とした区を設けて、試験を実施した。

第 6 表 施肥法と水稻の生育

年度	地力	区 No.	肥料の種類		①鶏ふん N 肥効率 (%)	N 施肥量 (kg/10a)			最高分げつ期		成熟期	
			基肥	穂肥		基肥	穂 1	穂 2	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )
H8	低	1	化学肥②	化学肥②		6.0	2.0	1.5	52	461	71	348
		2	鶏ふん③	油かす④	35	17.1	3.5	0	48	382	72	312
		3	鶏ふん	油かす	25	24.0	3.5	0	48	426	70	336
H9	低	4	化学肥	化学肥		6.0	2.0	1.5	56	561	68	370
		5	鶏ふん	油かす	25	24.0	3.5	0	59	541	68	357
	高	6	化学肥	化学肥		5.0	2.0	1.5	66	631	86	442
		7	鶏ふん	油かす	35	14.3	3.5	0	63	620	86	463
		8	鶏ふん	油かす	25	20.1	3.5	0	64	648	86	497

注) a) ①化学肥料に対する窒素肥効率 ②基肥は尿素入り硫加磷安 (16-16-16)、穂肥は NK 化成 (16-10-16) ③発酵鶏ふん (H8 年 2.6-5.2-2.4, H9 年 2.5-5.3-2.4) 単年施用 ④粒状菜種油かす (5.0～5.5-2.5-1.4) の化学肥料に対する窒素肥効率を 100% とした

b) 供試品種 ヒノヒカリ c) 移植期 6 月 20～21 日

d) 供試土壌 砂壤土 地力低 (全窒素 0.08%) 地力高 (全窒素 0.16%)

その結果、地力が低い圃場では、発酵鶏ふんの窒素肥効率を25%とした区は、化学肥料区に比べて $m^2$ 当たり総籾数が増加し、登熟歩合 玄米千粒重はやや減少するものの、収量は同等であった。米の検査等級および食味も化学肥料区と差がなかった。窒素肥効率を35%とした区は、化学肥料区に比べて最高分けつ期の茎数および穂数が少なく、 $m^2$ 当たり総籾数が減少し、登熟歩合も低かったため、9%減収した。

地力が高い圃場では、発酵鶏ふんの窒素肥効率を25%とした区は、化学肥料区に比べて $m^2$ 当たり総籾数が増加したが、登熟歩合および玄米千粒重が低下したため、収量はやや減収した。また、検査等級には差がなかったが、玄米窒素濃度が高くなり食味が低下した。窒素肥効率を35%とした区は、化学肥料区に比べて穂数は多かったが、総籾数がやや少なく、玄米千粒重も小さかったため、やや減収した。しかし、米の検査等級および食味は化学肥料区と同等であった。

なお、基肥に発酵鶏ふんを施用した場合の土壌の酸化還元電位は、生育初期にはやや低下するが、最高分けつ期には化学肥料区と同等となった。

以上のことから、発酵鶏ふんを利用し全量有機物施肥を行う場合、発酵鶏ふんの化学肥料に対する肥効率を地力の低い圃場では25%、地力の高い圃場では35%として施用量を算定するのがよいと考えられた。

第7表 水稻の収量および品質，玄米窒素濃度

年度	地力	区 No.	精玄米重 (kg/10a)	同差 指数	$m^2$ 当たり 総籾数 (×100)	登熟 歩合 (%)	玄 米 千粒重 (g)	検査 等級	玄米窒素 濃度 (%)	官能食味 総合
H8	低	1	517a ①	100	254	87.9	22.6	1等中	—	—
		2	472b	91	245	81.3	22.4	1等中	—	—
		3	521a	101	275	83.6	22.4	1等中	—	—
H9	低	4	533a	100	242	85.4	22.1	2等上	1.16	0.00a ①
		5	518a	97	263	79.0	21.1	2等上	1.12	-0.12a
	高	6	604	100	383	67.7	23.1	2等上	1.30	0.00a
		7	577	96	361	65.9	22.5	2等上	1.32	-0.18ab
		8	591	98	400	62.1	22.3	2等上	1.39	-0.38 b

注) ①多重比較検定，異符号間に5%水準で有意差あり