

飼料作物への堆肥利用のポイント

青森県農林総合研究センター 畜産試験場 佐藤義人

1. 家畜ふん堆肥の腐熟度、安全性評価

1) 家畜ふん堆肥の腐熟度評価

未熟な家畜ふん堆肥は汚物感と不快な臭気があるだけでなく、作物に対して様々な障害をもたらす。また、雑草種子や病原菌、寄生虫卵を含むこともあるため、自家圃場に施用する場合であっても十分に腐熟させる必要がある。

堆肥の腐熟度を判定する方法として、発芽試験やC/N比測定などがあるが、堆肥生産や施用の現場に

表1に、堆肥施用コーディネータ養成研修で取り上げられている腐熟度評価基準を示した。このうち、外観の項目については堆肥の現物により、堆肥化条件の項目については堆肥生産者からの聞き取りにより評価するものであり、当該研修では両者を総合的に判断することによりある程度の評価は可能であるとしている。

2) 未熟堆肥施用による作物への害

以下に未熟堆肥を施用した場合の作物への害について

表1 現地における腐熟度評価基準

項目		20点	15点	10点	5点	2点	0点
外観	色			黒色～黒褐色	褐色	黄褐色～黄色	
	形状			ほとんど認めない	かなり崩れる	現物形状を留める	
	臭気			堆肥臭	ふん尿臭弱い	ふん尿臭強い	
	水分			強く握っても手にあまりつかない (50%前後)	強く握ると手にかなりつく (60%前後)	強く握ると指の間からしたたる (70%前後)	
堆肥化条件	堆積中の最高温度	70℃以上	70～60℃	60～50℃		50℃以下	
	堆積期間	家畜ふんだけの堆肥の場合					
		2ヶ月以上		2ヶ月～20日		20日以内	
		作物収穫残渣との混合堆肥の場合					
	3ヶ月以上		3ヶ月～20日		20日以内		
木質物との混合堆肥の場合							
6ヶ月以上		6ヶ月～20日		20日以内			
切り返し回数			7回以上	6～3回	2回以下		
強制通気			有り			なし	

注) 本表は「堆肥施用コーディネータ養成研修」テキストに記載されている表を、内容は変えずに佐藤が加工した。

においては迅速に対応する必要があるため、外観や堆肥化条件で評価することが慣行となっている。

最近、家畜ふん堆肥の酸素消費量から1時間程度で腐熟度を判定できるコンポテスターが開発され、堆肥生産及び施用の現場においての活用が期待される。しかし、機材の価格が50万円程度と高価であることから、主要な普及機関において設置することが必要と考えられる。

て簡単にまとめた。

① 窒素過剰

未熟堆肥とは、易分解性有機物を多く含む堆肥である。このため、土壤に施用すると有機物が急激に分解されてアンモニア態窒素の濃度が高まり、作物根が濃度障害を起こすことがある。また、アンモニア態窒素は逐次硝酸態窒素に変化するため、作物中の硝酸濃度が高まるとともに、地下水を汚染する原因ともなる。

② 窒素欠乏

副資材を大量に含む未熟堆肥はC/N比が高い。このため、土壤に施用すると微生物が急激に増殖することで微生物体内に窒素が固定され、作物が利用できなくなる。この窒素欠乏の状態を窒素飢餓と呼ぶ。

③ 生育阻害物質

未熟堆肥には、フェノール物質、低級脂肪酸、タンニンなどの生育阻害物質が含まれる。副資材のオガクズにはフェノール物質やタンニンが含まれ、嫌気状態の家畜ふんからはフェノール物質や低級脂肪酸が大量に生成される。

土壤中に生育阻害物質が多く含まれると作物の発芽率低下や生育不良を招き、収量や品質を低下させる。堆肥を十分に腐熟させることにより、生育阻害物質の分解を促進し発生を抑制することができる。

3) その他の家畜ふん堆肥の安全性

堆肥の安全性を評価する尺度として、腐熟度の他に重金属や抗生物質の有無がある。確かに豚ふん堆肥には銅と亜鉛が多く含まれ、抗生物質を接種した家畜のふん尿には抗生物質が含まれ一部の薬剤は堆肥化後も残留する。しかし、これらが畑に入った後の動態については判然としておらず、現在様々な研究機関において分析が進められている。今後、家畜ふん堆肥の安全性については徐々に明らかになっていくものと思われるが、飼養管理面においても銅及び亜鉛添加量の少ない豚用飼料の選択や抗生物質使用量の低減に心がけ、

安心できる食の供給を図る必要がある。

2. 化学肥料節減のための家畜ふん尿の利用

1) 家畜ふん尿の肥料成分含有率

青森県内の畜産農家等の堆肥及び牛尿の分析を行った結果を表2に示す。堆肥及び牛尿の各成分ともバラツキが大きいことが分かる。

堆肥や牛尿の施用量は、各農家の経験によって決定されているものと思われるが、上記のとおり肥料成分のバラツキが大きい堆肥や牛尿を合理的に施用するには、化学分析や施用試験により、成分含有率や利用率を把握することが望ましい。しかし、施用の現場においてこれらを行うことは困難であることから、次に示した成分推定法や肥効率を参考にする。

2) 家畜ふん尿の肥料成分推定法

当场では、牛、豚、鶏の堆肥及び牛尿に含まれる肥料成分を簡易かつ迅速に推定する方法を開発した。これは、堆肥や牛尿のEC(電気伝導度)を測定し、各成分の推定式に当てはめるもので、成分推定に要する時間は堆肥では40分程度、牛尿では数分である。本県においては、各農林水産事務所にECメーターを設置し、対応可能な体制を整えている。

註) ECの知見については、本誌第27号P35「アドバイザーのひろば」を参照

3) 家畜ふん尿の肥効率

家畜ふん尿処理物中成分の肥効率は表3のとおり示される。①～④は農水省草地試験場が各種成績や

表2 県内の家畜ふん堆肥及び牛尿の成分組成(現物中)

			水分 (%)	窒素 (%)	リン酸 (%)	カリ (%)
堆肥	牛	最大～最小値	83.5～38.8	1.3～0.3	4.3～0.2	2.1～0.0
		平均値	68.9	0.6	0.8	0.7
	豚	最大～最小値	69.9～17.4	4.3～0.3	7.5～0.9	4.1～0.4
		平均値	35.6	2.4	4.7	2.2
	鶏	最大～最小値	60.7～17.3	3.8～0.6	7.8～1.4	3.1～0.7
		平均値	32.9	1.9	4.2	1.9
牛尿		最大～最小値	0.791～0.006	0.029～0.000	0.672～0.014	
		平均値	0.235	0.006	0.310	

分析点数：牛ふん堆肥が143点、豚ふん堆肥が25点、鶏ふん堆肥が23点、牛尿が29点

表3 家畜ふん尿処理物及び牛尿中成分の肥効率

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
①牛ふん堆肥	30%	60%	90%
②液状牛ふん尿	55	60	95
③豚ふん堆肥	50	60	90
④乾燥鶏ふん	70	70	90
⑤豚ふん堆肥	80	?	?
⑥牛尿	70	-	95

注) 化学肥料の肥効を100%とした場合の肥効率

資料から推定した値であり、⑤及び⑥は当场が施用試験を行って得た値である。⑤は密閉縦型発酵装置の豚ふん堆肥をサイレージ用トウモロコシに、⑥は曝気処理などを行わない堆肥舎排汁を牧草に施用した場合の値である。

4) 家畜ふん尿の化学肥料代替量

前述のECからの肥料成分推定値と肥効率とを掛け合わせると、化学肥料代替量の推定値を算出できる。

ECの測定値から推定される肥料成分含有率と化学肥料代替量の早見表を表4に示した。

表4 ECによる肥料成分推定値早見表
牛糞堆肥中の肥料成分

	EC(mS/cm25℃補正值)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
窒素(%)	0.48	0.46	0.48	0.54	0.63	0.75	0.90	1.09	1.32	1.58
リン酸(%)	0.58	0.59	0.68	0.84	1.07	1.38	1.76	2.22	2.75	3.35
カリ(%)	0.33	0.50	0.66	0.83	0.99	1.16	1.32	1.49	1.65	1.82
石灰(%)	0.39	0.40	0.46	0.57	0.71	0.90	1.12	1.39	1.71	2.06
苦土(%)	0.25	0.26	0.29	0.34	0.40	0.48	0.57	0.68	0.81	0.95
炭素(%)	7.49	8.57	9.65	10.73	11.81	12.89	13.97	15.05	16.13	17.21

豚糞堆肥中の肥料成分

	EC(mS/cm25℃補正值)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
窒素(%)	0.57	0.91	1.25	1.59	1.94	2.28	2.62	2.97	3.31	3.65
リン酸(%)	0.21	1.03	1.85	2.68	3.50	4.33	5.15	5.97	6.80	7.62
カリ(%)	0.54	0.85	1.16	1.47	1.79	2.10	2.41	2.72	3.03	3.35
石灰(%)	1.32	1.52	1.80	2.17	2.62	3.15	3.76	4.46	5.24	6.10
苦土(%)	0.53	0.66	0.80	0.95	1.11	1.28	1.46	1.66	1.86	2.07
炭素(%)	10.34	12.06	13.77	15.48	17.19	18.91	20.62	22.33	24.05	25.76

鶏糞堆肥中の肥料成分

	EC(mS/cm25℃補正值)									
	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15
窒素(%)	0.44	0.62	0.80	0.98	1.15	1.33	1.51	1.69	1.87	2.05
リン酸(%)	0.43	0.96	1.49	2.03	2.56	3.10	3.63	4.16	4.70	5.23
カリ(%)	0.44	0.71	0.99	1.26	1.53	1.81	2.08	2.35	2.62	2.90
石灰(%)	0.30	0.59	1.23	2.22	3.55	5.25	7.29	9.68	12.42	15.52
苦土(%)	0.22	0.34	0.46	0.58	0.71	0.83	0.95	1.08	1.20	1.32
炭素(%)	8.54	9.89	11.24	12.58	13.93	15.27	16.62	17.96	19.31	20.65

牛尿中の肥料成分

	EC(mS/cm25℃補正值)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
窒素(%)	0.04	0.06	0.09	0.14	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.60
カリ(%)	0.12	0.18	0.25	0.31	0.38	0.44	0.51	0.57	0.64	0.70

堆肥のECは、現物堆肥1gに対して純水5mlを加え30分間振とうした懸濁液を測定した値。牛尿は直接測定した値。

ECによる家畜糞堆肥等の化学肥料代替量推定値
牛糞堆肥1t中の肥料成分代替量

	EC(mS/cm 25℃補正值)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
窒素(kg)	1.43	1.39	1.45	1.61	1.88	2.24	2.71	3.28	3.95	4.73
リン酸(kg)	3.49	3.56	4.08	5.04	6.44	8.29	10.58	13.32	16.50	20.12
カリ(kg)	2.99	4.47	5.96	7.44	8.93	10.41	11.90	13.38	14.87	16.35

豚糞堆肥1t中の肥料成分代替量

	EC(mS/cm 25℃補正值)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
窒素(kg)	2.83	4.54	6.26	7.97	9.69	11.40	13.12	14.83	16.55	18.26
リン酸(kg)	1.24	6.18	11.12	16.07	21.01	25.96	30.90	35.84	40.79	45.73
カリ(kg)	4.84	7.65	10.46	13.27	16.07	18.88	21.69	24.50	27.31	30.11

鶏糞堆肥1t中の肥料成分代替量

	EC(mS/cm 25℃補正值)									
	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15
窒素(kg)	3.08	4.33	5.58	6.83	8.08	9.33	10.58	11.83	13.08	14.33
リン酸(kg)	2.98	6.72	10.46	14.20	17.93	21.67	25.41	29.15	32.89	36.62
カリ(kg)	3.96	6.42	8.87	11.33	13.79	16.25	18.70	21.16	23.62	26.07

牛尿1t(1m³)中の肥料成分代替量

	EC(mS/cm 25℃補正值)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
窒素(kg)	0.27	0.43	0.65	0.95	1.31	1.74	2.25	2.82	3.47	4.18
カリ(kg)	1.11	1.73	2.34	2.96	3.58	4.20	4.81	5.43	6.05	6.67

本表の推定値は、前表の肥料成分推定値と、表3の①③④及び⑥の肥効率とを掛け合わせた数値。

3. 家畜ふん堆肥及び牛尿の施用例

家畜ふん堆肥及び牛尿に含まれる肥料成分（窒素、リン酸、カリ）のバランスは、作物が要求するものとは異なることから、化学肥料代替量が多い又は作物の要求量が少ない肥料成分を家畜ふん堆肥又は牛尿で施用し、不足する肥料成分は化学肥料で補う必要がある。

以下に示す施用例は、上述の化学肥料代替量推定値及び他県の情報をもとに記述したものである。堆肥の施用に当たっては各作物に対する施肥基準量を遵守するとともに定期的に飼料分析及び土壌診断を行うように努めることが大切である。

1) 牧草地への牛尿の施用

牛尿の化学肥料代替量はカリ、次いで窒素が高く、その他の肥料要素含有率は極めて低い。一方、牧草の要求量はカリで低く窒素で高いことから、カリを牛尿のみで施用し、窒素及びその他の肥料要素は化学肥料

で補うこととする。施用量の計算例を以下に示す。

- ① 早春の追肥量を、窒素-リン酸-カリ=9-6-6 kg/10aとする。
- ② 牛尿のECから化学肥料代替量を推定する。
(ここではECが25mS/cmと想定して計算する)
- ③ カリの化学肥料代替量は牛尿1トン当たり3.58 kgである。10a当たりのカリ施用量は6 kgであるから、牛尿では1.7トンとなる。
(6 kg/10a ÷ 3.58kg/t = 1.7t/10a)
- ④ 窒素の化学肥料代替量は牛尿1トン当たり1.31 kgであるから、牛尿1.7トンの窒素肥料代替量は2.2kgとなる。
(1.31kg/t × 1.7t = 2.2kg)
- ⑤ よって、化学肥料の施用量は、窒素6.8kg (9 kg - 2.2kg)、リン酸6 kgとなる。

留意事項：この計算例では、10a当たり牛尿1.7tの施用量となったが、牧草地が傾斜地の場合や肥料成分が

少ない牛尿を多量に施用する場合、牛尿が牧草地から流出する恐れがある。この場合は、流出しない範囲内で施用し、不足分を化学肥料で補う。また、牛尿には石灰及び苦土がほとんど含まれないことから、石灰質資材や苦土肥料は適宜施用する。

2) 牧草地への牛ふん堆肥の施用

牛ふん堆肥の化学肥料代替量はカリとリン酸がほぼ同等であり、窒素で低い。堆肥の施用により牧草にリン酸の過剰障害が起こることはないため、牛尿の施用と同様にカリの施用量を算出し、次いで窒素とリン酸について算出する。

以下に示す施用量の計算例は、晩秋に翌年のカリ全量を堆肥で施用することとした。

- ① 年間の追肥量を、窒素－リン酸－カリ＝ $20 - 13 - 13\text{kg} / 10\text{a}$ とし、このうち晩秋及び早春の追肥量を、窒素－リン酸－カリ＝ $10 - 6.5 - 13\text{kg} / 10\text{a}$ とする。
- ② 牛ふん堆肥のECから化学肥料代替量を推定する。
(ここではECが 5mS/cm と想定して計算する)
- ③ カリの化学肥料代替量は牛ふん堆肥1トン当たり 8.93kg である。10a当たりのカリ施用量は 13kg であるから牛ふん堆肥では1.5トンとなる。
($13\text{kg} / 10\text{a} \div 8.93\text{kg/t} = 1.5\text{t} / 10\text{a}$)
- ④ 窒素の化学肥料代替量は牛ふん堆肥1トン当たり 1.88kg であるから、牛ふん堆肥1.5トンの窒素肥料代替量は 2.8kg となる。
($1.88\text{kg/t} \times 1.5\text{t} = 2.8\text{kg}$)
- ⑤ リン酸の化学肥料代替量は牛ふん堆肥1トン当たり 6.44kg であるから、牛ふん堆肥1.5tのリン酸肥料代替量は 9.7kg となる。

$$(6.44\text{kg/t} \times 1.5\text{t} = 9.7\text{kg})$$

- ⑥ よって早春の化学肥料施用量は、窒素が 7.2kg ($10\text{kg} - 2.8\text{kg}$)であり、リン酸は堆肥により計画量以上に施用されていることから無施用 ($6.5\text{kg} - 9.7\text{kg} = \Delta 3.2\text{kg}$)とする。
- ⑦ 1番草刈り取り以降の窒素、リン酸は施肥設計量を化学肥料で施用する(晩秋に計画量以上に施用したリン酸については減肥しない)。カリは晩秋に全量を施用しているから無施用とする。

留意事項：堆肥を早春に施用すると、1番草に堆肥が混入して飼料としての品質を低下させることがあるため、晩秋に施用する。また、牛ふん堆肥には石灰及び苦土は含まれるものの、ミネラルバランスを適正に保つには不足していることから、石灰質資材や苦土肥料を適宜施用する。

3) 家畜ふん堆肥の野菜畑等への施用

水稲畑作園芸部門における「堆肥」とは、稲わら等収穫残渣を腐熟化させたものを指すのが一般的であり、家畜排せつ物由来の「厩肥」を指すことはほとんどない。

近年、耕種部門においても家畜ふんたい肥の施用試験が盛んに行われるようになり、化学肥料節減効果を認めている。

一部の県においては、作物ごとの家畜ふん堆肥施用量を示している。資料として表5から表10に盛岡農業改良普及センターが発行した「平成12年度盛岡地方たい肥マップ」の施用基準等の数値のみを抜粋して示した。この施用基準では、単純に記載どおりの量を施用すればいいというものではなく、施用する堆肥に応じて施用量を加減する必要があるとしている。

表5 水稲における有機物の種類毎の投入量 (単位: t / 10a)

わら堆肥	牛きゅう肥	豚きゅう肥	発酵鶏糞堆肥	稲わら
1.0～1.5	1.0	0.58	0.3	0.5～0.6

表6 減肥の目安 (tあたり)

牛きゅう肥	豚きゅう肥
1.0～1.5kg	2.0～3.0kg

発酵鶏ふん堆肥は、さらに有効化率が高いので500kg程度の施用でも3kg以上/10aの減肥が必要である。

(佐藤補足：表6は、水稲栽培における窒素肥料の低減量である。)

表7 各作物の有機物施用基準

作物	有機物施用基準 (t/10a)			
	バーク堆肥	わら堆肥	牛きゅう肥	豚きゅう肥
麦類	2	1～2	1.5	0.6>
豆類	2	1～2	1.5	0.6>
そば	2	-	-	-

表8 連作を前提とした品目別堆きゅう肥施用基準表 (t/10a)

	牛きゅう肥	豚きゅう肥	発酵鶏糞堆肥	稲わら堆肥
きゅうり	4	2.4	1.6	5.0
トマト	4	2.4	1.6	5.0
ピーマン	4	2.4	1.6	5.0
いちご	3	2.4	1.2	4.0
なす	4	2.4	1.6	5.0
すいか	2	1.2	0.8	2.5
メロン	2	1.2	0.8	2.5
短根にんじん	2	1.2	0.8	2.5
だいこん	2	1.2	0.8	2.5
ごぼう	2	1.2	0.8	2.5
ながいも	3	1.8	1.2	4.0
さといも	3	1.2	1.2	4.0
ばれいしょ	2	0.8	0.8	2.5
にんにく	3	1.2	1.2	4.0
キャベツ	2	1.2	0.8	2.5
はくさい	2	1.2	0.8	2.5
レタス	2	1.2	0.8	2.5
グリーンアスパラガス	3	1.8	1.2	4.0
ほうれんそう(4作)	4	2.4	1.6	5.0
ブロッコリー	3	1.8	1.2	4.0
みつば	2	1.2	0.8	2.5
しゅんぎく	2	1.2	0.8	2.5
ねぎ	2	1.2	0.8	2.5
さやえんどう	2	1.2	0.8	2.5
えだまめ	2	1.2	0.8	2.5
スイートコーン	2	1.2	0.8	2.5
しどけ(定植年)	8	4.8	3.2	10.0

表9 花き品目別・畜種別堆きゅう肥施用基準 (t/10a)

	牛きゅう肥	豚きゅう肥	発酵鶏糞堆肥	稲わら堆肥
りんどう(定植年)	3.0	1.8	1.5	4.0
りんどう(2年目以降)	2.0	1.2	1.0	2.5
施設花き	3.0	1.8	1.5	4.0
露地花き	2.0	1.2	1.0	2.5

表10 果樹に対する有機物施用基準（成木園（単位：t/10a）

種類	施用	備考
稲わら堆肥	1.0 ～ 2.0	(1) 土壌の種類は共通である。
牛きゅう肥	1.0 ～ 2.0	(2) 施用時期は秋～冬（窒素成分の高いものを春施用すると窒素が遅効きすることがある）
豚きゅう肥	1.0 ～ 2.0	(3) 有機物資材の窒素分を基肥から差し引くこと
牛ふん	0.5 ～ 1.0	(4) 施用後、軽く耕起すれば改善効果が高まる。
豚ふん	0.3 ～ 0.5	
鶏ふん（生）	0.15 ～ 0.2	
鶏ふん（乾燥）	0.05 ～ 0.1	

※適用果樹：りんご、ぶどう、なし、もも

まとめ

家畜ふん尿は、農作物の低コスト生産に寄与する重要な有機質肥料資材であるものの、未熟堆肥では作物への悪影響があるほか、完熟堆肥であっても施肥設計に基づき化学肥料と上手に組み合わせなければミネラルバランスの悪化を招くなどのマイナス面もある。

これらのことは家畜ふん堆肥を使い慣れない耕種農家にとっては、使い勝手の悪い有機質資材であるとの印象を与えるものと思われる。

1戸当たりの家畜飼養頭羽数が急激に増加している近年、特に養豚、養鶏経営においては、家畜ふん堆肥を積極的に耕種利用し、利用拡大を図ることが経営上の重要な方策に位置付けられる。そのためには、品質が一定な堆肥を安定供給することは当然であるが、堆肥生産側が自ら生産する堆肥に対して、肥料成分含有率や含まれる副資材及び生産工程など、各種の情報を積極的に提示し、堆肥利用側の安心感を得ることが重要と考える。



富士もあざやか 環境整備
（於：静岡県富士宮市から）