
環境保全型畜産の確立に関する研究

一家畜ふん堆肥の簡易な品質・成分評価法の検討

豊田知紀¹、阿久津和弘²、田崎 稔、増山文男¹、阿部正夫

¹栃木県畜産振興課

²栃木県酪農試験場

要約 本試験は、家畜ふん堆肥中肥料成分の簡易推定法について近赤外分析装置(以下 NIRS)及び簡易型反射式光度計(以下 RQ フルックス)を用いた手法について検討した。

1. NIRS を用いた推定手法の検討

NIRS による肥料成分含量の推定は、牛ふん堆肥の灰分、窒素、リン酸、苦土について推定は可能であったが、リン酸と苦土の推定精度は若干劣っていた。カリ、石灰の含有量推定は困難であった。豚ふん堆肥は、リン酸を除きその他の肥料成分の推定は可能であったが、推定精度は低かった。牛ふん及び豚ふん共通の含有成分推定のための回帰式を作成したが、SEP、EI の値が高く、検量線として利用できるものではなかった。家畜ふん共通検量線の作成は本試験においては困難であった。

2. 簡易型反射式光度計を用いた推定法の検討

NIRS では、牛ふんや豚ふん堆肥で推定が難しいリン酸、カリについて RQ フルックスを用い成分含有量の推定について検討した。現物における相関は、リン酸及びカリで 0.71、0.69 と低く、現物中含水分の影響によるものと思われた。RQ 値に含水分を変数に加えた重回帰式を作成した結果、両者の相関係数は、0.89、0.86 と向上した。

乾燥微粉碎し保存しておいた牛ふん、豚ふん堆肥を蒸留水で抽出したもので検討した結果、カリの相関は 0.91 と高かったが、リン酸は、0.41 と低く、今後抽出液等検討の必要性が残った。カリについては、簡易反射式光度計を用いることにより、牛ふん、豚ふん堆肥の区別なく含有量の推定が可能であると思われる。

緒言

従来の畜産農家における家畜ふん尿処理は、経営内で生じる家畜ふん尿を自己耕作地へ還元し、そこから生産された飼料を家畜へ給与するといった、土、草、家畜の循環の中で行われてきた。しかし、近年の畜産経営は、大規模化、地域的偏在化が進み、農家から排せられる家畜ふん尿量が増大し、処理が難しくなった家畜ふん尿は、過剰に飼料畑や耕作地へ還元され、地域環境への悪影響等も危惧される現状となっている。これら余剰となっている家畜ふん尿は、好氣的な堆肥化処理を行い有効な有機質肥料とした後、耕種農家等へ提供し利用されることが望ましいが、同畜種の家畜ふんであっても含有成分にバラツキが大きく、耕種側では肥料としてよりも土壌改良資材としての位置づけが大きい。更に、含有肥料成分を測定する際に迅速な対応が難しいことも、肥料としての利用が促進されない一つの要因と考えられる。そこで、迅速かつ公定法とほぼ同様な精度を有し、簡易に堆肥の品質や含有肥料成分の推定が可能な手法についての検討を行った。

材料及び方法

供試資材は、栃木県内の畜産農家において生ふんを含む家畜ふん堆肥(以下堆肥)136点を採取し分析に供した。採取した試料の内訳は、牛ふん堆肥67点、豚ふん堆肥69点である。分析項目は、水分、灰分、pH、電気伝導度(以下 EC)、全窒素(以下窒素)、全リン酸(以下リン酸)、全カリ(以下カリ)、全石灰(以下石灰)、全苦土(以下苦土)とした。水分、pH、EC は、現物のまま、灰分は水分を測定後の試料を 600℃乾熱法により求めた。無機成分は、105℃で通風乾燥後微粉碎し、湿式或いは乾式灰化法にて前処理を行った後、原子吸光法により定量した。全窒素(T-N)は、ケルダール分解後プレムナー法により定量した。pH、EC は、全農型測定法(水:現物=5:1)により振とう抽出し各々の電極法により求めた。

結 果

1. NIRS による家畜ふん堆肥検量線の作成

検量線の作成及び有効性の確認に使用した試料の分析値を表 1、2 に示した。これら試料の基本統計量は、全ての成分について尖度が小さく幅の広い試料を採材できたと思われる。各成分の平均値と中央値は、ほぼ同じ値を示していた。度数分布は牛ふんの灰分 (Ash)、苦土 (MgO) は正規分布に近かったが、その他の成分は値が小さい側に若干歪んでいた。

肥料成分推定のための検量線回帰式の作成は、近赤外分析装置にネオテック 6500 を用い、近赤外領域吸光度 1100~2500nm 範囲の波長を 2nm 毎に測定し、装置に付属されているソフトウェアを用い二次微分スペクトルを求めた。重回帰式は、同様に装置付

属のソフトウェアを用い最大 4 波長までの検量線を作成した。各成分毎の検量線は、牛ふん、豚ふん、牛ふん及び豚ふん共通の推定式をそれぞれ作成した。

表 1 検量線作成用試料分析値

区分/成分	Ash	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	(DM%)
牛ふん堆肥 Max	55.31	3.33	2.42	6.21	7.18	3.35	
(n=52) Min	6.43	1.18	0.56	0.50	0.57	0.47	
Avg.	24.73	2.20	1.55	2.94	2.85	1.56	
Std	10.34	0.52	0.45	1.31	1.33	0.45	
豚ふん堆肥 Max	59.68	6.51	7.76	6.73	9.14	4.29	
(n=49) Min	8.57	1.42	1.18	0.07	1.90	0.32	
Avg.	27.43	3.43	4.43	2.85	4.67	1.85	
Std	10.54	1.20	1.81	1.50	1.87	0.78	

表 2 検量線の実用性確認試料の分析値

区分/成分	Ash	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	(DM%)
牛ふん堆肥 Max	47.06	2.96	3.30	10.81	6.16	1.95	
(n=24) Min	6.43	1.18	0.56	1.09	0.31	0.17	
Avg.	23.72	2.21	1.92	4.65	2.68	1.30	
Std	8.03	0.50	0.71	2.48	1.43	0.46	
豚ふん堆肥 Max	34.42	6.36	7.65%	6.03	8.18	2.79	
(n=20) Min	11.65	1.07	2.06%	0.74	1.93	0.52	
Avg.	24.01	3.56	5.11%	3.19	4.69	1.86	
Std	6.43	1.53	1.53%	1.58	1.82	0.64	

2. 推定検量線の実用性確認

収集した試料の内、検量線の作成に供しなかった試料 (牛ふん 16 点、豚ふん 20 点) 及び、検量線の作成に供したものの中から無作為に抽出した試料 (牛ふん 8 点計 24 点) を用い、それぞれ作成した検量線について実用性の確認を行った。検量線の選択は、SEP (Standard error of prediction) の最も小さい検量線を各成分項目に対する最適検量線とし、これら検量線の実用性は、水野らが提唱した EI

(Evaluation index) を用いた。表 4 に最適検量線採用波長と、実用性の確認結果を示した。牛ふん堆肥の EI は、灰分が B ランクで可能、窒素、リン酸、苦土は C ランクとなり推定精度が若干劣るものの利用可能であった。しかし、カリと石灰については、D ランクとなり近赤外による推定は困難な結果であった。豚ふん堆肥での EI は、リン酸をのぞく全ての成分で C ランクと精度が若干劣るものの推定可能な検量線であった。

牛ふん及び豚ふん堆肥の共通検量線については、SEP 及び EI とも精度が低く利用可能な検量線を本試

験では作成できなかった。

表 3 NIRS による最適検量線及び有効性の確認結果

区分	項目 (成分)	最適検量線				r	SEP%	EI%	Rank
		選択波長 (nm)							
牛ふん堆肥	ASH	2028	1900	1980		0.87	5.4	20.9	B
	T-N	1562	1752			0.82	0.2	29.7	C
	P ₂ O ₅	1510	1696	2318		0.78	0.4	30.2	C
	K ₂ O	1558				0.59	2.0	41.1	D
	CaO	2366	1154			0.65	1.1	39.0	D
	MgO	1354	1278			0.80	0.2	31.2	C
豚ふん堆肥	ASH	2022	1902			0.80	4.2	37.4	C
	T-N	1524	2254	2456		0.78	1.0	35.9	C
	P ₂ O ₅	1528	1180			0.72	1.1	39.8	D
	K ₂ O	1516	1778	1348	1152	0.71	1.1	31.1	C
	CaO	2074	2344	2138	1168	0.83	1.0	32.8	C
	MgO	1572	1754	2252		0.82	0.4	32.2	C

3. 簡易型反射式光度計を用いた推定法の検討

NIRS を用いた手法では、推定が困難であったリン酸とカリについて RQ フレックスを用いた手法について検討を行った。

(1) 豚ふん堆肥現物中のリン酸及びカリの推定

豚ふん堆肥の現物を供試資材として、堆肥と蒸留水を 1:9 の比率で混合し 30 分間振とう抽出した後ろ過し、得られた溶液について溶液中のオルトリン酸及びカリウムイオン濃度を測定した。測定は、各種測定項目のレンジ幅に合うよう適宜希釈した。得られた値は希釈倍率を乗じ原液濃度に換算し、化学分

析値との相関を求めた。図 1、2 に RQ 実測値を変数とする検量線を作成し、そこから求めたリン酸とカリの含有量推定値と化学分析値との相関図を示した。結果、リン酸及びカリの相関は、それぞれ 0.71、0.69 とあまり高い値を得ることが出来なかった。相関係数が低かった要因として、分析試料中の含水分が関与していると思われ、そこで回帰式の変数に RQ 値に加え試料含水分を用いた重回帰検量線を作成し、推定値と化学分析値との相関を求めた (図 3、4)。結果、リン酸及びカリの現物中含含有量の相関は、0.89、0.86 と向上した。

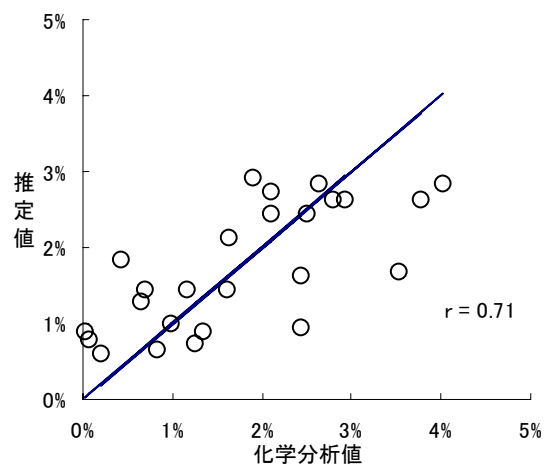


図 1 1 変数による推定 (K₂O FM%)

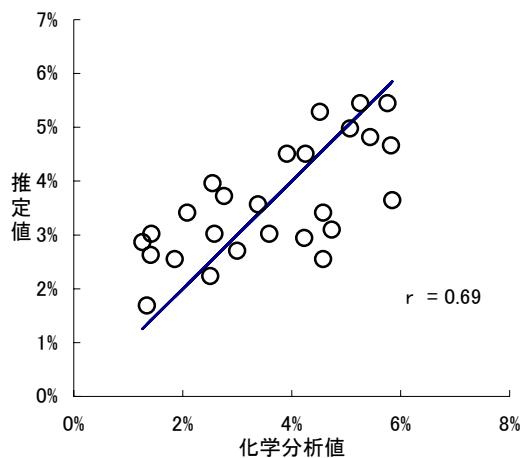


図 2 1 変数による推定 (P₂O₅ FM%)

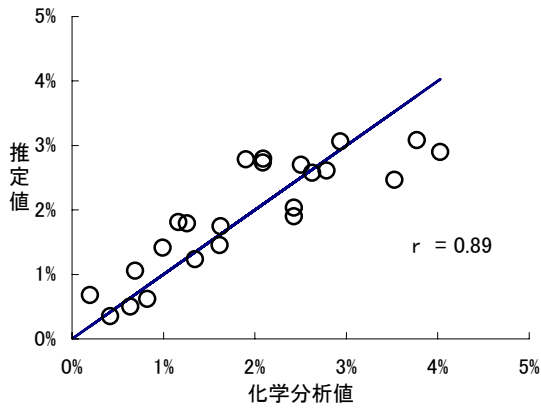


図3 2変数による推定 (K_2O FM%)

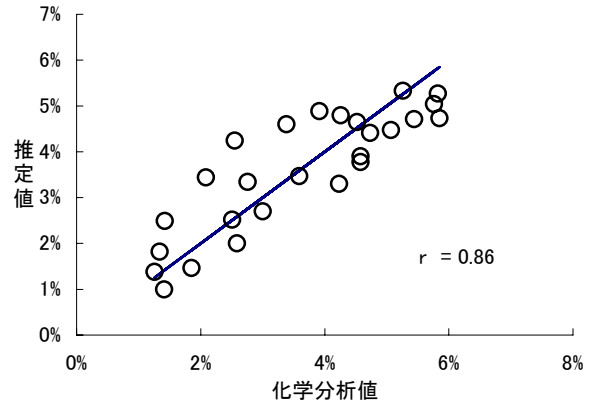


図4 2変数による推定 (P_2O_5 FM%)

(2) 牛ふん堆肥及び豚ふん堆肥中のリン酸及びカリの推定
乾燥微粉碎し保存しておいた牛ふん堆肥と豚ふん堆肥について、RQを用いたオルトリン酸及びカリの含有量推定について検討した。乾燥家畜ふん堆肥と蒸留水を1:10の比率になるよう混合し振とう抽出した。以下の手順については、現物を用いて行った手法と同様である。図5にカリ成分についてのRQ値と

化学分析値との散布図を示した。両者の単相関係数は、0.91と比較的高い結果となった。畜ふんの区別なく推定が可能であると思われた。リン酸についても同様な結果となると思われたが、右上がりの傾向は見られるものの単相関係数で0.41と低く、大きくばらついた結果となった。乾物を用いた場合のリン酸についての推定は困難であると思われた。

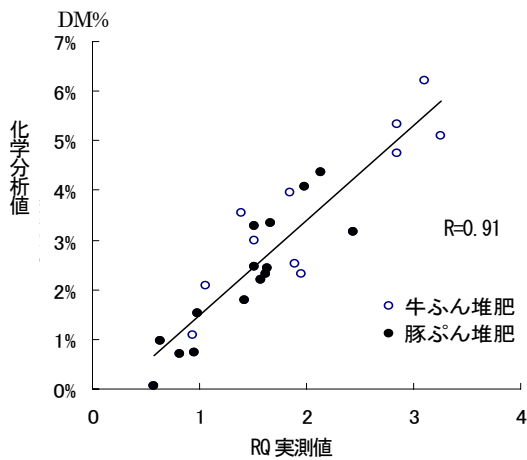


図5 簡易型反射光度計を用いた推定 ($T-K_2O$)

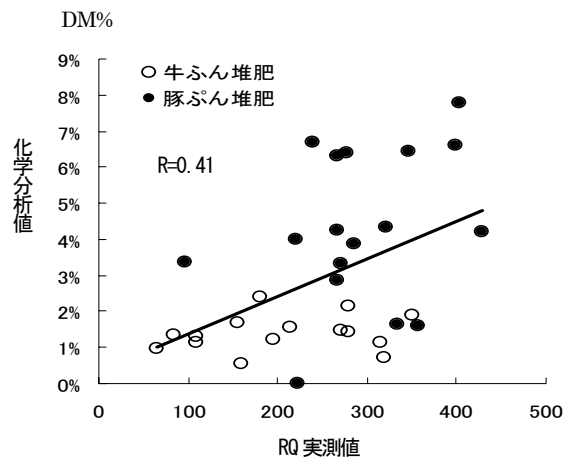


図6 簡易型反射式光度計を用いた推定 (P_2O_5)

考 察

今回、家畜ふん堆肥中肥料成分推定に用いた近赤外分析装置は、主に食品中の有機物測定や、家畜の粗飼料分析等に用いられている。NIRSは、迅速であること、同時多成分分析が可能であること、分析技術をあまり必要としないこと、試薬・薬品を用いないため廃液等がでないこと等の利点をもつ。NIRSは、測定試料中の有機物量を推定する機器であり、無機

物の推定は困難であるとされてきた。しかし、近年、無機物も有機物への振動に影響を与えることが報告され、間接的に推定が可能であることが示唆された。静岡や新潟、長野県等からも同様な報告がなされているが、無機物の推定はカリやリン酸に止まっている。

本試験では、他の無機物に対して検討を行った。牛ふん堆肥、豚ふん堆肥では、リン酸、カリ、石灰

を除けばその他の成分推定は可能であった。しかし、両者を併せた共通検量線では、バラツキが大きくなり、含有成分推定が困難であった。

牛ふん、豚ふん堆肥の検量線であっても推定可能な成分の採用波長が異なっていた。ミネラル成分等の無機物は、前記したように有機物の波長の揺れを推定した結果を、検量線上で推定していることとなり、畜種によってふん中の構成成分分布に差があったこと及び、微粉碎したためサンプルの均一性が保てなかった等の要因によるものと推察する。また、化学分析と NIRS による測定時期が同時でなかったことも推定精度に影響を与えたものと思われる。NIRS による推定は、高額な分析機器が必要であり、分析センター等の施設において集約的に一括した分析を行う場合は、有効であると思われる。しかし、一括に集約した場合、搬入、分析、値の返送に時間が必要となるため、分析時間以外の迅速性に欠けると思われた。

簡易型反射式光度計は、現物のリン酸、カリ及び乾物のカリ推定において含水分を考慮すれば十分利用可能であると思われた。しかし、リン酸については、現物と乾物で推定精度が大きく異なった。このような差が生じた理由は、現物堆肥中（湿潤状態）にある際のリン酸は、オルトリン酸の形態で殆どが存在していたものと思われ、乾燥したことによりリン酸の形態に変化があったものと考えられるがはっきりとした原因は不明である。

簡易型反射式光度計は、携帯できる大きさを備え、測定成分別にキット化されており、専門的な技術が必要としない。更に分析に要する時間も短く、農家の庭先で堆肥中のリン酸、カリを推定できる。しかし、推定精度の向上には、含水分をいかに抑えるかが重要である。本試験では、簡易水分測定は検討しなかったが推定精度を向上し、かつ短時間に行うためには重要と思われる。

謝 辞

本試験を行うに当たり、試材の採取にご協力いただいた、農業改良普及センター並びに家畜保健衛生所職員の方々にお礼申し上げます。

文 献

1) 原田ら. 家畜ふん堆肥の品質評価への近赤外分析法適用の可能性. 家畜ふん尿処理利用研究会資料, 36-43, (1995)

- 2) 浅井ら. 近赤外反射分光分析法による牛糞きゅう肥の全窒素、全炭素、粗灰分の迅速測定. 土肥紙, 64, 669-675, (1993)
 - 3) 古橋ら. 牛糞堆肥の腐熟度及び有効性の NIRS による迅速分析法. 静畜研報, 50-57, 1996
 - 4) 小柳ら. 近赤外法による堆肥成分の迅速測定. 新潟畜試研報, No.12, 44-48, (1998)
 - 5) 小柳ら. 貯留牛尿の成分と簡易推定法. 新潟畜試研報, No.12, 49-57, (1998)
 - 6) 水野ら. 近赤外線反射率測定法による乾燥の成分と栄養価の推定 I. 草地試研報, 第 38 号, 35-46, (1988)
 - 7) 水野ら. 近赤外線反射率測定法による乾燥の成分と栄養価の推定 II. 草地試研報, 第 38 号, 48-54, (1988)
 - 8) 内田ら. 家畜ふん尿の農業利用に関する研究. 栃農試研報, No.23, 7-16, (1977)
-