

近赤外分光法による家畜排せつ物由来のたい肥成分分析技術の開発

眞部幸子・吉尾卓宏・須藤立・井上雅美

Quantification of fertilizer component in livestock manure compost by near-infrared spectroscopy

Sachiko MANABE, Takahiro YOSHIO, Ryu SUTO and Masami INOUE

要 約

家畜ふんたい肥の肥料成分の分析を肥料取締法に準じた化学分析法で行っているが、煩雑かつ時間と高額な費用を要するため、迅速で簡便な分析方法の確立が必要とされている。そこで、農家への測定値の早期還元を目的として、近赤外分光法を用いて家畜ふんたい肥の肥料成分の迅速な測定法を開発した。

キーワード：家畜ふんたい肥，肥料成分測定，近赤外分析法

緒 言

家畜ふんたい肥の肥料成分の分析を肥料取締法に準じた化学分析法で行っているが、煩雑かつ時間と高額な費用を要するため、迅速で簡便な分析方法の確立が必要とされている。

そこで、農家への分析値の早期還元を目的として、自給飼料分析の成分分析で活用されている近赤外分光法を家畜ふんたい肥に応用する。近赤外分光法は推定法のため化学分析値との誤差が生じるが、従来法と比べ測定期間が著しく短縮される利点がある。近赤外分光法による肥料成分の検量線を畜種別に作成し、迅速測定法を確立する。

材料および方法

1 家畜ふんたい肥の肥料成分の化学分析

1) 家畜ふんたい肥の採材
平成17年4月から平成21年12月までに県内で製造された家畜ふんたい肥を試料とした。

2) 家畜ふんたい肥の区分
家畜ふんたい肥は、牛ふんたい肥・豚ふんたい肥・鶏ふんたい肥の3畜種に区分した。

3) 分析方法¹⁾
NおよびC/Nを乾式燃焼法(NC-1000, 住化分析センター)で、P₂O₅をモリブデン青法により吸光光度法で、K₂O・CaO・MgO・Cu・Znを蛍光光度法または原子吸光光度法(AA-6650, 島津製作所)で測定した。

なお、風乾物中に含まれる水分を2次水分とし、105℃2時間乾燥して測定した。

2 近赤外分析法による検量線の作成

1) 近赤外スペクトルの測定

FT型近赤外分析計(日本ビュッヒ(株), NIRFlex N-500)を用いて、風乾・粉碎(レッチェ ZM200, 0.5mmメッシュ)したサンプルの近赤外スペクトルを測定した。

2) 検量線の作成

全試料の約2/3を用いて検量線を作成した。なお、検量線は近赤外分析計に付属する解析ソフトを用いて作成した。

3) 検量線の評価

残りの試料により、検量線の有効性を確認した。なお、有効性はEvaluation index (EI)²⁾を用いて評価した(表1)。

表1 EIによる検量線の評価法

EI	ランク	精度
<12.5	A	精度が非常に高い
12.5~24.9	B	精度が高い
25.0~37.4	C	精度が低い
37.5~49.9	D	精度が非常に低い
50.0<	E	推定不能

$$EI = \frac{2 \times SDP}{レンジ} \times 100\%$$

SDP: 有効性の検証試料の誤差の標準偏差

結 果

2)水野ら，草地試験場研究報告第 38 号，1988，P35-47

- 1 牛ふんたい肥の検量線
 - 1) PLS 回帰法により作成した各項目の検量線の概要を示す(表 2)。
 - 2) 有効性の検証結果を示す。EI を用いた検量線の評価は，窒素・灰分・有機物・炭素が推定精度が非常に高いランク A であり，2 次水分・ P_2O_5 ・ K_2O ・ CaO ・ MgO ・C/N は推定精度が高いランク B であった(表 3，図 1)。
- 2 豚ふんたい肥の検量線
 - 1) PLS 回帰法により作成した各項目の検量線の概要を示す(表 4)。
 - 2) 有効性の検証結果を示す。EI を用いた検量線の評価は，窒素・灰分・有機物・炭素・C/N は推定精度が非常に高いランク A であり，2 次水分・ P_2O_5 ・ K_2O ・ CaO ・ MgO は推定精度が高いランク B であった(表 5，図 1)。
- 3 鶏ふんたい肥の検量線
 - 1) PLS 回帰法により作成した各項目の検量線の概要を示す(表 6)。
 - 2) 有効性の検証結果を示す。EI による検量線では評価では，窒素・ CaO ・灰分・有機物・炭素がランク A (推定精度が非常に高い)であり，二次水分・ P_2O_5 ・ K_2O ・ MgO ・C/N はランク B (推定精度が高い)であった(表 7，図 1)。

考 察

近赤外分光法による家畜ふんたい肥の肥料成分値は推定値であり，肥料取締法に基づく特殊肥料の表示には使用できないが，肥料成分の測定期間が大幅に短縮される利便性がある。

今回開発した検量線は，どの畜種においても，窒素の推定精度が高く，窒素を主体とした施肥設計を行うことで実用レベルでの活用が可能であると判断できる。

なお，今回試料として用いた家畜ふんたい肥は，オガクズ・モミガラを水分調整材に用いて製造されたものであり，他の資材を混合したたい肥の測定はできない。

参考文献

- 1)財団法人日本土壤肥料協会，2000，堆肥等有機物分析法

表 2 牛ふんたい肥の近赤外分光法による検量線(PLS 回帰法による)

測定項目	相関係数	SEC	個数	化学分析値(%)	波数	因子数	処理
水分 (%)	0.907	0.91	196	0.1 ~ 10.0	4200-7200	8	log, ds2, sa9
窒素 (%)	0.957	0.16	197	0.4 ~ 3.7	4100-6900	8	log, dblg2, sa9
P2O5 (%)	0.896	0.37	184	0.4 ~ 4.3	4100-7000	8	ds2, sa9
K2O (%)	0.894	0.48	189	0.2 ~ 6.1	4100-7100	9	log, dblg2, sa9
CaO (%)	0.894	0.54	181	0.5 ~ 6.0	4100-6100	9	log, dblg2, sa9
MgO (%)	0.883	0.17	189	0.2 ~ 2.0	4100-7000	9	log, ds2, sa9
灰分 (%)	0.977	2.71	185	7.6 ~ 81.0	4200-6200, 6800-7400	9	log, ds2, sa9
有機物 (%)	0.976	2.74	187	25.9 ~ 87.7	4200-6200, 6800-7400	9	log, dblg2, sa9
炭素 (%)	0.976	1.43	193	5.5 ~ 44.0	4200-6200	9	log, ds2, sa9
C/N	0.955	1.70	184	9.0 ~ 34.0	4300-5100, 5600-6200	10	ds2, sa9

SEC: 検量線作成試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

処理: log:吸光度 $\text{Log}_{10}(1/x)$, , dblg2: BCAP1 次微分 Gap2, sa9:9 点平滑化, dg2g2: 9 点 SG2 次微分 Gap2, ds2: 9 点平滑化, SNV:標準正規分散

表 3 牛ふんたい肥の近赤外分光法による検量線の有効性の検証

測定項目	相関係数	SDP	個数	BIAS	化学分析値(%)	EI	ランク
水分 (%)	0.919	0.81	70	-0.005	1.1 ~ 9.9	18.6	B
窒素 (%)	0.960	0.13	70	-0.005	0.8 ~ 3.1	11.5	A
リン酸 (%)	0.895	0.36	70	-0.003	0.5 ~ 4.2	19.9	B
カリ (%)	0.868	0.46	70	-0.001	0.4 ~ 4.7	21.6	B
石灰 (%)	0.865	0.43	70	0.008	0.8 ~ 4.6	23.0	B
苦土 (%)	0.872	0.15	70	-0.007	0.4 ~ 1.6	23.6	B
灰分 (%)	0.975	2.26	70	-0.008	10.6 ~ 61.1	9.0	A
有機物 (%)	0.975	2.54	70	0.006	34.7 ~ 85.3	10.0	A
炭素 (%)	0.977	1.24	70	-0.002	17.2 ~ 42.6	9.7	A
C/N	0.956	1.56	70	0.008	10.2 ~ 32.1	14.2	B

SDP: 有効性の検証試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

BIAS: 誤差の平均値

表4 豚ふんたい肥の近赤外分光法による検量線(PLS回帰法による)

測定項目	相関係数	SEC	個数	化学分析値(%)	波数	因子数	処理
水分 (%)	0.939	0.68	135	1.6 ~ 10.5	4200-7200	8	log, ds2, sa9
窒素 (%)	0.972	0.21	132	1.4 ~ 5.2	4100-6900	8	log, ds2, sa9
P2O5 (%)	0.955	0.72	130	0.7 ~ 13.8	4100-7000	10	log, dblg2, sa9
K2O (%)	0.906	0.45	134	0.5 ~ 5.4	4100-7100	10	log, ds2, sa9
CaO (%)	0.926	0.77	134	0.9 ~ 11.9	4100-6100	9	log, dg2g2, sa9
MgO (%)	0.926	0.27	133	0.3 ~ 4.1	4100-7000	9	log, dblg2, sa9
灰分 (%)	0.973	2.10	133	8.1 ~ 49.6	4200-6200, 6800-7400	8	log, ds2, sa9
有機物 (%)	0.975	2.14	134	44.0 ~ 90.3	4200-6200, 6800-7400	8	log, ds2, sa9
炭素 (%)	0.965	1.38	139	20.8 ~ 47.0	4200-6200	8	log, ds2, sa9
C/N	0.982	0.84	134	6.4 ~ 25.4	4100-5100, 5500-6900	10	ds2, sa9

SEC：検量線作成試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

処理：log:吸光度 $\text{Log}_{10}(1/x)$, , dblg2:BCAP1次微分 Gap2, sa9:9点平滑化, dg2g2:9点SG2次微分 Gap2, ds2:9点平滑化, SNV:標準正規分散

表5 豚ふんたい肥の近赤外分光法による検量線の有効性の検証

測定項目	相関係数	SDP	個数	BIAS	化学分析値(%)	EI	ランク
水分 (%)	0.928	0.71	46	0.003	2.7 ~ 9.8	19.9	B
窒素 (%)	0.979	0.17	46	-0.005	1.7 ~ 4.9	10.4	A
リン酸 (%)	0.936	0.63	46	-0.020	1.6 ~ 8.5	18.4	B
カリ (%)	0.854	0.43	46	0.002	0.9 ~ 4.6	23.1	B
石灰 (%)	0.893	0.70	46	0.003	2.0 ~ 8.9	20.5	B
苦土 (%)	0.888	0.25	46	-0.009	0.6 ~ 2.6	24.1	B
灰分 (%)	0.971	1.89	46	-0.003	11.9 ~ 48.2	10.4	A
有機物 (%)	0.969	2.02	46	-0.007	50.2 ~ 85.7	11.4	A
炭素 (%)	0.948	1.36	46	0.005	21.8 ~ 43.7	12.4	A
C/N	0.975	0.80	46	0.006	7.2 ~ 20.1	12.4	A

SDP：有効性の検証試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

BIAS：誤差の平均値

表 6 鶏ふんたい肥の近赤外分光法による検量線(PLS 回帰法による)

測定項目	相関係数	SEC	個数	化学分析値(%)	波数	因子数	処理
水分 (%)	0.959	0.67	80	0.0 ~ 11.4	4200-5600, 6600-7400	7	log, dblg2, sa9
窒素 (%)	0.978	0.22	80	0.5 ~ 5.6	4200-6900	9	log, dblg2, sa9
P2O5 (%)	0.926	0.63	78	1.3 ~ 9.4	4100-7000	10	log, dblg2, sa9
K2O (%)	0.939	0.42	77	0.9 ~ 6.5	4100-7100	10	log, dblg2, sa9
CaO (%)	0.988	1.22	79	3.2 ~ 28.9	4100-6100	10	log, dg2g2, sa9
MgO (%)	0.940	0.15	78	0.9 ~ 2.7	4100-7000	10	log, dblg2, sa9
灰分 (%)	0.988	2.23	81	14.3 ~ 76.5	4200-6200, 6800-7400	8	log, dblg2, sa9
有機物 (%)	0.987	2.26	81	20.9 ~ 83.3	4200-6200, 6800-7400	6	log, dblg2, sa9
炭素 (%)	0.985	1.04	80	12.6 ~ 40.8	4200-6200	9	log, dg2g2, sa9
C/N	0.978	0.64	80	5.2 ~ 25.9	4100-5100, 5500-6900	10	ds2, sa9, SNV

SEC：検量線作成試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

処理：log:吸光度 $\text{Log}_{10}(1/x)$, ,dbl2:BCAP1 次微分 Gap2, sa9:9 点平滑化, dg2g2:9 点 SG2 次微分 Gap2, ds2:9 点平滑化, SNV:標準正規分散

表 7 鶏ふんふんたい肥の近赤外分光法による検量線の有効性の検証

測定項目	相関係数	SDP	個数	BIAS	化学分析値(%)	EI	ランク
水分 (%)	0.937	0.68	34	-0.021	0.9 ~ 7.2	21.56	B
窒素 (%)	0.971	0.19	34	-0.001	1.4 ~ 4.6	11.76	A
リン酸 (%)	0.920	0.55	34	-0.003	3.4 ~ 8.2	22.85	B
カリ (%)	0.935	0.34	34	0.008	1.3 ~ 5.9	14.83	B
石灰 (%)	0.986	1.16	34	0.012	4.5 ~ 28.7	9.57	A
苦土 (%)	0.920	0.14	34	-0.002	1.1 ~ 2.6	19.34	B
灰分 (%)	0.987	2.20	34	-0.127	15.0 ~ 66.6	8.54	A
有機物 (%)	0.981	2.25	34	-0.053	34.2 ~ 77.2	10.46	A
炭素 (%)	0.985	1.05	34	0.001	18.7 ~ 40.3	9.73	A
C/N	0.936	0.61	34	0.024	7.2 ~ 14.3	17.14	B

SDP：有効性の検証試料の化学分析値と近赤外分光法推定値の誤差の標準偏差

BIAS：誤差の平均値

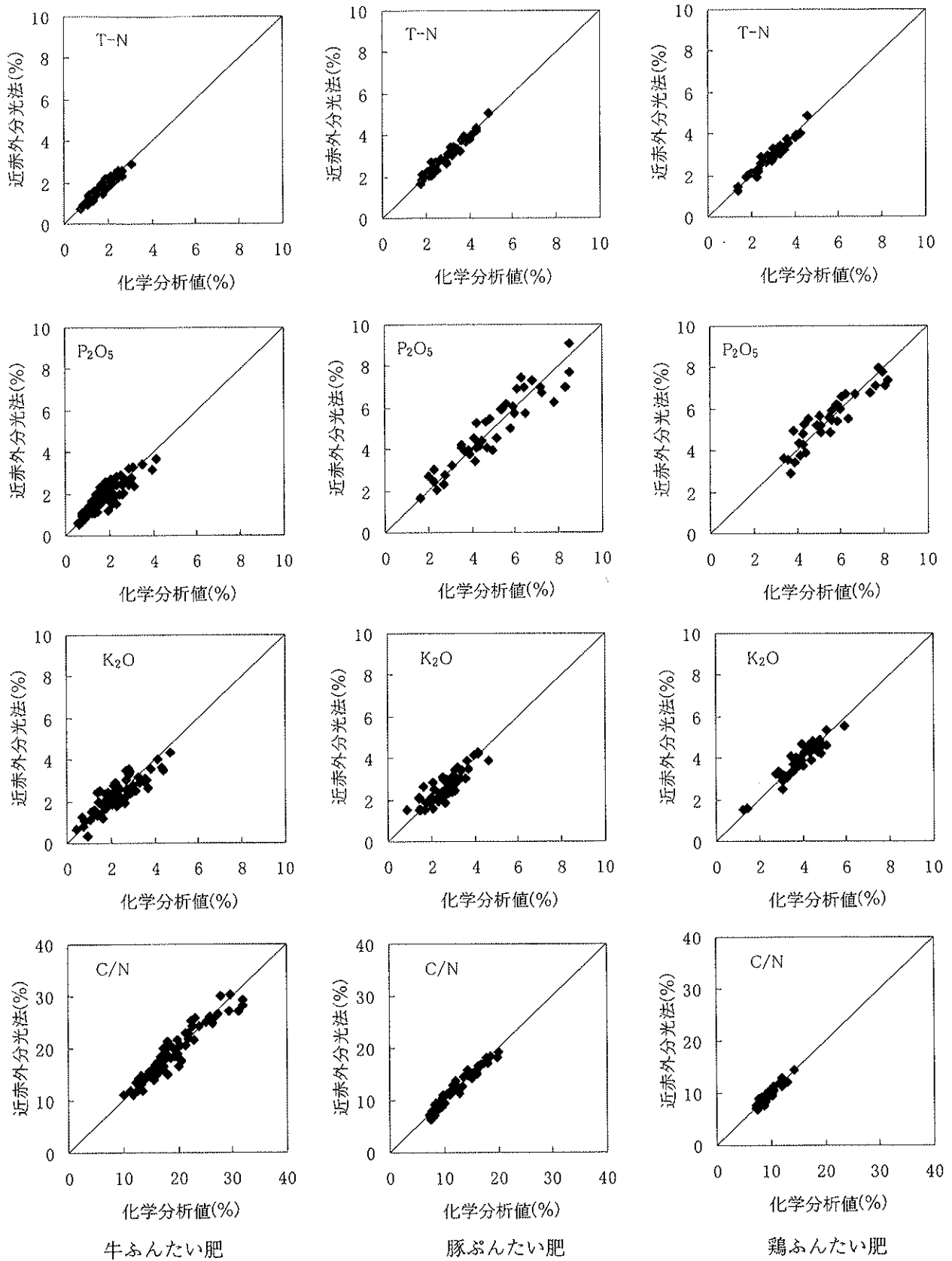


図1 近赤外分光法による家畜ふんたい肥成分の予測値と化学分析値(乾物中%、有効性の検証試料)