

県内の家畜排泄物由来堆肥および液状きゅう肥の含有肥料成分特性

The Characteristic of the Fertilizer Nutrient of Manure and Liquid state Manure from Domestic Animal Excrement in Kumamoto Prefecture

中山統雄・原野幸子*・坂本夏美**・中村寿男・鶴田克之

Motoo NAKAYAMA, Yukiko HARANO, Natsumi SAKAMOTO, Hisao NAKAMURA and Katsuyuki TSURUTA

要 約

本県畜産農家等から排出される堆肥および液状きゅう肥の含有肥料成分の特性を知るため、肥料成分の分析値情報を収集・調査し、既報である全国値や本県の過去の堆肥肥料成分情報と詳細に比較・検討した。堆肥については、同一畜種内の肥料成分含有率は、肥料の利用の観点からはばらつき範囲が広がった。家畜排せつ物法完全施行前後で肥料成分含有率を比較したところ、全体的に窒素および炭素含有率が低下しており、C/N比も減少傾向が認められた。また、本県の堆肥成分は全国値と比べ、全ての種類において加里が高い傾向が見られた。液状きゅう肥については、排せつ物処理体系の違いにより各含有肥料成分含有率が異なっており、窒素ではスラリーが固液分離液および尿より高く ($p < 0.05$)、リン酸では尿が他の2種より低く ($p < 0.05$)、加里では尿が他の2種より高かった ($p < 0.05$)。また、スラリーの加里は、夏季が他の季節より有意に高く ($p < 0.05$)、3種とも夏季に窒素含量が低く、加里含量が高くなる傾向が認められた。

キーワード：家畜排せつ物、堆肥、液状きゅう肥、肥料成分含有率

I 緒言

平成16年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（以下、「家畜排せつ物法」）が完全施行され、家畜ふん尿の適正な管理・処理が義務づけられた。このことにより、本県畜産農家の家畜排せつ物処理環境は堆肥化処理施設の新設や効率的処理機器導入などにより大きく変化するとともに、これら施設で生産された家畜排せつ物由来の堆肥等について利用の促進が求められている。

一方、耕種農業では過剰な化成肥料施用を抑制し、環境と調和した持続的農業の実現が求められている。このため、堆肥等については、従来の土づくり的な施用のみならず、堆肥を肥料的に利用することが求められている。しかしながら、本県内で生産・販売される家畜排せつ物由来の堆肥や酪農家で自家利用されている液状きゅう肥の一般的な含有肥料成分についての情報は乏しく、また、家畜排せつ物法施行前後の変化についてほとんど知見がない。

そこで本研究では、近年において本県畜産農家等で生産される家畜排せつ物由来堆肥および液状きゅう肥の含有肥料成分について、分析データを収集し、その特性を明らかにすることとした。

1 堆肥の肥料成分含有率

近年の堆肥の肥料成分のデータとして、平成20年度から24年度までの5カ年に熊本県堆肥供励会（熊本県耕畜連携推進協議会主催）に出品されたのべ567点の堆肥について、公表されている含有肥料成分分析値を解析した。すなわち、それらのデータから水分および各肥料成分（窒素、リン酸、加里、石灰、苦土、炭素、炭素/窒素 (C/N)）について、各畜種ごとに抽出集計した。

また、家畜排せつ物法施行前との比較を行った。すなわち、平成14年度から16年度までの3カ年に同堆肥供励会に出品されたのべ305点の堆肥について、公表されている含有肥料成分分析値を同様に抽出集計し、平成20年度から24年度の値と比較した。畜種が異なる家畜排せつ物を混合して製造した堆肥については、すべて畜種混合に分類した。

さらに、本県で生産される堆肥の特性を全国と比較するため、平成20年度から24年度までの調査結果を副資料ごとに再抽出集計し、熊本県土づくり・減農薬推進本部が平成13年に編纂した「改訂版堆きゅう肥利用の手引き」において引用された山口ら⁴⁾の全国データと比較した。

2 液状きゅう肥の肥料成分含有率

液状きゅう肥は、酪農業において乳牛から排泄される

II 材料および方法

*：熊本県県央広域本部熊本農政事務所 **：熊本県農林水産部生産局畜産課

液状廃棄物を貯留し、きゅう肥として自給飼料生産等に使用しているものである。各経営体において処理過程が異なることから、多様な性質の液状物が貯留されていることが予測された。そこで本研究においては、排せつ物処理体系別に区分した。すなわち、自然流下式牛舎などでふんと尿が分離されることなく、ほぼ全量混合され貯留されているものを「スラリー」と区分した。ふんと尿が一旦混合貯留され、その後固液分離機を通して分離し、液状物のみを貯留されているものを「固液分離液」と区分した。さらに牛舎などにおいて、パーンクリーナーなどを用いてふんと尿が混合されることなくおおむね分離され、主に尿を貯留しているものを「尿」として区分した。

調査は本県酪農家 54 戸を対象とした。試料は、各酪農家が貯留している槽のなかで、最終槽にあたる槽から攪拌して約 20 l を採取し、さらに、その中から各分析に必要な試料を、均質になるよう攪拌して取り出した。

試料の採取は、夏季（平成 21 年 7 月～9 月）、秋期（平成 20 年 9 月～11 月）および冬季（平成 20 年 12 月～平成 21 年 3 月）に行なった。

液状きゅう肥の肥料成分は、水分は乾熱法、全窒素はケルダール法とブレンナー法による総和法、リン酸および加里は硝酸・過塩素酸法により分解し、リン酸は分光光度法、加里は原子吸光法により分析した。

Ⅲ 結果及び考察

1 堆肥の肥料成分含有率

近年の堆肥肥料成分含有率を各畜種ごとに集計した結果を第 1 表に示した。乳牛、肉用牛堆肥は、すべての肥料成分について含有率の平均値が豚、鶏よりも低かった。

また、今回、平均＋標準偏差を上限、平均－標準偏差を下限とした「標準的な範囲」を示した。統計的にこの範囲内に全体の約 68% が含まれると考えられるが、各畜種、各成分ともその範囲が広く、炭素をのぞきほとんどの肥料成分含有率の上限値が下限値の 1.5 倍～3 倍程度となっていた。

堆肥が畜種や対象の作物によっては 10 a あたりトン単位で施用され、肥料成分含有率 1% の差が肥料成分量 10 kg 単位の差になることを勘案すると、このばらつきの範囲の広さの持つ意味は大きいと思われた。

2 家畜排せつ物法施行前後の肥料成分の比較

家畜排せつ物法完全施行前と施行後の乾物あたり肥料成分含有率を比較した結果を第 2 表に示した。法施行後の肥料成分含有率は、畜種ごとに差はあるものの、鶏ふん由来の堆肥を除き炭素含有率が若干ではあるが低下し

ており、豚ふん由来の堆肥を除き C/N 比も減少傾向が認められた。以上から、法施行前より堆肥化施設内での有機物分解が進んでいることが伺われた。

この要因としては、法施行後、堆肥化施設の増加にともない堆肥流通市場に競争が生まれたことにより、良質堆肥生産へ意識改善が進展し、処理方法等が改善されたことが考えられた。

なお、鶏ふん由来の堆肥については水分が大きく低下しており、窒素については増加傾向がみられた。

新鮮な鶏ふん中に含まれる尿酸は堆肥化過程等において酵素（ウリカーゼ）の働きで分解し、アンモニアになる。アンモニアは高 pH の影響でアンモニアガスとして揮散する。また、原²⁾ は、この尿酸のアンモニアへの分解はふん中の水分が低くなるほど遅くなると報告している。

このことから、近年鶏ふん処理については、短期間で発酵熱を上昇させ、水分を低下させ、かつ尿酸のアンモニア分解を遅らせる密閉型通風処理（縦型コンポスト等）や解放攪拌型処理が増加している可能性が示唆された。

3 本県と全国の肥料成分の比較

畜種および副資材ごとに集計した本県のデータを全国データと比較した結果について第 3 表に示した。本県の堆肥は全ての種類において、加里含有率が高い傾向にあることが認められた。

この要因としては、家畜排せつ物中の加里の多くが尿由来であり、西南団地に位置する本県の条件から、暑熱環境による排尿量の増加とふん尿中の加里の上昇が疑われるが、各畜種ごとの暑熱環境とカリウム代謝との関係は明らかにされていない。また、飼料中の加里含有率の地域的な特徴やふん尿処理方法の地域的な違いなど、暑熱以外で変動要因と考えられる要素についても情報が不足していることから、要因については本調査では明確にならなかった。

第1表 平成20年度から24年度の畜種別堆肥内肥料成分含有率(現物あたり) (単位:w/w%)

畜種	サンプル数 n		水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O	石灰 CaO	苦土 MgO	炭素 C	C/N
乳牛	177	標準的な範囲	45.9 ~ 67.7	0.5 ~ 1.2	0.5 ~ 1.4	0.7 ~ 2.5	0.7 ~ 2.6	0.3 ~ 0.8	10.6 ~ 19.2	12.9 ~ 23.6
		平均値	56.8	0.9	0.9	1.6	1.7	0.6	14.9	18.2
肉用牛	213	標準的な範囲	40.8 ~ 64.1	0.6 ~ 1.4	0.6 ~ 2.0	1.0 ~ 2.5	0.4 ~ 1.6	0.3 ~ 0.8	13.1 ~ 21.7	13.8 ~ 25.1
		平均値	52.4	1.0	1.3	1.8	1.0	0.6	17.4	19.4
豚	60	標準的な範囲	18.1 ~ 46.2	1.2 ~ 2.9	2.2 ~ 6.3	1.4 ~ 2.9	1.7 ~ 6.5	0.8 ~ 2.0	16.4 ~ 27.8	7.2 ~ 17.2
		平均値	32.1	2.1	4.2	2.2	4.1	1.4	22.1	12.2
鶏	23	標準的な範囲	12.0 ~ 22.4	1.8 ~ 3.2	4.3 ~ 6.6	2.6 ~ 4.4	9.9 ~ 19.2	1.1 ~ 1.7	16.6 ~ 24.9	6.8 ~ 10.4
		平均値	17.2	2.5	5.4	3.5	14.6	1.4	20.8	8.6
畜種混合	94	標準的な範囲	36.1 ~ 61.1	0.7 ~ 1.6	0.7 ~ 2.6	1.1 ~ 2.9	0.3 ~ 3.5	0.4 ~ 1.0	13.4 ~ 21.3	12.0 ~ 21.0
		平均値	48.6	1.1	1.6	2.0	1.9	0.7	17.4	16.5

サンプルは熊本県堆肥共励会に平成20年度から24年度までの5カ年に出品された堆肥
標準的な範囲:「平均値-標準偏差」~「平均値+標準偏差」とした

第2表 法施行前後の畜種別堆肥中肥料成分含有率比較(平均値;水分以外は乾物あたり) (単位:w/w%)

畜種	調査時期	サンプル数 n	水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O	石灰 CaO	苦土 MgO	炭素 C	C/N
乳牛	H14-H16	106	56.1	2.1	2.2	3.7	3.9	1.4	38.1	19.3
	H20-H24	177	56.8	2.0	2.1	3.6	3.8	1.3	34.8	18.2
肉用牛	H14-H16	124	54.1	2.1	2.8	3.6	2.0	1.2	39.5	20.0
	H20-H24	213	52.4	2.0	2.7	3.7	2.0	1.2	37.4	19.4
豚	H14-H16	35	33.9	3.2	7.0	3.9	5.7	2.4	33.6	12.0
	H20-H24	60	32.1	3.0	6.1	3.1	5.9	2.1	32.7	12.2
鶏	H14-H16	5	24.4	2.6	7.3	3.6	22.1	1.7	25.5	10.0
	H20-H24	23	17.2	3.0	6.6	4.2	17.6	1.7	25.2	8.6
畜種混合	H14-H16	35	46.4	2.2	3.0	3.6	3.0	1.4	37.3	17.4
	H20-H24	94	48.6	2.2	3.0	3.8	3.5	1.3	34.5	16.5

サンプルは熊本県堆肥共励会に平成14年度から16年度までの3カ年および平成20年度から24年度までの5カ年に出品された堆肥

第3表 畜種副資材別堆肥中肥料成分含有率の全国値との比較(平均値;現物あたり) (単位:w/w%)

畜種	副資材	調査地域	サンプル数 n	水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O	石灰 CaO	苦土 MgO	炭素 C	C/N
牛	なし	全国	53	49.9	1.1	1.5	1.5	2.1	0.7	17.5	16.7
		熊本県	36	48.8	1.1	1.2	2.0	1.8	0.7	17.0	16.4
	オガクズ	全国	130	57.8	0.8	1.0	1.1	1.1	0.5	15.6	21.0
		熊本県	269	55.2	0.9	1.1	1.7	1.2	0.5	16.5	19.9
	モミガラ	全国	19	57.0	1.0	1.5	1.1	1.9	0.5	12.6	16.2
		熊本県	23	55.2	0.8	1.1	1.6	1.4	0.6	13.6	16.7
豚	なし	全国	49	29.0	2.7	5.0	2.1	4.5	1.8	24.8	9.9
		熊本県	25	24.6	2.7	5.0	2.6	5.1	1.7	26.0	10.1
	オガクズ	全国	58	43.8	1.4	3.0	1.5	2.9	0.9	17.3	14.2
		熊本県	16	39.0	1.5	3.3	1.8	2.9	1.1	19.1	13.7
	モミガラ	全国	16	52.7	1.3	2.3	0.9	1.9	0.6	13.7	12.6
		熊本県	3	27.9	2.0	4.0	2.0	4.0	1.4	25.0	12.8
鶏	なし	全国	15	56.3	1.1	2.2	0.7	1.4	0.5	12.1	12.3
		熊本県	9	44.8	1.2	3.3	1.6	2.7	1.0	18.0	17.7
	オガクズ	全国	51	19.7	2.8	5.9	3.1	12.7	1.8	19.6	8.4
		熊本県	20	16.5	2.4	5.7	3.6	15.9	1.5	19.9	8.5
	モミガラ	全国	9	37.1	2.3	3.8	1.9	4.0	1.7	19.7	11.0
		熊本県	2	21.8	2.9	3.1	3.1	5.9	1.0	29.3	10.9

堆肥データ: 全国: 堆きゅう肥利用の手引き(改訂版)から (山口、原田ら、平成8年度家畜ふん尿利用研究会資料:1996)
熊本: 熊本県堆肥共励会に平成20年度から24年度までの5カ年に出品された堆肥

4 液状きゅう肥の肥料成分含有率

液状きゅう肥中の肥料成分含有率について、現物あたりの成分含有率を第4表に示した。堆肥同様、平均+標準偏差を上限、平均-標準偏差を下限とした「標準的な

範囲」を表中に示した。

液状きゅう肥中の肥料成分含有率はいずれの試料の種類においても標準的な範囲の上限値が下限値の1.5倍~3倍程度となっていた。排せつ物処理体系の違いによる

比較では、窒素ではスラリーが他の2種より高く(p<0.05)、リン酸では尿が他の2種より低く(p<0.05)、加里では尿が他の2種より高かった(p<0.05)。

このことから、スラリー、固液分離液および尿については、それぞれ異なる性質を持つきゅう肥として理解したうえで、有機物肥料として活用する必要があることが示唆された。

なお、肥料成分の特徴ならびに処理過程が異なることから、その肥効率も異なる特徴を持つことが予想されるが、既報としては倉持³⁾が「牛液状ふん尿」の区分で肥効率を提案して以降、あまり論じられていない。今後、排せつ物処理体系別液状きゅう肥の肥効率の解明が望まれる。

5 季節による液状きゅう肥肥料成分の変化

液状きゅう肥の処理体系別の現物あたり肥料成分含有率について、季節別に集計し第5表～第7表に示した。

第4表 乳牛由来液状きゅう肥の肥料成分含有率(現物あたり) (単位:w/w%)

処理区分	サンプル数 n		水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O
スラリー	101	標準的な範囲	88.44 ~ 92.83	0.41 ~ 0.61	0.16 ~ 0.31	0.31 ~ 0.58
		平均値	90.64 ^a	0.51 ^a	0.24 ^a	0.44 ^a
固液分離液	27	標準的な範囲	92.64 ~ 96.11	0.34 ~ 0.55	0.12 ~ 0.27	0.22 ~ 0.48
		平均値	94.37 ^b	0.44 ^b	0.20 ^b	0.35 ^b
尿	36	標準的な範囲	95.88 ~ 98.61	0.22 ~ 0.68	0.01 ~ 0.05	0.38 ~ 0.90
		平均値	97.25 ^c	0.45 ^b	0.03 ^c	0.64 ^c

スラリー:ふんと尿が全量混合された液状物

固液分離液:ふん尿混合物を固液分離機を通して分離した液状物

尿:バークリーナーなどにより場内で分離された液状物

サンプル採取時期:平成21年度から22年度 標準的な範囲:「平均値-標準偏差」~「平均値+標準偏差」とした同一成分の種別異符号間に有意差有り(Tukey-Kramer) a-b:p<0.05

第5表 乳牛スラリーの季節別肥料成分含有率(現物あたり) (単位:w/w%)

季節	サンプル数 n	水分	窒素 TN	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O
夏	33	90.24 ± 2.44	0.48 ± 0.08	0.23 ± 0.08	0.54 ± 0.13 ^a
秋	34	91.00 ± 1.96	0.53 ± 0.11	0.23 ± 0.09	0.41 ± 0.13 ^b
冬	34	90.65 ± 2.16	0.53 ± 0.10	0.24 ± 0.06	0.39 ± 0.26 ^b

平均値±標準偏差

サンプル採取時期:平成21年度から22年度

同一成分の種別異符号間に有意差有り(Tukey-Kramer) a-b:p<0.05

第6表 乳牛固液分離液の季節別肥料成分含有率(現物あたり) (単位:w/w%)

季節	サンプル数 n	水分	窒素 TN	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O
夏	9	95.02 ± 1.79	0.36 ± 0.10 ^a	0.17 ± 0.08	0.41 ± 0.14
秋	9	94.64 ± 1.53	0.45 ± 0.07 ^{ab}	0.21 ± 0.08	0.35 ± 0.13
冬	9	93.46 ± 1.66	0.53 ± 0.07 ^b	0.21 ± 0.06	0.29 ± 0.10

平均値±標準偏差

サンプル採取時期:平成21年度から22年度

同一成分の種別異符号間に有意差有り(Tukey) a-b:p<0.01

スラリーでは、加里で夏季とその他の季節間で有意な差が認められた(p<0.05)。固液分離液では、窒素で夏季と冬季の間に有意な差が認められた(p<0.01)。その他の種別、成分には有意な差は認められなかったが、全体としては、窒素は夏季に低くなり、加里は夏季に高く、リン酸は季節間で変化が少ない傾向が認められた。

加里が夏季において高くなる要因としては、暑熱環境下において乳牛の尿量の増加により加里が増加するのではないかと推察された。しかしながら、一方で暑熱期に加里は発汗により大量に体外に放出されること¹⁾が知られている。したがって、暑熱環境下における乳牛尿量の増加が貯留物中の加里増加の要因であるとの説明では不十分と思われる。そのため、このことについての本研究での要因解明は困難であった。

第7表 乳牛尿の季節別肥料成分含有率（現物あたり）（単位:w/w%）

季節	サンプル数 n	水分	窒素 TN	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O
夏	12	96.97 ± 1.63	0.45 ± 0.22	0.02 ± 0.02	0.70 ± 0.29
秋	12	97.42 ± 1.53	0.41 ± 0.25	0.03 ± 0.03	0.71 ± 0.28
冬	12	97.36 ± 1.44	0.50 ± 0.28	0.02 ± 0.02	0.51 ± 0.23

平均値±標準偏差

サンプル採取時期:平成21年度から22年度

6 まとめ

以上のことより、本県の堆肥については、肥料的利用の観点からは同一畜種でも肥料成分含有率のばらつきの範囲が広く、また、県内堆肥の加里含有率が全国データと比較して高い傾向がみられた。液状きゅう肥については、肥料成分含有率にばらつきがあり、処理体系の区分により異なる肥料成分特性があること、季節によって変動する傾向があることが明らかになった。

同じ畜種の堆肥や液状きゅう肥でも肥料成分含有率には差があるため、一律的な量の施用では成分の施用量が作物の要求量と大きく異なることによる過不足が生じ、作物の生育障害や飼料作物由来の家畜のミネラル障害などの発生が懸念される。

したがって、実際の肥料としての施用に際しては、各々肥料成分含有率を分析・把握し、土壌分析結果などと照らしたうえで適切に用いることが重要であることが改めて示唆されたものと思われる。

また、堆肥化技術の進展や給与飼料の変化などにもともない、今後も堆肥や液状きゅう肥の肥料成分含有率が変化していく可能性があるため、定期的な分析調査を実施

し傾向を把握する必要があると思われる。

なお、本情報については、自給飼料生産はもとより家畜排せつ物由来の堆肥等を有機物肥料として利用するすべての分野において活用されることを期待する。

謝辞

本研究に際して、堆肥の肥料成分情報を提供くださいました熊本県耕畜連携推進協議会に御礼申し上げます。

IV 引用文献

- 1) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 (編) (2006) : 「日本飼養標準・乳牛 (2006 年版)」, 中央畜産会, 65-66
- 2) 原正之 (2003) : 開発された簡易低コスト家畜排せつ物処理施設報告書, 畜産環境整備機構 66-79
- 3) 倉持健二(1983): 施用基準, 草地試験場資料 No.58-2 45-61
- 4) 山口武則・原田靖生(1996) : 家畜ふん堆肥の品質・成分的特徴, 平成8年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

Summary

The Characteristic of the Fertilizer Nutrient of Manure and Liquid state Manure from Domestic Animal Excrement in Kumamoto Prefecture

Motoo NAKAYAMA, Yukiko HARANO, Natsumi SAKAMOTO, Hisao NAKAMURA and Katsuyuki TSURUTA

To know the characteristic of the fertilizer nutrient of manure and liquid state manure from domestic animal excrement in Kumamoto prefecture, we compared and examined collection information and samples in detail using the value of the whole country and this past prefecture. The content of fertilizer nutrient of manure of the same livestock varied widely from a viewpoint of manure use. As a result of having compared of fertilizer nutrient level before and after enforcement of “the law Act on the Appropriate Treatment and Promotion of Utilization of Livestock Manure”, Nitrogen and the Carbon content decreased and the C/N ratio tended to decrease with the kind of all livestock. As a result of having compared it with the national mean, Potassium content tended to higher than a national mean with all kinds. The content of fertilizer nutrient of liquid state manure varied according to the difference of the processing system of the excrement. The Nitrogen content in the Slurry was higher than Separation liquid and Urine ($p < 0.05$). The Phosphorus acid content in the Urine was lower than other two kinds ($p < 0.05$). The Potassium content in the Urine was higher than other two kinds ($p < 0.05$). In addition, the Slurry Potassium content in summer was higher than other seasons ($p < 0.05$). In summer, Nitrogen content was tended to be low, Potassium content was tended to be higher than other seasons as three kinds of liquid state manure.

Key words : Domestic animal excrement, Manure, Liquid state manure, Fertilizer nutrient