

## 家畜ふん堆肥の成分的特徴(1)

誌名	福岡県農業総合試験場研究報告
ISSN	13414593
著者名	小山,太 高椋,久次郎
発行元	福岡県農業総合試験場
巻/号	19号
掲載ページ	p. 110-114
発行年月	2000年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 家畜ふん堆肥の成分的特徴

## 第1報 副資材と堆積場所の差違が乳牛および肉牛ふん堆肥の化学成分に及ぼす影響

小山 太・高椋久次郎  
(畜産研究所)

地力の維持増進を目的に投入される乳牛および肉牛ふん堆肥の化学成分を明らかにするため、福岡県内の牛ふんを材料とする堆肥を採取し、分析した。その結果、

1. オガクズ入り乳牛ふん堆肥に比べオガクズ入り肉牛ふん堆肥は、リン酸含量が有意に高く、石灰含量が低くなる傾向を示した。これは飼料の成分に由来すると考えられた。また、敷料としてオガクズが多く混入するために炭素含量が高くなり、C/N比は24と高くなった。
2. モミガラ入り乳牛ふん堆肥は、オガクズ入り乳牛ふん堆肥に比べて、排汁によって含水率だけでなく、肥料成分が流亡して低い値を示したと推察される。
3. オガクズ入り牛ふん堆肥は、含水率が高く、EC、加里およびソーダ含量が低い屋外堆積堆肥が含まれていたために、化学成分が大幅にばらついた。
4. オガクズ入り牛ふん堆肥は、従来のものに比べ、加里含量が高くなる傾向がみられたが、これはふん尿を混合して処理する堆肥化施設が増加したためと推察された。
5. 屋内で調製した標準的な乳牛および肉牛ふん堆肥を1t施用した場合の加里量は9~10kgと試算された。牛ふん堆肥を施用する場合、投入量に応じた加里を減肥する必要がある。

[キーワード: 堆肥, 乳牛, 肉牛, オガクズ, モミガラ, 化学成分]

Properties of Livestock Feces Compost. 1. Effect of Bulking Agents or the Location of Piles on Chemical Properties of Dairy Cattle and Beef Cattle Feces Compost. KOYAMA Futoshi and Kyujirou TAKAMUKU (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikusino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 19: 110 - 114 (2000)

We analyzed the application of cattle feces compost for better soil management in Fukuoka prefecture with a view toward determining the chemical properties of compost attributable to different types of cattle and bulking agents. The results were as follows: (1) Phosphorus pentoxide in beef cattle compost mixed with sawdust (A) was significantly higher than that of dairy cattle compost mixed with sawdust (B). On the other hand, calcium oxide in (A) tended to be lower than (B). These differences were probably due to the ingredients in the feed. The total carbon in (A) was higher than (B) because most of the bedding was made up of sawdust. As a result, the C/N ratio in (A) amounted to 24. (2) The moisture content and quality of the fertilizer properties in dairy cattle compost mixed with rice hulls (C), compared with (B), decreased due to drainage. (3) The range of difference in chemical properties between (A) and (B) was drastic because some of the droppings were piled outdoors during the maturing process. Not only was the moisture content of these droppings higher, but the electric conductivity, potassium oxide and sodium oxide levels were also higher. (4) Potassium oxide in cattle compost mixed with sawdust tended to be higher than in the past. It seems that the reason for this increase coincides with the larger number of composting facilities in use that mix cattle feces and urine. (5) If 1 ton of the standard cattle compost maturing at indoor facilities were applied, then the potassium oxide content of fertilizer would be between 9 and 10kg. Thus, we recommend reducing the level of potassium oxide application of cattle compost.

[Key words: compost, dairy cattle, beef cattle, sawdust, rice hull, chemical properties]

### 緒言

牛のふん尿を原料にして生産された堆肥は、土壌改良効果に優れ、地力の維持に効果があるが<sup>(2),(6)</sup>、その反面、連用や多量施用による作物の生育障害も報告されている<sup>(1),(2)</sup>。牛ふん堆肥は各種肥料成分を含むため施用量に応じて併用する化学肥料の削減を行う必要がある。しかし、牛ふん堆肥の肥料成分には飼養条件の違いによりばらつきがある。福岡県では1978年の全国の調査結果<sup>(1)</sup>をもとに技術指導指標値<sup>(3)</sup>が定められているが、県内における堆肥の肥料成分について広範に調査し、とりまとめた事例はない。また、全国規模での牛ふん堆肥成分調査は、1978年以外に1983年<sup>(4)</sup>と1995年<sup>(5)</sup>に行わ

れたが、1995年の調査では以前の調査に比べて堆肥の成分が高くなっていることが指摘されている。そこで本報告では、酪農、肉牛経営から発生するふん尿を材料とした堆肥を対象に調査し、副資材別牛ふん堆肥の化学成分を明らかにした。

### 試験方法

福岡県内の堆肥化施設で生産された乳牛および肉牛ふん堆肥を約1kgずつ採取した。すべて経営外への流通販売を目的に調製された堆肥で、乳牛ふんを原料にオガクズを副資材として混合調製した堆肥(オガクズ入り乳牛ふん堆肥)を48施設から78点、モミガラを副資材として調製した堆肥(モミガラ入り乳牛ふん堆肥)を9施設

から40点分析に供した。また、肉牛ふんを原料にオガクズを副資材として混合調製した堆肥(オガクズ入り肉牛ふん堆肥)61点を34施設から採取し、分析に供した。採取期間は1994年1月から1998年12月までで、採取に当たって、堆肥化を行った場所について聞き取り調査した。

含水率は採取した堆肥を105℃で48時間通風乾燥し、減少した水分量を求めた。また、pHおよびECは混合比が1:5になるよう堆肥10gに50mlの脱イオン水を加え、30分間振とう後、pHメーターとECメーターでそれぞれ測定した。窒素含量は堆肥を硫酸で分解し、セミクロ蒸留法により定量した。これらの分析とは別に、供試堆肥を105℃で48時間通風乾燥後、超遠心式粉碎機を用いて直径0.5mm大に粉碎した。この乾燥粉碎試料を湿式灰化法により分解し、分解液をろ過後、リン酸、加里、石灰、苦土、ソーダの分析に供した。リン酸含量は、バナドモリブデン酸アンモニウム法により420nmの波長で定量した。また、加里およびソーダ含量は、炎光度法で定量した。さらに石灰、苦土含量は飼料分析基準<sup>14)</sup>に従い、原子吸光光度法で定量した。全炭素含量は、乾燥粉碎試料約5mgを供試し、CHN元素同時分析装置により定量した。

## 結 果

### 1. 副資材、畜種別牛ふん堆肥の化学成分値

各畜種、副資材別の化学成分を第1表に示した。オガクズ入り乳牛ふん堆肥の含水率の平均値は66%であり、モミガラ入り乳牛ふん堆肥の55%およびオガクズ入り肉牛ふん堆肥の63%に比べて有意に高かった。また、いずれの堆肥もpHが7.0を上回りアルカリ性を呈していたが、乳牛ふん堆肥では、平均値が8.5~8.6であったのに対し、肉牛ふん堆肥で8.2とやや低い傾向を示した。塩類濃度の指標となるECはいずれの堆肥もばらついたものの平均値で概ね3~4mS/cmであった。全国農業協同組合中央会では1:10で振とうして求めたECが5mS/cm以下という値を良質堆肥の品質推進基準<sup>9)</sup>として定めているが、今回の調査結果を1:10の希釈率に換算すると1.5~2.0mS/cmとなり、この基準を大幅に下回っていた。窒素含量は、オガクズ入り乳牛ふん堆肥の平均

値が約1.8%であったのに対し、モミガラ入り乳牛ふん堆肥、オガクズ入り肉牛ふん堆肥ではともに約1.7%を示した。リン酸含量は、乳牛ふん堆肥の平均値が1.6~1.9%であったのに対し、肉牛ふん堆肥では2.3%と有意に高かった。また、加里含量は、オガクズ入り乳牛ふん堆肥の平均値が2.6%であったのに対し、モミガラ入り乳牛ふん堆肥およびオガクズ入り肉牛ふん堆肥では2.4%を示した。石灰、苦土含量は、オガクズ入り乳牛ふん堆肥の平均値がそれぞれ2.5%、1.2%であり、モミガラ入り乳牛ふん堆肥、オガクズ入り肉牛ふん堆肥ではこれよりも有意に低かった。ソーダ含量は、いずれの堆肥も0.4~0.6%で堆肥間での差は認められなかったが、ばらつきが大きかった。オガクズ入り乳牛ふん堆肥の炭素含量の平均値は36%で、モミガラ入り乳牛ふん堆肥の34%より有意に高く、オガクズ入り肉牛ふん堆肥の40%よりも有意に低かった。C/N比は、乳牛ふん堆肥の平均値がいずれも20を示したのに対し、肉牛ふん堆肥は25と有意に高かった。

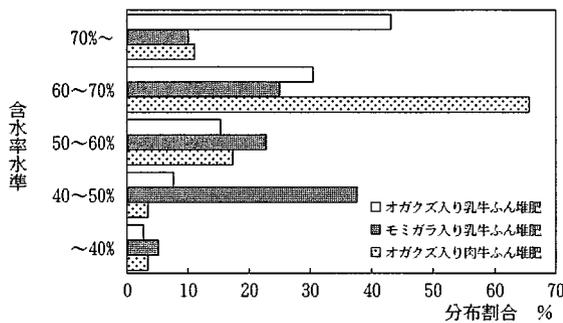
### 2. 含水率、窒素、リン酸、加里含量の分布

オガクズ入り乳牛ふん堆肥、モミガラ入り乳牛ふん堆肥およびオガクズ入り肉牛ふん堆肥の含水率の水準別分布割合を求め、第1図に示した。乳牛、肉牛ともにオガクズを副資材とした堆肥は、50%未満の含水率を示すものが少なく、オガクズ入り乳牛ふん堆肥の場合、70~80%のものが全体の45%、オガクズ入り肉牛ふん堆肥は60~70%のものが最も多く全体の65%を占めた。これに対し、モミガラ入り乳牛ふん堆肥は40~50%のものが全体の約40%を占め、含水率が低い堆肥が多いことが特徴的であった。窒素、リン酸、加里含量の水準別分布割合をそれぞれ第2、3、4図に示した。モミガラ入り乳牛ふん堆肥、オガクズ入り肉牛ふん堆肥の窒素含量は平均値に近い1.5~2.0%の範囲に60%以上が分布していたが、オガクズ入り乳牛ふん堆肥では30%以下とばらつきが大きかった。リン酸については乳牛ふん堆肥の約60%が1.0~2.0%の範囲に、肉牛ふん堆肥の約60%が2.0~3.0%の範囲に分布していた。加里はいずれの堆肥も2.0~3.0%程度の堆肥が最も多かったが、ばらつきが大きく、特に乳牛、肉牛を問わずオガクズを含む堆肥では1.0%未満の堆肥や4.0%以上の堆肥が10

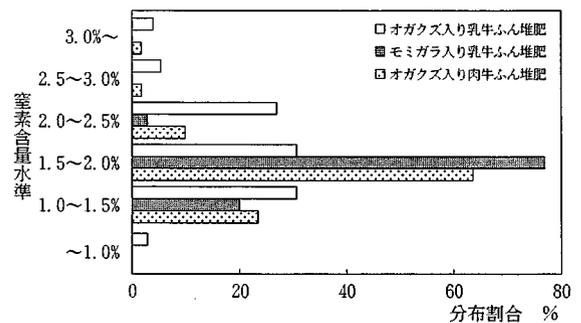
第1表 畜種・副資材別の牛ふん堆肥の化学成分

畜種	副資材	n	含水率 <sup>1)</sup> %	pH	EC mS/cm	T-N <sup>2)</sup> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2)</sup> %	K <sub>2</sub> O <sup>2)</sup> %	CaO <sup>2)</sup> %	MgO <sup>2)</sup> %	Na <sub>2</sub> O <sup>2)</sup> %	T-C <sup>2)</sup> %	C/N比 <sup>2)</sup>
乳牛	オガクズ	78	65.5 <sup>a</sup> ±10.8	8.52 <sup>a</sup> ±0.78	3.42 ±2.00	1.83 ±0.52	1.88 <sup>b</sup> ±0.62	2.63 ±1.34	2.54 <sup>a</sup> ±1.26	1.16 <sup>a</sup> ±0.34	0.44 ±0.22	35.9 <sup>b</sup> ±6.5	20.7 <sup>b</sup> ±5.5
	モミガラ	40	54.5 <sup>c</sup> ±10.6	8.62 <sup>a</sup> ±0.63	4.13 ±1.36	1.67 ±0.20	1.59 <sup>c</sup> ±0.65	2.43 ±0.71	1.74 <sup>b</sup> ±0.90	0.78 <sup>c</sup> ±0.27	0.47 ±0.16	33.7 <sup>c</sup> ±4.0	20.5 <sup>d</sup> ±3.2
肉牛	オガクズ	61	62.8 <sup>b</sup> ±9.1	8.20 <sup>b</sup> ±0.91	4.03 ±1.63	1.67 ±0.29	2.31 <sup>a</sup> ±0.61	2.35 ±0.79	1.85 <sup>b</sup> ±1.10	0.97 <sup>b</sup> ±0.27	0.57 ±0.26	40.2 <sup>a</sup> ±2.5	24.3 <sup>a</sup> ±5.4

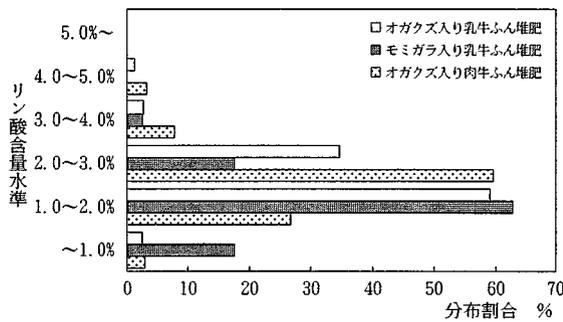
1) 現物当たり含有率  
 2) 乾物当たり含有率  
 3) 上段が平均値、下段が標準誤差  
 4) Kruskal - Wallis法で検定 縦列異符号間に5%水準で有意差有り



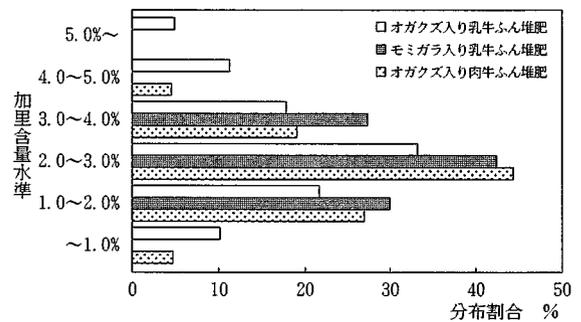
第1図 含水率の水準別分布割合



第2図 窒素含量の水準別分布割合



第3図 リン酸含量の水準別分布割合



第4図 加里含量の水準別分布割合

第2表 オガズ入り牛ふん堆肥の堆積場所別化学成分

畜種	副資材	n	含水率 <sup>1)</sup> %	pH	EC mS/cm	T-N <sup>2)</sup> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2)</sup> %	K <sub>2</sub> O <sup>2)</sup> %	CaO <sup>2)</sup> %	MgO <sup>2)</sup> %	Na <sub>2</sub> O <sup>2)</sup> %	T-C <sup>2)</sup> %	C/N比 <sup>2)</sup>
乳牛	屋内 <sup>4)</sup>	48	65.1 <sup>3)</sup> ±10.2	8.63 <sup>3)</sup> ±0.71	4.28 <sup>3)</sup> ±1.85	1.86 ±0.41	1.87 ±0.63	3.00 <sup>3)</sup> ±1.10	2.55 <sup>3)</sup> ±1.16	1.10 ±0.32	0.54 <sup>3)</sup> ±0.17	38.3 <sup>3)</sup> ±5.3	21.5 ±5.5
	屋外 <sup>5)</sup>	22	70.7 <sup>3)</sup> ±7.6	7.97 <sup>3)</sup> ±0.72	1.61 <sup>3)</sup> ±1.36	1.74 ±0.72	1.92 ±0.65	1.33 <sup>3)</sup> ±1.03	2.09 <sup>3)</sup> ±1.31	1.13 ±0.32	0.21 <sup>3)</sup> ±0.20	30.9 <sup>3)</sup> ±7.6	19.5 ±6.0
肉牛	屋内 <sup>4)</sup>	51	61.5 <sup>3)</sup> ±8.8	8.28 <sup>3)</sup> ±0.82	4.47 <sup>3)</sup> ±1.31	1.66 ±0.28	2.44 <sup>3)</sup> ±0.50	2.50 <sup>3)</sup> ±0.72	1.87 ±1.04	1.00 ±0.28	0.63 <sup>3)</sup> ±0.26	40.0 ±2.7	24.8 ±5.2
	屋外 <sup>5)</sup>	10	69.6 <sup>3)</sup> ±7.4	7.82 <sup>3)</sup> ±1.26	1.79 <sup>3)</sup> ±1.22	1.68 ±0.39	1.65 <sup>3)</sup> ±0.41	1.59 <sup>3)</sup> ±0.71	1.71 ±1.46	0.87 ±0.21	0.28 <sup>3)</sup> ±0.18	41.7 ±0.9	25.9 ±6.5

- 1) 現物当たり含有率
- 2) 乾物当たり含有率
- 3) 上段が平均値, 下段が標準誤差
- 4) 材料搬入から製品までの過程がすべて屋内
- 5) 材料搬入から製品までの過程で一時期屋外で堆積
- 6) 乳牛, 肉牛堆肥別に Mann-Whitney 法で検定 縦列異符号間に5%水準で有意差有り

~27%程度分布していた。

### 3. 堆積場所別化学成分

オガズ入り牛ふん堆肥の堆積場所別化学成分を第2表に示した。オガズを副資材とする堆肥では、製品として出荷されるまでの過程がすべて堆肥舎や乾燥ハウスなどの屋内で行われたものが乳牛で48点、肉牛で51点あった。また、調製期間中の一時期に屋外で堆積されたものが乳牛で22点、肉牛で10点あった。なお、モミガラ入りの堆肥には屋外で調製されたものはなかった。屋外で堆積されたオガズ入り乳牛ふん堆肥は、屋内だけで調製したものに比べ、含水率が有意に高く、pH、EC、加里、ソーダ含量が有意に低かった。しかし、窒素、リン酸は堆積場所の差による差は認められなかった。一方、オガズ入り肉牛ふん堆肥では屋外のものが

第3表 屋内で調製した牛ふん堆肥を1t施用した場合の肥料

堆肥名	含水率	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
オガズ入り乳牛ふん堆肥	65	1.9	3.9	9.4
モミガラ入り乳牛ふん堆肥	55	2.3	4.3	10.0
オガズ入り肉牛ふん堆肥	60	1.9	5.6	8.9

- 1) 単位: 含水率, その他は kg
- 2) 化学肥料代替率: T-N 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60% K<sub>2</sub>O 90%として計算した。(中央畜産会編, 1996, 堆肥化施設設計マニュアル)

屋内のものに比べ、含水率が有意に高く、pH、EC、リン酸および加里含量が有意に低かった。また、窒素含量は屋内外ともに約1.7%で、差は認められなかった。

### 4. 堆肥施用による肥料成分供給量の試算

屋内で調製した牛ふん堆肥1tを施用した場合、どの

程度の肥料成分量が土壌へ供給されるのかを試算し、第3表に示した。オガクズ入り乳牛ふん堆肥では窒素が1.9kgであるのに対し、リン酸では3.9kg、加里では9.4kgとなった。これに比べモミガラ入り乳牛ふん堆肥は、含水率が低いことから窒素が2.3kg、リン酸が4.3kg、加里が10kgでやや高い値となった。一方、オガクズ入り肉牛ふん堆肥はオガクズ入り乳牛ふん堆肥に比べ、窒素、加里量は同等であったが、リン酸が約1.7kg多くなった。

## 考 察

今回の調査では流通を目的に調製された乳牛および肉牛ふん堆肥の成分値を求めた。その結果、乳牛に比べ肉牛ふん堆肥のリン酸含量が高く、石灰含量が低くなったことが特徴的であった。乳牛の飼料は生乳を生産しながら生体を維持しなければならないためにカルシウム含量が高く、日本飼養標準における搾乳牛の飼料中Ca/P比は2程度とされている<sup>9)</sup>。これに対し、肉用牛の飼料は産肉能力を高めるためにリン含量が高く、日本飼養標準における飼料中のCa/P比は1~1.5程度<sup>9)</sup>と、乳牛の飼料に比べ低い。この結果、乳牛ふんを原料とした堆肥では石灰含量が高く、肉牛ふんを原料とした堆肥ではリン酸含量が高くなったものと考えられる。乳牛ふん堆肥に比べ、肉牛ふん堆肥のpHが低い値を示したのもこれにともなうものと推察される。C/N比もわずかながら肉牛ふん堆肥の値が高くなった。肉牛経営ではC/N比の高いオガクズが敷料として多量に使用されており、このオガクズが副資材として混入したために肉牛ふん堆肥のC/N比が高くなったものと推察される。C/N比は20以下で窒素の無機化が、20以上で窒素の有機化が進む<sup>7)</sup>が、牛ふん堆肥のC/N比はいずれもこの20に近い値で、有機化も無機化もしにくい安定した状態であるといえる。

副資材については近年、オガクズ供給量の不足と米麦共同乾燥施設の増加にともないオガクズに代わりモミガラを使用する事例が増えてきた。モミガラはオガクズに比べ保水力が低い<sup>10)</sup>ことから、排汁が漏出し、含水率が低下しやすい。オガクズ入り堆肥よりモミガラ入り堆肥の石灰、苦土含量が低かったのは、堆肥化過程の排汁漏出の有無が影響したものと考えられる。一方、オガクズ入り堆肥の窒素含量がモミガラ入り堆肥の窒素含量より低くならなかったのは、窒素が有機態窒素として存在したために流亡しにくかったものと推察される。

各堆肥の化学成分はかなりのばらつきが認められ、特にオガクズ入り堆肥の加里については1.0%未満の堆肥や5.0%以上の堆肥が多く存在していた。これは各施設で副資材の使用割合が異なることや、飼養過程で尿を一部分離する方式をとっている農家があることが原因と考えられる。しかし、処理過程で屋外に堆積され、降雨にさらされた堆肥は加里、ソーダ含量が顕著に低い。すべての堆肥が屋内で処理されたモミガラ入り堆肥に比べ、オガクズ入り堆肥の成分がばらついたのは、成分の低い屋外堆積堆肥が試料として含まれていたためと考えられる。1価の陽イオンであるカリウムとナトリウムは、2

価のカリウムやマグネシウムに比べ水溶性が高く<sup>10)</sup>、降雨などにより流亡しやすい。屋外に堆積した堆肥中の加里、ソーダ含量が低下したのはこのため、pHやECの低下もこれにともなうものと推察される。屋外堆積堆肥のうちリン酸含量に差が認められなかったオガクズ入り乳牛ふん堆肥に比べ、オガクズ入り肉牛ふん堆肥のリン酸含量が低くなったのは石灰含量が低く、1価のカリウムやナトリウムイオンと結合して流亡したためと考えられる。窒素については乳牛、肉牛ともに堆積場所による差は認められなかった。これは、堆肥中の窒素は大部分が有機態窒素として存在し、アンモニウムイオンや硝酸イオンといった無機態での流亡がなかったためと考えられる。

従来利用されていた福岡県の技術指導指標<sup>3)</sup>では、オガクズ入り牛ふん堆肥の各肥料成分値は窒素が1.7%、リン酸が1.8%、加里が2.0%（すべて乾物当たり）であったが、この数値に比べ、今回の分析結果では加里が高くなった。1995年の全国的調査の結果<sup>16)</sup>では1978、1983年の調査結果に比べて各肥料成分が高くなっていると報告されており、加里については全国調査と同じ傾向を示している。成分が高くなっている要因としてオガクズなどの副資材の使用量が減っている点が指摘<sup>1)</sup>されているが、これ以外の理由として、牛舎内でふん尿を分離し、加里を多量に含む尿の処理をふんとは別に行っていた従来の処理方法からふん尿を混合した状態で処理を行う大型の共同堆肥センターが補助事業により増加してきたことが考えられる。また成分値の低い屋外堆積堆肥の事例が、堆肥センターのような堆肥生産施設の整備によって減少し、屋内で調製した堆肥の成分値に近づいていることも考えられる。今後、さらに施設整備が進み、屋外堆積堆肥が減少することにより肥料成分の平均値はさらに高くなり屋内堆肥の水準に近づくと考えられる。さらに、副資材の節減を目的に製品堆肥を副資材として再利用する戻し堆肥が増加するとリン酸や加里といった肥料成分や、土壌のアルカリ化を進めるソーダ含量はさらに高くなるものと考えられる。

屋内で調製した含水率65%の標準的なオガクズ入り乳牛ふん堆肥には、加里含量が現物当たり1%含まれる。化学肥料代替率を90%として試算すると、1t/年投入した場合には約9kgの加里を施用したことになる。加里は過剰施用によって苦土欠を生じ、作物の生育障害を招くことが知られており<sup>4)</sup>、牛ふん堆肥の施用に際しては投入量に応じた加里の減肥が必要である。このため地力の維持に不可欠な有機質資材として牛ふん堆肥を有効に利用する際には、畜種や副資材の種類、調製の方法などを確認し、各成分含量を把握した上で施肥量を調整する必要がある。

## 謝 辞

堆肥試料の収集にあたり協力いただいた各地域農業改良普及センターの担当者諸氏ならびに炭素分析において御指導いただいた農林水産省畜産試験場飼養環境部汚染物質浄化研究室・羽賀清典室長に心より感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 畜産環境整備機構編(1998)家畜ふん尿処理・利用の手引き. 畜産環境整備機構. 東京. 60p.
- 2) 藤田 彰・三宅規夫・神谷勇義(1984)有機物および土壌改良資材の連年施用が土壌の理化学性に及ぼす影響について. 福岡農総試研報 **A3**: 63 - 66.
- 3) 福岡県農政部(1986)福岡県における家畜ふん尿処理利用指導技術指標. 94p.
- 4) 早田隆典(1998)堆きゅう肥からの加里の供給特性と適性施用量. 有機質資材の分解特性の評価と利用技術に関する研究会資料4-1-4-7.
- 5) 栗原淳(1995)たい肥等特殊肥料の品質保全と自己認証制度. 季刊・肥料 **71**: 22 - 37.
- 6) 黒柳直彦・兼子明・渡邊敏朗・藤田彰・小田原孝治(1996)畑地における有機物の長期連用効果(第1報)作物収量と土壌化学性. 福岡農総試研報 **15**: 64 - 68.
- 7) 農文協編(1996)畜産環境対策大事典. 農林漁村文化協会. 東京. pp.127 - 129.
- 8) 農林水産技術会議編(1995)日本飼養標準, 肉牛. 中央畜産会. 東京. pp.35 - 38.
- 9) 農林水産技術会議編(1994)日本飼養標準, 乳牛. 中央畜産会. 東京. pp.23 - 25.
- 10) 農水省農蚕園芸局農産課編(1982)堆きゅう肥等有機質資源の品質-地力保全特殊調査-. 地力保全対策資料. **60**: 1 - 11.
- 11) 農林水産省草地試験場編(1983)家畜ふん尿処理利用研究会会議資料. pp.13 - 18.
- 12) 大橋恭一・岡本将宏・西川吉和・西沢良一・中田均・勝木依正(1982)露地畑におけるおがくず入り牛ふん堆肥連用効果(第1報)10作跡地土壌の理化学性および野菜の収量・養分吸収量. 滋賀農試研報 **24**: pp.87 - 97.
- 13) 柴田るり子・岡田光弘・曾根一幸・高山文雄(1986)有機質資材が家畜ふんの物性改良に及ぼす効果. 千葉畜セ研報 **10**: 71 - 76.
- 14) 飼料分析基準研究会編(1987):飼料分析基準注解(第二版). 日本科学飼料協会. 東京. 29p.
- 15) 高井康雄・早坂達郎・熊沢喜久雄編(1976)植物栄養土壌肥料大辞典. 養賢堂. 東京. 1036 - 1037p.
- 16) 山口武則(1997)家畜ふん堆肥の品質・成分的特徴. 畜産技術 **2**: 10 - 17.