

作物・土壤に配慮した家畜ふん堆肥生産技術の確立

—1. 戻し堆肥の塩類集積メカニズムの解明—

福島正人、脇阪浩、神辺佳弘¹

¹栃木県農務部畜産振興課

要約

牛ふん尿には、EC を高める原因の一つとなるカリウムが多く含まれているため、戻し堆肥何度も繰り返すと塩類などの成分量は堆肥中に確実に蓄積される。しかし、同時に乾物有機物も蓄積されることから、塩類の絶対量は増えても、全体に占める割合は徐々に上昇しにくくなる。

堆肥は、保管中でも、有機物はわずかながらに分解し続けるため、相対的に塩類濃度は高くなる。しかし、塩類の重量も減少しており、これらは分解や揮発などしないとかんがえられるため、減少した理由は明らかにできなかった。

緒言

未熟な家畜ふん堆肥を土壤へ施用した場合、土壤中で急激に分解されガス障害を受けたり、雑草の種子や有害微生物が生き残っているおそれがある。そのため、十分に堆肥化処理をしてから施用する必要があるが、堆肥化だけでは解決できない点もある。その一つには塩類があげられ、特に酪農の堆肥は、肉牛や養豚の堆肥と比べて加里など塩類濃度の高い傾向がみられる。

酪農の飼養環境は、フリーストールやフリーバーン方式が増えてきており、これに伴いふんだけでなく尿も混ざることや、オガクズなど敷料の金額も上昇しており¹⁾、戻し堆肥を敷料として利用する農家も多い。戻し堆肥を繰り返すことで堆肥中の塩類が集積され、このような堆肥は特に施設園芸農家で敬遠される。これは、ECの高い堆肥を施用することで、土壤溶液中に塩類が溶けて浸透圧が上昇し、根の吸収阻害や養分吸収阻害が起こるためである²⁾。

戻し堆肥は、繰り返し行くと塩類などの成分が蓄積されるが、どのように成分が蓄積されているかは明らかになっていない。そこで、本研究では、戻し堆肥を繰り返し、どのようなメカニズムで塩類が集積するかを調査した。

材料及び方法

1. 試験方法

当場で飼養している肉牛(黒毛和種)のふんと、オガクズを混合したものを約4か月間堆肥化させて基になる堆肥とし、ポリプロピレン製の500リットルコンテナに入れた(表1)。毎月新鮮な肉牛ふん尿(約5kg)を添加し、添加する生ふん(表1)、添加前と添加後の堆肥を分析に供した。生ふん尿を添加し切り返したものを試験区、生ふんを添加せず切り返しのみ行ったも

のを対照区とした。なお、試験区では、コンテナの容量を超えてあふれてしまうおそれがあったため、4回目(6月)を添加する前に全重量を半分にした。対照区では、水分60%を目標に4、7、17及び20回目に水を添加した。

2. 分析項目

堆肥の調査項目は表1に示した

3. 堆肥の成分分析方法

(1)水分率:試料を105℃で12時間以上熱風乾燥し、その減重量から求めた。

(2)灰分率:(1)で得られた乾燥試料を粉碎し、マッフルで450℃、5時間以上焼き、その減重量から求めた。

(3)pH及びEC:原物試料中の乾物と水との比が1:10となるように蒸留水を加水し、30分振とう後、ガラス電極及び電気伝導度計で測定した。

(4)全窒素:ケルダール法で測定した。

(5)リン酸:バナドモリブデン酸アンモニウム法で測定した。

(6)加里、石灰、苦土、ナトリウム:原子吸光光度法により測定した。

4. 成分の計算方法

堆肥成分の重量の計算方法は、乾物重量にそれぞれの乾物%の積から求めた。

5. シミュレーションによる蓄積される成分値(加里)の変動

戻し堆肥を実際に施用するとき、耕種農家が敬遠する塩類問題(特に加里)という課題がある。そこで、戻し堆肥のシミュレーションを行い、どのように成分が変化するかを求めた。

もとなる堆肥の成分値は、この戻し堆肥の試験で使った堆肥の成分値とした。添加するふん尿の成分値は草地試験場の結果を³⁾、添加するふん尿の量は実際の試験と同じ 5 kg/月、乾物分解発熱量は 4500 kcal/kg⁴⁾、

水 1 kg に対する水分蒸発必要熱量を 900 kcal/kg⁴⁾、堆肥化に伴う有機物分解率の割合は Harada et al⁵⁾ の式 ($y=34.41 \exp(-0.1472x)+65.7$)、灰分の乾物%は 30% と設定、これらの数値を用いた。

表 1 基になる堆肥と添加したふん尿の成分

添加したふんの回数	重量 kg	水分 %	乾物重量 kg	加里濃度 乾物%	加里重量 kg
基の堆肥	11.9	49.6%	6.0	2.47	0.15
1	9.9	79.1%	2.1	4.80	0.10
2	8.6	79.3%	1.8	4.47	0.08
3	13.1	78.8%	2.8	3.64	0.10
4	11.9	83.8%	1.9	4.45	0.09
5	4.3	78.7%	0.9	3.53	0.03
6	5.1	80.5%	1.0	4.41	0.04
7	5.1	82.8%	0.9	4.01	0.04
8	5.9	84.8%	0.9	5.66	0.05
9	5.3	83.2%	0.9	5.43	0.05
10	6.4	73.4%	1.7	4.78	0.08
11	6.0	83.1%	1.0	5.91	0.06
12	5.6	82.5%	1.0	5.73	0.06
13	5.6	85.1%	0.8	3.69	0.03
14	4.4	81.4%	0.8	4.53	0.04
15	5.1	79.3%	1.1	5.35	0.06
16	5.0	80.5%	1.0	2.87	0.03
17	5.3	82.3%	0.9	2.10	0.02
18	2.7	82.4%	0.5	4.69	0.02
19	2.7	74.3%	0.7	2.87	0.02
20	4.8	84.9%	0.7	4.50	0.03
21	6.6	73.3%	1.8	4.52	0.08
22	6.3	83.3%	1.1	4.40	0.05
23	7.1	84.9%	1.1	4.74	0.05
24	4.5	84.2%	0.7	3.76	0.03

表 2 戻し堆肥の調査項目

堆肥の性状	重量 (kg)	水分 (%)	pH(水素イオン濃度)	EC(電気伝導度) (mS/cm)
堆肥の成分(乾物%)	灰分		肥料成分(N、P、K、Ca、Mg、Na)	

結果及び考察

図 1 に試験区の全重量、水分重量、乾物重量、灰分重量および有機物重量の変化を示した。

重量は、全重量と水分重が、4~7 回目(6 月~9 月)は比較的 low 推移したが、8~17 回目(10 月~7 月)では上昇し、17 回目(7 月)からは再度減少した。この時、水分が同じように変化したが、全体から見れば乾物重、

灰分重および有機物重はほとんど変化がなかったことから、戻し堆肥の重量には、水分が大きく関わっていることが考えられた。4~7 回目は夏期であり気温が高かったので水分蒸発量が多いため水分重量が軽くなり、逆に 8~17 回目は気温の低い冬期であったため水分蒸発量がほとんどないため、水分重量が重くなったと考えられる。

図2には、試験区のpH、ECを示した。pHは、8.5～9.6と弱塩基性で推移し、ふん尿を添加するにつれてわずかながら上昇していることから、アンモニアが蓄積されていることが考えられた。ECは、スタート時で約5 mS/cmでふん尿を添加するにつれて上昇したが、ふん尿を添加する回数が増えるにつれて上昇しにくくなっていった。ふん尿を添加すると、塩類などが蓄積されるためECが上昇するが、全体量も増加することから徐々に増加しにくくなったと考えられた。

図3に試験区の灰分の変化を示した。灰分の乾物%もECと同様に、ふん尿を添加するにつれて上昇したが、ふん尿を添加する回数が増えるにつれて上昇しにくくなっていった。重量は、ふん尿を添加するにつれて徐々に増加する傾向が見られた。

図4には試験区の全窒素の変化を示した。乾物%および重量は、灰分と異なり、ふん尿を添加しても乾物%や重量に上昇する傾向は見られなかった。硝酸態窒素は、嫌気状態で脱窒されて空中に窒素ガスとして放出されるが、pHが徐々に上昇していたことから硝酸化は進んでいないと考えられた。そのため、全窒素が上昇しない明確な理由はわからなかった。

図5には、試験区のリン酸の変化を示した。リン酸の乾物%および重量は、ふん尿を添加するに従い、両方ともわずかながら上昇する傾向が見られたことから、リン酸は蓄積されていることが考えられた。

戻し堆肥を繰り返すと加里がどのように集積するか、シミュレーションを図6に示した。

加里のシミュレーションを見ると、乾物%はふんを添加するに従い上昇したが、添加する回数が増えるにつれて上昇しにくくなっていった。一方で、重量は、ふんを添加するに従い確実に上昇していった。図7には、試験区の加里の変化を示した。実際の試験においても乾物%はシミュレーションと同じように、ふんを添加すれば上昇するが、回数を重ねるごとに上昇しにくくなっていった。重量は、ふんを添加するに従い上昇していった。

図8には、試験区の石灰の変化を示した。石灰も加里と同様の動きを示した。

図9、および10には、試験区の苦土とナトリウムの変化を示した。これらは、非常にバラツキは大きいものの、乾物%および重量ともに徐々に上昇する傾向が見られた。

図11に対照区の重量の変化を示した。こちらも試験区と同様に、重量と水分重量、乾物重量と有機物重

量が同じように推移していた。完熟堆肥といっても、有機物の分解はわずかながらに進むため、有機物重量は徐々に減少したと考えられる。しかし、堆肥化が進んでも減少するはずがない灰分の重量も堆肥化が進むにつれてわずかながら減少した。

図12～18にはそれぞれ、灰分、全窒素、リン酸、加里、石灰、苦土およびナトリウムの変化を示した。これらはどのグラフをみても、切り返しを行うにつれて乾物%がわずかながらに上昇していた。これは、全体に含まれる有機物が徐々に分解されるのに対し、ミネラル分は分解されることがないため、相対的に上昇していると考えられる。しかし、重量をみると、全てのグラフで下降の減少が見られた。窒素以外の成分は揮発や分解などされないため減少するとは考えられない。この重量の計算は、乾物重量にそれぞれの乾物%の積から求めていることから、乾物%の上昇割合が乾物重の減少割合より早くなってしまったことが考えられる。今後は、それぞれの成分量が存在することは事実であるから、重量の計算方法を含めて、さらなる検討が必要と考えられる。

牛ふん尿には、ECを高める原因の一つとなるカリウムが多く含まれている¹⁶⁾。そのため、戻し堆肥を牛舎の敷料として使い続けられれば、塩類などの成分量は堆肥中に確実に蓄積される。しかし、何回も繰り返すと、乾物有機物も蓄積されることから、塩類の絶対量は増えても、全体に占める割合は、徐々にある程度の値で落ち着くと考えられる⁷⁾。本試験においても、ECの値や加里や石灰の乾物%などは、ふん尿を添加するにつれて上昇するが、ふん尿を添加し続けると上昇しにくくなっていった。

堆肥は、たとえふん尿を添加しなくても、有機物はわずかながらに分解し続けるため、相対的に塩類濃度は高くなる⁷⁾。本試験では、塩類の乾物%は徐々に増加する傾向が見られたが、しかし、塩類自体の量は徐々に減少した。塩類は分解や揮発など起こらないと考えられることから、減少した理由は明らかにできなかった。

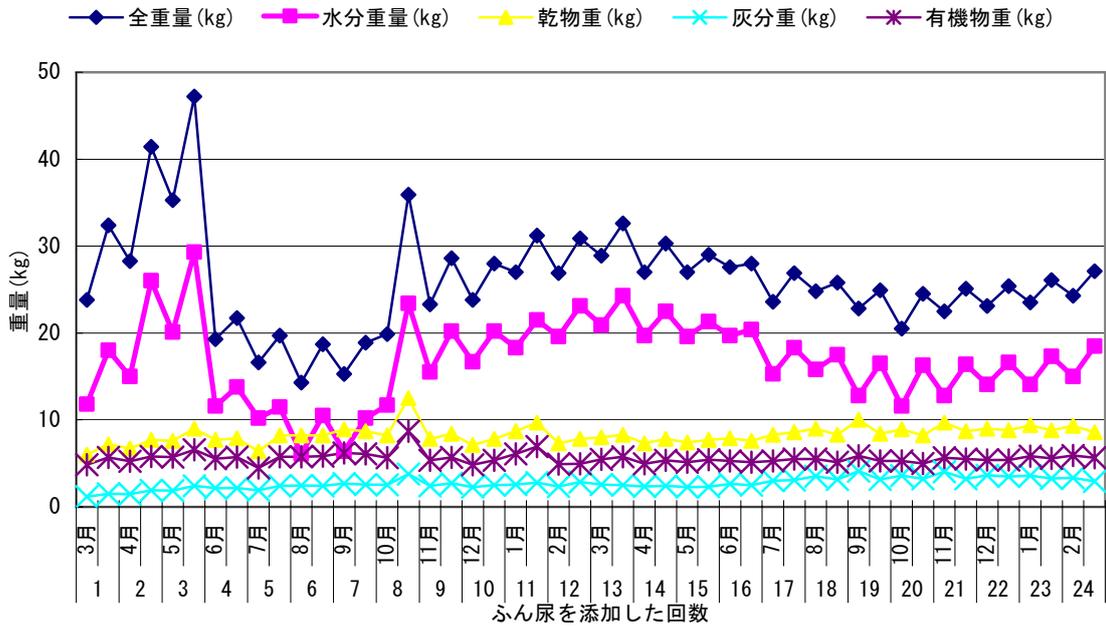


図1 試験区における重量の変化

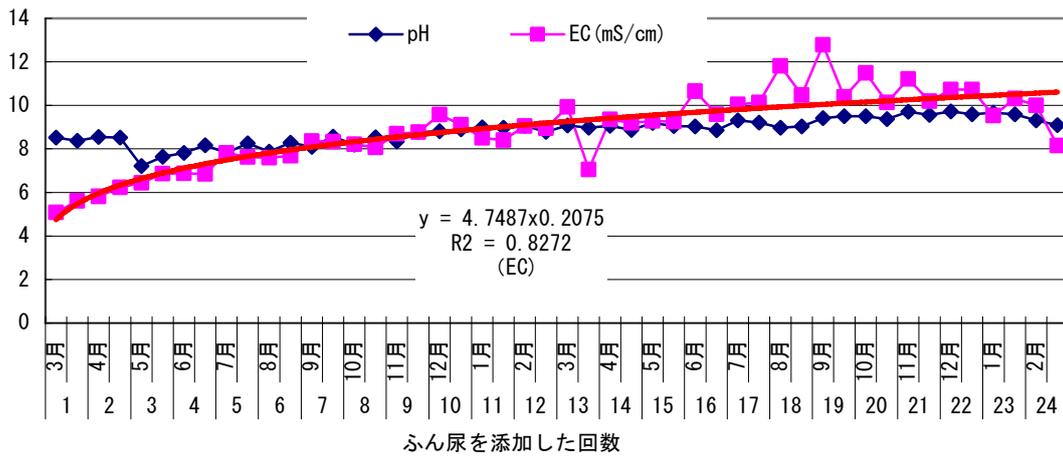


図2 試験区におけるpHおよびECの変化

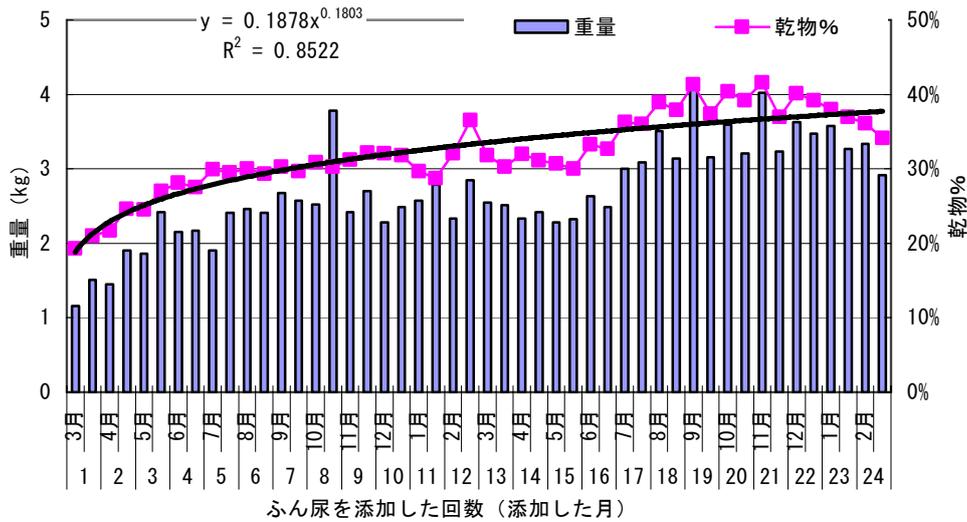


図3 試験区の灰分の変化

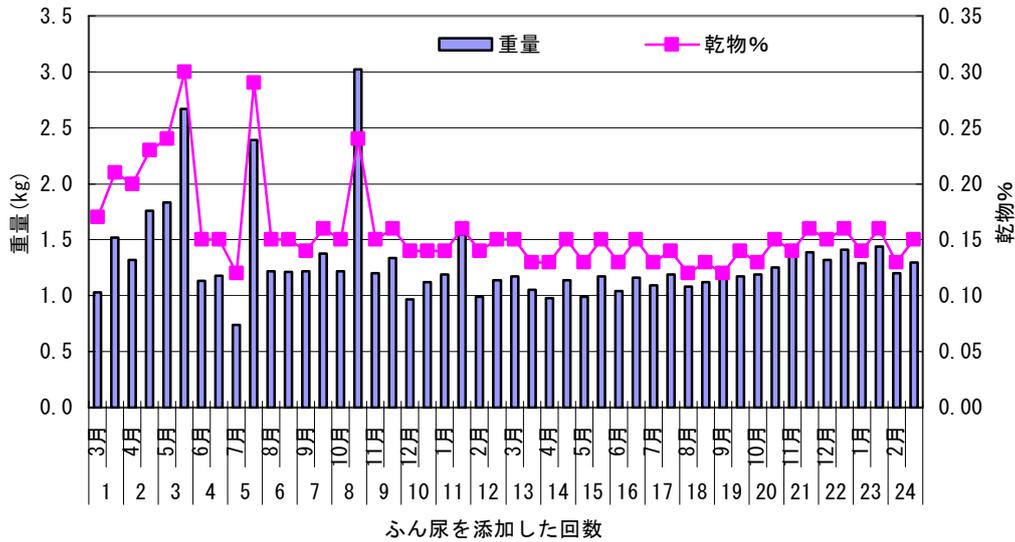


図4 試験区における全窒素の変化

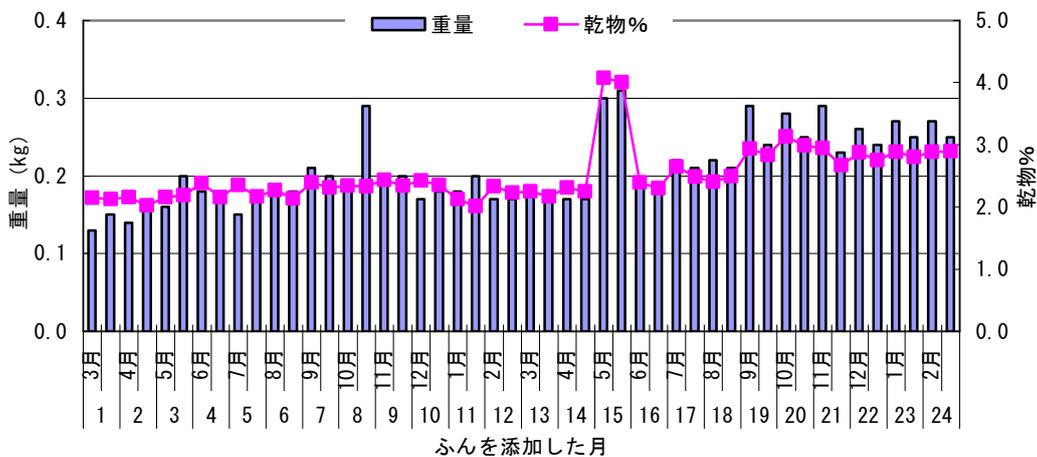


図5 試験区におけるリン酸の変化

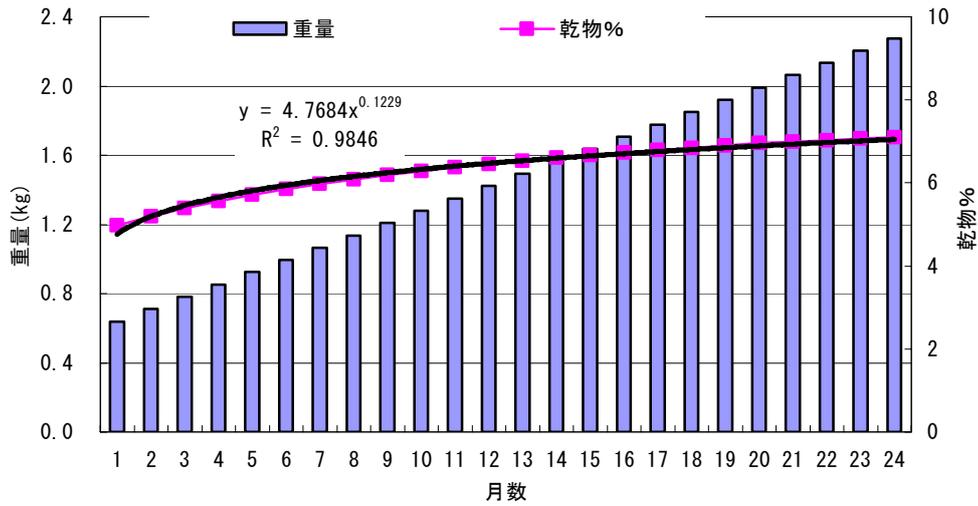


図6 塩類上昇のシミュレーション

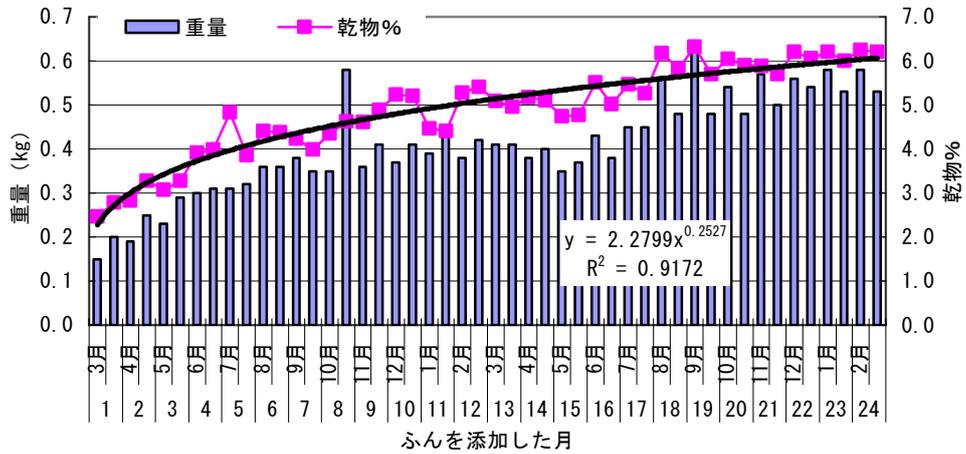


図7 試験区における加里の変化

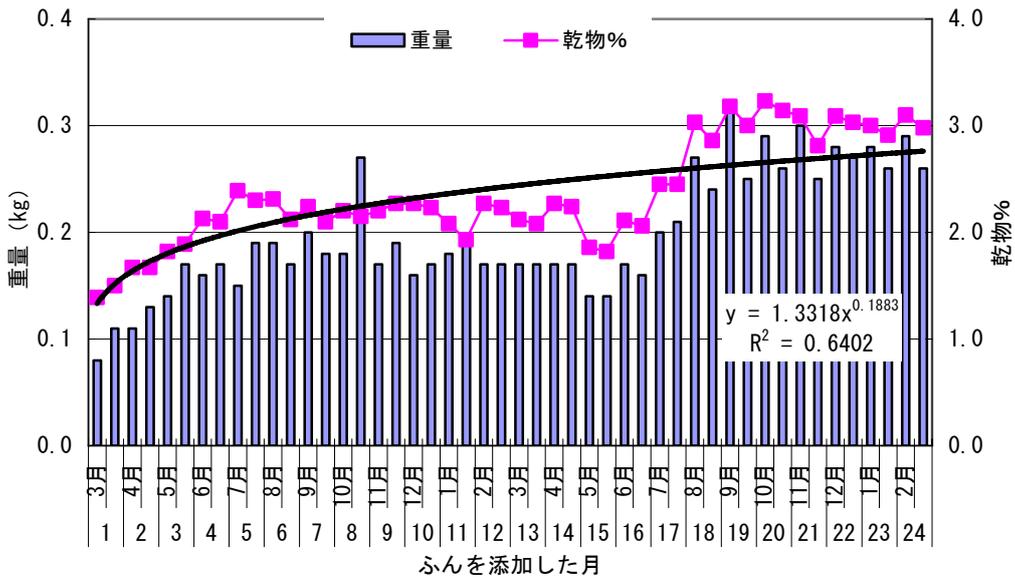


図8 試験区における石灰の変化

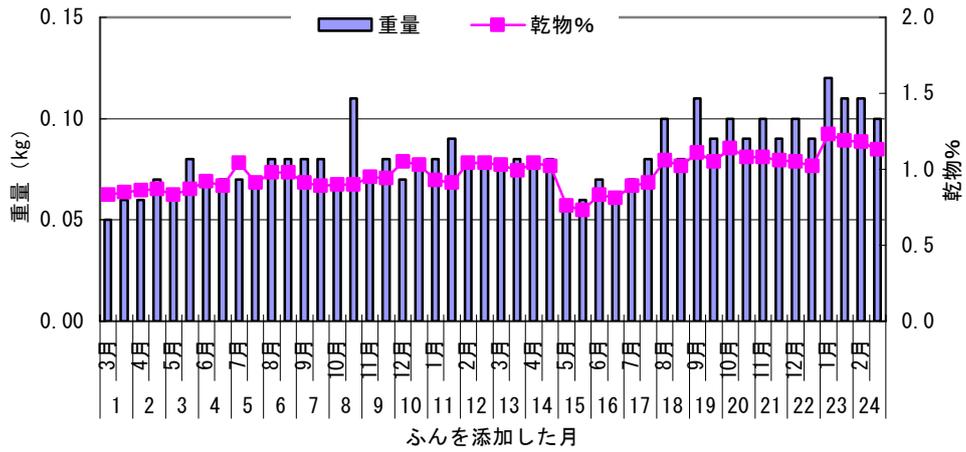


図9 試験区における苦土の変化

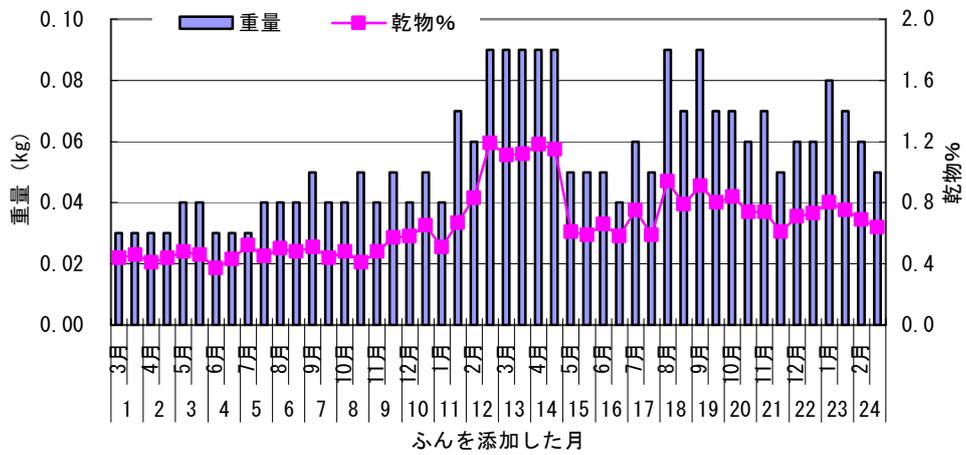


図10 試験区におけるナトリウムの変化

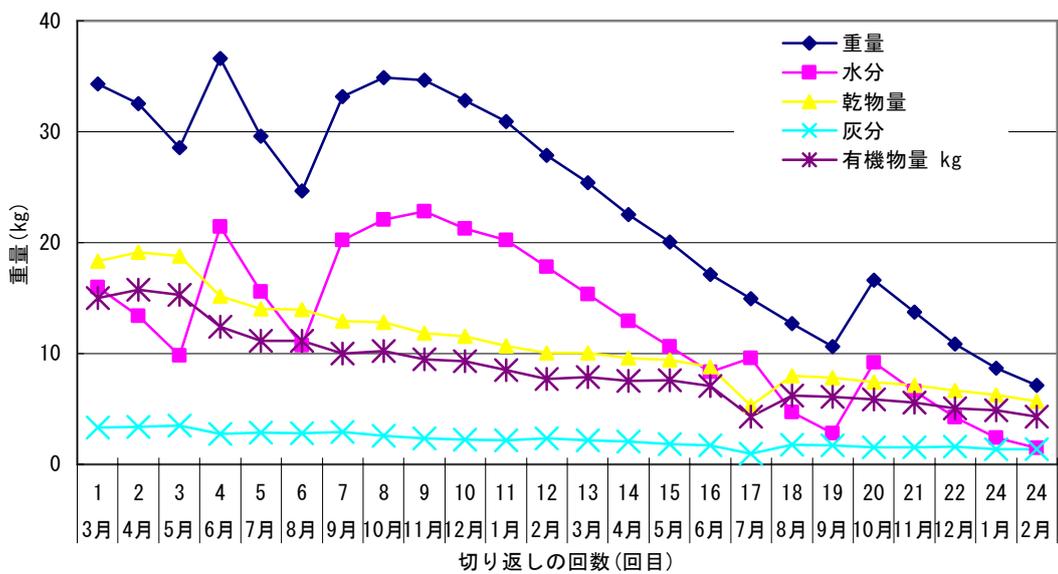


図11 対照区における重量の変化

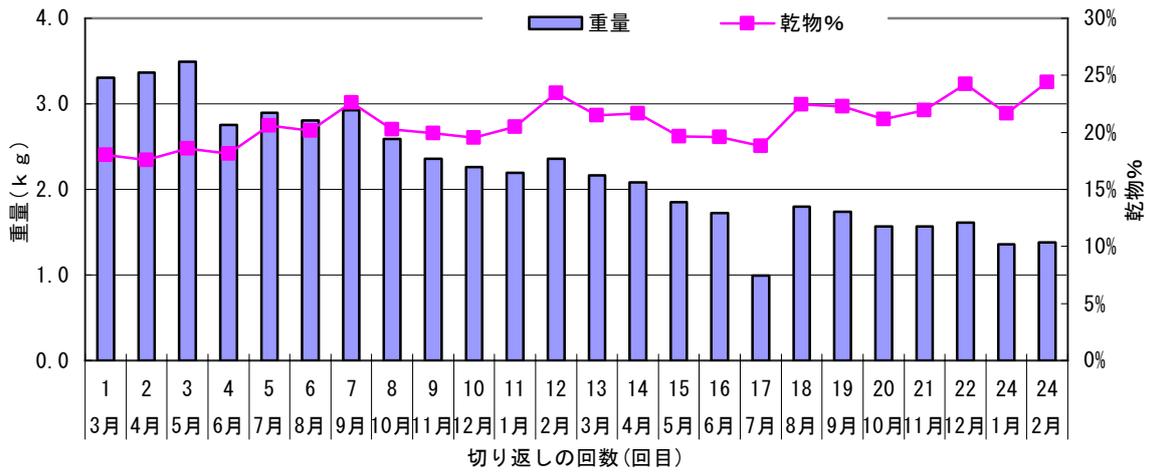


図12 対照区における灰分の変化

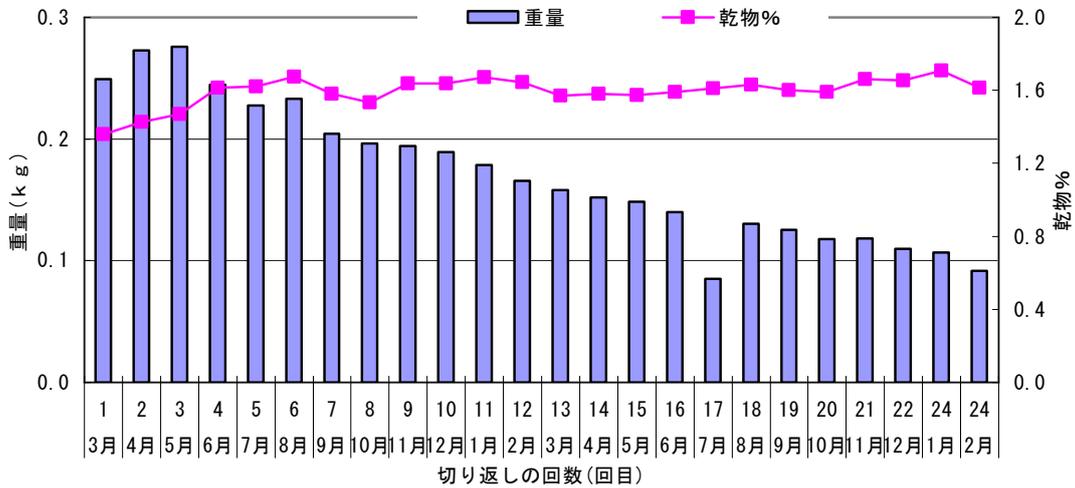


図13 対照区における全窒素の変化

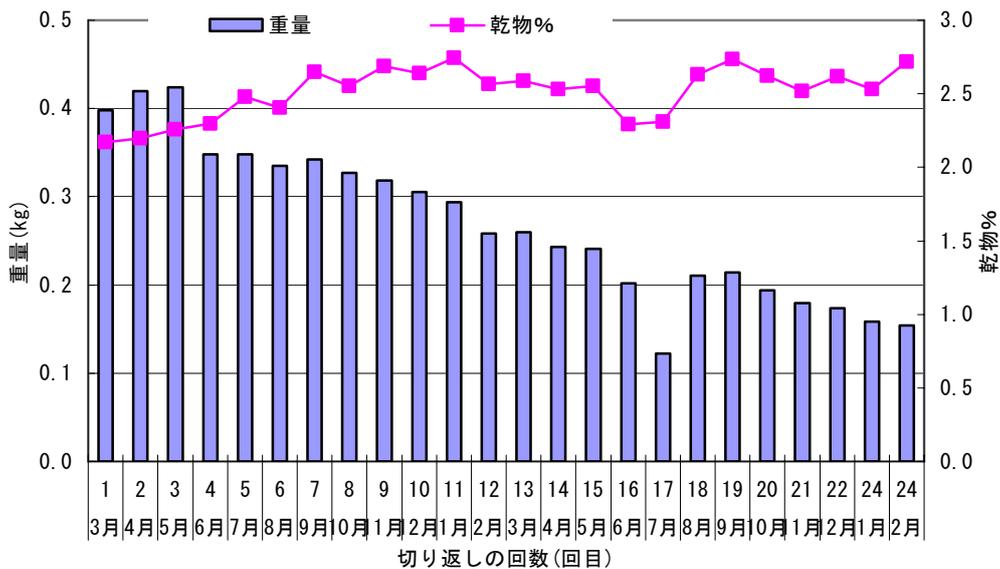


図14 対照区におけるリン酸の変化

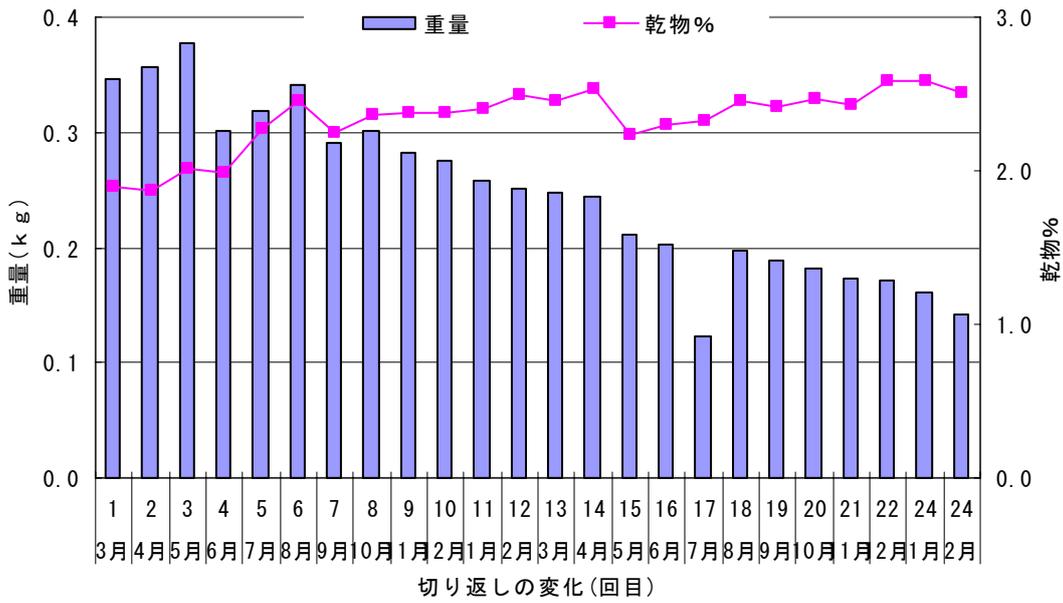


図15 対照区における加里の変化

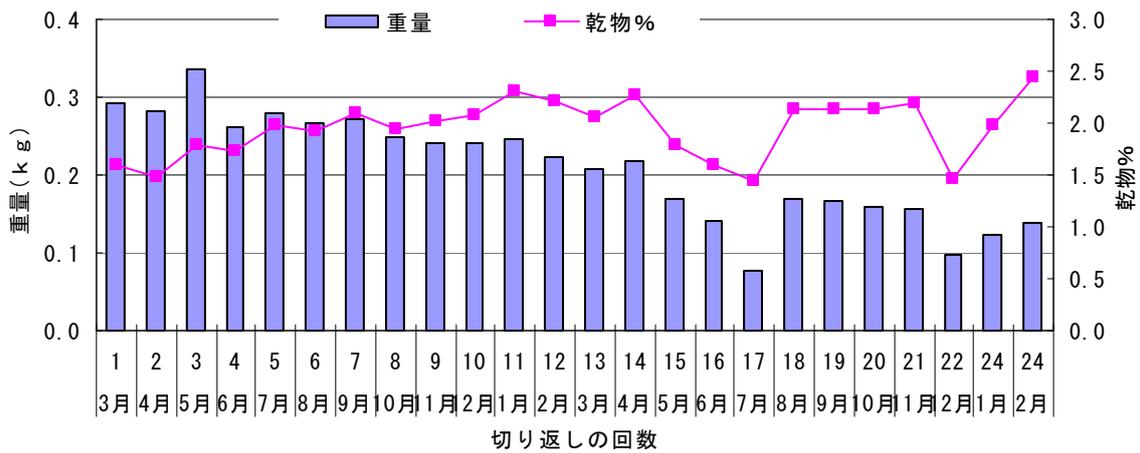


図16 対照区における石灰の変化

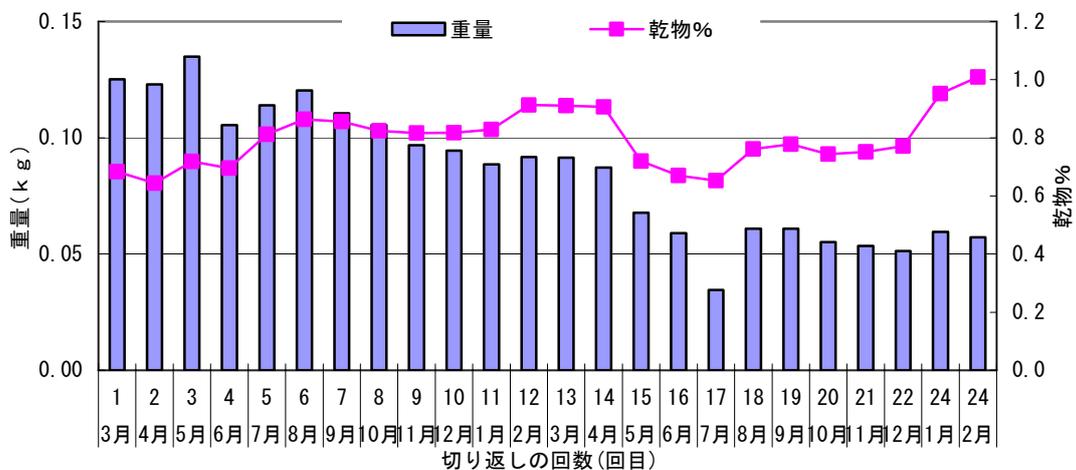


図17 対照区における苦土の変化

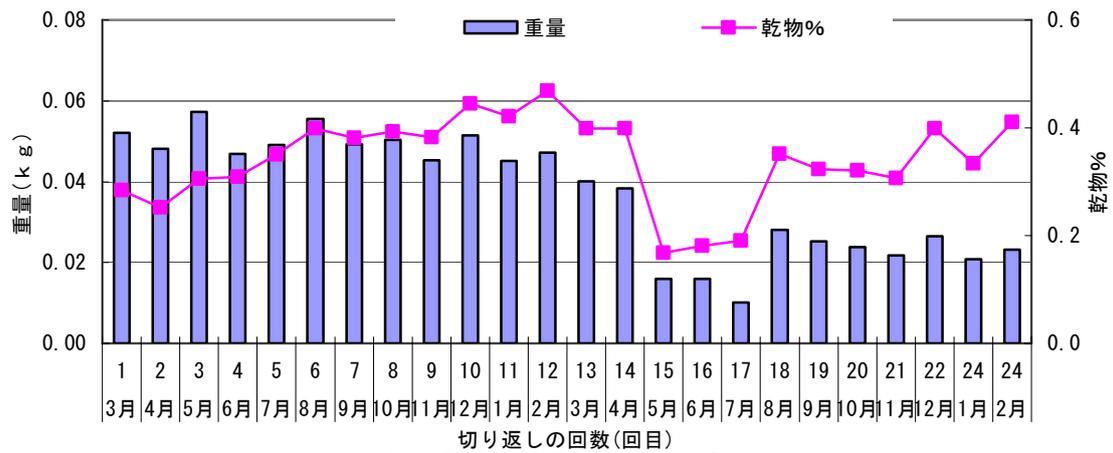


図18 対照区におけるナトリウムの変化

参考文献

※「3. オガクズ堆肥が敬遠される要因の検証」に全て集約したため省略