

## 1 新技術情報

### 山形県における「発酵乾燥ハウス」の実証展示事例

山形県農業研究研修センター畜産研究部草地環境科 専門研究員 秋場宏之

#### 1. はじめに

酪農家にとってふん尿処理は、水分調整との戦いと言ってもよい、一般の堆積で堆肥化するためには、大量の水分調整材を必要とする。例えば生のふん尿を良好な発酵をさせるため水分を70%~65%程度まで下げる必要があり、容積比で生ふん1m<sup>3</sup>に対し1.5m<sup>2</sup>ぐらいの水分調整材が必要となる。このため、山形県の多くの酪農家は、稲刈りが始まるとモミガラ集めに奔走している。また、品質の良い堆肥にするには数回の切り返しが必要で、切り返しを行わなければ堆肥の品質が悪く、耕種農家にもらってもらえないという事態となり労力を使った割に報われない事になる。

このような、農家の実態を踏まえ山形県では、中小規模の酪農家でも導入可能で、労力や生産コスト、水分調整材をあまり必要としないハウス乾燥方式改良型「発酵乾燥ハウス」に着目し国庫補助(家畜ふん尿処理実用化調査事業)を受け、実証展示を平成9年~11年の3ヶ年にわたり行っている。関東以南で普及しているハウス乾燥方式は本来山形のような積雪地域には不向きであると思われていたが、処理効率は季節により大きく変化するものの十分利用できる技術であると思われる。最終的には、3月までの調査結果を待ってまとめられるが、これまでの試験結果の一部を紹介したい。

#### 2. 「発酵乾燥ハウス」の概要と処理方式

中小規模の畜産農家での導入可能な施設を考えた場合、攪拌機の価格や建物の価格を考慮すると、攪拌深の浅い攪拌機ほど価格が安く、電力消費が少ないことと、ふん尿を浅く広げる事で表面積が大きくなり太陽熱を受け乾燥しやすく、水分調整材をあまり使わなくとも水分を下げる事が可能となるというメリットが生まれてくる。この施設では、攪拌深30cm前後の物を導入している。また、建物は、木造が一番望ましいと思われたが、価格を考えればパイプハウスが最も安価であった。

冬期間については、この「発酵乾燥ハウス」では日射量不足と低温により、非常に困難であると思われるため、12月~3月までの間は、多くを望まず、ヘドロ状のふん尿混合物が堆積できるまでを処理し、その後堆積場切り返しを行い処理を行うよう計画した。冬期間は、ハウスでの処理と堆積処理と併用する事で十分に堆肥化できると思われる。

発酵乾燥ハウスは、同じ幅の発酵乾燥床を逆対象に2レーン設置した形になっており、1次レーンでは乾燥した堆肥を水分調整材として生ふんと混合され発酵処理が行われ、2次レーンでは水分調整材となる乾燥堆肥を作る形となっている。

この発酵乾燥ハウスの大きな特徴は、発酵乾燥処理を行いながら、水分調整材となる乾燥堆肥を作るところにあり、冬期間の12月~3月の4ヶ月は、日射量が極端に不足し乾燥が不十分になるため、籾殻やおがくずを使用するが、それ以外の時期には、これらを必要としないため、合理的な処理法といえる。また、乾燥堆肥には、条件に合った多くの微生物を含んでいると思われ、購入する発酵菌等は特に必要としないと考えている。

乾燥能力の低下する時期には、送風機や温風ボイラー等を使用することで、冬期間良好に処理ができるが、電気代や燃料代を考慮し、最低限の使用が望ましいと思われる。

山形県農業研究研修センター畜産研究部に実証展示しているモデルプラントの概要を示したが、経営規模に応じて、発酵乾燥床の幅や長さを変えることで、小規模から大規模の酪農家や養豚農家、肉牛農家の方々に対応できると思われる。

### (1) 発酵乾燥ハウスの概要

- 1) 想定処理能力 ふん尿混合物1,200kg/日
- 2) ハウス 間口10.8m×長さ31m  
面積334.8m<sup>2</sup>  
峰高5.9m 軒高3.1m
- 3) 発酵乾燥床 間口3.97m×長さ24m×2レーン  
面積190.6m<sup>2</sup> 深さ0.3m  
容量57.18m<sup>3</sup>
- 4) 貯留ピット 3.97m×2m×0.75m×2カ所  
容量12m<sup>3</sup>
- 5) 攪拌移送機 攪拌幅4.12m 攪拌深0.3m  
2機

(図1)

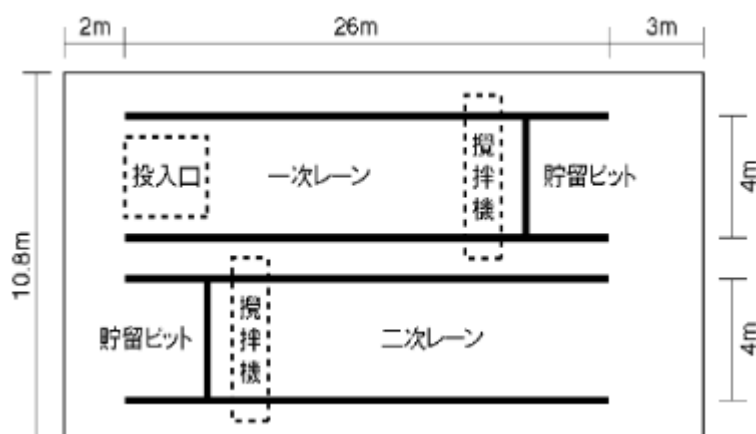


図1 「発酵ハウス」の略図



写真

### (2) 建設コスト

建設にあたっては、中小規模農家の実情を勘案し、自力施工で行い建設コストを調査しながら建設した。また、攪拌移送機については競争入札での購入となっている。詳しい内容は、表1に示した。

表1 発酵ハウスの工事費内訳

工事内容	項目	金額(千円)	内 容
コンクリート工事	材料費	951	生コン、砕石、型枠材 他 バックホー、ランマー 他 型枠工21人、普通作業員20.5人 面積367m <sup>2</sup> 1m <sup>2</sup> 当4,820円
	機械リース料	86	
	賃金	732	
	小 計	1,769	
ハウス工事	材料費	1,620	パイプ、ビニール 他 普通作業員18人 面積313m <sup>2</sup> 1m <sup>2</sup> 当6,042円
	賃金	271	
	小 計	1,891	
電気工事	請負工事	347	電気引き込み工事 電線、投光機 他
	材料費	90	
	小 計	437	
機械購入	攪拌機一式	2,940	攪拌機2機 (レール据え付け工事含み)
合 計		7,037	乳牛1頭当293千円

その結果、総額7,037千円で建設し、乳牛1頭あたり平均50kg前後のふん尿を排泄すると仮定すると想定規模 1,200kg処理÷50kg=24頭で、乳牛1頭あたりの建設コストは293千円であった。

また、建設期間は約1カ月で雇い上げ作業員はコンクリート工事で延べ42.5人ハウス工事で延べ18人であった。このことから、地元の左官屋さんにコンクリート工事をお願いし、ハウス工事は地元の農家仲間に協力を依頼できれば、畜産農家の方々が自分で建設できると思われる。特に山形県では、サクランボの雨よけテント等でハウスには馴染みの深い農家が多く、現実的に十分可能であると思う。また、構造が簡易なことで、老朽化や腐食による部材交換、ビニール張り替えなどを農家が自ら行うことで、かなりのコスト低減になるとと思われる。(表3)

### (3) 処理方法

実証展示施設では、具体的には、投入口に乾燥した堆肥を敷き詰め、その上に生ふん尿をダンブからあげ、あとはタイマーをセットした攪拌移送機により混合しながら移送させる方法をとっている。乾燥堆肥の目安は生ふん尿1トンに対し約1m<sup>3</sup>を敷き詰めている。

その後、このプラントでは約12日で一次レーンの貯留ピットに送られ、2日に一度2次レーンに小型ローダーで移動させ、さらに約12日で2次レーンの貯蔵ピットに送られる。投入する前の生ふん尿が水分85%前後あり、約24日間で発酵熱と太陽熱により水分が蒸散し、処理終了後には水分が夏期で30～40%冬期で60～78%まで低下する。この乾燥した堆肥をまた水分調整材として再度使用するが、冬期間は、水分が多いため直接は使用できない状況にある。

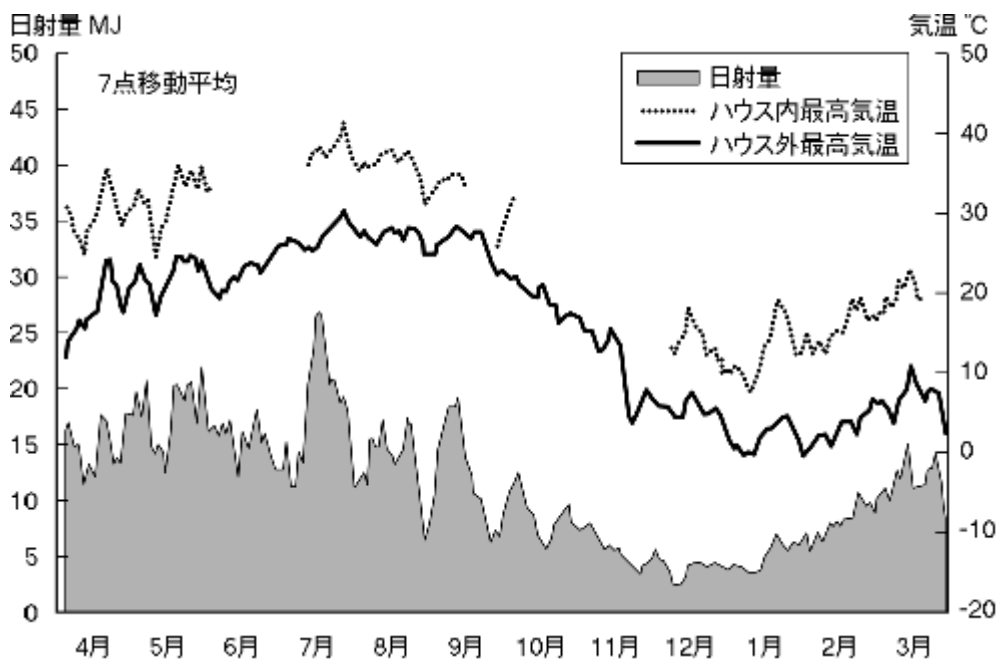
山形県の夏は非常に暑く、冬は寒く、通常の処理方式では、夏には堆肥が乾燥し過ぎ、堆肥中の水分が30%以下になる。これを、水分調整材として使用する場合は非常に良いが、有機物の分解がされないまま乾燥してしまい堆肥としては未熟なものになってしまうため、田畑に施用する場合は問題があると思われる。そのため、水分調整材として戻すものだけを2次レーンで乾燥し、残りは堆積処理を行うことで発酵温度が約70℃まで上昇するデーターが得られている。

## 3. これまでの調査結果

### (1) ハウス内外の気象

ハウス内の気温・湿度を自記温湿度計にて継続調査した結果、ハウス内の最高気温は、外気温より約10℃前後高く経過し、日射量の増減により上下している。また、日別に見るとハウス内の最高気温を記録した平成10年8月1日は外気温との格差が13.7℃となり、冬期の最高気温を記録した平成11年2月22日では、外気温との格差が22.3℃となった。なお、ハウスのドアや巻き上げカーテンは、気温の上がる夏期は強風や豪雨を除きほぼ開放状態にし、冬期は、雪の吹き込みがあるためほぼ密閉状態にしている。(図2)

図2 ハウス内外の最高気温と日射量の推移



(2) 年間処理状況

平成11年1月から11年12月まで、308日の処理を行った結果、総生ふん尿投入量364t平均日投入量1,183kgであった。具体的処理可能頭数は、乳牛の成牛(乾乳含む)の排泄量平均が50kg前後とすると約1200kg÷50kg=24頭でこの規模の「発酵乾燥ハウス」では24頭程度が処理可能となり、発酵乾燥床の面積は現在のところ乳牛1頭当たり8m<sup>2</sup>以上確保する事で、山形県での処理が可能と推察される。

水分調整材は1～3月は購入したおがくずを使用し、4月～10月は、2次レーンに到達した堆肥を水分調整材として使用し、11～12月は、4月～10月に製造された堆肥を貯蔵し水分調整材として使用している。水分調整材としての経費は、外部から購入したおがくず約20tで14.7万円であった。このことから、乾燥した堆肥を水分調整材として使用することで、購入したり、耕種農家から集めたりする水分調整材が少なくて済むため、労力や経費が低く抑えられる事が実証されている。(表2)

表2 平成11年の「発酵乾燥ハウス」における処理状況

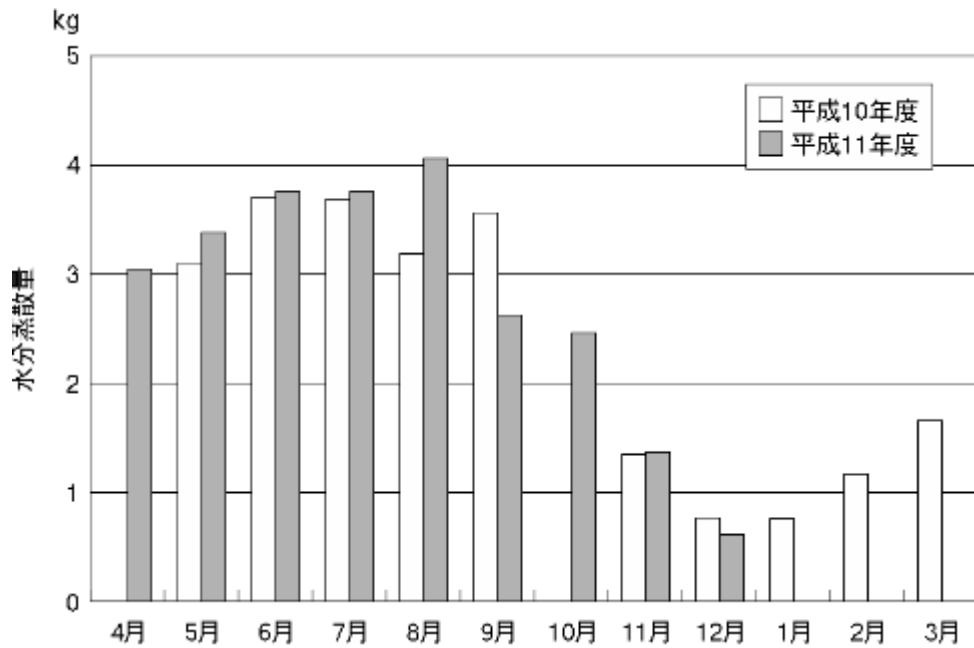
	単位	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	合計
投入量	kg	105,091	76,315	97,790	85,260	364,456
投入量日数	日	81	62	81	84	308
日平均量	kg	1,297	1,231	1,207	1,015	1,183
製品量	kg	66,880	3,990	9,160	47,840	127,870
製品率	%	63.6	5.2	9.4	56.1	35.1

※11～12月は4～9月の製品を使用し堆肥として使用した

(3) 水分蒸散量

生ふん尿と水分調整材が1～2日攪拌処理されたものを、30Lのコンテナに風袋込みで20kg入れ、発酵床と同程度の厚さに調製したものをハウス中央部に設置し、重量が減少した分を水分蒸散量と仮定し調査を行った。1998年～1999年の結果から、最大では月平均では8月4.07kg/m<sup>2</sup>の蒸散があった。しかし、最小では月平均12.1月の0.74kg/m<sup>2</sup>あり、日射量の極端に少ない冬期は、夏期に比べ1/6程度に能力低下することになる。(図3)

図3 一日1m<sup>2</sup>当たり水分蒸散量(月平均)



また、乾燥発酵床の地点別に水分・比重をみると、二次ピットでは最低で28.5%まで水分が低下し、比重も0.36まで下がっている。冬期は、一連の処理が終了しても78.35%であった。

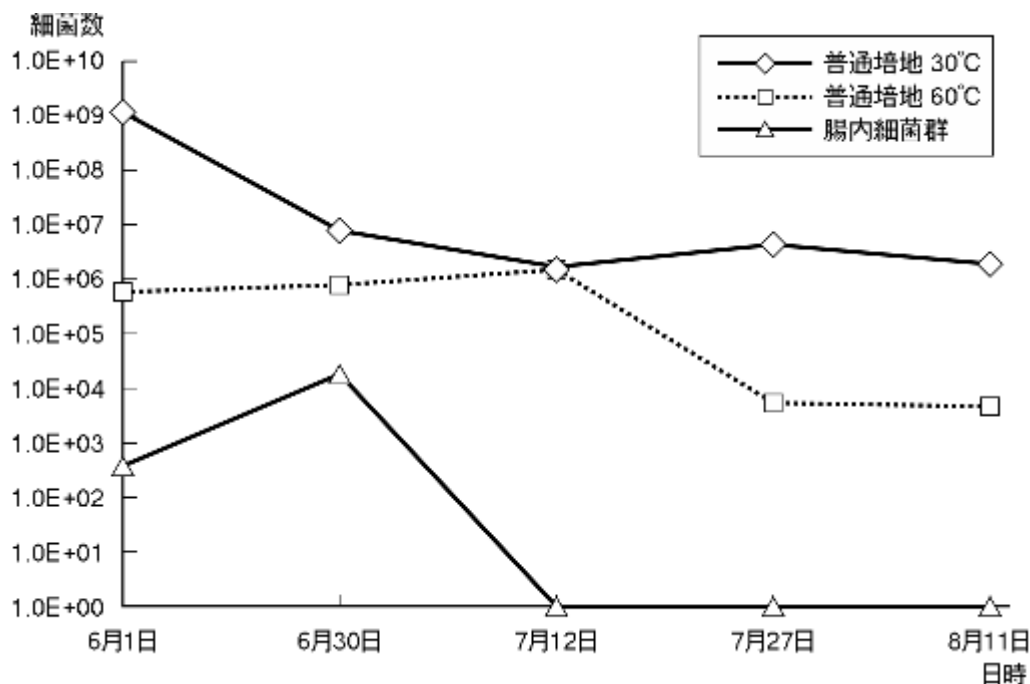
#### (4) 発酵温度

発酵床内の温度を1mメッシュで測定した結果、一次レーンの投入口から6m進んだところで60℃を越えてきているが、一時的なもので投入口からの距離が離れるに従って温度は下がっている。二次レーンに至っては、30℃前後でほとんど温度は上がっておらず発酵がほとんど行われていないと思われる。また、一次レーンピットに貯まった水分65%前後の堆肥を体積し温度測定を行った結果、70℃を越えており、日数が経過することで温度が低下するが、切り返しを行う事で再度70℃まで上昇している。70℃以上は、約20日間続き、その後徐々に低下している。

近年、堆肥化されたふん尿をフリーストールの敷料として利用する農家が点在してきているが、他県の報告によると60℃10分でほとんどの大腸菌の死滅が報告されていることから、発酵乾燥ハウスのみの処理では有害細菌の死滅はあまり期待されないが、堆積発酵処理と併用する事で、敷料への利用が可能となると思われる。

また、発酵乾燥の2次貯留ピットの貯まった堆肥を不定期に5回サンプル採取し細菌数を調査したところ、腸内細菌群が7月、8月には検出されていない。これは、発酵温度が低いながらも上昇し、ハウス内の気温も上昇する事から、細菌数が減少したと考えられる。(図4)

図4 発酵乾燥ハウスでの細菌数(新野)



### (6) 臭気分析

発酵乾燥ハウス内から発生する畜産関連臭気9物質を2年で8回測定した結果、ハウス内でアンモニアが最大で67ppm最小4ppmとなっており、時期によってはかなりの刺激を伴う臭気を発生したが、ハウスを開放した状態で、敷地境界線を想定したハウス外風下5m地点ではいずれの物質も、検出限界以下であった。

このことから、乳牛におけるふん尿混合物の処理では、ハウス内での臭気は発生するが、外部では環境基準を越えることは現在のところ考えられない。(表3)

表3 「発酵乾燥ハウス」における臭気物質発生状況 単位:ppm

	ハウス内			ハウス外※	
	最大値	最小値	平均値	風下5m	環境規制値
アンモニア	67.50	4.29	28.21	n.d.***	1~5
プロピオン酸	0.2328	0.0065	0.1010	n.d.	0.03~0.2
ノルマル酪酸	0.0458	0.0037	0.0224	n.d.	0.001~0.006
イソ吉草酸	0.0200	0.0010	0.0094	n.d.	0.001~0.01
ノルマル吉草酸	0.0161	0.0018	0.0077	n.d.	0.0009~0.004
硫化水素	0.0074	0.0003	0.0037	n.d.	0.02~0.2
メチルメルカプタン	0.1587	0.0027	0.048	n.d.	0.002~0.1
硫化メチル	0.0233	n.d.	0.0058	n.d.	0.01~0.2
二硫化メチル	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.009~0.1

注)臭気測定値は密閉、開放、攪拌、静置等の条件下で8回の分析を集計したもの  
 ※ハウス外は風下5m地点で敷地境界線を想定して測定。

※※アンモニアはガス検知管、他はガスクロマトグラフにて計測

※※※n.d.: 検出限界濃度以下

### (7) 糞尿処理のランニングコスト

発酵乾燥ハウスを管理運営するにあたり、考えられる経費は、電気料とローダーの燃料、攪拌機のグリース代と冬期に使用する水分調整材の代金が考えられる。

電気料の試算結果を表4に示したが、1ヶ月あたりの平均で7,360円で、年間88,320円あった。その他の経費を試算すると表4に示したとおりとなり、年間246,247円で生ふん尿1トンあたり677円で

処理が可能となる試算結果であった。

また、この他に3～5年に一度のビニール張り替えや修復に約10万円程度の材料費がかかる事になる。

表4 「発酵乾燥ハウス」の年間直接経費の試算

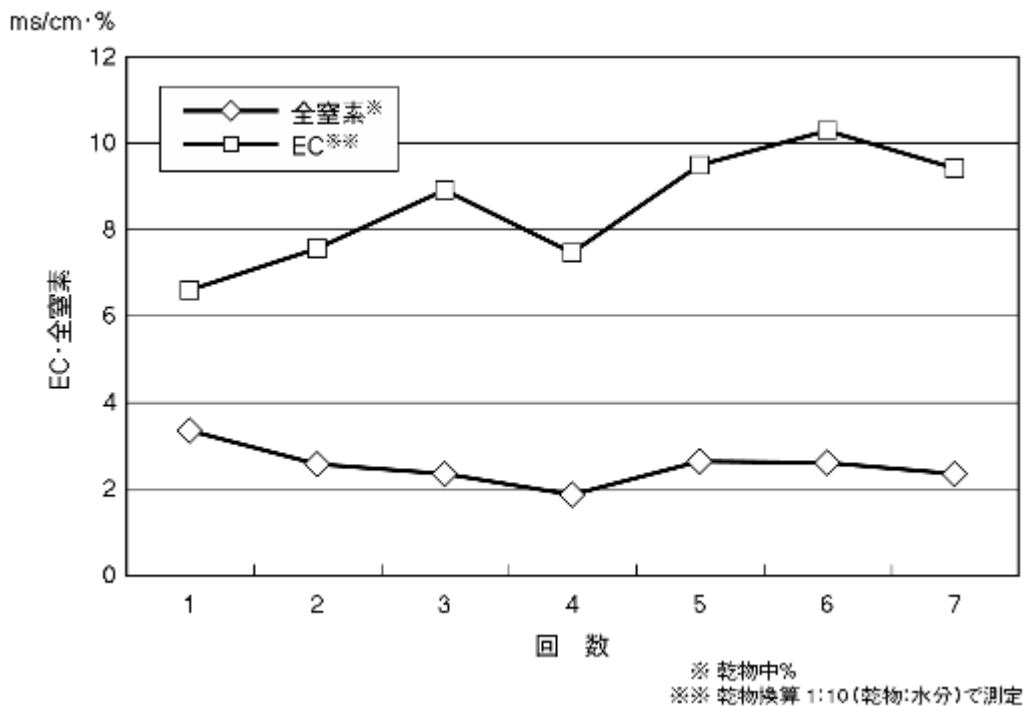
項目	金額	内容
電気料	88,320	7,360円×12月
水分調整材	147,000	20 t×7,350円
燃料	9,352	月11 L×12ヶ月×70.854円
その他	1,575	グリース525円×3本
合計	246,247	

※生ふん尿1トン当たりの直接経費743円

#### (8) 戻し堆肥の肥料成分

戻し堆肥として連続使用すれば肥料成分が集積する事が予想されたが、平成11年5月～11月に連続使用7回を行い肥料成分の推移を調査した結果。全窒素については、集積傾向は見られなかったものの、EC(乾物1:水分10)について増加傾向が見られ最高で10.31ms/cmにまで上昇した。このことから、連続使用した堆肥を作物へ施用する場合には、施用量を少なくするとともに、化学肥料の減肥等を行う必要がある。(図5)

図5 戻し堆肥の連続使用における成分推移



#### 4. まとめ

「発酵乾燥ハウス」は、建設・ランニングコストが非常に安く山形の酪農家においてもメリットが大きなふん尿処理施設であるが、幾つかの問題点が考えられる。その、課題のひとつがハウス骨材の腐食対策である。攪拌移送機は、どこのメーカーでも腐食対策がなされれば問題はないと思われるが、ハウス骨材は腐食防止加工がなされていてもかなりの腐食が確認されている。冬期は雪の吹き込み等を防ぐため締め切ることで、結露が生じ、この結露水や湿度が腐食の原因となる。対策としては、より強い腐食加工が施された骨材の調達や、ハウス内部に内張りをもうけ結露を防ぐ方法など耐用年数を長くする方策が必要である。もう一つの課題は、堆肥中の肥料成分が集積する問題である。戻し堆肥として何回も生ふん尿と混合されるため、水分だけが抜け濃度が高

まる。堆肥の耕種的利用または販売を主な目的とした場合、利用方法を明確にし一般の堆肥と差別化した使用方法の確立が必要となってくる。

今まで山形県のような積雪地帯においてハウス乾燥方式は、不向きと考えられてきたが、乾燥堆肥を含む水分調整材が確保でき、冬期に完熟堆肥の製造を望まなければ十分処理が可能であることがこの試験により実証できた。山形県では農家に6棟普及しこれから18棟程度普及の予定であるが、上記の問題点を解消し山形県における畜産経営の繁栄に寄与できれば幸いである。

## 参 考 文 献

- 1) 本多勝男: 畜産環境大辞典(農文協)
- 2) 羽賀清典: マニアマネージメント(デーリイマン社)
- 3) 渡辺千春ら: 滋賀県畜産技術振興センター研究報告第5号
- 4) 秋場宏之: 山形県農業研究研修センター畜産研究部研究報告45号・46号