

令和3年度補正  
畜産・酪農収益力強化総合対策基金等事業  
のうち畜産環境対策総合支援事業  
(畜産堆肥流通体制支援事業)  
事業報告書

令和5年3月



一般財団法人 畜産環境整備機構

## はじめに

令和3年5月に制定された「みどりの食料システム戦略」において、温室効果ガスの排出削減、化学肥料の低減、有機農業の面積拡大などの推進が掲げられている中、持続的な畜産物生産に向け、「堆肥の高品質化、ペレット化、堆肥を用いた新たな堆肥の生産、広域流通による循環利用システムの構築」を推進することを目的とし畜産経営に由来する環境負荷の軽減のための取組に対する国内の畜産農家等の理解醸成を図り、好気性強制発酵堆肥の高品質化、広域流通等の促進に繋げるため、優良事例調査、課題を抱える現地指導、経営体等の相談に対する必要な助言やコンサルタントを実施しました。

本事業にあたっては、当機構発足以来、連携を積み重ねてきた大学・研究機関の専門家、都道府県畜産担当部局の専門家、民間研究機関・企業等の専門家等並びに当機構の研究者等の専門的・技術的知識を活用することとしました。

こうした結果、現場での堆肥生産、処理等に課題を抱える畜産関係者の皆さんの要望に応えることができたことと思います。

本報告書の刊行にあたって、事業の推進にご指導いただいた委員ならびにご執筆いただいた方々に感謝申し上げますとともに、本資料が畜産経営において家畜排せつ物処理に取り組まれている生産者、行政機関等の関係者の皆様方の一助となり、畜産振興の推進に資することができれば幸甚です。

令和5年3月15日

一般財団法人 畜産環境整備機構

畜産・酪農収益力強化総合対策基金等事業のうち畜産環境対策総合支援事業  
(畜産堆肥流通体制支援事業) 検討委員会

# 目 次

## 現地調査報告

### 1 優良事例調査

- 1-1 有限会社ブライトピック千葉(銚子農場) ..... 1
- 1-2 エッグトラストジャパン株式会社 ..... 9
- 1-3 株式会社前田牧場 .....17
- 1-4 秋田やまもと農業協同組合(八竜堆肥センター) ..... 25
- 1-5 山形県酪農業協同組合(南陽堆肥センター) ..... 33

### 2 現地指導調査

- 2-1 石垣市堆肥センター ..... 39
- 2-2 ファロスファーム株式会社(安芸高田農場) ..... 51
- 2-3 与論町堆肥センター..... 59

畜産堆肥流通体制支援事業(令和4年度)検討委員名簿..... 69

# 現地調査報告

## 1 優良事例調査

## 1-1. 有限会社ブライtpigg千葉 銚子農場 養豚 一貫経営

千葉県銚子市新町 1642-1



写真1 農場の全体像(Google マップ)

### 1) 経営の概要

母豚 2,750 頭の一貫経営であり、肥育豚換算で 27,500 頭を飼養している養豚場である(写真1)。エコフィード主体の飼料を給与しており、肥育後期においてもエコフィードを利用するなど飼料費削減を図っている。同農場の他、系列の農場が2農場隣接する養豚地帯に養豚場は位置している。

畜舎は、これまでおが粉床豚舎であったが、悪臭発生抑制のためにふん尿分離型ウインドレス豚舎に改修されている。除ふんは毎日行われ、畜舎でふん尿分離された固形物は、堆肥化処理(写真2)、汚水は浄化処理(写真3)を適切に行っている。



写真2 コンポの設置状況



写真3 複合ラグーンを設置状況

## 2) 堆肥化処理施設

堆肥化処理・利用のフローを図1に示す。ふん処理施設としては、主に堆肥化処理を行うコンポの他、スクリー式堆肥化施設、堆肥舎等を有している。コンポは軽石脱臭槽を附带しているが、散水はしていない。コンポへのふんの投入は、毎日行うが、搬出は3日に1回の頻度で実施している。

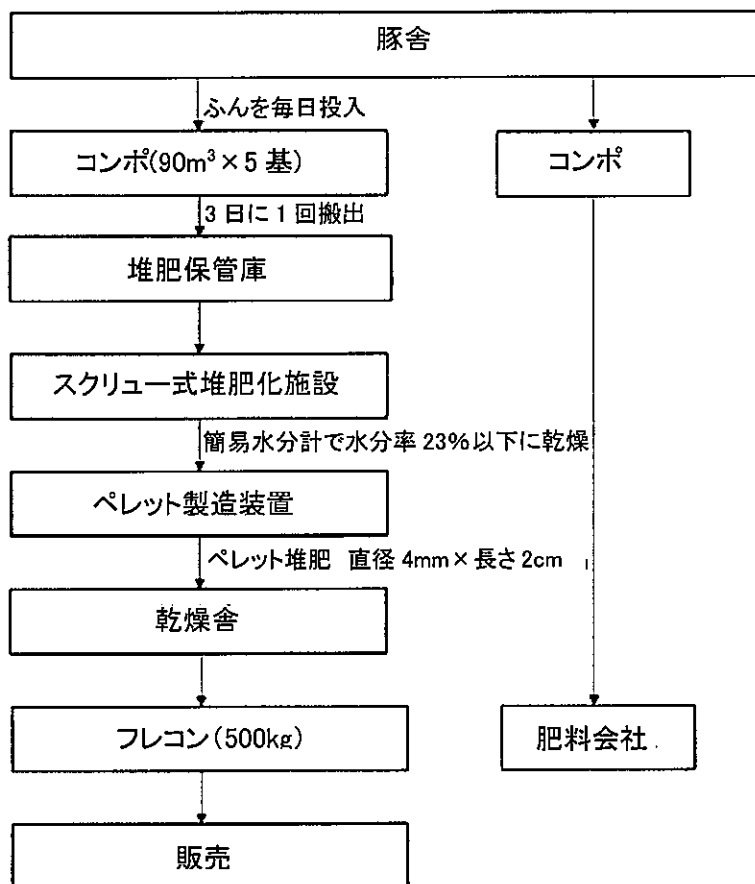


図1 堆肥化処理・利用のフロー図

ペレット製造向けの堆肥は、肥育豚舎から搬出されたふんを容積 90m<sup>3</sup>のコンポ5基で1次発酵を行った製品堆肥をスクリー式堆肥化施設(写真4)にて乾燥を行い、水分率が低下したものをペレット原料とする。

ペレット原料とする場合、水分率が低下していることが条件となるので、簡易水分計(写真5)を用いて、水分率が23%以下(自社の目安)になっていることを確認している。

コンポから搬出した製品堆肥の水分率は30%程度であるが、これをスクリー式堆肥化施設にて約2週間で目標水分率である23%以下になるよう水分を低下させる。スクリーは1日に2往復する。堆積高さは、試行錯誤の上、現在の高さとした。



写真4 スクリュー式堆肥化施設



写真5 簡易水分計



ペレット製造装置(写真6)では、上記工程で乾燥させた堆肥が篩にかけられ、篩別堆肥が直径4mm×長さ2cmのペレット堆肥に成形される(写真7)。ペレット堆肥は冷却工程を経てから装置外に排出される。投入した原料の85%程度がペレット化されるが、残りの15%程度は篩等で不純物としてはじかれる。ペレット製造装置の処理能力は、1時間当たり1tで、現在は、8時間/日稼働している。



写真6 ペレット製造装置



写真7 製造されたペレット

製造されたペレットは、透明な資材で屋根が被覆されたペレット堆肥乾燥用の堆肥舎内に広げ、扇風機で風を当てながら1～2日程度乾燥させ、水分率18%となるよう乾燥させる(写真8)。その後、フレコンバックに詰め込み、500kg袋の荷姿とする(写真9)。

スクリー式堆肥化施設での乾燥、ペレット製造、ペレットの乾燥及び袋詰めまでを1人の作業員で行っている。



写真8 ペレット乾燥施設



写真9 ペレット堆肥

### 3) 堆肥の利用

#### (1) 堆肥の特徴

ペレット堆肥の肥料成分は表1に示すとおり、窒素 4.4%、りん酸 9.4%、カリ 2.7%となっている。畜産環境整備機構がとりまとめた 240 点の豚ふん堆肥成分の平均値は、窒素 3.4% (最大 5.4%、最小 1.4%)、りん酸 7.1% (最大 17.2%、最小 0.4%)、カリ 3.2% (最大 8.7%、最小 0.2%) と比較して、今回得られたデータはその平均値よりやや高めの値となっていた。銅 (120mg/kg)、亜鉛 (500mg/kg) についても基準値以下となっている (銅の基準値 300mg/kg、亜鉛の基準値 900mg/kg)。

ペレット堆肥は、C/N 比が 9.4 であることから、先の肥料成分値を期待した化成肥料の代替資材として利用できる特徴を有している。

その一方で、発芽率が低いことと、コンポテスターによる酸素消費量が  $15 \mu\text{g/g/min}$  であることから、堆肥の腐熟期間が短いことから、施用量や施用時期など利用面での工夫が必要である。

表 1 ペレット堆肥の肥料成分

成分	(単位)	含有量
窒素	(%)	4.4
りん酸	(%)	9.4
カリ	(%)	2.7
銅	(mg/kg)	120
亜鉛	(mg/kg)	500
石灰	(%)	9.2
炭素窒素比	(-)	9.4
水分	(%)	26.4

\*水分を除いて乾物当たりの含有量

\*\*銅、亜鉛のみ堆肥現物当たりの含有量

#### (2) 堆肥の販売

ペレット堆肥の販売価格は、フレコン1袋 500kg で 3,000 円としている。

これまではバラ堆肥を近隣で利用する地域内流通が 100%であったが、今後はペレット化により堆肥の広域流通を計画している (具体的には北海道に輸送する計画) (図2)。またペレット化により、畜産農家が堆肥を散布するのではなく、耕種農家が所有するブロードキャスターでの散布が可能となり、畜産農家側の労力軽減につなげたい。

また一部は、堆肥製造業者に販売されている。

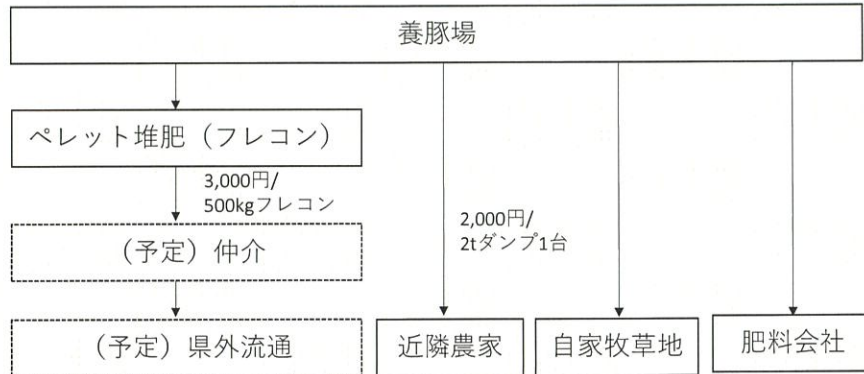


図2 堆肥の流通利用のフローシート

#### 4) 調査委員の所見

畜舎でふん尿分離されたふん尿を堆肥化及び浄化処理施設で適正に処理されていた。特にペレット堆肥を作る工程が整理されており、製品の品質が安定するよう工夫がなされていた。例えば、ペレットの材料となる堆肥は、肥育豚舎のふんを5基のコンポで処理した製品堆肥とすることで、成分が安定する。また製品堆肥をスクリー式堆肥化施設で乾燥させること



写真10 作業員の様子

で、ペレットの原料の水分率を一定としている。ここでは、水分計により水分率を常にチェックしており、目標水分率になっていることを確認してから、次の工程に材料として供給している。水分率がペレット製造の肝となる部分なのでとても重要である。さらにペレットについても乾燥工程を経て水分率が18%以下になるように調整している。これら一連の工程をしっかり管理することで品質が安定した均一なペレットの製造につながっていると感じた。最後に、作業員(写真10)はヘルメット、ゴーグル、マスクの着用など作業に際し、安全面を考慮した器具を装着している。この点についても参考になる事例と考えている。

調査年月日: 令和4年(2022年)9月16日

調査委員: 川村英輔

## 1-2. エッグトラストジャパン株式会社 採卵養鶏

福岡県朝倉市日向石 542

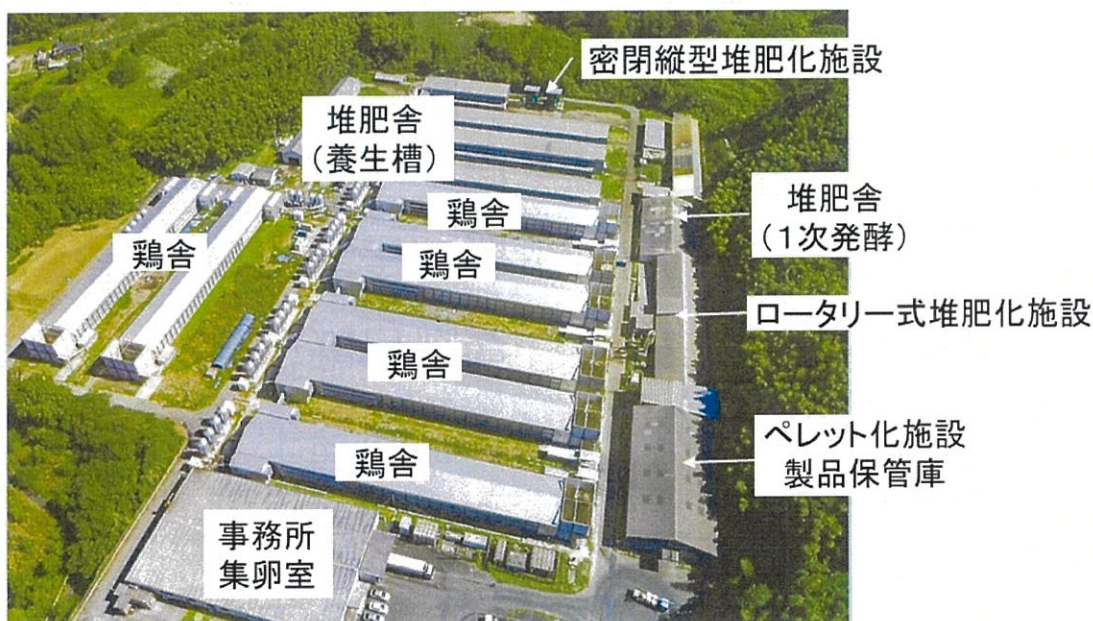


写真1 エッグトラストジャパン全景

### 1) 経営の概要

エッグトラストジャパン株式会社は福岡県の中南部、筑後地域に位置する朝倉市に2018年に設立された採卵養鶏経営体である(写真1)。2021年に新鶏舎が完成し、現在はウインドレス8鶏舎×2ロット、採卵鶏60万羽を飼養する。旧棟4鶏舎は堆肥、資材の保管に使用している。集卵はファームパッカー、パレタイザー、エッグナビシステム等を使用し、今後の増羽も考えている。

鶏ふんは1日約60t排出されており、年間の排出量は約21,000tとのことである。これらのふんは減容させることを主目的として密閉縦型堆肥化装置、開放直線型堆肥化装置(ロータリー式)を利用して年間4,000tの堆肥を生産している。また、堆肥は自動袋詰装置、ペレット設備等を使用してバラ及びペレットの形態で近隣及び広域に販売するとともに菱東肥料株式会社に肥料原料としても出荷しており、大豆、甘藷、施設野菜、露地野菜等向けの混合堆肥複合肥料として利用されている。

### 2) 堆肥化処理施設

鶏ふんの処理フローを図1に示す。鶏ふんは鶏舎から3日に1回搬出し、堆積式の無通気型堆肥舎で20日程度1次発酵した後(写真2)、開放直線型(ロータリー式攪拌装置)堆肥化装置(以下ロータリー式堆肥化装置)(写真3)2基と密閉縦型堆肥化装置(写真4)3基へ投入して2次発酵を行っている。一連の堆肥処理装置導入費用は約5億円、メンテナンス費用は年

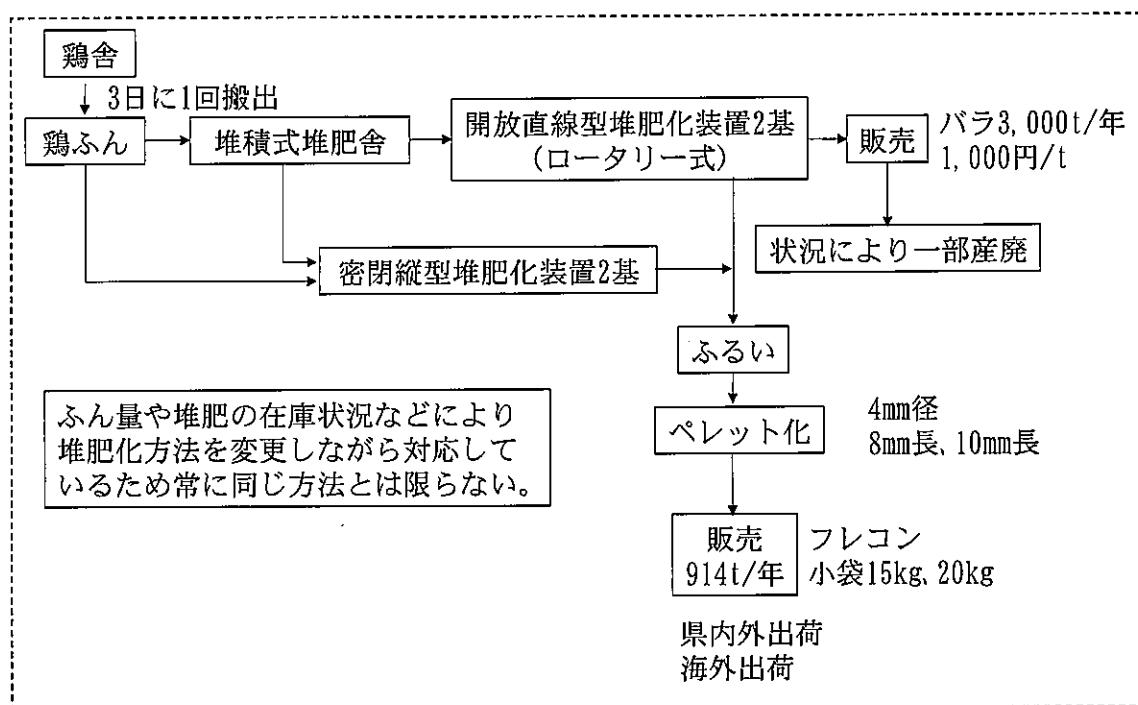


図1 一般的な堆肥化処理フロー

間約 300 万円である。設立当初の 30 万羽から 60 万羽に増羽を行っており、鶏ふんの減容具合や堆肥の在庫状況をみながら両堆肥化装置の使い分けを行っている。また、状況によっては一部産廃としての搬出も行っているが、現在は新たに旧鶏舎内において堆肥舎を増築している。

ロータリー式堆肥化装置(株式会社ハーベストジョイのコンポハーベスト)の 1 ヶ月当たりのふん処理能力は 780t、堆肥生産能力は 280t であり、ここで、約 1 ヶ月間堆肥化される。一方、密閉縦型堆肥化装置(三友機器株式会社、コンポ富士 SK-100S 3 基)の 1 ヶ月当たりのふん処理能力は 690t、堆肥生産能力は 425t であり、3 日以上かけて処理され搬出された鶏ふん堆肥は、ロータリー式堆肥化装置から搬出された堆肥と同様に篩かけを行い、およそ四分の一がペレット化されている。

ペレット化設備(写真 6)は堆肥の販売促進のため 1 億円かけて導入し、年間メンテナンス費用は約 50 万円程度である。うち、ローラリングダイ方式の造粒装置(三友機器株式会社、最大 2t/hr)の導入コストは 4,000 万円である。ペレットの大きさは 4 mm 径 8 mm 長であるが、10mm 長のペレット要望も有り希望に答えている。なお、ペレットの生産は需要期のみで、その量は 914t である。

一方、肥料会社への出荷分については、常に同じ方法で行っている(図 2)。すなわち、密閉縦型堆肥化装置 3 基のうち 1 基を肥料会社専用として使い、鶏ふんに燃焼灰を 1 割程度混合し、約 1 ヶ月間かけて堆肥化処理。その後旧鶏舎内の養生槽(写真 5)で数回切り返しを行いながら約 2 ヶ月程度発酵させ篩かけ後出荷(R3 年度実績 180t)している。

なお、現在は堆肥化に伴う大きな苦情発生はないため、特に問題となりやすい悪臭対策と

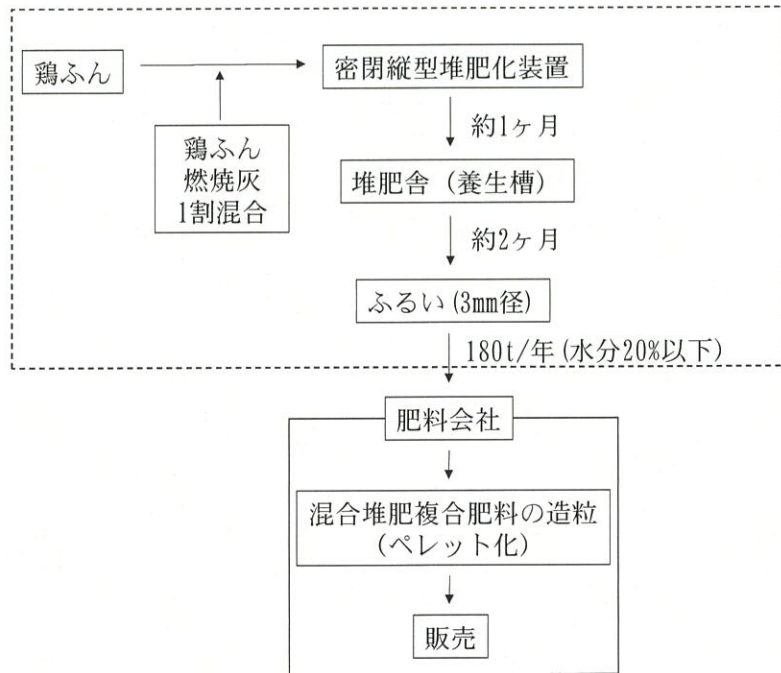


図2 肥料会社原料用の堆肥化処理フロー

しての脱臭装置は導入していないが、風向きや気温の変化によっては苦情が発生する可能性があるため、導入の可能性はある。

経営者の意見として「養鶏業を営むうえで、地域住民との問題をなくするために堆肥処理は重要で、いかに臭気問題を起こさず、鶏ふんを減容・出荷し、滞留させないことが重要課題である。」とのことであった。



写真2 堆肥舎(1次発酵)



写真3 開放直線型堆肥化装置(ロータリー式)



写真4 密閉縦型堆肥化装置





写真5 堆肥舎(養生槽)



写真6 ペレット化設備



写真7 製品置き場



写真8 袋詰め堆肥(15kg)

### 3) 堆肥の利用

#### (1) 堆肥の特徴

堆肥の肥料成分は表1に示すとおりである。水分含量はペレット堆肥のため、かなり低い値となっている。また、窒素が高く、リン酸が低い堆肥となっている。窒素成分が高いことから速効性肥料として有効に活用できると考えられる。

表2に現地における腐熟度判定基準の結果を示したが、合計点数が90点であることから、完熟(81点以上)堆肥が生産されていると考えられる。

表1 ペレット堆肥の肥料成分

分析項目	単位	分析の結果	分析の方法
水分	%	17.8	肥料等試験法 3.1
窒素全量(T-N)	%	4.4	肥料等試験法 4.1.1
リン酸全量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	2.9	肥料等試験法 4.2.1
加里全量(K <sub>2</sub> O)	%	2.6	肥料等試験法 4.3.1
炭素窒素比(C/N比)	—	5.9	肥料等試験法 4.11.2
亜鉛(Zn)	mg/kg	370	肥料等試験法 4.9
砒素(As)	%	0.0001 未満	肥料等試験法 5.2
有機物含有量	%	61.1	肥料等試験法 3.2 に準ずる

・砒素の分析結果は乾物、それ以外は現物当たりの数値

表2 堆肥の品質

色*	黄～黄褐色(2)、 <u>褐色(5)</u> 、黒褐色～黒色(10)
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなりくずれる(5)、 <u>ほとんど認めない(10)</u>
臭気	ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、 <u>堆肥臭(10)</u>
水分	強く握ると指の間からしたたる・・・70%以上(2)、 強く握ると手のひらにかなりつく・・・60%前後(5)、 強く握っても手のひらにあまりつかない・・・ <u>50%前後(10)</u>
堆積中の最高温度	50℃以下(2)、50～60℃(10)、 <u>60～70℃(15)</u> 、70℃以上(20)
堆積期間	家畜ふんだけ・・・20日以内(2)、20日～2ヶ月(10)、 <u>2ヶ月以上(20)</u> 作物収集残渣との混合物・・・20日以内(2)、20日～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物・・・20日以内(2)、20日～6ヶ月(10)、6ヶ月以上(20)
切り返回数	2回以下(2)、3～6回(5)、 <u>7回以上(10)</u>
強制通気	なし(0)、 <u>あり(10)</u>

( )内点数を合計し、未熟(30点以下)、中熟(31～80点)、完熟(81点以上)

合計点数 ( 90 )点

注※：堆肥化が進むと腐植酸が生成し、堆肥の色については黒味が強くなる。

(「現地における腐熟度判定基準」, 堆肥化施設設計マニュアル 2022年, p.31 による)

(2) 堆肥の販売

堆肥の生産量は前述したとおり年間 4,000t である。100%販売しており、自家利用は行っていない。年間販売量は 3,800t であり販売収入は 1,100 万円である。なお、堆肥利用者は大豆、甘藷、施設野菜、露地野菜など多岐にわたる(図 3)。堆肥販売量は季節によって変動するので十分なスペースの製品置き場を用意している(写真 7)。

主たる販売先としては、近隣農家と菱東肥料株式会社である。また、熊本県や沖縄県等に出荷するとともに商社を通じて海外にも出荷している。ペレット堆肥 15kg の袋詰が 190 円/袋であるが(写真 8)、バラ堆肥としても販売しており、近隣農家が工場に直接購入に来られた場合、1,000 円/t、軽四トラック 1 台 100 円で販売を行っている。但し、近年は鳥インフルエンザの防疫のため冬季は直接販売を中止している。

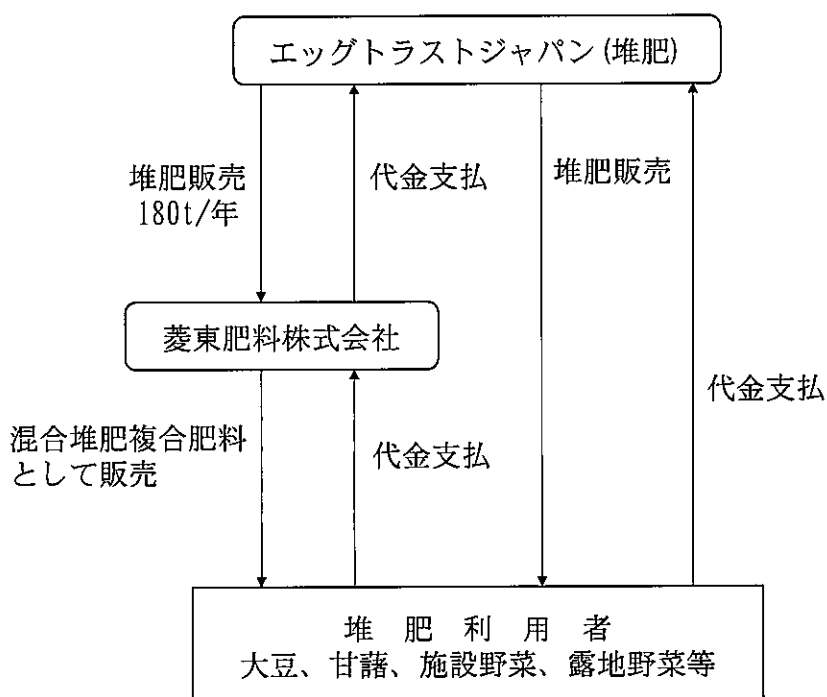


図3 堆肥の流通利用のフローシート

#### 4) 調査委員の所見

(1)世界的に肥料価格が高騰している昨今、肥料原料の大半を輸入に依存するわが国にとって、みどりの食料システム戦略に基づき、堆肥の活用を推進する取組は、環境負荷の低減と食料安全保障の確立に資する重要な取組である。エッグトラストジャパン株式会社は自社で産出される鶏ふんをペレット堆肥として販売しているだけでなく、混合堆肥複合肥料の原料堆肥として出荷している等、鶏ふんの処理利用に関し先見性のある経営を行っている。

肥料原料を国産の堆肥に置き換える取組は大きく期待されているところであるが、肥料会社のニーズに合致した堆肥の調達はまだまだ難しいところがある。エッグトラストジャパン株式会社が菱東肥料株式会社向けに出荷している鶏ふん堆肥の製造の特徴は、生ふんを鶏ふん燃焼灰と速やかに混合して、密閉縦型堆肥化装置でやや長期間での一次発酵によって水分の低く粒度の細かい堆肥とし、さらに一定期間の養生安定化により臭気を軽減している点である。こうして生産された堆肥は、フレコンバッグで菱東肥料株式会社にトラック輸送され、無機肥料として硫安、燐安、塩加を添加し、粒状化促進材、固結防止材を加え、混合、ドラム式造粒機で転動造粒により混合堆肥複合肥料(レコアップ®)が生産されている。現在の菱東肥料株式会社向けの堆肥の出荷量は年間 180tに留まっているが、今後、混合堆肥複合肥料が認知されることで順調に出荷量が伸びていくことを期待したい。(荒川)

(2)エッグトラストジャパン株式会社は平成 30 年 3 月に設立された採卵鶏を使用する養鶏場である。設立当初は 30 万羽飼育していたが、徐々に増羽し現在は当初の 2 倍にあたる 60 万羽が飼育されている。この増羽に伴い、令和 3 年 9 月には新鶏舎が完成し順調に業績を伸ばしている。鶏ふん処理についてもロータリー式堆肥化装置 2 基、密閉縦型堆肥化装置 3 基を導入し、鶏ふんの減容化を主目的に堆肥化を実践している。鶏ふんは適切に発酵処理が行われており、堆肥舎内において嫌氣的な不快臭などは発生していなかった。密閉縦型堆肥化装置では、発酵温度が高く維持されており、搬出された堆肥も扱いやすいものとなっている。現在は増羽中のため、ふん量や在庫状況を見ながら処理を行っているので、常に同じ方法で処理が行われているわけではないが、仕上がり堆肥の印象はほぼ同じように感じた。肥料会社用の堆肥については、丁寧に生産されており、使用する密閉縦型堆肥化装置も決められていて、養生槽での堆肥化も含め 3 ヶ月程度かけている。このため、良質な堆肥が仕上がっており、肥料会社からの要求に十分応えられる安定した堆肥となっている。この堆肥から生産された菱東肥料の混合堆肥複合肥料は JA グループからも販売されており評判が良いそうである。また、増羽に伴い堆肥舎の増設も行われているが、現状のように鶏ふんが適切に処理できるよう施設設計を行っていただきたい。また、今後は増羽に伴い悪臭の問題が発生する可能性もあるので注意が必要である。(白石)

調査年月日:令和 4 年(2022 年)7 月 28 日(木)

調査委員:荒川祐介、白石 誠

## 1-3. 株式会社 前田牧場 肉用ホルスタイン牛

(本社) 栃木県大田原市奥沢 111

(畜舎) 栃木県大田原市南金丸 1995-1 他 2カ所

### 1) 経営の概要

50年ほど前に有畜農家から肥育を中心にした経営へ転換し、その後、株式会社組織として  
いる。現在は、社員(パートも含む)35名により、牧場の他に、農場、ファーマーズカフェなど  
多角経営を実施している。

畜産部門は、肉用ホルスタイン牛2,300頭(ホルスタイン1,800頭、交雑種500頭)を、3カ  
所の牧場(金丸牧場1,700頭、奥沢牧場400頭、湯津上牧場200頭)で飼育している。農業  
部門は、自社農場の他に近隣の農地借り上げも含め48ha(米麦10ha、畑作16ha、飼料作物  
15haの他ハウス栽培も実施)を栽培している。

ファーマーズカフェ(栃木県大田原市若草)では、前田牧場で肥育した牛肉を用いたカレ  
ーなどを販売している。他にバーベキュー広場も営業している。

製造された堆肥は、自家圃場にも使われているが、近隣の農家を中心に販売している。使  
いやすい堆肥の製造や販路の拡大を目的としてペレット化などの新しい技術の導入を行っ  
ているが、規模拡大については現状では考えていない。

### 2) 堆肥の製造

#### (1) 堆肥化施設

前田牧場は3カ所の牧場を有しており、各牧場で一次処理した牛ふんを金丸牧場(写真  
1)に移動させ堆肥化している。堆肥化施設は、畜舎の道路を隔てた向かいにある(写真1-  
C)。堆肥の製造と利用のフローシートを図1に示した。



写真1 金丸牧場の外観(大田原市南金丸) Google Earth

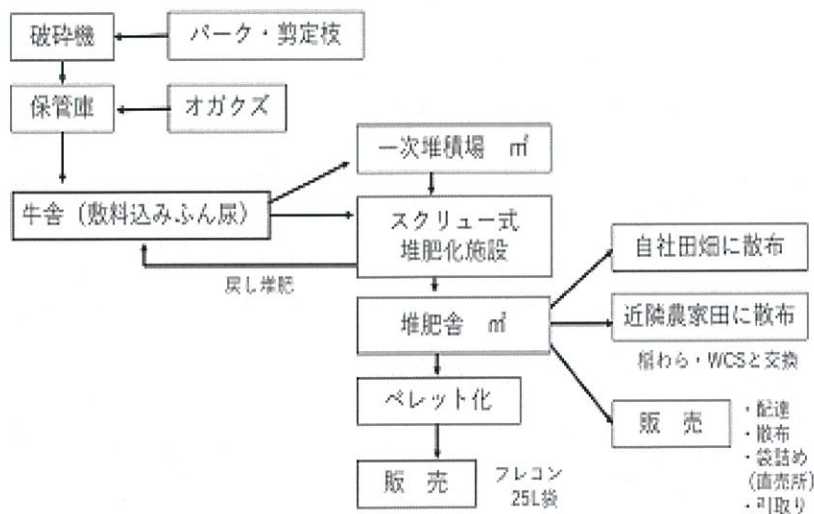


図1 堆肥の製造と利用のフローシート

金丸牧場にスクリー式攪拌装置を備えた堆肥処理施設(アイケイ商事)を 2017 年導入した(写真 2)。発酵槽の大きさは、長さ 55m、奥行き 15m、高さ 2.5m であり、吸排気用ブロアー及び脱臭装置は設置していない。導入経費は 5,860 万円(堆肥舎 4,113 万円、機械 1,747 万円)であり、年間のメンテナンス費用は 10~20 万円程度である。なお、同様のスクリー式攪拌装置を備えた堆小規模肥処理施設は金丸牧場に 2 カ所設置され(写真 1-B)、一次処理に利用しているが、他の 2 牧場は堆積場のみで堆積・切り返し後に金丸牧場の堆肥舎(写真 1-C)に搬入している。

ペレット堆肥を製造するため、2020 年に「ツインダイス式造立くんジュニア」((株)垣内)を導入した(写真 3)。導入経費は 3,100 万円(機械 1,550 万円、冷却器 1,400 万円、運賃・調整費 150 万円)であった。導入後間もないため、メンテナンス経費は正確には算出できないが、ダイス交換に 80 万円程度かかることが予測される。



写真 2 スクリュー式攪拌装置設置堆肥化施設



写真3 冷却施設付きペレット製造施設

(2) 敷料の製造(写真1-A)

市内の作業所から杉バークを週1回程度入手し、破碎機で破碎して敷料にしていたが、近年はバークが不足しており剪定枝も利用している(写真4)。バーク等の破碎物と、市内から入手したおが屑は貯蔵場所(写真5)に保全され、適時、等量混合して敷料として使われる。他の2カ所の畜舎の敷料もここから運搬される。



写真4 バーク破碎機と  
剪定枝破碎物

写真5 敷料保存場所  
(手前におが屑, 奥に剪定枝  
破碎物がみられる)



### (3) 堆肥の製造方法

堆肥の製造フロー(図 1)に従い、堆肥化を実施している。

バーク等木質破砕物とおが屑を混合した敷料で肉用牛を飼育している(写真 6)。敷料は夏期 45 日、冬期 35 日程度で取り替え、敷料・ふん尿の混合物を、各牧場の一次堆積場(写真 1-B、写真 7)に移す。金丸牧場では一次堆積場にもスクリー式攪拌施設を有しており、ここで2~3カ月保持し堆肥舎(写真 2)に移すが、他の牧場では堆積場に堆積し切り返し後、金丸牧場の堆肥舎に移動する。

堆肥舎では3牧場から月1~2回持ち込まれた一次処理物を高さ2mほどに堆積し(写真 8)、投入した度にスクリー式攪拌装置を稼働させる(写真 2)。この堆肥舎で3~4カ月熟成した物を販売している。年間生産量は3,000t程度と推定される。



写真 6 畜舎の牛の様子



写真 7 堆肥舎に併設した一次堆積場  
(写真 1-B 参照)



写真 8 堆肥の堆積状況畜舎の様子  
(人物と比較すると堆積高は約 2m)

### (4) ペレット堆肥の製造

ペレット堆肥製造装置は造粒装置と冷却装置から構成される(写真 3)。

造粒装置はツインダイス式造粒装置が使われている。図 2 に示したように穴の開いたリング状のダイスを内側に回転させ、その間に原料を入れる構造であり、破

砕効果もある(図 2)。

ペレット化には水分管理が重要である。堆肥の含水率低下のため、堆肥を拡げて風乾によりペレットに適した 30%まで低下させている。含水率は水分計により管理している。

成形した後、冷却装置により冷却と同時に水分を飛ばすが、ペレット化した製品の含水率は 20%程度であり、このままでは包装袋内で結露し、ペレットが崩れやすくなるのが懸念されるため、さらに風乾により 10%以下に低下させている。造粒されたペレットは、直径 5mm、長さ



10～15mm である(写真 9)。

ペレットマシンの製造能力は1時間あたり 500kg であるが、かなり条件を整えないとこの処理量は実現できない。現在は試作段階であり、フル稼働はしていない。

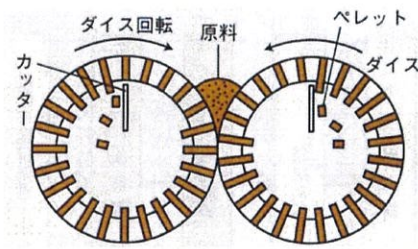


図2 ツインダイスの構造

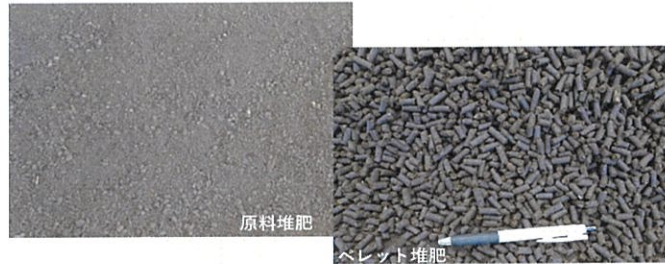


写真9 原料堆肥(左)とペレット堆肥(右)

### 3) 堆肥の利用

#### (1) 堆肥の特徴

現地における堆肥の評価を表 1 に示した。堆肥は、黒褐色であり、臭気もほとんど感じない。現地調査票では 65 点であるが、触感では十分熟成していると思われる。また、有機JAS 使用可能資材の認証(登録番号 JASOM-220501)も取得している。

表 1 現地調査票における評価(合計点 65 点)

色	黄～黄褐色(2)、 褐色(5)、 黒褐色～黒色(10)
形状	現物の形状をとどめる(2)、 かなりくずれる(5)、 ほとんど認めない(10)
臭気	ふん尿臭強い(2)、 ふん尿臭弱い(5)、 堆肥臭(10)
水分	強く握ると指の間からしたたる・・・70%以上(2) 強く握ると手のひらにかなりくっつく・・・60%前後(5) 強く握つても手のひらにあまりくっつかない・・・50%前後(10)
堆積中の最高温度	50℃以下(2)、 50～60℃(10)、 60～70℃(15)、 70℃以上(20)
堆積期間	家畜ふんだけ・・・20日以内(2)、 20日～2カ月(10)、 2カ月以上(20) 作物収集残渣との混合物・・・20日以内(2)、 20日～3カ月(10)、 3カ月以上(20) 木質物との混合物・・・20日以内(2)、 20日～6カ月(10)、 6カ月以上(20)
切返回数	2回以下(2)、 3～6回(5)、 7回以上(10)
強制通気	なし(0)、 あり(10)

堆肥の肥料成分を表 2 に示した。含水率(水分)は現物、それ以外の成分は乾物で表示した。含水率は 44%と乾燥気味である。一般的な肉牛ふん堆肥に比べ、リン酸がやや少ない傾向がみられるが、その他の成分は平均的である。臭気はほとんどなく、C/N 比は 15 であ

り、十分腐熟していると思われる。

ペレット化することにより、容積は 2/3 となり、含水率は 10%程度となるため、バラ堆肥に比べ、施用量は半分以下で同等の効果が期待できる利点がある。

表 2 堆肥の主要成分(含水率以外は乾物含量)

窒素全量	2.7 %	炭素窒素比(C/N 比)	15.1
りん酸全量	3.9 %	水分(含水率)	44.4 %
加里全量	4.6 %	銅全量	18 mg/kg
		亜鉛全量	120 mg/kg
		石灰全量	3.0 %

(注)水分以外は乾物含量で表示 (2020年2月12日測定)

## (2) 堆肥の販売

堆肥の流通利用のフローシートを図 3 に示した。生産した堆肥の一部(推定 1,000t)は自家圃場に使われ、販売量は、年間販売量 2,000t程度で売上額は 250 万円である。バラ売りが主体であるが、一部はペレット化して試験販売している。

堆肥の単価は、バラ売りでは 1tあたり 1,000 円、25L 袋詰め 400 円、ペレット 25L 袋詰め(写真 10)は 800 円である。バラ売りが主体で、フレコンバッグが利用されている。また、マニユアスプレッダーを有しているため、有料で散布サービスを行っている。堆肥の販売は、他の用務と混同しないように、専用の携帯番号で受けて、間違いのないように配慮している。ペレット堆肥については、まだ耕種農家の認知が低く、試験販売の域を出ていない。このため設定価格が適正かどうかは判断できていないとのことである。

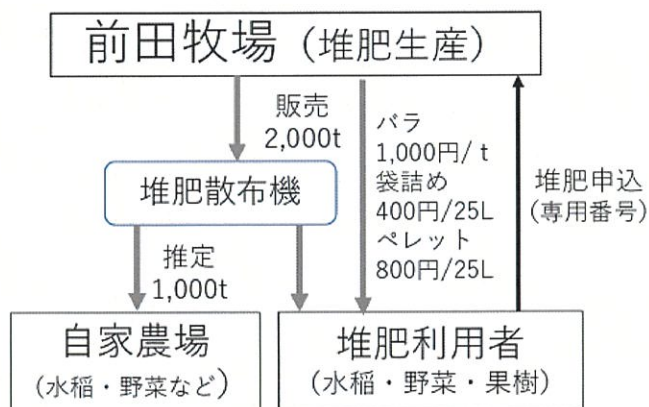


図 3 堆肥の流通利用フローシート

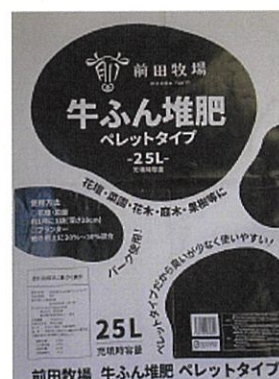


写真 10 ペレット堆肥袋

## 4) 調査委員の所見

前田牧場は、株式会社組織として、牧場・農場・カフェなど多角経営を実施しており、経営

は安定しているように見える。牧場は肉用ホルスタイン種にこだわった肥育をしており、経営者の1人が獣医の資格を有するなど、飼育環境には十分な配慮がなされている。また、牧場は、人家から離れた所に位置し、周辺環境に悪影響を及ぼすことはない。

#### (1)堆肥化方法

肉牛は乳牛に比べ敷料交換期間が長いので、敷料としてバーク等破砕物とおが屑を混合して使っている。バーク破砕物は、吸水性とともに敷料に適度の隙間を作ることができるため、ふん尿の分解が進みやすいと思われる。また、畜舎に近いところで数カ月間堆積し、一次発酵した物を堆肥舎に持ち込むため、この時点で腐熟が進み、堆肥舎では異臭は感じられなかった。また、周囲の環境も含めて考えると脱臭装置は必要ないと思われた。

堆肥化施設では堆肥が2mの高さに堆積しているにも関わらず強制通気なしに堆肥化が良好に進んでいる。これには、堆肥化施設に持ち込まれる堆肥の含水率が低いこと、バーク等の木質破砕物が入っていることが影響していると思われる。

バークは、おが屑に比べ分解しにくいですが、現地で堆肥を見る限り、もろくなっており腐熟はかなり進んでいると考えられる。堆肥の現地評価点(表1)は低いですが、その原因は、堆積期間が6カ月以下となっているが、一次堆積期間を含めると6カ月以上は経過していると思えること、堆肥化の状況を見ると強制通気は必要ないことであり、これらを考慮すると現地評価点も満足のゆく数字となると思われる。

#### (2)ペレット化

牛ふんは造粒化しにくく、また木質混合によりさらに造粒が困難と考えられるが、ツインダイス式造粒装置によりペレット化に成功している。ツインダイスは回転により成形するため、低温造粒(50℃以下)ができメンテナンスが容易という特徴がある。

ペレット堆肥は撒きやすいため需要が期待できるが、本製品はややもろく、また加湿すると容易に砕けるため取り扱いに注意が必要であり、長期保存には向かないと思えた。また、製造に手間がかかるため大量生産は困難であり、当面は試験販売が中心となろう。

ペレット化により含水率を10%以下にすると、施用量(重量)が半減し、容積も2/3になり、散布機での散布が可能になるため、耕種農家にとってもメリットが大きい。自家圃場(ハウス)でハウレンソウを栽培した結果では、ハウス(約3a)に堆肥を1.5t施用していたが、ペレット堆肥200kgの施用で同等の効果が得られたとの結果も紹介されているが、これは連用効果もあり、そのまま評価することはできないが、施用量を半減以下に出来ることは期待できる。

#### (3)販売

販売は近隣主体であるが、遠隔地からの依頼も増えている。また、臭気の弱い堆肥であり、住宅に隣接する農家にも安心して使ってもらっているとのことであり、販売にあまり不安を持っているようには感じられなかった。

前田牧場は、自家農場を持ち堆肥の散布機を所有しているので、散布サービスができるた

め販売に役立っている。また、露地では飼料作や米・麦・ダイズなどの穀物、ホウレンソウ・サツマイモ・ニンジンなどの野菜の他、ハウスではイチゴ・レタス・アスパラガスなどを栽培しており、農家の栽培相談にも応じることが出来るのは、堆肥を販売する上で強みである。今後は、ペレット堆肥の販売にも力を入れたいようであるが、物性の課題や生産コストなどから考えるとあまり生産拡大は期待できないと考えられた。

#### (4)堆肥の特性に関する所感

悪臭がなく、また堆肥には窒素が2.7%含まれ、C/N比も15あることから、牛ふん堆肥としては肥料効果の期待できる良い堆肥と思われた。ペレットにすると更に使いやすくなると考えられるが、ペレット化により微生物特性の低下が懸念される。そこで、バラ堆肥とペレット堆肥の微生物簡易検査を実施した。

堆肥に10倍量の滅菌水を加え、振とうして24時間保持した懸濁液を生物顕微鏡で観察した。ペレット堆肥は加水するとすぐに分散し、結合力は弱いと思われた。

顕微鏡観察した結果(400倍)を写真11(バラ堆肥)と写真12(ペレット堆肥)に示した。細菌(青白い点のようなもの)が多く見られ、両者に細菌数の大きな違いは観察されなかった。写真11の大きな物質は木質の破片と思われる。このことからペレット化して一時的に微生物が減っても、畑に入れるとすぐに原料のバラ堆肥と同等の微生物効果を示すと思われる。

分散させた堆肥浸出液を1週間放置しても懸濁液は黒褐色のままであり、腐植化がすすみ水溶性のフルボ酸が多く生成している可能性が示唆された。このことは、堆肥が十分に腐熟している良質堆肥であることを示していると考えられた。

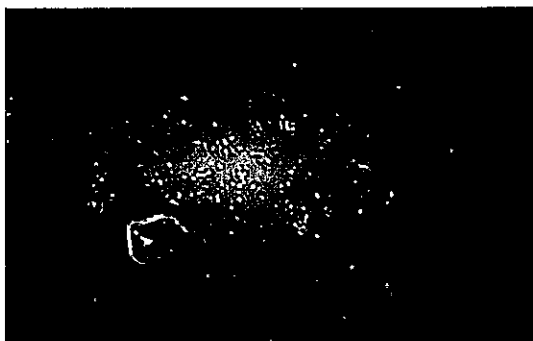


写真11 バラ堆肥顕微鏡写真(400倍)



写真12 ペレット堆肥(400倍)

調査年月日 令和4年(2022年)9月26日(月曜日)

調査委員 藤原俊六郎

## 1-4. JA 秋田やまもと 八竜堆肥センター 乳牛ふん堆肥

秋田県南秋田郡大潟村字方口 4-1



写真1 堆肥舎の全景

### 1) 経営の概要

JA 秋田の経済課の利用事業に堆肥生産・堆肥販売・堆肥散布を位置付けており、組合員の経営を支えている。堆肥化施設は、平成 11 年に JA が合併する以前から稼働していたが、組合員の酪農場の規模拡大に合わせ、堆肥盤や堆肥舎の増設を行ってきた。管内のカントリーエレベータで搬出されたもみ殻を酪農場で水分調整材として利用することで、家畜ふん堆肥を通じて地域の圃場に還元するリサイクルループを形成している。

組合員の飼養する搾乳牛から搬出されたふん尿混合物をおがくずともみ殻で水分調整したものを約 3 か月間酪農場内で堆積処理した 1 次処理物を、原料として購入し当施設に搬入している(写真1)。

酪農場の飼養頭数が 170 頭から 300 頭に規模拡大する計画を受けて、令和 3 年度には JA の堆肥化施設面積を拡張するとともに、袋詰め機、マニユアスプレッダーを購入するなど堆肥生産から堆肥流通への対応をした(写真2)。



写真2 マニュアルスプレッダー

## 2) 堆肥化処理施設

堆肥化処理・利用のフローを図1に示す。酪農場から搬入された堆肥化原料を約 2,940m<sup>2</sup>の堆肥盤にて約6か月間堆積処理している。原料は、100 円/t の価格で JA が購入している。原料の搬入は、月 300t を目安に運送会社に委託し搬入している。

施設に搬入された原料は、堆積高約4mに原料を積み上げ、処理期間中の切り返しを 6 回程度行い、堆肥化処理を進める。堆積や切り返しはフロントローダーで行う。酪農場の増頭に伴い、屋根がついた堆肥舎(約 1,930m<sup>2</sup>)を増設した(写真1)。

増設した堆肥舎内では、堆肥盤で処理した堆肥を堆積処理し製品堆肥とする。製品堆肥は、バラで利用する場合には、本施設から搬出されるが、フレコンや袋詰めを行う場合には、管内の 2 施設に運ばれ、乾燥などの処理を経た後、フレコンや袋詰めを行う。

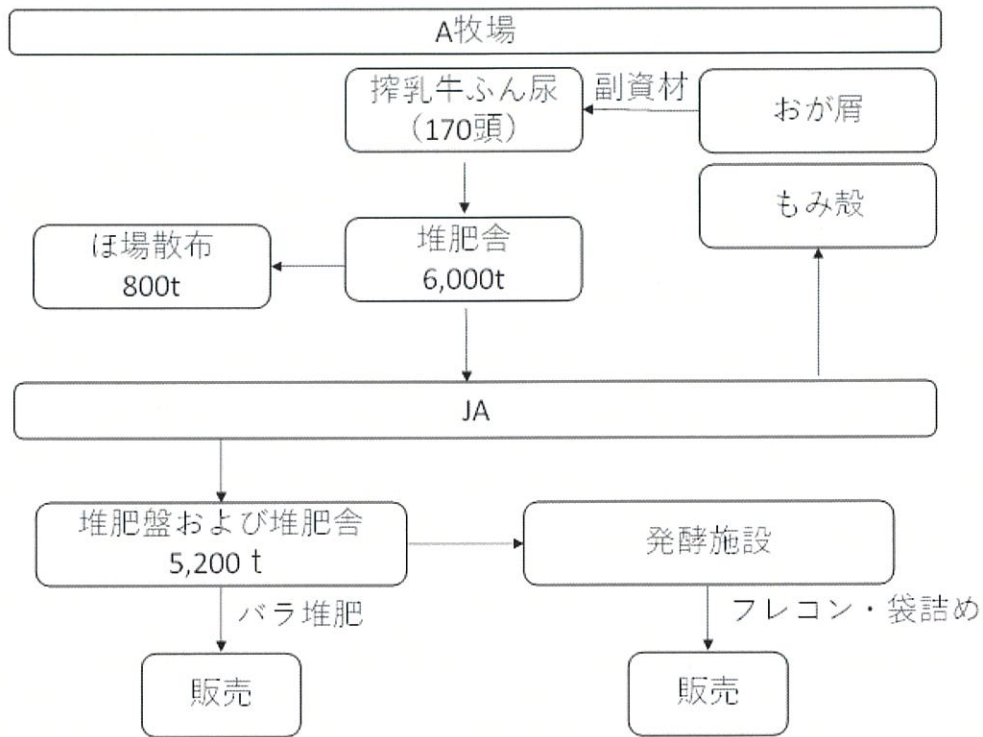


図1 堆肥化処理・利用のフロー

### 3) 汚水処理施設

雨が降ると堆肥盤から排汁が出るので、集水溝(写真3)を通して排汁貯留槽(写真4)に排汁が貯留される。貯留した排汁は、浄化処理施設(写真5、6)にて曝気処理を行った後、河川放流している。



写真3 堆肥舎前の集水溝



写真4 排汁貯留槽

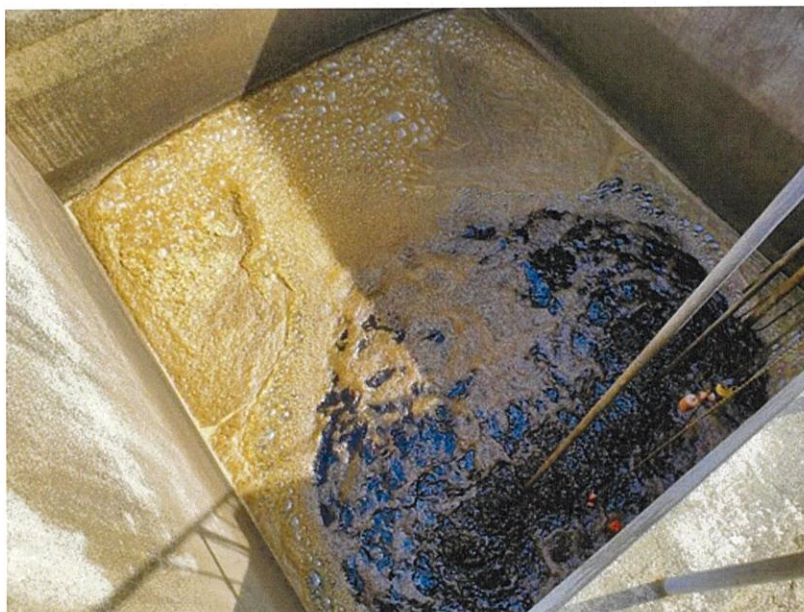


写真5 浄化処理施設での曝気の様子





写真 6 浄化处理施設

#### 4) 堆肥の利用

##### (1) 堆肥の特徴

製品堆肥の肥料成分は表1に示すとおりである。(一財)畜産環境整備機構の堆肥の品質実態調査(中間)報告書(平成16年5月)の牛ふん堆肥の肥料成分平均値と比べ、窒素が低く、C/N比が高い傾向を示した。本事例は、堆肥盤での堆積にあたり、雨を防ぐ遮水製シートで覆うなどの対応が行われていないことから、降雨により肥料成分が排汁側に流亡することが懸念されたが、加里が先の報告の平均値程度となったことから、牛ふん堆肥に含有される加里成分が確保されていた。

表1 製品堆肥の肥料成分

成分	(単位)	含有量
窒素	(%)	1.6
りん酸	(%)	1.4
カリ	(%)	2.6
銅	(mg/kg)	88
亜鉛	(mg/kg)	96
石灰	(%)	3.3
炭素窒素比	(-)	21.5
水分	(%)	55.8

\*水分を除いて乾物当たりの含有量

\*\*銅、亜鉛のみ堆肥現物当たりの含有量

また、表2の腐熟度判定基準が85点であることから、完熟堆肥が生産されている。

これらの特徴から、製品堆肥は化成肥料の代替となる肥料成分を期待する堆肥ではなく、有機質資材としての土づくり堆肥としての利用が有効である。

表2 堆肥の品質

(「現地における腐熟度判定基準」, 堆肥化施設設計マニュアル 2022 年, p.31 による)

色*	黄～黄褐色(2)、褐色(5)、 <u>黒褐色～黒色(10)</u>
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなりくずれる(5)、 <u>ほとんど認めない(10)</u>
臭気	ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、 <u>堆肥臭(10)</u>
水分	強く握ると指の間からしたたる・・・70%以上(2)、 強く握ると手のひらにかなりつく・・・60%前後(5)、 <u>強く握っても手のひらにあまりつかない・・・50%前後(10)</u>
堆積中の最高温度	50℃以下(2)、50～60℃(10)、60～70℃(15)、 <u>70℃以上(20)</u>
堆積期間	家畜ふんだけ・・・20日以内(2)、20日～2ヶ月(10)、2ヶ月以上(20) 作物収集残渣との混合物・・・20日以内(2)、20日～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物・・・20日以内(2)、20日～6ヶ月(10)、 <u>6ヶ月以上(20)</u>
切返回数	2回以下(2)、 <u>3～6回(5)</u> 、7回以上(10)
強制通気	<u>なし(0)</u> 、あり(10)、

( )内点数を合計し。未熟(30点以下)、中熟(31～80点)、完熟(81点以上)

合計点数 ( 85 )点

注※：堆肥化が進むと腐植酸が生成し、堆肥の色については黒味が強くなる。

## (2) 堆肥の販売

堆肥の流通利用のフローシートを図2に示す。JAの経済課の利用事業に堆肥生産・堆肥販売・堆肥散布を位置付けており、組合員の経営の下支えを行っている。管内の各地域の土壌分析を実施し、その地域の土壌に必要な成分の目安を各組合員に提示するなど土づくりに力を入れている。さらに特別栽培米、ブランド米、キャベツなどの部会で各組合員の土壌分析を実施し、作物に応じた堆肥の利用量を判断している。

地域の堆肥利用内訳は、大豆(40%)、特別栽培米(25%)、ネギ(17%)となっており、大豆の利用面積は、22haに達する。

堆肥の販売価格は、1tのバラ堆肥が2,750円(運賃別途440円)、0.5tのフレコンバック堆肥が2,750円である。さらに散布を依頼する場合、1,100円(10aあたり1tの堆肥を散布)が加算される。

堆肥の流通に関して、野菜の圃場は、バラ堆肥を散布、水田はフレコンバック堆肥を散布するなど圃場に合わせ、輸送手段を変えている。

堆肥散布は、JAの作物部会員であることが条件であり、散布1tあたり500円の助成金をつけて、堆肥利用を促進している。生産した堆肥は、95%が管内で利用され、5%が管外利用されている。

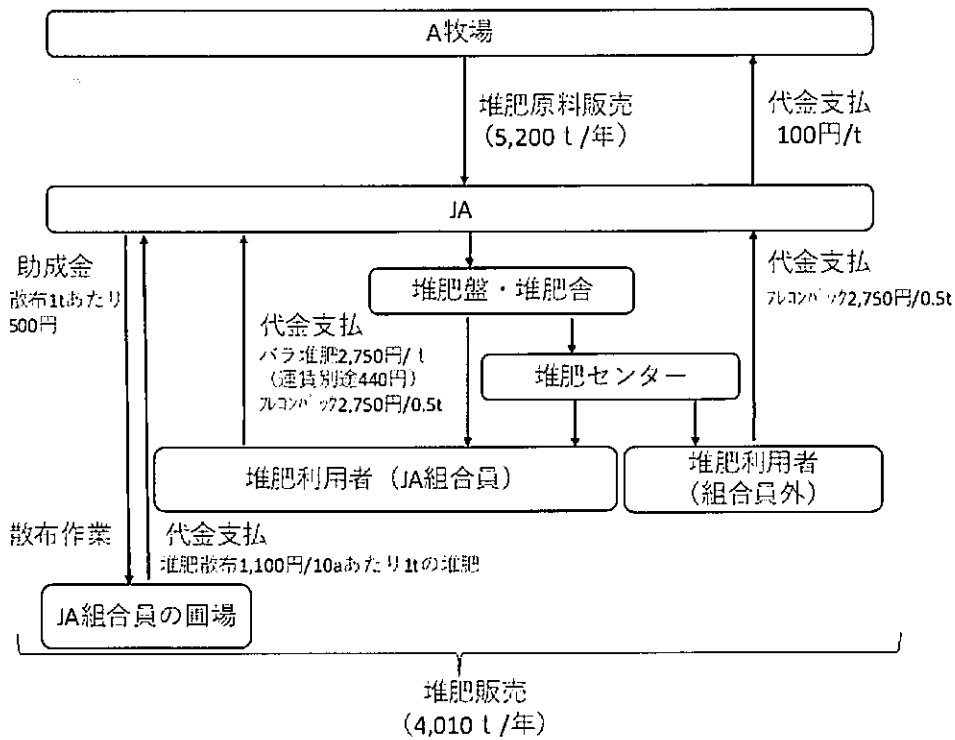


図2 堆肥の流通利用のフローシート

### 5) 調査委員の所見

JA では耕種農家の土づくりの観点から堆肥施用を推進している。JA 内の組織体制、部会員の堆肥散布に対する助成金の設立、また堆肥に関わる業務(堆肥生産、袋詰め、運搬、散布)以外の業務と組み合わせた年間の業務を確保することで、常勤職員を確保することができる点が本システムの構築に大きく寄与している。

JA が各地域の土壌分析を行い堆肥施用の目安を示すとともに各作物の部会では、各組合員の圃場の土壌分析値から堆肥施用量を決めるなど客観的な指標を活用している。

また堆肥化処理は、非常にシンプルな堆積処理とすることで、イニシアルおよびランニングコストをかけずに家畜ふん尿を処理している点も、本システムを継続するためには重要な点である。

最後に堆肥盤での堆肥化処理は、降雨により排汁が発生する。本事例では排汁を浄化処理しているが、堆肥盤では堆肥に不透水性のシートを掛けるなどの対応が必要と思われる。昨今の雨の降り方は、短時間で大量に降ることから、廃汁の浄化処理施設への受け入れが間に合わず、環境中に流出する懸念があるので、排汁を受ける貯留槽の容積を確保するなど注意が必要である。

調査年月日:令和4年(2022年)9月9日

調査委員:川村英輔

1-5. 山形県酪農協同組合 南陽堆肥センター 牛ふん 動植物性残渣 工業汚泥  
山形県南陽市梨郷字平野 3789-1



写真1 山形県酪農協同組合



写真2 周辺環境



写真3 南陽堆肥センターの全景

### 1) 経営の概要

山形県酪農業協同組合(写真1)は、子会社として株式会社ヤマラクフーズ、株式会社飯豊ながめやま牧場を保有し、生産から加工、販売までを一貫して行っている。前者は、「ヤマラク牛乳」ブランドの牛乳やヨーグルトなどを学校給食や宅配で販売。生産した堆肥を使用した特別栽培米なども販売。後者は、前身が公共牧場であり、300頭規模で放牧酪農を行い、低温殺菌牛乳やヨーグルトを生産、販売している。組合員の酪農家は82戸である。

山形県酪農業協同組合では3カ所の堆肥センターを保有しているが、今回の調査対象は、南陽市梨郷(リンゴウ)の堆肥センター(写真2)である。施設は南向きの斜面にあり、隣は採草地、近隣に民家はない周辺環境である(写真3)。

乳用牛ふんは、12～13戸から堆肥センターへ搬入している。飼養頭数は1戸当り50頭弱で、すべて、つなぎ飼いである。肉用牛ふんは、2戸の和牛専門農家から搬入している。南陽市内にあり、米沢牛ブランドで出荷している。

## 2) 堆肥化処理施設

堆肥化処理フローを図1に示す。牛ふん尿、動植物性残渣、工業汚泥を原材料とし、水分調整用に副資材を混合して堆肥化している。乳用牛 768 頭分と肉用牛 58 頭分の牛ふん尿を堆肥センターに集めている。動植物性残渣は食品工場 11 社から収集した食品残渣である。

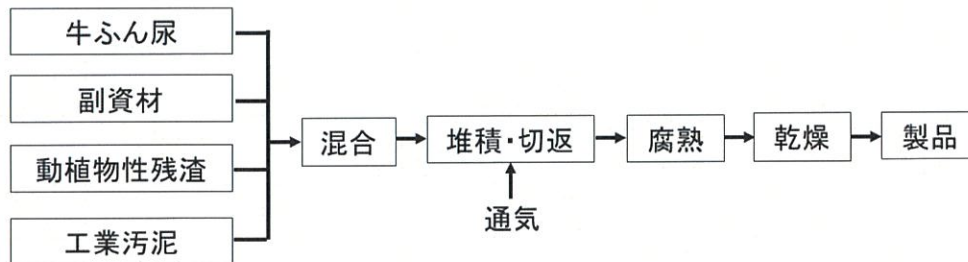


図1 堆肥化処理のフローシート

工業汚泥は食品工場8社の排水処理工程から排出される汚泥である。汚泥の凝集に用いる凝集促進剤はポリ塩化アルミニウム 0.2%液が使用されている。水分調整用の副資材は(写真4)、鉛筆製造時の削りかす(写真5)を有料で購入して利用している。各資材の使用割合は牛ふん尿 62%、動植物性残渣 10%、工場汚泥 10%、副資材 18%である。1ヶ月の堆肥生産量は牛ふん由来のみでは 43t だが、副資材、缶詰、果樹の皮・実、ピーナッツの皮、工場汚泥などを加えると、年間堆肥生産量は 970t になる。宮城県の飲料や食品工場など県外からも受け入れている。



写真4 水分調整用の副資材庫



写真5 副資材として利用している鉛筆削りかす

原材料をフロントローダーで混合し(写真 6)、開放・直線型堆肥化装置に投入して堆肥化する(写真 7)。オーテック社製ロータリー方式攪拌装置(写真 8)で1日に 2~4 回攪拌し、25 日で堆肥が完成する。この攪拌装置は令和 3 年更新したが、それ以前のロータリー方式では底面まで攪拌できていないことが判明したため更新した。



写真6 フロントローダーを用いた堆肥化原材料の混合



写真7 開放・直線型堆肥化装置(下部通気付)



写真8 ロータリー式攪拌装置

農家において、浅型ロータリーなどを用いて予備乾燥したものが搬入される。副資材混合後の施設投入時の水分含量は50%以下と推測された。堆肥完成後の切り返しなどは行わず、すぐに販売されることが多い。施設内でのアンモニア臭など悪臭はほとんど感じられない。

職員が2名常駐しており、他のセンターも2名態勢である。定年後も務め続けており、勤務環境は良い。現在の職員が退職しても後継者は簡単に見つかるとのことであった。



### 3) 堆肥の利用

#### (1) 堆肥の特徴

堆肥の肥料成分は表1に示すとおりである。畜産環境整備機構の調査結果では<sup>1)</sup>、オガクズ入りの乳用牛ふん堆肥の平均的な肥料成分は、窒素 1.0%、りん酸 0.8%、加里 1.3%、炭

表1 堆肥の肥料成分

成分	(単位)	含有量
窒素	(%)	1.1
りん酸	(%)	1.2
加里	(%)	1.8
炭素窒素比	(-)	19

素窒素比 17となっているので、概ねそれに近い値である。若干、肥料成分濃度が高くなっているのは、食品工場残渣や排水処理汚泥が混合されているため、肥料成分が増強されたものと考えられる。炭素窒素比が 19 と高いのは、堆積期間が 25 日と短めであるため未分解の炭素化合物が残存する可能性を示している。

現地における腐熟度判定結果を表2に示す。合計点数は 80 点であり、完熟に近い中熟と判定された。色、臭気、水分などから、よく熟成した良質堆肥と判定されるが、木質資材を混合した堆肥にしては、堆積期間が 25 日と若干短めであることが完熟に至らない結果となった。しかし、堆肥利用者には喜ばれているということなので問題ないとする。

表2 堆肥の品質

色	黄～黄褐色(2)、褐色(5)、 <u>黒褐色～黒色(10)</u>
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなりくずれる(5)、 <u>ほとんど認めない(10)</u>
臭気	ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、 <u>堆肥臭(10)</u>
水分	強く握ると指の間からしたたる・・・70%以上(2)、 強く握ると手のひらにかなりつく・・・60%前後(5)、 強く握っても手のひらにあまりつかない・・・ <u>50%前後(10)</u>
堆積中の最高温度	50℃以下(2)、50～60℃(10)、 <u>60～70℃(15)</u> 、70℃以上(20)
堆積期間	家畜ふんだけ・・・20日以内(2)、20日～2ヶ月(10)、2ヶ月以上(20) 作物収集残渣との混合物・・・20日以内(2)、20日～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物・・・20日以内(2)、 <u>20日～6ヶ月(10)</u> 、6ヶ月以上(20)
切返回数	2回以下(2)、 <u>3～6回(5)</u> 、 <u>回以上(10)</u>
強制通気	なし(0)、 <u>あり(10)</u>

( )内点数を合計し。未熟(30点以下)、中熟(31～80点)、完熟(81点以上)

合計点数 ( 80 ) 点

(「現地における腐熟度判定基準」, 堆肥化施設設計マニュアル 2022 年, p.31 による)

#### (2) 堆肥の販売

堆肥は近隣及び広域に 100%販売している。価格は 1,500 円/m<sup>3</sup>である。以前は組合としてマニュアルスプレッダーを保有していたが、現在は組合長が、自身保有のものを使用して田圃を中心に散布を請け負っている。散布手数料は、堆肥価格に上乗せして実施している。

堆肥販売収入は年間 200 万円程度であるが、収集または搬入される産業廃棄物の処理費によって、人件費や諸経費等を差し引いても、年数千万円の黒字となっている。産業廃棄物処理業としての免許も持っている。廃棄物処理のニーズ掘り出しが当初は苦労したが、現在の受入量は安定している。

#### 4) 調査委員の所見

山形県酪農協同組合は、子会社として株式会社ヤマラクフーズ、株式会社飯豊ながめやま牧場を保有し、生産から加工、販売までを一貫して行っている。前者は牛乳やヨーグルトなどを学校給食や宅配で販売し、生産した堆肥を使用した特別栽培米なども販売している。後者は、前身が公共牧場であり、300頭規模で放牧酪農を行い、低温殺菌牛乳やヨーグルトを生産、販売。本組合が保有する3ヵ所の堆肥センターは、これらの密な関係を持った一貫経営の中に位置づけられている。本組合の組合員は酪農家 82 戸であるが、本組合は、次世代を担う若手育成に対する補助制度など組合員の持続的な経営を支援する姿勢を貫いていることが説明された。堆肥生産および流通においても、収益を上げて組合員を守る姿勢がにじみ出ており、これが収益性の高い良質堆肥生産に繋がると考えられた。

堆肥施設の近隣に住宅はなく、悪臭問題に特段の配慮する必要がないことは本施設にとって大きなメリットであった。とはいえ、現場において悪臭はほとんど感じられなかった。牛ふんは搬入前に農家において予備乾燥されており、副資材の適切な添加、下部通気付きの連続式攪拌装置などが行われており、これらによって、悪臭発生が少ない堆肥生産が実現していると考えられた。

悪臭発生が少ないことによって快適な作業環境が実現しており、これが職員が退職することなく勤務する一因と考えられる。同一の職員が長期にわたって現場を担当することによって原料や施設の特性が熟知されることになり、その結果、高品質堆肥が持続的に生産される。これも本施設で良質堆肥が作られる大きな要因と考えられた。

多くの地域で堆肥の良さを知っていても高齢化のために利用できないといった事例を見聞きするが、本組合では、圃場散布も請け負っており、これも安定的な堆肥利用者の確保に繋がっている。

施設立ち上げ当時は、産業廃棄物処理業としての免許取得や廃棄物処理のニーズ掘り出しに苦労したとのことであるが、果樹の皮・実、ピーナッツの皮、工場汚泥などの産業廃棄物の適量の受け入れが、高収益性をもたらし、現在の安定的な経営に大きく寄与している。

本事例は、収益性、環境調和性、持続性など、これらすべての観点において、高く評価されるものであった。

#### 参考文献

- 1) 畜産環境整備機構. 2007. 家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法. 44pp.

調査年月日:令和4年(2022年)9月2日(金)

調査委員:中井 裕

## 2 現地指導調査

## 2-1. 石垣市たい肥センター 肉牛ふん堆肥

沖縄県石垣市平得 1312 番地 3

### 1) 概要

沖縄県石垣市は亜熱帯性海洋性気候に属し、基幹作物のサトウキビをはじめパインアップル、水稻、野菜等を組み合わせた農作物が生産されている。基幹作物であるサトウキビの生産面積は農地の3割にあたる 1,575ha を占めている(石垣市, 2020)。サトウキビの 10a あたりの収量は台風や干ばつを含む気象要因に大きく影響されるが年々減少傾向にあり(図1)、長期にわたる化学肥料依存と土壤有機物の消耗による地力低下がその原因と考えられている。石垣島に広く分布する国頭マージ土壤は元来強酸性を呈し、石灰や苦土等の交換性塩基と腐植に乏しく、養分保持力も小さい。このため有機質肥料、特に難分解性の有機物を含む堆肥による土づくりが求められる(沖縄県農林水産部糖業農産課, 2014a)。

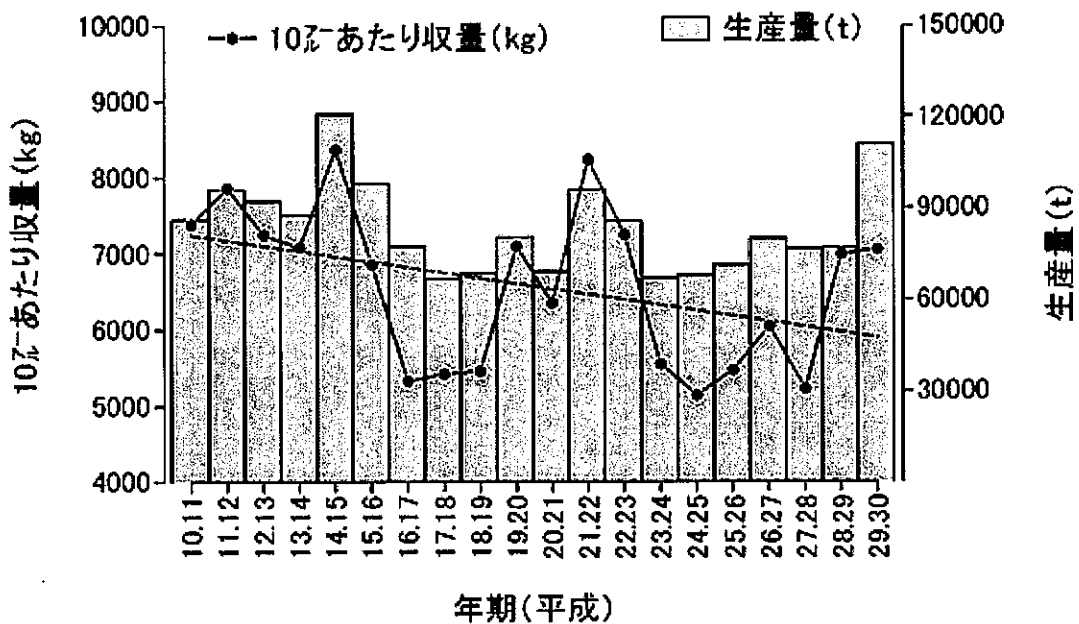


図1 石垣市のサトウキビの平均収量と原料生産量の年次推移(統計いしがきを基に著者作成)

石垣島をはじめ八重山地域では在来草種による牧畜が古くから行われてきたが、日本復帰後に草地基盤の拡充と暖地型牧草の導入が図られ肉用牛生産が発展した。肉用牛生産は、石垣市の令和2年の農業産出額 87.6 億円(令和2年生産農業所得統計)のおよそ3分の2にあたる 56.1 億円を産出しており、日本有数の繁殖牛生産基地として市内で約 24,000 頭の牛が飼養されている。石垣市内(石垣島島内)の農地面積の4割弱が牧草地として利用されている。

石垣市たい肥センター(写真1)は基幹作物のサトウキビへの良質堆肥の供給を目的に農村振興総合整備事業(地域資源リサイクル基盤整備 事業工期平成15年～平成20年、総事業費15億4千8百万円)により整備された。敷地面積21,899㎡に堆積型吸引方式の堆肥舎(鉄骨平屋造 面積8,650㎡)が整備されている。現在の堆肥生産量は年間1,559トンである。運営は公設民営方式で「株式会社石垣島堆肥センター」が指定管理者となって常時雇用3名で堆肥生産と販売を行っている公設民営の堆肥センターである。プラント整備当時より13年が経過し設備の大型修繕が必要となっている。



写真1 石垣市たい肥センター前景

## 2) 堆肥の製造工程

### ① 搬入

現在材料の牛ふんは1日平均23トンが搬入されている。堆肥センターの処理能力(計画値)は89トン/日で生産に十分余力がある状況であるが、後述のようにサトウキビ農家の需要が少ないため、原料受け入れを絞らざるを得ない状況である。

堆肥センター設立時は、堆肥原料となる牛ふんが敷料ごと搬入される想定となっていたが、規模の小さい繁殖経営農家が堆肥センターに搬入する手段がないため堆肥原料が集まらなかった。堆肥センターは牛ふんの捨て場ではないのである程度水分の下がった牛ふんを求めており、堆肥盤に一時貯留して水分調整を行うよう市が指導している。そこで市職員がホイールローダ(ミニシャボ)と4トン車により原料集荷を行っている(写真2)。加えて、搬入手段を保有する畜産農家による自家搬入も行われている。ふんの搬入費用は徴取されていない。



写真2 左から原料運搬車(4トンダンプ)、堆肥運搬車(4トンクレーン)、ショベルローダ

②発酵(一次、二次)

堆肥化処理の流れを図2に示す。堆肥製造ラインは吸気・送気設備を備えた堆積方式の2系統を有し、いずれも堆肥舎前面をカーテンで覆い堆肥の臭気が外に漏れないよう吸引換気されている。その排気の一部は通気型堆肥舎(写真3)の通気に、一部は製品堆肥中に送られて脱臭と後熟のための空気供給に使われている。家畜ふん(肉牛ふん)の水分調整には戻し堆肥が使われている。

搬入された原料は一旦前調整のために保管される。堆肥舎に移送し戻し堆肥を2倍量混合して一次発酵(写真4)が7日程、二次発酵が14日程、その後50mmのふるい分けをして30日程後熟していき、この間、2~3回切返しを入れて完熟していく。出来上がった堆肥は、バラ堆肥は50mm、袋入り堆肥は20mm目の篩分けされる。

設計日処理量は、原料89.2トン、戻し堆肥133.2トンの合計222.4トンで、堆肥を日量23.0トン、年間6,900トン生産可能である。しかしながら、需要が少ないため現在の原料搬入量は月間459トン、堆肥の生産量は月間164トンに留まっている。

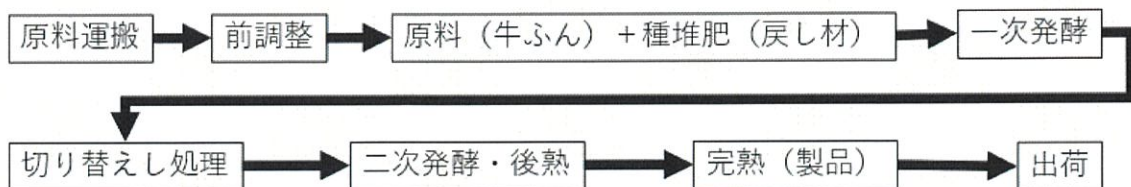


図2 堆肥化処理の流れ

2-1. 石垣市たい肥センター 肉牛ふん堆肥



写真3 通気型堆肥舎 前面カーテンで防臭



写真4 一次発酵槽

3) 堆肥の特徴

堆肥の肥料成分は表1に示すとおりである。水分含量は52.5%、C/N比10.9と取扱い易い状態である。また、生産工程で戻し堆肥の割合が大きいため窒素全量に対してりん酸全量・加里全量が高い堆肥となっている。土づくり資材として有効に活用できるが、加里含量が高いので多量施用は控える必要がある。

表1 堆肥の肥料成分

分析項目	単位	分析の結果
水分	%	52.5
窒素全量 (T-N)	%	2.8
りん酸全量 (P2O5)	%	4.2
加里全量 (K2O)	%	5.5
炭素窒素比 (C/N比)	—	10.9
銅 (Zn)	mg/kg	29
亜鉛 (Zn)	mg/kg	200
石灰含量	%	4.7

\* 分析結果は乾物当たりの数値(令和4年3月31日分析)

表2に現地における腐熟度判定基準の結果を示したが、合計点数が90点であることから、完熟堆肥の条件を満たしている。

表2 堆肥の品質について

色	黄～黄褐色 (2)、○褐色 (5)、黒褐色～黒色 (10)
形状	現物の形状をとどめる (2)、かなりずれる (5)、○ほとんど認めない (10)
臭気	ふん尿臭強い (2)、ふん尿臭弱い (5)、○堆肥臭 (10)
水分	強く握ると指の間からしたたる…70%以上 (2) 強く握ると手のひらにかなりつく…60%前後 (5) 強く握っても手のひらにあまりつかない…○50%前後 (10)
堆積中の最高温度	50℃以下 (2)、50～60℃ (10)、○60～70℃ (15)、70℃以上 (20)
堆積期間	家畜ふんだけ……………20日以内 (2)、20日～2ヵ月 (10)、○2ヵ月以上 (20) 作物収集残渣との混合物…20日以内 (2)、20日～3ヵ月 (10)、3ヵ月以上 (20) 木質物との混合物……………20日以内 (2)、20日～6ヵ月 (10)、6ヵ月以上 (20)
切返し回数 強制通気	2回以下 (2)、3～6回 (5)、○7回以上 (10) なし (0)、○あり (10)

( ) 内の点数を合計し、未熟 (30点以下)、中熟 (31～80点)、完熟 (81点以上) 合計点数 90点

4) 堆肥の流通利用

生産された堆肥は「石垣島産・完熟堆肥『世美がえり』」として販売している。バラ堆肥の価格は沖縄本島の堆肥と同等の1トン当り10,000円とし、年間1,112トンが八重山地域管内に



出荷されている。袋入り堆肥(15キロ)も390円で販売されている。出荷先は、造園業者、土木業者(基盤整備事業)の他、農家、一般、JA、小売店、ホームセンターで販売金額は年間2,107万円である。センター設立当初は堆肥散布車を保有し、堆肥散布のサービスを行っていたが現在は行っていない。利用の繁閑差が大きい上維持管理の費用がかかることのようにある。

八重山地域でのサトウキビの作型は3つあり、1月から4月頃に植える「春植」、8月から10月頃に植える「夏植」並びに、新植(春植や夏植)を収穫した後の残株を活かして栽培する「株出」が行われている。12か月から18か月かけて栽培し、収穫は製糖工場の操業状況に合わせて計画的に行われ12月から翌4月まで続く。ここ数年の生産量は製糖会社の損益分岐点(南山舎株式会社, 2008)の原料生産量9万トンを下回っており、原料確保が課題となっている。

サトウキビ農家は堆肥施用の効果を承知しているが、購入して施用するまでに至っていない。十数年前に、製糖工場が農家に堆肥の半額補助を行ったが応募が少なく目標投入量に達しなかった(干川, 2012)。農林水産省調査の農産物生産統計によれば、令和3年産サトウキビの肥料費は10a当たり14,482円である(農林水産省大臣官房統計部, 2022)。沖縄県はさとうきびへの堆肥の施用量を化学肥料を併用し10a当たり夏植えで4.5t、春植えで3.0tと推奨しているが(沖縄県農林水産部糖業農産課, 2014b)、現状の堆肥販売価格では、サトウキビの反収を考えると採算のとれない価格である上、散布手段の無い農家にとっては労力的にも時間的にも施用は限りなく困難である。行政は国の新型コロナウイルス対応地方創生臨時交付金などを活用し堆肥施用を支援しているが、今後も継続的かつ計画的な取組が求められる。

畜産農家は採草と放牧を行っているので、この採草地に堆肥を施用することが堆肥の利用拡大につながるのであるが、永年作物(ローズグラス、バンゴラグラス等)の草地更新は十年に一度程度となっているため、堆肥が施用できるのはその時に限られてしまい草地への堆肥還元が進まない状況にある。一方近年、野菜畑(ハウス栽培を含む)に堆肥を使用することで収量、味、鮮度などが向上することがわかり、野菜畑での使用機会が増えてきている。行政も令和2年度には石垣市次期作土づくり支援事業として、対象作物(野菜・果樹・花き・葉タバコ)の作付けを行なっている生産者に対して堆肥購入に係る補助を行った。

## 5) 農家調査

堆肥センターに牛ふんを自家搬入している美崎畜産並びに堆肥を利用している新里農園にて聞き取り調査を行ったので報告する。

### 【美崎畜産】

石垣島たい肥センターに堆肥原料を搬入している美崎畜産の調査を行った。美崎畜産は、未經産去勢牛250頭、経産牛230頭、繁殖牛40頭を飼養する一貫経営を行っている(写真5、6)。牛舎敷料として12月～5月にかけて製糖工場から産出されるバガスを4トンダンプで100台分購入している(写真7)。バガスは安価で堆肥原料としても有効な材料である上、敷料

に用いることで牛が牛床で滑って転倒する事故が減るという利点がある。飼料について、繁殖牛には採草地 10ha ではイタリアン、ローズグラスを栽培し自給飼料としている(写真8)。肥育牛にはイナワラを給餌しているが、島内産のイナワラは燻蒸処理されていないため肝蛭症のリスクがあるため、中国産のイナワラを購入している。生産コストの7割がエサ代のため最近の飼料価格高騰に悩んでいる。石垣市たい肥センターへは週1回、4トンドンプで7ないし8台の牛ふんを敷料ごと搬入している。



写真5 美崎畜産 繁殖牛舎



写真6 美崎畜産 肥育牛舎

2-1. 石垣市たい肥センター 肉牛ふん堆肥



写真7 製糖工場から搬入されたバガス



写真8 放牧地 巨大化した草が点在している

【新里農園】

石垣島たい肥センターから堆肥を購入している新里農園の調査を行った。新里農園は2連棟ハウスを9棟有し(40a)、キュウリ 30a、ミニトマト 10a を栽培している。キュウリ、ミニトマト共通で堆肥を筋まきにより 10a 当たり 2 トン施用している。堆肥を施用して 5 年間経過したが連作障害はでていない。堆肥を利用して生産されたミニトマトは甘くておいしいと評価が高く、地場並びに沖縄本島のスーパーに安定的に出荷されている。店頭では、黄色の「世美がえり」のステッカーを付して販売されており(写真9)、消費者が、販売されている野菜が島内産の堆肥を使って栽培されたことを認知できるように工夫している(写真10)。



写真9 堆肥「世美がえり」の包装には五穀豊穡の神として八重山で信仰されているミルク神のイラストを配している。



写真10 新里農園の野菜には、農園のステッカーとともに、「世美がえり」のステッカーを付して販売されており、消費者が、販売されている野菜が島内産の堆肥を使って栽培されたことを認知できるように工夫している。

## 6) 今後の取り組み方と提案

- (1) 堆肥センターでは通気量の確保、水分調整のための戻し堆肥の活用等堆肥化技術は一定水準を満たしており良質堆肥の生産が可能である。ただ、堆肥原料が畜産農家からうまく集まらない、製品となった堆肥の販売が思わしくないなどの課題を抱えている。収入の大半を堆肥販売に依っているため、販売不振はセンターの経営に直接に影響する。一方支出については、施設の保守費用が年間約 200 万円かかる他、株式会社石垣島堆肥センターは市の指定管理業者なので施設使用料を毎年 300 万円支払っている。プラント整備当時より 13 年が経過し設備の大型修繕が必要な時期にかかっている。大規模な修繕等は市の予算に計上されて実施されているが、今後も計画的な修繕が必要である。
- (2) 地理的条件を活かす。石垣島は観光資源にも恵まれており、島外から多くの観光客が来島する。しかしながら、観光客に提供する商品、サービスのほとんどが地域外からによるならば観光消費の地域経済への効果は限られる。域内調達率を向上させ、高品質の島内農畜産物を観光客に提供することができれば経済効果が大きい上、観光客の評価・満足度の向上にもつながる。他の地域には見られないこの利点をもっと活かすべきである。
- (3) 堆肥の利用を促す施策が必要である。採草地での利用方法の再検討(草地更新以外の堆肥施用、施用回数を増やす方策の検討)、サトウキビ畑への施用、野菜農家、果樹農家への供給など改善すべきところが多々みられる。堆肥施用による作物の増収は期待されることからその見直しを進める。実証栽培を行って耕種農家に啓発を図ることも一策である。また、堆肥の利用を推進するには堆肥を効率的に運搬・散布する枠組みが必要である。堆肥センターでは以前には堆肥散布を行っていたが、今は行っていないことも堆肥利用が進まない理由の1つになっている。運搬・散布に係るコントラクターの育成や必要

な農業機械等の導入に対する公的な支援のあり方についても合わせて検討・対応が必要であると考えられる。

- (4) 堆肥の利用が促進された際には堆肥原料の確保が課題となる。堆肥原料の収集については肉用牛農家が搬入できる方法、センターが収集する方法などセンターと原料供給者との連携についてどの方法が選択できるか検討して堆肥原料の確保に務める必要がある。

以上の取組は堆肥センターのみで出来るものではないので、市役所、JA、沖縄県など行政機関と一体になって改善策に取り組んで欲しい。

#### 7) 調査委員の所見

石垣島(石垣市)はコバルトブルーの海と砂浜、サンゴ礁など自然を生かした観光資源の豊かな島観光の島である同時に農業の島である。である。コロナ禍で顕在化したように、観光需要はパンデミックや景気などの外的要因に大きく左右されるため、地域経済の下支えとなる地域農業の役割は大きい。また、観光は農業と切っても切れない関係にある。

調査を通じて石垣市たい肥センターは、サトウキビ作と畜産の結節点であり、堆肥生産と販売を通じて農業振興を担う地域に無くてはならない存在であること、また、経済合理性だけでは堆肥を通じた地域資源の循環が進まないことを認識した。石垣市たい肥センター施設完工の式典で、当時の大濱長照石垣市長は、「やっと農家に質のいい堆肥を利用できる状況になった。サトウキビの生産高をあげるためには土壌の改良が必要となる。その土壌改良するための有力な堆肥ができたので、農家の皆さんが多いに活用され、サトウキビ生産が飛躍的伸びることに期待している」と式辞を述べている(石垣経済新聞, 2009)。センター設立の理念をもう一度思い出したい。

夜の席で沖縄料理のアーサ(アオサ)汁を頂きながら、肉牛生産の盛んな A 島では地下浸透を通じて海域に供給される栄養塩でアオサの収穫量が増えた半面、多くのサンゴ礁が藻類で覆われてしまったという話を伺った。サンゴ礁は八重山地域の貴重な観光資源であり、サンゴ礁の保全と農業生産をどう折り合いをつけていくかが課題である。島外から持ち込まれる飼料、肥料を減らし、耕畜連携で家畜ふん堆肥と自給飼料の地域循環を増やし農地土壌の肥料保持能力を高めることが望まれる。

本調査の実施にあたり、石垣市農林水産商工部農政経済課、株式会社石垣島堆肥センター、美崎畜産並びに新里農園の各位には最大限の協力を頂いた。ここに感謝いたします。

調査年月日: 令和 4 年(2022 年)9 月 26、27 日(火、水)

調査委員: 荒川祐介

#### 引用文献

千川明(2012)石垣島でサトウキビ株出し栽培農家への堆肥の助成

[https://www.pref.okinawa.jp/site/kankyo/hozen/mizu\\_tsuchi/redclay/info/documents/h24\\_daimoku4.pdf](https://www.pref.okinawa.jp/site/kankyo/hozen/mizu_tsuchi/redclay/info/documents/h24_daimoku4.pdf)

石垣経済新聞(2009)地域資源リサイクル施設「石垣市たい肥センター」が完工－農家に堆肥を安価で提供 <https://ishigaki.keizai.biz/headline/487/>

石垣市(2020)令和2年統計いしがき No.43

[https://www.city.ishigaki.okinawa.jp/material/files/group/1/05\\_r1.pdf](https://www.city.ishigaki.okinawa.jp/material/files/group/1/05_r1.pdf)

南山舎株式会社(2008)単収アップで石垣島製糖が今期終了 やいま NEWS

<https://yaimatime.com/wadaimix/21181/>

農林水産省大臣官房統計部(2022)農業経営統計調査令和3年産さとうきび生産費

[https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi\\_nousan/attach/pdf/index-24.pdf](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/attach/pdf/index-24.pdf)

沖縄県農林水産部糖業農産課(2014a)さとうきび栽培指針 2沖縄県の土壌の特徴

<https://www.pref.okinawa.jp/site/norin/togyo/kibi/mobile/documents/01keitai.pdf>

沖縄県農林水産部糖業農産課(2014b)さとうきび栽培指針 3栽培管理

<https://www.pref.okinawa.jp/site/norin/togyo/kibi/mobile/documents/02kanri1.pdf>

## 2-2. ファロスファーム 安芸高田農場 養豚 肥育経営

広島県安芸高田市高宮町船木石原山3251-52



写真1 ファロスファーム 安芸高田農場 (Google マップから)

### 1) 経営の概要

ファロスファーム株式会社(大阪本社)は中国地方に7つの農場を展開しており、その内の一つである安芸高田農場は広島県の北部、中国山地の麓に位置し自然豊かな安芸高田市に設置されている肥育豚専門農場である(写真1)。現在は、花見山農場、北広島農場の繁殖農場からの子豚を約40,000頭肥育しており、今後増頭する予定はない。

豚ふんは1日約20t排出されており、年間の排出量は約6,500tとのことである。排出されるふん量はかなり少なく感じられるが、飼養効率の良い飼料を利用しているとのことである。これらのふんは密閉縦型堆肥化装置を利用して年間約1,700tの堆肥を生産している。生産された堆肥は1週間に5~6回、鳥取県にある名和農場に運搬し、他の広島県4農場からの堆肥も含め計5,200tと鳥取県の2農場の堆肥ともみ殻、名和農場に設置されているメタン発酵槽消



化液の脱水ケーキを混合し、開放直線型(スcoop式攪拌装置)堆肥化装置により堆肥化、3ヶ月かけて製品として出荷し芝畑やブロッコリー、ネギ等の肥料として活用されている。

## 2) 堆肥化処理施設

豚ふんの堆肥化処理フローを図1に示す。

豚ふんは肥育豚舎から1日に1回搬出され、原料投入ピットに投入される(写真2)。ここから7基ある密閉縦型堆肥化装置(三友機器株式会社、コンポ富士 SK-100S、写真3)へ自動で振り分けられ、6時間かけて1日分が投入される。そして、各装置内で1ヶ月程度堆肥化される。1ヶ月当たりのふんの処理量は約563t、1ヶ月当たりの堆肥生産量は約150tである。生産された堆肥は前述したとおり、鳥取県へ搬送し各農場の堆肥や脱水ケーキなどとさらに堆肥化され販売されている。この密閉縦型堆肥化装置は2020年度に導入され、その建設費は脱臭施設と合わせて約500,000,000円、電気料金は年間約27,500,000円である。

脱臭施設(三友機器株式会社、セイコー化工機株式会社)については、民家が数百メートル内にあり、苦情発生の可能性があったため密閉縦型堆肥化装置とセットで設置した。発酵槽から排出される排気(210m<sup>3</sup>/分)を水洗浄塔で除塵、希硫酸(70%)による薬液洗浄(写真4)を行い、ガラス発泡材を用いた生物脱臭槽(写真5)で処理後排出している。なお、年間の薬剤使用料は約7,100,000円である。それ以外に脱臭資材等の活用は行っていない。

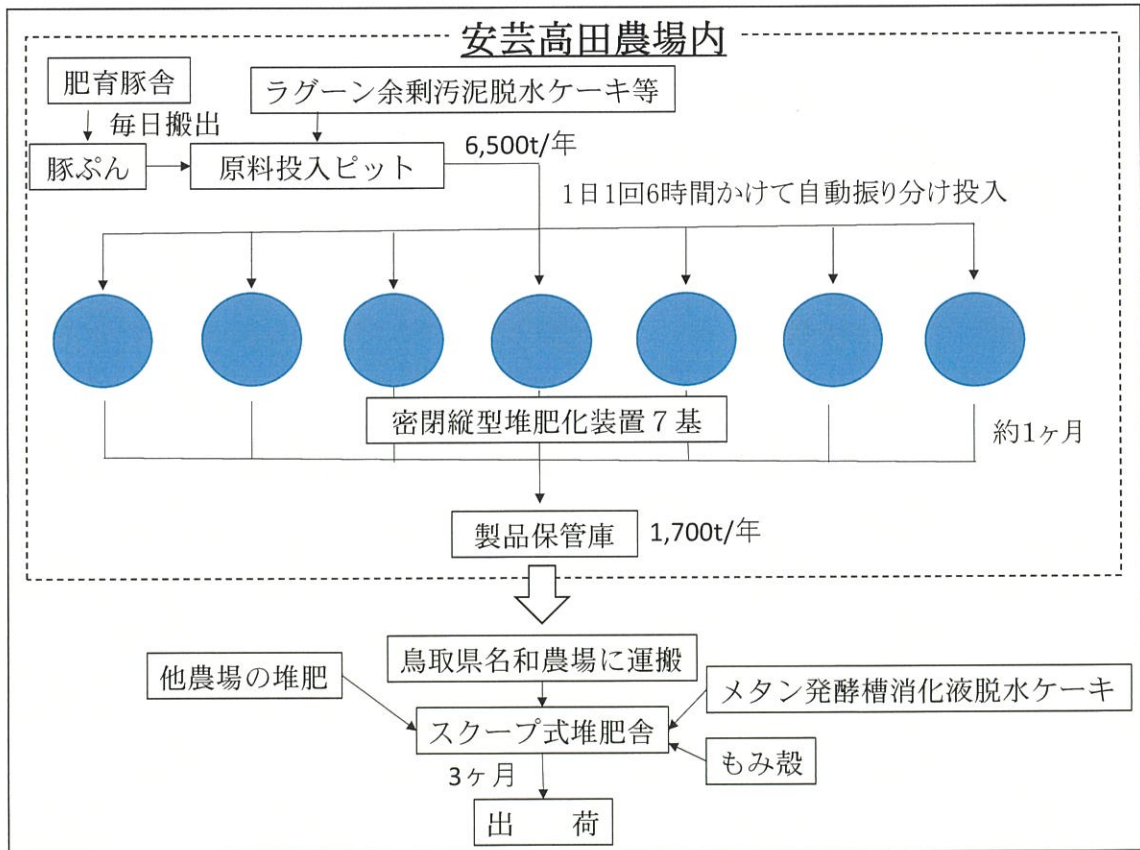


図1 堆肥化処理フロー



写真2 原料投入ピット



写真3 密閉縦型堆肥化装置

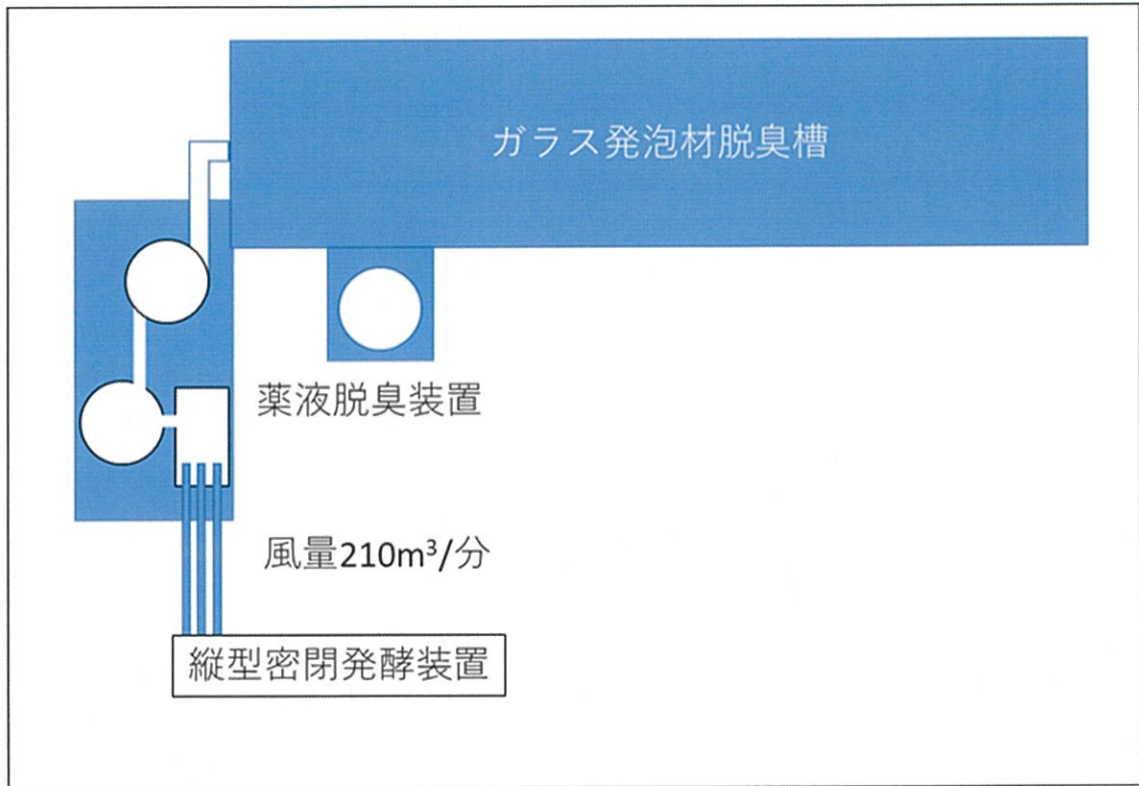


図2 脱臭装置



写真4 薬液洗浄塔



写真 5 ガラス発泡材を用いた生物脱臭槽

### 3) 堆肥の利用

#### (1) 堆肥の特徴

堆肥の肥料成分は表1に示すとおりである。水分含量は縦型密閉発酵装置を利用していることから、34.5%と低い値となっている。各肥料成分を畜産環境整備機構が調査した豚ふん堆肥の成分(2005)と比較するとpH は同程度、窒素、リン酸、加里は1%程度上回っており、肥料効果が期待できる。C/N 比については 10.1 と若干低く窒素の割合が高い肥料となっている。また、銅、亜鉛についても基準値以下であり問題はない。

表1 肥料成分(現物当たりの数値)

分析項目	単位	分析の結果	分析の方法
水分(含水率)	%	34.50	肥料等試験法 3.1.a
粗灰分	%	16.8	肥料等試験法 3.2.a
pH	—	8.7	肥料等試験法 3.3.a
電気導電率	mS/m	1500	肥料等試験法 3.4.a
窒素全量(T-N)	%	2.74	肥料等試験法 4.1.1.c
リン酸全量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	4.50	肥料等試験法 4.2.1.a
加里全量(K <sub>2</sub> O)	%	2.15	肥料等試験法 4.3 準拠
石灰全量(CaO)	%	4.27	肥料等試験法 4.5 準拠
苦土全量(MgO)	%	1.75	肥料等試験法 4.6 準拠
炭素窒素比(C/N 比)	—	10.1	肥料等試験法 4.11.2
銅(Cu)	mg/kg	210	肥料等試験法 4.10.1.b
亜鉛(Zn)	mg/kg	740	肥料等試験法 4.9.1.b

表2 堆肥の品質

(「現地における腐熟度判定基準」, 堆肥化施設設計マニュアル 2022 年, p.31 による)

色※	黄～黄褐色(2)、 <b>褐色(5)</b> 、黒褐色～黒色(10)
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなりくずれる(5)、 <b>ほとんど認めない(10)</b>
臭気	ふん尿臭強い(2)、ふん尿臭弱い(5)、 <b>堆肥臭(10)</b>
水分	強く握ると指の間からしたたる・・・70%以上(2)、 強く握ると手のひらにかなりつく・・・60%前後(5)、 強く握っても手のひらにあまりつかない・・・ <b>60%前後(10)</b>
堆積中の最高温度	50℃以下(2)、50～60℃(10)、 <b>60～70℃(15)</b> 、70℃以上(20)
堆積期間	家畜ふんだけ・・・20日以内(2)、 <b>20日～2ヶ月(10)</b> 、2ヶ月以上(20) 作物収集残渣との混合物・・・20日以内(2)、20日～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物・・・20日以内(2)、20日～6ヶ月(10)、6ヶ月以上(20)
切返回数	2回以下(2)、3～6回(5)、 <b>7回以上(10)</b>
強制通気	なし(0)、 <b>あり(10)</b> 、

( )内点数を合計し。未熟(30点以下)、中熟(31～80点)、完熟(81点以上)

合計点数 ( 80 ) 点

注※：堆肥化が進むと腐植酸が生成し、堆肥の色については黒味が強くなる。

表2に現地における腐熟度判定基準の結果を示したが、合計点数が 80 点であることから、中熟(31～80 点)堆肥が生産されていると考えられる。ただし、ファロスファームにおいては、前述したように、ここから鳥取県の名和農場に運ばれ同様に処理した堆肥やメタン発酵消化液とともに開放直線型堆肥化装置(スクープ型)において、さらに3ヶ月以上かけて堆肥化販売

していることから、出荷される堆肥は 90 点以上の高い品質を維持していると考えられる。今後、安芸高田農場で堆肥を販売する場合には、堆積期間を 2 ヶ月以上とすることでより作物に安全な堆肥として活用できると考えられる。

(2) 堆肥の販売

堆肥の生産量は前述したとおり年間 1,700t(安芸高田農場のみ)である。生産された堆肥は名和農場において他の農場と混合し堆肥化後 100%販売しており、自家利用は行っていない。主にバラ堆肥として販売しており、価格はマニュアルスプレッダーでの散布込みで 750 円/t、袋詰めも園芸用として 15kg 当たり 250 円で 2,000 袋販売を行っている。名和農場からの年間販売収入は 600~800 万円である。なお、堆肥利用者は名和町、大山町等の芝畑、ブロッコリー農家等である(図3)。

現状では名和農場で堆肥化を行っているが、今後、堆肥の販売が難しくなってくると造粒装置を用いてペレット堆肥とする可能性もあるとのことである。

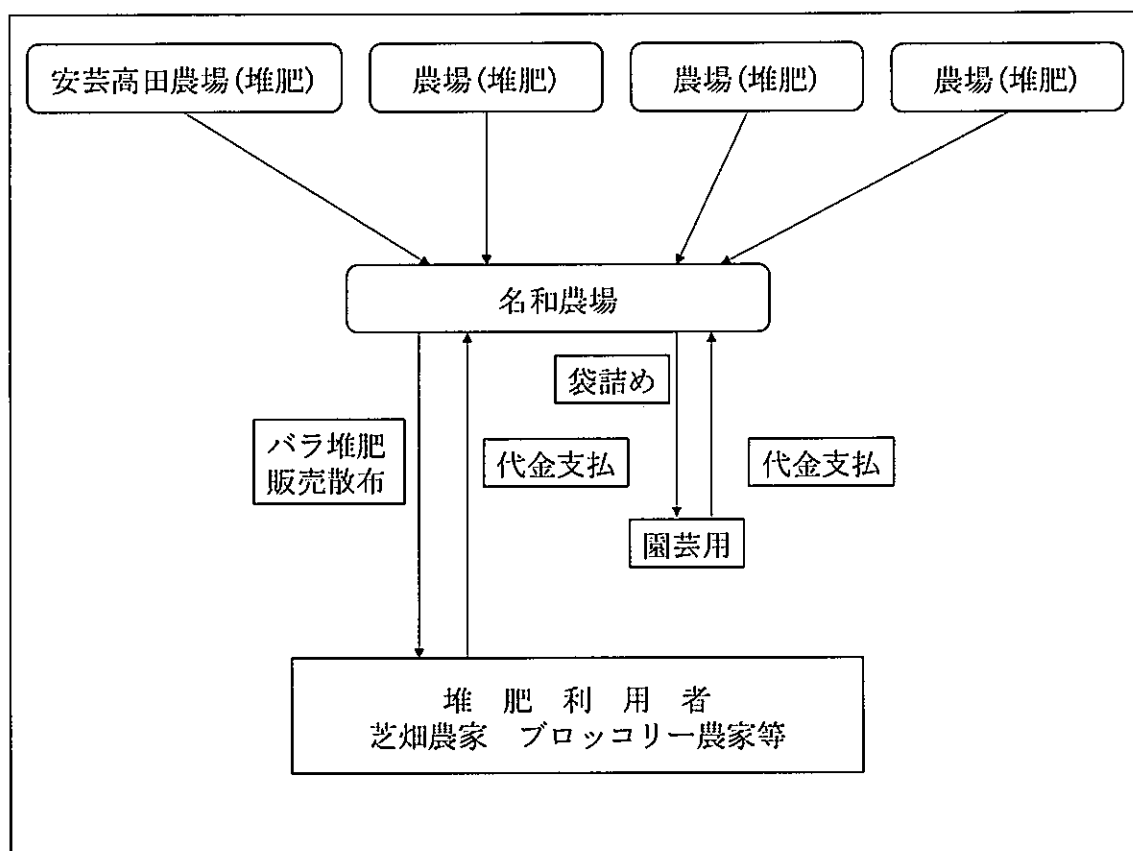


図3 堆肥の流通利用のフローシート

#### 4) 調査委員の所見

ファロスファーム株式会社は 1972 年に設立された国内最大級の養豚農場を展開する会社である。安芸高田農場では、肥育豚 40,000 頭が飼育されているが農場近辺での悪臭は感じられず、豚ふんは密閉縦型堆肥化装置7基により、尿はラグーンにより適切に処理されている。近隣に民家があると言うことで脱臭装置も導入されており、薬液洗浄と微生物脱臭を組み合わせて処理を行っている。堆肥舎付近においても嫌気的な不快臭などは発生せず、発酵に伴うアンモニア臭が感じられた。密閉縦型堆肥化装置では、1 ヶ月以上堆肥化させるようプログラムされており、発酵温度は高く搬出された堆肥も扱いやすいものとなっている。販売堆肥は各農場から集められた堆肥やメタン発酵槽の消化液などでさらに 3 ヶ月以上かけて堆肥化していることから、作物に悪影響のない良質な堆肥が生産されているものと考えられた。

今後、安芸高田農場において生産された堆肥については地元での販売も検討されており、現状の堆肥を見る限り肥料として十分利用できるが、発酵期間が 1 ヶ月程度のため、より安全安心な堆肥生産のためには、さらに1ヶ月以上堆積切り返しなどにより堆肥化することを推奨する。また、販売については、まずは県内の行政機関や農業試験場、畜産協会等へ相談し、耕種農家が必要とする堆肥とマッチングできるよう情報収集を行うとともにSNS等の活用による情報発信が必要と考える。肥料成分から見た場合では十分な肥料効果が得られると思われる。豚ふん堆肥は、速効性肥料として有用な鶏ふん堆肥や緩行的な効果が得られ土壌改良に効果がある牛ふん堆肥の中間的は肥料と考えられ、生育期間中に安定的な肥料効果が必要な作物に向いていると考えられる。特に、安芸高田農場の堆肥は、一般的な豚ふん堆肥より肥料成分が高く効果が期待できる。また、散布も含めた現状の価格で販売するのであれば利用を希望する農家は存在すると考えられる。さらに今後積極的な販売を考える場合、ブロードキャスターによる散布が行えるペレット化や、近年肥料に関する法律が改正され、肥料メーカーにより生産、販売が行われている混合堆肥複合肥料等の原料としての販売も検討すべきである。いずれにしても、良い堆肥を生産されているので、まずは県内の行政機関等に相談し自信を持って販路の開拓を進めていただきたい。

調査年月日: 令和 4 年(2022 年)10 月 3 日(月)

調査委員: 白石 誠

## 2-3. 与論町堆肥センター 肉牛ふん

鹿児島県大島郡与論町茶花 872-1



写真 1 与論町堆肥センター全景

### 1) 経営の概要

与論町では黒毛和種の繁殖牛経営が主体であり、現在の飼養頭数は町全体で 5,768 頭(内訳 子牛:2,145 頭 育成牛:392 頭 成牛:3,231 頭)が使用されており、このうちの 3,473 頭(内訳 子牛:1,289 頭 育成:245 頭 成牛:1,939 頭)分が与論町堆肥センターで処理されている。

### 2) 堆肥化処理方式

平成 15 年県営中山間地域総合整備事業で図 1 に示す大型の堆肥舎と堆肥の天日干し用のコンクリート土場、管理棟を整備し、次いで平成 19 年度資源リサイクル畜産環境整備事業で写真 1 の右側の 2 次発酵施設と天日干し用のコンクリート土場、製品貯蔵庫を整備した。堆肥化のフローを図 2 に示す。離島というオガコなどの木質系資材が手に入りにくいという地域特性から、ほとんどの畜産農家が敷料を使用していない。このため、堆肥舎に持ち込まれた堆肥原料の水分調整を、コンクリート土場でローダーにより小山にしたり、薄く広げたりして天日乾燥により行っているのが特徴である。平成 15 年に整備した堆肥舎が中熟堆肥用で平成 19 年に整備した堆肥舎が完熟用である。



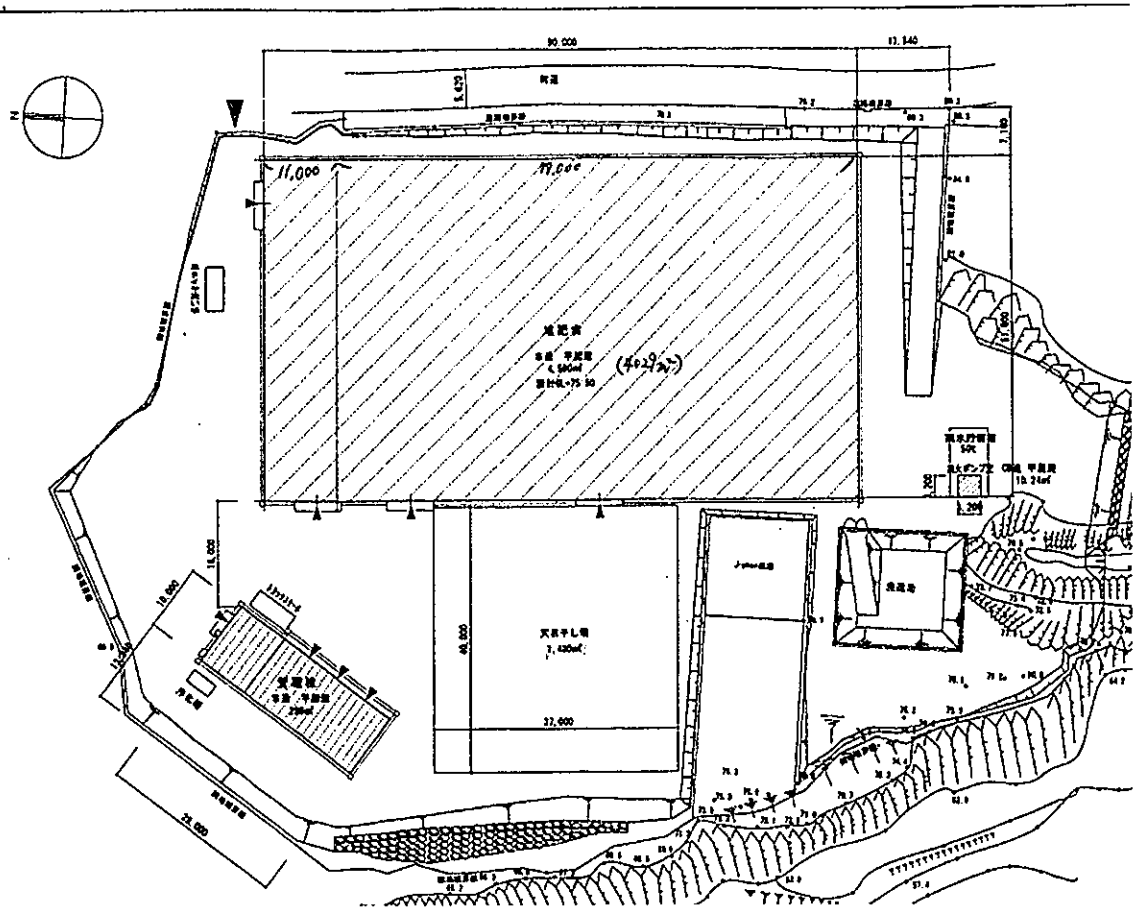


図1 平成15年に整備した堆肥化施設

中熟発酵用の堆肥舎は  $79\text{m} \times 51\text{m} = 4,029\text{m}^2$  で天日干し場の面積は  $1,480\text{m}^2$  である。平成14年度の堆肥設計書を見ると、初期の堆肥の持ち込み頭数は繁殖牛が1,074頭、育成牛が627頭の合計1,701頭で、ふん尿の持ち込み量が  $25.9\text{t}/\text{日}$  (水分78%wb) で、戻し堆肥  $10.9\text{t}/\text{日}$  (水分44.3%wb) を混合して、平均水分68%wbの堆肥原料  $36.8\text{t}/\text{日}$  を処理する計画となっていた。なお、天日乾燥能力を  $5\text{kg}/\text{m}^2$  で必要面積を  $1,687\text{m}^2$  と計算していたが、 $5\text{kg}/\text{m}^2$  の乾燥能力は攪拌装置ハウスの夏期の乾燥能力であり、ローダーで広げただけでは年平均値では半分程度の能力しか得られないと考えられるし、実際の天日干し場の面積も  $1,480\text{m}^2$  と狭かったため堆肥の水分調整には施設整備の最初の段階から難しかったと考えられる。

令和3年度の処理実績では処理頭数が平成14年度想定の2倍の3,473頭に増加している。平成19年度に完熟用の堆肥舎 ( $20\text{m} \times 43\text{m} = 860\text{m}^2$ ) と、製品保管庫  $194\text{m}^2$ 、天日干し場  $1,680\text{m}^2$  を増設しているが、処理量が増加したため天日乾燥能力は依然として不足しているといえる。

堆肥生産は天日乾燥と堆積発酵を繰り返す方式であり、中熟堆肥では2~3カ月

間、完熟堆肥では4～5カ月間発酵処理される。写真3のように持ち込まれる堆肥原料の水分は高いが、天日乾燥と堆肥発酵を繰り返すことにより堆肥化は進んでいる。また、天日乾燥の方法も、初期は小山状に、完熟工程では低く積むなど材料の正常に合わせた工夫がなされている(写真4)。

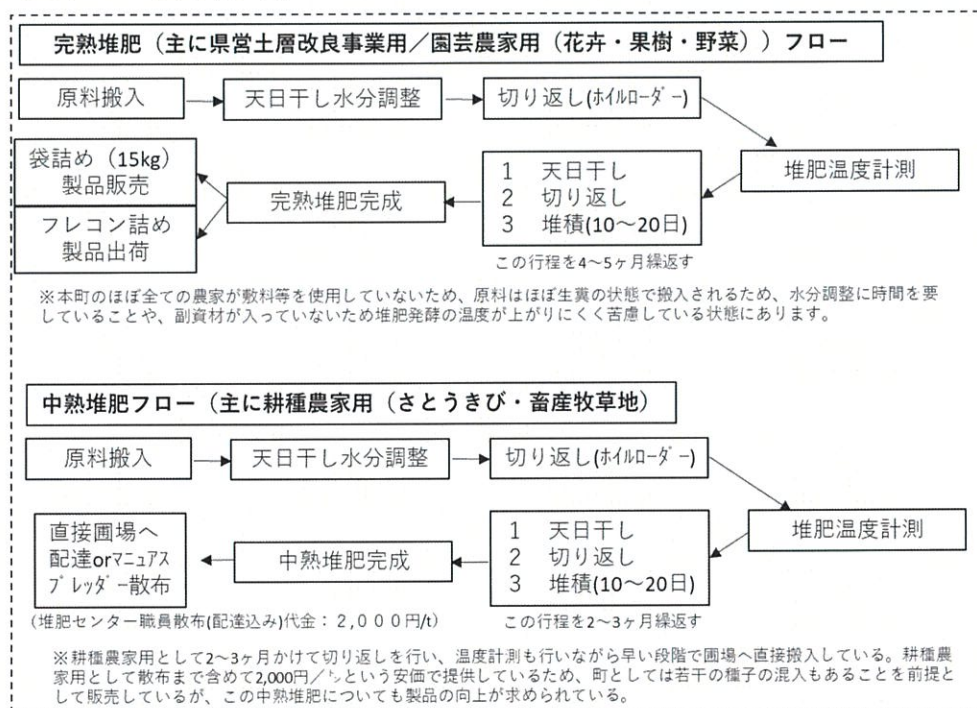


図2 与論堆肥センターでの堆肥化フロー



写真2 平成15年に整備した堆肥舎(発酵管理中)

2-3. 与論町堆肥センター 肉牛ふん



写真3 持ち込まれた堆肥原料(左)の発酵状況(右)



写真4 天日乾燥状況中熟堆肥用(左)と完熟堆肥用(右)



写真5 完熟用堆肥舎と発酵状況

平成19年度に整備した完熟用の堆肥舎の方は堆肥の水分も低下し発酵温度が70℃を超える状況であった。中熟用の堆肥舎での堆肥温度は60℃程度までしか上昇していないため雑草問題が発生する可能性が高いが、完熟用の堆肥の発酵温度は70℃を超えて

いるので、切り返しを3回以上行ったものについては雑草の問題は発生しないと考えられる。なお、与論町堆肥センターの隣接地に、民間業者の剪定枝の破碎設備があり敷料として利用されている。本年度に大型の破碎機が入り処理能力が上がるということであった。現状で、与論町では敷料が絶対的に不足していることを考えると、堆肥センターでの利用するというよりも、個別の畜産農家で水分調整材として利用し畜産農家の労力低減を図ったほうが合理的だと判断される。

### 3) 堆肥の利用

与論町堆肥センターの堆肥流通の流れを図3に示す。完熟堆肥は小袋で32t/年、フレコン・バラで215t/年で園芸農家等へ出荷されるほか、県営土層改良事業に671t/年で合計918t/年出荷され、中熟堆肥は耕種農家等へ合計で2,173t/年出荷されている。堆肥の成分組成(図4)を見ると、完熟堆肥中熟堆肥で水分が大きく異なる。完熟堆肥の水分は40%wbと低くその成分値が高くなっているため、カリウムの集積防止のためにも施用量には注意する必要がある。また、中熟堆肥の販売価格は散布込みでも2,000円/tと低価格に設定されているので、サトウキビ名での原料用作物でも使いやすい料金設定になっているといえる。なお、中熟堆肥については、雑草発生の問題がついて回る。石灰窒素を使用すれば雑草発生は大幅に抑制できるとサトウキビ農家の聞き取りの際に言っておられたが、将来的には水分調整方法の改善により発酵温度を70℃以上に上げ、中熟堆肥であっても雑草が発生しない堆肥生産に改良されていくことが望まれる。

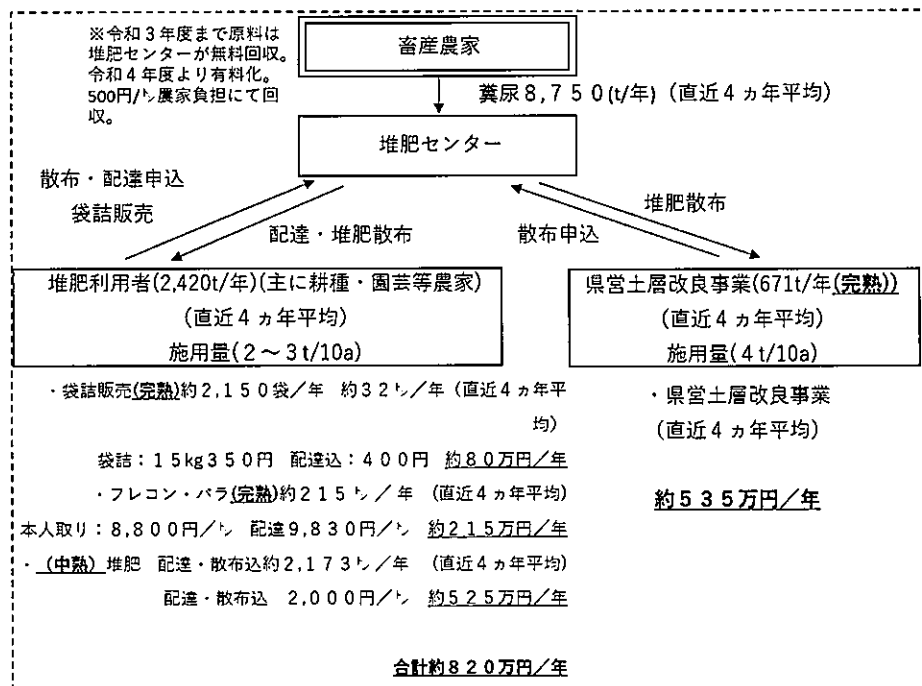


図3 与論町堆肥センターの堆肥流通の流れ

	完熟堆肥	中熟堆肥		完熟堆肥	中熟堆肥
窒素全量	(1.68) %	(0.99) %	炭素窒素比(C/N比)	(9.1) %	(11) %
りん酸全量	(2.20) %	(1.11) %	水分(含水率)	(40.0) %	(65.3) %
加里全量	(2.65) %	(1.29) %	銅全量(有機炭素)	(15.3) %	(11.3) %
			亜鉛全量	( ) %	
			石灰全量	(2.76) %	(1.23) %

図4 堆肥の成分量(現物量)

#### 4) 要望事項とアドバイス

**質問1** この畜産由来の糞尿を原料としたバイオマス発電施設の導入が議会から提案されています。本町の飼養状況などから鑑みても、町営の施設となれば、成牛換算で約2,500頭規模の糞尿を処理する施設と想定しており、施設整備関連だけでも数十億円規模になることや、原料の回収、毎日大量に発生する消化液の処理、この消化液を処理する先の圃場規模や施設運営のコスト、現状売電は九電が受け入れを行っていないことや、エネルギーの地産地消型も現実的ではない等々の課題がある中で、本町の規模で施設導入が行えるのか、可能な範囲で構いませんのでご助言を頂ければと思います。

**回答1** 農研機構の九州沖縄農業研究センターでフリーストールバーンの半固形状ふんを消化液と攪拌し、スクレュープレスで絞って液分をメタン発酵に、固形分を発酵リサイクル敷料に回すというシステム開発を行っています(参考資料 1)。一部この技術を利用し熊本市の酪農ふん尿の処理が実際に行われています。

また、この技術を応用すると繁殖経営の肉用牛ふんのメタン発酵ができるのではないかとということで、沖縄県の石垣島でも実際に検討を行いました。石垣島は、大面積の永年牧草地が広がっているので、堆肥散布よりも4tトラックでメタン発酵消化液を散布する方が簡単ではないかということで検討しましたが、実際に発酵試験を行った結果、亜熱帯地域では気温が高いため牛舎にふんがある間に半分以上の有機物が分解してしまい、メタンガスの発生量が少なく経済的に合わないということになりました。また、サトウキビへの施用も検討しましたが、堆肥施用に比べ、液肥施用だと圃場がぬかるむため施用量が少なくなるという問題もありました。

単純計算で水分60%wbの堆肥と、水分95%wbのメタン発酵液肥を散布する場合、同じ有機物濃度であれば、メタン発酵液肥の方が約13倍の重量物を運搬しなければなりません。また、液肥散布に適した圃場長は100m程度ですが、与論町の場合は100m未満の区画の圃場の方が多いのではないのでしょうか。以上のことから、与論町の場合、無理にメタン発酵を行う必然性はなく堆肥化処理の改善を行った方が合理的と判断します。

**質問2** 島内の肉用牛農家のふん尿を原料として受入れ、堆肥センターにおいて堆肥の生産

を行っておりますが、本町の畜産農家の運営状況として、ほぼ全ての畜産農家において敷料を使っておらず、受入の原料は副資材のない尿を含んだ生糞の状態であり、堆肥生産において発酵が始まる水分 65%wb 以下になるまでに時間を要し、受入後、天日干しを行い水分蒸発させる行程などを経て堆肥を生産しているため時間を要することや温度が上昇しづらいことに苦慮しております。

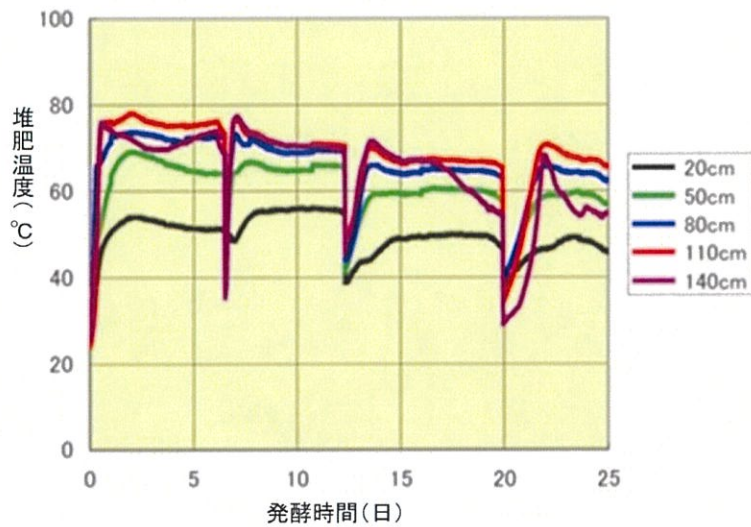
敷料供給体制の強化として、木材破砕機などを今年度事業で導入予定であり、畜舎の環境改善や持ち込まれる原料にも副資材がある状態で搬入されるため堆肥化への生産性向上を期待しているところであります。

堆肥生産においては、60℃以上の温度上昇を確認しつつ生産を行っているところですが、本町独自の堆肥販売の形態として、原料受入から2~3か月で水分 60%wb にて出荷を行う中熟堆肥(主に耕種農家用)を年間約 2,176tと、4~5か月で水分 40%wb にて出荷を行う完熟堆肥(主に県営土層改良事業や園芸農家用)を年間約 918t 生産していますが、このうち中熟堆肥について、堆肥散布後に雑草の種子が発芽する等の意見が寄せられています。全ての堆肥利用農家から声では無く、施肥の方法次第では雑草が生えることも無く生育も良好であるとの意見も寄せられております。

今回お願いしたい事項として、この中熟堆肥について、本町の堆肥センターの中熟堆肥が原因で堆肥中の雑草の種子等が死滅しておらず圃場に雑草が生えてくるのかの堆肥中の種子の状況・検証や、時間を要している堆肥生産方法・質の向上のためのご指導を頂ければと考えております。

#### 回答2-1 堆肥発酵による雑草種子の死滅方法について

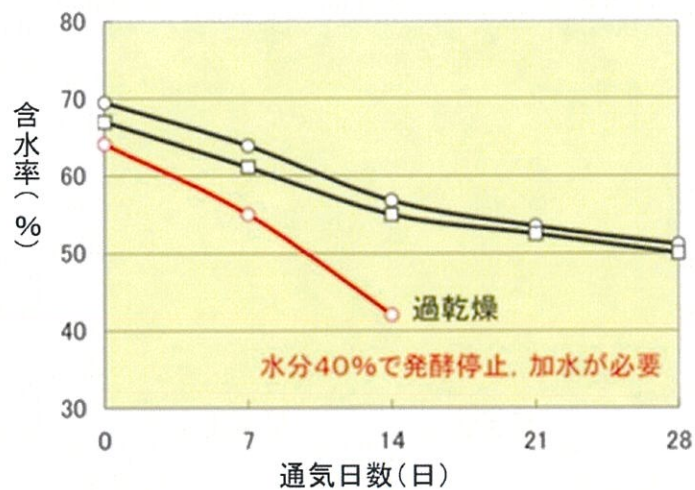
敷料がほとんど入っていないハウス乾燥牛ふんを床面から強制通気した時の高さ別の堆肥温度を参考図1に示します。一般に、雑草の種子を殺すには 60℃以上 3 日間以上の堆肥発酵温度が必要ということになっています。これは、堆肥のすべての部位がこの条件を満たす必要があるということで、中心温度が 60℃ということでは雑草が生き残る可能性が高いです。参考図1は、2m に堆積した場合の垂直の温度分布を示したものですが、堆肥に空気を吹き込み十分に堆肥発酵させた場合で中心部が 70℃以上の温度であっても、50cm 以下の場所だけを移動すると、雑草の種子が生き残る可能性があります。切り返しにより、床面や壁に近い温度の低い部分を堆肥の中間から上の温度の高い場所へ移動させるなどの処置が必要です。確実に雑草種子を殺すためには、発酵温度 70℃以上で、週 1 回の切り返しで 3 週間経過すると、2 週間近くは 70℃近い温度を維持できるので雑草の種子が死滅できると考えています。無通気であっても、水分 70%wb 以下の適正範囲であれば、外から空気が通るため中心部温度が 70℃を超えます。したがって、中熟堆肥で雑草を死滅させる場合の中心部の適正温度は 70℃以上と考えてください。実際に、完熟用堆肥舎の堆肥温度を確認したところ 70℃以上になっていました。切り返しを適正に行えば完熟堆肥には雑草問題は起きないと思います。



参考図 1 強制通気発酵での堆肥温度の変化

回答2-2 堆肥の乾燥処理方法について

堆肥化の適正水分は畜種や副資材の混合量などによって変わってきます。参考図 2 は敷料の混合率が 5%未満の乳牛ふんを攪拌機付きの乾燥ハウスで予備乾燥させたのちに床面から強制通気を行った場合の水分変化を示したものです。発酵温度の変化は参考図1のもので、牛ふんの水分が 70%を超えると排汁が出て嫌気発酵の部分が発生します。67~69%の範囲では 4 週間で水分 50%まで水分が低下し高温の 1 次発酵が終了します。一方で、初期水分が 65%だと発酵中に水分が蒸発し過ぎて 2 週間で 40%近くまで下がり発酵が停止してしまいました。豚ふんや鶏ふんの発酵に近い状態です。与論町堆肥センターの堆肥の初期水分調整も 68%程度を狙えばよいと考えます。



参考図 2 敷料の無いハウス乾燥牛ふんの堆肥発酵による水分低下

実際に、どうやってこの水分まで低下させるかという問題ですが、仮に耐侯ハウスのを設置しても、屋根掛けだけで 2~3 万円/m<sup>2</sup>以上かかると想定されるので全部に屋根掛けすると 6000 万円以上の投資が必要ですが、仮に小型のロータリで攪拌して乾燥を促しても、年平均で考えると 2~3kg/m<sup>2</sup>ぐらいなので、1 日当たりの乾燥能力は 6t ぐらいではないでしょうか。経費を投入しても乾燥能力の大幅な向上は期待できません。

ロータリ攪拌機付きの設備にすると全体で 1 億以上の設備費になると思いますが、これでも乾燥能力に不足が出ると推測されます。

なお、剪定枝の破碎工場の製造能力が増強されるとのことでしたが、水分調整用の敷料利用を考えると、天日乾燥と併用してもまだ絶対量が不足すると思います。

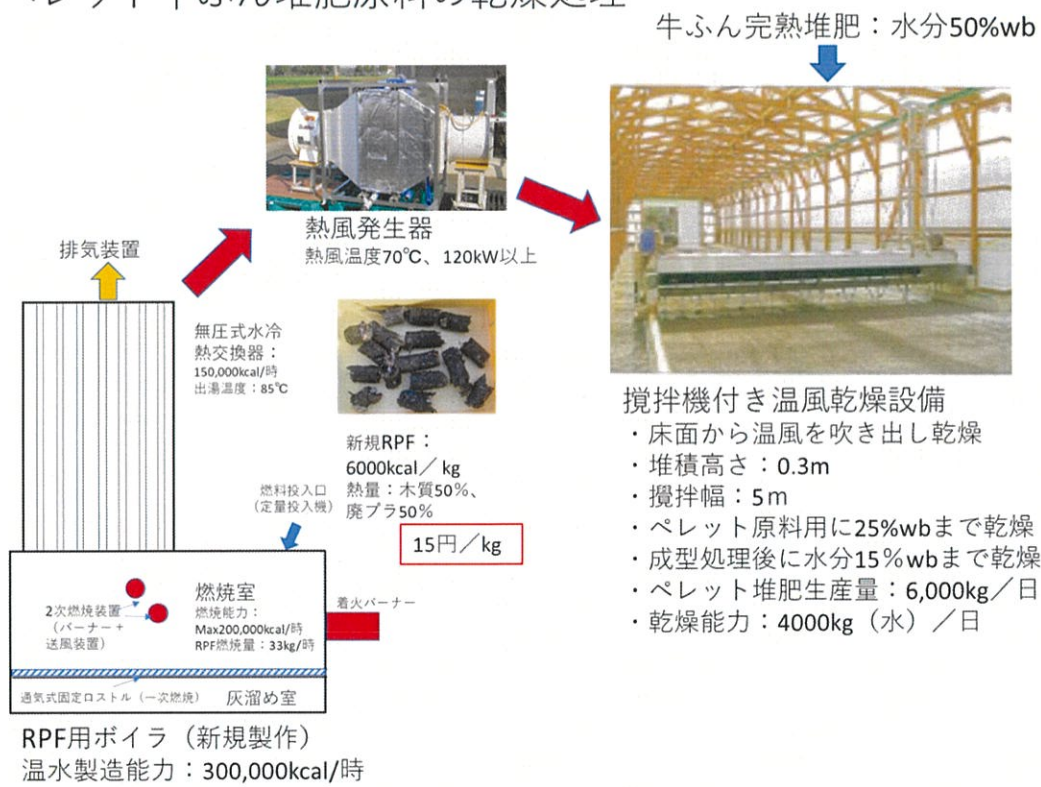
### 回答2-3 RPF 燃料を使用した戻し堆肥乾燥システムと通気式発酵槽設置の提案

農研機構九州沖縄農業研究センターと NPO 法人九州バイオマスフォーラム他は農林水産省のプロジェクト研究で、「牛ふん堆肥ペレットの低コスト生産システム」の開発研究の中で、「RPF 燃料を用いたペレット用牛ふん堆肥の低コスト乾燥システム開発・実証」を本年から 3 年間で実施する予定です(参考図 3)。これは、牛ふん完熟堆肥ベースの堆肥ペレットを普及させたいが、牛ふん完熟堆肥の水分が 50%程度あり、ペレット製造のために 25%まで乾燥させたいが、ハウス乾燥では設置面積が大きく設備費も高いため導入できないという問題点があったためです。ロータリ攪拌設備の乾燥能力を大幅に向上させるために、攪拌機の床面から 70℃程度の温風を送り堆肥を乾燥させます。乾燥能力は 6~8kg/m<sup>2</sup>・時が得られるので大きい方の堆肥舎内に設置することが可能です。熱供給は RPF 燃焼ボイラーで 85℃の温水を作り、温水タンクに貯蔵しながら、ラジエーター式の放熱器で温風に変え堆肥を乾燥します。温水→温風に変えるので発火の危険性が無いことと、貯湯タンクの温水で夜間も乾燥が可能です。

与論町堆肥センターに本乾燥システムを導入する場合、別に戻し堆肥生産用に強制通気式堆肥発酵槽を 3 槽ほど新設し、ここで水分調整した堆肥を 2 週間程度発酵させ水分を 60%以下にします。この発酵中の堆肥を、温風乾燥設備に投入し水分 25%程度まで乾燥させ戻し堆肥として循環利用します。2 週間程度強制通気発酵処理を行うとふん臭が抜け乾燥に伴う悪臭の発生を抑えることができますし、設備の腐食を防ぐことができます。来年度には熊本県の JA 菊池で堆肥乾燥の実証試験が開始されるので、この試験結果を基に経済性や、与論町への適応性を検討されてはいかがでしょうか。



ペレット牛ふん堆肥原料の乾燥処理



参考図3 ペレット用牛ふん堆肥の乾燥システム(案)

調査年月日: 令和4年(2022年)7月19(火)~20日(水)

調査委員: 薬師堂謙一

## 畜産堆肥流通体制支援事業(令和4年度)検討委員及びコンサルティング委員名簿

### 検討委員会

- 中井 裕 新潟食料農業大学 副学長兼食料産業学部 学部長
- 荒川 祐介 農研機構 九州沖縄農業研究センター研究推進部 技術適用研究チーム長
- 川村 英輔 神奈川県畜産技術センター 普及指導課 副技幹
- 白石 誠 岡山県農林水産総合センター 畜産研究所 経営技術研究室 特別研究員
- 藤原 俊六郎 技術士事務所 Office FUJIWARA 代表
- 薬師堂 謙一 特定非営利活動法人 九州バイオマスフォーラム 理事長

### コンサルティング委員会

- 薬師堂 謙一 特定非営利活動法人 九州バイオマスフォーラム 理事長
- 田代 利明 株式会社 岡田製作所 相談役
- 天神 隆 株式会社 天神製作所 代表取締役
- 岡本 壮一 有限会社 岡本製作所 代表取締役
- 竹内 和敏 中部エコテック 株式会社 取締役社長

令和3年度補正  
畜産・酪農収益力強化総合対策基金等事業のうち  
畜産環境対策総合支援事業(畜産堆肥流通体制支援事業)

事業報告書

令和5年3月15日

一般財団法人 畜産環境整備機構  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門5-12-1 ワイコビル 3F  
TEL 03-3459-6300(代) FAX 03-3459-6315

一般財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所  
〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉1  
TEL 0248-25-7777(代) FAX 0248-25-7540