

おが粉代替敷料利活用マニュアル

平成 29 年 3 月

公益社団法人 中央畜産会

はじめに

畜産業において、敷料は家畜の肢蹄を保護し、また体の保温、畜舎内の衛生条件の改善、疾病の予防等に必要不可欠な、非常に重要な資材であります。

こうした中、家畜用敷料として古くから利用されているおが粉は、近年、木質バイオマス発電所の燃料用チップとしての需要増大、製材工場における木材加工の減少等により、地域によっては不足や価格の上昇が見られ、需給のギャップが発生しています。

このような状況を踏まえ、本会では農林水産省の指導のもと、独立行政法人農畜産業振興機構の補助を受け、おが粉の代替敷料をすでに利用している畜産経営体に対する事例調査を実施、その分析により、代替敷料利活用マニュアルを作成し、畜産関係者へ情報提供することとしました。

本マニュアルは、事例調査結果等をもとに、代替敷料ごとの特徴、敷料利用する上でのポイント等について、取りまとめたものです。

畜産関係者の皆様におかれましては、今後の現場の助言指導の際に積極的に活用していただければ幸いです。

終わりに、本マニュアルの作成に当たり、ご指導、ご鞭撻を賜りました委員の皆様方、事例調査においてご協力をいただいた県畜産協会の皆様及び畜産農家等の皆様方に、深く御礼申し上げます。

平成 29 年 3 月
公益社団法人 中央畜産会

おが粉代替敷料利活用マニュアル

目次

I 敷料の利用について	3
1 利用の目的	
2 堆肥化技術	
II おが粉及び代替敷料の種類と資材特性について	
1 おが粉	7
2 戻し堆肥	14
3 もみ殻	22
4 細断古紙	30
5 キノコ菌床	38
6 メタン発酵残さ	45
付録	51

I . 敷料の利用について

I 敷料の利用について

1 利用の目的

家畜の飼育において、家畜の種類、飼育方法にもよるが、家畜の安楽性やふん尿処理のために、敷料が用いられています。古くは敷きワラと呼ばれ、稲ワラ、麦ワラが使われていましたが、飼育頭数の増加や飼育方法の変遷もあり、おが粉などの製材工場等の残材が使われるようになりました。更に平成11年に制定された「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（いわゆる家畜排せつ物法）」により、ふん尿処理を適正に行わねばならなくなったこともあり、間伐材を直接敷料用に加工することも多くなりました。これらのことを踏まえると、敷料は家畜の安楽性ととも、ふん尿処理の意味合いも強いと考えられます。

敷料には、おが粉やバークなどの木質系資材のほかにも、もみ殻や砂、キノコ菌床など、それぞれの地域で手に入りやすい資材が使われています。

図1に敷料に要求される性能を整理しました。このように、要求される性能は多岐にわたります。「対家畜」に分類された性能であっても、生産性が上がるなど、間接的に農家へ影響する性能もあると考えられます。

要求される性能には水に関連するものが多いです。代表的なものは、水分調整、透水性、保水性ですが、その他にも、使用期間、自然発火、飛散、付着、通気性、悪臭、ハエ、病原菌なども水に関係します。これは、敷料の利用目的が主にふん尿処理であるとする、求められる性能は、ふん尿の流出を防ぎ、使用期間を長く出来ることであり、それには高い保水性が求められます。

保水性に影響するのは表面

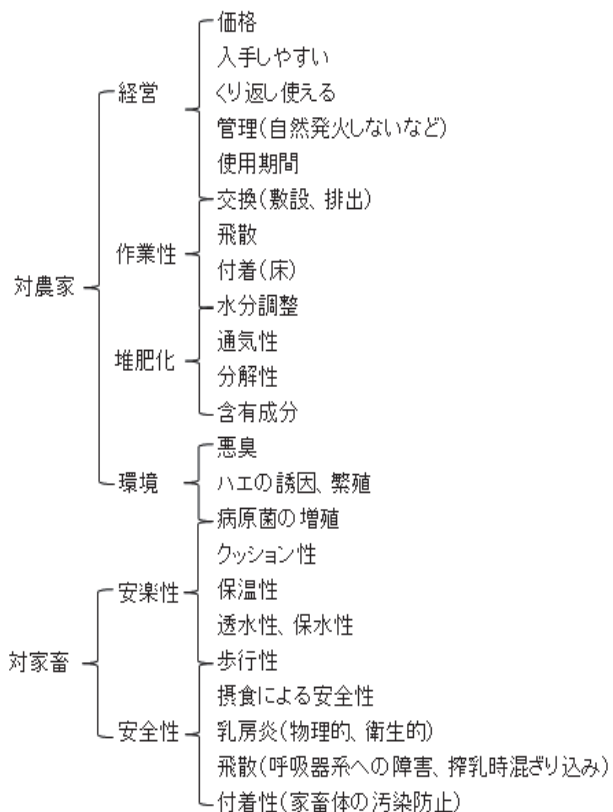


図1 敷料(広義)に要求される性能

資料:平成15年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(2004 北海道酪農畜産協会)より引用

の性質で、敷料表面の親水性が高いと保水性が高くなると考えられます。

2 堆肥化技術

敷料は、新たに使い始めてから時間の経過とともに家畜のふん尿と混合して水分が高くなり、汚れてきます。水分が高くなり畜体が汚れてくると、新しい資材と交換あるいは追加して、快適な環境にすることが必要となります。ふん尿が混合し、水分が高くなり敷料としての機能が失われた使用後の敷料（別名ボロとも言う）は、畜舎から搬出されますが、そのまま放置しておく、ふん中の有機物が嫌気分解をし始め、強烈な不快臭を発生します。野外に放置しておく、雨などで流れ出ることがあり、周囲を汚し不快臭がでます。このような状況にならないよう好気性微生物を利用して、ふん中の有機物を分解し安定な状態にする行為が堆肥化です。堆肥化時には、有機物分解により熱が発生し、その熱で堆肥中の水分を蒸発させ、取り扱いやすい材料（堆肥）となります。

Ⅱ. おが粉及び代替敷料の種類と 資材特性について

Ⅱ おが粉及び代替敷料の種類と資材特性について

1 おが粉

(a) 生産方法

おが粉は木材の粉で、元々は製材工場で鋸挽きされる際の鋸屑のことです。「おが」を漢字で書くと「大鋸」で、おが屑と呼ばれていましたが、屑ではなく資源としての表現として「おが粉」と呼ぶようになりました。

おが粉など、敷料に用いられる樹種としては、広葉樹はキノコ栽培用に高く取引されることが多いため、スギ、トドマツ、カラマツなどの針葉樹が一般的です。

鋸屑が発生する製材工場において使用されている製材機械には、帯鋸盤、丸鋸盤（縦挽き）、横切り機（丸鋸）、チップパーなどがあります。鋸挽きの際、鋸屑は集塵機によって鋸屑サイロに集められます。また、チップパーからは、スクリーン（ふるい）から落ちたチップより細かいもの（チップダスト）も集塵機と一緒に集められます。

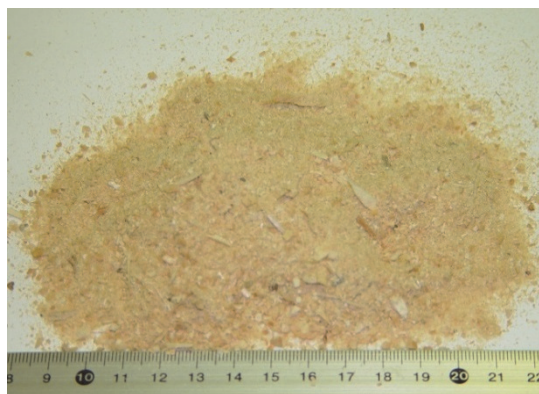


図1 カラマツ鋸屑

資料:平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(北海道酪農畜産協会 2003)より引用

工場によって機械のライン構成と鋸の厚さが異なり、粒径も異なってきます。鋸の歯（刃）も、帯鋸は薄く、ばちアサリ（三味線のばちのような歯先）であるのに対し、丸鋸は帯鋸より厚めで、歯先が交互に振られた振り分けアサリになっています。このアサリは、挽き材抵抗（鋸身と材料の摩擦）を減少させるため、鋸身（鋸の厚み）より幅広になっています。さらに、丸鋸でも、縦挽きと横挽きでアサリの形状が若干異なります。

一般の製材工場では、伐木・運材の際、樹皮に砂利が噛んで刃物を傷める恐れがあることから、機械（バーカー）で剥皮したものを製材します。剥皮により発生した樹皮はバークとして、そのまま、あるいはシュレッダーにより粉碎され、敷料にも供給されています。

製材は、生材と呼ばれる水分を含んだ丸太を挽くため、おが粉は水分を含んでいます。丸太の水分は、樹種、伐採後の期間や散水・水中貯木（丸太の割れや腐れを防ぐ）の有無によって異なります。

近年は、工場残材以外に、キノコの菌床栽培の培地や敷料の製造のために、

おが粉を生産するようになってきています。おが粉の製造には、専用機であるおが粉マシン（おが粉製造機）が用いられ、丸太や端材から製造しています。おが粉マシンは専用機として、丸太を直接、細かく切り刻むために、各メーカーで様々な工夫を凝らしていますが、大きく分けると、丸鋸式とカッター式に分けられます。

まず、丸鋸式ですが、本来、丸鋸ではアサリ幅分しか切削できません。そのため1枚ではせいぜい数ミリ幅となるため、複数枚の丸鋸を軸に取り付けています。ただし、取付金具による鋸の隣接限界や切削抵抗の削減のため、軸の取り付け位置に対し、鋸が平面内での回転ではなく、一定幅の中で回転するようになっていきます。その方法として、①丸鋸をその中心を通る直線で「く」の字に曲げた形のもの、②丸鋸を回転軸に対し斜めに取付けたもの、③スリットを入れ固定金具で押し付けることでらせん状に丸鋸を取付けたものがあります。これらは、隣接する鋸との距離は回転による軌跡がわずかに重なるようになっていきます。この様にする事で複数枚の鋸を、固定金具をはさんで重ねても、回転することで歯が満遍なく材に当たるようになっていきます。

一方、カッター式はプレーナー（鉋盤）と同様に、回転胴に複数枚の刃を取り付け、回転させて切削する方式です。メーカーにより、ドラムの形状が異なり、幅方向における分割式、あるいは1枚もの、ドラム径と刃数にそれぞれ特徴があります。また、刃物としては平刃と楯刃があります。カッター式では幅広く削るため、そのままでは粒の大きいものが出てくることになります。そのため、スクリーンと呼ばれる網目状の穴を設けることで、粒の大きなものは機械の中にとどまり、回転する刃や粒同士の衝突により細かくなってスクリーンを通り、おが粉として出てきます。

おが粉マシンの動力には、電動モーターとディーゼルエンジンがあります。動力によっておが粉形状への影響はほとんどありませんが、エンジンの場合、燃料価格により製造コストが変わってきます。

いずれのタイプも、丸太のまま投入できることから、皮付きでおが粉にされる場合もあります（図2）。カラマツの場合、含まれる割合は低いのですが、樹皮にスクレレイドと呼ばれる髪の毛程度の太さで長さ数ミリの固い組織があり、棘として刺さることがあるので注意が必要です。

このほかに、チップやカールチ

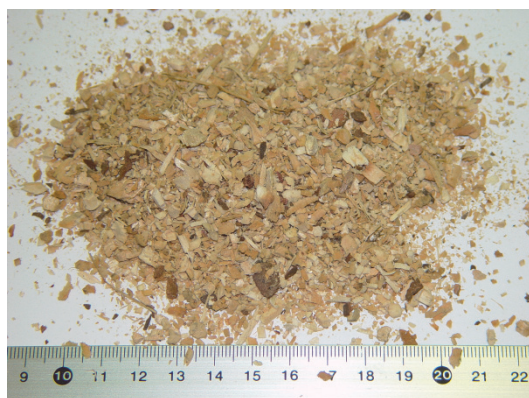


図2 カラマツ皮付きオガ粉（濃色が樹皮）
資料：平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書（北海道酪農畜産協会2003）より引用

チップ(注1)を粉砕したおが粉(図3)や、粉砕して製造されるピンチップと呼ばれる細長いものも、おが粉として扱われる場合があります。ただし、ピンチップでも、原料が解体材の場合は、おが粉としてではなく、解体材チップ(図4)として扱われ、価格も安くなっています。

カールチップ(図5)の構造を簡単に表すと、ストローを束ねたようなもので、繊維方向(長さ方向)に強く、横方向に割裂し(裂け)やすい性質があり、粉砕ではピンチップのような細長い形状のものが多くなります。同様の理由で、スリーバーと呼ばれる細長い形状のものが出やすくなっています、おが粉にまざっていることがあります。

鋸屑、おが粉とは別に、木材加工工場やプレカット工場からは、おが粉と似たカッター屑が排出されます(図6)。その多くは、乾燥材を加工しているため、鋸屑とは異なり軽く、舞いやすくなっています。また、乾燥しているものは、やや撥水性があり、初期の保水性は低くなっています。製材工場でも加工も行っている場合もあり、その場合、同じサイロに集められていると、鋸屑は乾き、カッター屑は湿るため、敷料として良いものになります。しかしながら、多くはカッター屑のみで集められています。カッター屑の欠点



図3 トドマツカールチップ粉砕おが粉

資料:平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(北海道酪農畜産協会2003)より引用



図4 ピンチップ(写真は解体材)

資料:平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(北海道酪農畜産協会2003)より引用



図5 カラマツカールチップ

資料:平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(北海道酪農畜産協会2003)より引用

を補う上で、おが粉とカッター屑の両方が手に入る場合、ブレンドなどの工夫により、敷料の購入量を減らすことも可能でしょう。

(注1) カールチップは、北海道(鹿追町)の肉牛農家が、敷料にかかる経費を削減したいとの考えで、機械メーカーと共同で丸太を薄く削ることで、図5のようにカールした薄い木片を製造する機械を開発しました。木材の構造を簡単に表すと、ストローを束



図6 カッター屑

資料:平成14年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(北海道酪農畜産協会 2003)より引用

ねたようなもので、ストロー同士の結合力は比較的弱いので、肉牛が踏むことで簡単に細くなります。おが粉は丸太の約3倍の嵩になるのに対し、カールチップは約6倍になるとのことです。丸太の使用量を減らせ、更に、堆肥化もうまく進むことで、戻し堆肥も敷料利用できています。なお、乳牛用には歩行性などの点から、通常より薄く削り、粉碎したものを販売しています。

(b) 流通

鋸屑は製材工場が発生します。また、おが粉マシンによるおが粉も製材工場生産されている場合も多くなっていて、別物として注文しなければ、区別なく両者が混ざったものが供給されます。その割合は工場の機械構成に加え、時期によっても異なります。おが粉マシンを用いて製造されたおが粉は、鋸屑より若干粗い場合が多く、使い分けをしたい場合は、交渉が必要でしょう。

製材工場とは別に、敷料生産を目的におが粉マシンを導入し、森林組合などから丸太を購入し、おが粉の販売を行っている敷料生産組合などもあります。

おが粉マシンに用いられる丸太が、木質バイオマス発電の燃料用として需要が増えており、今回の調査では、全国的に以前と比べ、価格が2割程度上昇しているようです。

運搬は、トラックの荷台に直接積み込む場合がほとんどです。多くの製材工場では、おが粉運搬用のトラックは有していないため、農家が直接トラックで取りに行くか、運送業者に依頼することになります。また、運送業者が、おが粉の生産者からおが粉を買い付け、敷料として販売している会社もあります。近くに工場が無かったり、自分で取りに行く手段がない場合、このような業者を利用すると、入手しやすいでしょう。ただし、このような業者の場合、ストックもあるのでいつでも入手可能ですが、たくさんの工場と契約しており、お

が粉の粒径等が毎回異なることも考えられます。

(c) 敷料としての特徴

おが粉は木材の粉です。その主要成分のセルロース、ヘミセルロースは親水性、リグニンは疎水性ですが、親水性も保持しており、基本的に木材は親水性です。一方、同じ木質材料でも、バークは樹皮であり、外部との水、水蒸気の移動を防ぐ役割があります。そのため濡れにくく、保水力は強くありません。おが粉の製造にあたって、樹皮付きの丸太を用いている場合、その分、保水性は劣ると考えられます。

保水性を重視する場合、粒径は小さいほど保水力は高くなります。それは、粒径が小さいほど、嵩当たりの表面積は増えるためです。ここでおが粉を球として考えてみます。図7のように同じ容積に対し、径が1/2になると、嵩当たり8個以上存在できます。半径 r とすると表面積は $4\pi r^2 \times 8 = 32\pi r^2$ です(図左)。一方、径が2倍の $2r$ のものは $16\pi r^2$ です(図右)。即ち、径が半分になると表面積は2倍(32:16)となります。接している部分は水が存在できませんが、水には表面張力があり、図8のように、接している側部に表面張力による水が増えます。細かいものは表面張力により水が空間すべてを埋め尽くしてしまいます。図9に、同じ嵩の木粉に、同量の水を注いだときの保水状態と余った水の水面の高さを示します。このように粒が大きくなるほど、保水できずに余った水が増えているのが分かります。次に、おが粉等の敷料

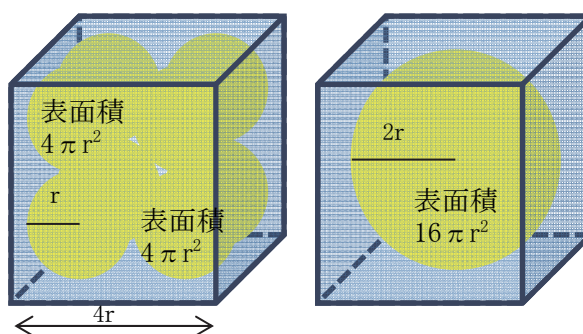


図7 容積当たりの球と表面積

資料:デーリイマン 62巻 5号 40-41(2012)より引用

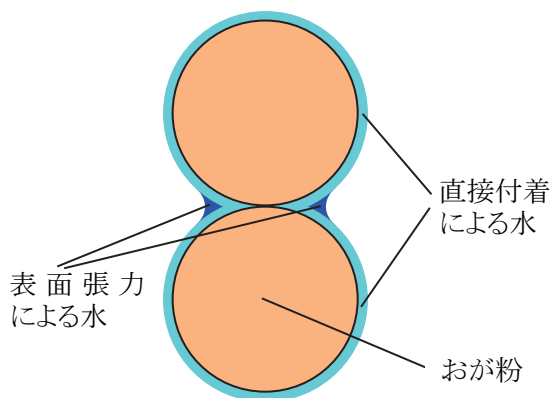


図8 水の付着モデル

資料:平成15年度家畜敷料確保体制整備支援事業報告書(2004 北海道酪農畜産協会)より引用

を用いた保水試験結果を表 1 に示します。ここからも、粒径が小さいほど保水していることが分かります。

一方、粒の小さいものは限界まで保水させると空隙は水で満たされ、図 10 のように空気が存在できません。このことは好気性発酵を妨げ、腐敗や悪臭の原因となるとともに、堆肥化の際には良質な発酵の障害となります。図 9 で、粒が小さなものは固まりになり、固まりには空気が残されていないのに対し、大きなものは固まりとならず、空気が残っていることが見て取れます。このことは、後述の堆肥化における副資材を選ぶ際の参考になります。

おが粉自体の水分については、乾燥したもののほうが水を吸いやすいように思われますが、実際は、ある程度湿っている方が水分を含みやすいです。これは、木材成分中に疎水性がある一方、水には表面張力があります。このため、湿っているおが粉は、おが粉中の水分子が水を引き寄せますが、乾燥していると、その力が弱まるとともに、疎水成分が影響するため、水を引き寄せにくくなると考えられます。ただし、初期の保水力は小さいのですが、一旦水分を吸い始めると、乾燥している分、より多くの水を保水できます。また、

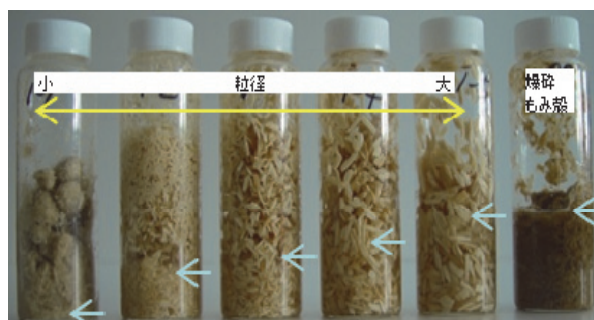


図 9 同嵩木粉への水同量添加による水面高さ (矢印)

資料: 第 12 回バイオマス科学会議発表論文集 77-78(2017)より引用

表 1 敷料による保水試験結果

敷料の種類	平均粒径(mm)	保水量(g/cm ³)	保水水分(%)
カラマツ鋸屑	0.7	0.840	80.4
カラマツおが粉	1.4	0.651	78.9
カラマツ丸鋸屑	2.3	0.520	79.2
エゾトおが粉	0.9	0.715	85.6
トドマツおが粉	2.0	0.642	83.7
トドマツパーク	12.0	0.287	67.4
カラマツパーク	13.5	0.217	62.1
爆砕もみ殻	1.4	0.575	80.4

資料: 平成 15 年度家畜敷料確保体制整備支援事業 報告書(2004 北海道酪農畜産協会)より引用



図 10 最大保水状態のカラマツおが粉

資料: 平成 15 年度家畜敷料確保体制整備支援事業 報告書(2004 北海道酪農畜産協会)より引用

別な視点では、乾燥すると重量も軽くなるため、細かなものは舞い上がりやすくもなります。

おが粉の優れた点として、精油成分による香りの効果が考えられます。おが粉に使用される木材は、スギやトドマツ、カラマツなどの針葉樹が一般的です。含まれる精油成分は、人の疲労を軽減する効果などが報告されています。森林浴でフィトンチッドと呼ばれるものと同じものです。このような木の香りが、家畜に対しても生理的に良い効果をもたらすことも考えられます。実際に、木質系敷料をふんだんに使っている畜舎では木の香りがし、ふん尿による嫌気性発酵の畜舎に比べ、過ごしやすく、作業者にとって快適と考えられます。

(d) 副資材としての特徴

畜舎から搬出されたふん尿は水分が高く、そのまま放置しておく、内部に酸素（空気）が無くなり、ふん中の分解しやすい有機物（易分解性有機物）が嫌気性の微生物によって嫌気分解し始め、強い不快臭を発生しながらゆっくりと分解します。嫌気性分解では、ふん中の水分がほとんど蒸発しないためにいつまでも汚物感が残り、取扱性が悪く、資源としての利用は難しくなります。そこで、水分の高いふん尿に通気性のある乾いた材料を混合し、内部に酸素（空気）を保持あるいは入りやすくすることによって、ふん中の有機物が好気性の微生物によって好気分解されるようにするのが堆肥化です。この好気性微生物による有機物分解を、促進させる状態にするのが副資材です。堆肥化では、有機物が好気性の分解をするときに熱量の大きい分解熱を発生し、この熱によって材料中の水分を蒸発させ、取扱性のよい、安定した材料（堆肥）となります。

副資材に求められる要件は、高水分の材料（堆肥原料）に混合したときに、材料を通気性のある状態に維持することが第一であり、そのためには吸水性がよく、材料と混合しやすいことなどが求められます。また、使用量が多いため、安価で入手し易いことも大事な要件です。牛ふん（水分約 86%）を堆肥化しやすい状態（水分が 70%以下）にするには、牛ふんと同じ容積以上の副資材が必要となります。通気性を維持するためには、堆肥化時にふん中の易分解性の有機物より早く分解せず、通気性を確保していることが必要で、低水分であっても粉状のものは適しません。副資材としては、おが粉、もみ殻、ワラ、バーク、剪定枝、キノコ生産後の廃菌床などが利用されており、その地域で安定して入手できることが要件です。また、出来上がった堆肥も、水分が低ければ副資材として利用可能です（戻し堆肥という）。

2 戻し堆肥

(a) 生産方法

戻し堆肥とは、畜産農家等で生産された堆肥を水分の低い状態にして、敷料や副資材として利用する堆肥です(図 11)。

堆肥を戻し堆肥として利用するためには、堆肥の水分が低く、粉となって舞い上がらない程度の水分と形状になっていることが必要です。生ふんを堆肥化するには、副資材等を混合して55～72%の水分状態にして堆積し、攪拌あるいは通気することにより、内部に酸素(空気)を供給して堆肥化を促進させます。戻し堆肥を副資材として使う場合、水分を50%以下に下げたおかないと副資材としての機能がありません。



図 11 猿払村堆肥センターの戻し堆肥(北海道)

戻し堆肥の水分が高いと、多くの量の戻し堆肥が必要になり、堆肥原料としての容積も増えます。堆肥原料の水分が高かったり、堆肥化期間が短いと、堆肥化終了時の堆肥の水分が50%以上と高くなるため、戻し堆肥としての機能が出てきません。戻し堆肥として利用するためには、ビニールハウス等で乾燥するあるいは堆肥に通気して水分を低下させる、堆肥化の二次処理(腐熟期間)を長くするなどして水分を蒸発させ、堆肥の水分を低下させる必要があります。戻し堆肥の利用は、畜産農家で行うことがほとんどであり、その生産は畜産農家が堆肥化の延長で行うことがほとんどです。

(b) 流通

戻し堆肥は、畜産農家等で敷料あるいは堆肥化時の副資材として利用されるため、その生産は、畜産農家等の堆肥化の延長で行われます。堆肥化では堆肥材料の温度が70℃以上となるため病原菌等は死滅しますが、安全性を考慮すると、自家生産された戻し堆肥をほかの畜産農家で利用することはほとんどなく、自家消費となります。畜産農家では通常、敷料や副資材としておが粉、もみ殻などを使っていますが、おが粉の価格高騰やもみ殻の入手時期を外した場合、即ちそれらの資材の入手が困難なときに戻し堆肥を使用することとなります。したがって流通価格はありませんが、戻し堆肥として水分の低い堆肥を作

るには、乾燥工程に必要な場所や腐熟堆積場所、さらに貯留場所などその生産に必要な面積を確保する必要と手間がかかります。

(c) 特徴

戻し堆肥は、水分が 50%以下であれば副資材としての機能はありますが、できるだけ水分の低い（40%以下）材料（堆肥）とするのが適当です。一方、乾燥し過ぎると粉状になり易く、作業面から取扱性が悪くなり、家畜や作業者の呼吸器にも悪い影響を及ぼす恐れがあるため、20～40%程度の範囲にあることが適当と考えられます。粉状になった戻し堆肥は、水分を吸収すると固まり易くなるので、過乾燥にならないよう注意が必要です。水分 50%と 40%の戻し堆肥の使用上の違いは、水分 85%の搾乳牛ふんを堆肥化可能な水分 68%になるよう戻し堆肥を添加（混合）しようとする、水分 50%の戻し堆肥は 40%の戻し堆肥の 1.5 倍以上の量（重量）が必要となりますので、戻し堆肥の使用量を少なくしようとするには、水分をできるだけ下げる（乾燥する）ことが必要です（図 12）。

おが粉は、通常、水分が 20～30%程度であり、粒状であるため粉として舞い上がることも少なく、性状的には難分解性の有機物が主であることから、3 ヶ月程度の堆肥化では粉状にならないので、長期にわたり通気性を確保することができます。

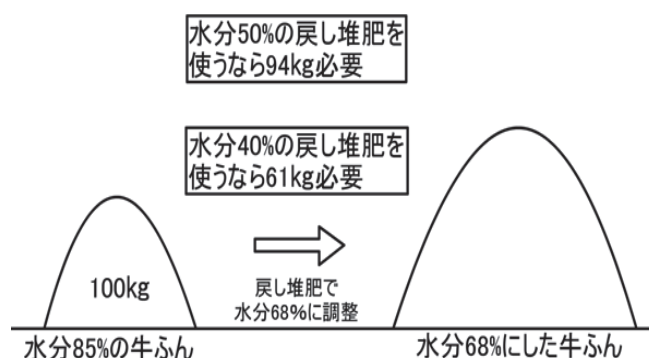


図 12 戻し堆肥を使って水分 85%の牛ふんを水分 68%の牛ふん(堆肥原料)にするための戻し堆肥の量
資料:堆肥化施設設計マニュアル(H15 中央畜産会)より
筆者作図

(d) 敷料としての利用時のポイント

戻し堆肥を敷料として使用する場合、乾燥して粉状になった戻し堆肥は、散布時に舞い上がり易く、家畜の呼吸器にも影響を与えられるので、水分としてはおが粉同様 20～40%が適当です。乾燥し過ぎて粉状になった場合は、家畜がいないときに散布する等の工夫が必要です。搾乳牛の敷料として使用する場合、自家製の戻し堆肥であれば乳房炎を抑制できると言われており、わざわざ戻し堆肥を乳房炎対策として利用している農家もあります。留意点として、しっかりと温度が上がった（70℃以上）堆肥を使用すること。また、戻し堆肥はふん中の易分解性の有機物がかなり分解しており粉状になり易いた

め、戻し堆肥として何度も使用すると粘性が出てきて敷料が固まりやすくなります。そのため、3回程度の循環を1つの目安にして入れ替えあるいは新しい戻し堆肥の追加をするなどの工夫が必要です。養豚では、使用回数が増えると豚体が汚れて黒豚のようになってしまいますので、注意しながら随時交換・追加を行っていくことが大事です。また、戻し堆肥は、病原菌等がゼロではありませんので自家利用が原則であり、同一家畜の戻し堆肥を他所から持ってきて使用することは避けなければなりません。

(e) 副資材としての利用時のポイント

家畜ふんを堆肥化する場合、水分が高いために通気性のある乾いた材料を副資材として使いますが、戻し堆肥を副資材として利用する場合、幾つかの留意点があります。戻し堆肥は、家畜ふんを堆肥化して水分を低くした堆肥ですが、ふん中の易分解性有機物が分解しているために、乾くと粉状になり易い性状をしています。そのために、副資材として生ふんを混合した場合、堆肥原料が水分70%程度であれば団子状になり易い状態になりますので、少し戻し堆肥を多めに混合して68%以下の水分にすることが望ましいと考えられます。また、戻し堆肥として繰り返し使っていくと、有機物が分解し細かくなり、空隙性が少しずつ失われ固まりやすくなるために水分68%以下でも団子状になり、堆肥材料中に酸素（空気）が供給されにくくなり、堆肥化が進まなくなる恐れがありますので、副資材として使用する場合は、戻し堆肥の繰り返し使用は3回程度としたほうがよいと思われます。堆肥化時の様子を見ながら、堆肥が団子状になる傾向が出てきたならば、新たな戻し堆肥を使うなど工夫が必要です。特に養豚では、繰り返し回数が増えると、堆肥中の銅、亜鉛含量が蓄積されて高くなり、特殊肥料として販売、流通される際、銅が300mg/現物kg、亜鉛が900mg/現物kgを越えると表示義務が生じますので注意が必要です。もう1点は、戻し堆肥は、易分解性の有機物が分解されてしまっていますので、堆肥原料と混合しても戻し堆肥自身は分解せず、発熱反応なしと考えられます。副資材としておが粉を堆肥原料に混合するときは、おが粉自身の有機物が分解して、乾物1kg当たり約3,000kcalの熱を出すため、発生熱による堆肥原料の水分蒸発は期待できますが、戻し堆肥は分解しないために発生熱はないと考えられます。これは、堆肥化施設を設計するときの基本になりますので、戻し堆肥を副資材として利用した堆肥化施設を作る場合は、考慮しておかねばなりません。

戻し堆肥の活用事例

< 事例 1 >

牧場名：JA 東宗谷猿払事務所

住所：北海道宗谷郡猿払村

(1) 地域及び経営の概要

猿払村は、「日本最北の村」として有名であり、村の基幹産業は、国内屈指の水揚げ量を誇るホタテ貝を中心とした漁業と、広大な土地を活かした酪農業である。本牧場は、村内の酪農家の経営補完施設として設立された「村営牧野」の構成分子の一つで、管内の農協が運営管理を行っている。

飼養牛は、組合員(酪農家)から委託された育成牛で、分娩 3 ヶ月前まで飼養する。飼養頭数は毎月約 1,300 頭である。

草地面積は 536.9ha で、牧草栽培(採草地 352.5ha)や放牧利用(放牧地 184.4ha)している。

育成牛舎から搬出された、固液分離していないふん尿は、村営牧野内にある猿払村堆肥センター(牧場同様に農協が運用管理。以下「堆肥センター」という。)に有償(預託牛 40 円/頭/日)で処理を行ってもらっている。

(2) 敷料として利用の経緯

「家畜排せつ物法」の適用開始に向けて、猿払村が平成 14 年度から平成 17 年度にかけて公社営資源リサイクル畜産環境整備事業を活用して、堆肥センターを建設。当時、本牧場では、飼養牛の増頭に伴い敷料が不足していたことと、敷料資材であるおが粉の価格が高騰していたことから、堆肥センターの堆肥を敷料として利用し始めた。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 戻し堆肥の年間利用量は約 11,000 トン。
- ・ 生後 6 ヶ月齢までの子牛と、出荷 1 ヶ月前は、牛体の汚れを最小限に抑えるために、おが粉を使用している。
- ・ 戻し堆肥を利用している畜舎の構造は、鉄柵で仕切られた群編成管理が基本。フリーバーン牛舎もある。
- ・ 敷料の交換は、おおよそ 4 日に 1 回で、作業にはダンプとホイールローダーを使用している。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

- ・ 戻し堆肥は購入費がかからないため、おが粉（約 3,000 円/m³）と比べて安価である。
- ・ 堆肥化の際に、温度が少なくとも 60℃以上となるため、通常の雑菌は死滅しており、衛生的に安全だと考えられる。
- ・ 必要な時に手に入らない（自家生産）。

(5) 敷料として利用上の問題点

- ・ 製品完成までに期間を要する（敷料利用だけを考えると、多少未熟でも一定期間温度上昇した状態であれば、敷料として利用する分には問題はない）。
- ・ 発酵温度が上がらず、ふん尿中の病原菌が十分に死滅していない堆肥は、乳房炎などの家畜疾病の発生の要因となりうる。（堆肥化技術の習得が必要）
- ・ 戻し堆肥は水分を吸収しやすく、ボロ出し作業がおが粉より重くなるため、スコップ等での除糞作業は重労働となることから、ショベルローダー等の機械除糞が望まれる。

(6) 堆肥センターの概要

- ・ 堆肥センターの利用者は、本牧場と酪農家 12 戸から構成される猿払村堆肥生産利用組合（以下「組合」という。）。
- ・ 年間のふん尿の受入量は、約 18,000 トン。
- ・ 組合員には、14 日分の一時保管施設があり、堆肥センターの職員が 2 週間に 1 回、大型トラックとショベルローダーで、ふん尿の収集運搬を行っている。
- ・ 利用料金は、本牧場以外の組合員は、ふん尿 1 トン当たり 2,040 円。本牧場は、1 日 1 頭当たり 40 円と条例化されている。
- ・ ふん尿の受け入れ水分は 83%で、ショベルローダーに計量器が搭載されており、ふん尿の収集の際に容積比重当たりで計算している。
- ・ 堆肥センターに運搬されたふん尿はバーク等の副資材と混合し、水分調整等を行う(水分 68%まで低下させる)。
- ・ 次に、一次処理施設（通風堆肥舎）へ移動、ふん尿を積み上げ、15 日間下面からエアレーションを行い、水分 68%から水分 66%まで低下させる。
- ・ 次に二次処理施設にて、まずは直線型攪拌発酵装置へ堆肥を投入、発酵を促す。その後、乾燥レーンにて水分 50%前後まで低下させる。
- ・ 堆肥の生産量は年間約 21,000 トンで、50%が敷料として利用されており、40%が組合員等の草地へ還元、10%が副資材として利用されている。



写真1 第一次堆肥処理施設



写真2 育成牛の牛床状況



写真3 第二次堆肥処理施設
(左側が直線型攪拌発酵装置、右側が乾燥レーン)



写真4 調整・保管庫にある堆肥製品

<事例2>

牧場名：有限会社えびの有馬ファーム

住所：宮崎県えびの市

(1) 地域及び経営の概要

本市は、南九州の中部内陸地域に位置し、宮崎県の南西端に当たり、北は熊本県、南西は鹿児島県と接している。

農業は、本市の基幹産業であり、稲作を中心に畜産・野菜・花き等を組み合わせた複合型の農業が主軸となっている。農業産出額は1,947千万円で（農林水産省統計部の平成26年市町村別農業算出額(推計))、うち75%以上が畜産である。

本牧場は、法人経営で黒毛和種の肥育牛を600頭飼養している。労働力は、経営主のほかに従業員を3名雇用している。

畜舎は、1牛床当たり(20~30 m³)4~6頭の群飼育である。

採草地を10ha所有しており、自社の堆肥を2トン/10a投入している。

(2) 敷料として利用の経緯

10 年前に、知人が戻し堆肥を敷料として利用しているのを見て、取り組みを開始。満足のいく戻し堆肥が中々できず、品質改良に1年～2年を要した。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 戻し堆肥だけではなく、おが粉を混ぜている(1 牛床当たり、戻し堆肥：おが粉=2 (約 1.5 m³) : 1 (約 0.7 m³))
- ・ おが粉を混ぜた状態で牛床に投入するのではなく、各々ホイールローダー(大小 2 台)を使って投入する。牛が牛床内を動き回るので、資材の混合作業は省略化できる。
- ・ おが粉は熊本県から購入しており、3,000 円/m³ (運賃込み)。(1 ヶ月当たりの購入金額は約 285 千円。)
- ・ 敷料の交換は、おおよそ月に 1 回。

(4) おが粉との相違点 (農家の感想を含めて)

- ・ 戻し堆肥は購入費がかからないため、おが粉よりも安価である。
- ・ 製品完成までに時間がかかる。

(5) 敷料として利用上の問題点

- ・ 製品完成までに期間を要する。
- ・ 納得のいく戻し堆肥を製造するための技術習得に時間がかかった (本牧場の意見)。

(6) 戻し堆肥の製造方法等

- ・ 堆肥舎に積み上げられたふん尿を 1 週間に 1 回切返す(季節変動あり)。
- ・ 約 2 ヶ月かけて発酵させる(季節変動あり)。
- ・ 堆肥舎にはブロワーが付いており、下面から空気を送り、発酵を促進させている。
- ・ 年間発生量のうち、1/3 を敷料利用、残り 2/3 は土壌還元している。
- ・ 堆肥の土壌還元は自社の採草地だけではなく、近隣の水稲農家や野菜農家などに無償で譲渡している (運賃のみ耕種農家が負担)。



写真1 肥育牛の牛床状況



写真2 堆肥舎に積み上げられたふん尿



写真3 戻し堆肥と運搬用ホイールローダー



写真4 おが粉

3 もみ殻

(a) 生産方法

もみ殻は、精米にする際に籾すりの工程で発生する副次的生産物です（図 13）。主に農家が持ち込んだライスセンターで集中的に発生します。それ以外には、農家自身が所有する自家精米機によって発生したり、もみ保管が多い地域では、もみから玄米、精米することのできるコイン精米機の設置が見られ、こうした地域に設置されているコイン精米機で発生するものもあります。また流通過程においては、米問屋や米販売店で発生するものもあります。

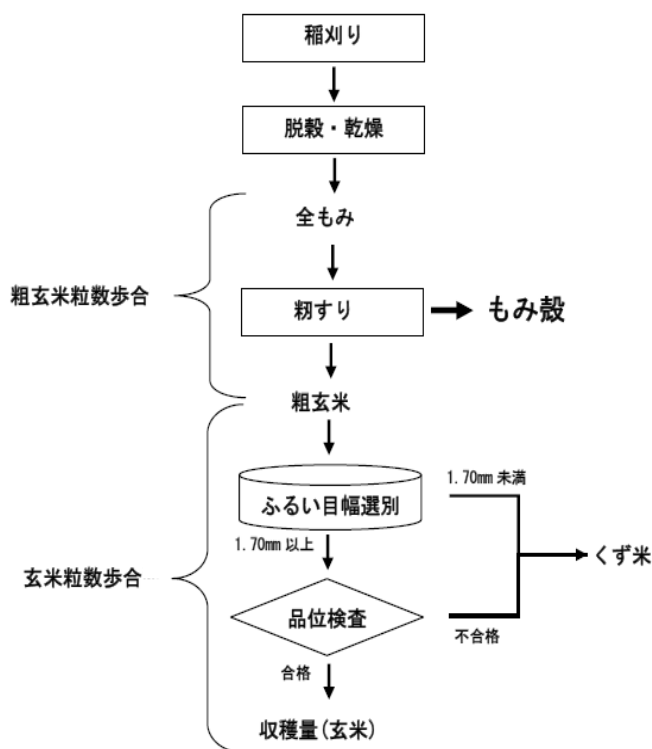


図 13 精米工程で発生するもみ殻

資料：『バイオマス賦存量・有効可能利用量の推計』（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）

(b) 流通

もみ殻は、ライスセンター、稲作農家、もみ米から利用できるコイン精米所、農産物直売所、ホームセンターそして通販などで入手することができます。もちろん、畜産農家や耕種・園芸農家が入手する場合には、直接ライスセンターや稲作農家から大量に入手する方法が一般的です。しかし、小口の利用者は、コイン精米所や農産物直売所などから購入することが多いです。また、一般の消費者が自宅菜園などで必要とする際には、ホームセンターや通販で入手することが可能です。

畜産農家などがライスセンターやもみ米から利用できるコイン精米所から入手する際には、多くが無償で手に入れています。発生元では、産業廃棄物になりかねないもみ殻の処分を畜産農家などに依存しているケースが少なくありません。また、稲作農家でも焼却処分に苦勞しているところでは、水田に散布する以外に、堆肥との無償交換によってもみ殻を処分しており、畜産農家と

の有効な協力関係が構築されています。

もみ殻を小口に利用する消費者などが、ホームセンターや通販で購入する場合、インターネット通販ではキログラム当たり 20 円～55 円で販売（2017 年 1 月 20 日現在）されています。

(c) 特徴

おが粉は、吸水性に優れており、酪農家や肉牛農家での需要が高いです。しかし、近年バイオ燃料として間伐材などの木質系原料が大量に使用されていることから、おが粉の価格が高騰、また供給量も減少するなど、おが粉不足が顕在化しています。一方、もみ殻は全国で発生することから入手が容易です。ところが、その形質は硬く、水をはじく性質をもっていることから、これまで敷料としての需要は大きくなかったです。しかし、もみ殻はおが粉と異なり、無償で入手可能なことから、圧倒的な価格優位性が存在します。

また、もみ殻を粉砕機で粉砕することで吸水性・保水性が高まり、敷料として見直されています。さらに粉砕もみ殻は、その容積が 1/2 から 1/3 に減らせることから、保管効率も高まるなどの利点もあります。もみ殻を粉砕することによって吸収性や保水性が高まり、畜舎の敷料、堆肥の原料、育苗床土などその汎用性が広がります。したがって、もみ殻が大量に発生するライスセンターや稲作生産組合などの法人組織では、もみ殻粉砕機を設置することによって、もみ殻の利用者が増大することが期待できます。

表 2 敷料の吸水率

敷料	吸水率(%)
のこくず	280-450
もみ殻	75-80
粉砕もみ殻	136-250

資料：堆肥化施設設計マニュアル（中央畜産会 1987）より引用

(d) 敷料としての利用時のポイント

もみ殻を敷料として利用することで、牛床の通気性、クッション性が得られます。もみ殻の保水性の低さは、逆に言えば通水性の良さといえます。すなわち、尿が敷料を透過することで、牛体が濡れずに蒸発熱を防ぐことにつながります。もみ殻を厚く敷くことで通気性・クッション性も高まります。牛ふんは、もみ殻に包まれることから、汚れた部分のみ取り出すことが容易となり、その結果として、敷料の交換期間が延長され、作業労力の軽減にもつながります。

もみ殻をストックする際には注意が必要です。雨水に濡れたまま長期保管す

ることでカビが発生します。また、開放型の保管庫では、野鳥や野生動物などが入り込むこともあり、そのためにも閉鎖型の施設で保管することが望ましいでしょう。

(e) 副資材としての利用時のポイント

堆肥舎で堆積した家畜ふんは、そのままでは内部まで空気が入らず、好気性発酵ができません。そのため、もみ殻を混合して空間を生み出すことは有効ですが、もみ殻は腐熟しにくい特性をもっています。家畜ふんともみ殻との混合比率は、畜種や堆肥化発酵施設によって異なるため、同一の数値で示すことはできません。

もみ殻は炭素の割合が高く、窒素の割合が低いです。もみ殻を混合した堆肥は、物理性の改良効果は大きくなるものの、未熟な堆肥を施用すると、圃場で堆肥の分解が進み、窒素不足を引き起こすことがあります。こうしたことから、施用する目的によって堆肥の種類を選ぶ必要があります。

もみ殻の活用事例

<事例 1 >

牧場名：園田牧場

住所：新潟県糸魚川市

(1) 地域及び経営の概要

糸魚川市は、新潟県の最西端に位置し、南は長野県、西は富山県に接している。山間農業地域に類型されており、経営耕地面積 2,570ha で、総人口 44,162 人のうち、農業人口は 1,469 人である。総農家数は 2,071 戸で、このうち販売農家数は 1,108 戸である。年間の畜産産出額は 24 千万円で、そのうち肉用牛の経営体数が 3 経営体で年間産出額は 3 千万円、乳用牛の経営体数は 2 経営体で年間 9 千万円の産出額である（農業経営体数は 2015 年農林業センサスによる平成 27 年値、産出額は平成 26 年値）。一方、耕種部門の年間産出額は 248 千万円で、このうち米が 198 千万円を占めており、水田面積率（耕地面積に占める水田面積率）が 91.8% であるなど、糸魚川市の農業は米作経営が大宗をなしている。

本牧場は、経営主夫婦のほか、息子夫婦の 4 名で 52 頭の搾乳牛と 18 頭の育成牛を飼養している。この搾乳牛は、約 1,500 m²の繋ぎ牛舎で管理している。

(2) 敷料として利用の経緯

3 年前から、製材所が事業を縮小し、おが粉が入手しづらくなったこと等により、もみ殻を利用するようになった。つなぎ飼育牛舎の牛床のマット上に、近隣の水稲農家から運ばれたもみ殻を 1 頭当たりスコップ一杯分程度散布（写真 1）して、牛ふん清掃の軽減など副資材として活用している。

(3) 敷料としての利用状況

もみ殻の年間利用量は、30 トン（水田面積 30ha 程度）である。仕入先は、80%が水稲農家が畜舎まで持ち込んでくれており、残りの 20%はライスセンターに取りにいつている。ライスセンターに取りに行く際の運賃のみ自己負担しているが、もみ殻代は無償で入手している。搬入されたもみ殻は専用の建屋で保管し、常時使用するもみ殻は牛舎横の置き場に運んでいる。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

稲作農家との堆肥交換で無償で入手できるほか、稲作農家のもみ殻処分先として無償で持ち込まれることもあり、調達に苦労はない。副資材が無償で入手

できることは、大きなメリットとして経営に貢献している。牛床にマットを使用していることから、大量の敷料を必要とせず、生もみ殻で牛ふんの処理軽減が図られており、副資材としておが粉がなくても、現状では対応できている。

(5) 敷料として利用上の問題点

もみ殻は、おが粉に比べて吸水性が劣ることから、ふんと尿が分離される飼養形態に向いている。

(6) 堆肥化の状況

本経営は、牛ふんの堆肥化処理労力軽減のために、4年前に密閉型発酵装置(D19ET)を導入した。以前は、堆肥の水分調整材としてもみ殻を利用していたが、その利用量を減少させ、廃白土(注 1)の利用に変更している。その結果、病害抑制バチルス属菌の密度が高まり、戻し堆肥の利用が増え、さらに乳房炎も減少した。廃白土の購入費用が月間約4万円、電気代が月間10万円ほど必要になっており、ふん尿処理経費が増大している。もみ殻が無償で容易に入手できることが、この処理体系の維持・確立に好条件となっている。

堆肥の売り先は、主に水稻農家、アスパラ農家、レンコン農家等で、袋詰め(30L袋)300円(無人販売)、フレコンあるいはバラの場合には4,000円/トン(運賃抜き)、5,000円/トン(運賃込み)、6,000円/トン(運賃+散布代込み)である。無人販売での売上額は、年間200~300万円に達する。また、田畑への散布は、マニュアルスプレッダーを使って作業するが、おおよそ1日で4haの散布が可能である。

(注 1) 石油製品の脱色精製や食用油の有色素成分の除去などの精製工程で活性白土が使用されるが、その使用済みとなった活性白土を廃白土と呼ぶ。コンポスト処理で大量に発生するアンモニアを、廃白土に吸着させることができる。また、廃白土は炭素源として油脂を含有するため(40%)、吸着したアンモニアを窒素源として微生物が利用し、微生物活性が増大するため、水分調整することで60℃以上の高温発酵処理が可能となる¹⁾。

(7) 堆肥として利用上の問題点

もみ殻は、おが粉より分解性が劣るため、混合量が多くなると堆肥中に残る。また、生もみ殻は水分の吸水性が低いことから、水はけの良過ぎる土壤に大量に鋤き込むと、土壤の保水力が低下してしまう危険がある。しかし、水はけの悪い土壤であるならば、土壤改良の効果が見られる。

参考文献

1) コンポスト用脱臭材及び有機質資材としての廃白土の有効利用 (H12 大阪府)

[https:// www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h12/ryutu/cgk00165.html](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h12/ryutu/cgk00165.html)



写真1 牛床に散布されたもみ殻



写真2 もみ殻保管庫の粉碎もみ殻



写真3 密閉型発酵装置(D19ET)



写真4 堆肥の袋詰め機

<事例2>

牧場名:金子牧場

住所:新潟県糸魚川市

(1) 経営の概要

本農場は、経営主夫婦で、繁殖雌牛(黒牛)18頭、育成及び子牛 25頭、肥育牛 25頭(F1と黒牛)を飼育しており、黒牛は「新潟和牛」として販売している。肥育牛は4～5頭の群飼いで、繁殖牛は繋ぎ方式で管理している。畜産施設として、畜舎1棟、堆肥舎2棟、おが粉保管庫1棟を所有している。また、草地面積120a(自作地100a、借地20a)で育成牛の飼料を栽培している。

(2) 敷料として利用の経緯

本経営は、昭和 49 年から経営主の親が始めた牧場である。その後、平成 3 年に経営主に経営権が委譲され、今日に至っている。創業時に、近在に JA のライスセンターが建設されたことから、本経営では経営当初からライスセンターからのもみ殻の供与を受けている。

(3) 敷料としての利用状況

ライスセンターでは、関西産業株式会社製のプレスパンダー(もみ殻蒸砕膨軟装置)でもみ殻を粉碎処理している。本牧場では、この粉碎したもみ殻を年間約 70 トン調達しているが、全量無償で、JA 職員によってほぼ毎日搬入されている。さらに、3~4 km 離れた製材所から年間約 70 トンのおが粉を購入している。おが粉の購入代金は 2 トンダンプ当たり 2,000 円で、経営主が引き取りに行く。

もみ殻は、おが粉の増量材として利用しているが、本経営での混合割合は、もみ殻：おが粉=6：4 の比率である。混合した敷料は、月に 2 回牛房内の全量を交換している。しかし、牛房の汚れがある都度、もみ殻を入れるなどしている。

粉碎もみ殻は、生のもみ殻に比べ吸湿性も有り、敷料として利用しやすい。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

もみ殻の短所である吸水性は、プレスパンダーで処理されたことで少しは改善された。おが粉の増量材として粉碎もみ殻は有効である。しかも、無償で入手できるため、敷料材としてもみ殻の比率を高めている。現状では、おが粉の入手が難しくなってきたおり、粉碎もみ殻の供給の継続性に期待している。

(5) 敷料として利用上の問題点

もみ殻の保管場所が不足している。もみ殻の搬入が、秋(9~11 月)に集中して行われ、年間供給量がこの時期に集中する。そのため、もみ殻を保管する倉庫が不足しており、現状では一部野積みの状態である。もみ殻の品質管理の上でも、保管庫の増設が急務である。

(6) 堆肥化の状況

数ヶ月間堆積して適宜、切り返し、熟成後、出荷している。堆肥は園芸農家等に販売しており、袋詰めは 30 L 入り 500 円(無人販売)、ばら売りは 2 トン車で 5,000 円(運賃込み)である。

堆肥化後はもみ殻の形が無くなることから、もみ殻の外見を気にしながらも

使っている耕種農家にとっても本堆肥は使いやすい。



写真1 子牛の牛床状況



写真2 肥育の牛床状況



写真3 堆肥製品



写真4 利用しているおが粉の保管庫

4 細断古紙

(a) 生産方法

細断されていない一般的な紙類は、再度、紙製品にリサイクルされる場合が多く、リサイクル率は高くなっています。一方、各種の事務所では、情報漏えい防止のため、事務的書類は、シュレッダーにより細断処理した後、廃棄される場合が多くなります。また、細断された紙は、紙繊維が短く細断されるため、紙としてのリサイクルが難しく、紙としてのリサイクル率が低い傾向にあります。

(b) 流通

細断古紙は、産業廃棄物処理業者などにより処理される場合が多く、排出事業者は、経費をかけて処理しています。原則、廃棄物であるため、畜産農家へは無償で譲渡される場合が多いことから、経費としては、主に輸送費用、保管費用などです。また、排出事業者は、短期間の保管スペースしか保有していない場合が多いため、利用時には、事前にストックヤードの確保や運搬方法などについて検討、調整することが必要です。一方、製品として販売されている事例もあり、1,315 円/m³、21,917 円/トン程度です¹⁾。

(c) 特徴

前述のように、各種の事業所から排出されるため、国内のどこでも入手が可能です。無償で譲渡される場合も多く、安価で入手が可能です。また、吸水性は、おが粉と比較し、重量当たりの吸水性は高いが、比重が軽いため、容積当たりの吸水量が小さくなります(表 3)。一方、水分が高くなった場合、床などに付着しやすく、泥濘化しやすいとの知見もあります¹⁾。このため、おが粉などに比べ、泥濘化しないように短期間で更新することが必要と考えられます。

表 3 各敷料の吸水量

敷料資材名	DM (%)	密度 (g/l)	容積当たり吸水量 (g/l)	重量当たり吸水量 (g/g)
オガクズ	54.1	215.0	245.6	1.14
モミガラ	90.6	127.4	46.3	0.36
古紙	93.9	59.9	207.4	3.46
堆肥	55.5	600.7	143.5	0.24
古紙75%+堆肥25%	71.5	189.7	227.1	1.20
古紙50%+堆肥50%	59.8	344.6	222.2	0.64
古紙25%+堆肥75%	56.3	506.4	193.2	0.38

注) 古紙と堆肥の混合比率は容積比。

資料: 敷料資材としての古紙および堆肥の特性と利用技術(浅岡ら 九州農業研究 66 p 131 2004.9) から引用

(d) 敷料としての利用時のポイント

前述のように、おが粉と比較して、床に付着したり、泥濘化しやすい性質であるため（事例 1 参照）、使用する際は、酪農家など、比較的短期間で敷料の更新を行う飼養形態に適しています（事例 2 参照）。また、肉牛農家などで牛床として利用する場合は、泥濘化しないように短期間で更新するか、おが粉などと混合利用する（事例 1 では、おが粉：細断古紙＝1：1（容積比）以上）ことが必要です。比重が低く軽いため、作業性はよいとの意見もありました（事例 2 参照）。

一方、無償で譲渡される場合は、ホチキス針や特殊加工紙などの異物の混入に注意が必要です。このリスクを低くするためには、排出者との情報交換を密にすることや袋に排出部署を記載するなど、排出者を明確にすることが有効との意見がありました（事例 1）。

(e) 副資材としての利用時のポイント

細断古紙を堆肥化の副資材として利用する場合は、ふん尿の水分状態にもよりますが、水分が高いと泥濘化し易いため、おが粉などより多めの量を混合し、仮比重 0.5 程度になるように調整するほうがよいと考えられます。

また、堆肥化時には、おが粉などに比べ、分解性が高く、温度上昇し易い傾向にあるため、堆肥製品では、副資材の影響が残りやすく、容量も減少しやすい²⁾（事例 2 参照）。このため、おが粉などの木質材料の混入を嫌う耕種農家には、好まれる可能性が高いと考えられます。

参考文献

¹⁾ 畜産農家のための堆肥生産サポートシステム 細断古紙の利用（一般財団法人畜産環境整備機構 HP）<http://www.chikusan-kankyo.jp/taihiss/zaiya/kosi/>

²⁾ 敷料資材としての古紙および堆肥の特性と利用技術（浅岡ら 九州農業研究 66 p131 (2004.9) <http://www.naro.affrc.go.jp/org/karc/qnoken/qnoken/no66/66-131.pdf>

細断古紙の活用事例

<事例 1 >

牧場名：株式会社美敷牧場 東部哺育センター

住所：鳥取県八頭郡八頭町

(1) 地域及び経営の概要

鳥取県は、山陰地方の東部に位置し、東西に長く南北に短い。気象は典型的な裏日本型気候であり、春から秋にかけては温暖であるが、冬は降雨、降雪量が多いなど比較的四季がはっきりしている。

台風などの自然災害は少なく、気候条件に恵まれている地域である。

畜産・米・果樹・野菜のバランスがとれた農業県であり、平成 25 年の農業産出額は 679 億円で、うち畜産にかかる算出額は 231 億円、全体に占める割合は約 34%となっている。

本牧場は、乳用種（ホルスタイン種）の肥育素牛を 180 頭飼養している。肥育素牛は、酪農家から購入、生後 6 ヶ月齢まで本牧場で飼養した後、系列の肥育牧場へ出荷している。

子牛は、月齢に応じてカーフハッチ（個室：生後 1 週間程度）、哺乳ロボット畜舎（群飼：飼養期間は決めずに、発育に応じて対応している）、育成舎（群飼）へと移動させている。

固液分離していないふん尿は、牧場横の堆肥センター（酪農家 3 戸が共同管理している）に持ち運び、有償（20 万円程度/年）で処理をしてもらっている。

(2) 敷料として利用の経緯

約 10 年前に、鳥取県庁から焼却処分していた細断古紙を、畜産現場で再利用できないかと相談があった。当時、冬場の敷料が不足していたことと、湿ったおが粉を入荷することがあったため（細菌数の問題）、細断古紙の敷料利用を開始。当初、重金属などのインク有害成分などのリスクへの懸念から、白黒印刷の紙から利用を開始したが、平成 17 年にインク中の重金属などの分析を実施し、安全性が確認されたことから、カラー印刷紙の利用も開始した。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 年間利用量は約 26 トンで、県庁(出先機関含む)からの入手が 70%、JA 会館が 20%、民間業者が 10%となっている。
- ・ 牧場までの運搬は、県庁と JA 会館は本牧場が行っており（運賃は本牧場が負担）、民間業者は無償で運んでくれている。

- ・ 細断古紙そのものの価格は無料。
- ・ カーフハッチの牛床は、おが粉：細断古紙＝1：1の比率でおが粉を混合している。
- ・ 哺乳ロボット畜舎の牛床は、おが粉：細断古紙＝7：3の比率でおが粉を混合している。増体に応じてふん尿の量が多くなることから、牛床が汚れやすく、おが粉の混合比率を増やしている。
- ・ 育成舎では細断古紙は使用しておらず、おが粉を使用している。
- ・ 敷料の交換は、季節や月齢により異なり、1週間から3週間に1回行っている。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

- ・ 購入費がかからない。

(5) 敷料として利用上の問題点

- ・ おが粉に比べて、吸水性が悪い。新聞紙類を除き、表面加工されているものが多いことがその要因である。そのため、敷料の交換頻度をおが粉よりもこまめに行う必要がある。一方、切断長を短くすることで、吸水性の改善効果が期待できるかもしれない。
- ・ 吸水すると、床に張り付くため、清掃が大変。本牧場では、下にビニール袋を敷いて対策をとっている。
- ・ 細断長の長さによっては、堆肥化の際に攪拌用機械等に絡むケースがあるため、注意が必要。
- ・ 年度末の発生量が多く、保管場所が不足していた。余剰分は近隣の酪農家へ運ぶことで対処していたが、相応の保管場所の確保や時期毎の需給関係の事前検討が重要であるといえる。その際に、関係者間の連携が必要であり、役割分担を明確にしておく必要がある。
- ・ ホチキスの針やコーティング紙、ラミネート、CD、修正テープ(ビニール)等の混入がある。家畜への事故は、これまではないが、堆肥化するときに残ったり、機械の刃を傷めたり、絡まったりする問題が発生する恐れがある。本牧場では、納品元(部署等)を特定できるような工夫をし、すぐに連絡を取れる体制をとっていた。



写真1 哺乳子牛の牛床状況



写真2 利用している細断古紙



写真3 畜舎から運び出されたふん尿
(手前の堆積山が本牧場のふん尿)



写真4 堆肥製品

<事例2>

牧場名：田所牧場

住所：神奈川県相模原市

(1) 地域及び経営の概要

相模原市の人口は約72万人で、神奈川県内で第3位の人口規模となっている。緑区、中央区、南区の3区から構成され、「政令指定都市」として、近年、都市機能の集約が図られている。また、都心まで電車で30～40分程度とアクセスが良く、ベッドタウンとしても発展している。

本牧場は、学校や住宅が密集する街の中に位置しており、家族で乳用経産牛30頭、未經産牛11頭を飼養している。畜舎はつなぎ方式で、牛床の後ろにバークリーナーが設備されている。

(2) 敷料として利用の経緯

- ・ 前々から色々、使えそうなものを探していた。
- ・ 当初、おが粉を使用していたが、乳房炎の発生や粉じんの問題があった。
- ・ 次にコーヒー粕を試した。使えそうであったが、水分が高いことが課題であった。
- ・ 次に古雑誌の固めたものを試した。使い勝手は悪くなかったが、経費が高く（2万円/トン）、使い切れなかった。また、砕くのも大変であった。
- ・ その結果、現在の細断古紙に行き着いた。細断古紙は、90Lのポリ袋に入った状態で農場まで運ばれてきて、牛床に播く直前まで開封しないため、外気や雨にあたることなく、雑菌の繁殖が抑えられ、衛生面でも優位性があると考えられる。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 細断古紙は、JA 相模原市の庁舎のものを無償で分譲いただき、使用している。
- ・ 使い始めてから 10 年程度になる。
- ・ JA の支店で細断古紙を見かけ、敷料に使用できそうだと思います、分譲を依頼したのが発端。運搬は、近隣の支店からは直接、支店が運搬し、他の支店は本店に集めて、本店が運搬。頻度は、それぞれ週に 2 回くらいだが、溜まってしまった場合は、農家が保有のダンプで運搬する場合もある。
- ・ 主に搾乳牛（成牛 41 頭中 30 頭程度搾乳）の牛舎で細断古紙を使用している。
- ・ 1 日の使用量は、90L（1 袋くらい）の一輪車×2 杯を朝夕使用している（合計 360L くらい）。ほぼ細断古紙のみで運用している（他、TMR の残渣が若干混入する程度）。
- ・ 敷料は、毎日、朝夕の作業のたびに交換している。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

- ・ おが粉より軽いため、作業性がよい。
- ・ 細断古紙は、無償で入手できるので、価格を気にせず使用できるのがよい。
- ・ たまにホチキスの針など異物が混入するなど質の悪いものもあるが、あった場合は、一般ごみで廃棄している（無償で十分量あるので、在庫等、気にしないでよい）。

(5) 敷料として利用上の問題点

- ・ 細断古紙のストック場所の確保が必要（JA には、保管場所が十分あるので、

現在は問題なく保管できている)。

- ・ ホチキスの針など、異物混入の排除。

(6) 堆肥の製造方法等

- ・ ふんは、振動ふるい機で水分を一次除去した後、更にロールプレスによる脱水で水分を低減し、堆肥舎にダンプで運搬している。水分処理は公共下水を利用している。
- ・ ダンプで搬出時、細断古紙は、ふん尿に混合しており、古紙と判る。
- ・ ハウス堆肥舎へ搬入したふんは、夏はそのまま堆積でもよいが、冬は堆肥舎内に広げて換気扇で送風、トラクターでの攪拌を行い、水分 50%程度(トラクターのタイヤにくっつかない程度)まで乾燥させて、堆積する。または、乾燥させたふんをストックしておいて、搬入したふんと 1:1 程度(容量比)で混合して堆積するようにしている。
- ・ 数ヵ月間堆積して適宜、切り返し、腐熟後、出荷している。
- ・ 堆肥は、副資材の細断古紙は分解してほとんどなくなるので、おが粉を副資材にした堆肥のように残存せず好評である。量も増えないので、管理しやすい。(おが粉は残存して農家には不評(水に浸すと浮く)とのこと)。
- ・ 製品の利用先は、家庭菜園(6割)から露地野菜農家や花卉農家(4割)まで多様。
- ・ バラでの販売や場合により袋詰めも行っている。
- ・ 各時期ごとに多様な顧客があるので、在庫を抱えることはあまりない。



写真 1 細断古紙の保管状況及び
運搬・散布用器具



写真 2 牛舎での細断古紙の使用状況



写真3 搬出時のふんの状況
(細断古紙片が若干見える)



写真4 堆肥舎の状況
(前方にふんを広げ乾燥 両奥に堆積している)

5 キノコ菌床

(a) 生産方法

現在販売されているキノコは、ほとんどが栽培されたものです。

キノコの栽培方法は、①広葉樹の原木（ほだ木）に穴をあけ種菌を植えつけて栽培する原木栽培と、②おが粉に栄養を添加して瓶や袋に詰めて栽培する菌床栽培があります。

キノコの種類としては、シイタケ、エノキタケ、ブナシメジ、ナメコ、マイタケが一般的ですが、外国種のエリンギも増えています。他にも、様々なキノコが人工栽培されています。このうち、シイタケは古くから広葉樹の原木栽培が行われていますが、近年では菌床栽培も多くなっています。その他のキノコはほとんどが菌床栽培です。

菌床は基材となるおが粉に、米ぬか、フスマ、市販されている醸造粕などから作られた栄養添加剤などを混ぜ、水分を調整し瓶や袋に詰め、オートクレーブなどにより滅菌した後、種菌を接種、キノコの種類に合わせて温湿度、照度を管理して3～4ヵ月程度で収穫します。シイタケについては、袋詰めでブロック状にして、全体に菌を蔓延させた後、袋をはがして発芽させます。収穫後、水分を与えて（吸水させて）再び発芽させ2～4回収穫を繰り返します。菌床に使われるおが粉は、値段が比較的高い広葉樹が用いられますが、キノコの種類によっては、針葉樹のおが粉が使われる場合もあります。その一つがエノキタケです。

原木栽培は、純粋に菌が木材を分解して自らの栄養に使い、キノコ（子実体）を発生させるため、廃ほだ木はボロボロになります。これに対し菌床栽培では、主に添加された栄養剤を分解してキノコを発生させるため、用いられた基材のおが粉の分解程度はほだ木よりも進みません。

近年、キノコの価格競争が激しく、コストダウンが迫られています。その方法の一つとして、培地の基材が、おが粉からコーンコブ（トウモロコシの芯を粉砕したもの）に替わりつつあります。コーンコブが用いられるようになったのは、キノコの1株当たりの増収が期待できるためです。コーンコブのほかに、コットンハル（綿実の殻）やバガス（サトウキビの搾りかす）なども利用されることがあります。コーンコブを用いたキノコ栽培は、特にエノキタケで進んでいます。また最近では、ブナシメジやエリンギなどにも用いられるようになりました。

菌床の水分は、キノコの種類によって多少異なりますが、概ね60～70%の範囲です。廃培地の水分は、ブロック栽培では、表面が露出しているため、多少乾燥しています。瓶栽培においては、栽培を終えた瓶から機械によってかき出

された廃菌床は、乾燥されることが無いので水分を含んだ状態です。

敷料として用いるためには、保水性が重要となります。元の水分が高いと、その分、ふん尿の水分を保水できる能力が落ちることになります。

事例1によると、ナメコの廃菌床は水分が高く、敷料には向かないとのことでした。また、ブナシメジの廃菌床も水分が高いとのことでしたが、これは下記のエノキタケと同じコーンコブの使用が原因と考えられます。

同ジエノキタケでも、おが粉を用いた廃菌床は敷料に使えますが、コーンコブを基材としたものは使用しにくいようです。加えて、コーンコブはおが粉より分解しやすく、条件によっては腐敗（嫌気性発酵）が起こりやすく、悪臭を発生しやすいことも敷料に向かない要因と考えられます。

（地独）北海道立総合研究機構林産試験場のキノコ担当者によると、水分の差はそれほどないが、コーンコブは水吸いが悪いとのことでした。実際に、キノコ栽培に用いられているコーンコブを見ると（図14）、穂軸だけでなく、コーン（種子）の皮やその付け根の部分が含まれており、それらが水を吸いにくいいためと推測されます。図15は、コーンコブを水に浸け3晩放置したものです。このように浮いているものも多いことから、水を吸いにくいものが含まれていることが分ります。

なお、エノキタケの栽培において、コーンコブではなく、おが粉を用いる理由として、コーンコブはキノコの1株当たりの増収は期待できますが出荷の際に株を分けての袋詰めが必要となり手間が増えること、また、コーンコブは輸入に頼っていますが、おが粉は地場産のものが使えること、などのようです。



図14 コーンコブ

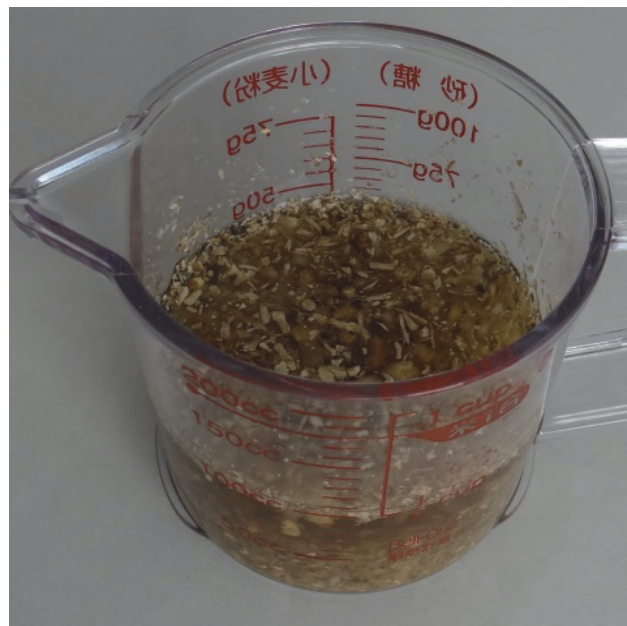


図15 3晩水に浸けたコーンコブ

エノキタケの場合、針葉樹のおが粉を使うことができるため、多くは価格の安い針葉樹を使っていると考えられます。コーンコブを基材とした廃培地は、その水分から、乾燥させなければ敷料としての利用は難しいようです。事例1では、従前、廃菌床のある程度の量が敷料に用いられていたようですが、培地基材にコーンコブが用いられるようになり、その利用法はそのまま堆肥化させたり、燃料としての利用などによって変わってきたとのことです。

(b) 流通

菌床栽培は全国各地で行われていますが、敷料として流通しているところはあまり見られません。

一方、キノコ農家も、廃培地を処理する際には、廃棄物として処理費用を支払わなければならないことが多いようです。そのため、敷料として安く提供される可能性はあります。実際、事例1では、無料で畜産農家の敷料貯蔵庫まで運んでくれるとのことでした。価格を考えると、水分がおが粉より高い短所はありますが、副資材としての利用を含め、今後、利用拡大が期待できる資材でしょう。

廃菌床を敷料として利用する際の課題は、水分などの条件が合うものが、近隣で排出されているかということになります。

(c) 特徴

おが粉を基材とした廃菌床は、水分が高いという点を除けば、おが粉と大きな差はありません。

一方、おが粉と比較して優れている点は価格です。ただし、おが粉よりは水分が高いことから、そのままの使用では、使用できる期間がおが粉より短くなります。また、キノコ栽培において栽培菌以外に害菌(キノコの収穫を妨げる)として、青カビやトリコデルマ(黒カビ)が有名であり、さらにキノコが生える条件は、カビなどの雑菌も繁殖しやすい条件であるとともに栄養分も多く含むため、水分や温度条件によっては様々な雑菌の繁殖が考えられます。また、悪臭や発酵による発火などへの注意も必要となるでしょう。

(d) 敷料としての利用時のポイント

おが粉を基材とした廃菌床は、水分を多く含んでいることから、長期間の利用のためには、ある程度乾燥させることが望ましいです。このことは雑菌の繁殖を抑えることにも有効と考えられます。また、場合によっては発火の恐れもあることから、乾燥が進むよう水分を下げるとともに、発酵による熱の発生を抑えるため、保管の際にはあまり高く積み上げないよう心掛ける必要があります。

す。

(e) 副資材としての利用時のポイント

敷料として利用した後の堆肥化については、キノコ栽培によっておが粉は多少なり分解されることから、おが粉そのものよりも分解は早くなります。したがって、木質の見た目を嫌う耕種農家であっても、受け入れてもらえる堆肥が得られやすいでしょう。

廃菌床は、おが粉よりも栄養が豊富であり、副資材としても、良質な堆肥化のために有効と考えられます。

コーンコブを用いた廃菌床も敷料としてはお勧めできませんが、副資材としては十分利用できます。コーンコブ自体、おが粉よりも分解が早いうえ、キノコによって分解されていることから、良好な堆肥化が進むように添加できれば、栄養も豊富であり、有望な資材と考えられます^{1) ~3)}。

参考文献

1) 副資材としての生キノコ廃床の特性と乳牛ふんとの混合堆肥化(小柳ら 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告 p.30-35 2003.3)

<http://www.ari.pref.niigata.jp/chikusan/bulltin/H14PDF/14-6.pdf>

2) コーンコブを主体とするきのこ廃培地堆肥の肥効特性(山田ら 日本土壤肥料学雑誌 80 巻・3 号, p.280-284 2009.6)

https://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto18/11/18_11_09.html

3) コーンコブ廃培地の特徴

<http://lotus.uzusionet.com/pdf/087.pdf>

キノコ菌床の活用事例

<事例 1 >

牧場名：農事組合法人奥信濃畜産

住所：長野県中野市

(1) 地域及び経営の概要

中野市は、長野県の北東部に位置し、経営耕地面積 2,990ha、総人口 44,218 人のうち、農業就業人口は 3,684 人である(経営耕地面積は農林水産省統計部の面積調査の平成 28 年値、総人口は中野市調査の平成 26 年値、農業就業人口は 2015 年農林業センサスの平成 27 年値)。

本市の農業算出額は 969 千万円(農林水産省統計部の平成 26 年市町村別農業算出額(推計))で、果樹類が 65%を占めるなど、ぶどうや桃、りんごなどの果樹類を主体とした全国有数の園芸農業地帯である。

一方、キノコの産地としても有名で、特に「エノキタケ」の歴史は古く、日本一の生産量を誇る。

本牧場は、法人経営で黒毛和種の肥育牛を 450 頭飼養している。労働力は、経営主のほかに従業員を 4 名雇用している。飼料中にりんごの搾り粕などを配合することで、「りんごで育った信州牛」として販売している。畜産用施設は、畜舎 11 棟、堆肥舎 2 棟、敷料保管庫 1 棟を所有している。全ての畜舎に直下型扇風機が付いている。

(2) 敷料として利用の経緯

本市では、昔から、冬の作物が育たない時期に副業として、キノコの栽培を行う園芸農家が多くいた。先代の時代に、廃培地の処理に困った近隣の園芸農家から廃培地の引き取り依頼があり、現在までに至っている。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 廃培地は、キノコ農家が牧場内の敷料保管庫まで無償で運んでくれる。
- ・ キノコの生産が盛んな秋から年末にかけて、月に 200 トン以上の受け入れを行っている。
- ・ キノコの品種は、主にエノキタケで、培地の基材としてコーンコブではなく、従来のおが粉(スギと思われる)が主体となっている。
- ・ 1 牛床(9~10 頭)当たり、ホイールローダーで山盛り 1 杯(1.1 m³程度)散布し、敷料の交換は、夏は 1 ヶ月に 1 回、冬は 2 週間に 1 回行っている。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

本地域のおが粉購入価格が 2,000 円/m³以上するのに対して、キノコ廃培地は、キノコ農家のために処理を行っていることから、廃培地代は無償で運賃代はキノコ農家が負担しており、敷料コストが全くかかっていない。また、廃培地の主原料がおが粉であることと、直下型扇風機により床が乾燥しやすいということと、出荷前の肥育牛は床が汚れにくいことから、半年間交換を行わなくても平気な牛床もある。むしろ、乾燥しすぎて、バリバリと床をはがすような感じになる。

(5) 敷料として利用上の問題点

キノコ農家が栽培する品種等により、培地に用いる原料が異なるため、取引先の固定を行わないと敷料資材として品質のばらつきが発生する。

キノコ栽培において、コスト削減を目的に培地にコーンコブ(とうもろこしの芯)を基材として利用する農家が増えているが、水分含量が高く、そのままでは敷料利用に向かないと考えられる。

コーンコブ培地は水分含量が高く腐敗もしやすいことから、臭いが他の培地と比べてきつく、近隣が住宅地の畜舎では臭気の問題が懸念される。

ナメコやブナシメジの培地は水分含量が高く、敷料利用に向かないと考えられる。

冬と夏で発生量が異なることから、計画的に確保する必要がある。

(6) 堆肥の製造方法等

- ・ 2～3 ヶ月間、積み上げ堆肥舎で適宜切返しを行っている。
- ・ 堆肥は、牧場から片道 30～40 分離れた場所のりんご農家やアスパラ農家等に主に販売している。
- ・ 販売価格は、2,500 円/m³だが、本牧場が運搬する場合は 5,000 円/m³である。
- ・ 秋と春に堆肥の需要が集中することから、未熟堆肥のまま販売することもあるが、園芸農家が自ら養生やブレンドして畑に散布していることから、特に問題は生じていない。



写真1 キノコ農家から持ち運ばれたキノコ菌床



写真2 肥育牛の牛床状況



写真3 畜舎から運び出されたふん尿
(固まりがゴロゴロと分かる)



写真4 需要が高く堆肥が少ない状況

6 メタン発酵残さ

(a) 生産方法

家畜ふん尿を原料としたメタン発酵施設は、家畜ふん尿を混合槽で均質に混合してからメタン発酵槽へ投入し、20～40 日間滞留させてメタンガスを発生させ、発酵処理の終わった消化液を液肥として飼料畑（草地）等に散布して利用しています。消化液はそのまま液肥として、飼料畑に散布して利用する方法や、消化液を固液分離し、固形分を乾燥・殺菌して再性敷料として利用し、液分は飼料畑に散布して利用する方法などがあります。前者は、一般的に行われている方法ですが、SS（浮遊物質）分も多いことから散布時期は作物の収穫後や作付までの期間が長いときに散布されることが多いです。後者は、消化液中の固形分を固液分離機で分離して、メタン発酵施設で得られた熱エネルギー（温水、温風、電気など）を利用して乾燥し、家畜の敷料として使う方法です。このメタン発酵残さは乾燥されているため、水分が低く、取扱性が容易で酪農家の敷料として使われています。液分のほうは SS（浮遊物質）が少ないために草地等への散布がし易くなります。

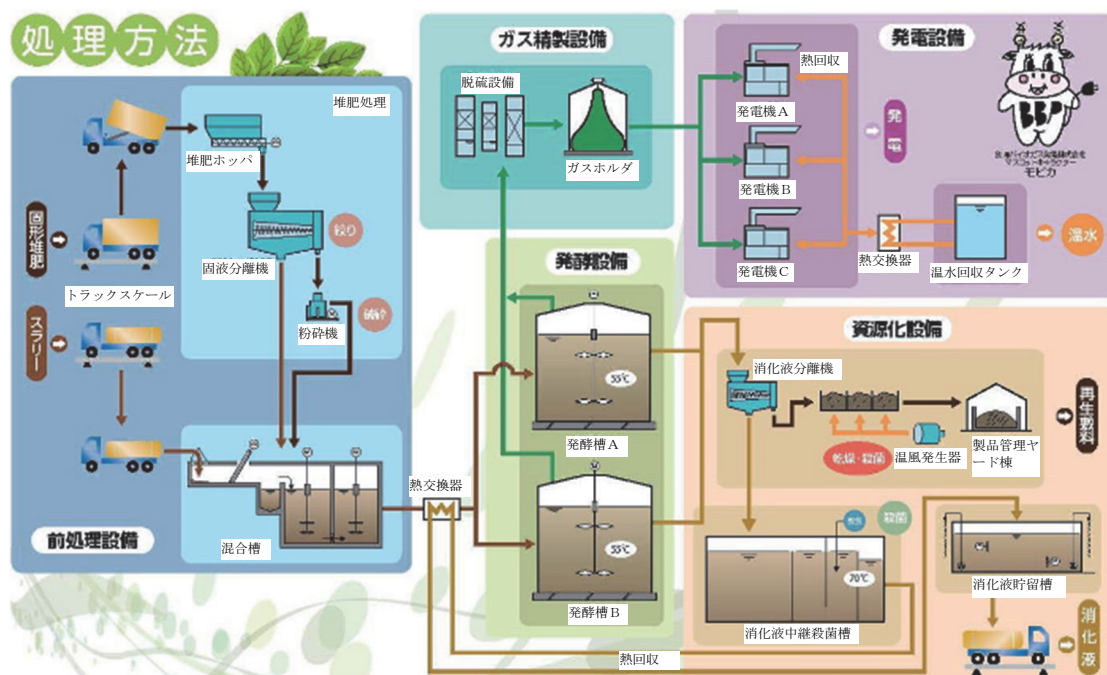


図 16 別海バイオマス発電所の処理方法(HP より引用)

(b) 流通

メタン発酵残さは、メタン発酵施設近隣の酪農家の牛舎に敷料として散布、利用されています。別海町のバイオガスプラントでは、近隣の約 20 戸の酪農家が敷料として利用していますが、生産量が限られており、広範囲な流通まで

には至っていません。

(c) 特徴

メタン発酵残さは、高温を使った乾燥工程を経て乾燥しており、繊維状を呈しているもののかなり細かく均質化しているため、取扱は容易です。ただ、細かいが故に水分を吸収し易く、敷料として使用した後は重くなるため、ボロ出しにはローダ等の機械が不可欠です。おが粉と比べると吸水性が高いため、団子状になり易く、使用時には様子を見ながら、堆肥が団子状になる傾向が出てきたならば、新たな再生敷料（メタン発酵残さ）を使うなど工夫が必要です。メタン発酵残さは、乾燥過程で高温処理されているため雑菌がないので、敷料として安心して使うことができます。生のおが粉は、雑菌が繁殖しやすく酪農家の牛床に敷料として使うことは敬遠されますが、メタン発酵残さは、安全・安心な敷料と位置づけられています。

(d) 敷料としての利用時のポイント

メタン発酵残さが敷料として利用される最大のポイントは、おが粉と比べて安価であり、高温処理を経ているために雑菌が少なく、安全で安心して使うことができる点です。ただどこでも入手できるものではなく、大型のメタン発酵処理施設が畜産農家の近くにあることが条件になろうと思われれます。施設との距離が離れると運搬にかかる費用が嵩み、コスト高になってしまうからです。代替敷料が不足する中で、メタン発酵施設で発生する電力、余剰熱エネルギーを活用して、消化液の固形分を乾燥・殺菌し均質で安全な再生敷料を生産する技術は、今後、メタン発酵で売電等を計画している農家等には導入したい技術としてお勧めします。

(e) 副資材としての利用時のポイント

メタン発酵残さは、高温処理されているため安心して敷料として使うことができます。また、水分が低く繊維状を呈しているため、堆肥化の副資材としても利用することができます。ただ、均質で細かいために水の吸水性が高いことから堆肥原料の水分が高いと混合したときに重くなり、通気性が確保されなくなる可能性があるため、堆肥原料の水分が高い材料は、通気性が悪くならないよう注意して使うことが望まれます。

メタン発酵残さの活用事例

<事例 1 >

牧場名：(株) 齋藤牧場

住所：北海道野付郡別海町

(1) 地域及び経営の概要

別海町は北海道の東部、根室管内に位置し、乳牛 10 万頭以上を飼養する日本一酪農業が盛んな町である。また、冷涼な気候と広大な草地資源、さらには摩周湖の伏流水を水源とする豊富な水資源を活かした、大規模な草地型酪農が展開されている。本町の農業産出額は、約 553 億円（農林水産省統計部の平成 26 年市町村別農業算出額(推計)）と全国トップクラスの農業産出額を誇り、うち生乳によるものが約 80%を占めている。

本牧場は家族 4 人経営で、経産牛 119 頭、未経産牛 98 頭を飼養している。畜産用施設は、フリーストール畜舎とアブレストパーラー、尿汚水処理水槽、堆肥舎などを所有している。草地は 120ha で、本牧場も参加するコントラクターによる自給粗飼料生産に取り組んでいる。

(2) 敷料として利用の経緯

本牧場から片道 20 km ほど離れた場所に、平成 27 年 3 月、日本最大規模の別海バイオマス発電所が完成。本施設は、酪農家から購入する家畜排せつ物を主原料として、メタン発酵によるバイオガス発電と消化液及び再生敷料（以下、「メタン発酵残さ」という。）の製造・販売を行っている。

本牧場は、近隣の酪農家がメタン発酵残さを敷料に利用しているのを見て、平成 27 年末から利用を開始。

(3) 敷料としての利用状況

- ・ 年間購入量は 672 m³。
- ・ 週に 1 回、4 t ダンプで運送業者に運搬してもらっている（自己負担）。
- ・ メタン発酵残さの購入価格は 2,100 円/m³（運賃込み）で、おが粉の購入価格の 40%と、安価で入手している。
- ・ 1 日 1 回、除糞作業のときに継ぎ足し方式で敷料を追加している。全頭の牛床にメタン発酵残さを使用したいが、必要量が入ってこないため、乾乳前期の牛はおが粉を使用している。

(4) おが粉との相違点（農家の感想を含めて）

- ・ おが粉の購入価格の 40%と安価であり、敷料の機能は、おが粉と変わらない。また、おが粉使用の時と比べて、乳房炎の事故がない。（メタン発酵残さを製造する際に高温処理されており、病原菌が死滅しているため）

(5) 敷料として利用上の問題点

- ・ 吸水すると、重くなる。作業性が低下する。
- ・ 供給量の問題。消化液の販売が思わしくないと、原料の受入制限となるため、メタン発酵残さの生産量が減少する。

(6) 堆肥化の状況

敷料利用後は、固液分離し、液体は貯留槽へ、固形物は堆肥舎へ運ぶ。堆肥及び液体(スラリー)は、自己の草地へ散布している。

別海バイオマス発電所への堆肥及びスラリーの販売は行っていない。

(7) 敷料として利用上の問題点

メタン発電の排気を使い、乾燥して、再生敷料として使っているが、水分が低く、材質も均質であり、敷料としては良質な資材である。ただし、メタン発酵処理を経ているために、分解も早いと考えられるため、多量に使用したり、何回も使用すると牛舎内で固まりができやすく、敷料としての機能が失われることがあるため、使用方法には注意が必要と考えられる。



写真 1 製品(消化液と再生敷料)



写真 2 完成したばかりの再生敷料

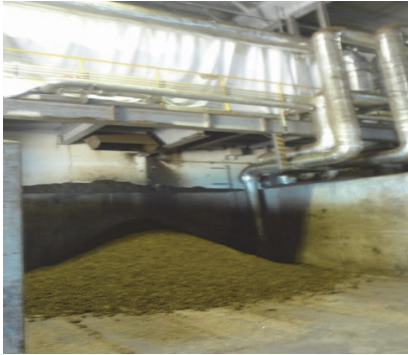


写真 3 発酵槽通過後、固液分離したもの 写真 4 写真 3 を下面から乾燥するためのスペース

付 録

表1 主な副資材の特徴

	利 点	欠 点	備 考
稲ワラ・麦稈	① 材料の通気性改善効果大 ② 分解比較的容易	① 収集時期が限定される ② 収集作業が多労 ③ 処理施設によっては細断必要	① 収集作業の共同化（機械化）必要 ② 粗飼料として利用される場合が多い
モミガラ	① 材料の通気性改善効果あり（未粉碎） ② 粉碎すると吸水性高まる	① 分解が比較的困難 ② 粉碎に多エネルギー必要	共乾施設で発生するモミガラの有効利用が必要
オガクズ バーク	① 材料の通気性改善効果・吸水性あり	① 入手がしだいに困難（高価のため） ② 分解が比較的困難 ③ 作物の育成阻害物質を含むものあり	常時一定量入手可能な相手先の確保必要
無機質資材 （パーライト など）	① 材料の通気性改善効果・吸水性あり ② 安定した必要量の確保可能 ③ 分解しない	① 高価である	① 使用量を極力少なくするよう畜ふんの水分低下をはかる ② 製品が高価販売できるよう努める
戻し堆肥	① 材料の通気性改善効果・吸水性あり（ただし低水分の場合） ② 確保が比較的容易	① 高水分の場合は通気性改善効果小 ② 分解による発生熱エネルギー小または無し ③ 販売できる製品量が少ない	① 戻し堆肥の水分を低下させる乾燥施設を設ける必要あり ② 共同処理施設などでは、この例が多い

資料：堆肥化施設設計マニュアル（H15 中央畜産会）より引用

表2 敷料および副資材の種類

		水分%	仮比重	m ³ /トン	吸水比	pH	多孔性
植 物 系	オガクズ	25~35	0.2~0.25	4~5	3.5~4.5	6~6.5	非常に多い
	木工くず	5~10	0.2~0.4	2~5	4~5		＃
	モミガラ（原）	5~15	0.2~0.3	3~5	1~2		少ない
	モミガラ（粉）	10~15	0.4~0.5	2~2.5	4~5		非常に多い
	バーク	40~55	0.7~0.9	1~1.5	1	7<	少ない
	稲ワラ	5~10	0.2	5~6	4~5		多い
	麦ワラ	5~10	0.1	10	2~4		少ない
	トビ粉	7~15	0.6	1.5	4~		非常に少ない
	食品粕類	75~85	0.8	1~1.5	(2~3)	6~7	＃
新聞紙（古紙）	10			4~5		＃	
鉱 物 系	ゼオライト	10~20	1.5	0.6	~2		非常に少ない
	パーライト	5>	0.2	3~5	0.5		＃
	パーミキュライト	5>	0.1	8~10	3~4		多い
	ALC-P	8~15	0.5~0.6	1.5~2	2~3	8~9	＃

稲光健二ほか：促成堆肥調製に関する試験Ⅲ，群馬県畜産試験場研究報告，1979

＃：特殊肥料利用の手引き（有機資材編），群馬県特殊肥料協会，1989

注：1）オガクズは，スギ，カラマツ，ハンノキ，ブナ，ラワンの総平均。

2）木工くずは，自動カンナくず，ノコギリくずの平均。

3）バークは，スギ。食品粕類は，コーヒー粕，茶粕，ビール粕など。

4）食品粕類の吸水比は，乾燥後水分45~50%の状態をいう。また，価格は現物の場合。

5）吸水比の測定：ナイロンストッキングに資材を入れ，水に24時間浸漬後，4時間以上（水滴の落下が認められなくなるまで）経過してから重量を測定。

資料：堆肥化施設設計マニュアル（H15 中央畜産会）より引用

表3 各種副資材の性質および性状

資材	水分 (%)	容積重 (t/m ³)	吸水率 (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	セルロース (%)	ヘミセルロース (%)	リグニン (%)
オガクズ	25~45	0.2~0.25	280~450	44~60	0.03~0.53	230~1,670	50~60	10~25	20~38
杉	17.1~26	—	310	45.2~50.9	0.08~0.16	283~636	49~56.6	13.5~21.1	28~37
松	15.2~29	—	280	44.8	0.13	345	48.6~58.3	13.7~23.8	24.9~31
桧	24.5~31	—	350	43.9~51.6	0.04~0.19	231~1,296	50.8~58.1	12.3~20.7	25.7~35
ラワン	23.7~27	—	280	46.0~48	0.11~0.13	354~436	—	—	28.9
米松	15.2	—	—	50~60.1	0.03~0.53	1,150~1,670	—	—	25.6
ヘムロック樹皮 (バーク)	45	—	—	52.4	0.24	218	21.9	11.7	38.1
チップ	19.3	0.1	152	45	0.1	450	—	—	—
稲ワラ	9.7~15	0.05	300~430	35.6	0.61	58	24.7	20.6	7.7
小麦ワラ	9.2~11.9	0.03	226~498	37.3	0.30	124	—	—	—
大麦ワラ	12~15	0.02	285~443	—	—	—	—	—	—
モミガラ	9.5~15.0	0.1~0.13	75~80	33.5~39.8	0.56	60~72	32~42	29~37	1.3~38
粉モミガラ	8.3~9.1	0.2	136~250	—	—	—	—	—	—

資料：堆肥化施設設計マニュアル (H15 中央畜産会) より引用

平成 28 年度 家畜排せつ物利活用推進事業に係る企画検討会委員名簿

竹本 稔 神奈川県農業技術センター生産環境部土壌環境研究課 主任研究員

駄田井 久 国立大学法人岡山大学農学部環境生命科学研究科 准教授

道宗 直昭 一般財団法人畜産環境整備機構畜産環境技術研究所 研究統括監

早川 治 元日本大学生物資源科学部 元教授

森田 一行 一般社団法人全国木材組合連合会 常務理事

山崎 亨史 地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部 林産試験場
技術部 製品開発グループ 主査(技術開発)

(敬称略、五十音順)