

木質系家畜敷料の性能と上手な使い方

技術部 製品開発グループ 山崎 亨史

■はじめに

家畜の飼育において、家畜の種類、飼育方法によっても異なりますが、家畜の安楽性や糞尿処理のために、敷料が用いられています。この敷料は、元々敷きわら、寝わらと呼ばれ、稲わら、麦わら（麦稈）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（鋸屑）などの工場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」（家畜排せつ物法）により、糞尿処理を適正に行う必要が生じたこともあり、工場残材だけでは足りなくなり、特に北海道では畜産業が多いことから、パルプ材（主に間伐材）を直接敷料に加工することも多くなりました。

一方で、全国的には、電力固定価格買取制度（FIT）による大規模な木質バイオマス発電が各所で計画、稼働し始めています。更に、公共施設等において重油ボイラーからバイオマスボイラーに転換する動きも増えていることから、原料となるパルプ材の競合が始まっています。

また、製材工場等の木材産業では、加工量が減少し、工場残材の発生量も少なくなっています。

このような状況から、畜産サイドでは敷料の入手が困難になったり、価格の上昇から経営を圧迫するなどの状況が生じており、農林水産省ではその対策として、家畜排せつ物利活用推進事業を行っています。その事業の中で独立行政法人農畜産業振興機構の補助を受けた公益社団法人中央畜産会は、同事業の企画検討会を開催するとともに、対策のための調査等を行いました。筆者は平成28年度から同事業の企画検討会委員として会議のほか、調査（写真1）、報告書¹⁾の作成などに参加しました。今回は、その内容を含め、おが粉とその代替となる敷料の活用法について紹介します。

■敷料の種類

まず、敷料の種類について紹介します。敷料を分類すると農産物系、木質系、有機廃棄物系、無機系があります。

農産物系には、稲わら、麦わら（麦稈）、もみ殻、

乾牧草などがあります。もみ殻はそのまま用いる場合と、爆砕して改質したものがあります。乾牧草は他の敷料が入手しにくい場合、餌にならないものを用いています。

木質系には、鋸屑、おが粉（専用機使用）、バーク（樹皮）、チップダスト、カッター屑、カールマットなどがあります（写真2）²⁾。おが粉製造機には、丸鋸式、カッター式があり、丸太などを切削によって粒状にすることができます。その他に破砕式の製造機があり、そのおが粉は木材の性質からややとがった細長い形状をしており、ピンチップ（破砕チップ）と呼ばれ、チップダストと同じ様な形状をしています。

有機廃棄物系として、古紙、廃菌床、建築解体材、お茶がら、コーヒーかす、バイオガス残さなどがあります。

古紙は細断されたもので、販売されているものと事業所等からのシュレッダー屑をそのまま受け入れる場合があります。

廃菌床はきのこ栽培後の廃培地です。主たる基材はおが粉となっています。しかし、近年はエノキタケなどの栽培にコーンコブ（トウモロコシの芯を粉砕したもの）を用いることが多いのですが、水分が高く、敷料にはあまり適さないとのことでした。使いやすいのはおが粉を用いた廃菌床のようです。

建築解体材は、破砕式の製造方法により、前述の



写真1 廃菌床敷料で飼育される信州牛



写真2 木質系敷料（上からおが粉，ピンチップ，カールマット）²⁾

ピンチップと形状が同じで、こちらもピンチップと呼ばれることもあります。樹種を含め正体不明なものも含まれる可能性があります。

お茶がら、コーヒーかすは飲料メーカーで大量に発生しているようです。

バイオガス残さは、木質系敷料を含む糞尿スラリーをメタン発酵させた後の固液分離によって排出

されたものを乾燥させて利用します。

無機系には砂、粉碎貝殻などがあります。砂は、洗い砂や焼き砂が使われているようです。貝殻はホタテ貝殻を焼成粉碎されたものが販売されています。

■敷料に求められる性能

林産試だより2004年11月号でも木質系敷料について紹介していますが、ここで改めて家畜敷料に求められる性能を整理してみます。

元々の敷料は、寝わらと呼ばれていたように家畜の安楽性をもたらすものと考えられます。しかし、近年では1軒当たりの飼育頭数が増え、それにより糞尿（排せつ物）が増加したことから、その処理用資材としての意味合いが大きくなったと考えられます。更に、家畜排せつ物法では、その適正な管理を求めており、このことにより敷料の需要が高まりました。

敷料に求められる性能を分類すると、農家としてか、あるいは家畜そのものに対してかに分けることができます。

農家にとって敷料は、直接生産性に関係しないと考える人も少なくなく、なるべくお金をかけたくないところだと思われれます。しかしながら、糞尿は毎日出るものであり、適正処理のためには、一部の飼育方法を除いて敷料は不可欠となります。そのためコストパフォーマンスが求められます。その際に要求される性能は、経営面、作業性、堆肥化が考えられます。さらに、特に都会に近い農家には環境面も求められます。

経営面で考えると年間でどれだけ使用し、いくら費用がかかるかということになります。したがって、価格が安いだけでなく、どれだけの期間使用できるかによってもコストが変わってきます。

作業としては、敷設と排出があり、交換回数が少ないほど負担が少ないといえます。その点では、糞尿を流出させないなど高い保水性が求められます。

排出された糞尿を含む敷料は、堆肥化することで堆肥や戻し敷料（たい肥を敷料として再利用する）として利用可能になります。使用している敷料、あるいは農家の判断によって排出時の水分量は異なると考えられますが、適正な堆肥化を行うためには、好気発酵の条件である、適度な水分と空気（酸素）が必要であり、多くの場合は、副資材を加える必要があります。副資材も敷料と同様のものが利用され、一般的にそれらを含めて敷料と呼ばれています。なお、堆肥化に求められるものとしては、水分調整能、

通気性、分解性、含有成分（生育阻害など）が考えられます。

敷料によって、畜舎の清潔さを保ち、悪臭を防ぐことも可能です。敷料不足は、嫌気性発酵により悪臭をもたらす、ハエなどの害虫も呼びやすくなるとともに、それらの繁殖場所となる可能性があります。その際、害虫によって持ち込まれた病原菌が増殖することも考えられるため、敷料の量や形状による空隙の確保が重要となります。

一方、家畜に関する性能を分類すると、安楽性と安全性に分けることができます。これらは、結果として生産性に関与し、農家の経営に影響するものが多いと考えられます。

安楽性にはクッション性、保温性、水関連の性質（透水性、保水性）、歩行性などがあげられます。

クッション性と保温性に関しては、畜舎の床がコンクリートとなっていることが多く、直に寝そべると固く、また、熱を奪われることから、家畜にとってもストレスになると考えられますが、それらは敷料によって解消することができます。

水関連の性能としては透水性と保水性があります。尿をした時に、透水性が悪いと尿が上にたまり、体を濡らすこととなります。また、床がコンクリートの場合、床面は濡れた状態となります。そこで敷料に保水性があると、畜体を濡らさずに済みます。

歩行性は、特に搾乳牛に求められる性能で、自由に歩き回れることが求められます。また、安全性の上で、足に刺さったり、転んだりしないことも求められます。

安全性は家畜の健康に関することで、病気を引き起こさないことが求められます。摂食の際の安全性、付着性、乳牛の乳房炎の原因とならない、粉じんとして舞い上がらないことなどがあげられます。

付着性は、糞尿が畜体に付着して汚し、病気の原因にならないことです。水分が多くなると、水の表面張力が働き、付着しやすくなります。（これは、ガラスに水を垂らして重ね合わせたときに、はがれにくくなることと同じ原理です。）

乳房炎は、乳首から乳房に菌が入り込むことで発症すると考えられ、乳首を傷つけないことや、雑菌を繁殖させないことが望まれます。

餌ではありませんが、木質系の敷料を家畜が口にしてるところを農家は目にしています。本格的に食べるわけではありませんが、毒性のあるものやアレルギーを引き起こすものは避ける必要があります。

木質系の場合、薬剤処理材等が混入する可能性がある解体材や、抽出成分の多い南洋材の使用には注意が必要となります。また、粉じんとして舞い上がることは呼吸器系への影響も考えられるため、農家は敬遠する場合があります。

■おが粉の優位性

ここで、木質系の敷料、特に鋸屑を含めたおが粉の優位性を紹介します。

まず、第一に挙げられるのが、資源量が豊富な点です。このことが、入手を容易にしています。とはいえ、先に述べたように、他の用途との競合により入手しにくくなったり、価格が上昇していることは畜産業にとっては由々しき問題です。

先に紹介したように求められる性能には、透水性や保水性など水に関連するものが多く含まれています。他にも、たい肥化の際の水分調整、保水性による使用期間、発酵による自然発火、飛散、付着、通気性、悪臭、ハエ、病原菌などにも関係しています。

使用期間は保水力が高いほど長くできることから、総合的に判断すると保水力が高いものが良いといえます。この保水力が高いものとして挙げられるのがおが粉です。

木材の主要成分であるセルロース、ヘミセルロースは親水性です。同じく主要成分のリグニンは疎水性ではありますが親水性も保持³⁾して、木材全体としては親水性です。

一方、ワラやもみ殻は植物体の表面（外皮）の割合が高くなっています。植物体の表面は、クチクラ層があり⁴⁾、水の蒸発を防いでいると同時に、外から水がしみこまないようにする働きもあります。また、表皮の外側に蠟を分泌するものもあり、これにより撥水性を持つことから、保水性は低くなっています。同様にバークも保水性は低いです。

保水性の高いものを求めるのであれば、粒の小さいものが有効です。

敷料に用いられる針葉樹の組織はストローを束ねたような構造をしています。そのストローに例えられる仮道管という細胞は、樹種によって異なりますが長さ1~6mm程度で両端がすぼんでいます⁵⁾。そのままでは内部に水を取り込みにくいことから、分断する必要があります。半分に切っただけでは、空気は抜けにくく、水は入り込みにくい（図1）ことからまさにストローのように両端に穴が開いた状態を作ることで水は細胞内に入り込みやすくなります。

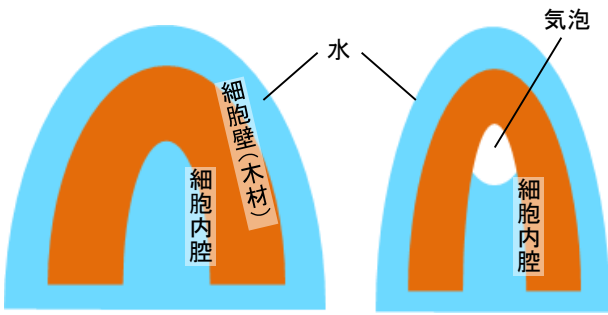


図1 表面への付着水と細胞内腔への吸水⁶⁾
(針葉樹組織の端部イメージ)

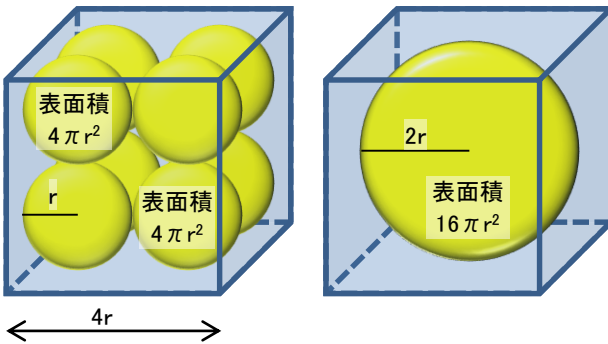


図2 容積あたりの球と表面積⁶⁾

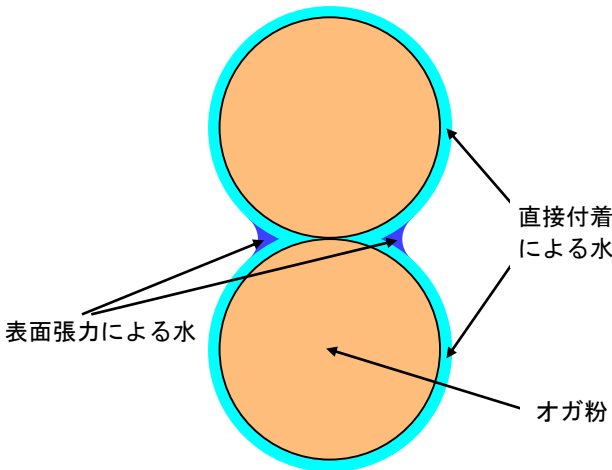


図3 表面張力による付着水⁷⁾

者を比較するとrの方は $8 \times 4 \pi r^2$ であるのに対し、 $2r$ は $16 \pi r^2$ ですから、 r を入れた方が2倍の表面積になります。接しているところに水は存在できませんが、その代わりに、図3に示すように表面張力により増える分もあり⁷⁾、細かなおが粉の場合、空間は水で満たされてしまいます。

このことは利点である一方、不利に働くことがあります。それは酸素が少なく、嫌気性発酵となりやすく、悪臭を発生させるとともに、たい肥の場合、良好な発酵が起こらない点です。水は空気に比べて含み得る酸素の量は、空気の20分の1程度⁸⁾であるからです。したがって、悪臭がしてきたら敷料を加える、たい肥化の際はパークなどの副資材を加えるなどの対策が必要です。

おが粉の場合、においも利点と考えられます。敷料に用いられる樹種は針葉樹が多く、これらには精油が含まれ、精油には人の疲労を軽減する効果などが報告されています⁹⁾。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、管理の悪い畜舎に比べ、作業者は過ごしやすく感じます。そして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し、生産性の向上につながっているかもしれません。

また、木材は分解性が低いことから、良好なたい肥化処理を行って、病原菌等を死滅させ、戻し敷料として再利用を図ることができる点もおが粉の利点といえます。

■古紙について

一般的に使われている洋紙は、木材から作られています。新聞紙は機械パルプと呼ばれる木材をすりおろすようにして繊維状にしたものを紙に抄いています(最近では古紙の割合が多い)。

一方、コピー用紙などは化学パルプと呼ばれる薬品を使って繊維状にして抄いたものです。

いったん、話題を変えます。筆者が参加した委員会の会議の中で、古紙の利用状況を調査された委員から、使用している農家の感触として、古紙(シュレッター裁断紙の事例)は初期の水分吸収が悪いという報告がありました。紙は印刷やペンなどによる書き込みの際、滲まないようにサイズ剤^{にしじ}というものが入れているということは耳にしたことはありましたが、改めて紙について調べなおしました。すると、抄紙(紙を抄くこと)時にサイズ剤のほかに填料(てんりょう)というものも加えられているこ

とがわかりました¹⁰⁾

サイズ剤は、滲み止め（sizeの意味に滲み止めがある）の薬品であるのに対し、填料は白さを増すとともに、裏抜けを防ぐとあります。パルプだけで抄いた紙は後ろが透けて見えるため、炭酸カルシウムやタルク（白い石の粉）などを加えているようです。

パルプ自体は水をよく吸うのですが、サイズ剤は滲みを防ぐということでやや水を吸うのを弱め、填料にはパルプほど親水性は無いと考えられることから、農家の方はそのような印象を受けたのでしょう。

とはいえ、古紙はワラやもみ殻よりは保水力が高い素材で、逆に水を吸って泥状になること（泥濘化）が懸念されています¹¹⁾。

■コスト低減に向けて

今回、調査対象とならなかったのですが、お茶やコーヒーのかすはもみ殻などと違い、保水性は高いように思われます。実際、お茶やコーヒーを入れる際、お湯が十分染み渡っていることがわかるでしょう。これらを飲料メーカーなどから安く、水分の低いものが入手できればコストを抑えることができます。バイオガスプラントのメタン発酵残さも同様です。しかしながらこれらを手入れできる地域は限られています。その点を考えると多少価格が上がっても、保水性の高いおが粉を用いるのが良策と考えられます。

シュレッダー裁断古紙は、事業者から安く入手できれば、敷料や、副資材として利用でき有望な資材です。ただし、混入異物や泥濘化などの課題もあります。

その上で、敷料として使用したものの多くはたい

肥化が必要です。おが粉の優位な保水力で限界まで糞尿を吸わせたものは、水分が高く、空隙がないため、酸欠による嫌気性発酵となり、良好な発酵となりません。良好な発酵をさせるためには、水分調整や空隙率向上のために、副資材を加える必要があります。その際に、おが粉は価格が高いため、比較的安いバークを加えるのが良いでしょう。バークは親水性が低く、保水性はあまりありませんが、粒がおが粉より大きいため、より効果的に空隙率を上げることができます。また、ワラやもみ殻も空隙率を上げる有望な副資材です。

以前、バイオベッド（おが粉をふんだんに使い、その場で糞尿を分解させる飼育方法、写真3）で乳牛を飼育している農家を調査した際に、数字としては出せないが、確実に生産性は上がっているとの話を伺いました。バイオベッドではなくても、ふんだんにおが粉を使うことで生産性を上げることが期待できます。おが粉の価格が上がっている分、副資材を工夫して対応いただきたいと考えます。

■参考資料

- 1) 中央畜産会：おが粉代替敷料利活用マニュアル 平成29年3月
- 2) 北海道酪農畜産協会：平成14年度畜産環境対策緊急推進事業家畜敷料確保体制整備支援事業報告書 平成15年3月
- 3) 桑原正章編（中坪文明）：もくざいと環境-エコマテリアルへの招待，海青社（1997）
- 4) 猪野俊平：植物組織学，内田老鶴圃（1954）
- 5) 島地謙，須藤彰司，原田浩共著：木材の組織，森北出版（1976）
- 6) 山崎亨史：デーリィマンVol. 62 No. 5(2012)
- 7) 北海道酪農畜産協会：平成15年度畜産環境対策緊急推進事業家畜敷料確保体制整備支援事業報告書 平成16年3月
- 8) 日本分析化学会北海道支部編：新版水の分析，化学同人（1971）
- 9) 谷田貝光克：森林の不思議，現代書林（1995）
- 10) 原啓志：紙のおはなし，日本規格協会（1992）
- 11) 北海道立農業・畜産試験場家畜糞尿プロジェクト研究チーム：家畜糞尿処理・利用の手引き1999，北海道農業改良普及協会。



写真3 バイオベッドで飼育されている乳牛