

発酵床式フリーバーンの確立を目指して

雪印種苗(株) 千葉研究農場

本 間 満

1 はじめに

酪農経営を行う以上、ふん尿処理は避けては通れないものになりました。河川や地下水の汚染、悪臭の問題は深刻です。もはや、これまでのようなふん尿処理の継続は困難です。また一方では、多頭化によって経営規模の拡大を図ることが1軒当たりのふん尿発生量の増加につながり、ふん尿処理設備を導入する必要に迫られ、かなりの出費を伴うことになります。堆肥舎を設置する場合でも、1頭当たり8~10m²程度の堆肥舎面積を必要とし、多額の建設費を必要とします。

今回は、この問題の解決の糸口になりえる「発酵床式フリーバーン」の紹介をいたします。

2 発酵床式フリーバーン

発酵床をご存知でしょうか。この技術は1980年代に豚舎で注目を受けたものです。豚が排せつするふん尿をおが屑などの水分調整材に吸着させ、豚の運動によって混合・かくはんし、好気性発酵をさせ、水分の蒸散、堆肥化、豚の飼養が同時に出来るものです。しかし管理を誤ると、寄生虫・病原菌がまん延し、生産性を大きく低下させてしまいます。そのため、衛生管理が特に重要な乳牛においては、導入しにくい技術であることも確かです。しかし最近、酪農でも発酵床式フリーバーンを取り入れる人々が現れました。発酵床は、舎内での堆肥化が可能であるので、切り返しなどの省力化が見込めるうえに、堆肥舎面積を小さくするなどのメリットが生まれます。

図1に、発酵床式フリーバーンの断面図の一例を示しています。これは、あとで紹介する北海道

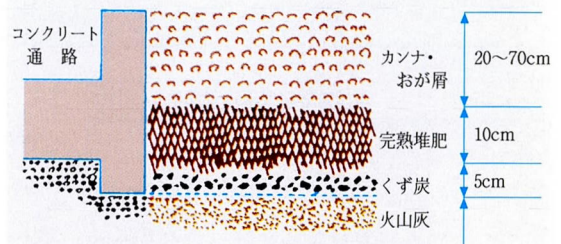


図1 発酵床式フリーバーンの断面図(一例)

の共働学舎新得農場(以下、新得共働学舎)のもので。発酵床式フリーバーンの特徴は、一般のフリーバーンと異なり、牛床の底部分にコンクリートを打つ必要がないことです。牛舎の建設費の削減につながります。

発酵床は、乳房炎の病原菌が繁殖しないように、牛床水分を低く(50%以下)することが肝心です。搾乳牛は、1日1頭当たり約65kgのふん尿¹⁾を排せつします。そのうち約90%が水分です。単純計算で、60ℓ弱の水分が発生します。搾乳室、通路などにされるふん尿もあるので、牛床に落ちるふん尿を60%程度と見積もると35ℓ程度です。50頭の牛群で1.7t強、100頭で約3.5tの計算になります。これが毎日牛床にされると、牛床はすぐにふん尿で泥状になるはずですが。このままでは、乳房炎の原因を作っているようなものです。

牛床の水分を一定に保つ条件として、次の3点が考えられます。(1)除ふんと敷料による水分調整(2)発酵熱による蒸散(3)外気・風力による牛床水分の蒸散と除去です。

1) 除ふんと敷料による水分調整

尿は排せつ直後に牛床に浸透してしまうので取り除くのは難しいですが、ふんに関しては可能です。乳房炎対策や牛体の汚れ、あるいは好気性発

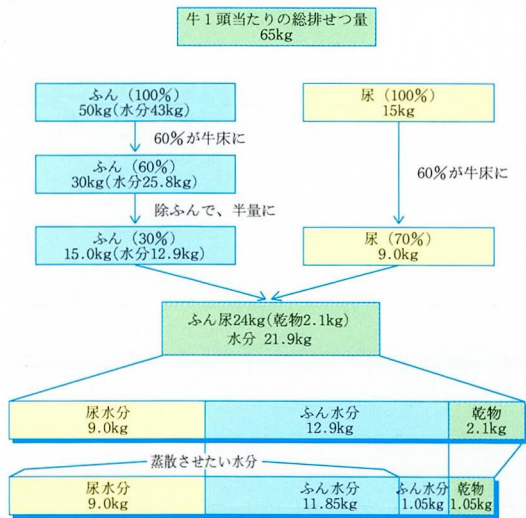


図2 牛1頭当たりの牛床への排せつ量と、発熱による蒸散量

酵の面から、発酵床にされたふんは取り除きます。また、発酵床の水分を低く抑えるためにも、敷料を追加する必要があります。

2) 発酵熱による蒸散

堆肥という、「温度が70°Cまで上がった」など一般に、発酵熱が関心事です。ここで、その微生物の発生する熱量に関する簡単な推定を行います。牛の総排せつ量を1日当たり65kg、その内ふんを50kg(含水率86%)、尿を15kgとみなします(図2)。牛は常に牛床にいるわけではなく、えさを食べているときや、搾乳時には別の場所で排せつしますので、牛床には1日の60%の時間いるとします。除ふんを行い、牛床にされた量の半分が残るとすれば、排せつされたふんの30%、尿の60%が残ります。したがって牛床には、ふんが $50(\text{kg}) \times 30(\%) = 15.0(\text{kg})$ 、尿が $15(\text{kg}) \times 60(\%) = 9.0(\text{kg})$ が、堆積されることとなります。その内水分の量は、 $15.0(\text{kg}) \times 86(\%) + 9.0(\text{kg}) = 21.9(\text{kg})$ です。牛床上のふんの乾物量は $50(\text{kg}) \times 30(\%) \times (100 - 86)(\%) = 2.1(\text{kg})$ ですので、50%が分解した後は、 $2.1(\text{kg}) \times 50(\%) = 1.05(\text{kg})$ になります。水分を50%に抑えるためには $21.9(\text{kg}) - 1.05(\text{kg}) = 20.85(\text{kg})$ を蒸散させなければなりません。理論上、1ℓの水を蒸散させるのに必要な熱量は約600kcalですので、 $20.85(\text{kg}) \times 600(\text{kcal}) = 12,510(\text{kcal})$ の熱量(A)が必要となります。ふんの乾物1kgが分解時に発する熱

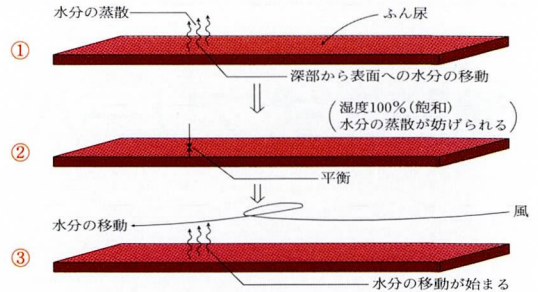


図3 牛床の水分の蒸散と、換気の考え方

量は約3,500kcal²⁾といわれており、牛床に残されたふん(乾物)の50%が分解した場合の熱量(B)は、 $50(\text{kg}) \times (100 - 86)(\%) \times 30(\%) \times 50(\%) \times 3,500(\text{kcal}) = 3,675(\text{kcal})$ となります。この熱量(B)は、ふん尿中水分の蒸散のみに使われるものではありませんが仮に、全ての熱量が水分蒸散に用いられたとしても(A)の30%程度であり、微生物の発酵熱が、水分の蒸散に寄与している場合は、案外小さいものと考えられます。

3) 外気・風力による牛床水分の蒸散と除去

発酵熱単独での水分の蒸散は、前述の通りそれ程期待できないものであり、牛床の水分の低減の主役を担っているのが、外気・風力などによるものです。牛床の水分は、そこに接する空気との間に水蒸気圧を生じます。空気の湿度が100%未満の場合、牛床から水分は空気中に蒸散します。100%になると水分の蒸散は行われず、平衡状態になります。すなわち密閉された空間では、ある程度水分の蒸散が起こって湿度100%になると、それ以上の水分の蒸散は行われなくなります。実際には、畜舎内外の空気の移動(換気)が行われているので、蒸散した水分は舎外へと持ち出されることとなります(図3)。水分の蒸散に関しては、空気が取り込む事が可能な水蒸気の比重量(1m³の空気が、さらに含むことのできる水蒸気の重量)が重要です。この値が大きいほど牛床からの水分の蒸散が期待できます。同じ湿度でもこの値は、気温10°Cのときと気温30°Cのときでは、大きく異なります(図4)。夏場の方が、冬よりも洗濯物が乾きやすいのもこのためです。この空気が取り込むことが可能な水蒸気の比重量と牛舎の換気量によって、牛床の水分の蒸散が活発に行われます。身近な例では、窓を開けた方が洗濯物は乾くこと

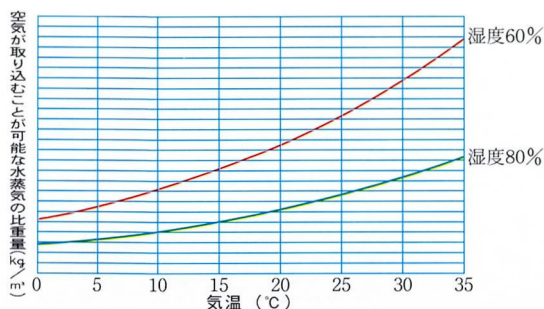


図4 気温と空気を取り込むことが可能な水蒸気の比重量の関係

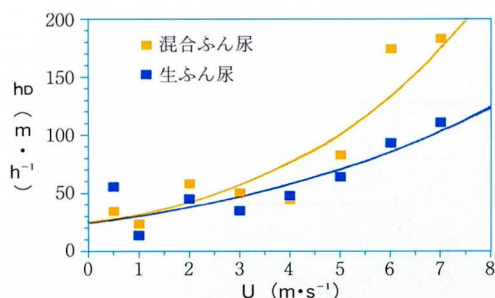


図5 水分伝達係数と主流速 (注) 参考文献3) より引用



写真1 新得共働学舎農場



写真2 発酵床式フリーバーン牛舎

と一緒に。牛舎に換気扇・送風機などを設置する目的は、暑熱対策の面もありますが、換気量を増加させるためでもあるのです。

水分調整材として飼養する敷料は、外気・風力による水分の蒸散にも有効であるとの報告があります³⁾。水分伝達係数とはふん尿などからの水分の移動を表す係数で、高いほど水分の蒸散が行われやすい事を示します。図5は水分伝達係数(hd)と主流速(風速)との関係を示しています。ふん尿のみのものと比べ、敷料との混合物の方がhdが高く、水分の蒸散に有利であることが分かります。

また、発酵床の水分調整をする場合、飼養密度が重要になります。フリーストールやフリーバーンの単位面積当たりの水分蒸散量は変わらないことが推定されるので、飼養密度が高くなれば、1頭当たりの水分調整材を多くすることが必要です。

これらのことを踏まえた上で、発酵床式フリーバーンの実際を報告します。

3 発酵床式フリーバーンの事例紹介

発酵床式フリーバーンの先駆者、そして成功例として、新得共働学舎(写真1)(代表・宮嶋望氏)の牛舎(写真2)、およびその方式を紹介致します。

共働学舎は、自労自活の道を求め、農業、建築、工芸などをしながら生活教育をする場として始められました。現在は、全国に7か所を数えます。新得共働学舎は、十勝平野の北西、丘陵地の東向きにあります。乳牛として、ブラウンスイス(成牛15頭、育成18頭)、ホルスタイン(成牛23頭、育成24頭)を飼養しています。そのほかには、肉牛(ブラウンスイス去勢・肥育8頭、育成6頭)、豚(肥育40頭)、鶏(採卵400羽)、羊6頭、馬1頭と、経営の内容は多岐にわたっています。飼料基盤は、牧草採草地28ha、デントコーン畑8.4ha、放牧地17haです。

新得共働学舎の牛床の断面を図1に示しています。牛床は、コンクリートを打っていません。土の上に、火山灰、くず炭、完熟堆肥を順に敷き詰め、さらにカンナ屑やおが屑を敷いています。表層のカンナ・おが屑はある程度堆積・発酵された後、堆肥として利用されます。日常の牛床の管理は、表面にされたふんの除去(朝・夕)とカンナ・おが屑の投入(週1回)、コンクリート通路の除ふんです。このような管理方法によって、牛床は発酵熱で牛の腹を温めるので、牛が好んで寝るといいます。心配される環境性の乳房炎も、ほとんど

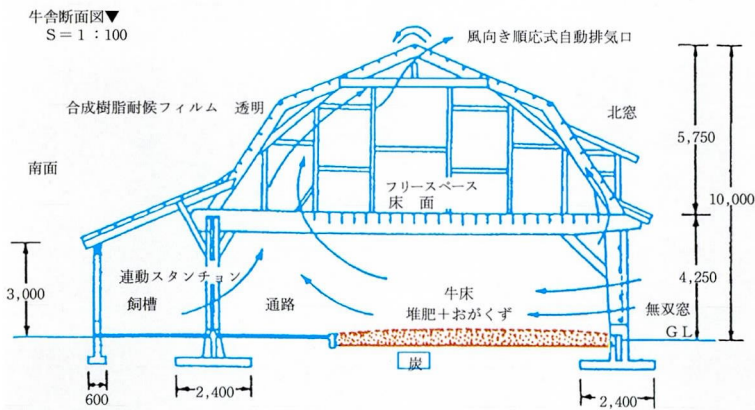


図6 発酵床式フリーバーン牛舎の断面図

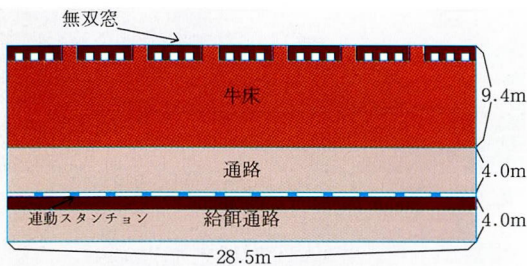


図7 牛舎平面図



写真3 発酵床でくつろぐ牛（奥は無双窓）

発生していません。

先程の推論で述べた牛床の水分を一定に保つための3つの条件を、この牛舎は自然のエネルギーを活用することで実現しています(図6)。まず、給餌通路上の天井にはトタンではなく、透視度の高い合成樹脂耐久フィルムが使われています。これは、舎内の温度を高めるハウス型堆肥発酵方式と同じです。しかも、牛舎の形状の工夫により、冬の長い日差しは牛床の奥まで届き、夏の高い日差しは届かなくなっています。また壁は、開閉式(無双窓写真3奥)です。気温により換気

量の調整もでき、暑熱対策や牛床水分の蒸散に効果をあげています。また、厳寒期には閉じて、舎内温度、牛床の温度の維持を図っています。

ただし、注意する点は、牛床へのふん尿の堆積を減らしていることです。放牧をしてるため牛床へは、ふんが2〜3割、尿で5〜6割程度の堆積ですんでいます。また、除ふんしたふん尿は、堆肥場にて堆積処理されています。また、1頭当たりの

フリーバーン面積は約10m²(牛床は約7m²)と、飼養密度は高くありません(図7)。

4 おわりに

発酵床式フリーバーンが、通常のフリーストールやフリーバーンと大きく異なる点は、堆肥処理における堆肥舎での処理期間です。発酵床で、すでに微生物の増殖による水分蒸散や、堆肥化が進んでいるため、その後の堆肥舎での発酵期間が短縮でき、また、堆肥舎面積を通常より少なくすることができるとのことです。

今回取材を進めた中で、発酵床式フリーバーンに果敢に挑戦している酪農家に出会いました。しかし、現状では乳房炎の多発に頭を悩ましていました。このように、一般に普及するには難しい技術です。当研究室では、今回の推論・仮説をもとに発酵床方式の確立を研究テーマとして取り組んでいく所存です。新しい知見ができましたら、報告をいたします。

参考文献

- 1) 財畜産環境整備機構：「家畜糞尿処理・利用の手引き」, p4〜5 (1998)
- 2) 社中央畜産会：「堆肥化施設設計マニュアル」, p1〜10 (1987)
- 3) 池口厚男・加茂幹男：「フリーストール牛舎における敷料・ふん尿表面の水分伝達係数」, 平成7年度農業施設学会大会講演要旨, p454〜455 (1995)

取材協力 株式会社 アース技研