

7. 堆肥の活用

(1) 戻し堆肥

1) 敷料資源の不足

家畜の使用に用いられる敷料は、ふん尿の処理を行う上で重要な条件の一つで、過去には、稲ワラや麦稈といった副産物は、家畜のふん尿との交換などで、耕種農家から容易に入手することが可能でした。

近年は、耕種農家の堆肥使用量が際だって減少し、化学肥料への依存による多投、コンバイン等の大型機械普及により稲わらが回収されない等に加えて、稲作の作付け面積減少で、畜産への供給が激減している実態にあります。

オガクズは、かつて製材時に生ずる不要な副産物として安価に供給されていましたが、住宅用建材が外国材の製材輸入に変わりオガクズの発生量が減少し、燃料への用途拡大等もあり、近年は品薄からの価格高騰、入手難になっています。

敷料は家畜の飼養には欠かせないもので、定期的に交換を実施することから需要量はかなりの量になり、飼養頭数拡大の絡みからも敷料の効率的な利用が求められています。

2) 戻し堆肥への着目

これらから、近年発酵乾燥させたふん尿堆肥（戻し堆肥）を敷料に再利用する農家が見受けられるようになりました。戻し堆肥の使用当初はなじみがなく半信半疑で使っていたと思われそうですが、使用例の拡大とともに、乳房炎の予防効果が期待できる等の研究成果が発表されて、利用する農家や利用を検討する農家が多くなっています。

3) 戻し堆肥とは

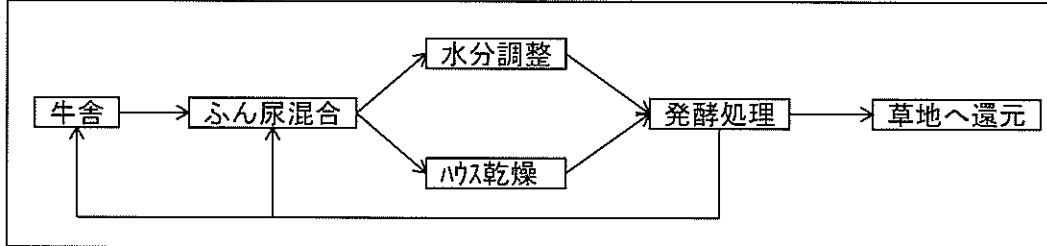
一般に肉・乳牛などの生ふんに敷料や水分調整資材を混合して水分70%以下にした堆肥原料を好氣的発酵処理したものを、再び牛舎の牛床の敷料や水分調整資材として用いることを「戻し堆肥」と称しています。

戻し堆肥を生産利用する方法としては、できあがった堆肥を種堆肥として戻し利用する方法と、牛床の敷料および水分調整資材として戻し利用する方法があります。

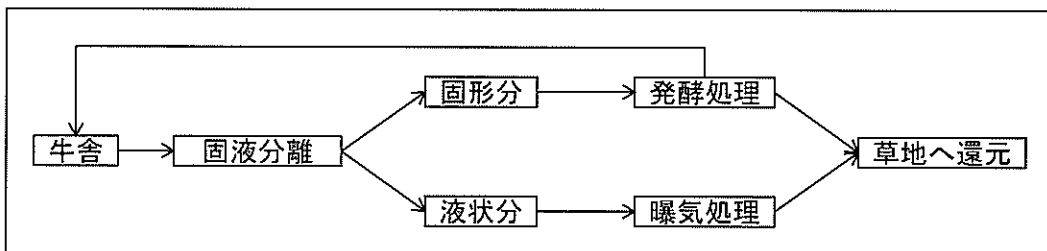
戻し堆肥を利用する堆肥化には、図ー7のふんと尿等を一緒に混合して処理する場合と、ふんと尿を分離して処理する場合とがあり、方法ー1は、ふん尿を混合して水分調整後に堆肥化処理する方法、方法ー2は、水分調整資材を用いず、ふん尿を固液分離したのち固形分を堆肥化する

方法で、どちらもできあがった堆肥を種堆肥として、または牛床敷料や水分調整資材として戻し利用することが可能となります。

図－７ 戻し堆肥調整方模式図・方法－１



戻し堆肥調整方模式図・方法－２



(畠中哲哉「Dairy Japan 2000-12」より)

戻し堆肥の調整は、広く普及している方法としては、開放式および密閉の攪拌発酵装置を用いた堆肥化処理です。攪拌発酵処理は、飼養頭数に対して農地面積が比較的少なく、堆肥のほ場還元処理に大きな制約を受けている地域、あるいは周辺環境に十分注意を払いながらふん尿処理を行わなくてはならないような農住混在地、および都市近郊などの地域で用いられる手法です。

4) 戻し堆肥としての活用

ア. 敷料に用いる場合は完熟堆肥を利用する。

戻し利用する堆肥の発酵温度は70℃以上に上昇させることが必要です。一般に、病原菌、生虫（卵）および雑草種子は60℃前後で数時間から数日間で死滅することが報告されていますが、安全のため65℃（十勝牧場）で数日間継続して発酵した堆肥がよいと思われます。

イ. 発酵ムラのない堆肥作りをする。

堆肥づくりでは、「水分が多い」、「発酵温度が上がらない」、「切り返し回数が少ない」などによる発酵ムラはよくあることです。このような発酵ムラは、大腸菌や病原菌の温床になります。切り返しをする場合ムラをなくし、（特に強制攪拌装置を保有しない場合は）切り返し

をこまめに行って均一な堆肥を作ることが重要となります。

表-14 病原菌及び寄生虫の死滅温度		
種 類	温度 (°C)	時間 (分)
大腸菌	55	60
	60	15~20
サルモネラ菌	56	60
腸チフス菌	55~60	30
赤痢菌	55	60
ブドウ球菌	50	10
連鎖球菌	54	10
結核菌	66	15~20
ヨーネ菌	60	30~60
条 虫	55~60	5
回虫 (卵)	60	15~20

(中央畜産会「堆肥化施設設計マニュアル」

薬師堂謙一「DAIRYMAN 2001-10」より抜粋)

ウ. 戻し堆肥の水分

50~70%と水分率の高い堆肥を水分調整資材として戻し利用する場合、戻しの量が生ふんの数倍の量になるので、作業時間や保管場所に問題が生じることがあります。

また、水分が高いと吸着性が悪く、その部分が嫌氣的となり病原菌の温床になる等の恐れがあります。一方乾燥しすぎると、戻し堆肥が微細粒の性状であることから、ほこりの発生要因となって、家畜の呼吸器疾患の要因となるほか作業性にも問題が生じる場合があります。戻し堆肥の水分は40~50%が理想とされています。

エ. 堆肥の塩類濃度を適正なレベルに

戻し堆肥の利用を繰り返すことにより、堆肥の塩類濃度は高くなります。

- ① 戻し利用を重ねた塩類濃度の高い堆肥には、陽イオンではナトリウムやカリウムイオンが、陰イオンでは塩素や硝酸イオンが主体となって含まれています。
- ② これらのイオン濃度は有機物の分解によって高まりやすく、堆肥中の塩類濃度を適正レベルに保つためには、イオン濃度を薄めるような水分調整資材の利用が求められます。
- ③ 塩類は尿に多く含まれるため、尿をふんと混合処理する場合は特に注意することに併せて、田畑への施用では事前に堆肥中の塩類量を測定し、塩類が高い場合は施用量を少なくするなどの対策が必要とされています。

塩類蓄積の程度を評価する方法として電気伝導度 (EC) が使われ

ており、これが高いほどたくさんの塩類があると見なされ、畑に散布する堆肥は、5ミリジーメンス以下が望ましいとされています。

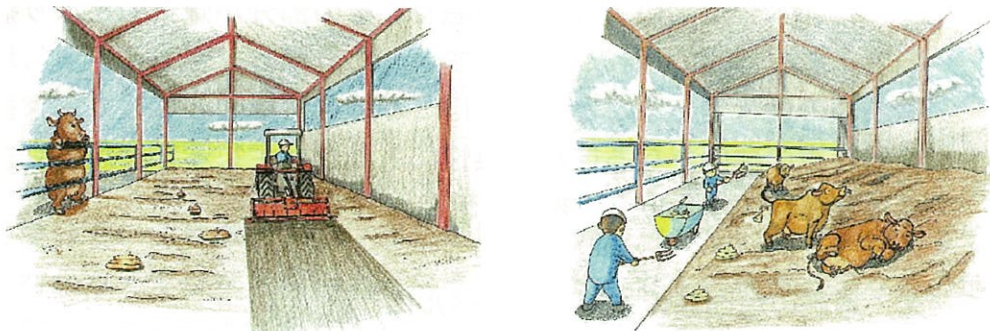
5) 戻し堆肥の敷料利用

ア. 利点

戻し堆肥を敷料利用した場合の利点としては、

- ① 牛舎の衛生環境の改善と乳房炎の予防効果や寄生虫の増殖抑制が図られる。
- ② オガクズ等の敷料や水分調整資材に費やす経費が節約できる。
- ③ 堆肥を循環して使えるので畜舎外に出す堆肥の量が少なくなる。
- ④ 種堆肥となるので堆肥原料と混ぜて発酵させるときに発酵の立ち上がりが早くなる。
- ⑤ 尿等の悪臭の軽減が期待できる。

等があげられますが、本来排せつ物であるふん尿を敷料に利用する際には解決しておかなければならない問題もいくつかあり、また実際に利用する際には注意すべき点もあるとされています。



イ. 敷料利用の留意点

第一の問題点として考えられるのが、「衛生上、大丈夫か」という点です。牛の排せつ物には各種病原菌や寄生虫が生息していることもあり、これが戻し堆肥に残っている場合病気を拡散する要因となります。特に、夏季に攪拌式発酵処理施設で処理した場合に、施設内の温度が高いため、水分の蒸散が激しくなることから乾燥が急速に進み十分な発酵処理がされません。この状態の堆肥を利用した場合、熱処理の不足から病原菌が死滅せず、病気を誘発することが想定されますので、このような戻し堆肥を使用する場合は大腸菌（O-157）等の検査をすることが必要です。

第二の問題点として、戻し堆肥を水分調整資材として利用した場合、ふん尿による塩類が蓄積して、畑に散布する場面で作物に吸収蓄積す

る問題が生じますので、繰り返し使用する場合は、ほ場への散布時は堆肥中の塩基濃度を検査（堆肥成分分析）して施肥量を低減するなど対策が必要です。

ちなみに、十勝牧場の堆肥の成分分析数値を表－13に示しましたがカリとEC（電気伝導度）の濃度が高い傾向にあります。

表－13 十勝牧場の堆肥成分分析数値（現物中%）

分析時期	全窒素	リン	カリ	CaO	Mg	全炭素	C/N比	EC
15年8月	1.77	1.10	4.00	1.91	0.61	12.57	7.09	10.9
16年3月	1.65	0.79	3.09	1.37	0.50	10.18	6.18	13.84

注：戻し堆肥を水分調整資材として利用している。

6) 十勝牧場における戻し堆肥の敷料利用

ア. 十勝牧場では、ルーズバーンの肉用牛舎で戻し堆肥を敷料として用いています。使用期間は、4月中旬から外気温が下がり戻し堆肥の敷料の表面およびふん尿が凍り始める11月までとしています。

イ. 敷料として利用する戻し堆肥の水分は40%以下（かなりほこりっぽい粒子）のものを牛床全体（800㎡）に約20～30cmの厚さに敷いて、敷料表面の湿り具合を観察しながら、月2～3回ロータリーハロを掛け床面にある水分の低いものと混和して3ヶ月程度（水分率により利用期間は異なる）利用しています。

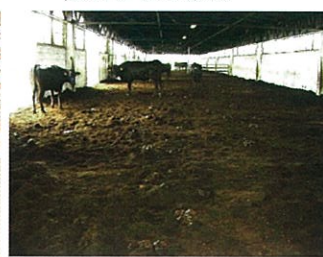
ウ. 敷料の交換の目安は、水分率が高くなり（60%）、戻し堆肥の敷料の表面が固くなって、牛体へのふんの付着が始まる時期をメドに交換しています。

戻し堆肥を敷料として活用（肉用牛ルーズバーン牛舎）

戻し堆肥水分（38～50%）



敷料として活用



敷料の更新ロータリーハロ掛け



エ. 戻し堆肥の敷料活用のメリット

- ① 生ふんに発酵堆肥を混ぜると悪臭が軽減されることが知られていますが、十勝牧場の使用例では悪臭は気になりません。堆肥による悪臭成分の吸着、微生物体内への取り込みや分解作用が複合的に作

用しているものと考えられています。

②十勝牧場では発酵処理した堆肥（水分率40%以下）を敷料として再利用することで従来は月2回の更じょく作業を行っていましたが、更じょく作業が2～3ヶ月に1回へと軽減され、敷料の節約も図られています。

(2) 融雪剤の代替えとしての活用

1) 融雪剤としての効果

ア. 北海道の十勝地方では年間約37,500haの秋蒔き小麦が作付けされ、雪腐れ病防止と生育促進を目的に融雪剤が散布されています。融雪剤の代替えとして攪拌発酵処理済み堆肥を活用出来ないか、ブロードキャスターを用いて攪拌発酵処理済み堆肥を雪上散布し、市販の融雪剤と比較調査した結果、 $1.2\text{m}^3/\text{ha}$ の散布量で市販の融雪剤と差がなく自然融雪より13日早い融雪効果が得られました。

イ. 市販の融雪剤は、微量要素等肥料効果が添加されたもので1ha当たり約300～400kgの散布が必要で、その費用は1ha当たり概ね6,800円必要となります。十勝牧場の試算では攪拌発酵処理済み堆肥（生産費2,000円/ m^3 ）を融雪剤の代用として用いた場合を $1.2\text{m}^3/\text{ha}$ の散布量と市販の融雪剤より4,400円/haの節約効果が得ることが推察されました。

2) 堆肥（発酵処理済み）の融雪剤代替雪上散布機の開発

ア. 発酵処理済み堆肥の融雪剤としての活用を肥料散布機のブロードキャスターを用いて試みた結果、①期待した融雪効果は得られたものの、②発酵処理済み堆肥は比重が軽いため飛散幅が狭く作業効率が悪い、③積雪が概ね70cm以上であるとトラクターの走行が困難である、④発酵処理済み堆肥の比重が軽いことに加えて粒子が不揃いであるなどからタンク内でブリッチムラが生じるなど問題が指摘されました。

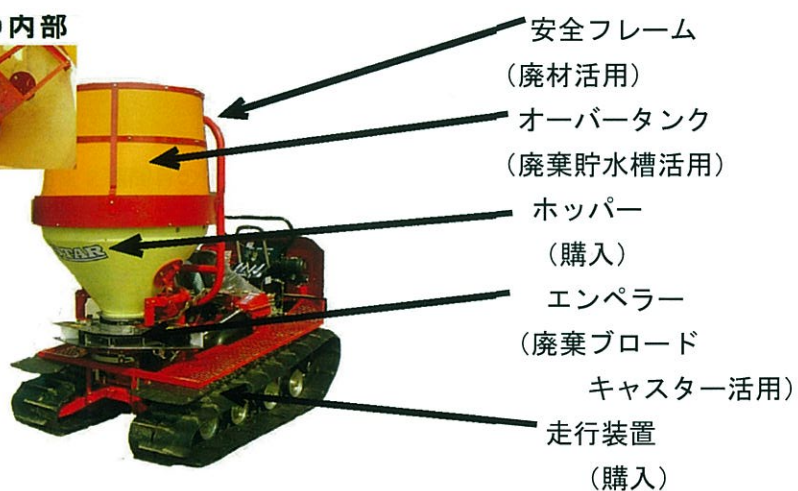
イ. これらの課題をもとに、十勝牧場では新たに発酵処理済み堆肥の融雪剤代替雪上散布機を開発しました。

①開発した発酵処理済み堆肥の融雪剤代替雪上散布機は、クローラータイプの雪上走行車を購入し、タンクと散布装置を装着したものです。②指摘されたタンク内の堆肥ブリッチの破壊に改良型攪拌装置を装着、③散布量を一定とするための強制落下と落下量の調整には、パネルの取り付けと吐き出し口の開閉調整装置、④飛散幅拡大には風圧を高めるエンペラーの上部へ風圧ガードを装着、⑤タンク



購入した雪上走行車

タンクの内部



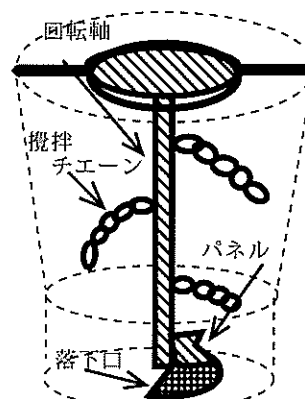
開発機の全景

は市販のFRP製の小型タンクと貯水槽を接合して作成し、容積は発酵処理済み堆肥の比重と作業効率を考慮し0.4m³容量と大型化しました。

なお、大型化したことによって、散布機の重心が高くなり、作業時の安定性の保持が危惧されたため、安全フレーム兼用のタンク支持装置を装備しました。

ウ. 開発機の特長は、散布する発酵処理済み堆肥は微粉末が含まれ比重が軽いことから、散布時にタンク内に堆肥のブリッジができて自然落下しないことがありました。このためブリッジ破壊装置を考案装着しました。タンク内のセンターシャフトへチェーンを取り付けたものです。シャフトの回転による遠心力と堆肥の水分率によってチェーンの回転幅が自動的に変化するもので負荷が少なく、堆肥の

状態に応じて的確に掻き下ろしができるもの
 です。十勝牧場が独自に開発したこの装置は、
 ブロードキャスター及び播種機などへの応用
 も可能です。



エ. 雪上散布機の仕様

全長：2,030mm、全幅：1,345mm、全高：2,000mm

エンジン出力：570cc（18ps）

燃料：ガソリン

走行装置：無断変則・クローラー

走行速度：3.3km～9.1km/時

タンク容量：0.4m³（水分45%の発酵処理済み堆肥を200kg積載）

タンク内攪拌回転：500回/分

エンペラー回転：1,000回/分

自重：480kg

散布幅：5m以上（風力・風向によって異なる）

作業効率：3.0ha～5.0ha/時（雪質・風力・風向によって異なる）

オ. 作業性

ア) 融雪剤代替えの発酵処理済み堆肥は、散布機の性能から5mm以下の粒状及び粉末で水分含有率が概ね45%以下であることが必要です。この規格より大きな固形物等が混入している場合は篩にかけて5mm以上の夾雑物を取り除くことと、砂利の混入は散布装置の破壊要因となることから除去が必要です。

イ) 作業能力は、雪質と雪面の状態、散布する発酵処理済み堆肥の水分率、ほ場の形状、風速などによって大きく異なります。風速1～2m、雪面が固く散布機のクローラーが雪面から約10cm程度ぬかる状態、散布堆肥の水分率45%、飛散幅5mの条件下における作業能力は、毎時約3haです。雪質と風速によって走行速度と散布幅が異なり、散布に最適な雪質等の条件下では毎時概ね5haと高い作業効率が得られます。



開発機による融雪剤代替堆肥散布作業



融雪剤代替堆肥の散布直後



融雪剤代替堆肥布後2週間目のほ場



融雪剤代替堆肥を散布しなかった同時期のほ場

り) 融雪効果は発酵処理済み堆肥の散布量に大きく関わり、散布量が少ない場合は熱吸収率が低く、散布量が多い場合は雪面を堆肥が覆い吸収した熱を遮断するため期待する融雪効果は得られません。

融雪効果のもっとも高い散布量は、雪面が黒ずんだ状態であり、この場合の散布量は概ね540～600kg/ha（水分率45%の発酵処理済み堆肥1.2～1.3m³/ha）です。

- 3) 堆肥（発酵処理済み）を融雪剤の代替えとして用いる場合の留意点
 - ア. 適切に処理された発酵処理済み堆肥であっても、雪上への放置及び投棄は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」「水質汚濁法」等関係法規への抵触が憂慮されます。従って、傾斜地や河川に近いほ場での散布及び融雪に必要とする量以外の散布は避けるなど、生活環境に影響を及ぼさない散布方法とすることが絶対条件となります。
 - イ. 十勝牧場では、これらを配慮して発酵処理済み堆肥を融雪剤の代替えとして散布するほ場は、当面河川から遠隔で秋起し、翌年えん麦播種予定ほ場に限定していますが、将来的には融雪水の流出状況等を観察して安全性を確認後、採草ほ場へ散布することも計画しています。

(3) 草地への還元

家畜ふん尿は①悪臭が強く、②粘性が高く、③汚物感がありますが、好気性発酵済みの堆肥は、①水分が低下して臭気成分が分解され、②作業者にとって取り扱いやすい性状となり、③ほ場散布において機械への負担が小さいため、機械の故障が少なく作業効率が高くなり、④散布された堆肥は有機物含量が高く、⑤肥料成分も比較的豊富に含んでいるため、肥料および土壌改良資材として田畑へ還元利用できますし、⑥堆肥を連用すると土壌有機物含量が次第に増加し、土壌の団粒化が進んで土が軟らかくなります。

団粒化とは、土壌の単一粒子（一次粒子）が集合して二次粒子となり、これらがさらに大きな集合体を形成することで、団粒構造ができると土壌中空隙量が増加して、通気性、透水性、保水性が良好になります。団粒構造が発達して土壌が膨軟になれば、作物の根がよく発達して養分や水分の吸収能力も高まります。

一方、土壌では透水性が良くなるだけでなく、保水性も増大し干ばつの被害を受けにくくなるほか、粘着性、可塑性が減少して、乾燥しても粒子の固結性が弱まるので、耕耘が容易になります。