

この対策には、家畜のふん尿の有効活用と環境への影響を配慮した堆肥化処理によって、耕種農家と畜産農家の需給がうまくかみあうよう、両者の関係に努める必要があります。

3) 家畜ふん尿の堆肥化の必要性

家畜のふん尿は、「悪臭が強い」、「水分含有量が多い」「汚物感がある」等から、搬送、貯蔵、施用などの作業に困難を極め、生の状態で施用すると、土壤環境の悪化や作物の生育障害を招く要因となります。ふん尿の処理は環境等の汚染防止を基本として、ふん尿を取り扱いやすく衛生的なものにすることに併せて、施用するふん尿が作物及び土壌にとって安全なものである必要があります。

堆肥化することによって量・悪臭・水分が減少し、取り扱いが容易となります。また、家畜のふんには病原菌、寄生虫の卵、雑草の種子などが含まれることがありますが、堆肥化の過程で発生する発酵熱でこれらを死滅させることが可能です。堆肥の田畑への還元は、窒素、リン酸、カリを始め微量元素など肥料成分が含まれ、速効、緩効双方の機能を備える有効な有機質の利用方法です。

3. ふん尿処理技術

十勝地方での家畜の排せつ物は、畜舎から排出されたものを堆積し、多くが嫌気状態で畑等のほ場へ有機質肥料として還元されるのが一般的な処理方法でした。

近年、種々の家畜のふん尿処理技術が開発され、排出されるふん尿の性状に応じた処理に関する多くのマニュアルが発行されています。

しかし、提示される技術を活用しても期待する成果が得られないなどといった意見が聞かれるほか、投入費用の点から貯蔵施設等の整備が遅れている畜産農家も少なくないと思われます。このことは、畜産農家個々のふん尿の性状や作業体系及び経営形態が異なることが大きな要因であると推察されます。

この対策の一つには、数多くの実践事例を見聞し、自分の経営に適合したふん尿処理体系を構築することが求められることから、ここでは北海道内で冬季の冷え込みの厳しい地域に位置する家畜改良センター十勝牧場で実施している、肉用牛のふん尿処理技術を主体に紹介します。なお、先に述べた通り、ふん尿処理に関してはすでに多くの文献が発行されていますが、本書では一般的理論及び実践技術を紹介します。

(1) ふん尿の堆肥化の目的

ふん尿の堆肥化は環境保全等のみではなく、堆肥化されたふん尿のような良質の有機物肥料を田畑へ施用した場合、直接的な作物の栄養分としての効果に加えて、地力が増進し、土壌の物理性および化学性が改善され、土壌中の生物相が質量ともに豊富になります。

このことは化学肥料の代替と資源・エネルギーの節約が図られることに加えて、増大された土壌の化学的・生物学的緩衝能により農薬等の使用を大幅に削減できる可能性も持ち合わせることであります。

一方、未処理のものは、搬送、貯蔵、施用等の作業性が悪く、悪臭やハエ等の発生、病原菌や寄生虫の卵が含まれる等、環境および衛生上の問題を含み、さらには利用に当たって作物の生育障害や雑草の発生が懸念されるため、人間や作物にとって安全で取り扱いやすくなる必要があります。

家畜排せつ物の堆肥化の目的は、①水分の低下により汚物感を取り除き臭気成分の分解により悪臭をなくし、家畜ふん尿を作業者にとって取り扱いやすいものとする、②発酵時に発生する発熱（60～80℃）により病原菌を死滅させて衛生面で安全なものにすると同時に雑草の種子等をも死滅させること、③未処理のふん尿中に含まれる土壌中での急激な分解による作物等に悪影響を与える生育阻害物質等を分解・除去して作物にとって肥料成分を含み、安全なものにすること、④C/N比を低下させることによって、作物の窒素飢餓を防止すること等があります。堆肥の品質に関して備えるべき品質条件については表－2のとおり整理されます。

高品質の堆肥とは、ふん尿資材が有する不利な点が改善され、取り扱いやすく安全で、高い施用効果を有するものと言えます。表－2の「1. 取り扱いやすい性状」および「2. 土壌・作物にとって安全」の各項目は不利な点の改善について示したもので、いずれも（有害物質を含まない）ふん尿を堆肥化（腐熟）することで達成できるとされています。一方、「3. 土壌・作物にとって有効」は堆肥の施用効果を示したものです。

表－2 堆肥の品質に関して備えるべき条件

1. 取り扱いやすい性状	2. 土壌・作物にとって安全	3. 土壌・作物にとって有効
① 水分が適度である ② 臭気が強くない ③ 病原菌・寄生虫卵などを含まない	① 施用後急激な分解をしない ② 窒素飢餓を生じさせない ③ 生育阻害物質を含まない ④ 有害物質を含まない ⑤ 植物病原菌等を含まない ⑥ 雑草の種子を含まない	① 植物に養分を供給する ② 土壌の化学的性質を改善する ③ 土壌の物理的性質を改善する ④ 土壌中の生物活動を維持・増進する

（中央畜産会「堆肥化施設設計マニュアル」より）

(2) ふん尿の堆肥化方式

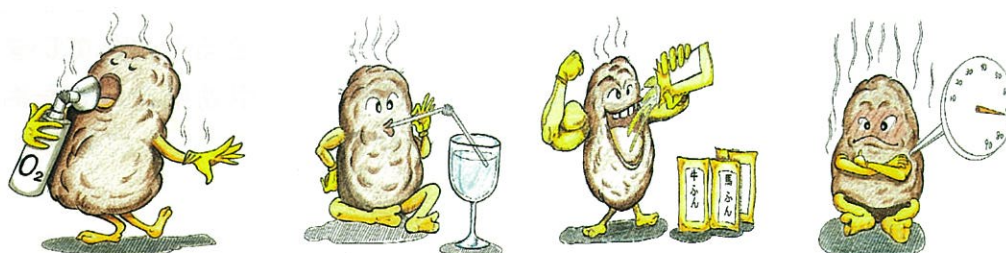
ふん尿の堆肥化には、好気性発酵方式と嫌気性発酵方式があります。好気性発酵方式は、ふん尿および敷料の有機物を好気性を主体とする微生物（ふん尿中の微生物によるほか、有用な好気性微生物群を添加する場合もある。）によって分解（発酵）するものです。

好気性発酵に求められる条件は、①栄養源、②水分、③空気（通気、攪拌）、④温度、⑤C／N比などです。一方、嫌気性発酵方式は、ふん尿などの有機物を嫌気的条件下で、有用な嫌気性微生物を主体とする微生物群により分解（発酵）するもので、水分調整、通気、攪拌・切り返しやC／N比の調整は必要としませんが、ふん尿の処理にあたって、ふん尿に含まれる腐敗性微生物（フザリウム菌など）の働きにより、アンモニア、硫化水素、低級脂肪酸などの悪臭物質等が発生します。好気性と嫌気性発酵処理方式の簡単な相違点については、表－3に示したとおりです。

表－3 好気性・嫌気性発酵方式の相違点

好気性発酵処理	嫌気性発酵処理
・ふん尿は、堆肥舎・発酵施設等で切り返し、攪拌、通気等を行い発酵させる。 ・発酵は、糖・セルロース・リグニン分解期の3段階を経て進行。 ・堆肥の温度は、60～80℃に上昇する。 ・発酵中は、アンモニア等悪臭物質が発生する。 ・発酵堆肥は、原形が崩れてボロボロな状態となり、黒褐色となる。	・ふん尿は、堆肥舎等で堆積するのみで発酵させる。 ・発酵は、働く微生物の種類、作用や分泌される物質によって異なる。 ・発酵中の堆肥は、若干の温度上昇があるものの常温に近い。 ・アンモニア、硫化水素、低級脂肪酸等の悪臭物質が発生する。 ・発酵堆肥は、ふん尿の原形が残り易く褐色化する場合が多い。

（農協／全農／経済連「飼料作物の栽培と堆肥・液肥利用」平成6年5月から抜粋）



(3) 堆肥化を促進するための条件

家畜改良センターでは、好気性微生物による堆肥化に取り組んでいることから、好気性発酵方式における条件について紹介します。

1) 栄養分

家畜のふん尿中には未消化、未吸収の分解しやすい有機物（易分解性有機物）が多量に含まれ、これらは微生物の栄養源として適しているため、堆肥化のために特別なものを加える必要はありません。

しかし、家畜の飼養体系で更じよく間隔が短い、牛体を汚さない飼育などで家畜ふん尿の量が敷料の量に比べて少ない事例では微生物の栄養分が不足する傾向にあり、この場合は栄養分の供給が必要になることもあります。

供給する資材としては、米ぬかや酒かすなどの食品製造かす類を使用すると、ふん尿の栄養バランスが良く、窒素成分の比率が高くなります。なお、堆肥化処理過程においてアンモニアガスが発生しやすくなります。

2) 水分

水分は微生物が活動するのに必要ですが、多すぎると通気性が悪くなり、好気性微生物の活動が低下し、好氣的な堆肥化ができずに嫌気発酵を起こして、悪臭が発生するようになります。一方、少なすぎる（40%以下）と微生物の活動が低下して、増殖が抑制され発酵の抑制要因となります。

これらから、水分率は一般的には60～70%程度が適切と言われ、ふん尿中の通気性をよくすると堆肥化が順調に進みます。

しかし、栄養分で述べた、家畜ふん尿が少ない場合、夏季には自然蒸散によりさらに水分率が低くなります。この場合、堆肥化は困難な条件になることから、散水等による水分調整が求められます。家畜ふん尿が少ない原材料の夏場の処理には、排汁がにじみ出る程度に散水しますが、寒冷地の冬季においては水分率は低いほう（60%）で堆肥化が容易になります。

一般的に乳用牛ではふん尿の水分率は80～90%と非常に高いため、堆肥化するためにはあらかじめ固液分離処理やハウス・エプロン等で予備乾燥をしたり、副資材（オガクズ、バーク等）の添加による水分調整が必要になります。副資材の条件としては、①吸水・保水性に優れていること、②通気性が改善されること、③安価で入手可能であることがあげられます。

3) 空気

好気性微生物が増殖し、栄養源である易分解性有機物を分解するためには、酸素の供給が必要です。酸素の供給方法としては、堆積物の適度な切り返し、攪拌作業、送風機による強制送風等があげられ、通気性をいかに確保するかです。

通気性の目安として空隙率（気相率）30%以上が必要といわれており、現場では堆肥化のスタート時には堆肥（堆積物）1リットルの重さが0.5 kgにできるだけ近づけるのが目安とされています。

しかし、畜舎より堆肥舎へ搬入された直後の敷料とふん尿が均一に混和されておらず、容積重はサンプリング場所により異なるので測定は慎重に行うことが肝要です。

4) 微生物

堆肥化には好気性微生物が必要です。しかし、特殊な微生物を加える必要はありません。ふん1 g 中には1～10億個微生物が生きているのです。この中の微生物に働いてもらえばよいのです。堆肥化促進剤といった微生物資材が流通していますが、調査報告等では明確な成果はでておらず決め手を欠いている現状にあります。

資材に多額の費用を投入するより、微生物が活動しやすい条件づくりに費用と手間を投入することが得策です。また、身近なもので自家産の堆肥を別途製造し混合活用するのも一案です。良質な堆肥であれば堆肥化に有用な微生物が多く含まれています。

5) 温度

栄養源、水分、空気、微生物の条件が揃うと、微生物が活動して、堆肥内の発酵温度は60℃以上になります。さらに、60℃以上の温度が数日続くと、ふん中の病原菌、寄生虫の卵、雑草の種子などが死滅します。

発酵は外気温5℃程度から可能とされていますが、夏季の高温時に比べ、冬季は発酵の立ち上がりは遅くなります。これは堆肥化に関与する微生物が30℃以上の環境のもとで活動が旺盛になるためといわれています。

寒冷地の対策として、堆肥化時の堆積物の加温・保温、温風の利用等が考えられますが、コストがかかります。また、冬期間の頻繁な切り返しと攪拌は、発酵で暖められた熱を放出して、冷気を注入することで微生物の活動が抑制され、堆肥化が遅くなるので初期の処理は温度の測定等によって発酵状況を確認するなど慎重に作業することが必要です。

(4) 堆肥化におけるふん尿の基礎知識

1) ふん尿の状態と特徴

ふん尿の状態と特徴を北海道立農業試験場・畜産試験場の家畜糞尿プロジェクト研究チームは、次のように区分しています。

固形状：ソリッド、水分率84%未満
半固形状：セミソリッド、水分率84～87%
液状：スラリー、水分率87%以上

ア、固形状（ソリッド）

牛舎等で乾牧草や麦稈などの敷料が多量に使用されている場合や、肉用牛の肥育牛舎等でオガクズを大量に利用している場合などのふん尿性状で、このふん尿は搬出直後でも堆肥処理場へ容易に高く積み上げることができます。

水分率が70%以上の場合であれば、堆肥化には固液分離するか、ふん尿を固形状にするために副資材や戻し堆肥を添加して水分調整することが必要ですし、太陽光による水分蒸散が考えられます。

また、高水分のふん尿を堆肥舎等へ直接搬入するふん尿管理の場合は、排汁が排出されるので、排汁とふんを分離する尿分離構造が付設された堆肥舎の設置が適切です。

イ、半固形状（セミソリッド）

敷料使用量が少ない場合のふん尿で、流動性が高いため堆肥処理場へ堆積した場合の高さは1 m以上に積み上げることができない状態のものです。

一般的にこの状態のふん尿の畜舎からの搬出は、バークリーナーやスクレーパー等で行われます。トラクターなどの進入が可能な屋根付きの半地下式の施設等に排汁が流出しない施設にふん尿は貯留されます。この状態のふん尿の取扱いは、粘度が高く通常のポンプでの汲み出しが困難であるため、貯留施設への搬出にはバケットローダが用いられます。

ウ、液状・泥状（スラリー）

敷料を使用していないか、使用している場合でも極めて少ない場合、あるいはふんと尿が分離されていない場合の性状で水分含有量が高く、流動性に富んだ状態で、半固形状のふん尿に汚水などを加水した液、

固液分離した液分、尿汚水などもこれらに分類されます。

貯留施設は、地下ピットや雨水を考慮したスラリーストアや遮水シート敷設ラグーンとなりますが、雨水の混入する施設では浮遊物が発生するので、断続的な攪拌など浮遊物対策が必要です。

2) ふん尿混合物の性状とその処理方法

牛舎から搬出されるふん尿の水分率の状態によって処理方法を表－4のとおり区分することができます。

表－4 水分率によるふん尿の分類と処理方法

名称	搬出時水分率	特 徴	処理時水分率	製 品	特 徴
固形	～84%	・ 敷料が多く混入し、高さ1～1.5m程度に堆積できる ・ 水分調整資材を混入することで堆肥処理ができる。	～65%	発酵堆肥	・ 適切な腐熟で良好な発酵堆肥となる。 ・ 製品は高水分ふん尿の堆肥化処理開始時の水分調整資材として使用出来る。
			65～70%	発酵堆肥	・ 処理時に水分調整資材を投入すると適切な発酵が得られる。
			70～84%	発酵堆肥	・ 排汁の除去等の処理を行い、水分調整資材の投入することで堆肥化が可能となる。
半固形	84～87%	・ 敷料がある程度含まれるが、積み上げようとしても横に流れ出し、積み高さ0.5～1m程度にしか堆積できない。	84～87%	セミソリッド	・ 流動性が高く、嫌気状態となる。 ・ 散布時に悪臭を伴うことが多い。
液状	87%以上	・ 敷料などの混合物が少なくスラリー処理が可能である。	87%～	スラリー	・ 流動性に富み、ポンプによる搬出ができる。 ・ 固液分離処理により、液の粘度を下げ、ポンプによる取り扱い性を向上させる。 ・ 固形分を堆肥化処理することができる。 ・ ほ場への直接散布が出来る。

(北海道立農業試験場・畜産試験場の家畜糞尿プロジェクト研究チームの

「家畜糞尿処理・利用の手引き1999」を参考として作

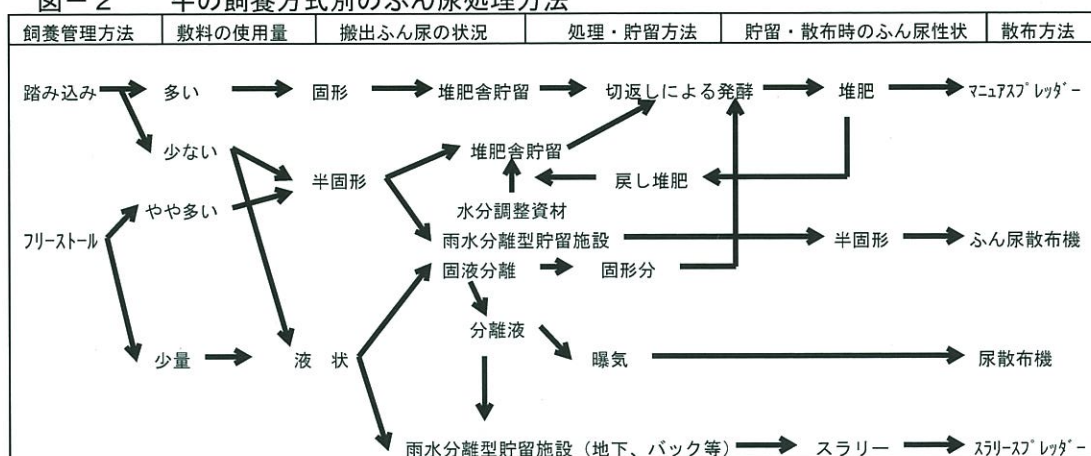
成)



3) 飼養管理体系別のふん尿処理方法

牛舎等から搬出されるふん尿・敷料混合物の性状は、飼養頭数やつなぎ、フリーストールのような飼養形態、用いられている敷料の種類及び使用量などによって大きく異なり、処理方法は北海道立農業試験場・畜産試験場のふん尿プロジェクト研究チームの、基本的な牛のふん尿処理方式を参考にして図-2のように示した。

図-2 牛の飼養方式別のふん尿処理方法



ふん尿性状や取扱いの改善方法として、固液分離処理や曝気処理等があります。それぞれの処理方式に共通するのは、①搬出からほ場散布までのいずれの段階においても、ふん尿が河川等へ流出しないよう細心の注意が求められる、②牛舎から搬出されるふん尿は、最終的にはほ場等に還元されること等です。



4) 堆肥化に要する期間

堆肥化方式や飼養管理に用いられる敷料や水分調整の副資材によって異なります。一応の目安としては、中央畜産会の「堆肥化施設設計マニュアル」によると堆積方式では、家畜ふんのみの場合で2ヶ月間程度、作物収穫残査との混合物で3ヶ月程度、木質物との混合物では6ヶ月程度と長くなります。

発酵槽を用いて数日～30日程度を一次処理（一次発酵）、その後堆積する方式で二次処理を行う場合は、堆積だけで行う方式よりも堆肥化期

間を短縮することができるとされています。

4. 堆肥舎における一次処理

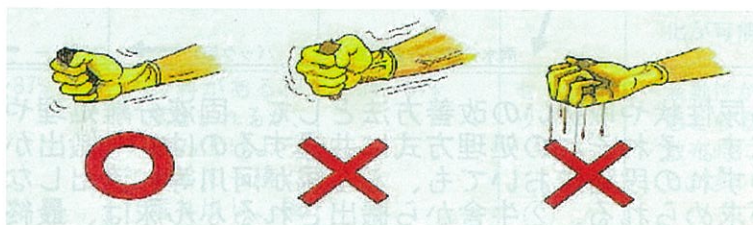
畜舎で排泄されたふん尿は、敷料との混合物となって更じょく作業により堆肥舎に持ち込まれます。持ち込まれた敷料と混合されたふん尿の性状は飼養体系により異なり、容積及び重量の判断は難しいのですが、ふんの量、敷料の種類等の目視とバケットでの搬出回数や搬入トラックでの台数で推定し、堆肥化処理作業においては容積重を確認してから開始します。

堆肥化の一次処理作業は良好な発酵に求められる水分調整となります。適切な水分率は、発酵時の外気温等によって異なりますので、ここでは寒冷地である家畜改良センター十勝牧場の主な事例を参考に説明します。

(1) 水分調整

ふん尿の堆肥化に適した水分率は概ね60～70%で、この状態のふん尿は畜舎から搬出し堆積しておくで、尿など排汁がにじみ出る程度です。

ちなみに水分率60%とは手で握りしめて、湿り気を感じるが指の間等から水が出てこない程度であります。



水分率が高すぎたり、低すぎると好気性微生物が活動できないので、水分調整を行うこととなります。水分を下げるには次の方法があります。

- ① 堆肥舎のエプロン等で天日乾燥させる。
- ② オガクズなどの水分調整資材を加える。
- ③ 戻し堆肥を混合する。

等ですが、オガクズ、戻し堆肥が十分確保されていない場合には、処理中途の堆肥原料を混合するなど考えられます。水分調整資材は、吸水する資材を選択することが必要です。

ふん尿・敷料混合物（以下「堆肥原料」）の水分が少ない場合には、散水による加水が必要となります。堆肥原料の吸水性が悪いと堆積物の表面を流れ落ちるだけになってしまいますし、散水しすぎた場合には排汁がにじみ出ることとなり、水分調整の役割を果たさないこととなります。

堆肥原料の水分調整には、微生物を活用する点から戻し堆肥の添加が有効です。添加に当たっては、堆肥原料の水分含有量及びふんの量を確認しながら適宜調整しますが、冬季は夏季に比較して発酵が遅いことから、水