

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

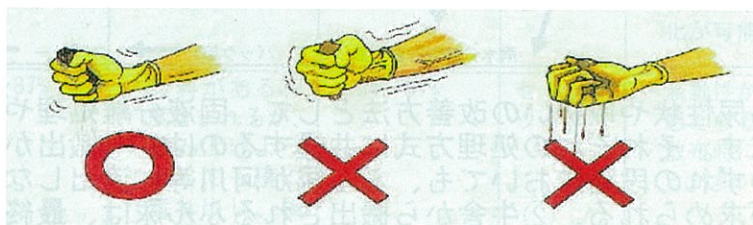
畜舎で排泄されたふん尿は、敷料との混合物となって更じょく作業により堆肥舎に持ち込まれます。持ち込まれた敷料と混合されたふん尿の性状は飼養体系により異なり、容積及び重量の判断は難しいのですが、ふんの量、敷料の種類等の目視とバケットでの搬出回数や搬入トラックでの台数で推定し、堆肥化処理作業においては容積重を確認してから開始します。

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

分含有量が少なくなるよう調整し、発酵の促進を図ります。

また、冬季は発酵温度が上昇すると蒸気が堆肥の表面上部で外気温に冷やされて水滴となって滞留し堆肥内を水滴が下降して、排汁として流れ出ることがあり、このような状況が見られる場合には、再度水分調整のために副資材を混合する必要があります。

戻し堆肥を水分調整資材として活用する場合には、水分率の低い（40%以下）ものが適しています。但し、このような発酵処理済み堆肥は、発酵ふんや敷料資材が分解して粒子が細かくなっているため、多量に添加すると通気性を低下させることがありますので注意が必要です。

(2) 均一な混合

堆肥化では軽視されがちですが、副資材の混合や切り返しによる水分調整では、均一な混合が重要なポイントです。混合が均一に行われない場合は発酵ムラが生じるため、堆肥化に長期間要したり均一な発酵が行われないことから、堆肥としての使用時に作物の生育を阻害すること等も危惧されます。容積重の均一性や通気性の確保のためにも注意が必要です。

均一な混合



(3) 堆積方法と高さ

好気性発酵処理の場合、微生物は呼吸しているので酸素が必要です。酸素の供給のためには、堆肥の中に空気が流通できるすき間をつくることが重要です。ふん尿中の水分含有量が適正であっても堆積重で押しつぶされ、空気の流通が阻害されると微生物は活動できず、十分な発酵は行われません。

適切なふん尿の堆積方法は、バケット等より落下させる時、一度に多量を落下させず、少量ずつ落下させるように堆積することで空隙が確保されます。この時の容積重は0.5 kg／リットルに近づけ、堆積の高さは、発酵熱を保温するという観点から1 m以上の高さとして発酵温度を蓄積することが重要です。また、2 mをはるかに越える堆積は、堆積物の自重により、すき間がなくなるので堆積中央部の通気性が悪くなり、発酵が不均一になるので好ましくありません。

(4) 切り返し

切り返し作業は、好気性菌への酸素の供給と、資材の均一混合の両方の役割があり、一次発酵処理の初期は週1回程度行う必要があります。冬季の場合あまり頻繁に行うと外気により内部温度が下がり、発酵を遅らせる原因となります。

堆肥原料の性状にもよりますが、順調であれば堆積後2～3日目には堆肥内で微生物の活動が活発となり、発酵熱で温度が60℃以上になります。堆肥舎で堆積した場合は、乾燥する表面近くや酸素供給できない中央部などでは温度が上がりきらない箇所も出現しますので、堆肥原料の全体が60℃以上になるよう繰り返し均一になるよう混合しながら切り返しを行うことが発酵促進の重要なポイントです。

なお、堆積物中の好気性菌が活動出来ない状態のまま放置すると原料の中が嫌気性に変化して悪臭がしたり乾燥しない状態になります。一度嫌気発酵すると、その後に切り返しても好気性菌の活動に適した環境を整えることは著しく困難ですので、適切な切り返しは好気性発酵処理の前提条件の一つです。

気温が高い夏季の切り返し作業は、空気を堆肥内に取り込むように行うことが鉄則です。しかし、寒冷地で外気温が低い冬季は、頻繁な切り返しは避け、切り返し作業は堆肥原料を置いていくように切り返し、堆積することで発酵熱の発散を最小限に押さえることが、冬季の切り返し作業の要点です。

(5) 温度計での確認

堆肥化の促進には、原材料の発酵状況を的確に把握し、温度があまり下がらない前に切り返しを行うことが、発酵を良好に維持する条件です。発酵温度を常に確認することが必要です。

温度の測定は、専用の温度計で行いますが測定位置によって温度差が大きいため、好気性微生物が活発に活動している堆肥原料の表層より70cm～1mでの測定が適切です。

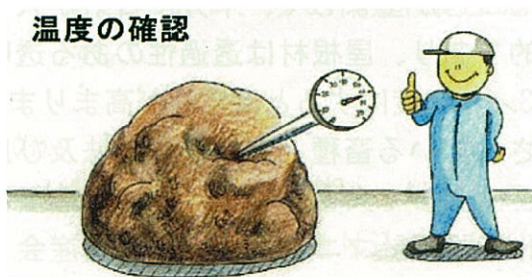
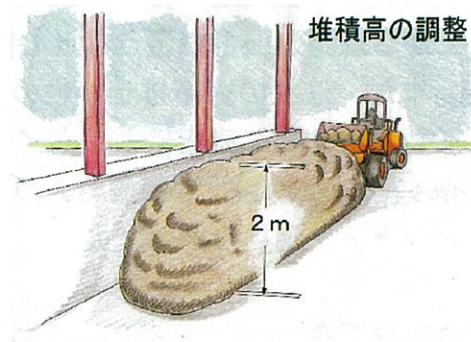
通常 of 切り返しによる堆積後の温度は60℃以上になるのが一般的で、もし温度の上昇が見られない場合は、①すでに堆肥原料の有機物の分解がかなり進んでいるか、②水分や空気の不足により好気性微生物の働きが押さえられているか等の理由が考えられます。

(6) 発酵状況の確認

堆肥化の進行状況は、視覚と臭覚で確認することが出来ます。視覚による判断は堆肥原料の色調で行われ、①酸素の供給が十分で堆肥化が進むと堆肥原料は黒褐色を帯びて来て、②さらに進むと敷料など混合物の形状が壊れ、③その後、表層付近に放線菌や糸状菌による白色の菌糸が見られるようになり、この時点では発酵が終息に近い状態となっています。

なお、適切な切り返し作業が行われず、嫌気発酵した部分は黄緑色を呈してきます。

堆積した原材料の中央部は、視覚での確認ができませんが、この場合は臭覚で確認することとなります。切り返しの時に好氣的に発酵している部位は堆肥臭となり、逆に嫌氣的発酵部位の場合には悪臭を放つので、好氣的発酵か嫌氣的発酵かを容易に判断することができます。





5. 堆肥処理施設

(1) 処理・保管施設

家畜排せつ物法の「家畜排せつ物の処理又は保管用に供する施設の構造設備に関する基準」では、「固形状の家畜排せつ物の管理施設は、床面を不浸透性材料（コンクリート等汚水が浸透しないもの）で構築し、適当な覆い及び側壁を設けること」と定められています。

ふんや尿を敷料等で吸着させ固形状になったものを管理するための施設としては、堆肥舎や乾燥施設が一般的です。この基準では、このような施設から汚水が飛散したり、流失したりすることのないように、床をコンクリートで打設したり、防水シートを敷いたりすることが求められています。

屋根の付設は必ずしも義務付けられるものではなく、防水シートを敷き上から被覆シートで覆うなどの簡易な方法であっても良いとされています。

また、液状の家畜排せつ物の管理については、不浸透性材料で設置した貯留槽とすることとされ、尿やスラリーと言った液状の家畜排せつ物を管理するための施設は尿溜やスラリートankが一般的ですが、不浸透性の防水シートを用いた貯留でも良いとされています。

(2) 堆肥舎

- 1) 堆肥舎は、太陽熱を利用することが望ましく、十分に日射が入り込むよう開放面は南向きが理想的であり、屋根材は透過性のある透明樹脂板を用います。屋根傾斜は、3/10程度にすると滑雪性が高まります。
- 2) 堆肥舎の必要面積は、飼養されている畜種と飼養管理方法及び用いられる敷料並びに処理方法などによって大きく異なります。必要面積の算出に関する詳細は、堆肥化施設設計マニュアル（中央畜産会：平成12年10月30日発行）等の資料に掲載されているので参照して下さい。
- 3) 堆肥舎での作業は、ホイールローダなどで堆積した堆肥原料の切り返しが主体となるので、床はバケットの衝撃や凍結深度に耐える強度が

必要で、寒冷地では100mm厚以上の鉄筋入りコンクリート盤が望ましい。

壁は堆肥原料を積む高さ2m程度にあわせるべきですし、仕切壁はホイールローダがぶつかっても大丈夫なように150mm以上とすることが望まれます。



- 4) 堆肥舎は、ロータリー式攪拌発酵方式等の施設に比較して、①構造が簡易であるため面積当たりの建設単価が安く、②維持管理経費も安価であることに加えて、③水分調整と乾牧草等の敷料を多く含む長期間の発酵を必要とする堆肥原料の堆肥化作業に適しているほか、④他の発酵施設で発酵処理した堆肥の後熟の堆積場としても利用でき、⑤機械のトラブルが少なく、作業性がよいことから比較的低コストで堆肥化が可能、等の利点があります。

一方、①広い面積を必要とすること、②切り返し等の労力を多く必要とすること、③水分の多い堆肥原料は乾燥化が進まず発酵も不均一になることが多い、④適切な切り返しによる攪拌等きめ細かな処理管理が必要等の欠点があります。

なお、切り返し及び乾燥場所のスペースとしてエプロンを設けるとホイールローダの作業性向上が図られ、水分調整作業が容易となります。

(3) 通気型堆肥舎

- 1) 通気型堆肥舎とは、堆肥舎の床面から強制的に送風し堆積した堆肥原料内へ空気を送り込み、切り返し作業に代わって好氣的発酵の促進を図るものです。
- 2) 寒冷地で気温が氷点下になる冬期間には、補助加温として暖房器具や送風機室を設けて温風を送風する等の方法が取られている施設もある。

ります。

- 3) 通気型堆肥舎の効果は、堆肥原料、通気量、通気管の配置方式で異なります。搬入された堆肥原料を直接投入する場合には、比較的水分調整が容易な肉用牛が有利で、使われている敷料もバークなど空隙の確保されるものが有効です。
- 4) 厳寒期においても、加温等を行わない送風のみでも発酵温度の上昇が緩慢ではあるが、発酵温度60℃を一定期間持続する傾向を示し、発酵と水分の蒸散作用が得られています。
- 5) 堆肥原料の水分含有率によって違いがありますが、水分率の高い堆肥原料に対して厳寒期に送風した場合には、夜間に表面でシャーベット状に凍結した氷が解け、堆肥原料の中へ流れ込む悪循環の繰り返しとなり、期待する発酵熱が得られないことがあります。



- 6) なお、ランニングコストを最小限に留めつつ効率的な発酵の促進を図る方法としては、あらかじめ堆肥舎で水分調整した堆肥原料を堆積し日中のみの送風で十分な効果が得られます。

(4) 発酵処理施設

- 1) 家畜改良センター十勝牧場では、ハウス型上屋での屋根は、透明の樹脂板または透光性が良く寒冷時にも硬化することなく滑雪性能が高い、裂けない、破れないなどの利点をもったフッ素フィルム等を使用し、太陽熱を利用して蒸散作用を促進しています。発酵促進のため直線の単列または複列の上面が開放された発酵槽（幅5～10m、深さ1.2

m、長さは70m)にロータリー式の強制攪拌装置を設置しています。屋根勾配は、水滴が発酵槽内に落すことを最小限にするため5/10にしています。

- 2) 堆肥原料を発酵槽の一方から毎日定量投入し、攪拌機の回転により前方へ送り、他方から発酵等処理を終了した製品を取り出します。

発酵槽の床面は、赤土等の土間（防水シート敷設）として処理堆肥中の水分の吸収等調整できるようになっているのが一般的です。床面から強制送風して発酵する施設も開発されています。



- 3) 施設整備費は嵩みますが、①攪拌が自動的に行われるため省力化が図られるほか、②処理済み堆肥は製品性状が均一で取り扱いが容易であるなど利点があります。

反面、①維持費が嵩むほか、②攪拌処理時に堆肥舎同様に悪臭が発生する場合があります。アンモニアガスによる施設機材の防錆対策には、上屋の構造（母屋）に板材を使用することが有効です。

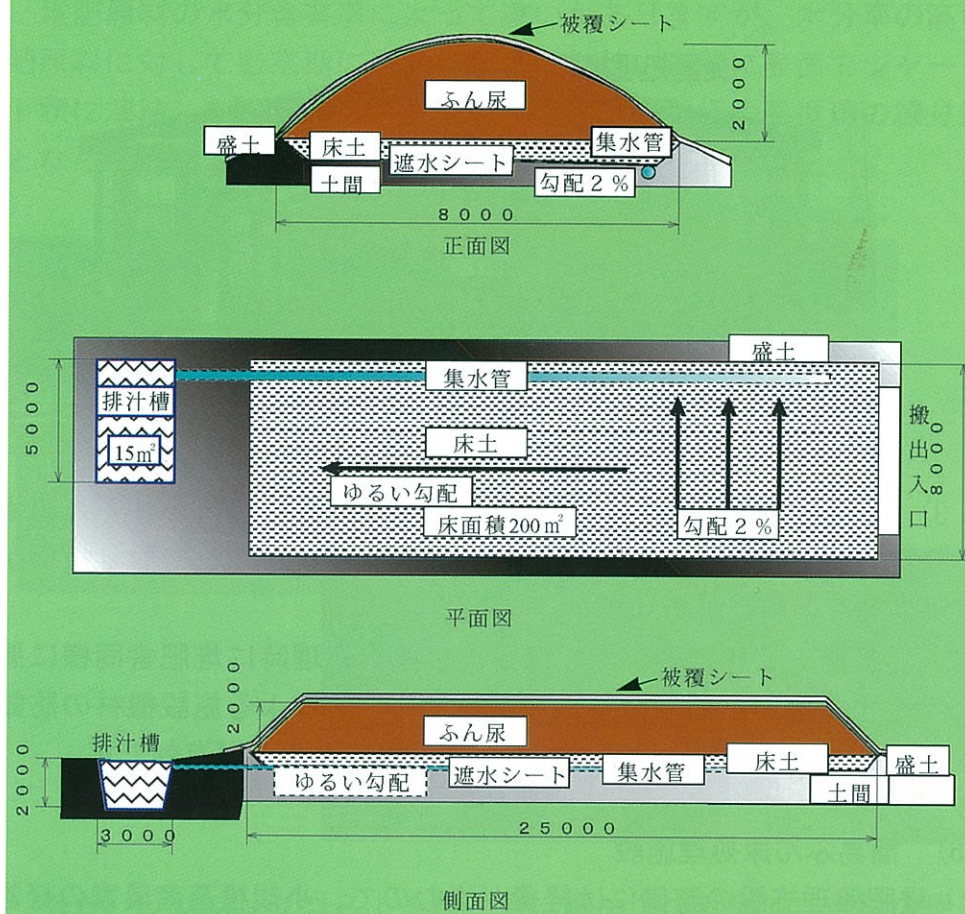
(5) 簡易ふん尿処理施設

堆肥処理施設の整備には経費が嵩むので、小規模畜産農家の経営を圧迫する事態を招くことが憂慮され、低コスト簡易堆肥施設が望まれます。低コストと施設整備が短期間で済む「家畜排せつ物法」適合の簡易ふん尿処理施設が実用化されています。

この施設は北海道立畜産試験場で考案されたシートを用いたシンプルな構造で排汁を漏らさずにふん尿を管理する方法です。特長は、①簡単な構造で安価、②短期間で施工が可能、③自家工法や共同作業での設置が可能等があげられます。

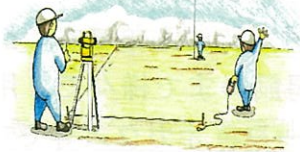
十勝牧場で設置した簡易ふん尿処理施設（実証展示施設）

シートを利用した簡易ふん尿処理施設の構造



簡易ふん尿処理施設施工手順

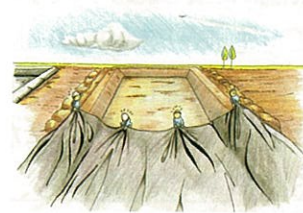
① 測量



② 土間の掘削



③ シート敷設



④ 集水管設置



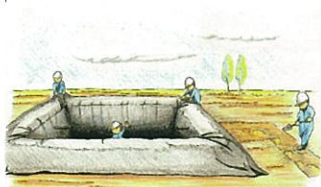
⑤ 基盤整備（火山灰等）



⑥ 基盤の整地・鎮圧



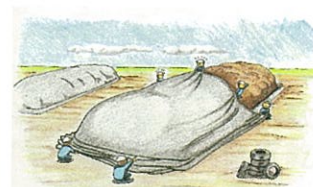
⑦ 排汁槽の設置



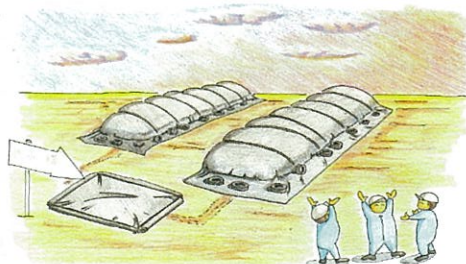
⑧ ふん尿の堆積



⑨ シートで覆う



⑩ 完成



野積みは罰せられます



6. 独立行政法人家畜改良センター十勝牧場における家畜ふん尿処理の事例

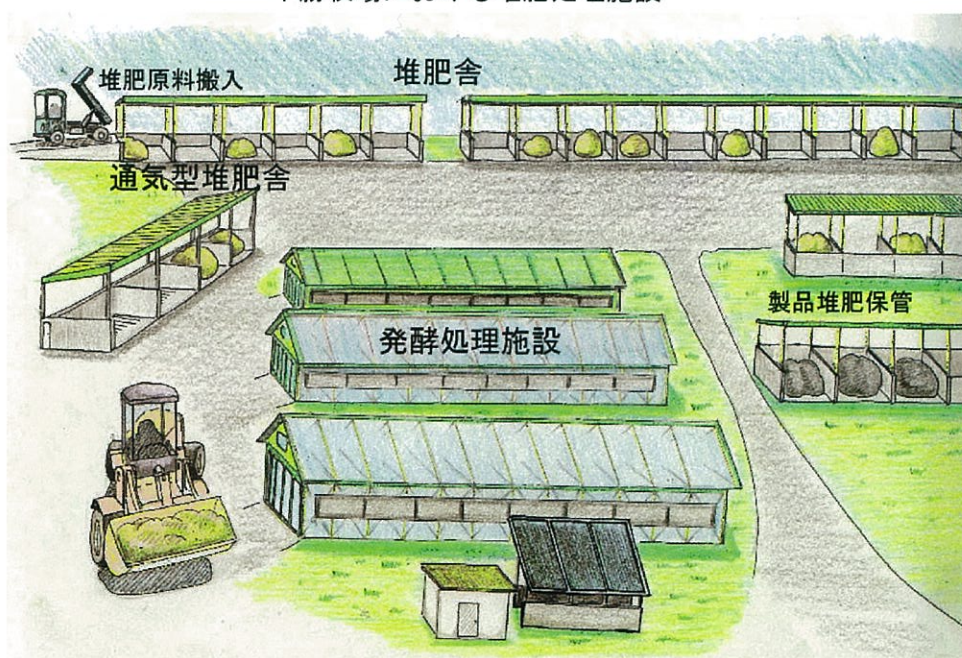
独立行政法人家畜改良センター十勝牧場（以下「十勝牧場」）は、北海道の道東に位置し、気温の最も高い8月でも平均気温25.5℃と比較的冷涼です。気温の最も低い1月の平均気温は-16.2℃で、日によっては-30.0℃となることもあります。

飼養家畜は、肉用牛、乳用種雄牛、馬（重種主体）、めん羊です。飼養形態は畜種等によって異なり、ルーズバーンから単房飼いまで様々で、用いられる敷料等の副資材も、低質乾牧草、えん麦稈、バーク、オガクズ等ですので、排出されるふん尿の性状も畜種等によって大きく異なります。

年間に排出されるふん尿（敷料を含む）は、概ね10,200トンですが、搾乳牛が飼養されていませんので雑排水等污水の排出はありません。

排出されるふん尿の処理は、適切な家畜防疫を図るため畜種毎、飼養基地毎の処理を基本として、畜種間、飼養基地間のふん尿を混合することなく堆肥化处理し、その全量を自場のほ場に還元しています。

十勝牧場における堆肥処理施設



堆肥原料を堆肥舎で一次処理 → 通気型堆肥舎へ搬入 → 発酵処理施設
(水分調整及び切り返し等による発酵) (発酵促進と水分蒸散) (発酵と乾燥)

(1) 家畜ふん尿排せつ量の算出

ふん尿の排出量は、家畜の種類・体重、給与飼料の種類・質・量・生産能力、さらに飲水量、飼養体系、季節など諸条件によって大きく変動するため、その量を正確に把握することは著しく困難です。十勝牧場では、堆肥処理施設整備に必要となる畜種別ふん尿の排せつ量の算出を表－５の数値を参考としています。

表－５ 畜種別ふん尿排せつ量の算出基礎 (単位：kg)

畜種	種	体 重	１日１頭あたり排せつ量	
			ふ ん	尿
肉用牛	２才未満	２００～４００	１６	７
	２歳以上	４００～７００	１８	７
乳用種雄牛	乾乳牛相当	５５０～６５０	２１	６
	育成牛	４０～５００	１６	７
馬		５００	１０．１	１２．４
めん羊		２０	０．３	０．５
		４０	０．６	１．０

注１：牛は、中央畜産会「堆肥化施設設計マニュアル」より抜粋。

注２：馬及びめん羊は、(財)畜産環境整備リース協会「畜産環境整備のための技術及び機械装置集（１９９３）」より抜粋

(2) 飼養頭数及びふん尿混合物排出量

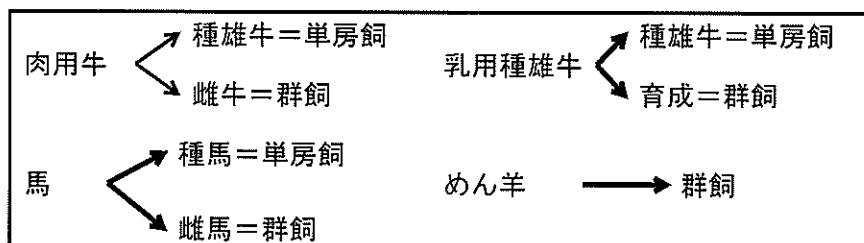
ふん尿・敷料混合物の排出量は、畜種毎に飼養体系が異なるため、畜舎からの排出時に使用する作業機（ホイールローダ）のバケット回数をもとに年間の処理量を把握しています。しかし、敷料の種類（低質乾牧草、麦稈、木質系資材）、放牧期間、頭数により季節的に変動します。

表－６ 畜種別飼養頭数と処理量（平成１４年度） (単位：頭・m3)

畜種	平均頭数		月別の敷料混じり・ふん尿発生量											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
肉用牛	成	404	893	879	1,082	883	842	1,024	911	904	1,028	1,034	990	1,081
	育	109												
	子	162												
乳雄牛	成	43	401	435	401	435	435	380	435	380	435	435	358	435
	育	42												
	子	41												
馬	成	152	504	454	174	62	62	60	62	60	525	525	504	504
	育	63												
	子	37												
めん羊	成	64		88			24		8				74	
	育	12												
	子	30												

(3) 飼養家畜のふん尿の排出方法

畜種、単房飼、群飼等飼養管理体系と利用している敷料の種類及び使用量によって、排出されるふん尿の性状と水分率は異なりますが、概ね70%前後で推移し、多量の排汁が出る状態ではありません。冬季は外気温が-20℃以下となることも珍しくなく、畜舎内のふん尿の凍結も見られます。



1) 肉用牛

肉用牛の飼養管理は、種雄牛が単房飼、雌牛は群飼が主体です。妊娠牛のみを5月から11月中旬まで放牧し、種雄牛、肥育牛、子牛は技術開発等調査実験等のため通年舎飼しています。

舎飼期に用いられる敷料は、乾牧草と麦稈が主体です。一部の畜舎では戻し敷料やバークを用いています。

ふん尿の排出頻度は、牛舎毎の収容頭数及び収容家畜の月齢等によって異なり1～2週間に1回間隔です。戻し敷料を利用している牛舎は、概ね週1回トラクタに装備したロータリーで表層を攪拌し、敷料表面の水分調整を行い、戻し敷料の表面が固くなる3ヶ月毎に搬出しています。

ふん尿の排出はホイールローダまたはトラクターで集積し、ダンプトラックで堆肥舎へ運搬します。

2) 乳用種雄牛

乳用雄牛は、成牛が単房式で育成牛は群飼、子牛はカーフハッチ及びスーパーハッチで3ヶ月管理しその後群飼されています。

子牛以外は、全頭通年舎飼で1週間の間隔で敷き詰の乾牧草の敷料とふん尿をホイールローダで集積し、ダンプトラックで堆肥舎に運搬しています。

3) 馬（農用馬）

馬は、種雄馬と繁殖雌馬です。飼養管理は、種雄馬が単房式で通年舎飼、育成馬（雌）及び成雌馬は群飼、5月上旬より11月末までの間は放牧、冬期間は舎飼となります。

種雄馬のふん尿の排出は、毎日手作業で汚れた部分のみを排出し、馬

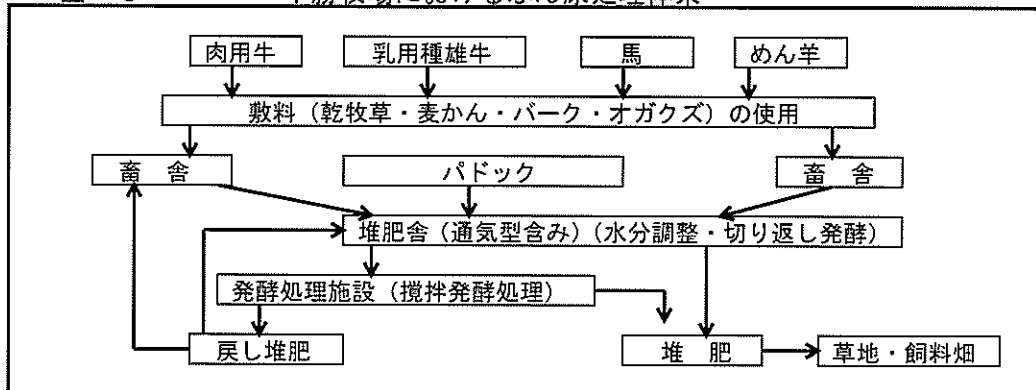
房全体が汚れた時点で敷料の麦稈を入れ替えています。種雌馬は12月から5月まで4週間毎の間隔で厩舎内に敷き詰の乾牧草の敷料とふん尿をホイールローダで集積し、ダンプトラックで堆肥舎へ搬出しています。

4) めん羊

めん羊は群飼、5月から11月中旬まで昼夜放牧による管理をしています。一部の実験羊等が舎飼管理で、夏季も処理の必要な敷料とふん尿が排出されます。

冬期間は全頭舎飼で敷料として乾草を敷き詰し、ふん尿の排出は2月と5月に敷料とふん尿をホイールローダにより集積し、ダンプトラックで堆肥舎へ運搬しています。

図-3 十勝牧場におけるふん尿処理体系



(4) 排出されるふん尿の性状

- 1) 畜種及び管理施設と飼養管理体系によって排せつされるふん尿の性状は大きく異なります。

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水分率84%未満を固形状、水分率84～87%を半固形状、水分率87%以上を液状に区分しています。これで見ると、十勝牧場で排出される各家畜のふん尿の性状は、いずれも低品質乾牧草や麦稈、木質系等の敷料資材を十分利用しているため、ほとんどが固形状（75%以下）の分類となります。堆肥化が容易にできるものに分類されます。

- 2) 家畜毎のふんの性状を見ると、牛のふんは水分が多く柔らかで取扱いづらい性状に対して、馬及びめん羊は固まり状の形状を呈しており、取り扱いやすく堆肥化も容易です。
- 3) パドック内のふん尿については、夏季の場合太陽熱で水分の蒸散が図られ、ホイールローダ等により集積しダンプトラックで堆肥舎に運搬しています。パドックには屋根が設けられていないため、ふんが散乱している等の状態を放置すると降雨時に流失するので、パドックは