

第3章 草地管理施設

3. 1 機械格納庫

機械格納庫は、道路からの出入りが便利な場所に設置し、トラクター及び作業機を格納するのに必要な広さと設備を持たせるとともに、機械の装着や点検整備の作業が容易に行えるようエプロンを設ける。

なお、安全管理と火災予防に留意した構造とすることが必要である。

〔解 説〕

機械格納庫に機械整備施設やオペレーター等の休憩室等を附属させるときは、それらに適応する広さと設備を持たせる。

(1) 機械格納庫は、トラクター及び各種の作業機を格納する建物であるが、機械の装着及び出入りは、1人のオペレーターで操作できるように配慮する。

(2) 機械格納庫の前に設けるエプロンは、コンクリート又はアスファルト舗装とし、傾斜を付けて排水を図り、エプロンの片隅に洗車場を施設し、排水溝を完備する。

エプロンの幅は、作業機の全長が納まることが望ましく、少なくとも5mは必要である。

(3) トラクター用作業機は重く、移動やトラクターへの着脱も大変な場合が多いが、キャスターの付いた作業台を用意し、これに作業機を乗せて運ぶことにより、一人でも効率的な作業が可能となる。このことから、洗車場とエプロン及び機械格納庫の間は同一面のコンクリート床にすることが望ましい。

(4) 機械格納庫の広さは、トラクター等を格納するのに必要な最低限の面積を基本とし、作業者が機械間を危険なく通行できる間隔を確保する。また、安全キャブを装着したトラクターを格納するに当たっては、ドアの開き幅も加味する。

(5) 機械格納庫は、大型機械の出入りが容易になるように、間口の全長に対する出入り口の割合を大きくする。扉は、シャッターとすることが望ましい。大型のファームワゴン及びフォレージハーベスター、150PSを超えるトラクターでは、出入り口の高さが3.8m程度必要であるが、他の機械は2.8m以下とみてよい。

(6) 機械格納庫の壁は、機械が接触する可能性のある高さまでは、コンクリートブロック積み等にすることが望ましい。整備施設を設ける場合は、チェンブロック又はホイストを使用できる構造であることが望ましい。

なお、一定吊荷重以上のチェンブロック及びホイストを設置する場合は、「クレーン等安全規則（平成18年1月5日厚生労働省令第1号）」による設置届及び設置報告書が必要となる。屋根には、天窓を設けると便利である。

(7) 機械格納庫内に、トラクター及び作業機の附属部品置場と、小農具置場を設ける必要がある。

3. 2 機械整備施設

(1) 機械整備施設は、現車整備面積のほかに、機械設備、工具及び部品の置場を必要とする。

(2) 現車整備面積は、トラクターの据え付け面積とその周囲の整備作業をするための空間を含めた現車作業場のもので、1台当たり25㎡程度とみてよい。また、機械整備施設には、チェンブロック又は天井クレーンを設けることが望ましい。

(3) 機械設備としては、「農業機械整備施設設置基準」（平成31年1月29日付け全国農業機械商業協同組合連合会）を参考にするとよい（表Ⅳ・22）。

(4) 機械整備施設に置くべき部品としては、トラクター及び作業機の種類に応じて必要規格のベルト、ピン類等の

ほか、ボルト、ナット類、液体パッキン、金ノコ刃、溶接棒、ドリル刃、ランプ等があり、またこれらの収納箱も必要となる。

表－IV・22 農業機械整備施設設置基準（点検調整施設）

（小型施設）

必要なもの	タイヤ・ゲージ ¹⁾ 、バッテリー比重計、サーキット・テスター ²⁾ 、充電器 ³⁾ 、回転計、ノギス、エア・コンプレッサー（0.75kW 級） ⁴⁾ 、部品洗浄槽、電気ドリル（10mmφ 級まで使用できるもの）、卓上グラインダー
あることが望ましいもの	ノズル・テスター（20N・m 以上）、バルブ・リフター、ピストン・リング・ツール、ガレージ・ジャッキ（2t 級）、インパクト・レンチ（各種）、直定規（1m 程度）、回転計、トルクレンチ（60N・m 程度、130N・m 程度）、温水洗浄機、ベアリングプーラー、卓上ボール盤、ポータブルサンダー又はデスク・グラインダー（φ150）、電気溶接装置、ガス溶接装置、板金工具類（フェンダー・ツール程度のもの）、定盤（900mm×900mm）

注) 1) 目盛の細かいものが望ましい 2) デジタル式が望ましい

3) 急速充電と普通充電の切換があるものが望ましい 4) エア・トランス・ホーマー付低圧型

（中・大型施設）

必要なもの	圧縮ゲージ（ディーゼル用） ¹⁾ 、ノズル・テスター（20N・m 以上）、バルブ・リフター、ピストン・リング・ツール、ラジエーター・キャップ・テスター、タイヤ・ゲージ、ガレージ・ジャッキ（2t 級、大型は3t 級）、インパクト・レンチ、バッテリー比重計、サーキット・テスター ²⁾ 、充電器 ³⁾ 、直定規（1m 程度）、トルク・レンチ（60N・m 程度、130N・m 程度、260N・m 程度）、き裂点検器（レッドチェック用）、油圧ゲージ、ノギス、温水洗浄機、チェーンブロック（2t 級） ⁴⁾ 、油圧プレス（15t 級）、エア・コンプレッサー（2.2kW 級、大型は3.7kW 級）、部品洗浄槽、トラクターミッション分解台、電気ドリル（φ10 級まで使用できるもの）、卓上ボール盤（φ13）、卓上グラインダー、ポータブルサンダー又はデスク・グラインダー（φ150）、電気溶接装置、ガス溶接装置
あることが望ましいもの	圧縮ゲージ（ガソリン用）、回転計、標準圧力計 ⁵⁾ 、硬度点検ヤスリ、天井クレーン、ベアリングプーラー、ポータブル・グラインダー（φ100）、エンジン付電気溶接機 ⁶⁾ 、板金工具類（フェンダー・ツール程度のもの）、定盤（900mm×900mm）

注) 1) 対象とするエンジンのアダプターを用いる必要がある 2) デジタル式が望ましい

3) 急速充電と普通充電の切換があるものが望ましい 4) 天井クレーンがある場合は不要

5) 動力噴霧器用 6) 出張整備用

3. 3 燃料庫

燃料庫は、草地の利用管理に必要な機械類の燃料及びオイル類を常時保管しておくために設置する。なお、火災予防のために、他の建物から離し、トラクター等の出入りの容易な場所に設置する。

〔解 説〕

軽油等の引火性液体（第4類）を一定以上貯蔵し、また給油する施設として燃料庫を設置する場合には、防火、消火について留意しなければならない。

消防法では指定数量（表－Ⅳ・23）を定め、貯蔵や取り扱う各危険物の数量を各指定数量で除し、第4類に属する4種類の合計値が1以上の場合には、あらかじめ市町村長等の許可を受けなければならない。また、取扱いに当たっては、危険物取扱者の資格を要する。

なお、指定数量未満の貯蔵や取り扱いに当たっても、指定数量の1/5以上の場合は火災予防条例に基づき、少量危険物としての対象となる。

表－Ⅳ・23 引火性液体（第4類）の指定数量

品 名	指定数量
第一石油類（ガソリン）	200 リットル
第二石油類（軽油、灯油）	1,000
第三石油類（重油）	2,000
第四石油類（ギア油、シリンダー油）	6,000

燃料庫の設置に関する法令として次のものがある。

消防法（昭和23年法律 第186号）

危険物の規制に関する政令（昭和34年政令 第306号）

危険物の規制に関する規則（昭和34年総理府令第55号）

3. 4 資材庫

- (1) 資材庫は、草地の利用管理上必要な機械・器具類、小道具等を格納するために設ける。
- (2) 資材庫は、管理事務所近くに独立して設置することもあるが、一般には、機械格納庫等に附帯して設置する。
- (3) 面積は、格納しようとする品目と数量をあらかじめ計算の上必要最小限の面積を基本とする。

3. 5 留意事項

- (1) 建築コスト低減化のための検討

草地管理施設は、経済性に沿った低コスト化に努めなければならない。低コスト化を図る条件を以下に示す。

ア 施設に要求される必要最低限の機能を具備する。

イ 施設に要求される風圧、地震、積雪等の荷重に耐える必要最小限の構造と強度を満足させる。

ウ 建築基準法の畜舎関連告示と畜舎特例法のどちらを適用するかについては、当該施設の自然条件や利用方法に係る施設管理者の意向を踏まえて、利用方法に応じた各種基準の緩和等の条件も確認の上、建築士と十分に確認して検討する。

エ 経済性の追求に当たっては、外観や意匠に拘わらず、機能性、実用性を優先する。低コスト化に当たっては、建物の設計のみならず、その施工方法や施設使用条件についても総合的に検討がなされるべきである。

第4章 粗飼料調製貯蔵機械施設

4. 1 サイロ

4. 1. 1 サイロの設置目的

サイロは原料を密封・貯蔵し、嫌氣的条件を与えて乳酸発酵による養分損失の少ない良質サイレージを安定調製・貯蔵することにより土地生産力・家畜能力の向上、更には飼料自給率の改善を果たすために設置する。

4. 1. 2 サイロの種類と特徴

- 1 サイロには気密サイロ、塔形サイロ、角形サイロ、バンカーサイロ（ここまで構造物）、スタックサイロ（ここまで固定式、以下可搬式）、コンテナサイロ、バッグサイロ、ラップサイロ等多くの種類があり、形態・設置位置・調製場所等により分類する。
- 2 その選定に当たっては、①サイレージ給与量、②必要調製量、③原料種類、④詰め込み機械・手段、⑤取出し方法、⑥建築経費及び維持管理費、⑦給餌方法を考慮しなければならない。

〔解 説〕

- (1) サイレージ調製は、乾草調製に比較して天候に左右されることが少なく省力的で栄養収量の高い適期利用が可能である。
- (2) 同じ原料を調製しても、サイロの種類により詰め込み密度や気密度が相違するため、発酵状態が異なり、製品サイレージの品質、嗜好性・消化率及び養分回収率に差が生じる。表－Ⅳ・24 に主要なサイロの種類と構造・作業方法を、表－Ⅳ・25 にその特徴を示す。
- (3) 我が国で利用されているサイロの種類について、これを大別すると次のとおりである。

ア 固定式サイロ

固定式サイロの多くはコンクリート、コンクリートブロック、スチール、FRP等の材料により築造され、ビニールフィルム等により密封手段を取るサイロである。

(ア) 垂直型サイロ（円形、角形）

- ① 円形は開封後のサイロの気密保持機能を持つものと持たないものがある。気密式は呼吸袋、安全弁、サイレージをサイロの下方から取出せるボトムアンローダーを備えており、開封・取出し後、再密封を行うことで気密が保たれ、また、追い詰めができる。この形式は直径3 m以上、容積100 m³以上の大型サイロになり、予乾して微細断した材料を詰め込む。

非気密式はサイレージの取出しをトップアンローダーで行う形式で開封後は気密を保つことができず、追い詰めができない。

- ② 角形は地下式、半地下式、地上式に細分類される。比較的構築費が安価であり、我が国では最も設置数が多い。このうち地下式角形サイロは多くの特徴を持ち利用率が高い。
- ③ 夏期の取出し厚が15cm以上となるようにサイロ断面積を決定する。

(イ) 水平型サイロ（バンカー、スタック、トレンチ）

水平形は低層構築物のため、比較的安価に建設することができる。サイレージ詰め込みもトラクター、ホイールローダー等の機械力で効率的に詰め込むことができる。

そのため、TMR センターや大規模農家では効率的な農作業が可能となる。

その反面、大きな敷地が必要となり、液汁、雨水排水対策に配慮が必要であり、踏圧時に側壁に加わる荷重を考慮して構造計算することが重要である。

また、サイレージ取出しに伴い床板の凍上対策の必要がある。

- ① バンカーサイロは、側面・背面をコンクリート、床面をコンクリートやアスファルト等の構造物とする。なお、サイロ内の牧草の腐敗を防ぐため胃酸などの添加物を使用する際は、コンクリートを中性化させないための対策が必要である。また、十分な踏圧により、上面と正面をビニールフィルムで密封する必要がある。
- ② スタックサイロは、コンクリート等の床面上に直接材料を積み上げ、踏圧して全面をビニールフィルムで2重に覆う方式で、材料の量に対する自由度が高い。

表Ⅳ・24 主要サイロの種類と構造、作業方法

型 式	垂直型サイロ		水平型サイロ		可搬式サイロ
形 態	円 形	角 形	バンカー	スタック	ラップサイロ
開封後の気密	気密保持持続可能なものもある	被覆再密封可能	被覆再密封可能	被覆再密封可能	不可能
設 置 位 置	地 上	地 下 地上・半地下	地 下 半地下	地 上	任 意
大 き さ	直径3～8m 高さ5～26m	一辺3～4m 高さ3～6m (深さ)	幅 3～10m 高さ2～4m 長さ10～50m	幅 2～6m 高さ1～2m 長さ4～30m	直径0.4～1.8m 幅 0.6～1.5m
容 積 貯蔵量	50～1,000 m ³ 30～500t	30～60 m ³ 15～40t	50～2,000 m ³ 20～800t	10～500 m ³ 5～200t	0.1～3.8 m ³ 0.1～3.8 m ³
主 な 構築材	スチールパネル、FRPパネル、コンクリートパネル、コンクリート	鉄筋コンクリート、鉄筋コンクリートブロック、ビニールフィルム	鉄筋コンクリート、アスファルト、木枠、土盛り、ビニールフィルム	ビニールフィルム、ビニールシート、クリップ資材	ポリエチレン主体ストレッチフィルム
密封の 方 法	気密蓋で密封し呼吸袋＋安全弁により、内外圧の調整を行う	ビニールフィルムで被覆し、パッケージ板＋クリップで密封	ビニールフィルム等で、2重に被覆し土砂袋、クリップ等を用い密封	ビニールフィルム等で2重に包み、土砂袋などで押さえ密封	ストレッチフィルムにより重複率50%で4層以上被覆する
原料詰 込み法	ブロワー	落とし込み、ブロワー、コンベヤ	落とし込み、ホイールローダー、ブロワー、コンベヤ	落とし込みと積み上げ、ホイールローダー	ロールベアラーによる梱包、ラッパーによる包装
踏 圧 圧 密	自 重	人力、重石	トラクター、ホイールローダー	トラクター、ホイールローダー	梱包時調整
サイレー ジ取出 し法	ボトムアンローダー、トップアンローダー	トップアンローダー（サイロクレーン）、人力ホイスト	アンローダー、サイレージカッター、フロントローダー	フロントローダー、サイレージカッター、アンローダー	ロールベアールカッター、シュレッダー、ナイフローダー

適応原料水分	低 ～ 中	中 ～ 高	高	高	低 ～ 中
--------	-------	-------	---	---	-------

③ 構造的に自由度が高く、機械力を利用すれば詰込み作業も容易なバンカーサイロの設計基準は、表－Ⅳ・25 の「短所」への対処方法と言い換えることができる。すなわち、取出し期間中の二次発酵を防止するため、間口全面を同じ厚さで、切断面を乱さずに切取り出せるように設定することである。このためには後述する取出し機械の選定を優先し、次に給餌量設計・飼養頭数から一日当たり必要切出し量(厚さ)を決定する。そして夏期利用の場合、日切り出し厚さ 15cm 以上を確保できる間口面積を決定し、その高さは切出し機械の最大切出し高さ×0.8、その幅は若干の重複を見て機械幅の整数倍として決定し、全長は給餌期間から決定する。

表－Ⅳ・24 に示した寸法範囲の中では、幅 4 m、高さ 2 m、全長 20m 程度が施工上、各作業上取り扱いやすく、必要に応じて複数基設置するのが合理的である。

なお、背面壁は必ずしも設置する必要はない。床には排汁溝を作り、排汁の貯留枠も設置する。また、牧草の搬入、サイレージの搬出時に周囲から土砂などを持ち込まないようにコンクリート等のエプロンを設置する。

表－Ⅳ・25 主要サイロの種類と特徴

型 式	垂 直 型 サ イ ロ		水 平 型 サ イ ロ		可搬式サイロ
形 態	円 形	角	バンカー	スタック	ラップサイロ
長 所	①気密性、圧密性詰込み・取出しなどの機能に優れる。 ②追詰めによる多回転利用が可能な場合もある。	①築造費が比較的安い。 ②築造や補修が比較的容易である。 ③特に地下式は詰込み作業が容易である。 ④地形を利用した省力化可能。 ⑤追詰め可能。	①詰込み作業が容易である。 ②築造費が比較的安い。 ③規模拡大に対応しやすい。 ④機械力を利用して踏圧しやすい。	①必要に応じて設置できる。 ②価格が安い。	①圃場調製可能。 ②作業能率高い。 ③一人作業可能。 ④圃場で調製後放置して運搬収納作業を分離できる。 ⑤機械化体系が確立している。 ⑥乾草調製から切り替え可能。
短所	①築造費が高い。 ②ブロワー、アンローダーなど高価な付属機械を必要とする。 ③アンローダーの保守管理煩雑。	①サイロ隅が変敗しやすい。 ②コンクリートはひび割れ、酸腐食が生じやすい。 ③地下水位の高い場所では難。	①サイロの密閉が不良になりやすい。 ②取出し期間のサイレージ品質低下を招きやすい。 ③地下水位の高い場所では難。	バンカーサイロの①～②と同じ。 ③被覆材が破損する危険性が最も大きい。	①サイロごとの品質不安定。 ②フィルム破損による品質低下多い。 ③使用済みフィルムの処理難。 ④置き場面積大。

利用上の注意	①材料水分は70～75%以下、切断長は10 mm 以下にする。 ②ボトムアンローダーの日常点検を行う。 ③トップアンローダーの作動状態に注意する。	①踏圧を十分に行う。 ②夏期取出し量は毎日20cm 以上とし、再密封を励行する。 ③地下式は酸欠に注意する。	①踏圧を十分に行い、密封に注意。 ②サイロ周囲の排水に注意し、雨水の侵入を防ぐ。 ③被覆ビニールフィルムの破損に注意する。 ④夏期は15cm 以上の厚さで取り出す。 ⑤踏圧や取出しはトラクターが利用できるようにサイロの構造や配置を考える。	①材料水分は60%以下。 ②形状の良いベール作り。 ③直ちに包装すること。 ④フィルム破損を防止する。 ⑤縦積みによること。
--------	---	--	---	--

イ 可搬式サイロ

固定式に対して移動が可能なサイロとして、定置用（おおむね容量2～10 m³）と移動用（おおむね容量2 m³以下）に分けられる。スチール、FRP、ビニール等を素材とし、バッグ、コンテナ、ドラム缶といった形態をとる。サイロごと運搬・流通させる場合に用いられ、ラップサイロもこの分類の一つである。

ウ ラップサイロ

(ア) ラップサイロとは、低～中水分のロールベールをベールラッパーを用いて伸縮性を有するストレッチフィルムにより密封包装してサイレージ化する形態を言う。

(イ) ベールラッパー

ベールラッパーはロールベールにストレッチフィルムを層状に巻き付け密封する機械である。フィルムを巻き付ける動作の違いから、①ベールごと積載台が水平に回転するターンテーブル型と、②フィルムの繰り出し装置がベールの周囲を回転する回転アーム型に大きく分類される。

(ウ) ラップサイロ調製の技術的な特徴と課題

その特徴として ①高能率性、②ワンマンオペレーション、③耐天候性、④乾草とサイレージの両用性、⑤密封・貯蔵の簡便性、⑥初期投資低コスト性などがある一方、技術的な課題として ①品質の不安定性、②品質のバラツキ、③ランニングコストの増加、④貯蔵場所の確保、⑤フィルムの処理、⑥給与ロスが多い、⑦舎内給与が多労、⑧混合調製材料としての利用には細断機の利用が必要、などがある。なお、近年市販された細断型ロールベールにより、それまでロールベール調製が困難であったとうもろこし等長大作物の高品質なロールベール調製が可能となった。細断型ロールベールについては次項で詳しく述べる。

(参 考)

(1) バンカーサイロの壁荷重

バンカーサイロの壁は、①サイレージによる荷重、②踏圧用機械の荷重③雪の荷重を考慮し、転倒、滑動、沈下、破壊が生じない形状とする。

ア 計算方法例（ASAE，米国農業工学会）

(ア) 荷重の種類

- ① サイレージの荷重 (Silage load)
サイレージ調製が終了した時点でのサイロ壁にかかる荷重
- ② 踏圧荷重 (Compaction load)
サイロ詰め込み時にホイールローダーなどでの踏圧作業時にサイロ壁にかかる荷重
- ③ 荷重の大きさ

(イ) 名称

DM : サイレージの乾物率

g : 重力加速度 (9.81m/s²)

K : 圧力因子

K_f : 荷重因子

L : 設計壁線荷重 (N/m)

L_t : 単位長さ当たりの一軸荷重 (N/m)

p : 壁に作用するサイレージ圧力 (Pa)

P : 設計壁荷重 (N)

P_w : 最大輪荷重 (N)

W : 踏圧車両の重量 (t)

z : 壁の上部からの深さ (m)

α : サイレージ上部の傾斜角 (図参照)

δ : 壁の傾斜角、水平面に対して小さい方の角度

ρ : サイレージの密度 (kg/m³)

ϕ : サイレージ-壁の摩擦角

ϕ' : サイレージの内部摩擦角

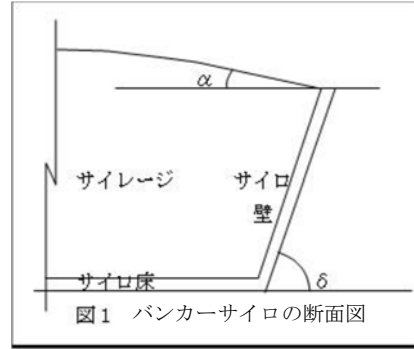


図1 バンカーサイロの断面図

(ウ) サイレージ荷重

① サイレージの壁に対する圧力は液体と同じ。

$$p = K \rho g z \quad (\text{式1})$$

② サイレージの嵩密度は次の式から算定できる。

$$\rho = (200 + 4W) / DM \quad (\text{式2})$$

③ 圧力因子の K は動圧力比 K_a と相関がある。

$$K = 1.5 K_a \quad (\text{式3})$$

④ 動圧力比 K_a は、

$$K_a = \left[\frac{\sin(\delta + \phi') \csc(\delta)}{\sqrt{\sin(\delta - \phi) + \frac{\sqrt{\sin(\phi' + \phi) \sin(\phi' - \alpha)}}{\sqrt{\sin(\delta + \alpha)}}}} \right]^2 \quad (\text{式4})$$

ここで、 ϕ' はサイレージの場合 30° としてよい。また、サイレージ-壁の摩擦角は、コンクリート壁： $\tan^{-1}$ は $0.4 \sim 0.5$ ($\phi = 21.8^\circ$ ($\tan^{-1}0.4$))、鉄板壁： $\tan^{-1}$ は $0.3 \sim 0.4$

これらの摩擦角から K_a が最大となる値を求める。

(エ) 踏圧荷重

① 踏圧作業機による壁への車輪荷重は、

$$P = K_f P_w \quad (\text{式5})$$

② 壁荷重 P は $0.75 \times 0.75\text{m}$ の範囲に均一に作用するものとする。

③ 踏圧作業機による壁への一軸荷重は

$$L = K_f L_t \quad (\text{式6})$$

最大荷重は壁の上部から 0.5m のところである。

サイレージ圧力を決定する時には、 K_f は K と同じとして計算してよい。

(オ) 計算例

① 条件

バンカーサイロの種類とサイレージ：鉄筋コンクリート、コーンサイレージ

壁の傾斜： 80° サイレージの水分：70% (DM=0.30)

踏圧作業機の総重量：8t サイレージ上部の盛り上げ角度： 10°

② サイレージ荷重

動圧力比 K_a を式4に、 $\delta = 80^\circ$ 、 $\phi' = 30^\circ$ 、 $\alpha = 10^\circ$ を代入して求める。

$\phi = 21.8^\circ$ ($\tan^{-1}0.4$) の時、 $K_a = 0.44$ 。

$\phi = 26.6^\circ$ ($\tan^{-1}0.5$) の時、 $K_a = 0.45$ 。

したがって、 K は式3から $K = 1.5 \times 0.45 = 0.675$ となる。

また、サイレージ密度は式2から $\rho = (200 + 4 \times 8) / 0.3 = 773 \text{ kg/m}^3$ となる。

式1から、サイレージ圧力 p は、 $p = K \rho g z = 0.675 \times 773 \times 9.81 z = 5120z$ (Pa)

z はサイロ壁の頂部から測った深さである。 p は深さ z でサイロ壁に垂直に作用する。

③ 踏圧荷重

P を求めるには、最大輪荷重を算定する必要がある。およそ75%が後輪にかかるとして、 P_w は、

$$P_w = 0.5 \times 0.75 \times 8000 \times 9.81 = 29430 \text{ (N)} = 29.4 \text{ (kN)}$$

したがって、設計荷重 P は、 $P = K_f P_w = 0.675 \times 29.4 = 19.85 \text{ (kN)}$

この荷重は、深さ 0.5m の所で壁に垂直に作用し、その位置での最大のひずみを生じさせる力である。これは $0.75 \times 0.75\text{m}$ の範囲に均一に作用する。

<補 足>

床にかかるサイレージの重量は、式2で求めたサイレージ密度に積み込み高さ H (m)をかけて求める。積み高さが 2.5m であれば、 $773 \times 2.5 = 1933 \text{ kg/m}^2$ となる。

4. 1. 3 サイロの種類・容積の決め方

- 1 必要なサイレージ量を、一日1頭当たりの給与量、給与日数及び飼養頭数から決定する。
- 2 次にサイロの種類を選択し、その詰め込み可能密度と貯蔵中の減少量を推定して総サイロ容量を計算する。同時に詰め込み・取出し機器の選定を行う必要もある。
- 3 給餌までを含めて関連機械設備、投資可能額から利用形態を想定して決定する。

【解 説】

(1) 詰め込んだ原料はサイロ内で圧密され、排汁（おおむね原料含水率 75%以上）が生じ、また、発酵状態によってサイレージの栄養成分及び組成に差異があるため、ロスが発生する。一般に1tの原料を調製貯蔵しても利用できるサイレージの重量は950～700kgに減少する。

(2) 詰め込み後のサイレージの密度は原料水分、サイロの大きさ、原料の種類と切断長、踏圧など詰め込み方法等によって異なる。

バンカーサイロの場合、良質なサイレージを作るには十分な踏圧が必要である。踏圧後のサイレージ容積重は170 kg/m³以上を超えると発酵品質も良質となる。そのために必要なサイレージの量は、水分70～80%でバンカーサイロ容量の2倍程度が見込まれる。踏圧作業はホイール型の踏圧車両で、1回の踏圧厚さが30cm以下となるよう平面全体を踏圧することが望ましい。

(3) 必要なサイロ容積（m³）は原料貯蔵必要容量（t）をサイレージ密度（t/m³）で除して求める。例えば、貯蔵必要容量200t、密度が0.8t/m³の場合には250 m³の容積となる。しかし、地上サイロの場合、貯蔵容積はサイレージの貯蔵高さをサイロ有効高さ（軒高）の0.9と見積り、貯蔵容積を求めるのが一般化しているので、サイロの必要容量は250 m³を0.9で除した値、278 m³となる。

(4) 地上円形サイロの大きさを決めるには、直径に対して高さを2倍以上にとり、サイロ築造費の低減や圧密効果の向上を図る。

(5) サイロは大型になるほど1 m³当たり築造費が安価になるが、二次発酵による腐敗の防止や都府県に多い多毛作・多回刈りによるサイロの多回転利用を考慮した場合、必要サイレージ量を分割して小型で多基数化する方式が合理的な場合が多い。

(6) ラップサイロ体系の選択

ア 密度・容量の選定、ロールベアラーの選択

ラップサイロの密度はロールベアラーの能力により決定される。後述する表Ⅳ・27と表Ⅳ・28に平均的な質量と大きさ、密度の概略を示す。ロールベアラーは取扱いの指示に従えば安定した性能を発揮するので1 必要生産量、2 圃場面積・形態、3 所有トラクター出力、4 価格、5 貯蔵場所などを勘案して機種を選定する。

なお傾斜地での利用にはロールベアラーの転倒などの課題がある。現在の市販機種では平均傾斜度が8度を超える傾斜地での利用は不適當である。

フォレージハーベスターで細断したデントコーン等の長大型作物をロール成形できる細断型ロールベアラーが市販化された。

イ 細断型ロールベアラーの構造と特徴

細断型ロールベアラーは、フォレージハーベスターで1 cm前後に細断したデントコーン等の長大型作物を、直径約85 cm、高さ約90 cm、重さ約330kgのロールベアラーに成形できる作業機である（図Ⅳ・37）。フォレージハーベスター等から材料を荷受けするホッパ、ホッパから成形室に材料を供給する搬送部、細断材料をこぼさずに高密度にロール成形する成形室、結束用ネットの供給装置から構成されており、成形室構造の違いに

よりバーチェーン式とローラー式の2種類がある。いずれのタイプもホッパに材料を一時貯留することにより、ロールベールをネットで結束している最中でも刈り取り作業を中断することなく連続作業が可能である。なお、本ベラーにはピックアップ装置はない。

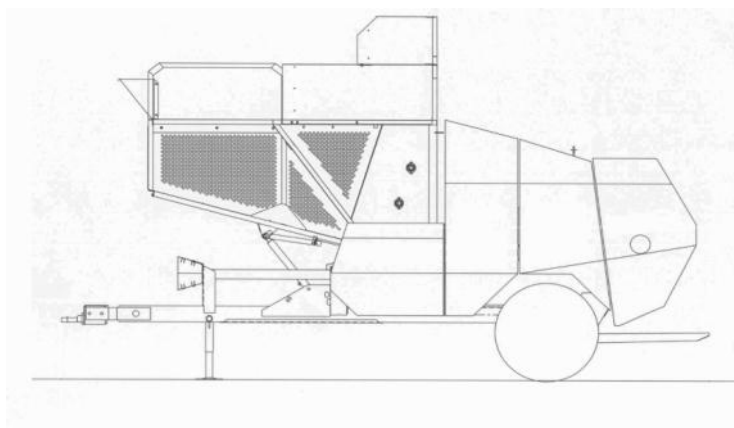
細断型ロールベラーによる収穫作業方法は、次の3通りである。一つは、圃場の隅等でローダーバケット等から細断材料を荷受けしてロール成形を行う定置作業である（図－IV・38）。フォレージハーベスターをトラクターの後部に装着して、後進しながら収穫を行う作業方法（バック刈りあるいはリバース作業と呼ばれる）等に対応するもので、主に枕地処理や小規模圃場での作業で用いる。細断型ロールベラーによる定置作業は、22kW（30PS）以上のトラクターにより可能である。

二つめは、ハーベスターに併走して作業を行う伴走作業である（図－IV・39）。定置作業による枕地処理の後、そのまま伴走作業に移行することも出来、比較的広い圃場では能率的に収穫を行うことができる。

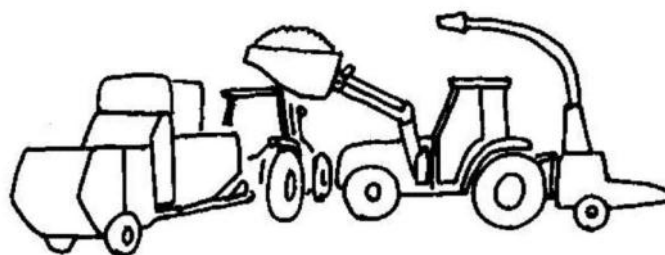
三つめは、農家手持ちのフォレージハーベスターを装着したトラクターの後方に細断型ロールベラーをけん引して作業するワンマン収穫作業（図－IV・40）で、ベールラッパーと組み合わせて2名で収穫と調製を行うことができる。1条刈ハーベスターを使用する場合は60PS（44kW）以上、2条刈ハーベスターを使用する場合は80PS（59kW）以上のトラクターでワンマン作業が可能である。なお、100PS（74kW）のトラクターと2条刈ハーベスターを用いて、収量5.4t/10a（含水率72%）のデントコーンを30a（100×30m）圃場においてワンマン作業を行った時の作業能率は約3h/haである。

ウ ベールラッパーの選択

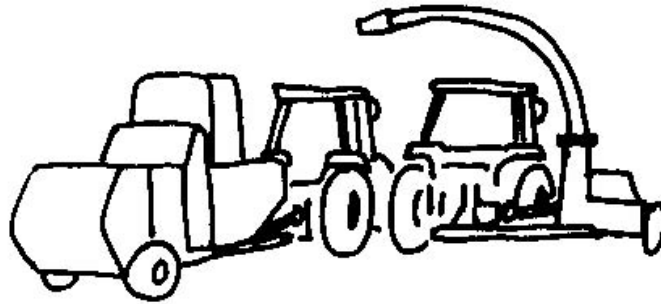
ベールラッパーはロールベラーサイズに適合しているものを選択する。一般に大は小を兼ねるが、「ミニロールベラー」と言われる小型機には専用のラッパーがある。定置作業専用で動力源を持つラッパーもあり、トラクター保有台数、貯蔵場所の設定で選択する。



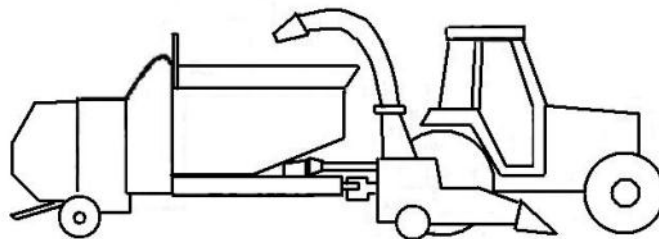
図－IV・37 細断型ロールベラー



図－IV・38 細断型ロールベラーの定置作業



図－IV・39 細断型ロールベアラーの伴走作業



図－IV・40 細断型ロールベアラーのワンマン作業

4. 1. 4 詰込み及び取出し用機械

今後のサイロの利用はその材料の詰込みと取出し作業の機械化が前提となる。各種のサイロについて限定的に利用される機械と汎用性を有する機械があるので、選択にはサイロの種類に合わせた十分な検討が必要である。

【解 説】

(1) 詰込み機械

ア 塔型サイロの詰込みには、原料の定量供給機として、アンローディングボックス類が使用され、細断吹上げには、カッターブロアが必要である。

イ バンカー・スタックサイロの詰込み均平・踏圧には、トラクターのフロントローダーやブレード、ホイールローダーのバケットなども利用される。

ウ 地下角形サイロの詰込みは落し込みで十分だが、重石を乗せる作業が必要である。

(2) 取出し用機械

ア 気密サイロの下部からの取出しにボトムアンローダーが用いられ、その作用上からスweepアーム、クロスカット又はスイングアーム型があり、サイロ直径が4 m以上、容積 100 m³以上のサイロに適する。

イ 塔型サイロの上部からの取出しにトップアンローダー及びコンベヤが利用される。トップアンローダーは、サイロ直径が 3.0m以上で、1 日の取出し量が1 t以上の規模に適している。

ウ バンカー、スタックサイロの取出しには、トラクター用バケットローダーの利用が多いが、二次発酵防止のため切断面がクリアなサイレージカッターの利用が望ましい。図－IV・41 に、専用のサイレージカッターを、図－IV・42 に混合給餌車一体形のかき取り型アンローダーを示す。

エ 地下式角形サイロからの専用取出し装置としてサイロクレーンがある。 図－Ⅳ・43 に概要を示す。

(3) ラップサイロハンドリング用機械

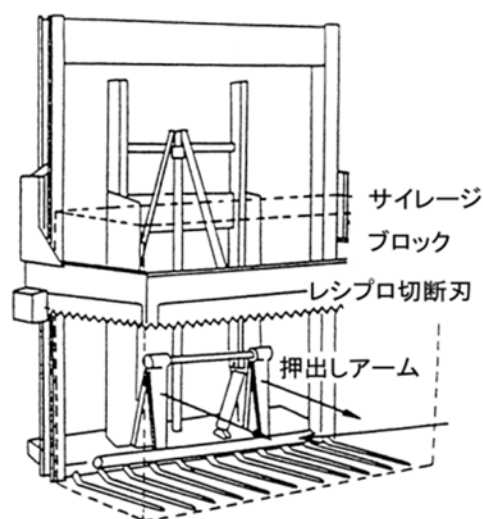
ラップサイロは、一般的な径 120～150cm、幅 120cm 程度のベール 1 梱包の重量が、300～900kg になるので、専用の運搬・堆積用の専用アタッチメントが必要になる。フィルムが破損したりベールが変形したりしやすいので、ソフトに取り扱うことができるハンドリング専用機があり、図－Ⅳ・44 に示すように、ローラー式とグリップ式がある。ローラー式は安価で軽量だが横積み専用型であるため、縦積み・横積み自在な汎用型であるグリップ式が良い。

(4) ラップサイロ取出し（切断解体）用機械

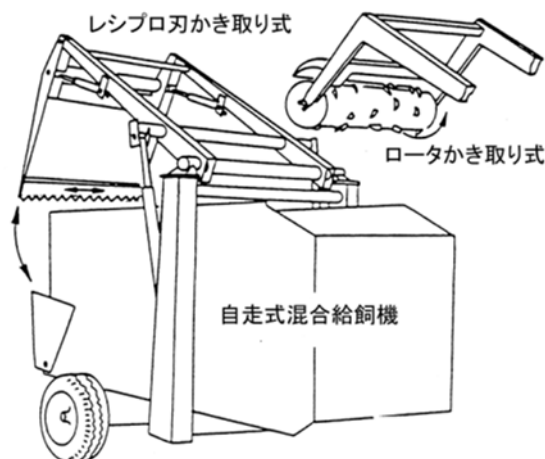
厳密な意味でラップサイロからの取出し（すなわちフィルムとトワインを除去する）機械はない。ここではその切断解体機械について述べる。現在決定版はない状態であり、使用目的により表－Ⅳ・26 に示すように様々な方法が取られている。

切断刃でブロック状に切り離す方式（表－Ⅳ・26 の①、以下同じ、往復動刃・回転刃によって細断を目指す方式（②－1）、テーブル上等でベールを解しながらカッターに供給する方式（②－2）、乾草ベール用に利用されていた細断機械をサイレージ用に改良した方式（③）、切断能力を付与したミキサーにより混合飼料（TMR）調製まで行う方式（④）、といった各種の機械がある。細断ロールベールに特化した解体方法もいくつか考案されている、⑤はその 1 例であり、ロールベールグラブに装着できるアタッチメントにより、サイレージからラップフィルムとネットとを簡易に分離できる。

機能的には④方式が最も省力的であり、ロールベールをそのまま投入して細断解体・TMR 調製までできる、とされる機械もあるが極めて大型で高価である。



図－Ⅳ・41 バンカー・スタックサイロ用サイレージカッター



図－Ⅳ・42 バンカー・スタックサイロ用かき取り式アンローダー

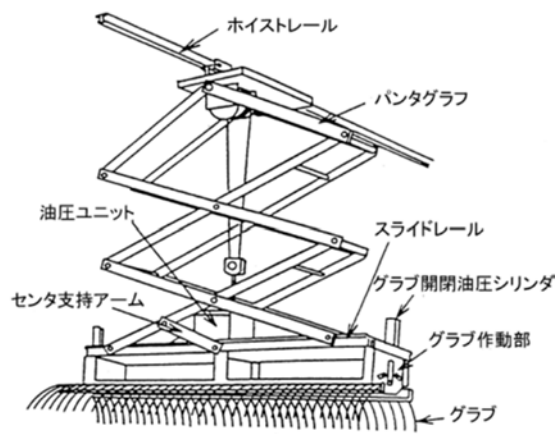


図-IV・43 サイロクレーン

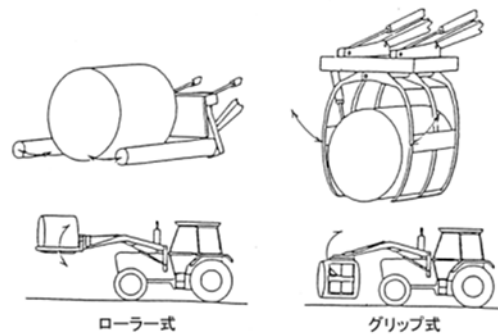
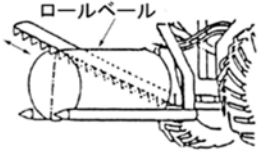
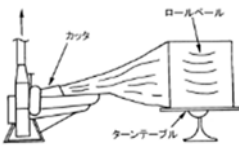
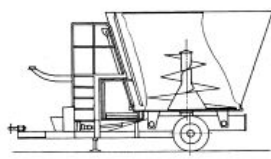
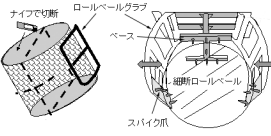


図-IV・44 ラップサイロ用ハンドリング装置

表Ⅳ・26 ロールベール解体用機械の種類と特徴

解体方法		解体機構	切断長 Cm	処理 機能 分/個	適応 トラクター P S	給餌	混合の ための 再切断	備 考
分割 (切断) ①	往復動刃型解体機	ベールを輪切りあるいは母線方向に分割	50～	1～3	30～	×	要	
切断 ②-1	ベールディストリビューター ロールベールシュレッダー	ベールを回転させながら周辺から往復動刃で押し切りあるいは回転刃で押し落とし	10～30	4～6	40～	○	要	 
②-2	ターンテーブル + 飼料用カッター	テーブル上のベールを人力で巻き戻しカッターに供給して切断	1～8	15～20	モーター 3～5	×	不要	
細断 ③	タブグラインダー	ハンマーミル等の切断装置で粉碎	5～15	5～10	40～ 125	×	要 or 不要	
④	ミキシングフィーダー(横軸)	数本の切断刃付きかくはんオーガーで細断・混合 給餌も可	6～9	—	80～	○	不要	
	ミキシングフィーダー(縦軸)	1本ないし2本の切断刃付き縦軸かくはんオーガーで、細断と混合	4～6	10～15	90～	○	不要	
⑤	細断ロールベール用解体装置	トラクター装着のロールベールグラブ用アタッチメントでフィルムとネットを分離	—	1～2	20～	○	不要	

注) 数値は試験事例からの推定値

4. 1. 5 サイロ設置上の留意事項

サイロの設置に当たっては、施工上及び利用上から、牛舎などの配置と合わせて効率的な方法及び場所を選定する必要がある。固定サイロの場合は排汁機能を備えなければならない。

【解 説】

- (1) 大型の塔型サイロの場合、材料を詰込んだ後には総重量が数百 t に及ぶことになるので、地耐力まで考慮に入れないといけない。
- (2) またサイロ周辺も原料運搬など大型機械が走行するので十分な面積が必要である。
- (3) バンカー、角形サイロの場合は地形を活用して効率的な作業ができるよう工夫する。
- (4) ラップサイロの貯蔵時の注意事項として、①排水の良好な広い貯蔵場所を準備し縦積みで 2 段以内にする、②シート等を被覆して鳥獣害等を防止する、③ベールに直接収穫日、圃場番号草種等を記入しておく、④貯蔵中はフィルムの破損の点検・補修を行う、などがある。

ラップサイロの欠点として広い貯蔵面積を必要とすることがあるが、その貯蔵必要面積は縦置き 2 段重ねの場合で、以下の式で求められる。

$$\text{必要面積} = \text{調製量 (t)} \div \text{サイロ 1 個質量 (t)} \times \text{サイロ底面積 (m}^2\text{)} \div 2$$

例えば、調製量 100t (含水率 60%) で、径 1.2m、幅 1.2m のロールベアラーを用い、乾物換算密度 150kg/m³ で成形されるロールベールなら、1 個質量 525kg、190 個のラップサイロとなる。2 段重ねなら 95 個となるが、1 個の占める面積は、ほぼベール径の方形となるので、約 140 m² を必要とする。さらにロールベールグラブを用いてハンドリングするのでその前後にもスペースを確保する必要がある。

なお、必要に応じて稲発酵粗飼料貯蔵中のネズミ対策マニュアル（農研機構）等を参考にすると良い。

4. 2 乾草舎・飼料貯蔵施設

乾草舎は、乾草や敷料の一部を収納するための施設である。設置は乾草の運搬と給与が便利な場所に行う。

また配合飼料等の貯蔵施設として乾草舎と併用して飼料貯蔵庫とする場合もあるが、多くは屋外にタンクを設置してスクリーンコンベヤ等で飼料調製施設に搬送する。

【解 説】

- (1) 乾草舎は、1 日 1 頭当たりの給与量、給与日数、給与頭数、乾草の荷姿によって容積を決める。その設置に当たっては、乾草を運搬、収納、給与するために便利な場所を選び、貯蔵中の吸湿による変質を防ぐため、排水がよく、通風の良好な場所とする。
- (2) 乾草舎の構造は、乾草の収納と取出し作業が省力的に行えるように考慮する。乾草舎の構造には、床面積み上げ方式、屋根裏貯蔵方式及び貯蔵乾燥方式がある。床面積み上げ方式では、床にすのこを敷き、必要があれば天井に換気設備を設ける。構造は簡単なものがよく、火災などに際して延焼防止のため畜舎と別棟が望ましい。
- (3) 乾草等の貯蔵容積は次式から求められる。

$$\text{貯蔵容積 (m}^3\text{)} = \text{貯蔵質量 (t)} \times \text{単位質量当たりの容積 (m}^3\text{/t)}$$

ただし、ロールベール梱包の材料は次式から求められる。

$$\text{貯蔵容積 (m}^3\text{)} = [\text{貯蔵質量 (t)} \times \text{単位質量当たりの容積 (m}^3\text{/t)}] \div 0.79$$

表－Ⅳ・27 乾草・藁かん類の単位質量当たりの容積（例）（単位：m³/t（水分15%換算））

	乾 草	稲わら	麦わら
ば ら 積 み	18	—	—
束（結束）積 み	—	14	19
梱 包	タイトベール	11	12
	ヘイプレス	—	—
	ロールベール	8	11
細 断 積 み	10（6～3cm）*	12（2cm）*	18（2cm）*

注*……（ ）は材料切断長を示す

表－Ⅳ・28 梱包飼料の平均的な質量、密度と大きさの範囲

種 類	荷 姿	質量(kg)	乾物密度(kg/m ³)	大きさ (cm)
ヘイプレス	直方体	25～45	170～300	縦48×横48×長さ65
(角型ビックベール)	直方体	80～250	150～250	縦50×横80×長さ130(90～270)
ロールベール	円柱	200～300	80～150	直径120(90～180)×幅120(100～150)
細断ロールベール	円柱	200～360	150～200	直径85(85～115)×幅85(85～100)

- (4) 梱包乾草等の収納や取出しにコンベヤ、キャリヤー、フロントローダー等を利用して、梱包ハンドリング時の作業能率の向上を図る必要がある。

水分 30～40%の半乾燥状態の牧草を多量に堆積貯蔵した場合は、自然発火の危険性があるため収納時の材料水分には十分な注意が必要である。このことがラップサイロ普及の一因にもなった。

(5) 飼料貯蔵庫

ア つなぎ飼い方式では牛舎内に濃厚飼料貯蔵施設を設置し、そこで飼料の調製を行う場合が多い。貯留施設の大きさは、利用する単味や濃厚飼料の種類、量と配達される飼料の形態（一梱包の大きさなど）によって決める。量が多いものは濃厚飼料タンクを利用すると貯蔵庫の面積を抑えることができる。飼料の変敗や変質を考慮して適切な貯留量とする。

イ フリーストール方式では単味飼料ごとに濃厚飼料タンクを利用したり、多頭飼養では飼料をバラ貯蔵するバルク貯蔵庫を利用することが多い。バルク貯蔵庫の大きさは、利用する単味や濃厚飼料の種類によって区画数が決められ、量は1回に配送される量によって決められる。天井（屋根）の高さは、トラックが中で排出できるようにする。

(6) 濃厚飼料タンク

濃厚飼料タンクは、流動性の高い配合や粒状飼料の貯蔵に適する。飼料タンクの材質はFRP製、鉄板製があり、容積は3～12 m³程度である。貯留容量は変敗や変質を考慮して1か月程度の利用量とする。貯留量が大きく貯留期間が長いと、内部で温度差による結露が発生して腐敗したり、取出しができなくなることがあるので注意が必要である。

(7) その他飼料等

各種食品・農産加工副産物（粕類、廃液類）等の利用を促進するため、その性状、安全貯蔵期間などに応じてタンク等貯蔵手段を選定し、投入・排出の容易なものにする。さらに取扱い材料の変質、劣化及びロスを防止し、環境汚染防止にも配慮が必要である。

4. 3 飼料混合調製給餌施設

- 1 飼料混合調製給餌施設は、飼料費の低減、未利用・低利用飼料資源の活用、飼料効率の向上及び給餌作業の効率化・省力化を目的とした施設である。家畜の要求する飼料成分になるよう各種飼料を調製した TMR を安定的に給与するためには、その量的確保も重要である。
- 2 施設は各種飼料の貯蔵場所、サイロ、タンク類、細断機、粉碎機、計量器、混合機、梱包装置、搬送、運搬・配送機器、車両消毒施設等から構成される。
- 3 調製された TMR は、貯蔵性に劣ることから、調製から給与を間断なく実施できる混合・走行給餌機能を有する機器の採用も考慮する必要がある。多くの機種があり、計量及び粗飼料の細断機能を持つ機種もある。サイレージの取出し・混合調製から給餌まで、全て自動作業可能な装置も開発されている。
- 4 TMR 調製は、その材料確保に始まりスケールメリットに期待できる技術であることから、個別牧場での調製ではなく、共同で TMR センターを構成して混合調製した飼料を配送する組織が発展している。

〔解 説〕

(1) 飼料混合調製施設

飼料混合調製施設は、各種飼料の搬入、貯蔵、調製、加工、混合（配合）、配飼を行う機能を有するもので、設置場所は飼料の搬入、搬出に便利で、TMR の配飼距離についても配慮し、合理的な位置に設ける。生産される地域が限定される未利用資源等や、農場副産物等も飼料混合の対象にし、これらの入手可能量の十分な検討が必要であり、その貯蔵量と配飼量はバランスのとれていることが望ましい。

1 回当たりの混合容量は、給餌する乳牛頭数、一日の給与回数などによって決定する。混合を行うための場所はサイロに近く、さらに濃厚飼料や単味飼料の投入・混合が、雨や雪のような天候においても可能なように、施設外の場合は簡易な屋根掛けをすることがのぞましい。

(2) 施設を構成する装置・機器

ア 細断、粉碎機には、粗飼料用としてカッター、ハンマーミルがある。梱包材料では、この前に解体機又はシュレッダーが配置される場合がある。

イ 混合機にはバッチ式と連続式がある。バッチ式は要求飼料成分になるように、数種の飼料をバッチホッパーに入れてひょう量して混合機に供給した後、これらを混合して排出する。なお、バッチ式混合機自体に秤量装置が付いたものもある。

連続式は、要求飼料成分になるように、数種の飼料を同時に秤量しながら連続して混合機に供給し、これら飼料を 1 回通過で完全に混合して排出する。飼料の秤量はオーガーなどを使用した定容積式による場合が多い。

ウ 搬送、運搬機器には、チェーンコンベヤ、ベルトコンベヤ、スクリーンコンベヤ、バケットエレベーター、空気輸送装置等がある。自走式の運搬機としてフォークリフト、アンローダー、トラック等が用いられる。

(3) 給餌施設

ア 最近ではつなぎ飼式牛舎においても TMR 給与が増えてきている。飼料の混合には多くの場合バッチ式混合機が用いられる。その中で混合・走行給餌機能を有する機器（以下ミキシングフィーダー）を定置して混合専用で用いる場合もある。

イ つなぎ飼式牛舎内で TMR や濃厚飼料を運搬し給与する方法には給餌カート（手押し式、自走式）の利用が多い。導入に当たっては給餌通路の幅に留意する。自走式車両の場合は車体幅＋1～1.5m、手押し式の場合

は車体幅+0.6～1 mが望ましい。

ウ 放し飼い式牛舎では多くの場合ミキシングフィーダーが用いられる。トラクター牽引式が多いが、自走式もあり、図-Ⅳ・42に示したようなバンカー・スタックサイロからのサイレージ取出し機能まで持つ機種もある。さらにロールベールサイレージを丸ごと投入してそれを細断混合する能力を有する大型の機種もあるので機種選択は慎重に行う必要がある。

(4) 自動給餌施設

ア つなぎ飼い式牛舎内では、TMR センターで調製された飼料をけん架式の自動給餌機により、給与時間を指定してあらかじめ設定した給与量を給餌することができる。給餌機はレールで懸架して飼槽前を走行することから、設置には走行に必要な幅、高さ、旋回半径を確保する必要がある。また、旋回時はレールに特に負担が加わることから取り付け強度には注意が必要である。

イ 放し飼い式牛舎では、粗飼料を不断給餌して濃厚飼料をステーション方式で個体別に給与するCCFと称される自動給餌装置がある。これは20～25頭に1台の割合で設置する。ステーションの設置場所は乳牛の動線が交錯しないような場所とする必要がある。

ウ 地下角形サイロを主対象として、その材料の取出しから混合・給餌までを全自動で行える装置も市販されている。

(参 考)

飼料混合調製給餌施設は、材料ハンドリングが大きなウェイトを占めるので、諸経費削減、省力化が図られるように、次の諸点について十分に配慮する。

- ① 材料の不必要なハンドリングを少なくするように機器をレイアウトし、調製・加工・混合等のシステムはできるだけ単純にする。
- ② 材料の不必要な一時貯蔵を避け、材料はなるべく連続して搬送できるようにする。
- ③ 材料は搬送、混合し易い状態に調製・加工して使用する。特に、粗飼料等は細断して使用する。また、取扱う材料は流動性の良い穀物、密度の低い繊維質材料、水分の高い生粕類、粘性の高い糖蜜のように千差万別となるので、各種材質の特質を調査し、適切な装置、機器を配置する。
- ④ ハンドリング操作に要する動力は、システム全体に占める割合が大きくなるので、消費動力が最小になるように十分に検討する。

(5) TMR センター

ア 構成

TMR センターは、自給飼料を貯蔵する施設やTMRを調製する機械、配合飼料・購入資材・機械を保管する施設とそれらに関連する装置で構成される。

自給飼料を貯蔵する施設にはバンカーサイロやスタックサイロ、ラップサイロが用いられる。

イ TMR 調製管理作業

TMR 調製には自給飼料や輸入乾草、エコフィード・粕類等や配合飼料、ミネラル類、単味飼料が用いられる。

サイレージや高水分の粕類等は、水分含量が変動することで給与乾物量に変化するので、センター内での水分測定が重要である。

また、混合精度や製造日ごとのばらつきを評価するために、TMRの水分や栄養成分を分析し、データを管理する必要がある。

ウ 配送形態

TMR センターから、他牧場や利用農家にTMRを配送する方法はその荷姿で4分類され、①バラ積み配送方式、②フレコンバック方式、③圧縮梱包方式、④ラッピング方式である。バラ積み配送は、ミキサーフィー

ダー等で調製された TMR をそのまま配送する方法であり、他はフレキシブルコンテナバッグ（フレコンバッグ）に詰め込むか、圧縮後密封してトラックにて輸送する。

バラ積み配送方式は、TMR の変敗防止のため、気温の高い時期は毎日配送が基本となる。

フレコンバッグ方式は、使用材料と季節により変動するが、毎日配送は必須事項ではない。

圧縮梱包方式は、TMR の品質を最低数日間保持することができるため、他牧場・個別農家への配送効率を高めることができる。さらに近年、より積極的に圧縮梱包後、再発酵過程を経過させて給与する「発酵 TMR」方式が取り入れられている。本方式は作り置きが可能となり、TMR センターの運営も休日を設定することができるなどのメリットもある。しかし、圧縮梱包装置が高額であること、梱包のための資材費、配送に使用される補助具（図－Ⅳ・46 参照）の殺菌・洗浄管理も必要なこと、給餌時に梱包を解体する必要があることなどから、配送形態の選定には、利用者の設備・経営形態を検討する必要がある。

ラッピング方式は、圧縮梱包方式と同様の方式であるが、投資額が圧縮梱包方式に比べて安価であることから、最近ではラッピング方式が増えている。

なお、バラ積み配送の場合、各牧場・農家は降雨や風雪の影響を受けない荷受け場所を確保する必要がある。

エ 防疫対策

TMR センターは、材料搬入・TMR 配送のため、多くの車両が出入りすることから、家畜伝染病などの防疫対策には万全を期することが必須である。具体的には、①消毒槽の設置、車両消毒機の配備、②材料搬入経路と製品 TMR 出荷経路の分離、③配送後、センターへの帰還車両の重点的な消毒、などである。

オ 施設の配置

(ア) TMR センター内は、自給飼料等粗飼料の貯蔵区、購入飼料貯蔵区、飼料混合・配送施設、事務管理区、ほ場機械管理区等に区分する。

(イ) 各作業動線は、他のエリアとの交差を最低とするように計画する。

(ウ) 事務管理区には、来客用駐車スペースを設け、構内への進入を制限する。

(エ) TMR センター内は、家畜飼養地区と厳密に区分し、ふん尿の処理や堆肥貯蔵は行わない。

(オ) ほ場機械管理区には、ほ場機械の洗浄設備を設置する。

カ 農地の集約化

TMR センターの建設に当たって、また、その後の運営において、構成員の農地の集約とほ場の結合に努めるとともに、作業効率の向上が図られるよう配慮する。

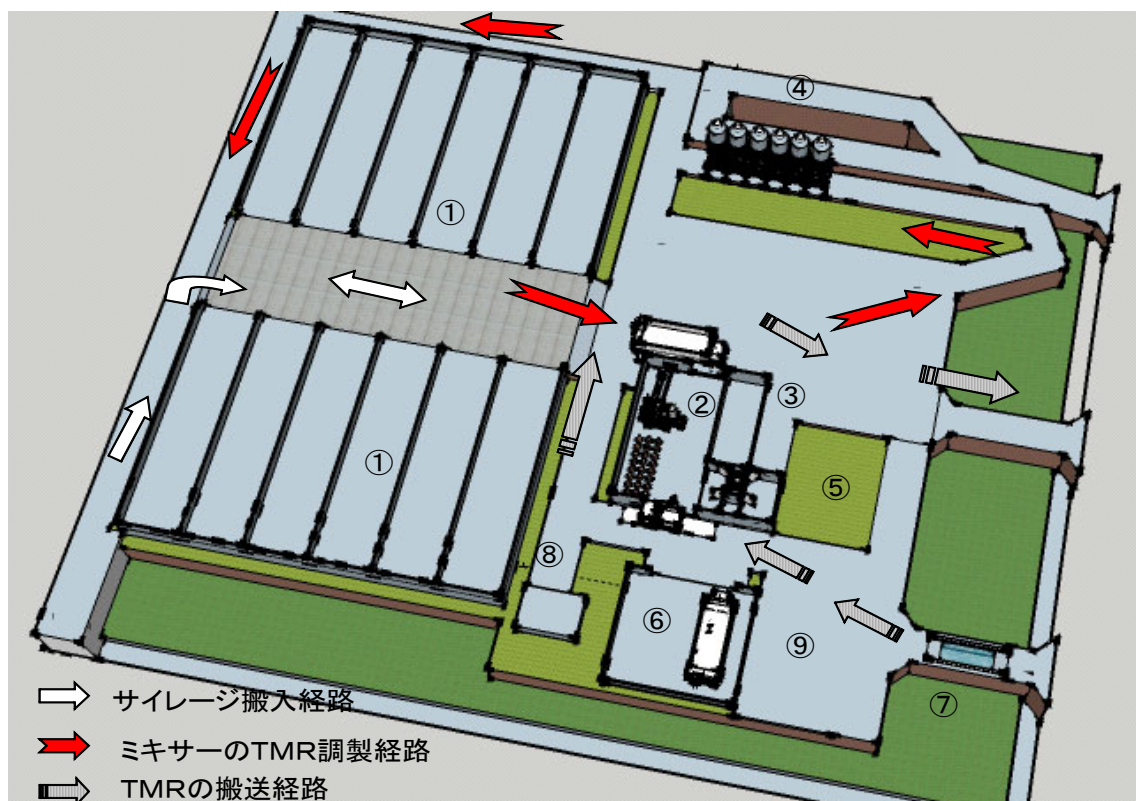


図-IV・45 TMRセンター配置図(例)

施設名：①バンカーサイロ ②飼料調製室 ③事務・検査室 ④飼料タンク ⑤殺菌室 ⑥機械格納庫
 ⑦消毒槽 ⑧液汁槽 ⑨駐車スペース

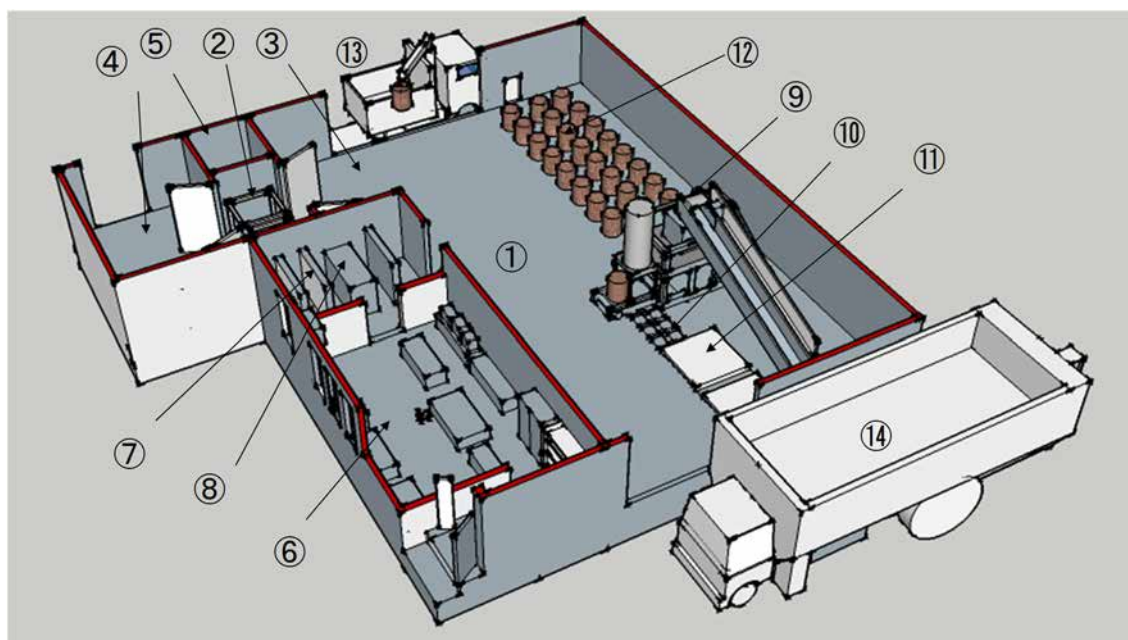


図-IV・46 飼料調製室 配置図(例)

施設名：①飼料調製室 ②蒸気殺菌室（圧縮梱包方式に限る） ③運搬吊荷資材（布モッコ）ストックヤード
 ④回収後の配送補助具 ⑤機械室 ⑥事務・検査室 ⑦トイレ ⑧ロッカー ⑨圧縮梱包機 ⑩パレット
 ⑪サプリメント置き場 ⑫製品置き場 ⑬ミキサーフィーダー ⑭TMR 搬送用トラック

4. 4 留意事項

(1) 建築コスト低減化のための検討

粗飼料調製貯蔵施設のうち建築構造物については、経済性に沿った低コスト化に努めなければならない。低コスト化を図る条件を下記に示す。

ア 施設に要求される必要最低限の機能を具備する。

イ 施設に要求される風圧、地震、積雪等の荷重に耐える必要最小限の構造と強度を満足させる。

ウ 建築基準法の畜舎関連告示と畜舎特例法のどちらを適用するかについては、当該施設の自然条件や利用方法に係る施設管理者の意向を踏まえて、利用方法に応じた各種基準の緩和等の条件も確認の上、建築士と十分に確認して検討する。

エ 経済性の追求に当たっては、外観や意匠に捉われず、機能性、実用性を優先する。低コスト化に当たっては、建物の設計のみならず、その施工方法や施設使用条件についても総合的に検討がなされるべきである。

第5章 家畜排せつ物処理施設

5. 1 家畜排せつ物処理・利用の基本

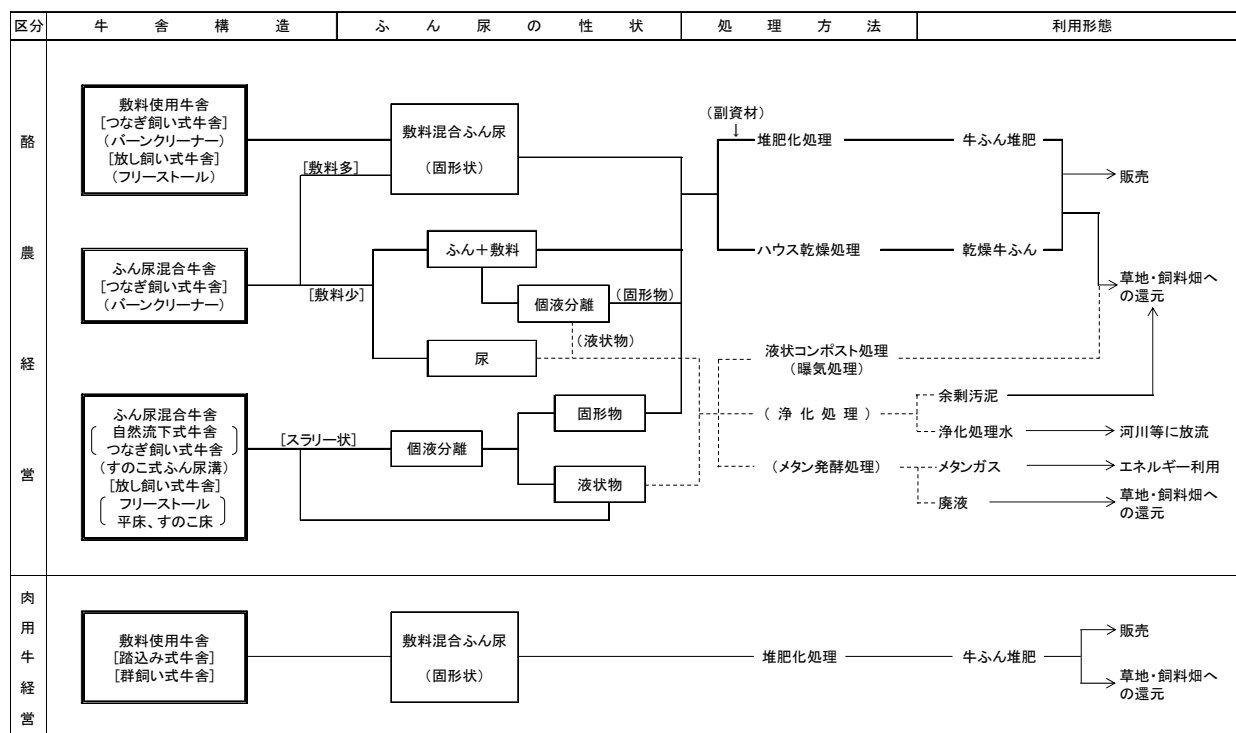
家畜ふん尿の処理に当たっては、堆肥化、乾燥処理、液肥化、汚水の浄化処理のほか、燃焼処理やメタン発酵によるエネルギー利用など、周辺の環境に十分に配慮をしつつ、家畜ふん尿の有効利用を図ることを基本とする。

【解 説】

(1) 農業生産は、自然界の物質循環系に基づいて作物を生産するものであり、家畜生産におけるふん尿の土地還元は、まさにこの自然の法則に従ったものである（図－Ⅳ・47）。なお、ふん尿の処理・利用に当たっては周辺の環境保全に留意しなければならない。還元すべきは場が確保できない場合でも、ふん尿は産業廃棄物であるため、適正に処理しなければならない。野積み状態で放置せず堆肥化や乾燥処理をして環境汚染とならないよう努めるとともに、処理した過剰なふん尿を耕種農家と連携して有効利用することも必要である。また、尿汚水についてはは場還元が困難なところでは浄化処理を行う。

さらに、燃焼処理やメタン発酵によるエネルギー利用などの高度利用を検討する。

(2) 堆肥化など家畜ふん尿の処理時に、強い臭気が発生する場合があるので留意し、利用時には肥料成分や臭気成分が飛散しない散布方法を検討する。



図－Ⅳ・47 牛での基本的な家畜ふん尿処理・利用システム例

5. 2 畜産に関わる環境規制

畜産経営をとりまく環境関係の法律には、「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」（以下、「家畜排せつ物法」）（平成 11 年法律第 112 号）のほか、環境基本法を基にした「水質汚濁防止法」、「瀬戸内海環境保全特別措置法」、「湖沼水質保全特別措置法」、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、「廃棄物処理法」）」、「悪臭防止法」、「大気汚染防止法」などがある。

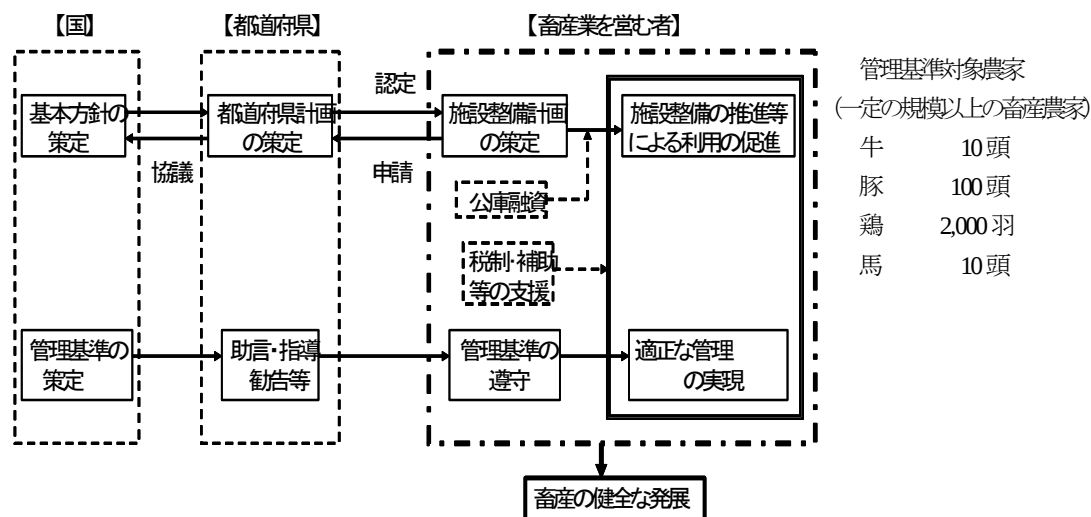
家畜排せつ物法に基づき、家畜排せつ物の利用の促進に関する施策を総合的かつ計画的に実施するため、農林水産大臣が「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」を策定している。

【解 説】

(1) 家畜排せつ物法

食料・農業・農村基本法（平成 11 年法律第 106 号）の施行を受けて、農業環境 3 法（持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律（令和 4 年廃止）、改正肥料取締法（現 肥料の品質の確保等に関する法律（昭和 25 年法律第 127 条））の一つとして平成 11 年 11 月 1 日に家畜排せつ物法が施行された。

家畜排せつ物法は畜産業の健全な発展を図るため、素堀と野積みを禁止し、家畜排せつ物の適正な管理（処理・保管）に必要な事項を定め、処理高度化施設を整備して堆肥等としての利用の促進を図ることを目的に施行され（図－Ⅳ・48－1）家畜排せつ物処理施設の構造及び管理の基準を規定し、牛 10 頭以上など一定規模以上の農家に適用される。



図一IV・48-1 家畜排せつ物の基本的枠組み

(2) 肥料の品質の確保等に関する法律（昭和25年法律第127号）

「改正肥料取締法」は、堆肥等特殊肥料の品質表示制度を創設し、堆肥等の品質たる肥料成分を正しく表示することにより畜産農家以外での家畜排せつ物の有効利用の推進を目的として制定された。

令和2年度に世界的な肥料の需要の高まりの中で、国内の低廉な堆肥や産業副産物の活用を進めるため、これらを安心して使用できるよう、肥料の品質管理を進めることが重要となったこと、また、施肥の効率化等の農業現場の需要に柔軟に対応した肥料を供給していくことが求められ、令和2年12月に産業副産物等の肥料原料を管理する制度を導入するとともに、肥料の配合に関する規制の見直し等を行い、法律名も現行のものに改正された。

(3) 環境基本法

環境基本法では、ア．基本理念を定め、イ．国や地方公共団体、事業者、国民の責務を明らかにし、ウ．環境保全に関する施策の基本事項を定め、エ．環境基準や環境基本計画等の制定を通じて施策の方向性を示したものとなっている。

この環境基本法を基礎として、「水質汚濁防止法」、「瀬戸内海環境保全特別措置法」、「湖沼水質保全特別措置法」、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」、「悪臭防止法」、「大気汚染防止法」などが定められている。

(図一IV・48-2)

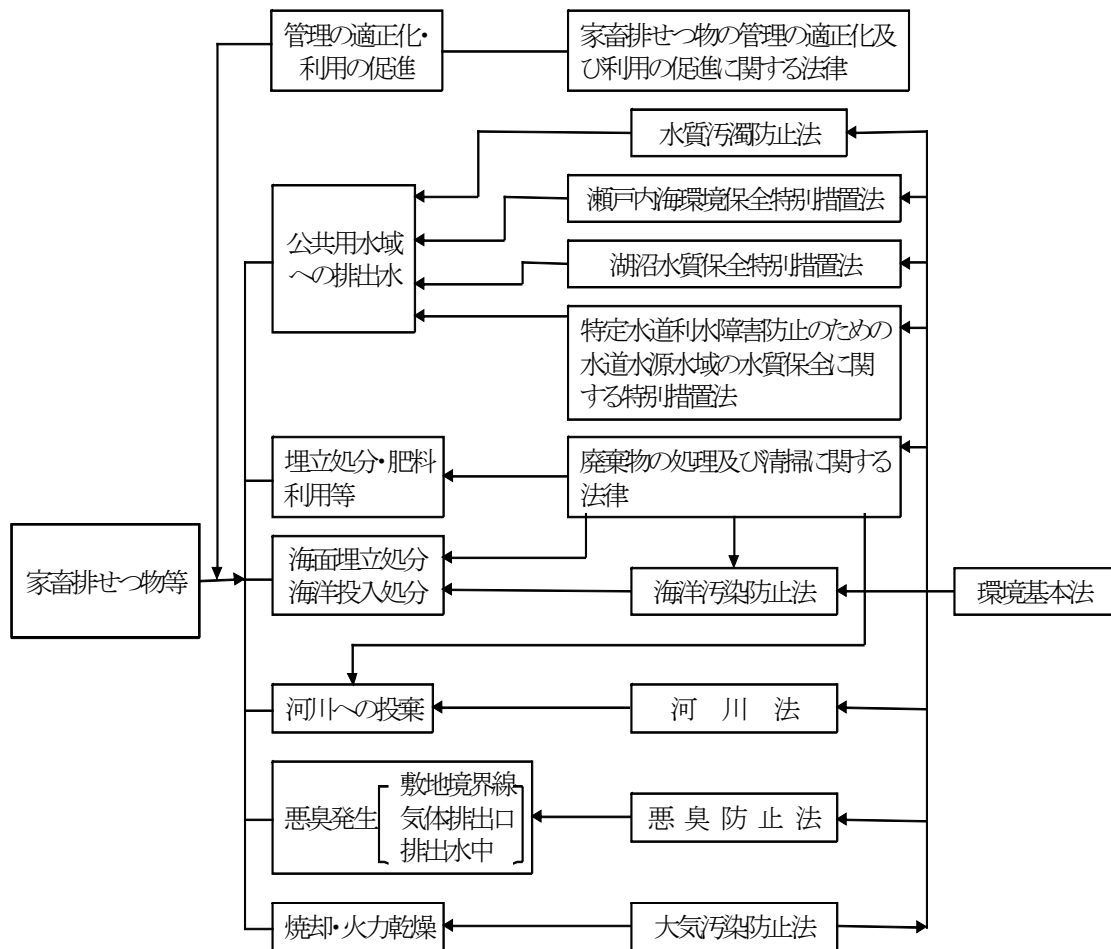


図-IV・48-2 畜産環境保全関係の法規制と体系

(4) 廃棄物処理関係

廃棄物処理法(廃棄物の処理及び清掃に関する法律)では、家畜排せつ物が廃棄物に該当するか否かは個別具体的な事案に沿って判断されるもので、家畜排せつ物がたい肥の原料として利用されれば有価物と判断されることから、家畜排せつ物を廃棄物として判定されないように適正に処理・利用する必要がある。

(5) 水質関係

水質汚濁防止法では、公共水系への排水と地下への浸透水を規制し、河川・地下水等での環境汚染防止を図っている(後掲の表-IV・42 参照)。畜産に関する重要な規制としては、地下水質基準の有害物質の一つとして「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」の排水基準が設けられているので、それら基準を超過しないようにする。この法律は、湖沼水質保全特別措置法及び瀬戸内海環境保全特別措置法と密接に連携し運用されているため、指定地域の畜産経営は排水基準を超過しないよう、特に留意しなければならない。

特定水道利水障害防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法(平成6年)では、水道水源水域の水質の保全を図るため、発ガン性が懸念されるクロロホルム等4物質に係るトリハロメタン生成能(THMFP)に係る汚水の排水規制などを行っている。THMFPに係る排水基準は1.3~5.2 mg/Lの範囲にあり、畜舎排水ではBODなどの排水基準を満たすように適正に処理すれば、同時にTHMFPの基準もクリアできる。

(6) 悪臭、大気汚染関係

悪臭防止法では、「特定悪臭物質」と「臭気指数」の2本立で規制しており、当該事業所の敷地境界線上(他に煙突等の排出施設の場合は排出口、排水の場合は敷地外)における濃度・指数の許容限度として規制している。

家畜排せつ物を焼却する場合の規制法としては、ア．ダイオキシン類対策特別措置法、イ．大気汚染防止法と前掲の廃棄物処理法がある。

(7) 家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針

家畜排せつ物法が掲げる目的の達成に向けた法定計画として農林水産大臣が策定するもので、堆肥化処理の促進、施設整備とその高度化、堆肥利用促進のための耕畜連携の強化のほか、家畜排せつ物のエネルギー利用の促進、ニーズに応じた堆肥の製造、悪臭や汚水への対策等が位置づけられている。

5. 3 家畜ふん尿の性状と取扱い

5. 3. 1 家畜ふん尿の排せつ量

ふん尿の排せつ量は、家畜の種類、体重及び健康状態、飼料の種類、飼料の給与量及び季節等によって異なる。

〔解 説〕

- (1) ふん尿の排せつ量は、家畜の体重や飼料の給与量にほぼ比例し、牛の場合、ふんは体重の3～7％、尿は1～3％、豚は定量給餌の場合、飼料給与量の70％が一般的であるが、飼料として多汁質のものや生草給与は乾草給与よりおおむね20～30％増となる。
- (2) 家畜ごとのふん尿の排せつ量は諸条件によって異なるが、堆肥化施設、貯留槽等の規模算定に用いる排せつ量を表一Ⅳ・29に示す。放牧又は運動のため畜舎外で飼養管理する場合は、野外時間が8時間であれば、1日排せつ量の2／3程度が畜舎内に排せつされるものと考えられる。
- (3) 排せつ物処理施設を計画する場合は、排せつ後に水分の変動（蒸発、水の混入など）によって、ふん尿の量が変わるとともに敷料の添加もあるので、これを含めた1頭羽当たりの処理量を基に設計しなければならない。

表一Ⅳ・29 堆肥化施設、貯留槽等の規模算定に用いる排せつ量

畜 種	体 重 (kg)	乳 量	ふん (日・頭羽)			尿 (日・頭羽)	合 計 (日・頭羽)	合 計 (年・頭羽)	
		(kg/頭・年間)	乾物量	含水率 (%)	生 重				
乳用牛	搾乳牛 ¹⁾	700	10,000	7.5kg	86	54kg	17kg	71kg	25.6 t
	搾乳牛 ²⁾	700	10,000	6.8kg	86	50kg	15kg	65kg	23.7 t
	搾乳牛 ³⁾	600～700	7,600	5.7kg	84	36kg	14kg	50kg	18.3 t
	乾乳牛	550～650	—	4.2kg	80	21kg	6kg	27kg	9.9 t
	育成牛	40～500	—	3.6kg	78	16kg	7kg	23kg	8.4 t
肉用牛	2歳未満	200～400	—	3.6kg	78	16kg	7kg	23kg	8.4 t
	2歳以上	400～700	—	4.0kg	78	18kg	7kg	25kg	9.1 t
	乳用種	250～700	—	3.6kg	78	16kg	7kg	23kg	8.4 t
豚	子 豚	3～ 30	—	0.15kg	72	0.5kg	1.0kg	1.5kg	0.55 t
	肥育豚	30～110	—	0.53kg	72	1.9kg	3.8kg	5.7kg	2.08 t
	繁殖豚	150～300	—	0.83kg	72	3.0kg	7.0kg	10.0kg	3.65 t
採卵鶏	ヒ ナ	—	—	13g	70	43g	—	43g	15.7kg
	成 鶏 ⁴⁾	—	—	30g	70	100g	—	100g	36.5kg
	成 鶏 ⁵⁾	—	—	30g	60	75g	—	75g	27.4kg
肉 鶏	ブロイラー	—	—	26g	70	87g	—	87g	31.8kg
	ブロイラー ⁶⁾	—	—	26g	40	43g	—	43g	15.7kg

注) 1) 生乳生産量が年間10,000kg以上の場合
2) 生乳生産量が年間10,000kg程度の場合

- 3) 生乳生産量が年間 7,600kg 程度の場合
- 4) 低床式鶏舎のふんの場合
- 5) 高床式鶏舎のふんの場合
- 6) 床暖房式のウインドレス鶏舎のふんの場合

引用：「堆肥化施設設計マニュアル」（令和 4 年（一財）畜産環境整備機構編）

表－Ⅳ・29 を使用するに当たっての留意点

家畜ふん尿の排せつ量は、家畜の飼養管理状態、ふんの含水率、家畜の飲水量の違い、排せつ後の滞留時間などによる水分蒸発量の違い等によって変動するため、現状と異なる場合もあるので留意されたい。

なお、参考までに標準的な飼養形態での処理対象ふん尿量(生ふん尿量)の目安を下記の表－Ⅳ・30～34 に示した。

表－Ⅳ・30 乳牛ふん処理量の目安

【乳用牛】

	ふん量(kg/頭・日)	ふんの水分(%)	尿量(kg/頭・日)
搾乳牛	36～54	84～86	14～17
育成牛	16	78	7

注) (1) 10,000 kg 以上の高泌乳牛も対象に入れ、ふんの量と水分及び尿量について、上記のような範囲を示す。対象牛群の平均乳量から、これらの数値を設定する。

(2) 乾乳牛の頭数は経産牛の 2/14 とし、ふん量を搾乳牛の 1/2 として搾乳牛に換算する。

参考：

① つなぎ飼育式牛舎において、処理対象牛群の推定平均泌乳量及び尿の混入を考慮に入れ、ふん量を 45kg/頭・日及び水分 86% と設定し、処理対象頭数を経産牛 116 頭、育成牛 12 頭とした場合の処理対象ふん量と水分の求め方を以下に示す。

乾乳牛頭数：116 頭 $\times 2/14 = 16.6$ 頭

乾乳牛の搾乳牛換算頭数：16.6 頭 $\times 1/2 = 8.3$ 頭

総搾乳牛換算頭数：116 頭 $\times 12/14 + 8.3$ 頭 = 107.7 頭 $\div 108$ 頭(切上げて整数にする)

処理対象ふん量：108 頭 $\times 45 \text{ kg} + 12$ 頭 $\times 16 \text{ kg} = 5,052 \text{ kg}$

ふん水分量：108 頭 $\times 45 \text{ kg} \times 0.86 + 12$ 頭 $\times 16 \text{ kg} \times 0.78 \div 4,330 \text{ kg}$ (切上げる)

処理対象ふん水分：4,330 kg $\div 5,052 \text{ kg} \times 100 = 85.7\%$

② 牛舎内でふん尿分離ができない場合(フリーストール牛舎、自然流下式牛舎等)は、それらの牛舎に飼養されている頭数に 14～17 kg の尿量に乗じて、ふん量に加算して処理対象ふん量とする。この場合、水分は尿量を加えて計算する。

③ 牛舎の床面からの水分蒸発量は計算に入れない。

④ 敷料を使用する場合は、敷料の量と水分を計算して処理対象ふん量に加える。

表－Ⅳ・31 肉牛ふん処理量の目安

【肉用牛】

	ふん尿合計量(kg/頭・日)	同左の水分(%)
肥育牛	20	81

注) ① 和牛、F1、乳用種等の区別はしない。

② ふん搬出までの牛舎内床面での水分蒸発量を考慮に入れている。

③ 1 日平均使用敷料量を処理対象ふん尿量に加算する。なお、使用敷料量は立地条件、気象条件、天井ファン設置の有無等により大きく変動する。

表－Ⅳ・32 豚ふん処理量の目安

【豚】

	ふん量(kg/頭・日)	ふんの水分(%)	尿量(kg/頭・日)
子豚	0.6	75	0.9
肥育豚	2.1	75	3.6
母豚	3.0	72	7.0

- 注) ① 子豚と肥育豚については、ふんに尿が混入することを想定して水分を75%とし、乾物量は変わらないものとして、ふん量を設定している。
- ② ふんが更に乾燥する場合には、ふんの水分を推定し、乾物量に基づいて計算する。
- ③ 一貫経営の場合は、繁殖母豚数を10倍して肥育豚換算数とし、肥育豚のふん量を乗じて処理対象ふん量とする。
- ④ 豚舎内でふん尿分離ができない場合(おがくず豚舎、ふん尿混合豚舎等)は、それらの豚舎に飼養されている頭数に尿量を乗じて、ふん量に加算して処理対象ふん量とする。この場合、水分は尿量を加えて計算する。

表Ⅳ・33 採卵鶏ふん処理量の目安

【採卵鶏】

	ふん量(g/頭・日)	ふんの水分(%)
低床式(毎日除ふん)	140	78
低床式(週1回除ふん)	120	75
閉鎖型鶏舎(予乾装置付)	75	60
高床式	42~50	40~50

- 注) ① 低床式(毎日除ふん)は排泄直後のふんで、水分の蒸発がないものとする。
- ② 中大雛のふん量(水分)は、43g(70%)とし、幼雛がいる場合はその羽数に1/3を乗じて中大雛羽数に換算してふん量を求める。
- ③ ふんが更に乾燥する場合には、ふんの水分を推定し、乾物量に基づいて計算する。
- ④ なお、ふんの乾物量は排泄量の表に示した成鶏の乾物量30g/羽・日と同じとし、実態と合わせるために水分量を増している。

表Ⅳ・34 ブロイラーふん処理量の目安

【ブロイラー】

	ふん量(kg/羽・日)	ふんの水分(%)
出荷羽数当り	2.0	35

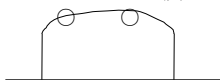
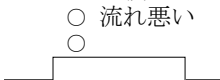
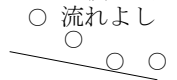
- 注) ① オールアウト時のふん量で使用した敷料を含めている。おがくず等の敷料はふん量の約30%以下とみられるが、飼養開始当初に敷く敷料の重量を把握できる場合には、その数値を用いる。
- ② 年間出荷回数(4回程度)を乗じて、365日で除し1日平均処理対象ふん量としてもよい。

5. 3. 2 ふん尿の性状と区分

ふん尿は排せつ後の管理によって種々な状態に変化する。ふん尿中の含水量を指標に性状を区分すると、固形状、半固形状、液状の3態となり、ふん尿の処理方法を策定するときの基本となるものである。

【解説】

- (1) ふん尿の性状は水分の多少により異なり、含水比1,200%(含水率:92.3%)以上のものは液状、1,200%~500%(含水率:83.3%)のものは泥状、500%以下のものは固状の様相を示す。機械的取扱いからみた場合、図Ⅳ・49に示すように流体として扱える限度は、含水比が800%(含水率:88.8%)程度以上であり、固体として取扱える限度は含水比が300%(含水率:75%)程度以下となる。
- (2) ふん尿の容積は、その含水量、きょう雑物の種類や量等によって異なるが、標準的な値は表Ⅳ・35のとおりである。

区 分		固 形				半 固 形				液 状				
項 目														
性 状	み か け 状 態	○ 堆積可能 				○ 堆積不能 ○ 流れ悪い 				○ 堆積不良 ○ 流れよし 				
	ふ ん 尿	乾燥 ふん	発酵 ふん	貯留槽 スカム	排せつ物 ふん	ふん+尿 (現液)	ふん尿 等量水	ふん尿× 3 (水)						
	含 水 比 (%)	100	150	200	250	300	450	600	800	1000	1300	1500	2500	3000
	乾 物 率 (%)	50	40	33	30	26	18	14	11	9	7		4	3
状	施 設 と ふ ん 尿	乾燥ふん 堆積醗酵ふん 堆積腐熟ふん 固・液分離後の固形分				敷料使用畜舎のふん 貯留槽表層に固結・スカム 尿の混合しないふんのみ・ふん尿の分離のよいスクレーパー附近のもの				ふん・尿分離不良のもの 自然流下式ストッパー式のもの 水の全く混入しない循環式 インクリーナーのエレベーター附近のもの				
										乳房洗浄等畜舎内の使用水を一部混入したもの				
取 扱 法	散 布 施 用 機 の 適 用 範 囲	マニユアスプレッダー				レインガン バキュームカー								
		ローダースプレッダー				スラリースプレッダー スラリーインジェクター								
	ポ ン プ の 適 応					渦巻ポンプ バキュームポンプ								
						ローター(ルーツ)ポンプ ローター(ヘリカル)ポンプ ピストンポンプ								
	い	ローダーの適応 (除ふん及び積込み)	スクレーパープレート											
ホイールローダー														
ホーク付バケット、レーキ														
取 扱 法		固 体				半 固 体				液 体				

図－IV・49 ふん尿の性状と機械的取扱い

注) 乾物率 (%) = $\frac{\text{材料全体の重さ} - \text{水分の重さ}}{\text{材料全体の重さ}} \times 100 = \frac{\text{乾物の重さ}}{\text{全体の重さ}} \times 100$

表－Ⅳ・35 乳牛ふん尿の容積

ふん尿の状態 項 目		液・泥状 自然流下式	敷 料 ふん尿	機械による固・液分離		乾 燥 ふ ん
				固形物	液 分	
含 水	含 水 比 (%)	1,300	200～270	550	1,300	15～20
量	含 水 率 (%)	93	73	85	93	15
容積重 (g/L)		1,026	500	480～780	1,025	230～304
比容積 (m ³ /t)		1.0	2.0	2.4～1.2	1.0	4.3～3.3

$$(注) \quad \text{含水比}(\%) = \frac{\text{水分の重さ}}{\text{材料全体の重さ} - \text{水分の重さ}} \times 100 = \frac{\text{水分の重さ}}{\text{乾物の重さ}} \times 100$$

5. 3. 3 ふん尿の固液分離

取扱い性が良くない家畜のふん尿を液分と固形分に分離することにより、それぞれの取扱い性の向上を図ることができ、分離後の処理が容易となる。処理ふん尿の水分量、敷料の種類や使用量、分離後の液分、固形分の処理利用方法などを考慮して、分離方法や機種などを選択する。

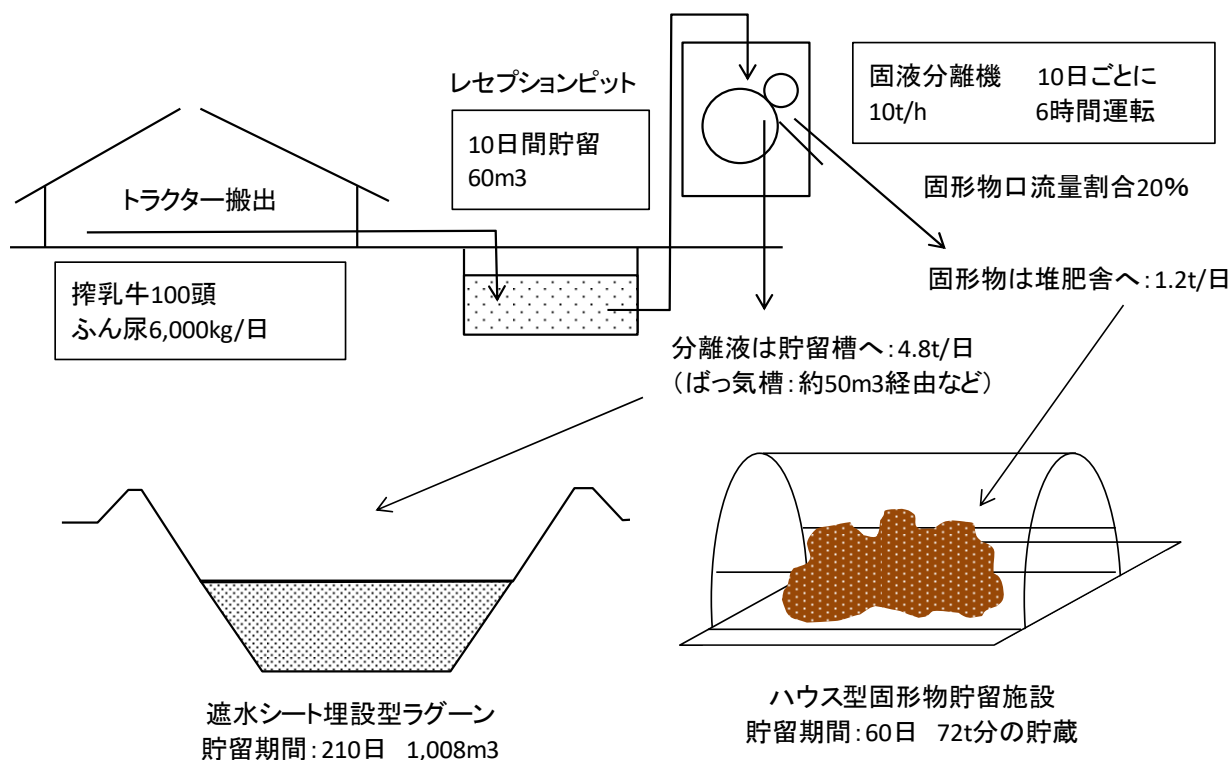
【解 説】

- (1) 家畜ふん尿を固液分離することは、固形分とともに多くの液分（スラリー）が産出される。そのため、導入に当たっては、この液分の利用方法（ほ場散布、浄化処理等）及び見通しを十分に検討しておく必要がある。
- (2) 固液分離には、牛舎内の尿溝等でふんと尿が混合する前にふん尿分離する方法と、牛舎から搬出したふん尿混合物を機械により固液分離する方法がある。
- (3) 乳牛舎のふん尿溝における分離は、経費的、構造的に分離はしやすいが、あらかじめ建設時に組み込んでおく必要があるとともに、分離後の固形分の水分は敷料等の混入量によって大きく変化する。一般的には、つなぎ飼いい式牛舎でのふん尿溝では80%～85%程度である。
- (4) 固液分離機による方法は、既存のふん尿処理施設の中にも組み込める簡便さはあるものの、設備投資、運転管理の面での負担が大きい。処理システムは敷料の種類・使用量によってセミソリッドふん尿と液状ふん尿に大きく区分される。牛舎から搬出したふん尿は、7日～10日分程度の貯留容量のあるレセプションピットに貯留する。固液分離機へはこのピットからポンプ等で投入する（図－Ⅳ・50－1）。セミソリッドふん尿では牛舎からバーンクリーナー等で直接、分離機へ投入したり、堆肥舎に搬出したふん尿をホイールローダーなどで分離機に投入する方法がある。
- (5) スクリュープレス式では、スラリーの水分90%程度の場合には処理能力は2～3t/h程度であるが、水分を93%にすると10t/h程度まで向上する。希釈に用いる水は水道水がよく、固液分離液をそのまま希釈液と利用しても同様な効果は得られない。なお、搬出ふん尿の固液分離、分離液のばっ気処理、ばっ気処理液の希釈水利用で処理対象のふん尿量を増やさずに同様な効果が期待できる。
- (6) スクリュープレス式による半固形状（セミソリッド）ふん尿の固液分離では、ポンプによるふん尿供給が困難なため、マニュアルスプレッダーを改造した定量供給装置を利用すると省力的な固液分離が可能となる。水分が82～88%の広い範囲の水分でも固液分離が可能で、固形分と液分の分離割合は50：50～55：45程度で固形分が多い分離ができる。分離された固形分は水分が75～80%以下でかさ密度も0.5以下と低く十分に堆肥化が可能で、液分はスラリー状で取扱い性が良い。処理量は機械の大きさや原料水分によっても大きく変わるが、1.5～6.0t/h程度である。
- (7) 敷料等に細断していない長わらなどを用いていると、その巻付き等による機械的トラブルが発生し易いので、

固液分離を行う場合には、あらかじめ麦かん等を細断して利用する。

(8) 機種毎の固液分離性能を表Ⅳ・36、37 に示した。ふん尿固液分離処理システムの設計手順を図Ⅳ・50－2 に示した。

(9) 固液分離機による分離後の固形分は水分が 70～80％程度である。降雨などによって再度吸水しないように堆肥舎に保管する。分離液の水分は 91～96％で、そのまま、あるいはばっ気処理を行って貯留する。固液分離後の液分と固形分の重量比率は処理方法により異なる。分離後の液分、固形分の貯留施設は、この重量比率と降雨量、希釈液量、かさ密度等を基に貯留容量、貯留場所の必要面積を決定する。



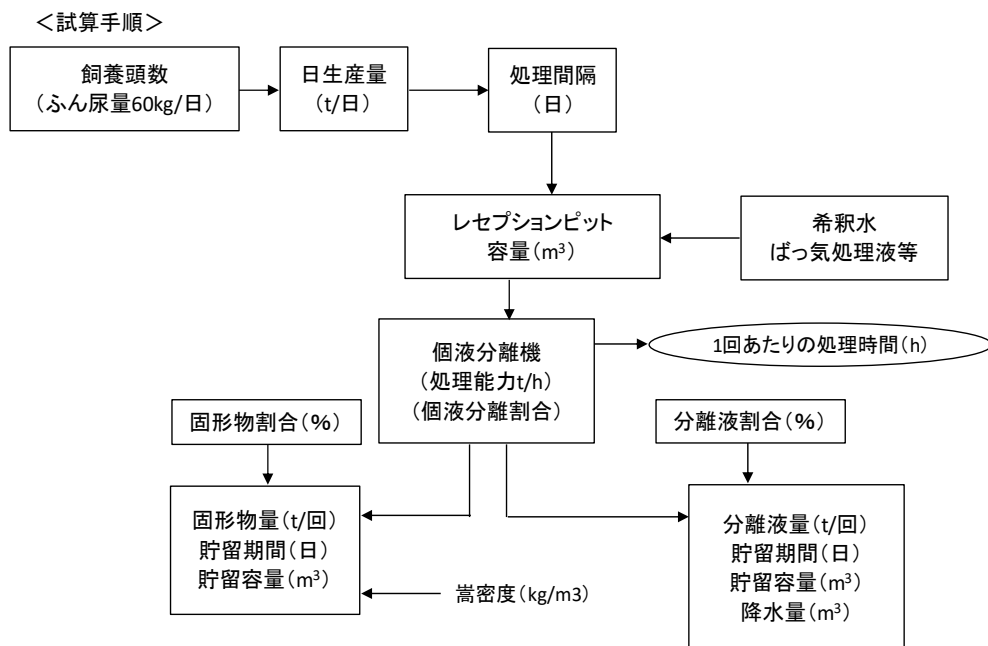
図Ⅳ・50－1 ふん尿固液分離処理施設例

表Ⅳ・36 固液分離機の比較

機 種	構 造	取扱い性	特 徴
ローラープレス式 ベルトスクリーン式	比較的 単純	容易	原料水分、夾雑物の多少に関わりなく処理量が多いが、分離後の固形物の水分は原料水分に左右される。
スクリュープレス式	堅牢	やや難	所要動力はふん尿水分で大きく変わる。固形分の水分はわりと低くできる。
傾斜スクリーン式	単純	容易	可動部が少ない。水洗式のふん尿処理など、原料水分が 90％以上で比較的流動性の高い場合に利用可能である。分離後の固形分の水分は高い。

表－Ⅳ・37 固液分離機の処理能力

機 種	原 料 水 分	ふん尿 の状態	処理量 (t/h)	分離固形 分の割合	固形分の 水 分	液分の 水 分	備 考
ローラープレ ス式	(%) 88	スラリー	2～3	(%) 31～35	(%) 79～81	(%) 91～92	2. 2kW
	92～93	スラリー	10～11	20～25	75～80	95～96	2. 2kW
	83. 7	セミソリ ッド	－	50	78	89. 4	長野畜試(1982)
	84. 2	セミソリ ッド	－	55	79	89. 5	遠藤ら(1984)
ベルトスクリ ーン式	84. 2	セミソリ ッド	－	48	76	91. 7	遠藤ら(1984)
スクリュープ レス式	88～90	スラリー	2～3	30～50	80～84	93	3. 5kW
	92～93	スラリー	10～11	25～30	70～80	95～96	3. 5kW
	86. 4	セミソリ ッド	－	30	64. 5	93	本多(1982)
	87. 4	セミソリ ッド	2. 3	50	83. 1	91. 7	根釧農試 (2006)
	84. 7	セミソリ ッド	1. 8	43～45	75. 4	2. 2	



図－Ⅳ・50－2 ふん尿固液分離処理システムの設計手順

5. 4 液状ふん尿の発酵処理

5. 4. 1 嫌気発酵処理と好気発酵処理

液状ふん尿の発酵処理には嫌気発酵処理と好気発酵処理とがあり、その処理方式及び施設は畜種、利用作物等の条件を考慮して選定する。また、処理時や散布時の悪臭発生を防ぐ周辺環境への影響にも留意が必要である。

【解 説】

- (1) 嫌気発酵は貯留中のふん尿が嫌気状態になることにより起こり、この過程で分子構造の大きい有機物もしだいに分解し、いわゆる液化現象が認められる。この処理法は特別な装備を必要とせず、未消化物の多い家畜ふん尿でも処理できるが、分解速度が遅く分解過程で生じる硫化水素、アンモニア、インドールなどの物質が施用時の悪臭を引き起こす原因にもなる。液化の程度は条件により異なり、その分解は好気発酵よりかなり遅くなる。処理施設として整備する場合、メタン発酵以外は一般的ではない。なお、メタン発酵処理には低温、中温、高温発酵があり、管理が容易な中温発酵が一般的である。

- (2) 好気発酵は堆肥化処理と原理的には同じで、通気と切り返しを行う代わりに、ばっ気とかくはんを行うことにより促進される。十分なかくはんばっ気によりふん尿の性状は次に示すとおり変化し、そのための運転経費(電気代)は掛かるが、処理とその後の利用の容易性から好気発酵が一般的である。

ア 色調は濃い緑色あるいは黄褐色から、しだいに茶褐色に変わり1～2週間で黒褐色に近くなる。

イ 含水比はしだいに高まり、1,000%(含水率：91%)～1,200%(含水率：92.3%)のふん尿の場合、腐熟化とともに1.7～2.0倍になる。

ウ ふん尿の粒状はしだいに細くなり、粘性は著しく低下する。

エ pHはアルカリ性に推移し、9.0前後で安定する。

オ 全炭素(T-C)は比較的はっきりした減少を示す。 P_2O_5 、 K_2O 、 CaO 、 Mg などの量ははっきりした変化を示さない。

カ 臭気はふん臭からアンモニア臭に変わり、1～2週間でカーボン臭あるいは、微かなアンモニア臭となる。十分なかくはんばっ気を行った液は2か月間程度臭気発生の弱い状態で貯留できる。

キ ばっ気処理施設ではふん尿中の悪臭成分が集中的に発生するので留意する必要がある。

5. 4. 2 ふん尿のかくはん・混合

かくはん・混合は、施用の前処理として、スカムの破碎、ふん尿の均質化、腐熟化等を図るとともに、ふん尿の流動性を高めるために行うもので、次の方法があり、貯留日数、貯留槽の大きさ、運搬方法等を併せ検討しなければならない。かくはんにより強い異臭気が発生するため、悪臭の拡散に留意する。

1. ポンプを利用する方法
2. かくはん機を利用する方法

【解 説】

- (1) 畜舎から排出されるふん尿は、十分にかくはん・混合せずにそのままにしておくとも時間の経過とともに三層に分離し表層がスカムとなり、水分の蒸発とともに固結する。また、槽の底部には沈殿物が累積し、そのままの状態ではポンプによるくみ上げや運搬等におけるふん尿の取扱いが困難となる。このため、これら表層のスカムを溶解し、底部の沈殿物をかくはん・混合し、物理的に均質状態として貯留槽から搬出することが必要である。

- (2) ポンプによってかくはんする場合は、ポンプを直接液中に入れ、吐出部を液中又は表面の任意の場所に設定し

貯留槽内をかくはんする方法と、ポンプを貯留槽の外部に設置し、くみ上げ口、吐出口を適宜移動し、貯留槽全体をかくはんする方法とがある。くみ上げ口にカッターを取付け、貯留槽内のわらやその他のきょう雑物を切断するねらいを持ったものがある。ポンプによるかくはんは、表層にスカムができてからでは破砕が困難になるので、スカムが発生しないように連日定時的にかくはん操作を加えておく必要がある。

(3) かくはん機にはパドル式とプロペラ式がある。パドル式は貯留槽内全体を低速に回転しふん尿をかくはん・混合する。プロペラ式はプロペラを高速で回転させることにより水流を起こし、スカムや沈殿物を破砕かくはんする。固定式と移動式があり、貯留槽の構造により選定する。また、かくはん機の能力は水流の到達距離と貯留槽の大きさ等から決まる。

(4) 悪臭防止のために、ふん尿貯留槽は地下ピットにするか、覆いをするなどの留意が必要である。

5. 4. 3 ふん尿のばっ気

液状ふん尿(スラリー)のばっ気は好気発酵を促進するために行われるもので、効率の高い好気発酵処理(液状コンポスト化処理)を行うためには、加水や固液分離などによりスラリーの粘度を十分に低下させ、適量の空気を液中に送り、気液接触の時間を長くとり、酸素の溶存効果を高め、好気性微生物等の活性を高めることが大切である。なお、本操作はスラリー散布時の悪臭発生を抑制するために行われる例が多い。

ばっ気の方法としては、(1)ポンプを利用する方法、(2)フロート式ばっ気装置を利用する方法、(3)ばっ気槽の底に設置した散気管を利用する方法などがあるが、主として(1)、(2)の方式のものが利用されている。

【解 説】

(1) スラリーをばっ気する場合、スラリーの粘度が高いとばっ気をしていても十分なばっ気効果が得られない。そのため、スラリーの粘度が $2000\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以下になるように、加水や固液分離をする。また、寒冷地ではばっ気槽や貯留槽の凍結防止や発泡対策のために、できるだけ密閉し、地下ピット方式とすると良い。

(2) ポンプによるばっ気方法としては、ふん尿をばっ気槽に投入するポンプを利用する方法、ポンプを液中に設置して、ポンプがふん尿を吐出する際の負圧により、空気を吸引し、ふん尿と混合しながら、液中に噴出する方法がある。後者には遠心吸引式とエゼクタ式がある。ポンプが液中にあるため、騒音がなく、モータの発熱を利用でき、自動化が容易などの特徴がある。反面エゼクタ方式の場合、口径を小さくしぼり、負圧を発生させる構造のものは、詰まりやすい欠点も有している。

(3) フロート式は貯留液の表面に浮かせて液表面のばっ気操作を行う方法で、液と空気を接触させることで液中に酸素を溶け込ませ、好氣的分解を促進する。液表面に浮いているため、管理しやすく、位置を変えやすい、などの利点があるが、ばっ気できる深さが浅いことや、凍結の被害を受けやすいなどの問題がある。

(4) ばっ気槽では、通常液深 2m 程度とし、毎日排出されるスラリー量の 30 日間程度は貯留可能な容積を確保し、可能であれば 10 日間、 20 日間の 2 槽とすることが望ましい。

(5) 液状ふん尿に対する適正ばっ気量は、液の組成、かくはんの程度などにより異なる。実験結果から見ると、トン当たり、 $1.5\sim 4.3\text{m}^3/\text{時}$ といわれている。なお、ばっ気操作で送る空気量[Q =水深 2m での送風量 (m^3/h)]の目安は次式で表される。ただし、 V =ばっ気容量(m^3)。

$$Q \geq (1.0 \sim 2.0) \times V$$

なお、ばっ気操作に掛かる電気代等の経費が高く、その抑制のためには散布時の発生臭気が問題とならない程度に抑えられる日々のばっ気操作時間をケースごとに検討する必要がある。

5. 4. 4 ふん尿の貯留

液状のふん尿(スラリー)は、液体として取扱うために、その散布利用時期まで完全に貯留ができる貯留槽の容積を確保し、貯留、調製、搬出等での取扱作業が効率的に行えるよう留意する。また、臭気の拡散防止のために貯留槽は密閉することなどを検討する。

【解 説】

(1) 貯留槽の種類と特徴

貯留槽は、その構造によって地上式、地下式、防水シート埋設型ラグーンに分類される。

ア 地上式は、鉄板製が多く、槽の容量が 200 m³以上の大きなものに多く採用される。貯留によって発生するスカムの防止と、発酵促進をねらい、かくはんばっ気を装備するものもある。

イ 地下式は、床下に直接貯留するものを含め、構造は簡単である。槽の上面は鉄筋コンクリートによって覆い、ふん尿の流入口、くみ上げ口にマンホールを設け、槽の上面を畜舎又は他の施設の空間として利用するものが多い。

槽は、単一槽のものから2～3槽に仕切りを付けた多槽式のものがある。ふん尿の腐熟やポンプの取扱い面から、多槽式で生ふん尿と腐熟ふん尿の仕分けが行われる方式の採用が一般的に良い。

ウ 防水シート埋設型ラグーンは、地上式・地下式に比べ簡単な貯留槽であるが、ふん尿管理が十分でない場合が多い。このため、地下浸透を防止する目的からシート遮水貯留方式の採用が増えている。材質もポリエチレン、ポリエステルやアスファルト全層含浸シートなどが使用される。

(2) 貯留槽の容積

貯留槽の容積は次式から求められる。

$$Q = \{(A \times B \times C) + D + E\} \times F$$

Q：貯留槽の容積 (m³)

A：1日1頭当たりのふん尿排せつ量 (kg)

B：頭数 (頭)

C：貯留槽に投入する割合

D：1日当たりの畜舎内での洗浄水 (kg)

E：パドック等からの汚水の流入量 (kg)

F：最大貯留期間 (日)

ア 1日1頭当たり排せつ量

「5. 3. 1 家畜ふん尿の排せつ量」参照。

イ 畜舎内洗浄水等

畜舎内洗浄水等は畜舎及び管理用機器の洗浄水、畜体の洗浄水、給水器よりのこぼれ水、畜舎内に入った雨水などである。これらの量は畜種と飼育頭数、畜舎構造及び使用機器と飼養管理方式、季節などによって、大きく変動するので、現状において基準値を示すことは極めて困難である。

最近処理と水質規制の強化などの面から節水の傾向が強まっているが、貯留槽などの設計に当たって考慮しなければならない余剰水の主なものには次のものがある。

(ア) 搾乳関係の洗浄水

洗浄汚水の発生源は、搾乳機器、搾乳室、乳房の洗浄水等があり、その使用量は使用機器、牛舎形式と構造、飼育頭数などによって異なる。表－IV・38－1は60頭規模のつなぎ飼い式乳牛舎で測定した成績で、

かなり節水に配慮しているため年間平均の搾乳・清掃による雑廃水は 7.3L/頭・日と少ない例であるが、最近はいすけラインミルカーやバルククーラーでは自動洗浄が主となっており、使用量が増加しているので表Ⅳ・38-2を参考に設計しておくが無難である。なお、洗浄水の汚濁度は比較的低いので、ふん尿と別処理をしている例が多い。

表Ⅳ・38-1 乳牛舎からでる水の形態と量 (kg/頭・日)
(草地試験場)

生 乳	畜体からの汗・呼吸等	ふん尿	敷料による吸湿	牛床等から蒸発量	搾乳・清掃等による雑廃水	計
16.0	5.0	37.5	1.0	2.2	7.3	69

- (注) ① 60頭規模のつなぎ飼い乳牛舎における調査の年間平均
 ② 搾乳はいすけラインーバルククーラー方式 (ミルカー4台)
 ③ 生乳は搾乳牛当たり

表Ⅳ・38-2 搾乳牛1頭1日当たりの洗浄水 (目安)

牛舎型式	つなぎ飼い式	放し飼い式		備 考
		ケース 1	ケース 2	
パイプラインミルカー	15～20L	10 ～15L	28 ～64L	1日2回自動洗浄
バルククーラー	3～5	3～5	3～5	1日1回自動洗浄
乳房洗浄	1～2	2～4	2～4	1日2回自動洗浄
生乳処理室洗浄	1～2	1～2	1～2	1日2回自動洗浄
搾乳室洗浄	—	5～10	21～51	1日2回待機場の洗浄を含む
計	20～29	21～36	55～126	

(注) つなぎ飼い式は搾乳数 30～50 頭、放し飼い式ケース 1 は同 50～80 頭

放し飼い式ケース 2 は同 25～45 頭の規模の例である。

ケース 2 は酪農ふん尿処理システム技術マニュアル (1995) 中央畜産会 p. 78～p. 79 を参考にした。

(イ) 給水器のこぼれ水

給水器からのこぼれ水は豚舎が主で、給水器の型式 (構造) と季節の差が大きく、特に、夏に押しべら式の給水器の場合、肥育豚 1 頭 1 日当たり 20～40L のこぼれ水があったとの成績が報告されている。

最近、豚舎内でふん尿を分離できる構造が多く、こぼれ水の少ない給水器 (フロート式やサイホン式) が開発されている。また、ニップル式の給水器については、豚がいたずらしにくいように工夫されている。これらの結果、こぼれ水の量も大幅に減少している (1L 以下/頭・日)。更に、こぼれ水がふん尿溝や貯留槽に直接入らないようにしている例も多い。

(ウ) 畜舎の洗浄水

鶏や豚を出荷 (オールアウト) したのち、鶏舎や豚舎を洗浄した際の汚水 (消毒剤が入っている場合あり) が年数回排出される。乳牛舎及び肉牛舎では最近、悪性疾患の発生時などを除いて通常は畜舎を洗浄することとはほとんどない。

「第Ⅲ編 4. 1 用水計画」参照

ウ 貯留日数

貯留日数の設定は、貯留槽の容積決定に大きな要因となるので、ふん尿利用の実態に即して決める必要がある。

貯留期間については、積雪寒冷地では、6 か月（180 日）とするのが原則であるが、スラリーの適切なほ場還元を行うため、散布可能日数も考慮して、決定する。

エ パドック汚水等

パドック内に排せつされるふん尿並びにパドック・畜舎の雨水、融雪水及び洗浄水は、これから浸透量と蒸発量を差し引いて処理対象量を定める。

浸透量は、舗装の有無、土質等により異なるが、未舗装の場合では $1 \sim 10 \text{ L} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度である。蒸発量は天候、季節及び立地条件等により異なるが、 $0 \sim 5 \text{ L} / \text{m}^2 \cdot \text{日}$ （積雪・凍結地域での冬期～温暖地域での夏期）程度である。

パドック汚水の中で屋根の雨水、融雪水等は一般に多量となるので、これは雨とい、排水路等を整備してふん尿と混合しない構造とすることが望ましい。また、サイロの排汁量等ふん尿以外の汚水を貯留槽に蓄える場合にはその量をあらかじめ把握する必要がある。

5. 4. 5 ふん尿の搬送

液状ふん尿を施用する場合には、くみ上げ又は搬送用に各種のポンプが必要であるが、ふん尿の性状及び施用方法などにより、これに適したポンプを選定する。

【解 説】

- (1) 貯留槽に蓄えられるふん尿の濃度は、畜舎内でのふん尿処理法によって含水比で 3,000%（含水率：97%）のものから 1,000%（含水率：91%）程度のもので広い範囲に及ぶ。これらを扱うポンプは、構造、機能によって対象とするふん尿に対する適応性が異なるので、ポンプの特徴・性能等を把握し、貯留されているふん尿の性状に適応したものを選定することが必要である。現在広く普及しているポンプの特性から、ふん尿の性状との関係で適応性をみたのが、表－IV・39 である。
- (2) 渦巻ポンプでは、含水比 2,000%（含水率：95%）までを限度とし、それより濃度の高いふん尿に対してはローターポンプ又はピストンポンプによって取扱うことが必要である。ローターポンプでもヘリカルローターポンプのように高圧力が得られるものと、高圧の得難いもの等があるので特徴をよく把握して選定することが必要である。

表Ⅳ・39 ふん尿用ポンプの種類と特徴

種 類		ふん尿適用範囲		特 徴
		含水比 (%)	乾物率 (%)	
く み 上 げ 搬 送 用	尿 ポ ン プ バキューム式 渦 巻 式	2,500 以上	4 以 下	主として尿又はふん尿混合物を3倍以上の水で希釈したものを対象とする。
	スラリーポンプ 渦 巻 式 ローター式（ヘ リカルローター、 ルーツ） ピ ス ト ン 式	— 2,000 以上	— 5 以 上	ふん尿混合物で濃度の比較的高いものを対象とする。
	カッターポンプ 渦 巻 式 ナイフ受刃付き ナイフ 付 き	2,000 程度	5 程 度	稲わら、乾草くず等の長大きょう雑物を切断し、流動物とともに圧送する目的でポンプに切断装置を取付けたものの。
	かくはんポンプ (渦 巻 式)	1,000～2,000	5～9	槽内に発生するスカム、沈殿物等をかくはん混合して物理的に均質化して搬送効率を向上する目的で使用されるものの。
かくはん用				

5. 5 メタン発酵処理

メタン発酵処理は、家畜ふん尿からバイオガス（メタンガス）を発生させてエネルギー利用するとともに、発酵処理液（消化液）を液肥利用する処理方法である。

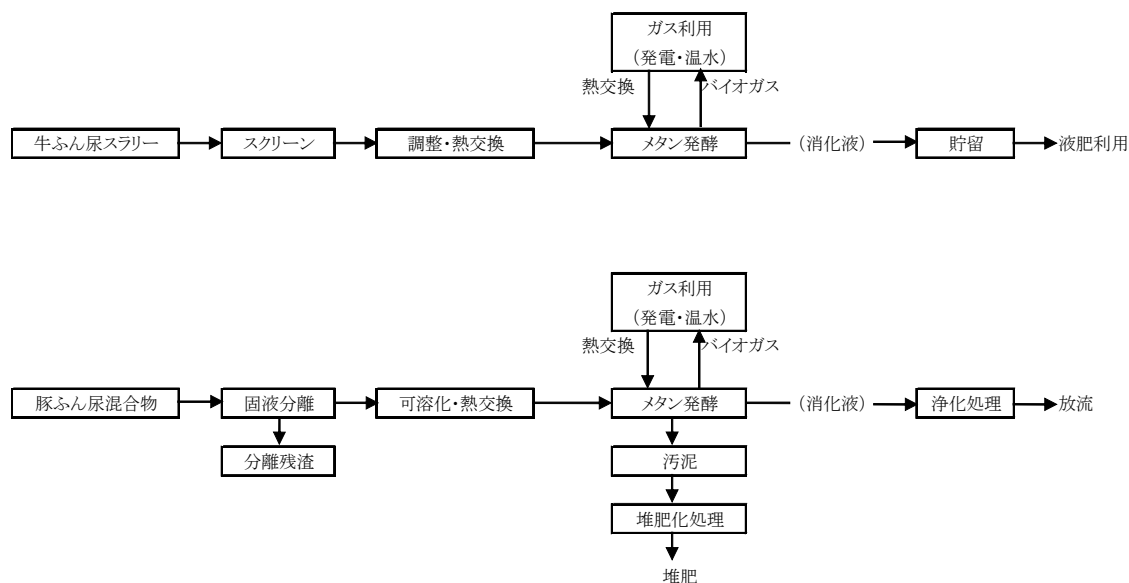
バイオガスは発熱量が 4,000～5,000kcal/m³（約 20 kJ/m³）あり、脱硫処理は必要だが、ガス燃料としてエネルギー利用できる。消化液については、散布可能となる時期まで貯留できる容量の貯留槽を確保する必要がある。

また、消化液の BOD はかなり高いので、液肥利用できない場合には污水处理技術によって放流できる水質まで浄化してから河川等に排水しなければならないことから、污水处理施設を整備する場合は、投資効果を検証する必要がある。

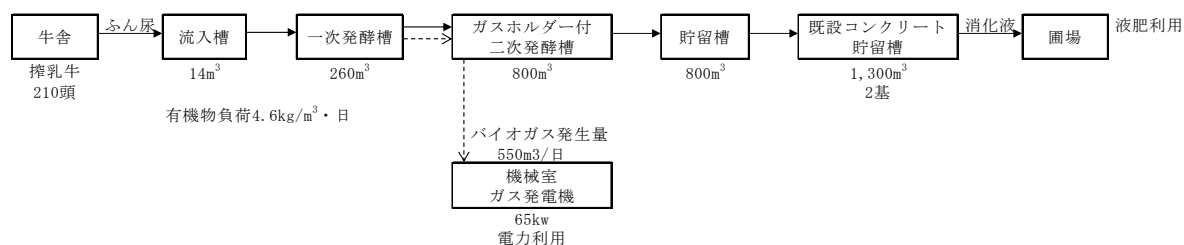
【解 説】

- (1) メタン発酵法は酪農や養豚のふん尿混合スラリーを原料とし、一部では生ごみを混合した発酵効率の高い処理が行われている。メタン発酵は一般的に、35℃の中温発酵で、20 日程度の消化期間により処理し、有機物がメタンと二酸化炭素に分解され、バイオガスエネルギーとして回収する。
- (2) 通常、有機物負荷量は 2.5kg/m³・日で設定するが、これ以上の高負荷条件になると酸発酵が進みすぎてプロピオン酸などの有機酸が蓄積し、アンモニアと有機酸の複合臭の腐敗臭となって極めて強い臭気発生源となるので留意する必要がある。
- (3) メタン発酵後の消化液は、流動性が改善され、有機態の窒素がアンモニアに変成しており、強い悪臭は消失して液肥として利用し易い性状に改変されている。近年、この消化液は化成肥料代替としての利用が注目されている。

- (4) メタン発酵処理の基本フローを図ーIV・51ー1に示す。酪農の牛ふん尿スラリーは液肥利用を基本とし、図ーIV・51ー2に酪農家の例を示すように、消化液の貯留には既設の貯留槽も利用できる。養豚ではエネルギー利用を基本とした処理であるが、消化液は浄化処理が必要となる場合が多いので処理経費が高額になるところに留意する必要がある。
- (5) 液肥利用は臭気発生を低減させることになるが、臭気が皆無ではないので、臭気に対して敏感な環境条件では、散布方法を土壌注入法のインジェクション方式にするなどの対応が必要な場合がある。



図ーIV・51ー1 家畜ふん尿のメタン発酵の基本フロー
(日本草地畜産種子協会 平成19年度環境整備調査報告)



図ーIV・51ー2 メタン発酵処理によるバイオガスと消化液の生産 (酪農家の例)
(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、2005)

5. 6 尿汚水等の浄化処理

5. 6. 1 尿汚水等の特性と処理・利用の基本

畜舎から排出される尿汚水等には、多量の水質汚濁物質が含まれており、散布可能な十分な面積の草地、畑を確保することが大原則であり、臭気問題を起こさないように、脱臭装置の利用と臭気の拡散しない散布方法に留意する。散布面積が確保できない場合は、浄化処理技術によって放流できる水質まで浄化してから河川等に排水しなければならない。

【解 説】

- (1) 畜舎から排出される尿汚水等には、家畜ふん尿や畜舎の洗浄水、飲水のこぼれ水、搾乳関連排水（ミルクングパーラー排水）（5. 6. 4 で別掲解説）などがある。これらには多量の水質汚濁物質が含まれているため、ほ場還元利用や浄化処理などを行う。
- (2) 水質汚濁の指標は、水質汚濁防止法で決められており、その主な項目は、pH（水素イオン濃度）、BOD（生物学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）、大腸菌、N（窒素）、P（リン）などである（表－IV・42）。
- (3) 畜舎から排出される尿汚水等は、ふん尿分離の状態によって汚濁負荷量が大きく異なり、浄化処理方法、装置の規模・施設費やその運転コストにも大きく影響する。したがって、畜舎内でのふん尿分離を徹底するとともに、処理施設においては固形物等を前処理で除去することによって浄化処理施設にかかる負荷量の低減が必要である。
- (4) 家畜別の汚濁負荷量を表－IV・40 に示す。また、表－IV・41 に浄化処理施設の規模算定に用いられている設計諸元数値の例を示すが、十分にふんが除去された場合の BOD 値を前提としており、ふんの混入が多い場合などではその点に配慮して算定する。

表－IV・40 家畜別ふん尿汚濁負荷量（成畜 1 頭当たり）

家 畜 (区分)		排出量 kg／日	BOD		SS		COD		N		P	
			濃度	負荷量	濃 度	負荷量	濃 度	負荷量	濃 度	負荷量	濃 度	負荷量
			mg／L	g／日	mg／L	g／日	mg／L	g／日	mg／L	g／日	mg／L	g／日
牛	ふん	30	24000	720	120000	3600	12000	360	4300	129	1700	51
	尿	20	4000	80	5000	100	3000	60	8000	160	150	3
	混合	50	(16000)	(800)	(74000)	(3700)	(8400)	(420)	(5800)	(290)	(1100)	(54)
豚	ふん	1.9	60000	114	220000	413	27000	51	10000	19	7000	13.3
	尿	3.5	5000	18	4500	16	3300	12	5000	18	400	1.4
	混合	5.4	(24000)	(130)	(80000)	(430)	(12000)	(63)	(5800)	(37)	(2700)	(14.7)

（注）汚濁負荷量（g／日）＝排出量（kg／日）×汚濁物質濃度（mg／L）

表－IV・41 浄化処理施設の規模算定に用いる設計諸元数値

畜 種	尿 汚 水 量 (L／頭・日)	BOD (g／頭・日)	SS (g／頭・日)
肥 育 豚	12～17	60～80	83～98
搾 乳 牛	60	350	350

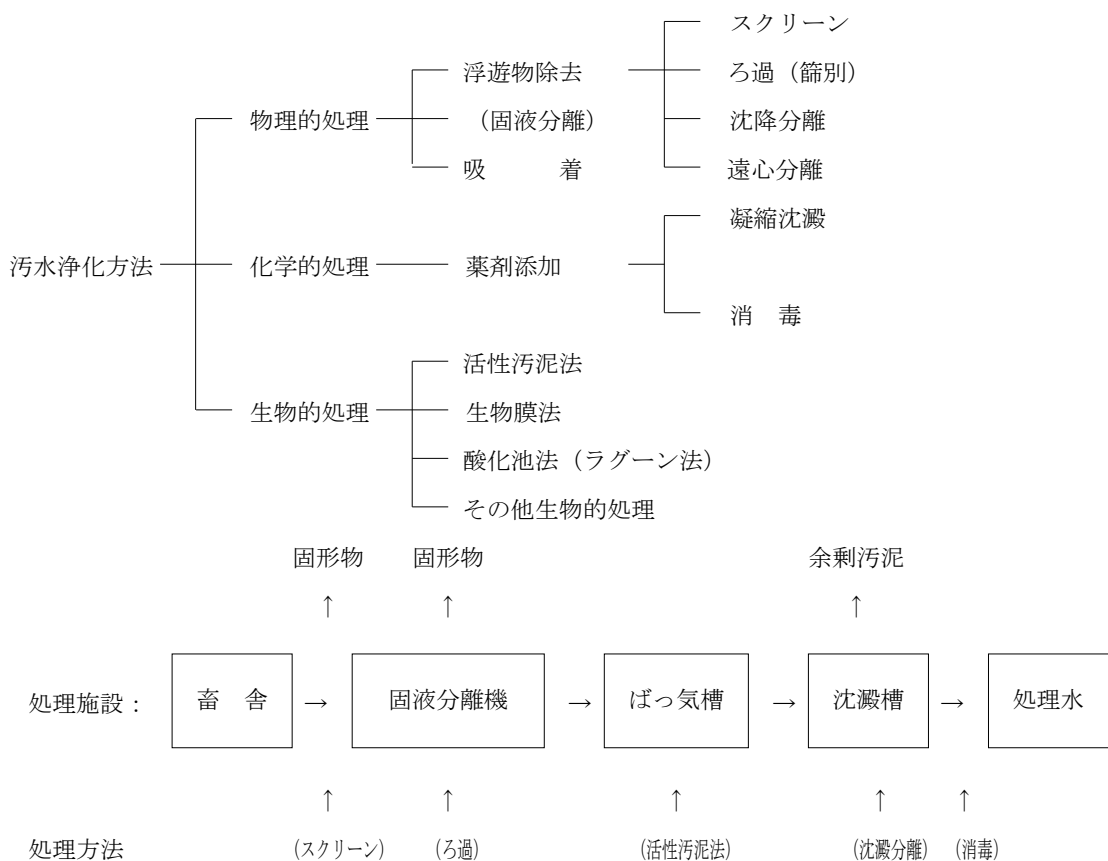
引用：「家畜污水处理施設設計・維持管理マニュアル」（令和 4 年（一財）畜産環境整備機構編）

5. 6. 2 尿污水等浄化方法とその基本

尿污水等の浄化処理に当たって、畜舎からの排水量、汚濁濃度等を把握した上で、畜舎の立地条件、経営規模、飼養管理方法に見合った処理方法を選択しなければならない。

【解 説】

- (1) 家畜尿污水の浄化処理では、その処理水が河川等へ放流されることが多いため、処理水は水質汚濁防止法等の排水規制を受ける（表－Ⅳ・42）。汚濁濃度が高い状態で排水されると地下水や河川を汚染するため、適正な浄化処理を行い周辺環境を汚染しないよう環境保全に十分に配慮する必要がある。
- (2) 家畜尿污水の浄化処理に用いられる主な処理方法は、その基本原理によって物理的処理、化学的処理、生物的処理の3つに分けられるが、実際の処理ではどの処理方法をとっても単独処理だけでは処理できず、ほとんど複合的な組合せによる処理方法を採用している。これらの浄化処理の中でメインとなる処理は生物的処理であり、物理的処理は前処理として固形物や浮遊物質の除去あるいは生物処理後の汚泥の除去に使われることが多く、化学的処理は生物処理後の汚泥の除去に使われることが多い（図－Ⅳ・52）。



図－Ⅳ・52 家畜尿污水の浄化処理のフロー

表－Ⅳ・42 水質汚濁防止法による規制の概要(公共用水域への排水又は地下への浸透水を規制)

項 目	排 水 基 準	性 質	測 定 法
pH	5.8～8.6	7＝中性、7以下酸性、 7以上アルカリ性	pH電極、試験紙
BOD	160 mg/L (日間平均 120 mg/L)	微生物学的に酸化分解される成分	20℃、5日間培養
COD	160 mg/L (日間平均 120 mg/L)	化学的に酸化分解される成分	100℃、30分間
SS	200 mg/L (日間平均 150 mg/L)	浮遊・懸濁している成分	1 μm以上の粒子
大腸菌 群数	日間平均 800CFU/mL CFU：コロニー形成単位	ふん便性の細菌数	30℃、20時間培養
窒素	120 mg/L (日間平均 60 mg/L)	窒素を含む成分	窒素含有量の分析
リン	16 mg/L (日間平均 8 mg/L)	リンを含む成分	リン含有量の分析

〔備考〕

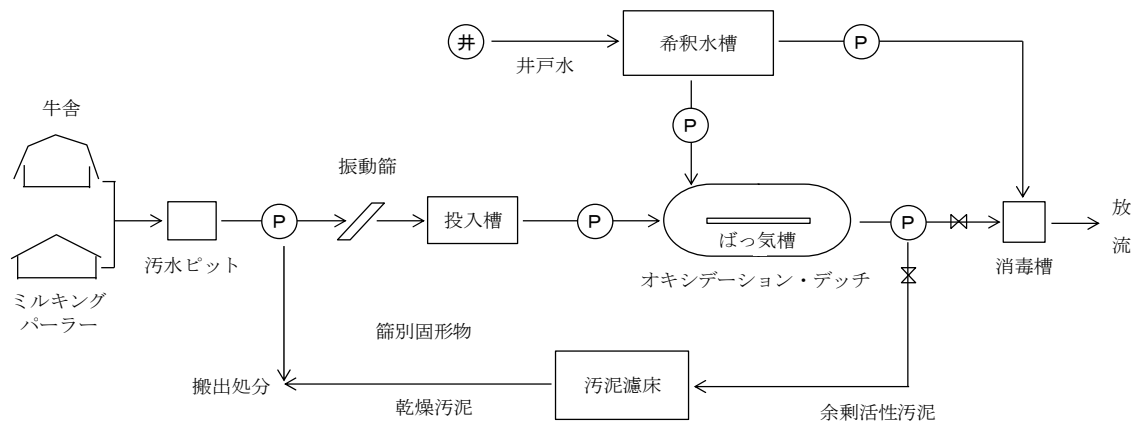
- ① 1日当たりの平均排水量 50 m³以上に適用
 ② 閉鎖性海域に係る窒素・リンの排水基準については、令和5年10月1日以降、養豚経営に係る暫定排水基準（窒素 130mg/L、リン 22mg/L）が設定された。（令和10年9月末日まで）
 ③ 地下水汚染対策として、アンモニア、アンモニア化合物、硝酸化合物及び亜硝酸化合物が有害物質〔健康項目：カドミウム、シアン化合物、ヒ素、鉛等 26 項目の 1 つ〕に指定。
 ・一般排水基準：100 mg/L
 ・暫定排水基準（畜産業）：豚 400 mg/L、牛 300 mg/L（令和7年6月末日まで）
 ・健康項目規制は全ての特定施設（事業場）に適用
 ④ 東京湾、伊勢湾、瀬戸内海を指定水域とする総量規制（COD、窒素、リン）実施
 ⑤ 本表は令和6年4月1日時点の水質汚濁防止法と暫定基準について参考として記載したものである。施設の検討・設置に当たっては、最新基準に準拠すること。

5. 6. 3 尿汚水等の浄化処理方法

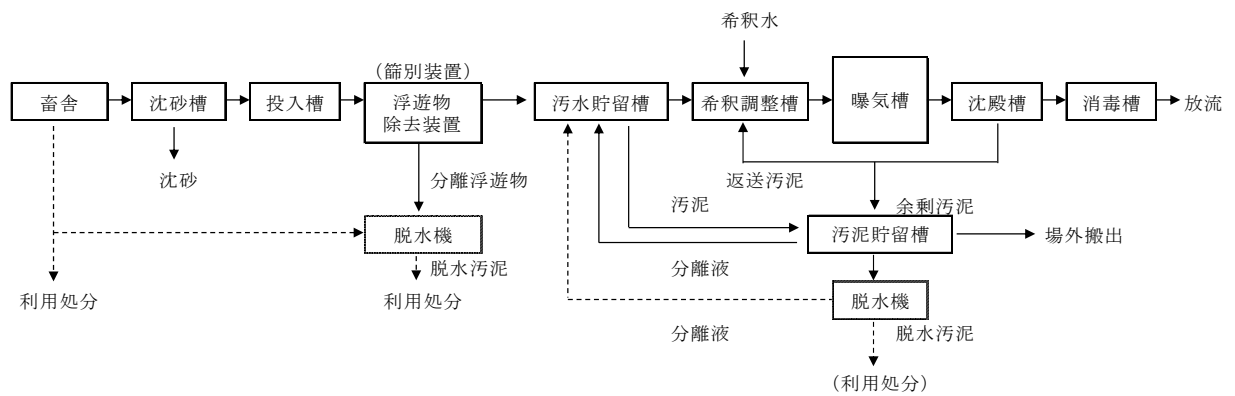
尿汚水の浄化処理に当たっては、畜舎から排出される尿汚水の量、汚濁濃度等を把握した上で、畜舎の立地条件、経営規模、飼養管理方法等に見合った処理方法を選定しなければならない。

〔解説〕

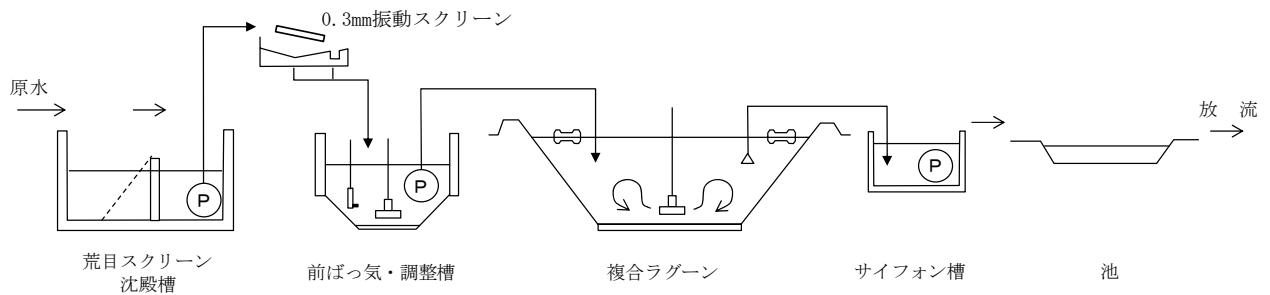
- (1) 畜舎から排出される尿汚水の浄化処理では、尿汚水の量が少なく、尿汚水中にふんなどの固形物等の混入も少なければ処理装置の規模が小さくなり運転経費も少なくなる。したがって、畜舎内の飲水器からのこぼれ水の混入防止、雨水の流入防止やふん尿分離や固液分離等の徹底を図ることが必要となる。
- (2) 活性汚泥法は、最も一般的で効率の高い浄化処理方法である。この方法は、汚水を浄化処理する「活性（能力）」を持った「汚泥（微生物の塊）」によって汚水中の有機物を分解して浄化する方法である。この方法には回分式活性汚泥法（図－Ⅳ・53）、連続式活性汚泥法（図－Ⅳ・54）、ばっ気式ラグーン法（図－Ⅳ・55）などがある。
- (3) 砕石、プラスチック等のろ材（担体）表面に細菌や微小動物の膜（生物膜）を作らせ、これらを利用して浄化する、散水ろ床法、回転円板法、接触酸化法等がある。なお、表－Ⅳ・43 に処理方式別の特徴・概要等を示した。
- (4) ミルキングパーラー排水は、パーラーの規模、搾乳牛の頭数、清掃管理などによって汚濁負荷量が異なる（表－Ⅳ・44－1）。また、その排水量は、搾乳頭数 100 頭規模のパーラーで毎日 2～3 m³、200 頭規模では毎日 4～5 m³程度とみられている。適切なパーラー排水の処理方法としては、①浄化槽で浄化処理、②ばっ気槽でばっ気処理後には場還元、③ふん尿に混合して処理したのちには場還元などの方法がある。なお、浄化処理としては尿汚水と同様な原理の浄化処理装置等が市販化されているが、施設費と同様に運転コストもかかる。また、活性汚泥法等の浄化処理に当たっては、①通路や待機場でのふんは別途スcoop等で除ふんし、本浄化施設に過負荷を掛けないようにすること、②廃棄する生乳は絶対にこの浄化施設に入れてはならないことなどを厳守することが肝要である。



図一Ⅳ・53 回分式活性汚泥法の例 (神奈川畜研)



図一Ⅳ・54 連続式活性汚泥法の例



図一Ⅳ・55 ばっ気式ラグーン法

表－Ⅳ・43 各種浄化処理方法の比較(畜産環境整備機構、1997)

処理方法		適用規模	処理目標	BOD 除去率	敷地面積	維持管理		建設費用
						技術	費用	
活性汚泥法		連続式：小～大	放流	90～95%	小(酸化溝は中)	難	大	大
		回文式：小～中					中	中～大
ばっ気式ラグーン法		小～大	放流	80～95%	大	易	中	中～大
生物膜法	散水濾床法	小～大	放流	80～90%	小	中	中	中
	回転円盤法	小～大	放流	80～90%	小	中	小	中
	接触酸化法	小～大	放流	80～90%	小	中	中	中

表－Ⅳ・44－1 ミルキングパーラー排水性状の調査事例（岩手県畜研・小梨）

No.	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	窒素 (mg/L)	リン (mg/L)	大腸菌群数 (個/L)
1	7.4	1,490	1,630	1,900	186	38	0
2	6.2	2,440	1,250	1,150	198	43	—
3	9.0	192	327	160	71	19	59
4	7.2	728	893	1,110	33	17	9
5	6.4	549	354	650	26	11	3
6	6.6	2,300	1,090	1,370	122	43	15
7	8.5	1,190	1,560	1,420	95	18	41
8	7.4	3,020	2,150	2,180	363	43	6
9	8.0	593	1,070	1,280	98	22	22
10	5.2	37	380	210	51	7	0
11	5.4	585	183	715	45	8	1,300
12	6.3	638	274	520	39	8	2,400
13	8.4	1,120	1,468	1,440	321	66	2,400
14	7.8	1,773	1,234	1,960	194	54	240
15	4.4	643	203	393	40	51	2,400
16	6.5	638	271	740	63	13	2,400
17	7.8	2,110	857	771	—	—	—
18	7.9	2,060	622	722	75	22	—
19	7.5	461	215	492	—	—	130

出典) No.1～9：井上ら(1998)、No.10～16：田原ら(1997)、
No.17：「酪農ふん尿処理システム技術マニュアル」(1995)、No.18：若杉ら(1999)、
No.19：本多ら(1996)

5. 6. 4 搾乳関連排水の特性と処理・利用の基本

生乳処理室及びパーラーなどから排出される搾乳関連排水（搾乳機器、パーラー、乳房の洗浄水など）は、そのまま河川などに排出せずに、適切な処理後、草地などのほ場に還元することを第一とする。ほ場に還元できない場合は、簡易な沈殿処理や簡易活性汚泥処理などにより汚水の濃度を低下させ排水基準を達成してから排出する。

乳房炎乳・初乳などの分離乳及び待機室・パーラー内の除ふん時の高濃度洗浄汚水は搾乳関連排水と混合せず、ふん尿処理施設に投入したり、草地などのほ場に還元するなど別処理とする。

【解 説】

(1) 搾乳関連排水

搾乳関連排水とは、パイプラインミルクカーやバルククーラーなどの搾乳機器の洗浄水、搾乳時の乳房洗浄水、プレートクーラー冷却水やバックフラッシュなどの排水、清拭布の洗濯水などで構成される。

(2) 搾乳関連排水の量と濃度

ア 排水の量は、飼養頭数、搾乳装置・機器の規模など農家によって異なる。また、同じ農家であっても季節によっても変動する。一般的な搾乳関連排水の量を表－Ⅳ・44－2に示す。つなぎ飼い式牛舎の場合、1頭1日当たりの洗浄水量は、隔日集乳では13.8L/日・頭、毎日集乳では18.0L/日・頭である。フリーバーン又はフリーストール飼養におけるパーラー搾乳の場合は、床除ふんなしでは、25.9L/日・頭、床除ふんありでは23.9L/日・頭となる。排水量を減らすために、搾乳機器の洗浄水やプレートクーラーの排水を床洗浄に再利用したり、牛体を清潔に保つようにする。

イ 搾乳関連排水は、現場によって排水量や排水濃度が異なることから、表－Ⅲ・55の洗浄用水量や実態調査のデータ（表－Ⅳ・44－1、表－Ⅳ・44－2、表－Ⅳ・44－3など）を参考にして、現場に即した適切な処理方法を選択する必要がある。

表－Ⅳ・44－2 搾乳牛1頭1日当たりの洗浄水量
（（社）日本草地畜産種子協会 平成19年度環境整備調査報告）

（単位：L/日・頭）

	パイプライン 循環洗浄	バルククーラー 洗浄	パーラー床 洗浄	合計
つなぎ飼い（平均50頭）、隔日集乳	8.7	5.1	－	13.8
つなぎ飼い（平均30頭）、毎日集乳	8.0	10.0	－	18.0
パーラー（平均78頭）、隔日集乳、床除ふんなし	12.8	4.9	8.2	25.9
パーラー（平均62頭）、毎日集乳、床除ふんあり	15.2	7.7	1.0	23.9

表－Ⅳ・44－3 搾乳関連排水の成分
(（社）日本草地畜産種子協会 平成19年度環境整備調査報告)

搾乳区分	排水区分		pH	SS mg/ L	BOD mg/ L	T-N mg/ L	T-P mg/ L
パイプライン (つなぎ飼い等)	分離乳は混ぜない	平均値	6.5	27	240	17	5.7
	(生乳混入割合1%未満)	標準偏差	1.1	20	170	29	2.3
	分離乳を少量混ぜる	平均値	5.6	120	510	41	27
	(生乳混入割合1%未満)	標準偏差	0.6	85	250	36	21
	分離乳を日20L以上混ぜる	平均値	5.2	2,200	2,500	250	91
	(生乳混入割合4%以上)	標準偏差	0.7	2,000	1,900	240	47
パーラー (フリーストール等)	ふん尿非混入	平均値	7.5	320	510	19	1.8
		標準偏差	1.0	220	400	7.1	0.74
	ふん尿が混入	平均値	6.9	1,700	2,100	140	23
		標準偏差	0.2	330	690	41	9.6

(3) 搾乳関連排水の特徴

ア つなぎ牛舎の排水の特徴

- (ア) 主に生乳処理室からパイプラインミルカーとバルククーラーの洗浄水、乳頭清拭時のタオル類と作業着の洗濯水が排水される。
- (イ) 搾乳装置内に回収できないで残った生乳があるため、これが排水中に混入する。
- (ウ) つなぎ牛舎では、多量のふん尿が排水中に混入することは少ない。
- (エ) 乳房炎治療牛や初乳などの分離乳が排水中に混入する可能性がある。
- (オ) 分離乳が排水に混入すると、表－Ⅳ・44－3に示すようにBODやSSなどの汚濁物質の濃度が増加し、この排水を浄化するために規模の大きな排水浄化施設が必要となる。そのため、分離乳は別処理とし、尿だめやスラリー貯留槽に投入して肥料として利用することを検討する。

イ ミルキングパーラーの排水の特徴

- (ア) つなぎ牛舎の排水と同様のパイプラインミルカーとバルククーラーの洗浄水、乳頭清拭時のタオル類と作業着の洗濯水が排水される。
- (イ) 搾乳室内に乳牛が入ってから排せつすることがあり、これらが排水中に混入するような設計の施設もみられる。
- (ウ) ふん尿が排水中に混入すると、表－Ⅳ・44－3に示すように汚濁物質濃度が高くなり、これを浄化するために能力が非常に高い施設が要求されることがある。
- (エ) 搾乳関連排水を簡易処理した場合には、分離乳とふん尿を装置の洗浄水などの的確に分離し、排水の濃度を低下させることが重要である。分離乳とふん尿は肥料成分が多いので、スラリー貯留槽や尿だめに貯留したのち、積極的に肥料として利用することを検討する。

(4) 搾乳時の分離乳とふん尿の処理

ア 分離乳混入

- (ア) 乳房炎乳、初乳などの出荷できない分離乳は、BODや窒素量が高濃度であるため搾乳関連排水と混合して排出すると、その後の浄化処理が高度な処理方式を採用しないと困難となり、処理施設の建設費や運転経費

がかさむことに注意する。

(イ) 分離乳はスラリー貯留槽や尿だめに投入して処理することを検討する。

(ウ) 分離乳は2倍に希釈して放牧地や草地に散布することもできるが、窒素成分が有機物に由来するため即効性は低い。草地に散布する場合には、窒素成分の過剰投入とならないように施肥設計にしたがって適正量で散布利用する。

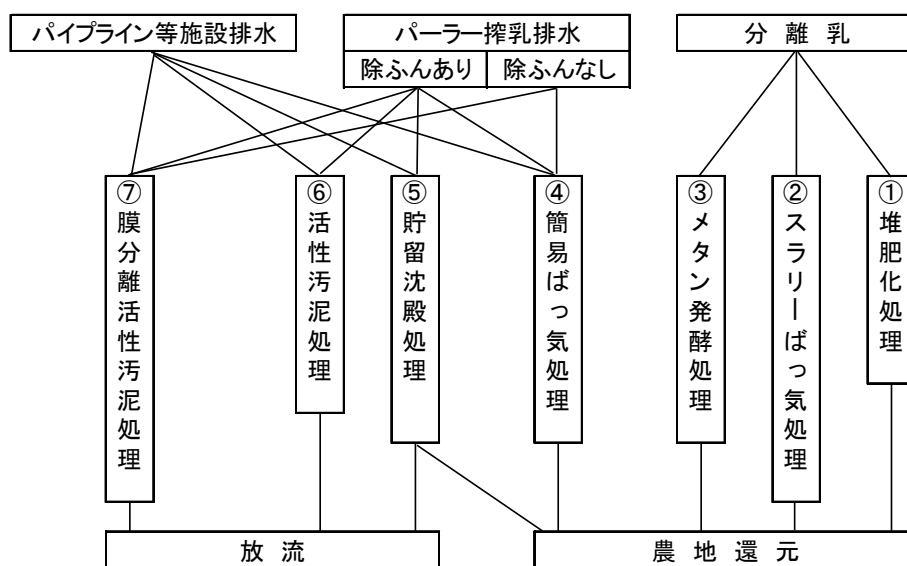
イ ふん尿の混入

(ア) 搾乳時に待機室や搾乳ストールなどに排せつされたふんは、そのままホースなどで洗い流すと洗浄水量も多く、汚水濃度も高くなるので、あらかじめ、除ふんをしてから洗浄するようにして汚水量を抑える。

(イ) ふん尿が混入した高濃度の汚水については搾乳関連排水と一緒にせず、スラリーや尿だめなどで一括管理・処理する。

(5) 搾乳関連排水の処理方法

図一Ⅳ・56 に示すように、汚濁濃度の高い分離乳は堆肥化やスラリー処理などふん尿処理工程に組み込み処理した上で農地還元することが基本である。パイプライン等施設排水や除ふんしたパーラー搾乳排水など比較的汚濁物質濃度の低い排水は、沈殿分離法などの簡易な処理法で対応できる。また、農地還元できない場合は、活性汚泥法などで浄化処理し水質規制を遵守した上で河川放流する選択肢となる。



図一Ⅳ・56 搾乳関連排水の基本的処理方法の選択肢

((社)日本草地畜産種子協会 平成19年度環境整備調査報告書)

5. 7 堆肥化（発酵）処理施設

5. 7. 1 堆肥化の基本

堆肥化とは、ふん中の好気性微生物の働きによって原材料中の有機物を分解し、その際に発生する熱エネルギー（内部エネルギー）により、腐熟の促進と水分の蒸発を図り、堆肥として土壌に施用しても作物に生育障害を起こさないようにすることである。

ふんは堆肥化されることによって臭気が無くなり、取扱い性が向上し、ふん中の雑草種子が死滅した有機質資材となる。

【解 説】

- (1) 畜ふんを堆肥化処理することによって、作物の生育障害が発生しやすい畜ふん中の易分解性有機物が分解され、安定した有機質資材として利用できる。
- (2) 堆肥化処理に当たっての原材料の初期水分は 70%以下にする必要があり、そのための水分調整材（別称：副資材）としておがくず、もみ殻、戻し堆肥などが用いられる。
- (3) 堆肥化に必要な処理日数は、畜ふんのみの場合は 20～60 日間、副資材入りの場合では 60～ 180 日間程度かかる（表－Ⅳ・45）。なお、急速発酵施設で処理しても後者の場合 60～90 日間程度は必要である。
- (4) 一次発酵処理、二次発酵処理（堆肥舎）の組合せにより、十分な好氣的分解を行わせて良質な堆肥を生産するのが基本である。
- (5) 堆肥化に当たっての必要条件はア．栄養源、イ．温度、ウ．水分、エ．酸素（空気）であり、堆肥化を促進する方法としてはア．物性の改善、イ．通気、ウ．かくはん・切返し、エ．太陽熱の利用・保温などがある。
- (6) 堆肥化の初期段階や切り返し時は強い悪臭が発生するため臭気対策に留意する必要がある。また、嫌気性発酵の条件下では悪臭が発生するため、十分な水分調整と通気により好気条件で処理する必要がある。

表－Ⅳ・45 処理日数の目安

(日)

処理施設	畜ふんのみ（戻し堆肥含む）			副資材添加の場合		
	発酵槽	堆肥舎	合 計	発酵槽	堆肥舎	合 計
堆 肥 舎	—	—	50～60	—	—	150～180
通 気 型 堆 肥 舎	20～25	15～20	35～45	25～30	65～90	90～120
開放型堆肥化装置	15～20	15～20	30～40	20～25	40～65	60～ 90
密閉型 {	縦 型	10～14	20～26	30～40	—	—
	横 型	5～ 7	25～33	30～40	—	—

注）もみ殻その他作物収穫残渣添加の場合は下限日数、おがくずその他木質系副資材添加の場合は上限日数とする。ただし、堆肥化における有機物分解率は諸条件によって異なるので注意が必要。なお、施設設計の際には「堆肥化施設設計マニュアル（令和 4 年（一財）畜産環境整備機構）」等を参照されたい。

5. 7. 2 堆肥化処理施設

堆肥化処理は、大別して堆積方式とかくはん方式があり、さらに通気、無通気型に分けられる。

処理施設の導入に当たってどの方式を選定するかは、その特徴を十分考慮して経営条件に適したものを選ぶ必要がある。

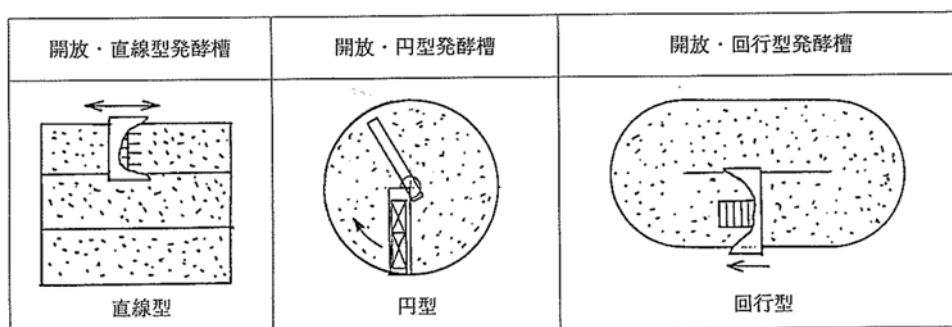
また、堆肥の利用促進を図る上で、ニーズに即した堆肥を調整するために、ストックヤードが必要となる場合がある。

【解 説】

- (1) 機種選定に当たっては、各種堆肥化施設の特徴と問題点を十分把握・理解する必要がある。単一堆肥化施設での完結処理は無理であり、前後処理として各種堆肥化施設を組み合わせることも必要である。表－Ⅳ・46 に堆肥化処理方法の区分と装置の名称、表－Ⅳ・47 に堆肥化処理方法の特徴、表－Ⅳ・48 に主な堆肥化処理施設・機械の特徴と利用状況を示す。
- (2) 規模算定に当たっては、余裕ある規模とするとともに、冬期での処理能力を基準とするのが原則である。おがくず、もみ殻などを副資材として用いる場合、畜ふんのみの場合よりも長い処理期間が必要となる。畜舎から搬出する畜ふんの水分が高いと、装置規模や必要副資材量が過大となり、施設費、運転費がかさむ。
- (3) 導入・設置上では、通気床や通気用送風機の改善による低コスト化の検討が必要である。また、堆肥舎等の建屋建設での低コスト化の検討も重要である。発生臭気配慮し、敷地境界線から離れた敷地中央に設置する。
- (4) 利用・維持管理上では、新設の場合に古い貯留材料を処理するに当たっては、排せつ直後の新鮮な材料（ふん）と混合して処理する。施設に投入する材料の水分は 65%以下とすることが望まれる。施設・機械を管理する上で日常の保守・点検等の管理作業を励行する。
- (5) 堆肥舎等の堆肥化施設の擁壁及び擁壁の強度は、安全性を見込み、過大あるいは過少とならないよう設計する。
具体的な設計例は、「堆肥舎の構造等に関する調査 堆肥化施設擁壁・隔壁の設計事例（堆肥の物性・押圧試験結果に基づく堆肥化施設の壁構造の設計事例）」（中央畜産会、日本畜産施設機械協会 1998）を参照されたい。

表－Ⅳ・46 堆肥化処理方法の区分と装置の名称

区 分		名 称	実用上の呼称等
堆肥化 (発酵) 処理	堆 積 方 式	堆肥盤	堆肥盤
		堆肥舎	堆肥舎
		無通気型	
		バッグ	バッグ
	か く は ん 方 式	通気型	通気型堆肥舎
		開放型	
		直線型堆肥化装置 (単列・複列)	開放・直線型堆肥化装置 (単列・複列)
		円型堆肥化装置	開放・円型堆肥化装置
		回行型堆肥化装置 (楕円形)	開放・回行型堆肥化装置 (楕円形)
		密閉型	
		縦型堆肥化装置	密閉・縦型堆肥化装置
		横型堆肥化装置	密閉・横型堆肥化装置



表Ⅳ・47 堆肥化処理方法の特徴

処理方式		処理施設	利 点	問 題 点	適用範囲
堆積醗酵処理	簡 易 堆積処理	堆肥舎 簡易発酵槽 遮水シート 等	① 施設費及び処理経費が少なく、堆肥の生産コストが安い ② 故障その他のトラブルがない ③ 少量の処理に適する	① 堆肥、切返しなどに多くの労力を必要とする ② 堆肥化に長期間かかる ③ 堆肥の品質が不安定 ④ 水分調整（70%前後）	全 国 (少量処理)
	通 気 発酵処理	箱型通気発酵施設と堆肥舎	① 構造が簡単であるので故障が少ない ② 施設費が比較的少ない	① 通気方式によっては発酵むらが生じやすい ② 水分調整必要（70%以下）	全 国
かくはん・通気醗酵処理	開 放 型 発酵処理	開放型発酵施設と堆肥舎	① かくはんが自動化されているので、省力化可能 ② 堆肥化の期間が短縮可能 ③ 大量の処理が可能 ④ 堆肥の品質が安定する	① かくはん器の腐食が著しく故障の原因となりやすい ② 生産コストが高くなりやすい ③ 水分調整必要（70%以下） ④ 悪臭の発生が多い	全 国
	密 閉 型 発酵処理	密閉型発酵施設と堆肥舎	① 最も省力化が可能 ② 腐熟速度が速い ③ 用地面積が少なくすむ ④ 衛生的で、脱臭容易	① 生産コストが最も高くつく ② 水分調整必要（60%以下） ③ 悪臭の発生が最も多い	全 国 (主として鶏ふん処理)

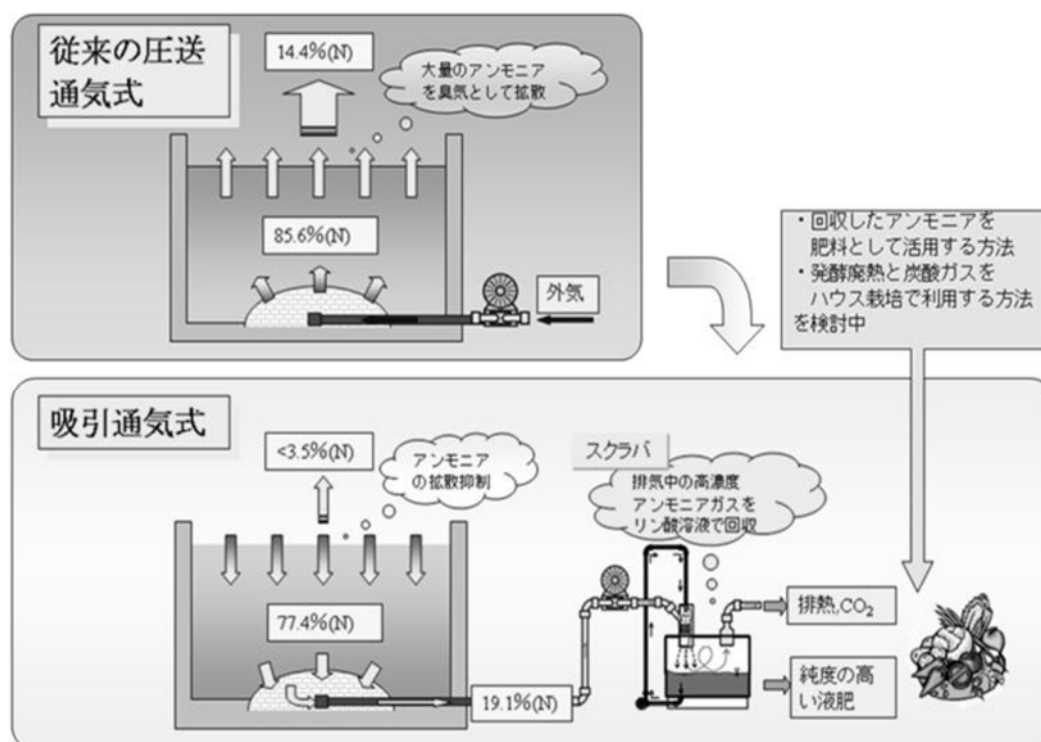
注) 1次処理を中心とした比較である。

5. 7. 3 無通気堆肥化処理施設（堆積方式）

- (1) 古くから最も多く採用されている方式で、堆肥舎が一般的であるが、最近は遮水シートも用いられている。なお、コンテナ、バッグ等は貯留・流通容器として取扱われている。
- (2) 堆肥舎に原料を堆積して、月1回以上（堆積初期は10～20日に1回程度）の切返し又はかくはんを行う。なお、堆肥盤は建築コストが安い利点がある反面、堆肥の品質が不安定であり、さらに、排汁その他により周辺の環境を悪化し易いので注意が必要である。
- (3) 堆積舎の構造はとくに統一されたものは現在示されていないが、屋根材は太陽熱が利用できる樹脂板材などが望ましい。低コスト化を図るために構造はできる限り簡略化することが必要で、片流れ屋根とし、切返し作業に支障のない範囲で中柱を設ける。
- (4) 堆肥舎には通常周囲に2m前後の高さの擁壁（側壁）を設ける。構造はコンクリートブロック又は鉄筋コンクリートとする。

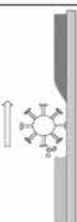
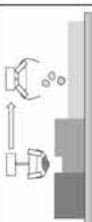
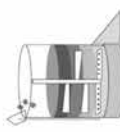
5. 7. 4 通気堆肥化処理施設（堆積方式）

- (1) この施設は堆積発酵処理に床面から圧送通気（送風）又は吸引通気する機能を合わせもったものである。
- (2) 間口 2.0～3.0m、奥行 3～5 m、高さ 2.0～2.5m 程度の発酵槽（箱型通気発酵槽）を必要数設け、床面よりブローアで圧送又は吸引通気する構造になっている。
- (3) 水分 70% 以下に調整した原料を 1 か月程度堆積・通気して発酵させたのち、切返し（隣の槽に移す）するか、堆肥舎に移して更に堆積・発酵させる。
- (4) 発酵槽の上屋は堆肥舎に準ずる構造とする。
- (5) 吸引通気方式の場合は、水分調整した原料をなるべく均一に堆積して圧力損失を少なくし、バッチ処理が原則になる。また、切返し時に床面の通気孔などを損傷することのないよう、リニアクレーン方式などの切返し装置が望ましい。



図一Ⅳ・57 圧送通気式堆肥化と吸引通気式堆肥化の比較（阿部佳之ら）

表一Ⅳ・48 主な堆肥化処理施設・機械の特徴と利用状況

区分		施設の特徴							経営別の利用状況					設置・使用上の留意点			
		太陽熱の利用	副資材添加の必要性	悪臭処理の難易	労力負担	施設必要面積	施設費・運転費	処理期間	畜種 ³⁾				規模				
									酪農	肥育牛	養豚	養鶏			大・中・小		
処理施設名	堆積方式	堆肥舎		(あり) ¹⁾	あり	難	多	大	中・小	長	◎	◎	○	△	○	・排汁溝の設置が必要 ・堆肥底部に乾材を敷く ・材料の通気性確保に留意し、徐々に落下させる	
		通気型堆肥舎 ⁴⁾		(あり)	あり	易	多	中	中・中	中	○	○	○	○	○	・通気床の上に乾材を敷くとともに、通気床目詰まり部の清掃を行う	
	開放型	ロータリ式		(あり)	あり・なし ²⁾	易	少	中	中・中	中・短	○	○	○	◎	○	△	・材料中へ石・鉄片等の異物を混入させない
		スクープ式		(あり)	あり・なし	易	少	中	大・中	中・短	○	○	○	○	○	△	・高水分材料を一か所に投入しない
		スクリュ式		(あり)	あり・なし	易	少	中	大・中	中	◎	○	○	○	○	△	・通気床の上の目詰まり部の清掃を行う
		クレーン式		(あり)	あり・なし	易	少	中	大・中	中	◎	◎	△	△	○	○	・攪拌機の停止位置に留意する
	密閉型		なし	あり・なし	易	少	小	大・大	短	△	△	◎	◎	○	△	・硬い異物を混入させない ・攪拌軸に過負荷をかけない ・豚ふんや鶏ふん処理では副資材を使わない処理も可能	

- 1) (あり)は利用することが望ましい
2) あり・なしは両方の場合があるとの意味で、副資材には戻し堆肥も含む
3) ◎: 多く利用されている、○: 利用されている、△: 一部で利用されている
4) ホイルローダの(ほかウインドロー)を作りながら切返しをする堆肥切返し機、スクリュ式やクレーン式との組み合わせもある。

(注) 引用: 「堆肥化施設設計マニュアル」(令和4年(一財)畜産環境整備機構)

5. 7. 5 開放型堆肥化施設（かくはん方式）

- (1) 急速堆肥化（発酵）施設ともいい、発酵槽内の原料を専用のかくはん機での1日1～2回程度のかくはん（原料の移送を兼ねる）と、槽の床面からの通気（一部に通気機能を有しないものもある）により、20～30日程度の発酵（一次処理）を行う施設である。なお、更に堆肥舎に移して後熟（二次処理）させる。
- (2) 発酵槽の構造は幅 2.0～4.0m、高さ（深さ）1.0～2.0m、長さは適宜（30～50m程度が多い）で、コンクリートその他で構築されている。槽の床面には通気用パイプが埋設されており、槽の側壁上部にはかくはん機の走行用レールが設置されている。
- (3) 槽は直列と回行型の2つがあり、槽の上面はかくはん機の走行のために開放されているので開放型発酵槽と呼ばれている。
- (4) かくはん機の機構はスクープ式（切返し深さ 1.0m以上）とロータリー式（切返し深さ 0.6m以上）があり、タイマーとリミットスイッチで自動かくはんが可能である。他に、発酵槽内の堆肥材料をクレーンで自動的につかみ、次の発酵槽に移し替えながら切返しを行うクレーン式や片持ちオーガースクリューを回転させてかくはん・移送を行うスクリー式があり、詳細は「堆肥化施設設計マニュアル」（令和4年（一財）畜産環境整備機構）を参照されたい。また、一部にふん（尿）の散布機構を併設した機種もある。
- (5) 開放型発酵槽の上屋は園芸用施設の構造に準じ、太陽熱の利用が可能な構造とする。

5. 7. 6 密閉型堆肥化施設（かくはん方式）

- (1) 密閉円筒状の発酵槽（縦型と横型）に鶏ふん又は豚ふん等を投入し（水分 60%以下に調整）かくはん又は槽自体の回転と通気により3～7日程度発酵させる。なお、この後20～30日程度堆肥舎で後熟（二次処理）させる。
- (2) 発酵槽の直径は2.0～4.0m、高さ（長さ）は2.5～10m、容積は5～50 m³程度、構造は防食処理のスチール製（断熱材使用）で、縦型発酵槽では2段以上に仕切り、横型発酵槽（ロータリーキルン）は多少傾斜を設けて設置される。
- (3) かくはんは縦型ではかくはん羽根、横型では槽の回転によって行い、通気は縦型ではかくはん羽根により行い、横型では強制通気する。なお、一部に加温機能を有するものもある。
- (4) 発酵槽は通常建屋内に設置するが、縦型の大型のものは屋外に設置することもある。

5. 7. 7 堆肥化施設の規模の求め方

堆肥化施設の規模算定に当たっては、処理方式や地域性などを加味した実行可能な処理条件を設定する。処理条件は堆肥化処理に最も厳しい冬の条件を基本にする。

【解 説】

(1) 処理条件

処理条件は処理方式と地域性などを考慮して設定するが、標準的な処理条件は次のようである。（表－IV・50－1 堆肥化処理条件）。

ア 堆肥原料の水分調整

密閉型堆肥化装置の場合は60%以下、それ以外の処理方式では72%以下を目標とする。また、畜種別、副資材別の目安を表－IV・49－1に示す。ただし、畜舎から搬出されるふん尿は水分が高くそのままでは堆肥化が難しいため、前処理としておがくず、もみ殻、戻し堆肥などを副資材として混合し、通気性の改善と水分調整を図ってから堆肥化施設へ投入する。副資材の混入はショベルローダー等を使って堆肥盤などで行うことが

望ましいが、かくはん方式の堆肥化施設では発酵槽内でかくはん機を利用することも可能である。

堆肥化施設へ投入する原料は通常、水分が 70%以下であれば廃汁が出ることは少ないが、堆肥舎のように比較的高水分の材料を投入したとき廃汁が出ることもある。この場合は堆肥舎の床面に勾配をつけて一方向に集め、集水溝をつけて汁貯留槽に溜めるようにする。廃汁はほ場散布するか乾いた堆肥に散布して処理するが、廃汁を多く出さないよう原料水分を低くすることが必要である。

表－Ⅳ・49－1 調整目標水分の目安

	牛（搾乳牛、肉用牛）	豚、鶏（採卵鶏、ブロイラー）
おがくず添加	72%以下	65%以下
戻し堆肥添加	68%以下	60%以下

注) ① 牛の場合、深形の発酵槽の開放型堆肥化装置では、調整目標水分が高いと堆肥原料が団子状態になりやすいので、65%以下とする。

② 牛の場合、①以外の処理方式（堆肥舎、通気型堆肥舎、浅形の発酵槽の開放型堆肥化施設など）で、出来上がりの堆肥製品を自家利用する場合は、表記水分を目安とするが、流通させる場合は表記水分より低く設定し、製品水分の低減化を図ることも検討する。

③ 豚・鶏の場合、堆積材料の圧密が危惧される深形の発酵槽での場合であり、浅形の発酵では表記水分よりも高くすることができる。

イ 切返し又はかくはん回数

堆肥舎では月 1 回以上（堆積初期は 10～20 日に 1 回程度）、開放型堆肥化装置では 1～十数回／週（発酵促進のために 1～2 回／日とする施設もある）、密閉縦型堆肥化装置では 10～24 回転／日程度とする。

ウ 通気量

通気型堆肥舎及び開放型堆肥化装置では $0.05 \text{ m}^3/\text{分}/\text{m}^3_{\text{堆肥材料}}$ 以上とする。密閉縦型堆肥化装置では $0.1\sim 0.2 \text{ m}^3/\text{分}/\text{m}^3_{\text{堆肥材料}}$ 程度とする。通気装置は目詰まりしやすいため、ショベルローダーで踏み固めないようにすること。掃除のしやすい構造とする。

エ 処理日数の目安

処理条件を守ることを前提に、作物などに障害を与えない程度まで腐熟させる。

表－Ⅳ・49－2 処理日数の目安

日 数 処理施設	畜ふんのみ（戻し堆肥を含む）			副資材添加の場合		
	発酵槽	堆肥舎	合 計	発酵槽	堆肥舎	合 計
堆 肥 舎	— 日	— 日	50～60 日	— 日	— 日	150～180 日
通 気 型 堆 肥 舎	20～25	15～20	35～45	25～30	65～90	90～120
開放型堆肥化装置	15～20	15～20	30～40	20～25	40～65	60～90
密閉型 {	縦 型	10～14	20～26	30～40	—	—
	横 型	5～ 7	25～33	30～40	—	—

注) もみ殻その他作物収穫残渣添加の場合は下限日数、おがくずその他木質系副資材添加の場合は上限日数とする。

オ 乾物分解率及び発熱量

畜種により乾物の分解速度と分解発熱量に差があるが、計算を簡素化するために同じとし、副資材についても同じとする。

また、総分解率については、処理方法に設定している。（表－Ⅳ・49－3、表－Ⅳ・49－4）

表－Ⅳ・49－3 畜ふんの総乾物分解率と乾物分解発熱量の目安（戻し堆肥添加を含む）

処理施設	1 次 処 理			2 次 処 理			全 期 間	
	処 理	1 次処理期間中 の総乾物分解率 (A)	乾物分解	処 理	2 次処理期間中 の総乾物分解率 (B=C-A)	乾物分解	処 理	全 期 間 の 総 乾 物 分 解 率 (C)
	日 数		発 熱 量	日 数		発 熱 量	日 数	
堆 肥 舎	—	—	—	50～60	—	4,500	50～60	30 (25～33)
通 気 型 堆 肥 舎	20～25	22 (20～25)	4,500	15～20	—	4,500	35～45	35 (27～38)
開 放 型 堆 肥 化 装 置	15～20	27 (23～30)	4,500	15～20	計算により 求める	4,500	30～40	40 (30～43)
密 閉 型	縦 型	10～14	4,500	20～26	—	4,500	30～40	35 (27～38)
	横 型	5～7	15 (13～20)	25～33	—	4,500	30～40	35 (27～38)

- 注) ① 固液分離した畜ふんの分解発熱量は4,000kcal/減量乾物1kgとする。
 ② 分解率は1次処理前の乾物量に対する割合である。
 ③ 全期間における処理日数と総乾物分解率では、その上下限値は相互に連動する。
 ④ 鶏での総乾物分解率は下限値を採用するが、処理日数の下限値とは連動しない。
 ⑤ 各総乾物分解率の欄の括弧（ ） 前の数値は平均値ではなく、通常値である。

表－Ⅳ・49－4 副資添加畜ふんの総乾物分解率と乾物分解発熱量の目安

処理施設		1 次 処 理			2 次 処 理			全 期 間	
		処 理	1 次処理期間中 の総乾物分解率 (A)	乾物分解	処 理	2 次処理期間中 の総乾物分解率 (B=C-A)	乾物分解	処 理	全 期 間 の 総 乾 物 分 解 率 (C)
		日 数		発 熱 量	日 数		発 熱 量	日 数	
堆 肥 舎	畜 ふん 副 資 材	—	—	—	150～180	—	4,500 3,000	150～180	30 (25～33) 9 (8～10)
通 気 型 堆 肥 舎	畜 ふん 副 資 材	25～30	27 (20～30) 9 (8～10)	4,500 3,000	65～90	—	4,500 3,000	90～120	35 (27～38) 11 (10～12)
開 放 型 堆 肥 化 装 置	畜 ふん 副 資 材	20～25	34 (25～38) 12 (11～13)	4,500 3,000	40～65	—	4,500 3,000	60～ 90	40 (30～43) 14 (13～15)

- 注) ① 副資材はオガクズ、パルク、モミガラ、麦藁などの有機質副資材などである。
 ② 分解率は1次処理前の乾物量に対する割合である。
 ③ 全期間での処理日数と総乾物分解率では、その上下限値は相互に連動する。
 ④ 鶏での総乾物分解率は下限値を採用するが、処理日数の下限値とは連動しない。
 ⑤ 各総乾物分解率の欄の括弧（ ） 前の数値は平均値ではなく、通常値である。

カ 水分1kg当たりの蒸発熱量

900kcal/水1kg（密閉型発酵施設は800kcal）とする。

キ 容積重

堆肥原料の容積重は、原料水分、堆積高さにより異なるので、発酵槽の大きさを決めるには容積重を参考に
 する（表－Ⅳ・50－2）

ク 余裕率

ふん中の水分の変動及び立地・気象条件などを考慮して次の余裕率を用いる。

(ア) ふん中の水分の変動（全国共通） 10%

(イ) 地域係数 温暖地域：0%

中間地域：10%

寒冷・積雪地域：20%

(2) 必要容積又は面積の求め方

ア 原料中の乾物及び水分の減少量

(ア) 乾物減少量 (kg)：処理前(畜ふん又は副資材)の乾物量×1日当たりの平均乾物分解率×処理日数

乾物減少量×乾物1kg当たり分解発熱量

(イ) 水分減少量 (kg)：
$$\frac{\text{乾物減少量} \times \text{乾物1kg当たり分解発熱量}}{\text{水分蒸発1kg当たりの必要熱量}}$$

イ 堆肥出来上がり量 (kg)：(処理量×乾物率) ×
$$\frac{100 - \text{乾物総分解率}}{100 - \text{堆肥の水分}}$$

$$\text{ウ 必要容積 (m}^3\text{)} : \frac{\text{処理前重量} + \text{終了時重量}}{2} \div \text{平均容積量} \times \text{処理日数} \times (\text{余裕率})$$

注) 処理過程で材料の堆積高さが順次低くなる堆肥舎、通気型堆肥舎及び開放・直線型堆肥化装置などの場合は処理前重量のみ。

$$\text{エ 必要面積 (m}^2\text{)} : \text{必要容積} \div \text{堆積高さ} \times \text{余裕率}$$

(3) 堆肥化施設建屋面積の算定

堆肥化に直接必要とする面積に原料及び製品の一次貯蔵スペース、作業通路その他の必要面積に加えて建屋面積を求めるが、これの算定基準は表－Ⅳ・50－3に示すとおりである。

※ なお、堆肥化施設の規模算定の詳細は「堆肥化施設設計マニュアル」(令和4年(一財)畜産環境整備機構)を参照。また、堆肥化施設を設計計算する場合は、畜産環境アドバイザーからの助言も参考にする。

表－Ⅳ・50－1 堆肥化処理条件

処理施設 条 件	堆肥舎	通気型堆肥舎		開放型堆肥化装置		密閉型堆肥化装置	
		発 酵 槽	堆肥舎	発 酵 槽	堆肥舎	発 酵 槽	堆肥舎
原 料 水 分	牛：72%以下 豚：65%以下 鶏： ”	牛：72%以下 豚：65%以下 鶏： ”	—	牛：70%以下 豚：65%以下 鶏： ”	—	横型：60%以下	—
堆 肥 水 分	50～70%	—	50～70%	—	40～70%	縦型：55%以下	横型：50%以下
切 返 し 回 数	1回／月以上	—	1回／月	—	1回／月	—	1回／月
か く は ん 回 数	—	—	—	1～十数回／週	—	10～24回／日	
通 気 量	—	0.05 m ³ /(分・m ³)以上	—	0.1 m ³ /(分・m ³)前後以上	—	0.1～0.2 m ³ /(分・m ³)	

「堆肥化施設設計マニュアル」(令和4年(一財)畜産環境整備機構)より引用)

表－Ⅳ・50－2 水分調整後の堆肥原料の容積重（副資材別・堆積高別）

(kg/m³)

種類 高さ 水分	お が く ず 添 加					未粉碎もみ殻添加					戻 し 堆 肥 添 加				
	50cm	100	150	200	250	50cm	100	150	200	250	50cm	100	150	200	250
40%	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	430	480	520	560	590
42	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	450	500	540	580	610
44	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	460	510	560	600	630
46	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	480	530	580	620	650
48	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	500	560	610	650	680
50	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	530	580	630	670	710
52	〃	〃	〃	420	440	〃	〃	〃	〃	〃	540	600	650	690	720
54	〃	420	450	470	490	〃	〃	〃	〃	〃	560	620	670	710	740
56	430	460	490	510	540	410	410	420	430	430	600	660	730	750	770
58	470	510	530	560	590	420	440	460	480	490	660	720	780	780	790
60	510	550	580	610	640	440	470	500	530	560	710	780	800	800	800
62	590	640	670	680	700	520	560	600	640	650	750	790	〃	〃	〃
64	670	730	760	760	770	610	660	710	750	750	780	800	〃	〃	〃
66	720	780	800	800	800	670	730	770	800	800	800	〃	〃	〃	〃
68	760	790	〃	〃	〃	720	770	790	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
70	790	800	〃	〃	〃	770	800	800	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
72	800	〃	〃	〃	〃	800	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

千葉県畜産センターの成績により作成した。

「堆肥化施設設計マニュアル」令和4年（一財）畜産環境整備機構より引用

表－Ⅳ・50－3 堆肥化施設建屋面積の算定基準（目安）

項 目		主な使用目的	面 積 算 定 の 暫 定 基 準
堆 肥 化 面 積	1 次 処 理	堆肥化に必要とする面積	面積の算定方法により求める。 〔 密閉型発酵槽の設置面積は本体面積の概ね 2 倍程度 〕
	2 次 処 理		
原料置場面積	畜 ふ ん	畜ふんの一時貯蔵	概ね 3 ～ 7 日程度
	副 資 材	副資材の一時貯蔵	概ね 10 ～ 20 m ² 程度
原料の調整 投入作業 面 積	通 気 型 堆 肥 舎	原料の混合と投入 （一部通路兼用）	建屋間口（m）×桁行方向概ね 5 ～ 10 m 程度
	開 放 型 堆肥化装置		建屋間口（m）× “ ” 3 ～ 5 m 程度
切 返 し 作 業 の 余 裕 面 積		堆肥舎での切返し	堆肥舎面積の概ね 5 ～ 10 % 程度
発酵槽からの搬出作業面積		開放・直線型堆肥化装置 から堆肥の取出し	直線型：建屋間口（m）×桁行方向概ね 2 ～ 3 m 程度 円型：コンベヤ等で自動化 〔 回行型（エンドレス型）及び密閉型発酵槽の場 合は投入スペースと兼用 〕
通路面積	開放型堆肥化 装 置	発酵槽の点検用通路	直線型・回行型：概ね通路有効幅（60 ～ 70 cm）×長さ 円型：一般投入作業面積兼用
	通 気 型 堆 肥 舎	発酵槽より堆肥の取出し と運搬	概ね使用機械の最小旋回半径＋1.5 ～ 2.0 m × 長さ
製 品 の 貯 蔵 面 積		製品の一時貯蔵と袋詰め	貯留期間に応じて設計
機 械 の 格 納 面 積		使用機械の格納	使用機械の全幅と全長＋30（30 ～ 50）cm の合計 （なるべく通路その他の活用）
管 理 棟（室）面 積		管理事務と休憩	概ね 10 ～ 20 m ² 程度
そ の 他 面 積		上記以外のもの	必要最小面積とする。 （畜ふんの予備乾燥施設など）

（注）資料：堆肥化施設設計マニュアル（令和 4 年（一財）畜産環境整備機構）

5. 8 家畜排せつ物処理施設の構造設計

家畜排せつ物処理施設の搬入・搬出口は屋外から雨水や表面流出水が入り込まないよう対策をとるとともに、設計、建築に際しては構造規制等に関わる各種の緩和を活用し低コスト化を図る。

【解 説】

- （1）家畜排せつ物処理施設の搬入・搬出口は屋外から雨水や表面流出水が入り込まないよう勾配や施設の周囲に雨水排水溝を設置するなどの方策をとること。
- （2）堆肥舎は舎内の換気性能などを考慮の上、壁面や屋根面の棟部などをできるだけ開放させるよう考慮する。
- （3）家畜排せつ物処理施設のうち、①屋根及び柱若しくは壁を有する施設（堆肥舎等）、②発酵槽等（バイオガスプラントの発酵槽、密閉縦型堆肥化装置、スラリータンク等）については、自然条件や施設種類、施設規模や利用方法等を施設管理者の意向を確認した上で、建築基準法の畜舎関連告示の基準によるか畜舎特例法の基準によ

るか、利用方法に応じた各種基準の緩和等の条件も加味し、建築士と十分確認して検討する。

- (4) 上記(1)から(3)の詳細は「堆肥化施設設計マニュアル」(令和4年(一財)畜産環境整備機構)を参照されたい。

5. 9 乾燥処理施設

乾燥施設には、風、太陽熱を利用する天日乾燥処理方式と各種燃料を用いる火力乾燥処理方式とがある。

処理方式及び施設の選定に当たっては、乾燥に要する経費、乾燥過程で発する悪臭等その特徴に配慮する必要がある。

蒸発する水分とともに臭気物質が揮散するため、臭気の発生は必然的であり、投入水分を下げるなど、少しでも臭気発生を抑制する対策や脱臭処理が必要となる場合がある。

【解 説】

- (1) 現在主に採用されている乾燥処理方式は天日乾燥処理であり、その特徴は表Ⅳ・51のとおりである。なお、この他にすのこ(ケージ鶏舎及び豚舎)を利用した畜舎内の予備乾燥や、傾斜面利用の乾燥、汚水の蒸発処理なども行われている。
- (2) 一部で発酵乾燥という表現が用いられているが、発酵又は天日乾燥処理の場合はそれぞれの過程で、乾燥又は発酵も同時に進行するので、処理の主たる目的がどちらにあるかにより、発酵処理又は乾燥処理に区分けする。なお、堆肥化処理と天日乾燥処理の相違は表Ⅳ・52のとおりである。

表Ⅳ・51 乾燥処理の特徴

処理方式	利 点	問 題 点	適用地域
天日乾燥処理	①太陽熱と風を利用するので処理経費が少なくてすむ ②構造が簡単であるので故障等が少ない	①乾燥能力が季節によって制約される ②天候の影響が大きい ③広い面積を必要とする ④脱臭の必要がある場合に臭気の捕集が難しい	温暖地域

表Ⅳ・52 堆肥化処理と天日乾燥処理の相違点

	堆肥化(発酵)処理	天 日 乾 燥 処 理
堆 積 高 さ	ある程度の堆積高さ必要 (60～200cm程度)	なるべく薄く堆積(10～15cm程度)
送 風 量	過度の通気は発酵抑制* (0.05～0.3m ³ /分・m ³)	乾燥空気的大量送風
か く は ん (切 返 し)	過度のかくはんは発酵抑制* (1～2回/日)	かくはん回数をなるべく多くする
水 分 調 整 (通 気 性)	70%以下にする必要あり	余り関係しない
加 温 と 保 温	効果あり(太陽熱の利用等)	効果あり(太陽熱の利用等)

(注) *は密閉型発酵槽を除く。

5. 9. 1 天日乾燥処理施設

- (1) コンクリートの乾燥床にふん（主として鶏ふん又は豚ふん）を 10～15cm の厚さに広げて、通風とかくはんにより乾燥させる。
- (2) 乾燥床の幅は 3.0～6.0m、長さは 50～60m 程度で、床の両側に 30cm 程度の立上り部（側壁）を設け、この上部に取付けたレール上をかくはん機が走行しながらふんをかくはん（ふんの移送を兼ねる）して乾燥を促進させる。なお、側壁と走行用レールがなく、タイヤで走行する機種もある。
- (3) 乾燥床の上部にプラスチック製のパイプハウス（構造は園芸用ハウスに準じた仮設物）を設けて雨を防ぎ、太陽熱の利用を図る。ハウスの下部を開放して通風を良好にして水分の蒸発と、これの除去により乾燥させる。
- (4) 乾燥能力は天候及び季節によって異なるが、水分の蒸発量は夏 4.5～5.0kg/㎡・日、冬は 1.5～2.0kg/㎡・日程度で計画する。

- (5) 必要とする乾燥床面積は次の式によって求めることができる。

ア 必要とする蒸発水分量 (kg/日) =

$$\text{生ふん 1 日当たり処理量 (kg/日)} \times \frac{\text{生ふん水分 (\%)} - \text{乾燥目標水分 (\%)}}{\text{乾燥後の乾物 (\%)}}$$

イ 必要とする乾燥床面積 (㎡) =

$$\frac{\text{必要とする蒸発水分量 (kg/日)}}{\text{冬(夏)の水分蒸発量 (kg/㎡・日)}} \times \text{余裕率}$$

注) 1 ㎡・1 日当たりの水分蒸発量は通常は冬の値を用い、目標水分は 30%前後、余裕率 10～20%前後を見込む。ただし、蒸発が促進される季節のみ限定して稼働・貯留する場合は、相応の面積とする。

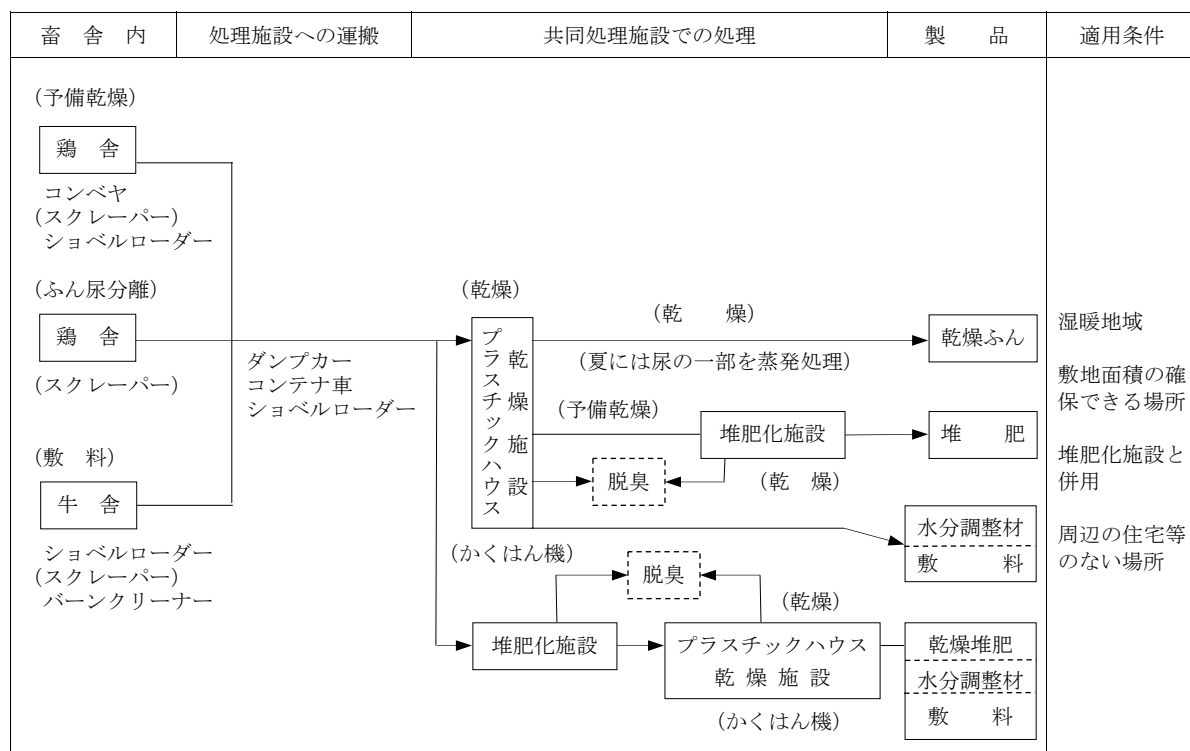
- (6) 天日乾燥施設の上屋面積（プラスチックハウス）は、乾燥必要床面積に作業スペース（点検用通路を含む）及び製品のストックのための面積などを加えて算出する。
- (7) 乾燥ふんの仕上り量は次の式により求める。

$$\text{仕上り量 (kg)} = \text{生ふん量 (kg)} \times \frac{100 - \text{生ふんの水分 (\%)}}{\text{乾燥目標水分の乾物 (\%)}}$$

注) 乾物（有機物）の減少（分解）はないものとした場合

- (8) (1)～(7)の詳細は「堆肥化施設設計マニュアル」（令和 4 年（一財）畜産環境整備機構）を参照のこと。

(参考)



図ーⅣ・58 乾燥処理体系の例

5. 10 脱臭（防臭）処理施設

5. 10. 1 防臭対策における基本的な考え方

悪臭対策の基本は、発生量の抑制と脱臭である。脱臭装置を導入する際には、発生する悪臭物質の種類及び濃度、量のほか、水蒸気や粉じんの有無などをあらかじめ把握しておくことが必要である。悪臭を苦情が発生しないレベルまで低減し、安価なコスト、最低限の労力で性能を持続し続ける装置を選択することに留意する。

【解 説】

(1) 悪臭発生源

悪臭発生源は、ふん尿処理施設、畜舎などであり、発生源別の特徴を踏まえた対策を検討する必要がある（表－IV・53）。

ア ふん尿処理施設

悪臭ガスの濃度は高いが、比較的風量は少なく、年間を通じて大きく変動しない。

イ 畜舎

悪臭ガス濃度は低いが、風量は大きく夏季に大きく変動する。

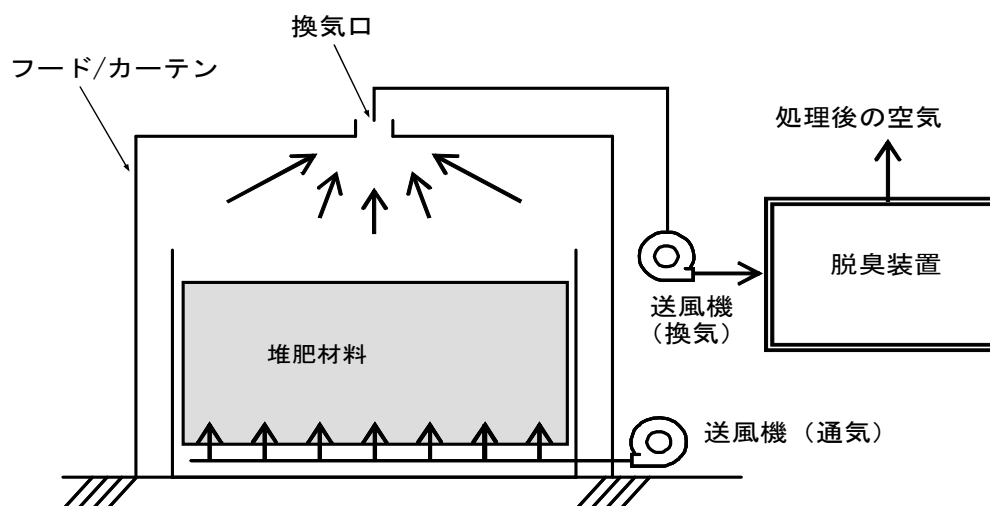
既に高濃度、小風量を対象とした脱臭技術は普及しているが、畜舎の換気等に見られるような低濃度、大風量の悪臭対策技術は現場への導入が始まったばかりであり、更なる技術の開発、導入例からの運転管理方法等を含めたデータの蓄積が必要である。

表－IV・53 畜産施設の悪臭発生源別の特徴

発生源	悪臭ガス濃度	風 量		対策技術
		量	変動	
畜 舎	低濃度	小	夏季・冬季で大きい	導入段階
ふん尿処理施設	高濃度	大	小さい	普及段階

(2) 発生源の密閉化と換気

ふん尿処理施設では悪臭の発生は避けられない。この悪臭の対策を行うには、発生した悪臭を発生源から外部へ拡散させないようにすることが必要である。図－IV・59 に示すとおり発生源の密閉化を図り、悪臭を外部へ漏れないようする。そして、換気口を設け、悪臭全量を脱臭装置へ送り込むことが必要となる。このとき、密閉化しただけで換気を行わないと、堆肥材料から発生した水蒸気が建屋内に充満するために堆肥材料の乾燥が進まず、堆肥化を阻害するようになる。そこで、水蒸気を含んだ悪臭を排出して新鮮な空気を入れるための換気が必要となる。



図－Ⅳ・59 堆肥化装置の密閉化と換気（脱臭装置への送入）

(3) 処理風量と脱臭装置

脱臭装置は、処理する風量が多くなるほど装置の規模が大きくなるためコストも増大する。したがって、処理風量は少なくする必要があるが、換気量が少ないと乾燥や堆肥化に支障をきたす恐れがある。

プラスチックハウス乾燥施設や堆肥化施設では、1時間当たり8～10回程度の換気回数を確保することが必要である。このとき処理風量（換気量）は、次式で計算する。

$$\text{処理風量 (m}^3\text{/時)} = V \times \text{換気回数 (回/時)} + \text{通気量 (m}^3\text{/時)} \cdots \cdots (1) \text{ 式}$$

V : 堆積材料容積を除いた密閉化された内容積 (m³)

換気回数: 牛ふん 8回/時以上

豚・鶏ふん 10回/時以上

密閉型堆肥化装置 通気量の5～15倍程度以上

通気量: 実測

この(1)式から分かるとおり、処理風量は密閉化されたハウス乾燥施設や堆肥化施設内の容積に比例するので、密閉化する時には換気室の内容積を小さくすることに留意する。なお、通気量は堆肥化装置によって異なるため、実測する。

(4) 処理施設とアンモニア濃度

ア 必要な換気量を確保した堆肥化施設での平均アンモニアガス濃度の目安は、豚ふんや鶏ふんの堆肥化施設で300ppmを超える場合があり、牛ふんの場合は50～200ppm程度であり、

イ プラスチックハウス乾燥施設で鶏ふんを処理した場合は100～200ppm、乳牛ふんでは50～150ppm程度となる。

ウ 密閉型堆肥化装置では、1,000ppmを超える場合もある。

(5) 畜舎の粉じん

ア 粉じんの発生と対策

畜舎では、悪臭とともに粉じんが発生するが、周辺住民との距離が近いなど条件によっては対策が必要となる場合がある。これらの対策は、発生源を密閉化して漏れないようにする必要があるが、畜舎内環境は生産性に大きく影響するため、新たに環境制御機器などを設置して開放型の畜舎を密閉化し続けることは現実的では

ない。よって、開放型の畜舎では、ふん尿の搬出、敷料の交換などの回数を増やし、畜舎内にふん尿をできるだけ残さないよう掃除を行って畜舎からの発生を低減することが望ましい。

イ 脱臭装置に対する粉じんの影響

脱臭装置の構造によっては、粉じんによる目詰まりを防止する必要がある。豚や鶏の閉鎖型畜舎の換気空気には、空気 1 m³あたり数 mg（乾物重量）程度の粉じんが含まれており、目詰まり対策を怠ると必要な換気量を確保できなくなる。必要に応じて脱臭装置の前段に除じん装置等の設置が必要である。

(6) 閉鎖型の畜舎

普及しつつある閉鎖型の畜舎からの悪臭等は、換気扇からまとまって排出される。閉鎖型の畜舎は、外気の影響を受けないように断熱性に優れ、外気を取り入れることによって畜舎内の温度を自動制御する機能を持っている。このため、換気量は、夏季や冬季などの季節的な変化だけでなく、1日の温度変化にも応じて大きく変動する。また、これらの畜舎外の環境のほか、畜舎内の発生熱量に影響のある飼養密度や家畜の大きさなどからも影響を受ける。さらに、畜舎内で発生する悪臭や粉じんも温度や飼養期間などに影響を受けることが知られている。

悪臭対策としては、この量や悪臭ガス濃度が大きく変動する換気空気を脱臭する必要がある。換気量の一例を表Ⅳ・54に示したが、換気は、畜舎内の家畜に悪影響を与えないように温度、湿度、様々なガス濃度等の畜舎内環境を制御する重要な技術であるため、畜舎メーカーが責任を持ち、農家の要望に応じてサポートすべきものである。したがって、この換気の設定（設計）値に影響を与えるような脱臭技術を導入してはならない。当然、畜舎内の湿度に影響を与えることも避けなければならない。

表Ⅳ・54 換気量（設計値）の一例

((社) 日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書)

	最大換気量 m ³ /min
肥育豚 1 頭当たり	約 5
採卵鶏 1 羽当たり	約 0.2

※ メーカーより聞取り

(7) 畜舎の換気量と脱臭

畜舎の換気は、夏季の風量が冬季と比べて 10 倍程度となり、また夏季の方がアンモニア濃度も高くなる傾向があるため、夏季の最大風量を基準として設計することが望ましい。換気量の実測が必要な場合は、風量だけでなく畜舎内温度や外気温度を測定し、これらの関係を把握する必要がある。脱臭装置で処理する風量は、あらかじめ設定された畜舎の換気量に従い、これを変えてはならない。

(8) アンモニア濃度の変動

畜舎の換気空気に含まれる悪臭はアンモニアを主成分とする複合臭気であり、換気空気の排出場所によっては除去が必要となる程度の粉じんも含まれている。脱臭装置導入に当たっては、少なくともアンモニア濃度を把握する必要がある。アンモニア濃度は、飼養密度、飼養期間、除ふん間隔、温度などによって変動するため、季節や時刻を変えて何度も測定することが望ましい。

(9) 送風機の軸動力

送風機の軸動力は、(2)式に示すとおり送風量と脱臭装置の通気抵抗に比例し、送風機の所要電力は脱臭装置の運転コストに影響する。風量は、堆肥化装置や畜舎の換気に関する要件であることから、運転コストを低減するためには、脱臭装置の通気抵抗が小さいものを選ぶことが必要である。送風機は、通気抵抗が増えれば送風量が低下し、また静圧以上の通気抵抗には送風できない。したがって、送風機は、処理風量と脱臭装置の通気抵抗に合ったものを選定しなければならない。同時に、通気抵抗が大きく変動するような脱臭装置は、処理風量の低下を招いて苦情発生の原因となりやすいので選択しない方が望ましい。

$$\text{所要軸動力(kW)} = \frac{\text{静圧 (mmH}_2\text{O)} \times \text{送風量 (m}^3\text{/秒)} \times 0.7355}{75 \times \text{静圧効率}} \quad \dots (2) \text{式}$$

ここで、静圧効率：0.4～0.6、1kW＝1.3596 PS、1mmH₂O＝9.81 Pa

(10) 脱臭装置に悪臭ガスを送入するための管路（ダクト）の径は、管路内の風速が 10m/s 程度以下になるように設計する。風速が速くなると管路内の摩擦による損失が高くなり、上述（2）式に示す所要電力が大きくなる。

また、曲がりも圧力の損失になるため、できるだけ曲がり部分の少ない配管を組むことが重要である。

(11) なお、悪臭対策の検討に当たっては、わが国の畜産経営に沿った日本型の悪臭防止最適管理手法として体系的に取りまとめられた「日本型悪臭防止最適管理手法（BMP）の手引き」や「畜産悪臭対策マニュアル」（（一財）畜産環境整備機構）等も参照されたい。

5. 10. 2 脱臭技術の種類と特徴

脱臭技術には様々なものがあるが、まずは期待する脱臭性能の持続性を確認することが必要である。また、装置の運転・管理費を含めて安価であることのほかに、運転に必要な資材の有無、資材の交換頻度や管理、廃棄物の有無やその処理方法など管理に必要な手間や労力などを十分検討して選択することが必要である。

【解 説】

(1) 家畜ふん尿を堆肥化又は乾燥処理する場合には、アンモニアやその他の悪臭物質が発生する。畜舎や排せつ物処理施設から発生するアンモニア濃度の目安を表Ⅳ・55 に示す。アンモニア濃度は、大家畜よりも中小家畜の方が高い濃度になる。また、乾燥処理施設よりも堆肥化施設から発生するガス濃度が高く、堆肥化のうちでも密閉型の堆肥化装置のアンモニアは、1,000ppm を超える場合がある。

(2) 畜産で用いられる脱臭技術及びその特徴を表Ⅳ・56 に示す。良好な脱臭効果が得られ、施設費・維持費が比較的少ない方法は微生物の利用による方法である。これらは生物脱臭法又は生物学的脱臭法（バイオフィルター）と呼ばれ、運転費の安さや管理が容易であることから着実に普及しつつある。

(3) 生物脱臭法の原理は、悪臭成分を材料中の水分への溶解や材料への吸着でいったん材料中に捕集・保持し、これを脱臭材料中の微生物の働きで無臭の成分に分解して脱臭するものである。この方法には表Ⅳ・56 の ①土壌脱臭、②ロックウール脱臭、③ろ材充てん式、④ヤシガラチップ、⑤ハニカムフィルター、⑥堆肥脱臭、⑦活性汚泥脱臭などがある。これらの方法の中には、アンモニアを分解して硝酸等に酸化するまでに留め、仕上げ（脱窒）は、別途排水処理施設で対応するものがある。

表－Ⅳ・55 施設から発生する悪臭（アンモニア濃度）と畜種及び方式の適用
（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

	畜 舎 閉鎖型	乾 燥 ハウス	堆肥化			
			堆積方式		かくはん方式	
			堆肥舎	通気型	開放型	密閉型
肉用牛	— ²⁾		—²⁾ —²⁾			
乳用牛	— ²⁾					
豚	低 ¹⁾					
採卵鶏						
ブロイラー						

1) 低 20ppm 程度、中 150ppm 程度以下、高 150ppm 程度以上³⁾。

2) 表中「—」は、実施例がほとんどないもの。

3) 濃度は、処理の効率等により異なるほか、変動する。

表－Ⅳ・56 主な脱臭技術の概要

(日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書、畜産悪臭対策マニュアル 令和 4 年 (一財) 畜産環境整備機構 より引用)

処理方式	洗浄方式		燃焼方式		酸化・分解方式		吸着方式	
	水洗式	薬液洗浄	直接燃焼	触媒式	オゾン脱臭	プラズマ脱臭	光触媒脱臭	活性炭、おがくず、ゼオライトなど
構造	ガスと水とを接触させて悪臭成分を水に溶解させて除去する。	ガスと薬液とを接触させ、酸・アルカリ反応などを利用して悪臭成分を化学反応で除去する。	650℃程度以上の高温で悪臭成分を酸化分解する。	触媒を利用することにより、150～350℃程度の比較的低い温度で悪臭成分を酸化分解する。	オゾンの酸化作用により悪臭成分を酸化・分解する。	放電により発生したオゾンなどのラジカルにより悪臭成分を分解する。触媒に活性炭を使用している場合などは、その吸着性能も作用する。	光触媒の酸化作用により悪臭成分を酸化・分解する。	活性炭などの吸着作用により、悪臭成分を吸着する。
特徴	低濃度の悪臭に適している。スクラバー方式、接触材充てん方式など様々な方法があり、接触効率と溶解性が脱臭性能に影響する。そのため、充てん材の管理（交換、洗浄）、清水の使用量などが性能に影響する。ガスに含まれる粉じんや蒸気にも対応可能。	中・高濃度の悪臭に適している。水洗浄方式の水の代わりに薬液を用いる方法である。主に生物脱臭法と組合せて導入されている。pHの維持、薬液の交換等が必要不可欠。ガスに含まれる粉じんや蒸気にも対応可能。	風量が小さく、高濃度の悪臭に適している。燃料の消費量を低減するため、2つ以上の蓄熱室を持った蓄熱式の装置もある。蓄熱式の場合は、施設費が高く、大型である。	風量が小さく、高濃度の悪臭に適している。燃料の消費量は、高温燃焼に比べて低減できるが触媒に悪影響を及ぼす粉じんなどを前段で除去する必要がある。触媒は高価である。	低濃度の悪臭に適している。オゾンには毒性があるため、廃オゾン対策（熱分解法など）が必要である。	低・中濃度の悪臭に適している。施設費が高い。悪臭によっては窒素酸化物、硫酸酸化物が発生する。	脱臭効果を得るためには、効果の高い触媒の活用や接触効率の大幅な向上が必要である。粉じんなどを前段で除去する必要がある。太陽光、紫外線ランプ等の光源を必要とする。不安定な光源は、苦情対策として不適である。	低濃度の悪臭に適している。吸着量が飽和すれば脱臭効果がなくなるため、吸着剤の交換が必要不可欠である。
主な対象ガス	アンモニア、低級脂肪酸等	アンモニア、低級脂肪酸、硫黄化合物等多種の悪臭	アンモニア、低級脂肪酸	アンモニア	硫化水素、低級脂肪酸等	アンモニア、低級脂肪酸等多種の悪臭	アンモニア、低級脂肪酸等	アンモニア、低級脂肪酸、硫黄化合物等多種の悪臭
悪臭 ¹⁾	低濃度 やや難	中・高濃度 難	高濃度 中	高濃度 難	低濃度 中	低・中濃度 中	低濃度 難	低～高濃度 難
管理	充てん材の管理（交換、洗浄）、沈殿物の処理、廃液の処理（清水の交換）等が必要	pHを維持する管理が必要。薬液の交換等が必要。法令等に基づく薬液の管理・保管が必要。沈殿物や廃液の処理等が必要。	化石燃料が必要。硫黄化合物による腐食対策が必要な場合は、別途脱酸処理などが必要。	触媒の管理が必要。触媒活性を維持するため、他の脱臭法の後段に設置するなどの工夫が必要。	廃オゾン対策が必要。粉じんなどを前段で除去するため、他の脱臭法の後段に設置するなどの工夫が必要。	粉じんなどを前段で除去するため、他の脱臭法の後段に設置するなどの工夫が必要。	接触効率を維持するため、結露水の発生を防ぎ粉じんなどを前段で除去することが必要。他の脱臭法の後段に設置するなどの工夫が必要。	吸着剤の交換などが必要不可欠。
導入 ²⁾ 事例	事例あり。しかし、適切な管理な	事例あり。しかし、適切な管理な	少	—	—	—	—	事例あり。しかし、適切な管理な

	しでは、脱臭効果はない。	しでは、脱臭効果はない。					しでは、脱臭効果はない。
処理方式	生物脱臭方式						
	土壌脱臭	ロックウール脱臭	ろ材充てん式	ヤシガラチップ充てん式	ハニカムフィルター	堆肥脱臭	活性汚泥脱臭
構造	土壌にガスを通過させ、土壌への吸着、土壌中の水への溶解、微生物の分解により悪臭成分を除去する。	ロックウール脱臭材料中にガスを通過させて悪臭成分を除去する。原理は土壌脱臭と同じように、水への溶解と微生物の分解による。	軽石などのろ材表面に微生物を付着させたものを容器に充てんし悪臭ガスを通気する。原理は土壌脱臭と同じように、水への溶解と微生物の分解による。	ヤシガラチップをベースとした脱臭材料（ろ材）にガスを通過させて悪臭成分を除去する。原理は土壌脱臭と同じように、水への溶解と微生物の分解による。	湿潤状態のハニカム構造のフィルターとガスを接触させて悪臭成分を溶解、吸着させ除去する。悪臭成分はフィルター表面の微生物によって分解される。	二次処理が終了した含水率50～60%程度のおがくず入り牛ふん堆肥にガスを通過させて悪臭成分を物理（吸着）、生物化学反応で除去する。	活性汚泥液とガスを接触させ、悪臭成分を活性汚泥に吸着したり液へ溶解させ、微生物の分解により除去する。
特徴	堆肥化装置など高濃度の悪臭に適している。薬液洗浄法と組合せて導入されている。ガスが土壌中を通過する速度、土壌の温度等が脱臭性能に影響する。	堆肥化装置など高濃度の悪臭に適している。堆肥センサー等共同利用型の堆肥化装置を中心として普及している。ガスがロックウール脱臭材料中を通過する速度、ロックウールの温度等が脱臭性能に影響する。設置面積は土壌脱臭装置の4分の1程度。	ガスがろ材中を通過する速度、ろ材の温度等が脱臭性能に影響する。循環水の交換が必要な装置がある。	畜舎換気などの低濃度で大風量の悪臭に適している。ガスの見かけ速度、脱臭材料の温度等が性能に影響する。設置面積はロックウール脱臭装置の4分の1程度。	畜舎換気などの低濃度で大風量の悪臭に適している。無窓豚舎の換気システムとして導入が進みつつある。循環水の交換が必要で既設の浄化槽の能力に余裕があることが設置条件である。	通気型堆肥舎による牛ふんの堆肥化時に発生する中・高濃度の悪臭に適している。脱臭材料は2～3か月に一度の定期的な交換が必要である。使用済脱臭堆肥は堆肥として利用する。設置面積は土壌脱臭装置と同じか4分の3程度。	中・高濃度の悪臭に適している。活性汚泥ばつ気槽にガスを送って脱臭するばつ気方式と、活性汚泥液をスプレーするスクラバー方式がある。活性汚泥臭は残る。送風機の静圧、ガスとの接触効率、水処理性能への影響などに留意する必要がある。
主な対象ガス	アンモニア、低級脂肪酸、硫黄化合物等多種の悪臭	アンモニア、低級脂肪酸等	アンモニア、低級脂肪酸等	アンモニア、低級脂肪酸、硫黄化合物等多種の悪臭	アンモニア、低級脂肪酸等	アンモニア、硫黄化合物の多種の悪臭	アンモニア、低級脂肪酸、硫黄化合物等多種の悪臭
悪臭 ¹⁾	高濃度	高濃度	高濃度	低・中濃度	低濃度	中～高濃度	中～高濃度
管理	中	容易	中	容易	中	中	中
	土壌が目詰まりした場合は耕うん等を行う。ガス中に粉じんが多い場合は、前段で除去することが必要。	ガス中に粉じんが多い場合は、前段で除去することが必要。	循環水の交換が必要な場合は、廃液の処理が必要。ガス中に粉じんが多い場合は、前段で除去することが必要。	ガス中に粉じんが多い場合は、前段で除去することが必要。	排水処理が必要で既設の浄化槽の能力に若干の余裕があることが必要。定期的にフィルターの洗浄が必要。	3～4か月に一度の定期的な交換が必要。また、立上時及び年1回程度、活性汚泥を添加する。また、交換用堆肥に脱臭済堆肥を混合することが必要。	活性汚泥ばつ気槽の処理性能も含めた運転管理が必要（ばつ気方式）。汚泥の処理が必要。スクラバー方式は、栄養供給が必要な場合がある。
導入 ²⁾ 事例	堆肥センター等共同利用型の堆肥化装置を中心として普及。	堆肥センター等共同利用型の堆肥化装置を中心として普及。	少	少	豚舎に普及しつつある。	少	少

1) 悪臭レベルの低・中・高は、別表のように、低 20ppm 程度、中 150ppm 程度以下、高 150ppm 程度以上。

2) 導入事例の「－」は、事例が著しく少ないもの、研究途中等の理由により、現場での脱臭効果が出ていないもの等である。

表の見方：他方式との組合せなど諸条件を満たせば利用可能と考えられる技術のほか、研究段階のものも含む。希釈して低濃度対応の脱臭装置で対応する場合、施設規模が拡大する（施設費、運転費は大きくなる）。

5. 10. 2. 1 洗浄方式による脱臭

洗浄方式による脱臭は、悪臭ガスと洗浄液（水又は薬液）を接触させて、悪臭物質を除去する方法である。悪臭ガスと洗浄液の接触効率と悪臭物質の液への溶解性が脱臭性能に影響するため、洗浄液等の適正な運転・管理が必要である。

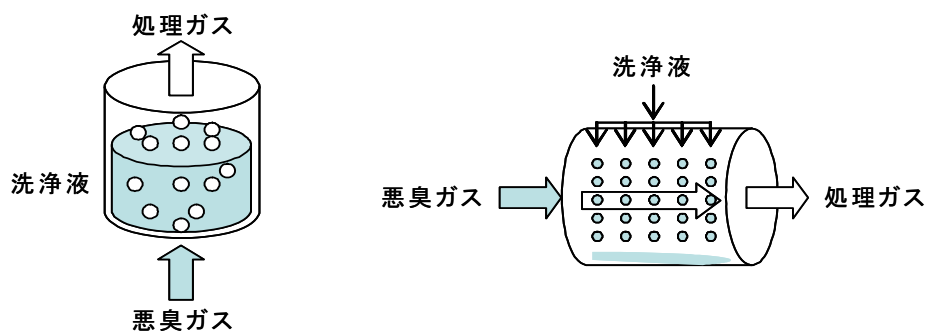
【解 説】

(1) 洗浄方式による脱臭法は、悪臭ガスと洗浄液（水又は薬液）を接触させて、悪臭物質を液中に吸収、中和、酸化分解などさせて除去する方法である。水を用いる場合は、低濃度の悪臭に適しており、アンモニアなど水溶性の高い物質を効率的に除去できる。水の代わりに薬液を用いる場合、悪臭物質の種類によっては、中・高濃度の悪臭の除去に適している（表－Ⅳ・57）。畜産分野では、本方式の単独使用は少なく、後段に土壌脱臭などの生物脱臭装置との組合せで導入されている例がある。

表－Ⅳ・57 悪臭物質と洗浄液（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

悪臭物質		有効な洗浄液	
分 類	物質名	溶液名	備 考
硫黄化合物	硫化水素	水酸化ナトリウム溶液	水酸化ナトリウム溶液との中和反応で除去。
	メチルメルカプタン	水酸化ナトリウム溶液	水酸化ナトリウム溶液との反応で除去。
		次亜塩素酸ナトリウム溶液	酸化剤の作用で除去。
	硫化メチル	次亜塩素酸ナトリウム溶液	水には不溶。酸化剤の反応にも遅い。
	二硫化メチル	次亜塩素酸ナトリウム溶液	水には不溶。酸化剤の反応にも遅い。
窒素化合物	アンモニア	希硫酸など 酸溶液	水への溶解度が高い。酸との中和反応でほぼ完全に除去可能。
低級脂肪酸	プロピオン酸など	水酸化ナトリウム溶液	アルカリとの反応で溶液に溶ける。

(2) 洗浄方式による脱臭装置の構造には、バブリングによる方法とシャワーによる方法があり、更に接触効率を向上させるために充てん材を利用するなど様々な方法がある（図－Ⅳ・60）。充てん材の管理（交換、洗浄）、清水の使用量などが性能に影響するので、目標とする脱臭性能を維持するためには適正な維持管理が必要である。悪臭ガスに含まれる粉じんや蒸気にも対応可能である。



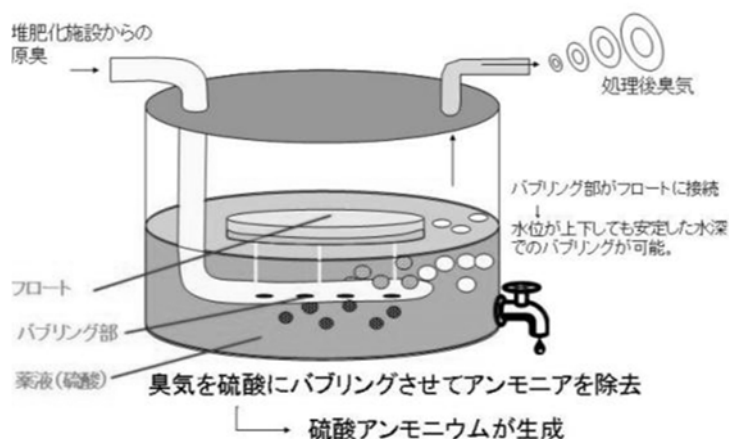
図－Ⅳ・60 洗浄方式の脱臭装置の概要

（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

(3) バブリング方式による脱臭装置は、悪臭ガスを薬液内に気泡として放出する方法であるため、液面までの接触時間等を基本として設計される。薬液に硫酸を用いて悪臭ガス中のアンモニアを除去した実施例では、バブリン

グ部をフロートと接続して液面の上下変動に追従させることで接触時間を制御する構造となっている。接触時間を固定しているため、バブリングを行う反応槽の面積当たりの処理風量と反応槽に投入される硫酸量が必要である。悪臭ガス中の処理対象ガスの濃度、薬液の使用量（入替え量）が性能に影響するため、設計時に十分検討することが必要である。

- (4) シャワー方式による脱臭装置は、悪臭ガスを洗浄液で洗う方法であるため、その接触効率を決定する液ガス比（ B/A 、処理空気量 A m^3 に対して散布する液量 B L ）、悪臭ガスと洗浄液の接触時間等を基本として設計される。また、悪臭ガス中の処理対象ガスの濃度によって、水洗浄の場合は清水の使用量（水の入替え量）、薬液洗浄の場合は薬液の使用量が性能に大きく影響する。例えばアンモニアを水洗浄で処理する場合は、水を大量に入れ替えることが必要であり、ガスや水の温度なども性能に影響する。また、悪臭ガスに洗浄液を噴霧し、悪臭物質を捕捉した洗浄液の粒子を処理ガスと一緒に周辺環境に放出する方法は環境汚染等の原因となるので、悪臭物質を捕捉した洗浄液は回収する必要がある。アンモニアに水を噴霧しても、乾燥によりアンモニアは再び発生するので、脱臭効果は期待できない。
- (5) 充てん材の管理（交換、洗浄）、沈殿物の処理、廃液の処理（清水や薬液の入替え）、洗浄液の pH を維持する管理等が必要である。また、法令等に基づく薬液の管理・保管が必要である。硫酸でアンモニアを除去する場合は、反応槽中には硫酸アンモニウムを含む回収液が得られる。これには肥料的価値があるが、肥料利用できない場合は、別途廃液処理が必要になる。
- (6) バブリング方式による脱臭装置の実例として、洗浄液に 78% 希硫酸を用いたアンモニア脱臭装置（アンモニア・リサイクラー）がある（図－Ⅳ・61）。堆肥化時にアンモニアの発生量が多い豚・鶏の密閉縦型発酵装置への設置に適している。開放型の堆肥化施設でも対応可能であるが、堆肥化施設の簡易密閉と脱臭装置への圧送が必要である。アンモニアの除去率は 87～98% と高く、アンモニアを回収した硫酸溶液を 1 か月に 1 回交換する場合、回収液の発生量は表－Ⅳ・58 に示すとおりである。脱臭装置の容積は、この回収液の容積を 0.7 で割った値が目安となる。回収液は窒素を 6～10% 含み、窒素源として有用である。ただし、洗浄液に硫酸を使用するので、労働安全衛生法など各種法規への対応が必要となる場合がある。



図－Ⅳ・61 洗浄式の脱臭装置の実例（アンモニア・リサイクラー）
（平成 21 年度環境整備調査報告書 岐阜県畜産研究所 加藤、伊藤）

表－Ⅳ・58 アンモニアリサイクラーにおけるアンモニア回収液の発生量
(平成 21 年度環境整備調査報告書 岐阜県畜産研究所 加藤、伊藤)

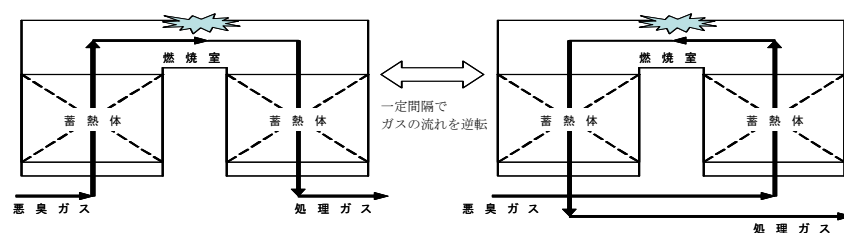
畜種	堆肥化方式	1 か月の回収液発生量
養豚	堆肥舎	約 5.1 m ³ /肥育豚千頭/月
養豚	密閉縦型発酵装置	約 1.3 m ³ /肥育豚千頭/月
養鶏	堆肥舎	約 2.6 m ³ /採卵鶏 1 万羽/月
養鶏	密閉縦型発酵装置	約 0.7 m ³ /採卵鶏 1 万羽/月

5. 10. 2. 2 燃焼方式による脱臭

燃焼方式による脱臭は、高温で酸化分解される広範な悪臭物質に適用でき、高効率に安定した脱臭効果が得られる方法である。燃料費等の問題に対応するため、蓄熱式や触媒式など経済性等を考慮した方式が開発されている。

【解 説】

- (1) 燃焼方式による脱臭法には、直接燃焼、蓄熱式（直接燃焼）、触媒を利用する方法がある。直接燃焼方式は、650℃以上の高温で悪臭物質を燃焼させ、酸化分解する方式である。蓄熱式は、燃料の消費量を低減するため、2つ以上の蓄熱体を持つ方法である（図－Ⅳ・62）。触媒式は、低い温度で触媒を利用することにより酸化分解する方式である。燃焼方式は、安定した脱臭効果が得られるという利点があるが、燃料代等のランニングコストや管理の面で限界があり、畜産分野では適用事例は少ない。



図－Ⅳ・62 蓄熱式の脱臭装置の概要

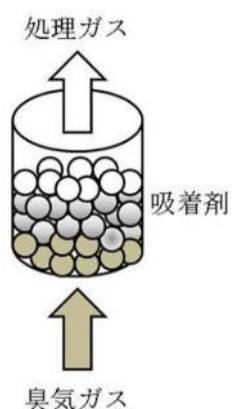
- (2) 直接燃焼式では、熱効率が 50～70%と低いことから、燃料代等のランニングコストがかさむ点が問題である。そこで、熱回収用に充てんした蓄熱体に悪臭ガスを通過させることによって熱回収を行う方法が蓄熱式である。この方式では、悪臭ガスは蓄熱体を通過して予熱され、燃焼室では少ない熱量で分解される。この悪臭ガスの流れを切替えて蓄熱体の加熱・冷却を繰り返すことで、90%程度の高い熱効率を得ることができる。直接燃焼式に比べ、燃料費は節減できるが、施設費が高く、施設も大きくなる。
- (3) 触媒式は、触媒を利用することにより、150～300℃程度の比較的低い温度で悪臭物質を酸化分解する方式である。燃料の消費量は、高温燃焼に比べて低減できるが、触媒に悪影響を及ぼす粉じん等を前段で除去する必要があり、触媒が高価であることなど管理上の理由から、畜産分野ではあまり実用化されていない。
- (4) 燃焼方式では、燃焼室における燃焼温度、滞留時間などの条件を適切に維持管理する必要がある。一般的には、燃焼温度 700～800℃、滞留時間 0.3～1.0 秒が基本となっているが、蒸気が多いと効果が低下したりするため、現場の悪臭ガスの状況に応じた設計が必要である。悪臭物質のうち硫黄化合物は腐食対策が必要であり、別途脱酸処理などが必要である。

5. 10. 2. 3 吸着方式による脱臭

吸着方式による脱臭は、吸着剤に悪臭ガスを通過させ、物理的・化学的吸着能力を利用して悪臭物質を吸着除去する方法であり、畜産分野では、吸着剤を充てんした脱臭槽に悪臭ガスを通過させ、吸着能力が低下したら吸着剤の交換を行う装置がほとんどである。吸着剤が持っている能力を超えて吸着し続けることはできないので、脱臭性能を維持するためには吸着剤の交換や再生が必要である。

【解 説】

- (1) 吸着方式による脱臭方式は、吸着剤に悪臭ガスを通過させて悪臭物質を除去する方法であり（図－Ⅳ・63）、吸着剤として活性炭、おがくずなど様々な資材が利用されている。吸着法単独でも使用されるが、生物脱臭法などの後で二次処理として使われることがある。悪臭物質の吸着が吸着剤の能力に達すると飽和し、性能維持のために新しい吸着剤と交換する必要がある。悪臭ガスの悪臭物質濃度が高いと短期間で飽和するため、頻繁に吸着剤を交換する必要がある。装置構造が単純で取扱い性がよく、初期の悪臭除去効果が大いという利点があるが、吸着剤の交換や再生のコストやその手間など、適正な維持管理が不可欠の方法である。



図－Ⅳ・63 吸着方式の脱臭装置の概要
（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

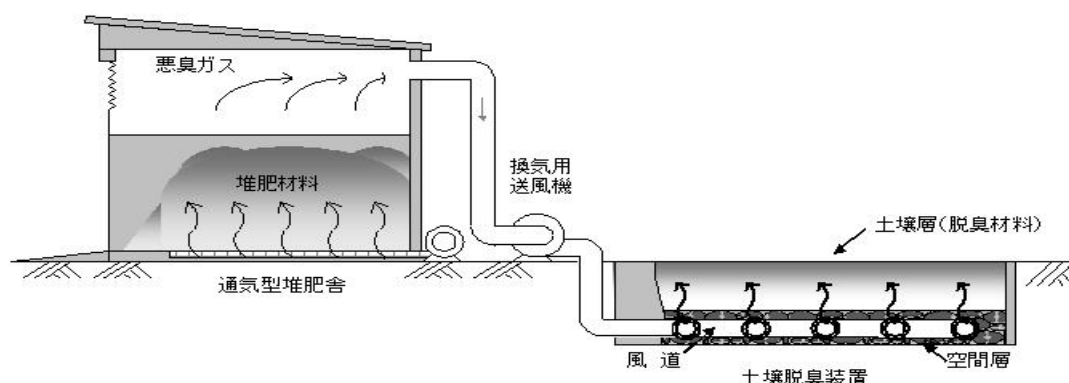
- (2) 代表的な吸着剤である活性炭は、比表面積が $1,000 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上と高く、広範の悪臭物質に対して高い吸着能力を有するが、畜産分野の悪臭の主成分であるアンモニアなどの低分子化合物の吸着能力が低いので注意が必要である。
- (3) 中・低濃度域の悪臭で、悪臭ガスの温度は 40°C 以下で、除じん、除湿などが必要である。高濃度域の悪臭の場合には、微風に低減して処理する。活性炭などは引火などに注意する必要がある、ゼオライトやケイ酸アルミニウムマグネシウムなどの無機系吸着剤が使われることがあるが、比表面積が $300 \text{ m}^2/\text{g}$ 程度と小さく、吸着能力に課題がある。
- (4) 能力が低下した吸着剤の再生は、加熱等によって悪臭物質を除去するなどし、吸着能力を回復させる。交換が必要な吸着剤は、その交換・廃棄を適正に行う必要がある。吸着剤の交換、又は再生に費用と労力がかかることに留意する必要がある。吸着剤充てん槽の大きさ、設置場所、廃棄方法等を踏まえ、交換作業や費用を検討しておくことが必要である。

5. 10. 2. 4 土壌脱臭

土壌脱臭は、脱臭に寄与する微生物の担体として黒ボク土などを使用した脱臭法であり、生物脱臭方式の一つである。比較的良好な脱臭効果が得られ、かつ施設費・維持費が比較的安価な方法であるが、微生物を利用しているため、脱臭機能を十分得るためには微生物が活動しやすい環境を維持することが重要である。

【解 説】

- (1) 土壌脱臭は、脱臭材料（土壌）中に送入されたガスに含まれる悪臭物質を土壌粒子や土壌中の水分に吸着又は溶解させ、微生物の働きを利用して無臭成分に分解する脱臭方法である。堆肥化装置から発生する悪臭など高濃度の悪臭ガスの処理に適しており、最近では、薬液洗浄などの後段に導入されている。堆肥化装置など好気的な処理から発生するアンモニア、低級脂肪酸（好気的な処理では少量）、硫黄化合物（好気的な処理では少量）等多種の悪臭成分に対応でき、その効果は高い。
- (2) 土壌脱臭装置は、脱臭材料として土壌が充てんされた脱臭槽とその下部の空間層及び風道、送風機などで構成される（図－Ⅳ・64）。悪臭ガスは、風道から空間層を通過して脱臭槽下部全面に広がり、土壌を通過して大気中に放出される。土壌の温度環境等が脱臭性能に影響し、適した温度は 25～35℃程度、pH は 7～8 程度といわれている。また、脱臭材料となる土壌は、空隙割合が高くて通気性に優れているものが適しており、関東や九州地方に分布している火山灰土壌（黒ボク土）が最適といわれている。悪臭ガスに粉じんが多い場合は、脱臭装置の前段で除去することが必要である。



図－Ⅳ・64 土壌脱臭装置の概要（生研センター）

- (3) 土壌脱臭装置は、アンモニアの平均の濃度が 200ppm 程度以下、土壌の堆積高 50cm 程度を基本とし、悪臭の処理風量に応じて悪臭ガスが土壌層を通過する見掛けの風速が 5 mm/s（脱臭槽 1 m²当たりの処理風量 0.3 m³/min）程度以下になるように設計される。
- (4) 黒ボク土は、見掛けの風速を 5 mm/s 程度とした場合、静圧（通気抵抗）が 2.5kPa 程度以下となる。これより多い風量を送入したり、土壌の堆積高さを高くすると通気抵抗が増え、運転コストが高くなったり、ガスの通過むらなどショートパス現象が起きる場合があるため、5 mm/s 程度を上限とする。この条件でハウス乾燥施設用の土壌脱臭装置を作る場合、ハウス乾燥施設とほぼ同じ規模の面積が必要となる。
- (5) 黒ボク土の代わりにメーカーが独自に開発した脱臭材料を使用する場合は、① 見掛け風速、② 管路内風速、③ 静圧（通気抵抗）、④ 送風機性能、⑤ 脱臭材料の堆積高さ、⑥ 脱臭材料の入替えの必要性や入替えの頻度などの設計要件を十分検討する必要がある。また、散水、脱臭材料の耕うん等の運転・管理に必要な事項がある場合は、これらも検討事項である。設計値より多い風量を送入したり、脱臭材料の堆積高さを高くすると通気抵抗が増え、運転コストが高くなったり、ガスの通過ムラなどショートパス現象が起きる場合があることは、黒ボ

ク土と同様である。

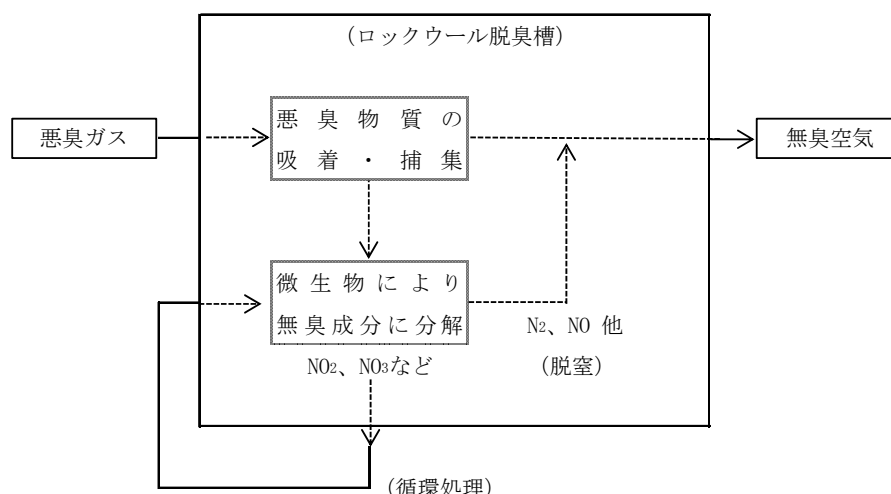
- (6) 土壌脱臭は温度に影響を受ける生物脱臭方式であり、脱臭材料である土壌の温度が 10～40℃の範囲で利用されることが望ましい。特に寒冷地などでは、堆肥化装置の密閉化をしっかりと行い、悪臭ガスの温度が 10℃以下にならないように注意する。
- (7) 微生物は適当な水分を必要とするため、散水装置を設ける場合がある。散水ノズルが詰まって土壌が部分的に乾き気味になると、その乾いた箇所の微生物の活性が得られないだけでなく、その部分の通気抵抗が小さくなり、ガスの通り道となって悪臭がそのまま放出される。日頃から散水の状況を確認し、ノズルの詰まりは直ちに清掃して回復させることが重要である。散水むらや雑草の繁茂などによって土壌が不均一になった場合は、耕うん等を行う。

5. 10. 2. 5 ロックウール脱臭

ロックウール脱臭は、脱臭に寄与する微生物の担体として親水性のロックウールなどを使用した脱臭方式であり、土壌脱臭と同じ生物脱臭方式の一つである。良好な脱臭効果が得られ、かつ施設費・維持費が比較的少ない方法であるが、脱臭機能を十分得るためには微生物が活動しやすい環境を維持することが重要である。ロックウールだけを用いても脱臭能力はない。

【解 説】

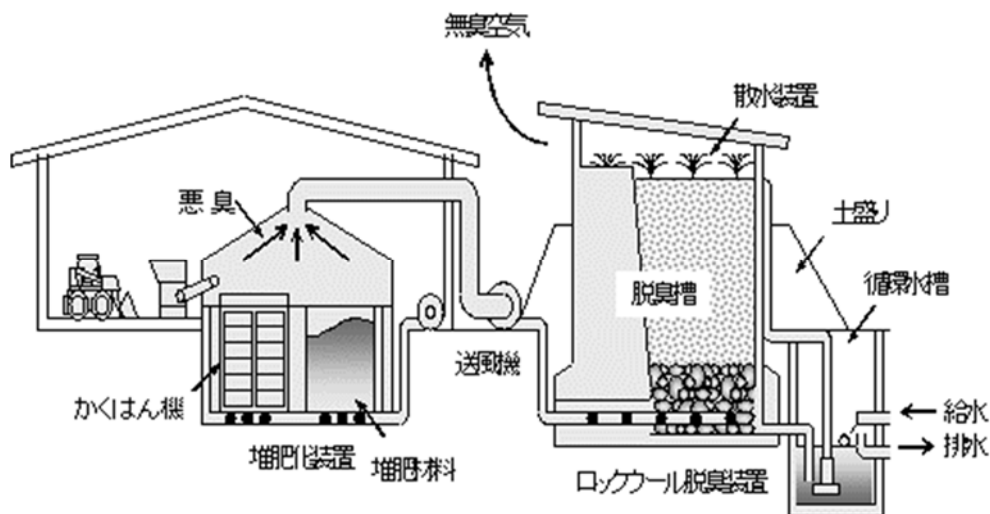
- (1) ロックウール脱臭は、土壌脱臭と同様に微生物の悪臭物質の分解能力を利用した方法であり（図－Ⅳ・65）、脱臭能力もほぼ同程度である。ロックウール脱臭装置に用いられる脱臭材料は、無機物である親水性のロックウールを主原料として有機物、微生物源などを添加し、更に水分調整したものであり、ロックウールだけを用いても脱臭能力はない。堆肥化装置から発生する高濃度の悪臭ガスの処理に適しており、これまで共同利用型の堆肥化施設などを中心に施設に導入されている。堆肥化装置など好気的な発酵処理から発生するアンモニア、低級脂肪酸（好気的な発酵では少量）等の悪臭成分に対応でき、その効果は高い。



図－Ⅳ・65 ロックウール脱臭の原理（道宗）

- (2) ロックウール脱臭装置は、脱臭材料が充てんされた脱臭槽とその下部の空間層及び風道、送風機などのほか、脱臭材料を湿潤状態に維持するための散水装置などから構成される（図－Ⅳ・66）。ロックウール脱臭材料は、通気抵抗が土壌の 1/4～1/5 程度と通気性に優れているため、脱臭材料の堆積高さを土壌の 4～5 倍程度高くすることができ、その分脱臭装置の設置面積を小さくできる。脱臭材料は、微生物によって分解されることがな

く、その物理性はほとんど変化しないため、交換が不要で長期間使用することができる。なお、脱臭材料への散水は1日10分間程度行われ、脱臭槽から排出された余剰水は、散水用の水として循環利用されるので、排水などがほとんど出ない装置である。悪臭ガスに粉じんが多い場合は、脱臭装置の前段で除去することが必要である。



図一IV・66 寒冷地型ロックウール脱臭装置の概要（生研センター）

- (3) ロックウール脱臭装置は、アンモニアの平均の濃度が200ppm程度を基準として設計される。脱臭材料の堆積高さを2mとした場合は、脱臭材料内の見掛けの風速を20mm/s（脱臭槽1㎡当たりの処理風量1.2㎡/min）程度とし、このときの静圧（通気抵抗）は2.5kPa（0.025 kg/cm²）程度となる。土壌脱臭装置と比較して面積規模は1/4となる。
- (4) また、脱臭材料の堆積高さを2.5mとした場合は、脱臭材料内の見掛けの風速を25mm/s（脱臭槽1㎡当たりの処理風量1.5㎡/min）程度とし、このときの静圧（通気抵抗）は3.0kPa（0.03 kg/cm²）程度となる。土壌脱臭装置と比較して面積規模は1/5となる。これより多い風量を送入できないことは、土壌脱臭と同じである。
- (5) 土壌脱臭と同様に、ロックウール脱臭も10～40℃の範囲で使用されることが望ましい。したがって、堆肥化装置の密閉化をしっかり行い、悪臭ガスの温度が10℃以下にならないように注意する。土壌脱臭と比較して表面積が小さいために管理は容易であるが、日頃から散水の状況を確認して、乾いた箇所を発生させないことが重要である。

5. 10. 2. 6 ろ材充てん式脱臭

ろ材充てん式脱臭は、脱臭に寄与する微生物の担体として軽石などの充てん材を使用した脱臭法であり、生物脱臭方式の一つである。比較的良好な脱臭効果が得られる方法であるが、別途排水処理等を必要とするものが多い。微生物を利用しているため、脱臭機能を十分得るためには微生物が活動しやすい環境を維持することが重要である。

【解 説】

- (1) ろ材充てん式脱臭は、他の生物脱臭法と同様に微生物の悪臭物質の分解能力を利用した方法であり、ろ材としてピート、セラミックなどのほか、最近ではガラス発泡材、軽石など数多くの材料が試みられている。基本原理は、生物脱臭法と同様であるため、ろ材には、保水性、通気性、比表面積が大きいことなどが求められる。なお、ろ材によって処理可能なガスが異なる場合がある。また、ろ材充てん槽からの廃液の入替えが必要な場合があり、その際は別途排水処理が必要である。悪臭ガスに粉じんが多い場合は、脱臭装置の前段で除去することが必要な場合がある。

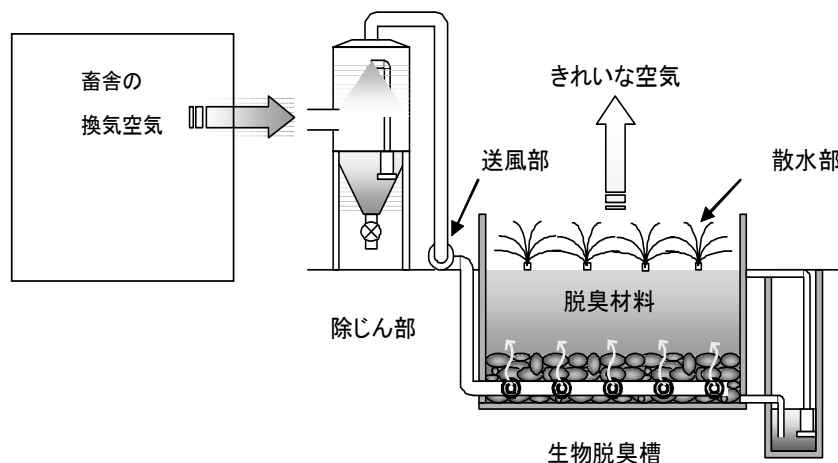
- (2) ろ材充てん式脱臭装置の能力、処理風量及び装置規模は、ろ材によって異なるが、概ね中～高濃度のアンモニアに適用が可能とされている。一例として軽石を活用した研究例では、アンモニアの平均の濃度が 400ppm 程度を基準として設計されている。基本構造は、図－Ⅳ・66 と同様、脱臭材料となる軽石を充てんした脱臭槽に悪臭ガスを通過させる構造である。脱臭材料（軽石）を 1m 堆積し、脱臭材料内の見掛けの風速を 16.7mm/s（脱臭槽 1 m²当たりの処理風量 1.0 m³/min）程度とし、静圧（通気抵抗）は 0.2kPa 程度としている。堆肥化装置から悪臭ガスに含まれて持ち込まれる結露水及び脱臭装置の循環水中に蓄積した窒素を電気伝導度 40mS/cm 程度（1 か月に 1 回程度）を目安に引抜き、既設の浄化処理施設で処理することが必要になる。
- (3) 他の生物脱臭方式と同様に 10～40℃の範囲で使用されることが望ましく、場合によっては装置全体を覆うなどの保温整備を必要とする。軽石を用いた研究例では、脱臭材料槽の適正範囲は 20～30℃であり、ビニールハウス等で脱臭槽全体を覆うなどの工夫が施されている。ろ材の種類によって、処理能力、処理風量及び装置規模が異なるため、悪臭ガス濃度や風量、設置場所等の事前調査を十分に実施することが必要である。
- (4) ろ材充てん槽からの廃液の入替えが必要な場合は、別に排水処理が必要となる。既設の排水処理装置で処理する場合は、廃液の成分や成分の濃度、廃液の量等を十分検討することが必要である。特に悪臭ガス由来の窒素成分の負荷が増えるため、排水処理装置の性能がこれらの負荷が加わっても耐える十分な余裕を持っていることが必要である。

5. 10. 2. 7 ヤシガラチップ充てん式脱臭

ヤシガラチップ充てん式脱臭は、脱臭に寄与する微生物の担体としてヤシガラチップなどを使用した脱臭法であり、生物脱臭方式の一つである。閉鎖型の畜舎の換気として排出される悪臭に適用するために開発されたものであり、比較的良好な脱臭効果が得られる。微生物を利用しているため、脱臭機能を十分得るためには微生物が活動しやすい環境を維持することが重要である。

〔解 説〕

- (1) ヤシガラチップ充てん式脱臭は、土壌脱臭と同様に微生物の悪臭物質の分解能力を利用した方法であり、畜舎から排出される悪臭を処理対象としたものである。畜舎の換気風量は大風量になることがあるため、既にふん尿処理施設用に開発されている生物脱臭装置（ロックウール脱臭装置ほか）では、設置面積が非常に大きくなる。また、畜舎から排出される空気に含まれる悪臭物質の濃度は低く、高濃度の悪臭物質を処理する必要はない。ヤシガラチップ脱臭材料は、ロックウール脱臭材料と比較して 4 倍の風量を処理でき、通気抵抗も約 0.5kPa 程度以下と低い。また、その性能は 10～20ppm 程度のアンモニアを連続して脱臭することが可能である。
- (2) ヤシガラチップ脱臭装置は、脱臭材料が充てんされた脱臭槽とその下部の空間層及び風道、送風機などで構成されている。畜舎の換気空気には数 mg/m³程度の粉じんが含まれており、脱臭装置の前段にはスクラバー（除じん部）を設置することが望ましい（図－Ⅳ・67）。悪臭ガスは、スクラバーで粉じんを除去された後、風道から空間層を通過して脱臭槽下部全面に広がり、脱臭材料を通過して大気中に放出される。



図－Ⅳ・67 ヤシガラチップ脱臭装置の概要（生研センター）

- (3) ヤシガラチップ脱臭装置は、これまでに肥育豚舎や離乳豚舎などへの適用事例がある。豚舎内のアンモニア濃度は、通常、平均 10ppm 程度以下で運転されており、ヤシガラチップ脱臭装置は 10～20ppm の範囲であれば適用可能である。脱臭材料の堆積高さを 50cm 程度以上とし、見掛けの風速を 50～100mm/s 程度になるように設計する。これより高濃度のアンモニアは脱臭できないし、また、これより多い風量を送入できないことは、他の生物脱臭と同じである。ロックウール脱臭装置と比較して面積規模は $1/2 \sim 1/4$ （見掛け風速 50～100mm/s のとき）となる。
- (4) 脱臭材料となるヤシガラチップは、微生物によって徐々に分解され、ある程度減少した時点で追加するなどの管理が必要である。実施例では 7 年以上交換や追加を行うことなく稼動し続けており、5 年程度は使用可能と考えられる。なお、脱臭材料への散水は 1 日 20 分間程度行われ、脱臭槽から排出された余剰水は、散水用の水として循環利用される。畜舎の換気は、堆肥化装置からの排気とは違って乾燥空気であるため、脱臭装置からの排水はほとんど出ない。
- (5) 他の生物脱臭と同様にヤシガラチップ脱臭も 10～40℃の範囲で使用されることが望ましいが、畜舎内の空気は比較的暖かく、生物脱臭には有利である。ビニールハウス等で脱臭槽を覆えば、管理がしやすい。また、分解可能な範囲の悪臭を送らなければならないことも同様である。他の生物脱臭と同様に日頃から散水の状況を確認することが重要であり、また、数年間稼動し続けた結果、脱臭材料の目減りが確認された場合は、脱臭材料の追加が必要となる。

5. 10. 2. 8 ハニカムフィルター脱臭

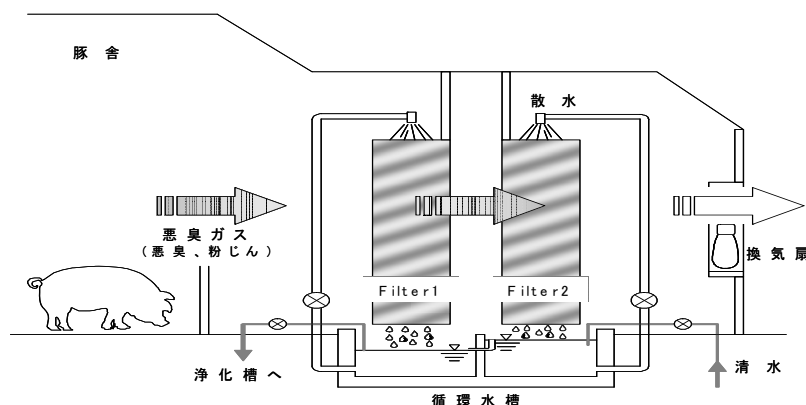
ハニカムフィルター脱臭は、脱臭に寄与する微生物の担体としてハニカム構造体の紙を使用した脱臭法であり、生物脱臭方式の一つである。閉鎖型の豚舎の換気システムとして開発されたものであり、比較的良好な脱臭効果が得られる。微生物を利用しているため、脱臭機能を十分得るためには微生物が活動しやすい環境を維持することが重要である。

【解 説】

- (1) ハニカムフィルター脱臭は、他の生物脱臭方式と同様に微生物の悪臭物質の分解能力を利用した方法であり、豚舎から排出される悪臭を処理対象としたものである。ハニカムフィルター脱臭装置は、豚舎の換気システムと一体化されており、装置の設置面積が比較的小さいこと、豚舎内の比較的暖かい空気を処理するため、季節的な影響を受けにくいこと、薬液等を使用していないため、排水を既設の浄化処理装置で処理できることなどが長所

として考えられる。ただし、フィルターへの散水に使用された水の一部は農場に既設の污水浄化処理装置へ排出されるため、既設の污水浄化処理装置の能力に余裕が必要である。

- (2) 脱臭装置は、豚房に隣接された第1フィルター、その後段に第2フィルター、更にその後段に換気扇が設置されて豚舎の換気を行う構造である（図－IV・68）。豚舎内の空気は、まず第1フィルターへ送入される。フィルターは、排出される空気と効率的に接触するよう波板状に作られており、散水によりフィルター表面が湿潤状態に維持されている。第1フィルターでは粉じんが吸着・除去され、アンモニアなどの悪臭物質も吸着される。第2フィルターでは、第1フィルターで吸着し切れなかった粉じんと悪臭物質を吸着する。悪臭物質は、フィルター上に発生した微生物により、分解・除去される。フィルターへの散水に使用された水は水槽へ排出され、その一部は農場に既設の污水浄化処理装置へ排出される。



図－IV・68 ハニカムフィルター脱臭装置の概要

（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

- (3) 脱臭装置は、肥育豚舎などへの導入が進みつつある。脱臭装置の大きさは、通常、豚舎内空間を毎時 80 回換気できる風量、あるいは豚 1 頭当たり $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度（肥育豚舎の場合）を換気できる風量を最大とし、この時にフィルターを通過する空気の見掛けの風速が 1 m/s 以下になるように設計される。営農現場の調査例では、フィルターを通過する見掛けの風速が最大 0.6 m/s 程度で豚舎内空気のアムモニア濃度が $40 \sim 10 \text{ ppm}$ 程度に対し、脱臭後の空気は概ね 2 ppm 以下程度との調査結果が報告されている。今後、更にデータの蓄積を進め、畜舎の形態、規模や汚濁負荷に対応した処理技術の確立が期待される。
- (4) 脱臭装置を導入するためには、既設の污水浄化処理装置が、脱臭によって新たに加わる負荷も処理できる能力を持っていることが前提条件であり、事前に十分検討する必要がある。フィルターは、粉じんの付着や微生物の繁殖等により目詰まりしてくるため、洗浄が必要である。洗浄の頻度は、第1フィルターは 3～4 週間に 1 回程度、第2フィルターは 1 年に 1 回程度である。

5. 10. 2. 9 堆肥脱臭

堆肥脱臭は、牛ふんとおがくずを原料とする含水率 50～60%程度の二次処理が終了した堆肥を脱臭材料として利用した脱臭方式である。牛ふんの堆肥化の一次処理で発生する悪臭ガスの脱臭用に開発されたものであり、比較的良好な脱臭効果が得られる。脱臭性能を維持するためには、脱臭材料である堆肥の交換が必要である。

【解 説】

- (1) 堆肥脱臭は、牛ふんとおがくずを原料とする含水率 50～60%程度の二次処理が終了した堆肥による悪臭物質

の吸着能力、微生物によるアンモニア酸化能力を利用した方法であり、牛ふんの堆肥化の一次処理で発生する悪臭ガスを処理対象としたものである。平均200ppm程度のアンモニアを20ppm程度に低減することが可能である。

- (2) 堆肥脱臭は、脱臭材料となる牛ふん堆肥が充てんされた脱臭槽と床面からの通気用配管、送風機などで構成されている。乳牛100頭規模の通気型堆肥舎（4槽で110 m²、堆積高さ2.1m、換気室容積104.5 m³）に適用した事例では、堆肥発酵槽4槽のうちの2槽の悪臭ガスを脱臭槽2槽（堆肥発酵槽と同じ大きさ）に送入し、脱臭材料となる堆肥を1.8m堆積して脱臭材料内の見掛けの風速を6.7mm/s（脱臭槽1 m²当たりの処理風量0.4 m³/min）程度とし、静圧（通気抵抗）は脱臭槽それぞれ3.5kPa、1.7kPa（0.035 kg/cm²、0.017 kg/cm²）程度としている（図-IV・69）。ロックウール脱臭装置と比較して面積規模は3.0～3.7倍程度となる。

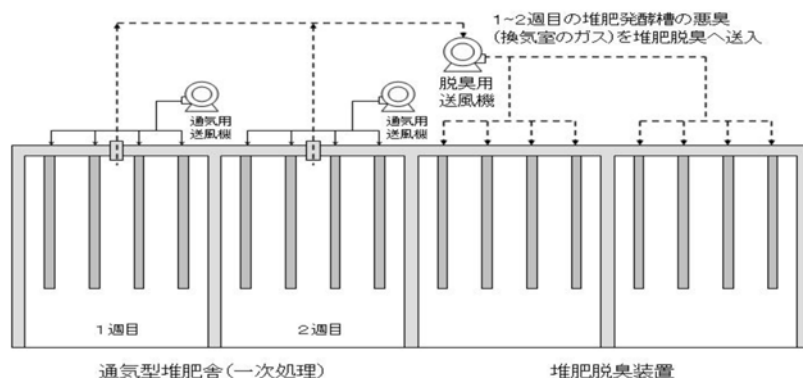


図-IV・69 堆肥脱臭装置の概要（田中）

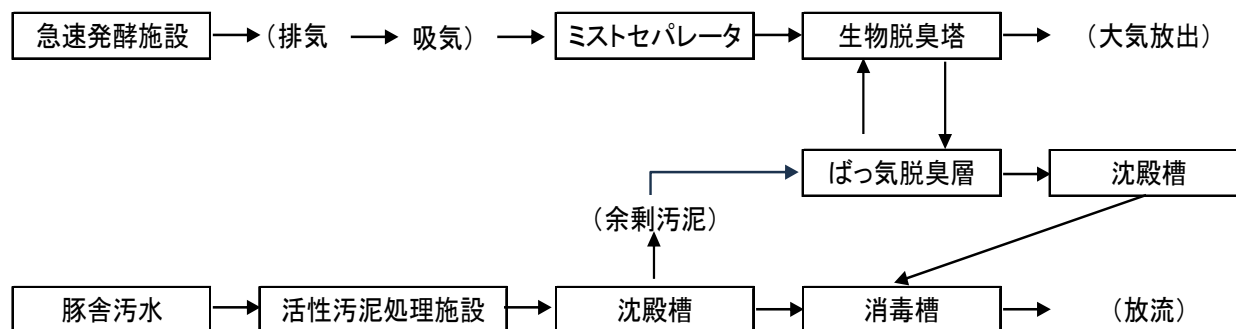
- (3) 脱臭材料となる堆肥は、含水率50～60%程度の二次処理が終了した堆肥（牛ふん、おがくず）であり、脱臭装置の立上げ時には活性汚泥を約2、3%混合し、脱臭材料（堆肥）の入替え時には、使用済み堆肥を10%程度混合する。脱臭材料は、継続使用により吸着能力が低下し、窒素成分が増加するので2、3か月ごとに交換する。脱臭効果は、堆肥化からの悪臭に変動がある場合は、脱臭槽からの排気と堆肥化からの悪臭の両方を把握して判断する。なお、脱臭に用いた堆肥は、窒素濃度の高い有機質肥料として使用する。
- (4) アンモニア等の悪臭を吸着させた堆肥を無臭化するためには、アンモニアを硝酸などの無臭成分に変える必要がある。無臭化のための所要期間は3週間程度以下であるので、堆肥発酵槽3槽分の面積の強制通気式無臭化槽を設置する。無臭化槽で弱く通気し好気状態にすると、好気性の硝酸化成菌により約1週間でアンモニウム態窒素は硝酸態窒素に変換される。
- (5) 他の生物脱臭方式と同様に堆肥脱臭も好気性細菌を利用する方法であり10～40℃の範囲で使用されることが望ましい。また、能力を超えない範囲の悪臭を送らなければならないことも同様である。
- (6) 他の生物脱臭槽と違い、循環水槽などを持っていないため、堆肥化によって発生する水（蒸気等）のほとんどは脱臭装置に送入される。堆肥発酵槽から脱臭槽までの配管を短くし、更に配管を断熱施工して配管内部で生じる結露水を少なくする。また、脱臭槽床面の通気溝部分でも結露水が生じるため、結露水を外部へ排出し、タンクなどに集める構造とする。

5. 10. 2. 10 活性汚泥脱臭

活性汚泥脱臭は浄化処理施設が設置されているところで適応できる脱臭方式であり、比較的低濃度排気の脱臭処理は有効である。

【解 説】

- (1) 縦型急速発酵施設などふん尿処理施設からの悪臭排気ガスに対して活性汚泥を用いて、生物脱臭塔で脱臭処理する方法である（図－IV・70）。



図－IV・70 活性汚泥脱臭の処理フロー

（日本草地畜産種子協会 平成 21 年度環境整備調査報告書）

- (2) 脱臭方法は、排気の粉じんを除去し、生物脱臭塔の下層から排気を吸入し活性汚泥を散水して臭気成分を吸着分解する。排気量に対する活性汚泥の接触時間は 2 秒以上の設計で行う。
- (3) 生物脱臭塔には大きさ約 5 cm 角で目幅 1 cm 程度の接触カラムを担体として充てんし、気液接触面積を大きくして除去効率を高める。
- (4) 活性汚泥はばっ気脱臭槽を循環しており、この流入時点でポリ硫酸鉄により pH 調整を行ってアンモニアの溶解効率を高める。
- (5) 余剰汚泥の一定量をばっ気脱臭槽に投入し MLSS 量の維持を図り、ばっ気を行って臭気物質の分解と処理液の安定化を図る。
- (6) 実施例では、原臭のアンモニアの平均は 680ppm で、生物脱臭塔の排気は 120ppm に低下し、その除去率は 83% であった。
- (7) 脱臭処理水の pH は 7.5 で $\text{NH}_3\text{-N}$ は 147mg/L であり、汚水浄化施設の放流水の $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度より低く、生物脱臭塔で吸着されたアンモニアは蓄積することなく活性汚泥により酸化分解される。
- (8) 実施例の処理コストは出荷豚当たり約 400 円を要し、その中でも pH 調整剤費が高く、低コスト化への検討が必要である。また、脱臭処理後の処理水の硝酸性窒素濃度については留意する必要がある。