

家畜排せつ物の利活用のための 堆肥化技術

家畜排せつ物（家畜ふん）の堆肥化の基本

- 堆肥化の必要性（ふんの処理そして利用）
- 良質堆肥を作るには→守らなければならない留意点
- 堆肥化技術とその課題



堆肥の利活用のための品質の高い堆肥づくりへ

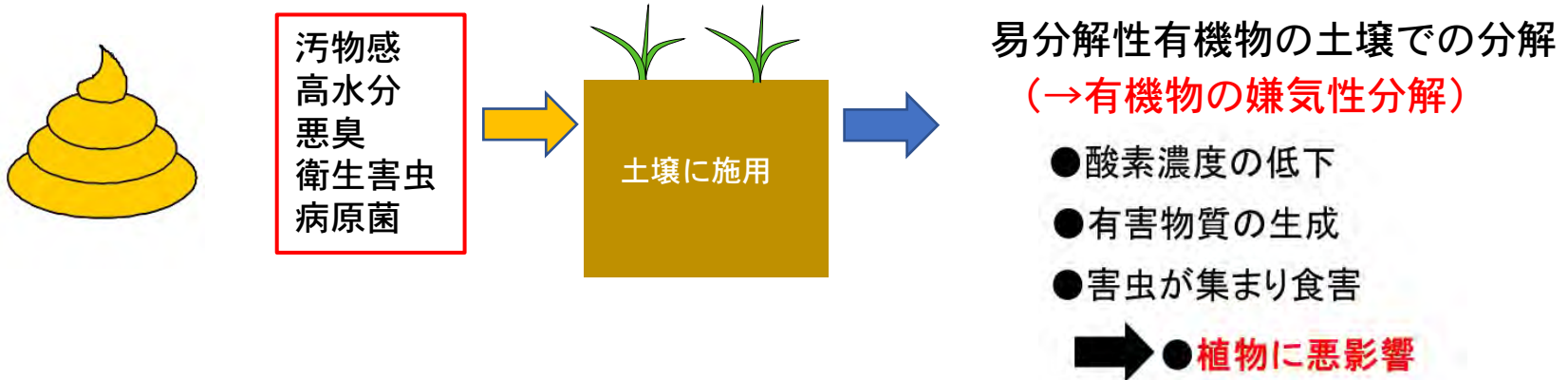
- 耕種農家が求める使いやすい堆肥とするために
- ペレット化技術
- 利用条件

（一財）畜産環境整備機構
参与 道宗直昭

堆肥化のねらい(必要性)

家畜ふんには有機物のほか肥料成分が含まれている
→肥料資源として有効に使いたい

しかし、生の状態（未処理の状態）では、汚物感、高水分で分解しやすく悪臭が発生し、**資源として使えない**



資源として安全に使うにどうするか

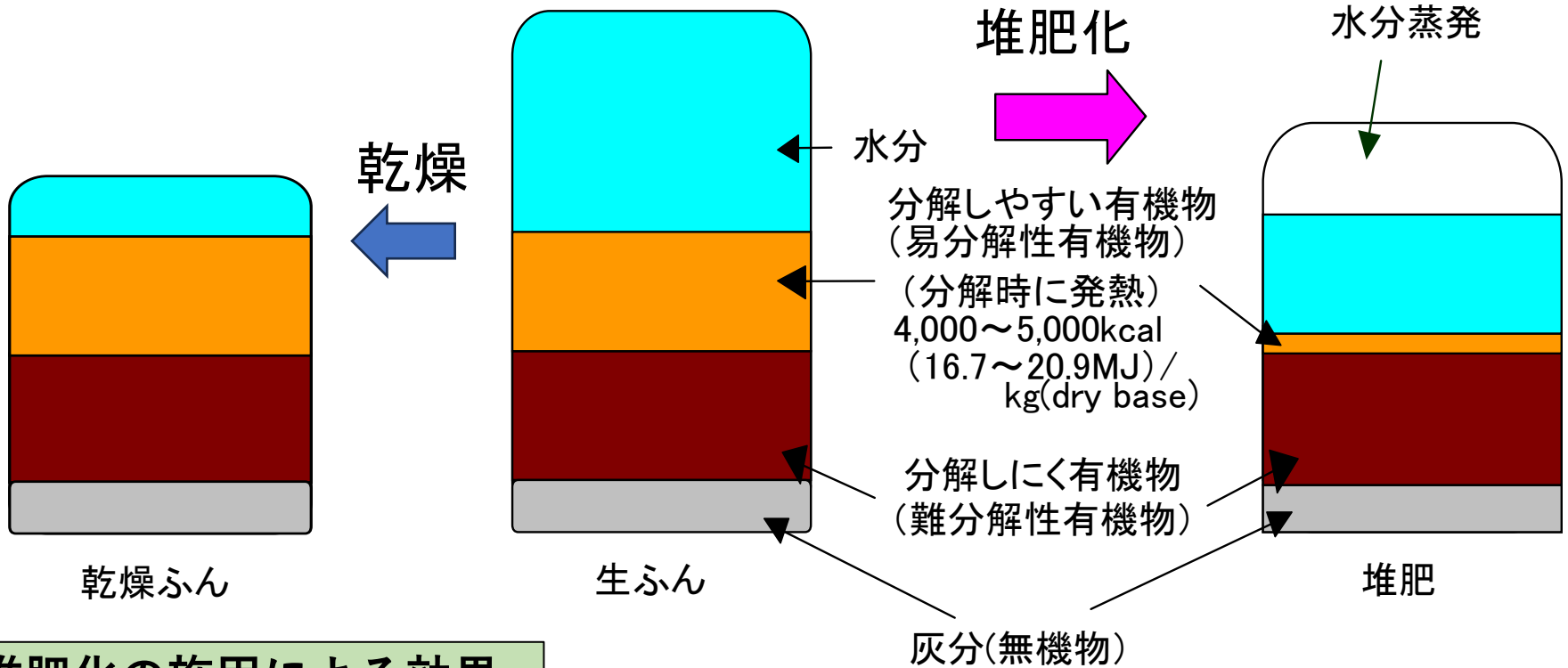
→好気性の微生物を使って易分解性有機物を分解し、肥料成分を含む
安全で安定な有機物資材とする。

→ **堆肥化という技術を使う**

堆肥化のための原理・原則

堆肥化を促進させるためには、好気性の微生物が家畜ふん中の易分解性有機物を分解しやすくするために適正な空気を家畜ふんに均一に送り、十分な腐熟期間を取ることが不可欠である。

堆肥化のねらい(必要性)



堆肥化の施用による効果

水分の低下
有機物分解
軽量化
散布が容易
衛生的
病原菌の死滅

土壤に施用

土壤機能の維持・向上

- ◎団粒の形成
→通気性・保水性の向上
- ◎保肥力の向上
→施肥量の減量
- ◎土壤微生物の活性化
→病虫害の軽減効果
- ◎肥料成分の施用 (施肥)
→生産資材の低減効果

生産物の機能向上

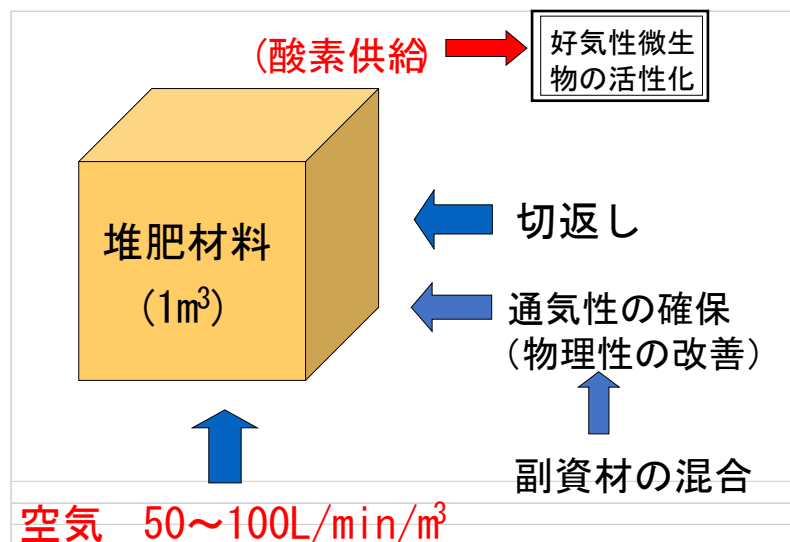
- ◎果物、野菜等の作物の糖度の上昇が期待できる。
- ◎果物、野菜、根菜類等の鮮度が長く保たれる
- ◎病原菌等に対して発症抑制効果が期待される
- ◎作物に対して生育活性効果が期待される

堆肥化を促進させる方法

堆肥化を促進させるためには、

- (1) 十分な栄養源→できるだけ新鮮なふん(家畜ふんの有機物) 利用
- (2) 温度→10℃以上が望ましい。低すぎると微生物活性が低下
- (3) 適当な水分→ **55~72%**、高すぎると通気できない。低すぎると微生物活性が落ちる。
- (4) 十分な酸素(空気)を供給する→ **50~100L/min/m³**、少なすぎると嫌気状態になり嫌気分解する。**酸素不足は致命的**。多すぎると熱を奪う、無駄なエネルギーを消費。

➡ **通気性の確保** ➡ **水分を下げる、副資材を混合する**



副資材の要件

- 水分(含水率)が低いこと
- 空隙性が高いこと
- 安全な有機物であること
- 安価で入手し易いこと

副資材として：オガクズ、モミガラ、剪定枝、コーヒー粕、ウッドチップ等

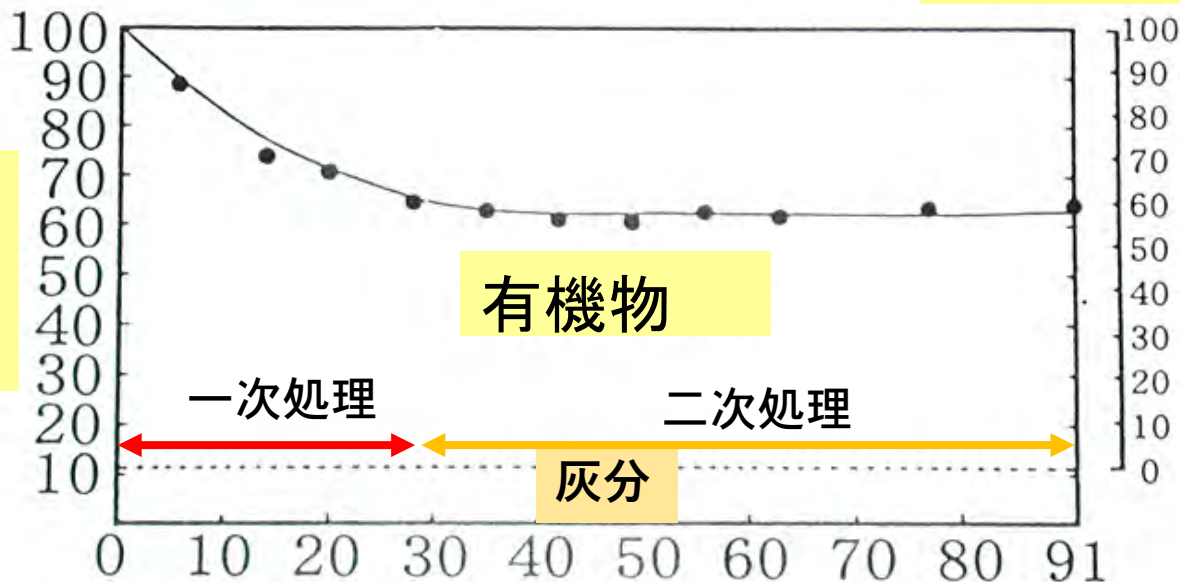
堆肥化過程の期間と有機物分解

豚ふん＋おが屑

(乾物%)

有機物(%)

残
存
率



堆肥化日数

堆肥化装置の考え方

一次処理

(易分解性有機物の分解(日数))

- ・ 通気型堆肥舎 (20～25日)
- ・ 開放型堆肥化装置 (15～20日)
- ・ 密閉型堆肥化装置 (10～14日)

二次処理(副資材が加わると長くなる)
(腐熟・安定化)

- ・ 堆肥舎 (15～30日)(2～4ヵ月)

【脱臭装置必要】

【脱臭装置不要】

戻し堆肥の水分の重要性

水分**50%**の戻し堆肥を
使うなら**94kg必要**

水分**40%**の戻し堆肥を
使うなら**61kg必要**

水分**30%**の戻し堆肥を
使うなら**45kg必要**

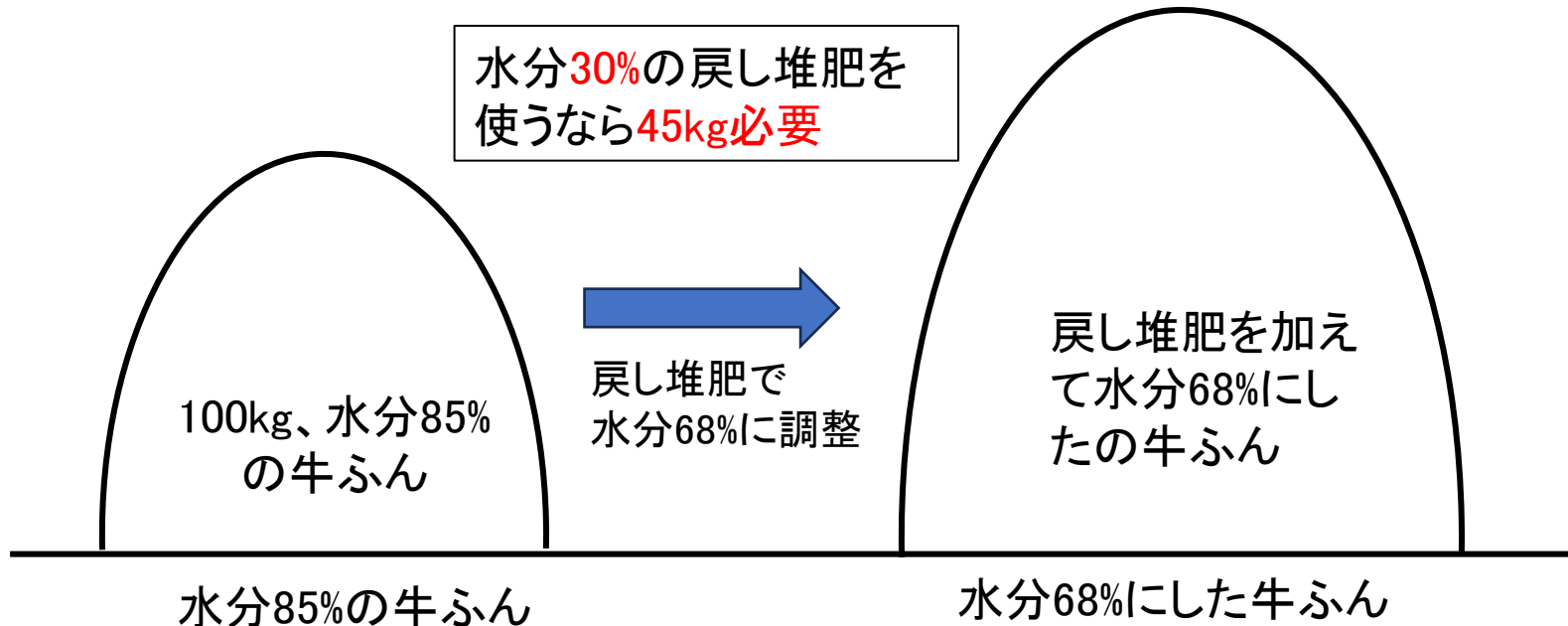


図 戻し堆肥を使って水分85%の牛ふんを水分68%
の牛ふん(堆肥原料)にするための戻し堆肥の量

堆肥化の留意点(水分)

～原材料水分と堆肥化後の水分～

条件：原材料ふんの量 1 0 0 0 kg、堆肥化時の乾物分解率 3 0 %

原料水分 (%)	乾物分解量 (kg)	蒸発水分量 (kg)	残乾物量 (kg)	残水分量 (kg)	堆肥化後水分 (%)
8 0	6 0	3 0 0	1 4 0	5 0 0	7 8. 1
7 5	7 5	3 7 5	1 7 5	3 7 5	6 8. 2
7 0	9 0	4 5 0	2 1 0	2 5 0	5 4. 3
6 5	1 0 5	5 2 5	2 4 5	1 2 5	3 3. 8



手で握り締めると水分が推定できる

(畜産環境整備機構)

堆肥化の留意点(通気方法)

通気は送風機を使用するかローダによる切り返し

送風機の選定：送風機的能力は風量と静圧

- ・性能曲線を読み取ろう→適正な風量と静圧が把握出来る
- ・風量の確定→発酵槽の大きさ
- ・静圧→通常 3 kPa程度(材料水分、通気方式を考慮)

配管の太さ（内径）：圧力損失を起こさないように

- ・管路内の風速を10～15m/秒以下
- ・曲部を少なくする、曲部はエルボではなくベントで
- ・通気溝は掃除をし易く

$$\text{所要馬力} = \frac{\text{静圧(mmH}_2\text{O)} \times \text{送風量(m}^3\text{/秒)}}{75 \times \text{静圧効率(0.4} \sim \text{0.6)}}$$



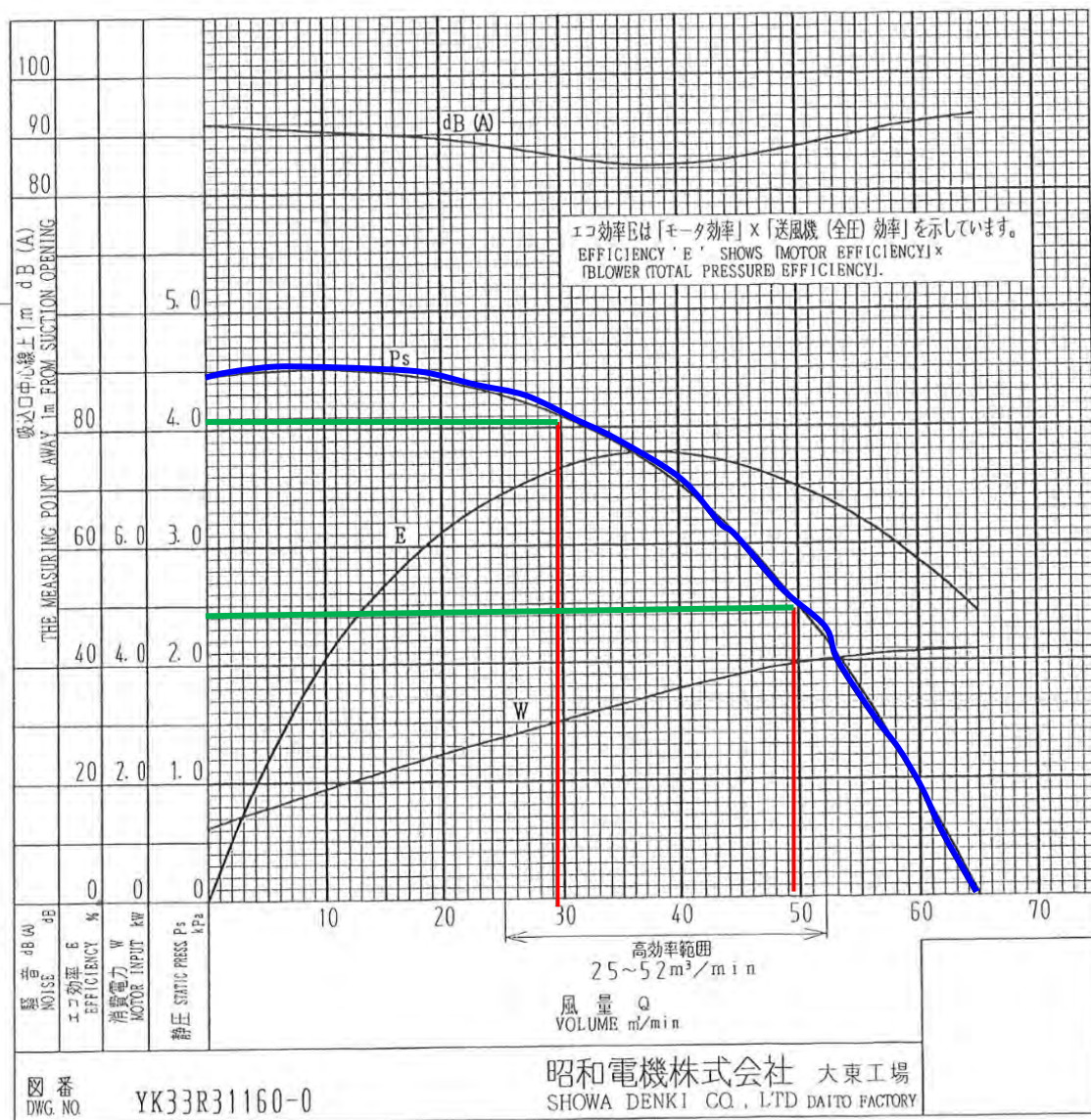
曲部が多く悪い例



曲部が少なく良い例



送風機の性能曲線の例



性能曲線図 PERFORMANCE CURVE		作成日 DATE	2012.3.1 MARCH 1, 2012
作成 DRAWN		作成者 BY	S. HATANO
承認 APPROVE		承認者 BY	M. TANAKA
KSB-H37-R311		電動機 MOTOR	3.7 kW 2 P
MAX	65 m³/min	電圧 VOLTAGE	200 V
MAX RE	4.50 kPa	電流 CURRENT	15.1 A
R	2900 min⁻¹	温度 TEMPERATURE	20℃
	50 Hz	密度 DENSITY	1.2 kg/m³
		IEコード又は効率標準 IE CODE OR EFFICIENCY STANDARD	IE3

註・静圧は、全網なしの性能です。
FIGURE SHOWS IN "PERFORMANCE" INDICATES THE VALUE WITHOUT A WIRE NET.

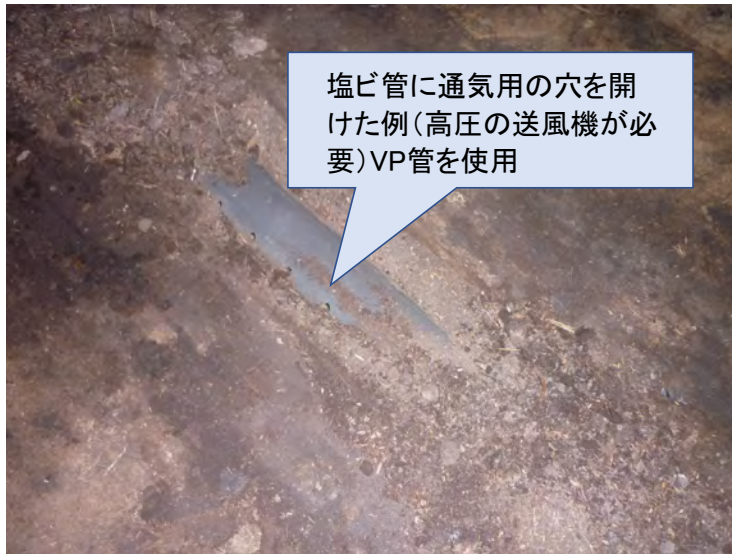
$$Q_1 = (N_1/N_0)Q_0 \quad (\text{風量})$$

$$P_1 = (N_1/N_0)^2P_0 \quad (\text{静圧})$$

$$Kw_1 = (N_1/N_0)^3Kw_0 \quad (\text{動力})$$

風量(横軸)と静圧(縦軸)の関係

堆肥化の留意点(通気方法)



攪拌方法



畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 の堆肥分析から見た腐熟の目安

畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所では、堆肥の成分分析を有料で行っています。年間約600～1000件の堆肥分析を行っています。

分析項目

- (1)一般成分：水分、粗灰分、pH、EC、N、P、K、Ca、Mg、C/N
- (2)微量成分・特殊項目：Cu、Zn、Fe、Mn、発芽率、酸素消費量（「コンポテスター」による）、臭気（臭気指数相当値「におい識別装置」による）
- (3)放射性セシウム

分析結果の一部

➡ 腐熟の目安として

発芽率	97	%	下記**による。
酸素消費量	2.5	μg/g/min(現物)	「コンポテスター」を用いた***による。
臭気指数相当値	20	(現物)	「におい識別装置」を用いた***による。



コンポテスター
(酸素消費量の測定)

分析結果の主な傾向（平成28～30年度の3年間の1660点の分析結果）

水分：牛55%程度、豚40%程度、採卵鶏24%程度、ブロイラー30%程度

肥料成分：（1660点の平均値、銅、亜鉛はppm）

乳用牛	窒素2.2%	リン酸2.1%	カリ3.3%	C/N比18	銅24	亜鉛105
豚	窒素3.4%	リン酸7.1%	カリ3.2%	C/N比12	銅201	亜鉛842
採卵鶏	窒素3.5%	リン酸5.8%	カリ4.3%	C/N比9	銅43	亜鉛378
ブロイラー	窒素4.2%	リン酸4.4%	カリ4.7%	C/N比10	銅64	亜鉛344

傾向：牛は窒素が少なく有機物に富んだ地力型

豚、鶏は窒素、リン酸が多い肥料型

畜種、副資材、堆肥化方法によって肥効が異なる

堆肥の利活用の課題

堆肥の利用者（耕種側）は堆肥に何を求めているか

- ・ 使える肥料成分→肥料設計を立てるに当たり、堆肥にどのくらいの肥料成分があるか
- ・ 作物に必要な有機物の供給
- ・ 安全に使うことができる
- ・ 取扱性がよい→化学肥料と同じように使いやすい、施用し易い

畜産側が出来ること

- ・ 肥料成分を表示する、使いやすい形状にする→ペレット化、均質化、適当な水分
- ・ 運搬、散布の提供

堆肥の利用にあたって、肥料成分と肥効率を知ろう

畜種	窒素全量 (%)	窒素の肥効率 (%)	リン酸全量 (%)	リン酸の肥効率 (%)	加里全量 (%)	加里の肥効率 (%)
乳用牛	2.2	10	2.1	80	3.3	90
肉用牛	2.2	15	2.7	80	4.0	90
豚	3.4	20	7.1	80	3.2	90
採卵鶏	3.5	35	5.8	80	4.3	90
ブロイラー	4.2	25	4.4	80	4.7	90

注) 肥料成分の全量は(%)乾物、特に窒素の肥効率は低い

堆肥の利活用の課題（ペレット化）

ペレット化のメリット

利 点	内 容
1. 貯蔵容積の減少	貯蔵容積が40%に減少。
2. 輸送性の改善	重量が約60%に減少。
3. 貯蔵中の成分保持	含水率が15%以下のため、カビの発生が防止され成分を維持
4. 散布性の改善	同一成分量で単位面積当たりの散布重量を減少するとともに化学肥料散布機で代替できる。
5. 肥効の均質性	成型堆肥中の成分含量はほぼ均質になっている。また、成型堆肥のおおきさにより一定の肥効パターンを示す。
6. 肥効の向上	硝化遅延による窒素肥効の向上、りん酸肥効の向上が認められる。



ローラ・ディスクダイ式の
ペレット化装置



ツインダイス式ペレット化装置（現地設置）



堆肥の利活用の課題（共有化）

畜産農家の立場

耕種、作物に応じた堆肥生産を目指す→耕種側への配慮

製品堆肥を貯蔵しておく場所の確保（春と秋の2回の使用時以外の貯蔵）

→畜産農家で場所確保、耕種農家と相談して共有のストックヤードを確保する

中小規模の畜産農家→バラ堆肥（ダンプ、軽トラ輸送）、袋詰め堆肥、道の駅で販売
近隣農家へ配布、散布サービスも視野に入れる。

大規模畜産経営体→袋詰め堆肥（輸送を効率化）、ペレット化（利用性の向上）

各種大型の散布用機械の所有と貸出、大規模利用農家の確保

耕種農家の立場

基肥的に使用する→中熟堆肥でもよい

有機質・肥料分として施用する→腐熟（良質）堆肥、肥料成分を把握する

土壌分析、肥料分析は必ず行う→堆肥の有効利用

広い圃場で使う→バラ堆肥（ダンプ、軽トラ輸送）、

ブロードキャスター、ライムソワーなどの機械による散布

比較的狭い圃場で使う→袋詰め堆肥、バラ堆肥

家庭菜園、道の駅などへ販売→袋詰め堆肥

堆肥の取扱性がよい→ペレット堆肥

散布への期待→畜産農家側で散布もやって欲しい（散布サービス）

耕種農家は散布用の機械を所有していない

臭気のない（少ない）堆肥→よく腐熟している

より高度な堆肥の利活用

○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（平成11年、1999）

堆肥は特殊肥料と位置づけ

堆肥（特殊肥料）と硫酸などの普通肥料を混合した肥料を製造・販売することは禁止

○肥料取締法の改正 混合堆肥複合肥料の創設（平成24年、2012）

堆肥（特殊肥料）と窒素質肥料などの普通肥料を混合した混合堆肥複合肥料

条件：堆肥の混合割合50％以下、NPKの合計10％以上、公定規格であり肥料登録が必要

○肥料取締法→「肥料の品質の確保等に関する法律」に変更（令和2年、2020） 指定混合肥料の創設

堆肥と窒素質肥料などの配合に関する規制の見直し、届出制、成分保証なし
さらに使いやすく生産しやすくなった



○堆肥を国内資源として有効に活用する方策ができてきている。

○耕種農家の作物への施肥基準にマッチした堆肥をベースにした混合肥料の利用拡大が望まれる。

混合堆肥複合肥料の成分分析結果の例

項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	MIX堆肥混合堆肥	鶏混合堆肥
肥料銘柄名		シナジー821	エコレット208	シナジー920	レコアップ055
成分値	N-P2O5-K2O	8-2-1	12-10-8	9-12-10	10-5-5
原料堆肥		牛ふん堆肥	豚ふん	豚・鶏ふん混合	鶏ふん
メーカー		南国興産(株)	朝日アグリア(株)	南国興産(株)	菱東肥料(株)
水分	現物%	3.9	3.4	3.4	3.9
灰分	乾物%	10.8	33.6	44.8	32.2
pH		5.9	6.2	6.6	6.0
EC	mS/cm	20.7	67.1	42.7	62.2
窒素	乾物%	8.9	12.3	9.3	10.8
炭素	乾物%	36.5	14.9	15.8	13.8
C/N比		4.1	1.2	1.7	1.3
リン酸	乾物%	2.2	11.9	13.7	5.4
加里	乾物%	1.9	9.3	12.7	6.3
石灰	乾物%	1.3	3.0	6.7	7.0
苦土	乾物%	1.1	1.2	1.8	1.1
推定肥効率%	窒素	85	99	87	100
	リン酸	92	98	97	99
	カリ	95	96	93	96

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸による溶率より求めた。

出典：混合堆肥複合肥料の肥効特性と施肥設計及び利用技術に関する手引き、
(畜産環境整備機構、2023)

まとめ

～家畜排せつ物の利活用のための堆肥化技術～

堆肥化の基本に戻って、堆肥づくりを再確認しよう！

腐熟（好気性発酵）が進み、水分が低く安定し、肥料成分も明らかとなった良質堆肥となれば、作物に施用したとき有用な資材（良質堆肥）となる。

肥料成分が明確になることによって、施肥設計が立てやすい。

取扱性が良く、散布しやすい手段としてペレット化技術や散布用機械が活用できる。

ご静聴ありがとうございました。