

好気性強制発酵等による良質堆肥製造技術

- 堆肥化の必要性
- 良質堆肥を作るための留意点
- 堆肥化における温室効果ガス(GHG)排出の抑制
- 好気性強制発酵の事例

一般財団法人 畜産環境整備機構
参与 鈴木 一好

家畜が排せつするふん尿の量



牛舎からのふん尿の搬出

搾乳牛では

ふん尿量

約50kg/頭→約38人分

BOD換算量

約800g/頭→約60人分



豚舎からのふん尿の搬出

肥育豚では

ふん尿量

約5.4kg/頭→約4人分

BOD換算量

約130g/頭→約10人分

堆肥化の必要性

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（家畜排せつ物法）

平成11年成立、平成16年から本格施行



素掘りと野積みの**禁止**（牛10頭、豚100頭、鶏2,000羽、馬10頭）以上

家畜ふん尿を適切に**処理**し**有効利用**するため、**処理高度化施設**の整備

→ 堆肥利用の推進、エネルギー利用の推進、畜産環境問題への対応

家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針（10年先を見越す）

（平成11年の策定、平成27年4月新たな基本方針→令和2年 基本方針の変更）

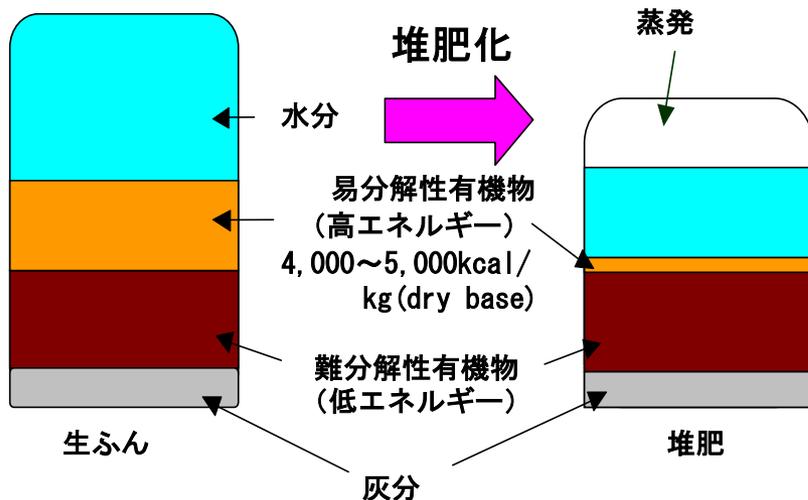
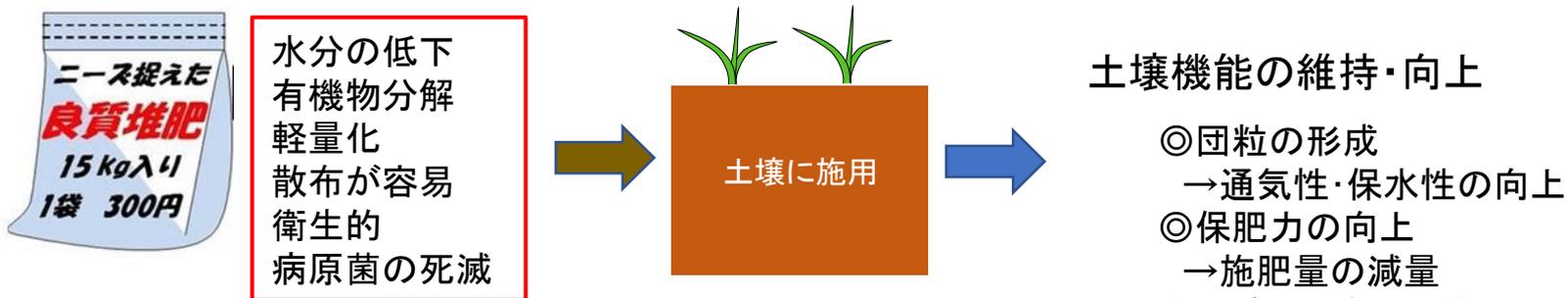
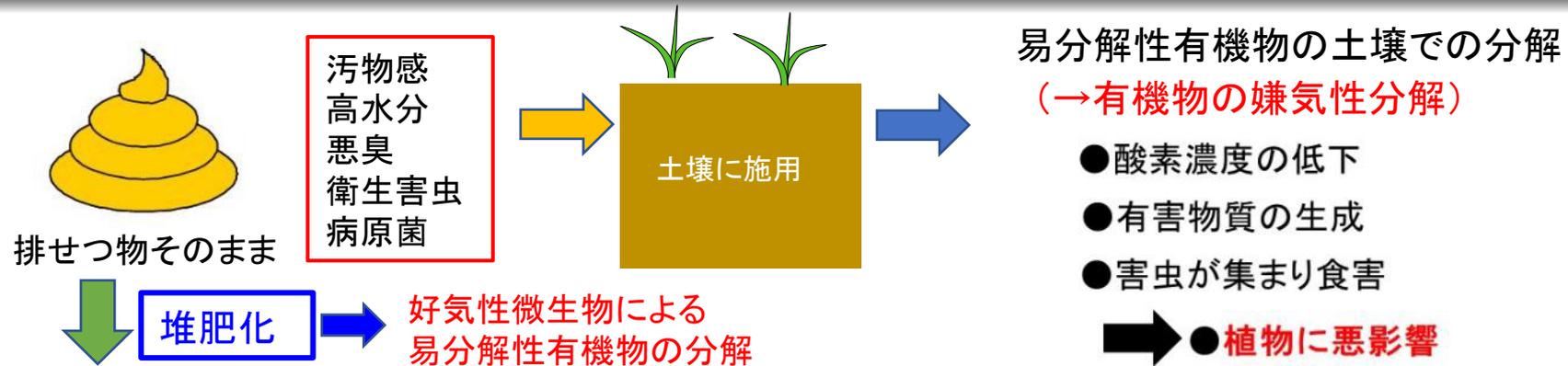
生ふん:汚物感が強く臭気があり、
作物に施用したとき作物に悪影響
を与える。

→安全、安定化、取扱性向上

堆肥化とは、家畜ふんを作物に施用する前にあらかじめ微生物の作用で生ふん中の作物に悪影響を与える物質を分解・除去し、作物障害を起こさない安定なものにするるとともに、地力を維持し作物生産を高めるような成分組成を持つようにする操作である。

この物質の分解に寄与する微生物として、酸素が十分存在する状態で活躍する好気性の微生物を利用しているのが現在の堆肥化である。

堆肥化のねらい(2)



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。

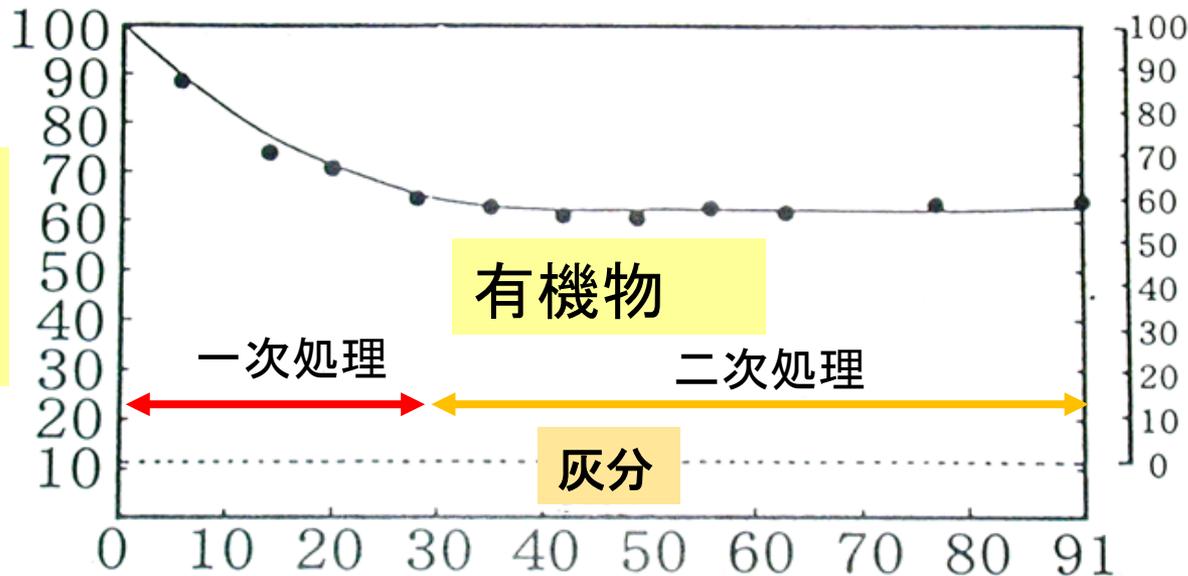
堆肥化過程の期間と有機物分解

豚ふん+おが屑

(乾物%)

有機物(%)

残存率



堆肥化装置の考え方

堆肥化日数

一次処理

(易分解性有機物の分解)

- ・通気型堆肥舎
- ・開放型堆肥化装置
- ・密閉型堆肥化装置

【脱臭装置必要】

二次処理

(腐熟・安定化)

- ・堆肥舎

【脱臭装置不要】

堆肥の品質について備えるべき条件

A. 取り扱いしやすい性状であること

- ①水分が適度である
- ②臭気が強くない
- ③病原菌・寄生虫卵を含まない

B. 土壌や作物にとって安全であること

- ①施用後急激な分解をしない
- ②窒素飢餓を生じない
- ③生育阻害物質を含まない
- ④有害物質を含まない
- ⑤塩類濃度が高くない
- ⑥植物病原菌等を含まない
- ⑦雑草の種子を含まない

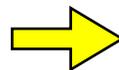
C. 土壌・作物にとって有効であること

- ①植物に養分を供給する
- ②土壌の化学的性質を改善する
- ③土壌の物理的性質を改善する
- ④土壌中の生物活動を維持・増進する

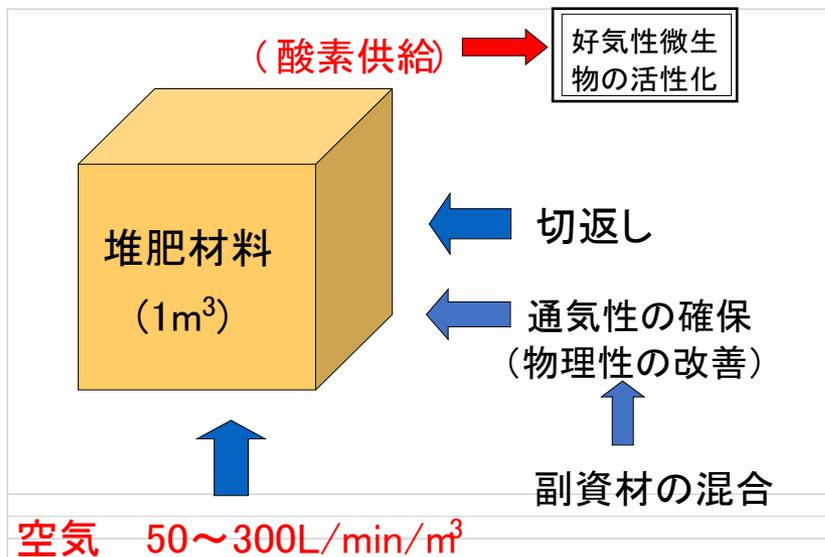
良質堆肥を作るための留意点

堆肥化を促進させ良質堆肥を製造するためには、

- (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°C以上が望ましい。低すぎると微生物活性が低下
- (3) 適切な水分→ **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) → **50~300L/min/m³**、少なすぎると嫌気状態になり嫌気分解する、**通気不足は致命的**。多すぎると熱を奪い無駄なエネルギーを消費



適切な通気を確保できる
好気性強制発酵により、
良質堆肥の製造が可能



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
- 安価で入手しやすいこと

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

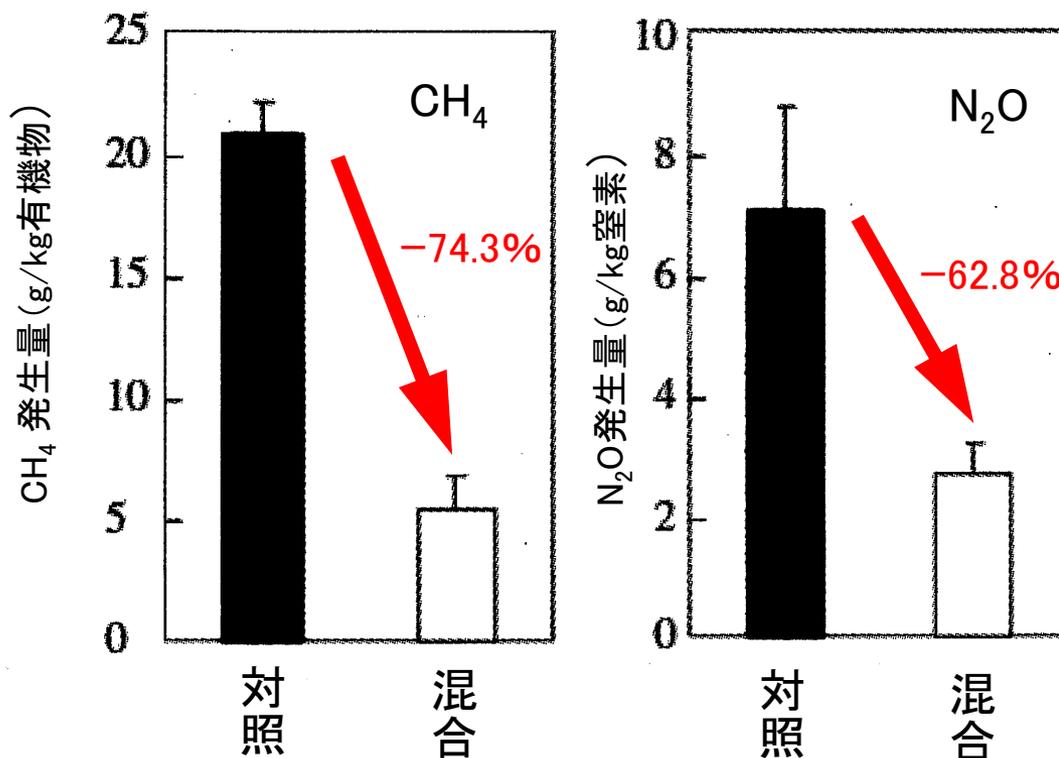
堆肥化にて排出される温室効果ガス (GHG)

- 二酸化炭素 (CO_2)
- メタン (CH_4)
- 一酸化二窒素 (N_2O)

堆肥化におけるGHG排出の抑制(1)

搾乳牛ふんに副資材(低質乾草)を重量比10%混合することで通気性を改善して堆肥化すると、

メタン(CH₄)を74.3%、一酸化二窒素(N₂O)を62.8%排出抑制



原料重量
4.4トンでの
堆肥化試験

(Maeda et al., 2013, Soil Science and Plant Nutrition)

堆肥化におけるGHG排出の抑制(2)

搾乳牛ふんに副資材(麦稈)を混合することで
堆肥化開始時の水分率や容積重を下げ
て通気性を改善して堆肥化すると、

メタン(CH₄)排出を41%、一酸化二窒素(N₂O)排出を31%抑制

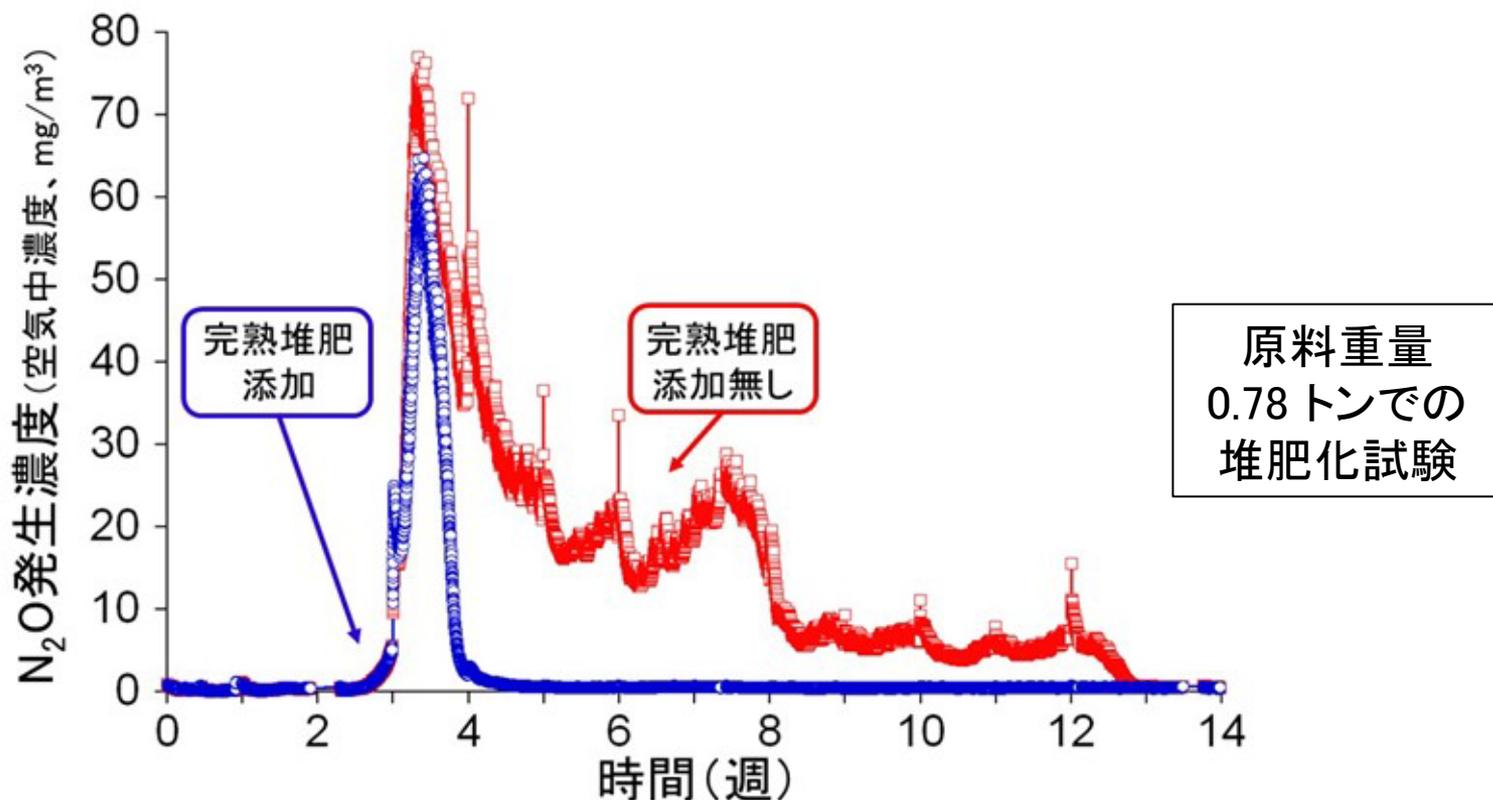
| | 中水分区 | 低水分区 (通気性改善区) | |
|----------------------------------|------|------------------|-------------|
| 開始時水分率 (%) | 79.1 | 75.9 | |
| 開始時容積重 (kg/m ³) | 796 | 679 | |
| メタン排出量 (kgCO ₂ eq) | 663 | 389 | △41% |
| 一酸化二窒素排出量 (kgCO ₂ eq) | 187 | 129 | △31% |

(保井ら、2022, 日本土壌肥料学雑誌)

原料重量 7.2トン
での堆肥化試験

堆肥化におけるGHG排出の抑制(3)

亜硝酸酸化細菌を豊富に含む完熟堆肥を添加して
堆肥中の亜硝酸の酸化を促進することで、
豚ふん堆肥化の一酸化二窒素 (N₂O) の排出を80%抑制



(Fukumoto et al., 2015, JARQ)

堆肥化に伴うCH₄排出係数 (単位: g-CH₄ / g有機物)

| | 乳用牛 | 肉用牛 | 豚 | 採卵鶏 | ブロイラー |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 堆積発酵 | 3.80% | 0.13% | 0.16% | 0.13% | 0.02% |
| 強制発酵 | 0.05% | 0.05% | 0.08% | | 0.08% |

数字が大きい方が
GHGを多く排出

堆肥化に伴うN₂O排出係数 (単位: g-N₂O / g-N)

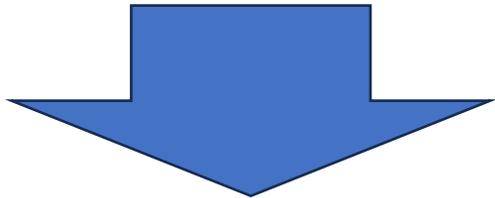
| | 乳用牛 | 肉用牛 | 豚 | 採卵鶏 | ブロイラー |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 堆積発酵 | 2.40% | 1.60% | 2.50% | 0.54% | 0.08% |
| 強制発酵 | | 0.25% | 0.16% | | 0.16% |

(国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス、2017、日本国温室効果ガスインベントリ報告書)

(畜産環境整備機構、2018、畜産分野における地球温暖化緩和技術レビュー報告書)

家畜ふんを堆肥化する際に

- ①堆肥原料の**通気性を改善**、
- ②堆肥中の**亜硝酸の酸化を促進**、することで
堆肥化からのメタン、一酸化二窒素の排出を抑制できる



適切な通気は
良質堆肥製造のための条件

適切な通気や亜硝酸の酸化が期待できる
好気性強制発酵により堆肥化を行うことで
温室効果ガス(GHG)の排出を抑制できると同時に、
良質堆肥を製造することができる

好気性強制発酵の事例(1)



通気型堆肥舎と切り返しローダ



ロータリ式攪拌機による切り返し



スクープ型攪拌機による切り返し



自走式攪拌機による切り返し

好気性強制発酵の事例(2)



クレーン式攪拌装置



スクリュ式攪拌装置



回行型発酵槽による堆肥化装置



密閉縦型堆肥化装置

2000年10月に「堆肥化施設設計マニュアル(中央畜産会)」が刊行され、堆肥化技術の技術書として広く普及、利用されてきた。

しかし、この20年間、堆肥化技術は一定の進歩を遂げており、堆肥の利用に当たっては「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」の変更が公表されるなど、堆肥の利用拡大が施策として取り上げられるようになった。

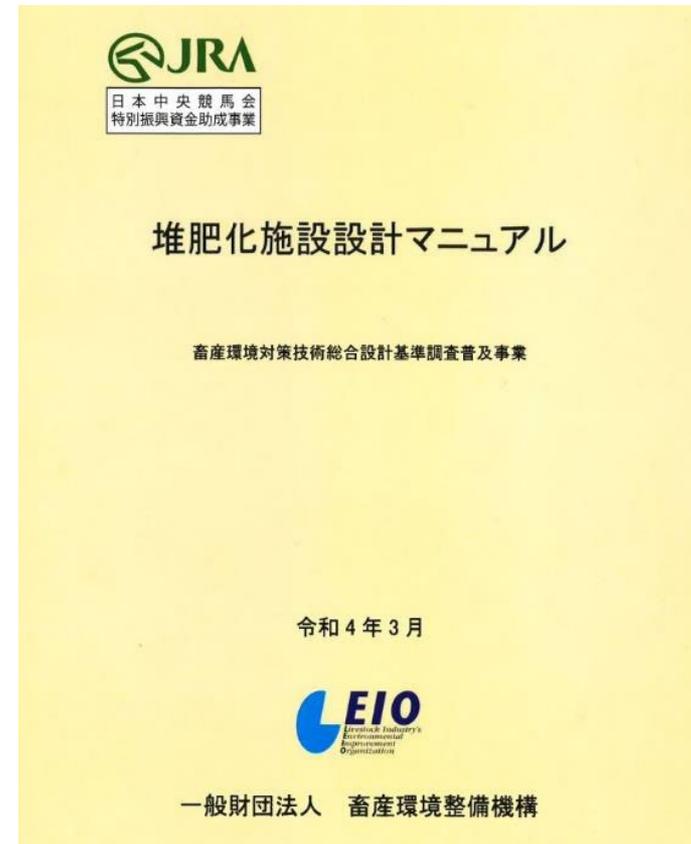
これらのことから、当該マニュアルの改訂版を作成することとなった。

改訂の主なポイント

- 堆肥化促進のための攪拌方式と密閉縦型堆肥化装置の普及
- 「畜舎特例法」の公布(2021年12月)により低コストで建築可能
- 混合堆肥複合肥料の公定規格、指定混合肥料制度の創設など、堆肥の利用拡大の推進により、家畜ふん堆肥が改めて化学肥料の代替としての重要な有機質資源に位置づけ

JRA畜産振興事業 「畜産環境対策技術総合設計基準調査普及事業」(令和元~3年度)

畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所のホームページからダウンロードできます





わが国の農業からのGHG排出は稲作からのメタン(CH₄)が最も多いが、畜産からもこれに匹敵する量のGHGが排出されている。畜産では、牛などの反芻動物の消化管内発酵によるメタン排出が最も多く、家畜排せつ物からの一酸化二窒素(N₂O)とメタンがこれに次いでいる。

本報告書は最新のデータにもとづき、GHG発生の定量的な解明、抑制技術の検討につき体系的に取りまとめたものである。

畜産業における温暖化緩和技術 【延べ324文献】

- ・飼料給与改善
- ・堆肥化処理の改善
- ・汚水処理の改善
- ・農耕地(草地)管理の改善
- ・堆肥施用による農耕地土壌の炭素貯留による改善

JRA畜産振興事業 「畜産分野における地球温暖化緩和技術の調査普及事業」(平成29年度)

畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所のホームページからダウンロードできます

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）
- (3) 臭気：臭気指数相当値（「におい識別装置」による）
- (4) 放射性セシウム

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：

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

注) 1660点の平均値。窒素、リン酸、カリは乾物当たり。銅、亜鉛は現物当たり。

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

詳細は畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所のホームページをご参照ください

- ・ 内容 畜産環境保全に関心のある方を対象とした、堆肥化技術・臭気対策技術・汚水処理技術の基礎的な知識、処理施設を作る際の処理方式や規模決定のための基本的な知識及び関連数値等に関する研修会
- ・ 主催 一般財団法人 畜産環境整備機構
- ・ 開催場所 WEB開催（Zoomミーティング）
- ・ カリキュラム 11月7日（火）10:00～17:00 堆肥化技術
11月8日（水）10:00～17:00 臭気対策技術
11月9日（木）10:00～17:00 汚水処理技術
- ・ 費用 各1講座 15,000円（消費税込み）
但し、3講座全て受講される場合は40,000円（消費税込み）
- ・ 申し込み期限 令和5年10月19日（木）
- ・ 申し込み方法を含め、詳細は当機構のホームページをご参照ください

～家畜排せつ物からはじめる地球温暖化対策～

好気性強制発酵等により適切に堆肥化することで

良質堆肥の製造と

メタン(CH_4)、一酸化二窒素(N_2O)などの

温室効果ガス(GHG)の排出抑制を

同時に実現することができる。

ご静聴ありがとうございました。