



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた 堆肥成分表と利用法

平成 19 年 3 月



財団法人 畜産環境整備機構

はじめに

わが国の畜産業にとって、家畜ふん尿を適切に処理して、悪臭や水質汚濁等を防止し、堆肥などの有機質資源として有効活用することがきわめて重要な課題となっております。

当機構は、畜産環境保全問題に的確に対処するため、財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受けて、平成8年7月に、福島県西郷村の農林水産省家畜改良センター（現独立行政法人家畜改良センター）用地を借用し、同敷地内に畜産環境技術研究所を設立して、研究開発活動を開始しました。

平成15年度から、事業の一つとして「畜産環境開発普及事業」を実施しております。この事業は今年度で終了しますが、その一環として、堆肥の無機化率簡易推定法の開発の課題に取り組みました。堆肥は土壌改良材であると同時に、窒素等の肥料成分を含んでおり、堆肥の施用に当たってはそれらの肥効を把握する必要がありますが、本課題では、堆肥の成分分析値から簡易に窒素の肥効を推定する方法を開発しました。

今般、家畜ふん堆肥の利用促進を図るため、ここで得られた研究成果を中心に、堆肥の化学成分、肥効、腐熟度などの品質評価に必要な基礎知識をまとめ、また、可給態養分含量を新たに加えた堆肥成分表を掲載した「家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法」を刊行することになりました。

刊行に関わられた作成委員ならびに執筆頂いた研究者の方々に感謝申し上げるとともに、本書が、家畜ふん堆肥の利用拡大に取り組まれている国、都道府県、市町村等の担当者の方々にとって参考となり、畜産環境問題解決の一助になれば幸いです。

平成19年3月

財団法人 畜産環境整備機構

理事長 今 藤 洋 海

目 次

はじめに

第1章 堆肥の肥料成分と肥効

1. 堆肥の化学成分…………… 1
 - 1) 一般的な化学成分
 - 2) 塩類組成と特徴
 - 3) 堆肥に含まれる有機物およびケイ酸の特性（組成）評価
2. 堆肥の腐熟度とその判定法…………… 5
3. 堆肥の肥効…………… 7
 - 1) 堆肥の肥効(とくに窒素の肥効)の意義とその測定法
 - 2) 堆肥中のリン酸およびカリの肥効

第2章 堆肥の腐熟度および肥効の簡易推定法

1. 堆肥腐熟度の簡易推定法……………11
 - 1) 酸素消費量測定による易分解性有機物含量の簡易推定法
 - 2) 発芽試験による腐熟度判定法
2. 堆肥の窒素肥効の簡易推定法……………18
 - 1) 堆肥の分析項目と培養法による無機態窒素率の測定
 - 2) 培養無機態窒素率推定のための重回帰式とその推定精度
 - 3) 可給態窒素含量の算出
 - 4) 重回帰式を鶏ふん堆肥に適用する場合の留意点

第3章 堆肥の種類による腐熟度および窒素肥効の特徴

1. 堆肥の種類と腐熟度の特徴……………23
 - 1) 畜種別堆肥の特徴
 - 2) 副資材別堆肥の特徴
 - 3) 堆肥化処理方法別堆肥の特徴
 - 4) 畜種と副資材等を組み合わせた堆肥の特徴
2. 堆肥の種類と窒素肥効の特徴……………25
 - 1) 畜種別堆肥の特徴
 - 2) 副資材別堆肥の特徴
 - 3) 堆肥化処理方法別堆肥の特徴
 - 4) 畜種と副資材等を組み合わせた堆肥の特徴

第4章 家畜ふん堆肥と化学肥料等による肥料成分の調整法	
1. 成分調整の手順	27
2. 成分調整の実例	30
第5章 家畜ふん堆肥の肥料成分と可給態養分含量 (表)	36

第1章 堆肥の肥料成分と肥効

1. 堆肥の化学成分

堆肥とは、さまざまな有機物を堆積して好氣的発酵によって腐熟させ、成分的に安定化し、土壤に施用するのに適した性状にしたものをいう。元来はイナワラ、落葉などの植物材料から調製したものを指し、家畜ふん尿を用いて調製したものは「きゅう肥」と呼んで区別していたが、現在では下水汚泥、食品廃棄物、林産廃棄物、家庭生ゴミなど多様な原料が用いられるようになり、これらを堆積処理したものはすべて「堆肥（コンポスト）」と呼ばれている。堆肥の品質に関しては腐熟度、塩類濃度、重金属濃度などが重要とされる。堆肥には、窒素、リン酸、カリ、カルシウム（石灰）、マグネシウム（苦土）などの多量成分の他に、鉄、亜鉛、銅、マンガン、ホウ素などの微量成分も含まれている。

以下、堆肥に含まれる化学成分について解説する。

1) 一般的な化学成分

一般的な化学成分としてpH、EC（電気伝導率）、炭素、窒素、炭素窒素比（C/N比）、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウム、無機態窒素（アンモニア態および硝酸態の窒素）などがあり、これらの成分は作物に対する総合的な養分供給源となるため、肥料資源としての評価を行う場合に必須の化学成分である。また、堆肥中の硝酸態窒素や炭素窒素比などのように、堆肥

の腐熟度判定のものさしとして用いられる場合もある。とりわけ窒素、リン酸、カリは作物が多量に吸収・要求するため、肥料三要素と呼ばれている。堆肥現物中の窒素含有率は、牛ふん堆肥では1～2%、豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥では2～4%のものが多いとされる。

一方、堆肥には鉄、亜鉛、銅、マンガン、ホウ素などの微量成分も含まれる。微量成分とは作物にとって必須の成分であるが、窒素やリン酸、カリほど多量に含まれない成分のことをいう。一般的に、豚ふん堆肥には銅と亜鉛、また、鶏ふん堆肥には亜鉛が多量に含まれ、連用に伴い土壤中への蓄積が顕著になるため、土壤保全の関連から、改正肥料取締法でもその表示が義務付けられた。

現状では、家畜ふん堆肥の品質推奨基準として全国農業協同組合中央会が定めた基準値が一般によく用いられている。その数値を表1-1に示した。その中で化学成分に関する項目として、窒素、リン酸およびカリ含量はともに1%以上、有機物60%以上、炭素窒素比（C/N比）30以下、銅600ppm以下、亜鉛1,800ppm以下、電気伝導率(EC) 5mS/cm以下、水分率70%以下という値が示されている。

ところで、表1-1における電気伝導率(EC)の5 mS/cm以下の基準値の適用にあたって注意しなければならないことは、電気伝導率の値が「現物堆肥を用い、その重量1

表1-1 家畜ふん堆肥の品質推奨基準(全中)

基準項目	基準値
有機物	60%以上*
炭素/窒素比	30以下
窒素(N)	1%以上*
りん酸(P2O5)	1%以上*
加里(K2O)	1%以上*
銅	600ppm以下*
亜鉛	1,800ppm以下*
水分	70%以下**
電気伝導率(EC)	5mS/cm以下**

植物の生育に異常を認めないこと

* 乾物当たり

** 現物当たり

に対して10倍量の蒸留水で測定した結果」という点である。当然、堆肥の水分率によってEC値は変動するが、湿った堆肥（水分率が高い）ほど水分が増えるのでEC値は低く、乾いた（水分率が低い）堆肥ほど高くなる。

本冊子では、第5章に、畜種別、副資材別、処理方式別および畜種、副資材、処理方式を組合わせた場合の化学成分分析値を表5-1～表5-5として示した。なお、表中のEC値は、常法（風乾堆肥：蒸留水＝1：10）に補正した値であり、いずれの畜種の平均値とも基準値である5 mS/cmを超えているのは、現物ではなく風乾堆肥の値であることが主な理由である。表5-1～表5-5は全国の堆肥センターを中心にわが国で生産されている堆肥の分析値をとりまとめたものであり、標準的な肥料成分含量を把握する上で参考となる。

なお、平成12年10月1日から改正肥料取締法が施行されたが、販売堆肥については肥料取締法に基づく表示が義務付けられた。その表示すべき成分としては、窒素全量、リン酸全量、カリ全量、炭素窒素比（C/N比）、銅全量、亜鉛全量、石灰全量、水分含有率で、現物または乾物当たりの別を記載するようになっている。

2) 塩類組成と特徴

家畜ふん堆肥には、陽イオン（カチオン）と陰イオン（アニオン）の2種類の水溶性イオンが含まれており、その多くは、肥料成分であるとともに、堆肥のpHやECの値を特徴付ける重要な働きをもつ。表1-2には、牛ふん、豚ふんおよび鶏ふんを主原料とした堆肥に含まれる各カチオンおよびアニオンの含量を示した¹⁾。

各家畜ふん堆肥とも、陽イオンではカリウムイオンがもっとも多く、陰イオンでは塩素イオンであり、家畜ふん堆肥の塩類はこの2種類が主要なものである。畜種別にみると、牛ふん堆肥では硝酸イオン、豚ふんおよび鶏ふんの堆肥ではアンモニウムイオンおよび硫酸イオンがそれぞれ多いのが特徴である。ナトリウムイオンはカリウムイオンの1/5以下と少ない。

堆肥中のカリウムイオンや塩素イオンはもともとふんよりも尿に多く含まれているので、堆肥のEC値を下げるにはふんと尿を分離するとか、堆肥を戻し利用する場合にはその混合割合を可能な限り少なくするなどの工夫が望まれる。また、上述したよ

表1-2 各家畜ふん堆肥の塩類(水溶性イオン)組成

(mg/kg)

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺
牛ふん堆肥	790 ±533	538 ±418	6511 ±4048	726 ±313	120 ±191
試料数19	2174 ±2278	1378 ±1174	14245 ±7712	1718 ±820	231 ±374
豚ふん堆肥	716 ±352	205 ±179	12534 ±3129	1431 ±446	2023 ±1030
試料数19	1084 ±606	290 ±257	18421 ±5649	2066 ±610	3057 ±1898
鶏ふん堆肥	1515 ±1171	781 ±1113	18737 ±3031	2003 ±588	2005 ±1407
試料数12	1911 ±1340	988 ±1408	23866 ±4137	2543 ±761	2498 ±1677

	H ₂ PO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
牛ふん堆肥	819 ±970	3238 ±2333	893 ±765	416 ±402
試料数19	1934 ±2363	7157 ±5132	2250 ±1869	912 ±695
豚ふん堆肥	1155 ±375	5125 ±1367	72 ±168	2640 ±961
試料数19	1685 ±559	7425 ±2119	88 ±195	3889 ±1673
鶏ふん堆肥	864 ±857	7180 ±1768	326 ±1048	5642 ±2887
試料数12	1062 ±939	9190 ±2497	526 ±1719	7214 ±3533

注1) 上段: 現物当たり、下段: 乾物当たりで表示

注2) アンモニウムイオンおよび硝酸イオンはNとして、リン酸イオンはPとして、硫酸イオンはSとして表示

うに、現状におけるEC値の推奨基準値は全中の「5 mS/cm」とされるが、この値を超えた場合の上限値や栽培における利用基準は設定されていない。そこで堆肥を土壤に施用する場合、適正な施用かどうかを判断する目安となる数値データとして、土

壤ECの上昇程度の推定法²⁾(図1-1、群馬畜試)や都道府県ごとに作成されている「農作物施肥基準」等に記載されている土壤EC値の数値等が挙げられるので、それらを参照するとよい。

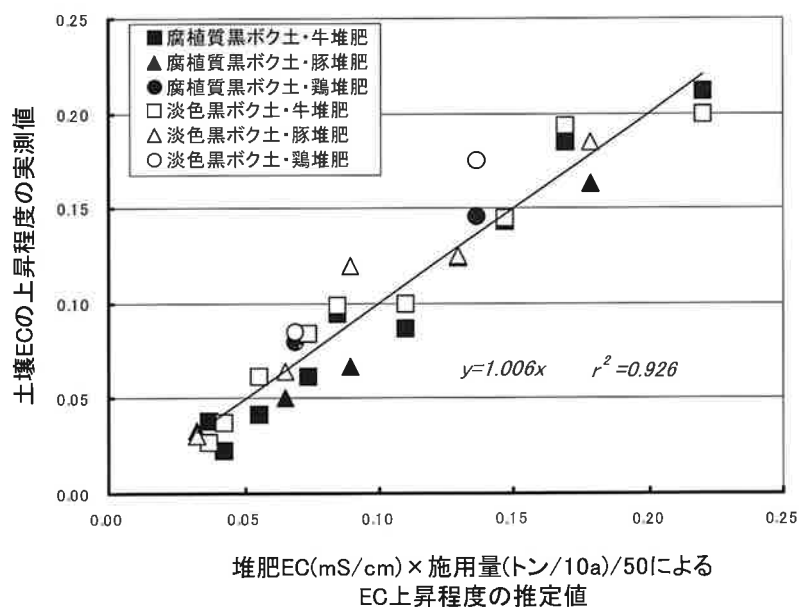


図1-1 堆肥の施用に伴う土壤EC上昇程度の推定値と実測値(mS/cm)

3) 堆肥に含まれる有機物およびケイ酸の特性(組成)評価

一般に、反芻家畜の飼料における消化性の難易の評価法の一つとしてデタージェント分析が使われているが、堆肥に含まれる有機物の特徴の評価にもこのデタージェント分析が有効である³⁾。デタージェント分析により、ADF(酸性デタージェント繊維)、ADL(酸性デタージェントリグニン)およびケイ酸の各含量が得られる。さらに、堆肥全体の乾物含量からADF含量と灰分を差し引くことにより、AD可溶有機物含量が求まる。このうち、ADFは難分解性有機物の指標であり、AD可溶有機物は易分解性有機物の指標となる。また、ADLの分解性はきわめて低い⁴⁾。

表1-3には、各家畜ふん堆肥の有機物組

成測定結果の一例を畜種ごとに示した。難分解性有機物の指標であるADFやADL含量は、牛ふん堆肥で多く、鶏ふん堆肥では少なく、豚ふん堆肥はその中間となっている。豚ふん堆肥で副資材を使った場合には、ADFやADLの難分解性有機物が多く、AD可溶有機物は比較的少ない。逆に、副資材を使わないと易分解性有機物が多くなり、同じ畜種でも、堆肥の製造法により土壌中の堆肥の分解性が異なることが分かる。

表1-4に各家畜ふん堆肥のケイ酸含量の測定結果の一例を示した。堆肥のケイ酸含量は副資材の種類により大きく異なり、モミガラを副資材に使用した牛ふん堆肥はケイ酸含量が高く、水田におけるケイ酸資材(肥料)として利用できる。

表1-3 各家畜ふん堆肥に含まれる有機物組成

		(mg/g乾物)		
	試料数	ADF	AD可溶 有機物	ADL (リグニン)
乳牛ふん堆肥	39	534 ±98	196 ±59	253 ±42
(うち副資材おが屑)	12	588 ±116	172 ±48	273 ±42
(うち副資材モミガラ)	23	513 ±64	207 ±55	248 ±37
肉牛ふん堆肥	27	583 ±105	241 ±94	232 ±63
豚ふん堆肥全体	59	412 ±148	329 ±131	167 ±69
(うち副資材使用)	35	484 ±136	260 ±99	198 ±58
(うち副資材なし)	24	306 ±90	429 ±106	122 ±58
鶏ふん堆肥	12	247 ±61	365 ±98	75 ±28

表1-4 各家畜ふん堆肥のケイ酸含量の一例
(mg/g乾物)

	試料数	ケイ酸
乳牛ふん堆肥	39	135 ± 72
(うち副資材おが屑)	12	86 ± 64
(うち副資材モミガラ)	23	161 ± 52
肉牛ふん堆肥	27	79 ± 70
豚ふん堆肥全体	59	52 ± 54
(うち副資材使用)	35	70 ± 57
(うち副資材なし)	24	25 ± 33
鶏ふん堆肥	12	24 ± 19

2. 堆肥の腐熟度とその判定法

堆肥は作物生産に利用されるため、土壌中での有害ガスの発生、窒素飢餓などの作物障害を取り除くために十分に腐熟させる必要があり、腐熟度の判定が重要である。堆肥の腐熟および腐熟度は、井ノ子・原田によると「腐熟とは、地力の維持・増強を目的として有機質資材を農業利用する場合に、あらかじめその有機物資材を処理して、微生物の作用によりある到達目標まで腐朽させておくことである。この到達目標とは、土壌に施用しても作物の生育障害を起こすことなく、土壌微生物に活動のエネルギーを十分与えて地力を維持し、作物の生産性を高めるような有機成分組成を持つようになるまでである。この目標に達するまでのさまざまな腐熟の程度を腐熟度ということばで表す」とされている。また、この到達目標に達した堆肥を完熟堆肥と呼んでいる。

堆肥の腐熟度の判定法として、温度変化やガス発生量、酸素消費量などを用いた微生物活動からの判定、幼植物やミミズなど

を用いた生物による判定、色や重さなどを用いた物理的判定、化学分析による判定、これらの要因を評点化してその総合点数を用いた総合判定など、これまでに多くの提案がなされている。しかし、これらの方法の中には多くの手間のかかるもの、特殊な器械を用いるもの、分析に長い時間や高度な技術を要するもの、特定の堆肥にしか適用できないもの、原材料の種類や混合割合によって変動が大きいものなどが含まれ、どの有機物にも適用できる確実な判定法はない。多様な堆肥に対する確実さからいえば、数種の評価方法を組み合わせて利用することが最良といえよう。

生産現場では堆肥の腐熟度を簡易に判定することが必要になる。敷料の種類、堆肥の色、臭気、水分、堆積期間、炭素窒素比(C/N比)、EC値などから総合的に腐熟度を判定する基準が提案されているので参考にするとよい。表1-5に原田の一例を示す。現場で簡便かつ迅速に、しかもどのような堆肥にも共通的に適用できる方法の開発が

表1-5 堆肥の腐熟度評価の一例(現場で分かる外観による評点法、原田の方法1984年)

色	堆肥化が進むと腐植酸が生成し、次第に黒褐色になってくる 黄～黄褐色(2)、褐色(5)、黒褐色～黒色(10)
形状	現物の形状をとどめる(2)、かなり崩れる(5)、ほとんど認めない(10)
臭気	ふん臭木屑臭、アンモニア臭を感じれば未熟、硫化水素やメルカプタン (卵腐敗臭、玉ねぎ腐敗臭)は嫌気発酵。完熟は独特の土壌臭。 強いふん尿臭(2)、弱いふん尿臭(5)、堆肥臭(10)
水分	水分70%: 少し強く握ると指の間から水がにじむ(水っぽい)、 (2) 水分60%: 握ると手のひらにかなりつく(しめりつけを感じる)、 (5) 水分50%: 握っても手のひらに余りつかない(少し湿っている感じ)、 (10)
堆肥温度	発酵過程の温度上昇ピークの状況 50℃以下(2)、50～60℃(10)、60～70℃(15)、70℃以上(20)
堆積期間	家畜ふんだけ: 20日以内(2)、20～2ヶ月(10)、2ヶ月以上(20) 作物収穫残渣との混合物: 20日以内(2)、20～3ヶ月(10)、3ヶ月以上(20) 木質物との混合物: 20日以内(2)、20～6ヶ月(10)、6ヶ月以上(20)
切り返し回数	堆積発酵: 2回以下(2)、3～6回(5)、7回以上(20)
強制通気	発酵槽下部通気方式 なし(0)、あり(10)

各基準ごとに採点し、この合計点が30点以下を未熟、31～80点を中熟、81点以上を完熟と評価する。

望まれている。

また最近では、堆肥中の病原菌や雑草種子の残留など、そのリスク管理が重要視されている。病原菌や雑草種子の消長も堆肥化過程での温度上昇と関係があり、病原菌の死滅には「60℃以上の温度で数日間程度」、雑草種子の死滅には「60℃以上の温度で一週間」の条件が必要とされている。したがって、堆肥生産現場では堆肥温度の確認が重要となっている。

堆肥の腐熟は、有機物の微生物による分解で進む。したがって、堆肥の中に有機物、とくに微生物によって容易に分解できる易分解性有機物がどれだけ含まれているかを知れば、堆肥の腐熟度が判定できる。最近、堆肥に含まれる易分解性有機物含有率を微生物による酸素消費量から推定しようとす

る堆肥熟度判定装置「コンポテスター」が開発された。原理的にはBOD(生物化学的酸素要求量)の測定と同様であるが、堆肥(固体)のままでも測れる、測定が約1時間と短いなどの特徴がある。

「コンポテスター」によって易分解性有機物が十分に少なくなっていることがわかっていても、生育阻害物質を含まないとの保証はない。堆肥中の生育阻害物質の有無を知るために、従来よりコマツナ種子を用いた発芽試験が実施されている⁵⁾。これは堆肥を熱水で抽出した液をろ紙をしいたシャーレに加え、3～6日にコマツナ種子の発芽率と根長を調査する方法である。これに対して、堆肥施用基準と土壌水分含有率を勘案して抽出比率を変え、さらに被検液のpHやEC差によるコマツナの根伸長への影響

を排除するために、リン酸緩衝液を添加する改良法が提案されている⁶⁾。

本冊子のもとになる堆肥成分の分析では、堆肥の腐熟度に関連した項目として、「コンポテスター」による酸素消費量およびコマツナ種子の発芽率を取り上げたが、その方法の詳細については第2章で解説する。

3. 堆肥の肥効

1) 堆肥の肥効（とくに窒素の肥効）の意義とその測定法

「環境と調和した農業生産活動規範」（農業環境規範）が平成17年3月に公表され、この規範では堆肥施用などによる土づくりと、作物や環境に適切で効果的、効率的な施肥を行うことを求めている。また、この規範の水準を高めるために示された「施肥基準の策定・見直しの指針」では、堆肥に含まれる肥料成分を勘案した施肥量の決定方法などを示すものとされている。しかしながら、農地利用の促進が望まれる家畜ふん堆肥は、畜種、水分調節資材、堆肥化処理法、腐熟度などによってその肥料成分の含量が多様である。また、特に窒素

では肥効（肥料的効果の発現量と速度）が多様で、評価法の確立が不十分なため、堆肥中の窒素肥効を勘案した施肥量の調整を困難にしている。さらに、最近の特徴として、牛ふん堆肥ではおが屑などの木質系水分調節資材の不足から堆肥の戻し利用が増えていること、「家畜排せつ物法」の施行により雨ざらしによる除塩が期待できないこと、高泌乳化に伴う濃厚飼料の給与量増加などの理由から、肥料成分含量が上昇している（表1-6）。

したがって、堆肥に含まれているこれらの養分を有効活用することは、有機物資源を再利用して循環型社会を形成していく面からきわめて大切なことである。その反面、堆肥中の肥料成分を考慮しないで施用し続けると過剰な肥料成分が土壤に施用されることになり、土壤中の養分が次第に富化して農産物の品質・収量の低下や地下水の硝酸態窒素の汚染を招く恐れがある。そこで、土壤の養分状態を適正に保つために、堆肥中の肥料成分を踏まえた施肥が重要になる。

堆肥に含まれる有機物は微生物によって分解されるが、堆肥中には短期的に分解さ

表1-6 牛ふん堆肥の肥料成分含量の変化

畜種	水分	(肥料成分の単位: 乾物当たり%)				
		窒素 N	リン酸 P ₂ O ₅	カリウム K ₂ O	カルシウム CaO	マグネシウム MgO
1984年	65.5	1.7	1.8	2.0	3.0	0.7
2000年	54.8	1.9	2.3	2.4	3.0	1.0
2005年	52.2	2.2	2.2	2.7	3.7	1.4

備考:

水分は現物当たり、肥料成分は乾物当たりの数値である。

1984年の数値: 草地試験場資料No.58-4より引用作成

2000年の数値: 農業研究センター資料No.41より引用作成

2005年の数値: 畜産環境整備機構・畜産環境技術研究所資料より引用作成

れる有機物と分解されにくい有機物が含まれている。窒素成分については、この両者を区分して評価する必要があるが、飼料分析に利用されるデタージェント分析法を適用することで、堆肥の易分解性有機物（約1ヶ月以内に分解）と難分解性有機物（約3ヶ月後にも残存）の定量が可能とされているため、それらの窒素評価により緩効的窒素肥効評価法への適用が期待される。また、約4週間以内に作物に利用可能となる速効的窒素の評価手法として、0.5Mあるいは1M塩酸抽出無機態窒素の有効性が指摘されている⁷⁾。

ここで、「肥効」と「肥効率」についてふれておきたい。従来、「肥効」とは肥料効果を総称する言葉で、堆肥養分の作物による吸収利用の割合などを意味する。これに対して「肥効率」は化学肥料養分の利用率に対する堆肥養分の利用率の割合を百分率で表示したもので、堆肥に含まれる養分総量のうち作物に吸収される化学肥料相当養分量の割合と表現されている⁸⁾。窒素成分の肥効率としては、従来牛ふん堆肥で30%、牛スラリーで55%、豚ふん堆肥で50%、乾燥鶏ふんで70%という数値が一般的であったが、最近の研究事例によれば、牛ふん堆肥では20%以下という数値も公表されている⁹⁾。

本冊子では、短期的な可給態窒素含量の評価手法としての30℃、4週間の培養法を採用し、短期的な窒素肥効についてのみ評価することにした。また、肥効は畜種や腐熟度などの影響を大きく受けやすくその変

動が大きいいため、個々の堆肥ごとの肥効評価が重要と判断した。そこで、30℃、4週間の培養で無機態窒素として存在する窒素量を堆肥に含まれる窒素含量で除したものを培養無機態窒素率とし、これを塩酸抽出無機態窒素、その他の堆肥の成分分析値から、精度よく推定する手法を開発した。第5章の表に示した堆肥中窒素の可給態窒素含有率は、推定式により算出した培養無機態窒素率を全窒素含有率に乗じて求めたものである。堆肥の培養無機態窒素率の推定法については、第2章で詳述する。

2) 堆肥中のリン酸およびカリの肥効

リン酸、カリの肥効については、堆肥ごとに明らかにするだけの研究蓄積がないため、一定値を用いることとする。これまでの知見を整理したのが表1-7である。最近、西尾は、リン酸およびカリの肥効率として、畜種の別は設けずに、それぞれ、100および65%の値を提唱し⁸⁾、これらの値は一年生作物全体の平均的な目安として設定している。そのため、化学肥料と代替すべき堆肥の速効的養分を把握するという本冊子の趣旨とは、肥効を発揮する期間の取り方が異なっている。リン酸の肥効率では、100%に近いとする実験事例が多くみられるが、いずれも作物を収穫するまでの肥効率を問題にしており、速効的リン酸の肥効率はこれよりも低いと考えられる。また、カリの肥効率について、西尾は、土壌や灌漑水から供給されるカリが多いので、実際に根に吸収される堆肥のカリの利用率は90

%に達しないと考えるべきとし、事実、かなり低い実験事例が多い。しかしながら、これは実験条件によることであり堆肥中のカリの多くは水溶性の状態が存在するため、カリの供給力が低い土壌条件下では堆肥のカリは高い肥効率を示すと考えられる。最近、コマツナのポット栽培試験で、牛ふんあるいは鶏ふん堆肥のカリの利用率は化学肥料と同等であったと報告されている¹⁰⁾。

表1-7に示すとおり、リン酸の肥効率は20～100%、カリの肥効率は65～90%の範囲に設定されているが、本冊子では、全畜

種とも、リン酸の肥効率を80%、カリの肥効率を90%とすることにした。リン酸の肥効率については速効的なリン酸、また、カリの肥効率については潜在的なカリの利用率を考慮して設定したものであるが、これらの肥効率については今後さらに検討すべきものと考えられる。また、これまでに提案されている窒素を含めた養分の肥効率は、それぞれ設定根拠が異なっており、その根拠をよく理解して適切に用いることが重要である。

表1-7 家畜ふん堆肥のリン酸、カリウムの肥効率

	堆肥の種類		リン酸	カリウム
			P ₂ O ₅	K ₂ O
草地試験場 (1983)	牛	堆肥	60	90
		液状きゅう肥	60	95
	豚 鶏	堆肥	60	90
		乾燥ふん	70	90
北海道 (2004)	乳牛	堆肥	20	70
		液状きゅう肥	40	80
		尿	-	80
千葉県 (2005)	豚ふん・ 牛ふん堆肥	2%未満 ^{a)}	80	90
		2～4% ^{a)}	80	90
		4%以上 ^{a)}	80	90
	鶏ふん堆肥	2%未満 ^{a)}	80	90
		2～4% ^{a)}	80	90
		4%以上 ^{a)}	80	90
西尾 (2006)	全堆肥	2%未満 ^{a)}	100	65
		2～4% ^{a)}	100	65
		4%以上 ^{a)}	100	65

備考

草地試験場(1983): 昭和58年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

北海道(2004): 家畜ふん尿処理・利用の手引き2004(草地用)

千葉県(2005): 環境保全に配慮した施肥基準策定のツール

(家畜ふん堆肥の品質・肥効評価のシステム化と適正施用量の求め方)

西尾(2006): 堆肥の肥効率の検証、農業技術大系土壌施肥編

注) a) 乾物当たりの全窒素含有率%

文 献

- 1) 小柳 渉・安藤義昭・水沢誠一・森山則男：家畜ふん堆肥中の塩類組成の特徴、土肥誌、75、91～93 (2004)
- 2) 山田正幸・高橋朋子・鈴木睦美・浦野義雄：家畜ふん堆肥施用による土壌電気伝導率の上昇程度を推定する方法、平成12年度関東東海農業研究成果情報、168～169 (2000)
- 3) 小柳 渉・安藤義昭：家畜ふん堆肥中易分解性有機物、難分解性有機物とその指標、平成16年度関東東海北陸農業研究成果情報（中央農業総合研究センター）、I、230～231 (2005)
- 4) 小柳 渉・安藤義昭：デタージェント分析法による家畜ふん堆肥の分解性評価、日本土壌肥料学会講演要旨集、52、159 (2006)
- 5) 藤原俊六郎：熱水抽出法による幼植物検定法、堆肥等有機物分析法（日本土壌協会）、214～215 (2000)
- 6) 原 正之：堆肥の安全施用のための発芽試験改良法、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル、25～27 (2004)
- 7) 矢野秀治・棚橋寿彦：家畜ふん堆肥からの塩酸抽出の有用性、土肥要旨集、50、161 (2004)
- 8) 西尾道徳：堆肥の肥効率の検証、農業技術体系土壌施肥編有機物利用、追録第17号第5－1巻、p.畑162の8～畑162の15、農文協、東京 (2006)
- 9) 郡司掛則昭：果菜類に対するペレット堆肥施用の基本と現場利用、たい肥コーディネータ養成研修講義・実習テキスト（4）、財団法人農業技術協会、52～68 (2006)
- 10) 新潟県畜産研究センター：土壌塩類集積を低減する家畜ふん堆肥の利用技術、新潟県農業総合研究所畜産研究センター、平成17年度新潟県農林水産業研究成果集、p.27～28、新潟県農林水産部、(2006) (<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika05/hukyu/14/050114.html>)

第2章 堆肥の腐熟度および肥効の簡易推定法

1. 堆肥腐熟度の簡易推定法

1) 酸素消費量測定による易分解性有機物含量の簡易推定法

家畜ふん尿を腐熟させて堆肥にする目的には、ふん尿の汚物感をなくし、悪臭をできるだけ出ないようにし、水分を飛ばして取り扱いやすくするなどの物理性の改善もあるが、作物に施用しても害がない程度にまで易分解性有機物を分解し、また、作物の発芽や生育阻害物質をなくすことがきわめて重要である。易分解性有機物が多量に残っている未熟堆肥を畑に施すと、土壤中で有機物の分解が急激に起こり、作物に害を与える恐れがある。

そこで、堆肥の中にどれだけの易分解性有機物が含有されているかが簡単に数値で示される堆肥の熟度判定器「コンポテスター」を開発した¹⁾。

(1)「コンポテスター」の原理と特徴

堆肥の発酵は微生物による易分解性有機物の分解が進むが、堆肥が未熟で多量に易分解性有機物があれば分解も盛んで、それにともない多量の酸素を消費する。同時に分解熱が出るため、発酵初期には堆肥の品温は70℃以上になるのが普通である。ところが、堆肥の腐熟が進み、易分解性有機物が少なくなると、酸素消費量は低くなる。このことに着目して、酸素消費量から堆肥に含まれる易分解性有機物含量を推定しようとするのが「コンポテスター」である。

写真2-1にあるような金属製のポットに堆肥のサンプル50gを入れる。容器の容積は約500mLである。上の蓋にはパッキンがついており、蓋を閉めると密閉されるようになっている。温度を35℃に保つためにアルミブロックのヒーターを使っている。サンプルを入れた容器をセットして蓋を閉めると、容器内の酸素濃度は時間とともに

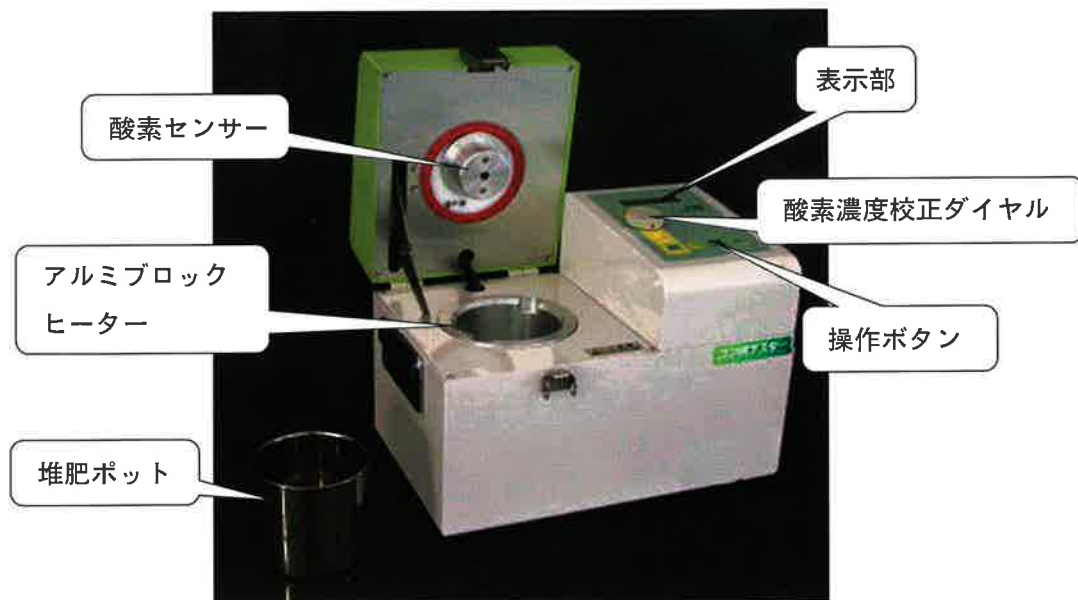


写真2-1 堆肥熟度判定器「コンポテスター」

直線的に低下する（大気中では約20.8%、内蔵酸素センサで変化を連続測定）。堆肥が未熟のうち、この直線の下がり方（勾配）は急であるが、堆肥の腐熟が進むと勾配は緩やかになる。したがって、この勾配から堆肥の易分解性有機物の含量がわかるが、本装置では、堆肥1g、1分間あたりに消費される酸素量が μg で数値として表示される。未熟堆肥では10以上の高い数値になるのが普通であるが、腐熟が進むとこの数値は下がり、極端な場合にはゼロという堆肥もある。1サンプルの測定に要する時間は、堆肥の加温に30分、測定で30分の約1時間で、「加温」、「スタート」および「リセット」（連続して測定する場合）を押すだけで誰がやっても同じ値が得られる。手元に恒温水槽や孵卵器等があって、前もって35℃で保温できれば「加温」時間は省略できるので、測定時間はほぼ半分の30分に短縮できる。必要なものは堆肥サンプルだけで、薬品等は一切必要ない。

(2)「コンポテスター」の使用法

①堆肥サンプルの水分調整

本法は好気性微生物による酸素消費量を測定するものであるから、微生物が働く環境を整える必要がある。とくに、適度な水分調整が重要で、堆肥の種類によって最適水分含量は異なるが、一般に60%程度であればよい。水分が40%以下になると、たとえば未熟堆肥であっても、酸素消費量は1かゼロときわめて低くなる。

水分含量が低い堆肥サンプルでは、底の

浅いバットに50g程度秤取り、これに徐々に水を加える。強く握って指の間から水がにじみ出る程度が丁度よい。機器による水分測定は必要ない。サンプルによっては、内部まで水がしみ込み難いので、時間を掛けてゆっくりと加水する。

②水分が多過ぎるサンプルの取り扱い

握ると水が滴るような堆肥は、「堆肥」とは呼べないが、どうしても酸素消費量を測定したい場合にはおが屑を混ぜて調整し、その50gを供試する。嫌気状態になっていた可能性があるから、次に述べる加水で水分調整したサンプルと同様に1昼夜以上は貯蔵してから測定する。

③水分調整したサンプルの貯蔵

適度の水分含量の堆肥であれば採取後直ぐに「コンポテスター」での測定ができるが、水分含量が低く、加水した水分調整サンプルでは、調整後直ぐには測定できず24～48時間は貯蔵する必要がある。水を加えて水分調整しても直ぐには微生物の活性が戻らないからである。水分調整後のサンプル50gを測定容器に入れ、貯蔵は室温でよいが、35℃の恒温器で貯蔵すれば測定での「加温」は必要ない。

なお、貯蔵中はできるだけ水分が飛ばないように付属の金属製の蓋、あるいは二重にしたアルミ箔で覆う。ラップフィルムでしっかり密閉してしまうと容器内部が嫌気状態となり、異常値が出るのでこれは避ける。

④酸素消費量の測定

「コンポテスター」の取扱説明書にした

がって測定すれば問題はない。反復測定の誤差はほとんどないが、できればサンプルを2反復供試するとよい。これによりサンプリング誤差が防げる。

(3) 「コンポテスター」のデータの読み方

堆肥の酸素消費量が正しく測定されたとして、その結果を堆肥の熟度とどう結びつけるかがもっとも重要である。酸素消費量がいくつになればもう大丈夫なのかということである。堆肥の熟度を判断する上での確立された指標があれば、それとの関係から判断することができるが、残念ながらこれまでのところそのような信頼にたる指標はほとんどなく、せいぜい、確実なのは堆肥の品温の変化である。

堆肥を堆積してから数日以内には70°C程度の高温になる。これは微生物が活発に活

動して易分解性有機物を盛んに分解（燃焼）させている証拠である。少し温度が下がっても、切り返しを適切に行えばまた元の温度に戻る。このような状況がしばらく続いた後、堆肥は切り返しても高温に戻らなくなるが、高温を保持するだけの易分解性有機物が堆肥の中になくなったことを意味する。この時点で、堆肥は高温発酵から安定期（後熟期ともいう）に移行したことになる。安定期に入っても有機物がまったく分解されないということではなく、徐々に分解されるため堆肥の品温は環境温度よりもわずかに高く推移する。しかしながら、このような安定期に入った堆肥であれば土壌に還元しても、易分解性有機物が少なくなっているため、有機物が急激に分解されそれが作物に害を与えるようなことはないと考えられている。

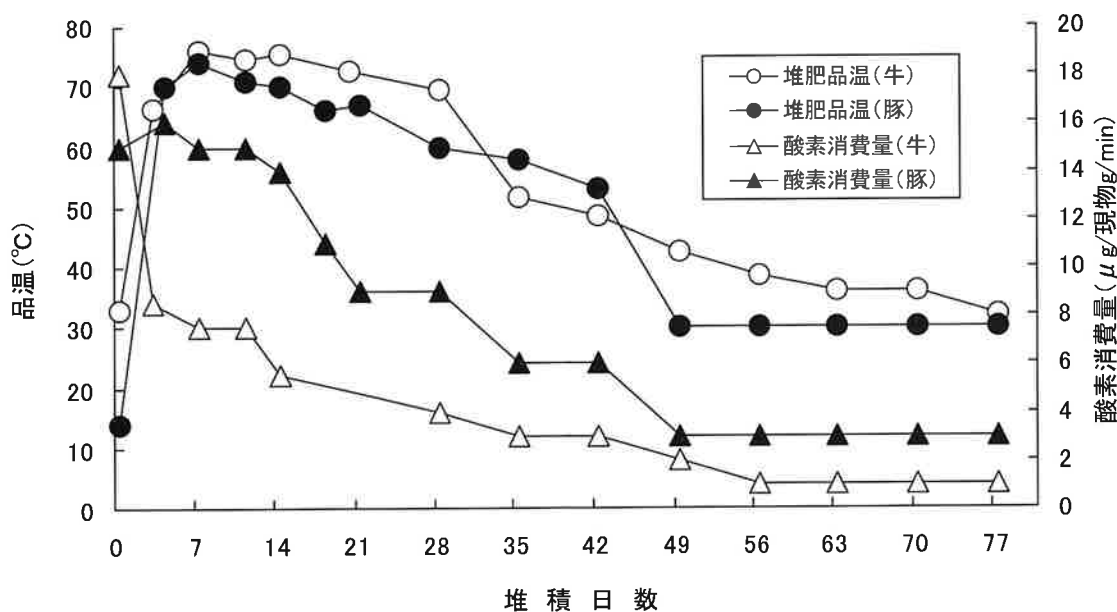


図2-1 堆肥の品温と酸素消費量の経時変化(古谷ら、2003)

したがって、堆肥が安定期に入ったときの酸素消費量がいくつ位になっているかを把握すれば、安全に施用できる基準ができる。図2-1には、乳牛ふんおよび豚ふんにおが屑を副資材として用いた場合の堆肥化実験装置による結果を示した。牛ふん堆肥では、高温発酵はほぼ35日目までに終了し、その後品温は緩やかに下降して安定期に移行し、また、豚ふん堆肥では、42～49日で高温期から安定期に移行したと考えられる。酸素消費量の経時変化をみると、牛ふん堆肥では3日目に急激な減少がみられその後漸減したのに対して、豚ふんでは初期の急激な減少はみられずに直線的に減少したことの違いはあるが、堆肥の高温発酵が終了したと判断される時点での酸素消費量はいずれの堆肥でも3程度であった。この結果から、「コンポテスター」の測定値が3以下になれば、土壤に施用しても有機物の急激な分解が起こらない程度にまでは易分解性有機物が消失されているものと判断でき

る²⁾。

図2-2は、全国の堆肥センターで生産された堆肥624点の酸素消費量を調べた結果である³⁾。大部分は3以下であったが、10以上の堆肥も散見され、23という高いものも見られた。酸素消費量が10を超える堆肥は、水を加えると再び発酵を始めて熱を持つような「未熟」堆肥と考えてよい。10以上の堆肥は全て鶏ふんあるいは豚ふん堆肥であったが、牛ふん堆肥でも8というものが3点あったので油断はできない。安心して使ってもらえる堆肥の生産には「コンポテスター」でのチェックが欠かせない。

(4)「コンポテスター」活用の留意点

測定前の水分調整とその貯蔵方法および時間をもっとも重要であるが、その他の留意点を述べる。

①高温発酵時の堆肥の酸素消費量は直ぐには測れない

高温発酵している堆肥は未熟に決まって

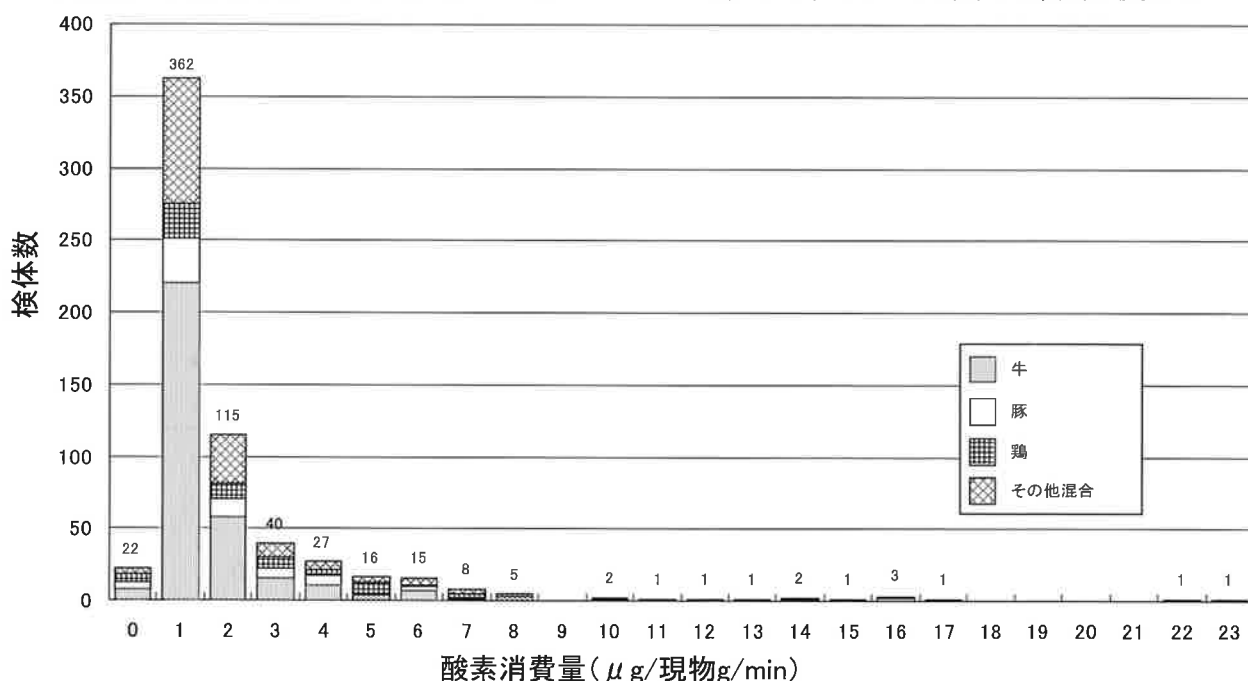


図2-2 「コンポテスター」による堆肥の酸素消費量の実態調査(624検体)

いるし、あえて測る必要もないが、図2-1の実験のようにどうしても測りたいということがある。高温発酵中の堆肥の酸素消費量はゼロか1程度である。「コンポテスター」は35℃で働く中温菌が頼りであるが、その中温菌は高温発酵時には死滅あるいは不活性化されているから、いきなり35℃に戻されても暫くは働けない。高温発酵時の堆肥を採取して35℃に保っておくと、徐々に活性が回復し、酸素消費量は6日目に漸くプラトーに達したという結果を得ている(古川ら、2002)。この活性の回復は、完熟に近い、酸素消費量が1程度の堆肥を数g「種菌」として添加すると早まる。

②堆肥熟度は酸素消費量だけで判定できるか

厳密に言えばできない、というのが結論である。堆肥の腐熟の目的の一つは易分解性有機物を少なくするというので、これは、酸素消費量が正しく測定されれば評価できる。しかし、もう一つの腐熟の目的である作物に対する生育阻害物質をなくすことについては、発芽試験なり幼植物試験でその存在の有無を確認する必要がある。ただ、これらの判定法は時間と労力が掛かるため、現場ではほとんど実施されておらず、堆肥が安定期に入ればこれらの生育阻害物質も少なくなっているはずだとしているのが現状である。この点で、生育阻害物質の有無の簡易判定法の開発が望まれる。

③「コンポテスター」の測定に「種菌」の添加は必要ない

土壤中で堆肥の有機物が急激に分解する

かどうかの判定が目的であれば、土壤中の微生物を「種菌」として使うべきではないかとの指摘もあるが、個々の堆肥の堆肥化過程では、その堆肥の基質(易分解性有機物の種類は実に様々)や固有の条件にふさわしい微生物が活躍している、あるいは活躍したのであり、外からあえて微生物を加える必要はないと考えられる。それが置かれた条件に合った微生物が繁殖するのが道理であり、それに合致する微生物はどこにでもいるはずだというのが基本的な考えである。しかしながら、前述のように、高温あるいは嫌気状態で好氣的に働く中温菌が死滅あるいは不活性化している場合は別で、その場合には「種菌」の添加は有効である。

なお、「コンポテスター」は(財)畜産環境整備機構および富士平工業(株)による共同研究で開発されたものである。

文 献

- 1) 古川智子・伊藤 稔・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報、第5号、55～57(2002)
- 2) 古谷 修・古川智子・伊藤 稔：堆肥化過程における堆肥品温と堆肥腐熟度判定のための酸素消費量との関係、土肥誌、74、645～648(2003)
- 3) 畜産環境整備機構：簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業「堆肥の品質実態調査報告書」、(財)畜産環境整備機構、東京(2005)

2) 発芽試験による腐熟度判定法

堆肥に含まれる易分解性有機物は「コンポテスター」による酸素消費量の測定によって把握することができるが、作物の生育阻害物質はそれによって評価することはできない。この生育阻害物質を簡易に評価する方法の一つとして、従来よりコマツナの発芽試験が行われている。

(1)堆肥抽出液の調製

堆肥の抽出液は、以下のようにして調製する。

- ①乾燥堆肥 5 g相当量の現物堆肥を250mL容のポリビンに秤取る。
- ②純水100mLを加えて、蓋をして30分間振とうする。
- ③振とう後、5分間静置する。
- ④ガーゼ2枚を重ねてろ過し、堆肥抽出液とする。

(2)シャーレ中へのコマツナの播種

シャーレに敷いたろ紙上にコマツナ（ここでは、品種「楽天」を用いる）の種子を50粒播種するが、種子を並べる手間が掛かるため、ドット状粘着剤付発芽シート（富士平工業（株）より「たねピタ!」として市販されている）を使うのが便利である。

- ①発芽シートから保護紙を剥がし取り、コマツナの種子をふりかけ、種子が全体に行きわたるように前後左右に揺り動かす。
- ②種子がドット状粘着剤に均一に行きわたった後、ピンセットで余分な種子を取り除く。

- ③播種済みの発芽シートをシャーレ中に敷き、堆肥抽出液10mLを添加する。対照区として、純水10mLを添加する。なお、堆肥試料は2反復で実施する。
- ④シャーレに蓋をする。

(3)コマツナの発芽の評価

- ①シャーレを室温で3日間保持し、「双葉が出た状態」の種子を発芽と認め、計数する。
- ②発芽率は、純水を用いた対照区に対する割合（％）で表すが、100％を超えた場合には100％とする。

注：堆肥の抽出液の調製は、純水を加えて30分間振とうする山口の方法¹⁾に準拠して行ったが、抽出法には、この他に、沸騰水を加えて1時間放置とか、60℃温浴中で3時間置き、30分程度煮沸して熱水抽出などの方法があり²⁾、抽出方法によって成績が異なることがあるので、抽出方法を明記する必要がある。

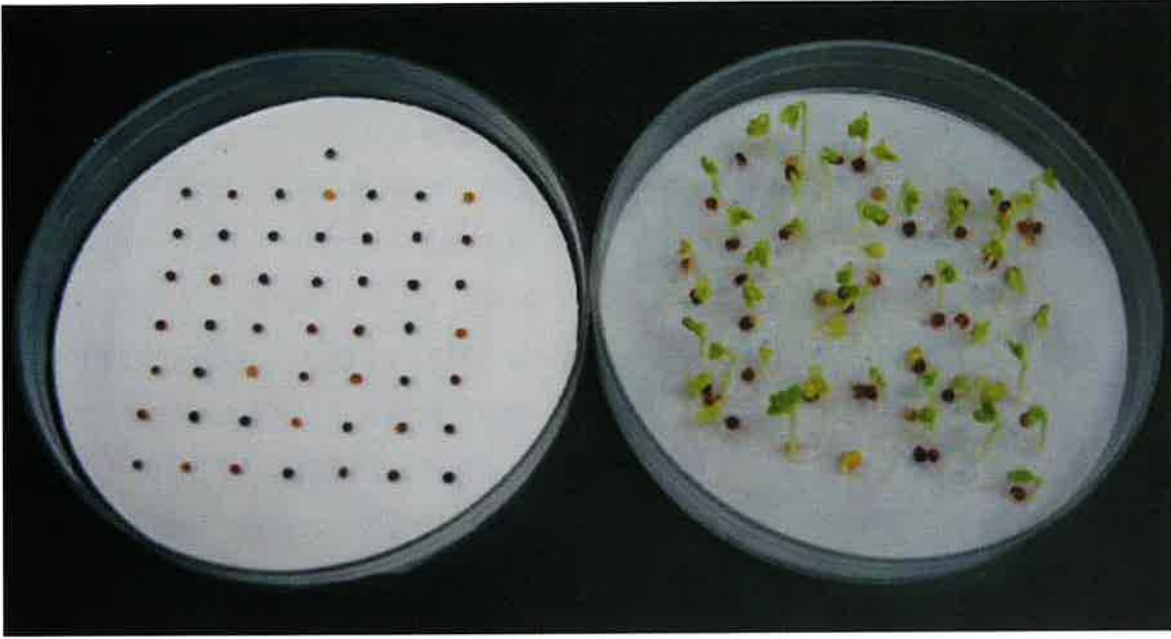


写真2-2 発芽試験に用いた発芽シートへのコマツナの播種状況（左）と発芽状況（右）

文 献

1) 山口武則：簡易発芽試験、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル（農林水産技術会議事務局および農業・生物系特

定産業技術研究機構編）、23～24（2004）

2) 日本土壌協会：堆肥等有機物分析法、（財）日本土壌協会、214～216（2000）

2. 堆肥の窒素肥効の簡易推定法

堆肥に含まれる窒素のうち、化学肥料に相当する速効性窒素は、堆肥の30℃、4週間の培養による無機態窒素率から推定するのが一般的であるが、測定には、手間と時間が掛かる。そこで、堆肥の成分分析から培養無機態窒素率を精度よく推定できる手法を開発した。

1) 堆肥の分析項目と培養法による無機態窒素率の測定

堆肥の一般分析項目のうち、堆肥窒素の無機化に関係すると考えられる、水分、灰分、pH、電気伝導率（EC）、全窒素、全炭素、C/N比、発芽率、「コンポテスター」による酸素消費量の9項目に、塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分であるアンモニア態窒素と硝酸態窒素を加えた12項目を用いた。

全国の堆肥センター等で生産された、乳牛ふん堆肥33点、肉牛ふん堆肥34点、豚ふん堆肥32点、採卵鶏ふん堆肥35点、ブロイラーふん堆肥15点および複数の畜種からなる混合堆肥48点の合計198点の堆肥について、上記12項目の分析を行うとともに、培養法によって無機態窒素率を実測した。

培養は土壤の可給態窒素の測定法に準じた方法¹⁾によった。風乾した褐色低地土100gに、堆肥試料を全窒素量が50mg含ま

れるように加え、100mL容の培養ビンに入れ、培養時の土壤水分は最大容水量の60%、培養温度は30℃、培養期間は4週間とした。培養終了後、2MKClで抽出し、無機態窒素（アンモニア態および硝酸態窒素）を測定した。培養試験には、堆肥を添加しない対照区を設け、対照区の培養後の無機態窒素量をブランクとして、下式によって培養後の無機態窒素率を算出した。

その結果得られた各畜種における培養無機態窒素率の変動幅と平均値を表2-1に示した。培養無機態窒素率は、同一畜種内でもかなりばらつきがみられたが、平均値は、乳用牛ふん堆肥、肉用牛ふん堆肥、豚ふん堆肥、採卵鶏ふん堆肥、ブロイラーふん堆肥および混合畜種ふん堆肥で、それぞれ、6.8、11.9、15.9、17.8、15.1および11.1%ときわめて低かった。また、ブロイラーの場合を除き、マイナスを示すものが数点あった。これは、30℃、4週間の培養で無機態窒素が微生物に取り込まれて有機化したことを示している。

従来、家畜ふん堆肥等の窒素の肥効率として、牛ふん堆肥では30%、豚ふん堆肥は50%、乾燥鶏ふんは70%という数値が広く用いられている²⁾が、この肥効率は、ここで問題にしている4週間よりも長い期間を対象にしているものと考えられる。これまでに報告されている30℃、4週間培養にお

培養無機態窒素率 (%)

堆肥添加区の無機態窒素量 (mg) — ブランクの無機態窒素量 (mg)

=

堆肥の窒素供試量 (mg)

表2-1 家畜ふん堆肥の培養無機態窒素率の実測値

畜種	試料数	培養無機態窒素率の実測値		
		変動の範囲	平均値	標準偏差
乳用牛	33	-4.9 ~ 14.8	6.8	4.7
肉用牛	34	-5.6 ~ 35.5	11.9	8.3
豚	32	-3.2 ~ 35.5	15.9	9.3
採卵鶏	35	-0.6 ~ 35.2	17.8	9.1
ブロイラー	15	3.7 ~ 36.5	15.1	8.7
混合	48	-8.0 ~ 23.3	11.1	6.9

ける培養無機態窒素率として、荒巻ら³⁾は、乳用牛ふん堆肥、肉用牛ふん堆肥、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の培養無機態窒素率は、それぞれ、11.5、17.3、21.1および23.7%であったとしている。これらの値は、本試験で得られた結果よりもいずれの畜種においても高いが、大きな違いはなく、従来用いられている肥効率と比べてはるかに低い。棚橋・矢野は、豚ふん堆肥の4週間培養後の無機態窒素率は15~35%程度である⁴⁾とし、また、副資材なしの鶏ふん堆肥について縦型密閉堆肥化装置では40%を越えることがあるが、ロータリー式の堆肥化施設で生産した鶏ふん堆肥では10~20%が多い⁵⁾としている。さらに、原⁶⁾は、30℃、4週間培養による鶏ふん堆肥の無機態窒素率は、攪拌堆肥化方式で全窒素含量(乾物中)が2~3%の場合は25%程度であり、縦型密閉方式では全窒素含量が3~5%の場合は30~50%程度であるとしている。日高ら⁷⁾は、乾燥鶏ふんおよび鶏ふん堆肥の

4週間培養後の無機態窒素率は平均19%であったとしている。

このように、いずれの報告においても、30℃、4週間の培養で存在する堆肥由来の無機態窒素量は、従来の肥効率²⁾に基づく窒素量よりもかなり低い。30℃、4週間培養による無機態窒素が、化学肥料に相当する速効性窒素であるとする、従来の高い肥効に基づく堆肥の施用では、作物の初期生育に支障が生じる恐れがある。そのため、堆肥の施用に当たっては、個々の堆肥の培養無機態窒素率に基づいて化学肥料の窒素成分を削減するのが合理的と考えられる。

しかしながら、堆肥に含まれる窒素で、速効的な部分はむしろ少なく、緩行性(遅効性)窒素が多くを占める。これらがどのように無機化され、また、有機態窒素として土壤に蓄積されるかは重要な研究課題であるが、一方では、定期的な土壤分析によって可給態窒素を把握し、施肥設計に生かすことが必要であると思われる。

2) 培養無機態窒素率推定のための重回帰式とその推定精度

(1) 12項目の分析値の重回帰式による推定

堆肥培養後の無機態窒素率を従属変数 (y)、12項目の成分分析値を説明変数 ($x_1 \sim x_{12}$) として重回帰式を求めた。表2-2には、畜種ごとに算出した重回帰式とともに、それぞれの重回帰式における決定係数 (R^2) と推定精度 (RSD、回帰からの残差の標準偏差) を示した。また、図2-3には、各畜種で、重回帰式によって推定した培養無機態窒素率 (横軸) と実測値 (縦軸) との関係を示した。

表2-2によると、全畜種のうちで推定精度が高かったのは乳用牛およびブロイラーの場合で、RSDはそれぞれ2.4および2.6%であった。ついで、豚の3.5%で、採卵鶏、

肉用牛、混合畜種の場合は4%を超えたが、いずれの畜種とも目標とした5%以下となった。RSDが5%以下であるということは、培養無機態窒素率の推定値 (%) $\pm 5\%$ の範囲内に、確率的に約67%以上が入るということの意味しており、実用的には十分な精度と考えられる。

(2) 9項目あるいは8項目の重回帰式による推定

第5章の表で集計した堆肥には、12項目の分析値が揃っておらず、塩酸抽出無機態窒素およびそれを構成する2成分、さらに「コンポテスター」による酸素消費量の分析値が欠損しているものが多かった。そのため、これらの堆肥については、欠損した分析値を除いた9項目あるいは8項目を用

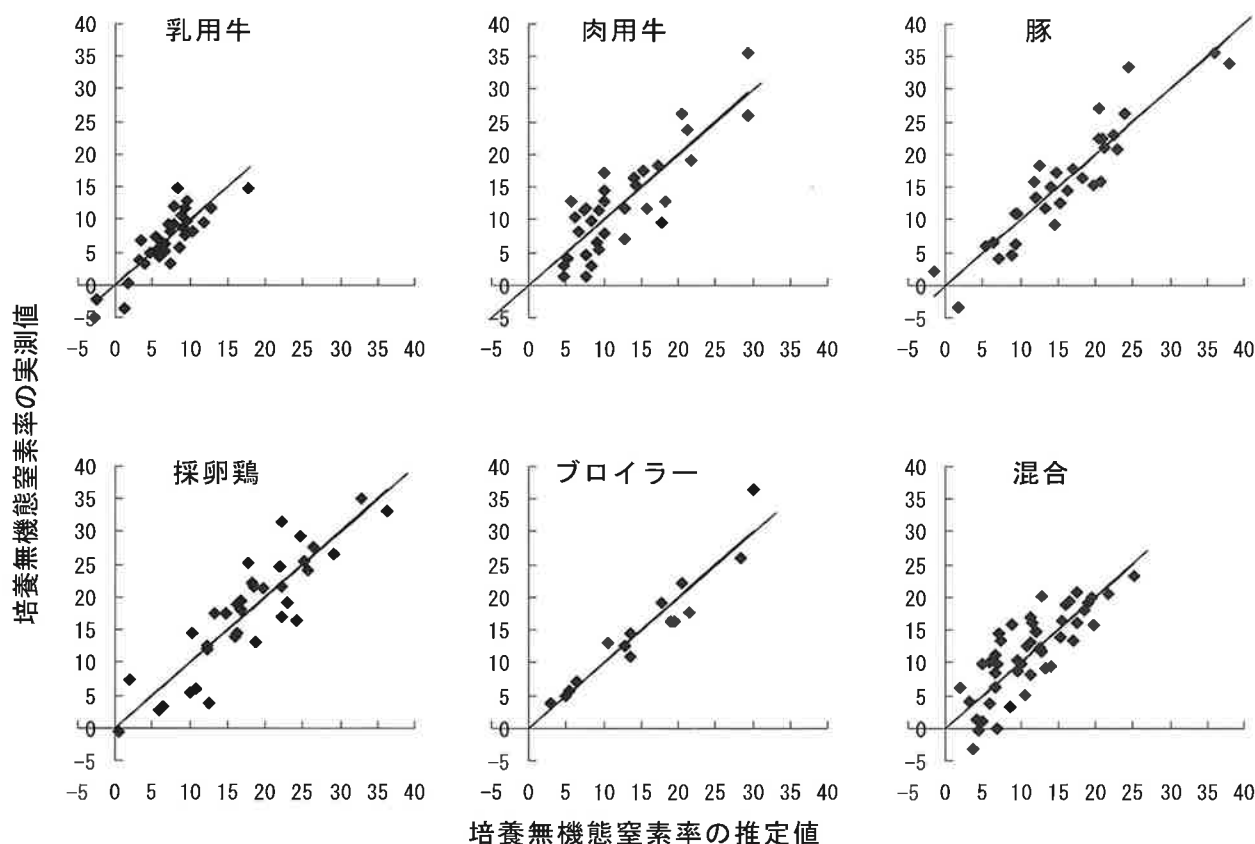


図2-3 各種家畜ふん堆肥における30℃、4週間培養後の培養無機態窒素率 (%) の実測値と12項目による重回帰式推定値との関係

いた重回帰式を別に求めて、その式から培養無機態窒素率を推定した。表2-2には、各畜種における9項目および8項目に基づく重回帰式およびその決定係数、RSDについても示した。RSDをみると、豚の場合は、9項目および8項目では、それぞれ、6.9および8.2%と大きくなったが、その他の畜種では、いずれも6%以内に収まった。

3) 可給態窒素含量の算出

第5章の堆肥成分表の培養無機態窒素率は、これらの方法に基いて算出されたものである。可給態窒素含量は、堆肥の全窒素含量にこの培養無機態窒素率を乗じると求まる。

4) 重回帰式を鶏ふん堆肥に適用する場合の留意点

鶏ふんには尿が含まれるため、窒素(尿酸)が多い。新鮮鶏ふんの中の窒素の40~70%は尿酸態窒素とされ、土壤に施用されると急速に無機化されて作物に利用される。最近、この特徴を生かして、できるだけ尿酸を残存させるようにした成型堆肥が生産されている。このペレット化鶏ふん堆肥は、窒素含量が高いばかりではなく、肥効率も約70%ときわめて高いとされる。これに比較して、表2-1に示した鶏ふん堆肥の培養無機態窒素率は主として従来の鶏ふん堆肥を対象にしたものであるため、きわめて低い値になっている。このような特別な製法によって生産された高窒素含有鶏ふん堆肥に、ここで得られた重回帰式を当てはめる

ことができるか否かについては今後の検討を要する。原らは⁶⁾、鶏ふん堆肥の尿酸態窒素量と可給態窒素量には高い相関を認めており、このような鶏ふん堆肥に対しては、尿酸含量の測定が有効である。

文 献

- 1) 日本土壤協会：堆肥等有機物分析法、p.45~48、(財)日本土壤協会、東京(2000)
- 2) 島倉健次：施用基準、家畜ふん尿処理利用研究会会議資料、No.58-2、p.45~49、草地試験場(1983)
- 3) 荒巻幸一郎・山本富三・小山 太・渡邊敏朗・荒木雅登・満田幸恵：家畜ふん堆肥の種類と窒素無機化率、福岡県農業関係試験研究の成果(平成17年度後期)、59~60(2005)
- 4) 棚橋寿彦・矢野秀治：豚ふん堆肥の窒素無機化特性と肥効推定法、平成14年度関東東海北陸農業研究成果情報、No.293(2002)
- 5) 棚橋寿彦・矢野秀治：鶏ふん堆肥の窒素含量に基づく肥効推定法、土肥誌、75、257~260(2004)
- 6) 原 正之・村上圭一・藤原孝之：鶏ふん堆肥の肥効評価と制御に関する研究(第1報)、尿酸分析による可給態窒素量の迅速推定法、日本畜産学会第100回大会講演要旨集、92(2002)
- 7) 日高秀俊・新妻成一・大澤元成・久保省三：各種鶏ふんの窒素無機化量の簡易評価法、土肥誌、75、21~28(2004)

表2-2 培養無機態窒素率を推定するための重回帰式および推定精度

測定項目	決定係数	RSD	重回帰式
乳用牛(33件)			
一般分析項目 9項目	0.35	3.8	$Y = -0.04402x_1 + 0.2653x_2 - 2.384x_3 - 1.744x_4 + 3.41x_5 + 0.4643x_6 - 0.2694x_7 - 0.1473x_8 - 0.7558x_9 + 26.33$
酸素消費量を除く8項目	0.32	3.9	$Y = -0.02451x_1 + 0.2849x_2 - 3.143x_3 - 1.274x_4 + 1.705x_5 + 0.519x_6 - 0.276x_7 - 0.1556x_8 + 29.94$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.73	2.4	$Y = 0.07806x_1 + 0.245x_2 + 1.659x_3 - 1.16x_4 - 11.66x_5 + 1.287x_6 - 1.518x_7 + 0.003314x_8 - 0.3345x_9 + 376.8x_{10} - 370.3x_{11} - 372.2x_{12} - 13.78$
肉用牛(34件)			
一般分析項目 9項目	0.57	5.4	$Y = 0.2655x_1 - 1.754x_2 - 0.5502x_3 + 4.296x_4 - 20.07x_5 - 2.188x_6 - 2.037x_7 + 0.08913x_8 - 0.1789x_9 + 178$
酸素消費量を除く8項目	0.57	5.4	$Y = 0.2723x_1 - 1.761x_2 - 0.5665x_3 + 4.357x_4 - 20.87x_5 - 2.16x_6 - 2.101x_7 + 0.07827x_8 + 180.2$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.74	4.2	$Y = 0.07309x_1 - 0.7255x_2 + 2.976x_3 + 0.03879x_4 - 25.68x_5 - 0.2768x_6 - 1.843x_7 + 0.3234x_8 + 1.116x_9 + 135.2x_{10} - 132.8x_{11} - 133.9x_{12} + 57.59$
豚(32件)			
一般分析項目 9項目	0.45	6.9	$Y = -0.1342x_1 - 1.877x_2 - 0.5251x_3 - 0.1564x_4 - 5.897x_5 - 2.547x_6 - 2.246x_7 - 0.04582x_8 - 1.336x_9 + 229.1$
酸素消費量を除く8項目	0.22	8.2	$Y = -0.2026x_1 - 1.224x_2 - 1.929x_3 - 0.3513x_4 - 0.8858x_5 - 2.059x_6 - 0.2777x_7 - 0.05386x_8 + 164.4$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.86	3.5	$Y = -0.3025x_1 - 1.191x_2 + 2.199x_3 - 0.9511x_4 - 4.663x_5 - 1.958x_6 - 0.2799x_7 - 0.1323x_8 - 0.6512x_9 + 104.2x_{10} - 100.2x_{11} - 102.8x_{12} + 143$
採卵鶏(35件) 異常値2件除外+10件			
一般分析項目 9項目	0.65	5.4	$Y = 0.6372x_1 + 0.6801x_2 + 1.74x_3 - 1.029x_4 + 16.12x_5 + 0.3529x_6 + 0.3624x_7 + 0.177x_8 - 0.401x_9 - 109.9$
酸素消費量を除く8項目	0.63	5.5	$Y = 0.5989x_1 + 0.6093x_2 + 1.27x_3 - 0.826x_4 + 16.19x_5 + 0.02417x_6 + 0.576x_7 + 0.1848x_8 - 99.04$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.79	4.2	$Y = 0.4517x_1 + 0.07358x_2 + 1.917x_3 - 2.625x_4 + 15.48x_5 - 1.614x_6 + 1.675x_7 + 0.5949x_8 + 0.1364x_9 + 10.51x_{10} - 51.75x_{11} - 6.552x_{12} - 84.44$
アヒ(15件)			
一般分析項目 9項目	0.89	2.9	$Y = -0.1888x_1 + 0.1202x_2 - 3.561x_3 - 2.038x_4 + 16.75x_5 + 0.4138x_6 + 2.082x_7 + 0.1212x_8 + 0.2068x_9 - 49.13$
酸素消費量を除く8項目	0.87	3.1	$Y = -0.2106x_1 + 0.1017x_2 - 3.454x_3 - 2.426x_4 + 11.49x_5 + 0.8781x_6 + 0.519x_7 + 0.08497x_8 - 22.96$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.91	2.6	$Y = -0.3457x_1 + 1.384x_2 - 8.328x_3 - 5.314x_4 - 9.288x_5 + 5.852x_6 - 8.414x_7 + 0.1395x_8 + 0.1305x_9 + 3.071x_{10} - 49.44x_{11} - 1.849x_{12} - 20.32$
混合畜種(48件)			
一般分析項目 9項目	0.39	5.4	$Y = 0.08104x_1 - 0.7505x_2 + 1.113x_3 + 0.8634x_4 - 10.98x_5 + 0.168x_6 - 2.393x_7 - 0.2025x_8 - 0.6503x_9 + 93.63$
酸素消費量を除く8項目	0.36	5.5	$Y = 0.06661x_1 - 0.8158x_2 + 1.123x_3 + 0.5071x_4 - 10.72x_5 + 0.02546x_6 - 2.3x_7 - 0.174x_8 + 97.17$
塩酸抽出無機態窒素およびその構成成分を加えた12項目	0.64	4.1	$Y = -0.02491x_1 - 0.3792x_2 + 4.463x_3 - 0.07981x_4 - 11.78x_5 + 0.3211x_6 - 1.856x_7 - 0.1297x_8 - 0.3843x_9 - 9.753x_{10} + 14.3x_{11} + 11.58x_{12} + 38.53$

水分、灰分、pH、EC、全N、全C、C/N比、発芽率、酸素消費量、塩酸抽出無機態窒素、硝酸態窒素、アンモニア態窒素
 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$

第3章 堆肥の種類による腐熟度および窒素肥効の特徴

1. 堆肥の種類と腐熟度の特徴

堆肥の腐熟度は、堆肥の品質を評価する上できわめて重要な項目である。腐熟度の測定法には、第1章で述べたとおり、様々な方法が提案されているが、ここでは、堆肥の腐熟（発酵）は有機物の分解で進み、堆積物中に残存する易分解性有機物含量と直接的にかかわっているとの考えから、易分解性有機物含量を「コンポテスター」を用いた酸素消費量によって評価した。また、堆肥の腐熟が進んで易分解性有機物含量が少なくなっても、作物の生育阻害物質が含まれている可能性があるため、コマツナを用いる発芽試験を実施した。

堆肥の腐熟度を評価する項目として、酸素消費量と発芽率について、第5章の表5-1～5-5にもとづいて、堆肥の種類による特徴を述べる。

1) 畜種別堆肥の特徴

表5-1には、畜種別に酸素消費量と発芽率が示されている。酸素消費量は全畜種の平均で2.2となっているが、肉用牛ふん堆肥が1.5ともっとも低く、乳用牛1.7、豚2.7、採卵鶏4.0と続き、ブロイラーが6.2ともっとも高かった。この酸素消費量が3以下であれば、田畑に施用しても急激な有機物分解が起こって作物の生育に害を与えることはないとされているが、ブロイラーや採卵鶏ふん堆肥では平均値でもこの数値を超えていた。

発芽率は、ブロイラーふん堆肥で平均67.5%ともっとも低く、その他の畜種ではいずれも90%以上を示した。

このように、ブロイラーふん堆肥は、一般に、酸素消費量が高く、すなわち、易分解性有機物含量が高く、また、発芽率が低いため、比較的未熟な堆肥が多いといえる。

2) 副資材別堆肥の特徴

表5-2には、副資材別に酸素消費量と発芽率が示されている。副資材の分類としては、複数の副資材を用いた混合がもっとも多く、おが屑やバーク等の木質系副資材がそれに続き、副資材使用せず、モミガラ・ワラ類、「戻し堆肥」と続いている。

酸素消費量がもっとも高かったのが、「戻し堆肥」で平均3.8となり、ついで副資材使用せずも3.2で、これらは腐熟の目安である3を超えていた。他の副資材では、平均は3以下となったが、個別の値で見ると、木質系副資材を使用した場合でも、ブロイラーふん堆肥で22という高い数値がみられた。発芽率では、「戻し堆肥」および使用せずが平均90%以下であったが、他の副資材では平均90%以上となり、酸素消費量が高い副資材ほど、発芽率は低くなる傾向が認められた。

3) 堆肥化処理方法別堆肥の特徴

表5-3には、堆肥化処理方法別に酸素消費量と発芽率が示されている。堆肥化処理

方法としては、堆積型(強制通風式を含む)、機械攪拌型、密閉型および複数の処理方法を用いる複合方式の4種類に分類した。堆肥の点数としては、複合方式がもっとも多く、堆積型が続き、機械攪拌、密閉型の順であった。

酸素消費量は、密閉型で平均4.2と高くなったが、他の処理方法では平均3以下であった。発芽率は、密閉型で平均85%となったほかは、いずれの処理方法とも95%近くになった。密閉型による堆肥発酵では、相対的に未熟堆肥が多いといえる。

4) 畜種と副資材を組合わせた堆肥の特徴

表5-4には、畜種別に、各副資材を用いた場合の酸素消費量と発芽率が示されている。

乳用牛では、複数の副資材を用いた混合がもっとも多く、ついで、木質系副資材、モミガラ・ワラ類であるが、一般的に、酸素消費量は低く、発芽率は高い。副資材使用せずでは、発芽率がやや低い。

肉用牛では、混合が堆肥数としてはもっとも多いが、木質系がつぎに多く、使用せずとモミガラ・ワラ類がほぼ同数である。乳用牛と同様に、いずれの副資材においても、酸素消費量は低く、発芽率は高い。

豚では、混合堆肥について、副資材使用せずの堆肥数が多く、木質系、モミガラ・ワラ類の順である。木質系の副資材で、酸素消費量が高く、発芽率が低くなった。

採卵鶏では、副資材を使用せずの堆肥が

もっとも多く、ついで、「戻し堆肥」、混合の順で、モミガラ・ワラ類や木質系は少なかった。酸素消費量は、「戻し堆肥」で高く、発芽率は供試数が少ないためはっきりしないが、木質系で低くなった。

ブロイラーは、供試堆肥数が27点と少なく、もっとも多い木質系でも11点にとどまったため、明確なことはいえないが、酸素消費量は木質系で高く、発芽率は、使用せずと木質系で低くなった。

混合畜種では、複数の副資材を用いた場合が圧倒的に多く、ついで、木質系、モミガラ・ワラ類、使用せず、「戻し堆肥」が多い。酸素消費量は低く、いずれの副資材でも3以下になったが、発芽率は、使用せずおよび「戻し堆肥」で80%以下と低かった。

全体的に、畜種と副資材を組合わせた影響をみると、木質系は、副資材単独でみた場合は酸素消費量は低く、発芽率は高くなっているが、豚や鶏では、木質系を副資材に使った場合には腐熟に劣る傾向がみられた。

5) 畜種と処理方法を組合わせた堆肥の特徴

表5-5には、畜種別に、各処理方法別を用いた場合の酸素消費量と発芽率が示されている。

乳用牛では、複数の処理方法を用いた堆肥数もっとも多く、ついで、堆積発酵、機械攪拌方式で、密閉型発酵方式は少ない。一般的に、酸素消費量は低いが、密閉型発酵方式でやや高くなっている。発芽率は高

い。

肉用牛では、複合と堆積発酵方式が多く、ついで機械攪拌で、密閉型の事例はなかった。乳用牛と同様に、いずれの処理方式でも、酸素消費量は一般に低かったが、機械攪拌方式でやや高くなった。発芽率は高い。

豚では、複合方式が多かったが、他の方式もかなりみられた。酸素消費量は、堆積発酵方式で高く、平均3.5であった。発芽率は、密閉型発酵および堆積発酵方式で90%以下と低くなった。

採卵鶏では、複合方式について、機械攪拌、密閉型発酵方式が多かった。酸素消費量は、密閉型発酵方式で5.2と高く、機械攪拌でも3を超えた。発芽率は、密閉型発酵方式で84%と低くなった。

ブロイラーは、複合方式と堆積発酵方式が主体であるが、酸素消費量は高く、発芽率は低くなった。

混合畜種では、複合方式が多く、ついで堆積発酵、機械攪拌方式となっており、密閉型発酵方式はほとんどみられなかった。一般に、酸素消費量は低く、発芽率は高い。密閉型発酵方式は、試料数は少ないが、酸素消費量が高く、発芽率は低かった。

全体的には、畜種にかかわらず密閉型発酵方式で、酸素消費量が高く発芽率が低くなる傾向が認められた。

2. 堆肥の種類と窒素肥効の特徴

堆肥の窒素の肥効を30℃、4週間の培養による無機態窒素率から評価することにし、この培養無機化窒素率を第2章で求めた重回帰式により推定した。堆肥の種類ごとに分類して表5-1～5-5に示した。

1) 畜種別堆肥の特徴

表5-1には、畜種別に培養無機態窒素率の平均値および標準偏差を示した。培養無機態窒素率は全畜種の平均で11.0%となっているが、乳用牛ふん堆肥が5.5%ともっとも低く、混合畜種10.8%、肉用牛11.0%、ブロイラー12.4%、豚15.3%と高まり、採卵鶏が19.8%でもっとも高かった。これらの畜種別の培養無機態窒素率は、第2章の表2-1に示した培養実測値の各畜種の平均値とほぼ一致した。

2) 副資材別堆肥の特徴

表5-2には、副資材別に培養無機態窒素率の平均値および標準偏差を示した。培養無機態窒素率は、モミガラ・ワラ類、木質系、混合副資材の堆肥で低く、「戻し堆肥」や副資材使用せずの堆肥で比較的高かった。

3) 堆肥化処理方法別堆肥の特徴

表5-3には、堆肥化処理方法別に培養無機態窒素率の平均値および標準偏差を示した。培養無機態窒素率は、密閉型発酵方式で18.1%と高かったが、他の処理方式では、約10%と低かった。この堆肥化処理方法別の傾向は、各畜種における堆肥の全窒素含

量と整合しており、全窒素含量は密閉型発酵方式で3.4%と高く、他の方式では2.4～2.6%と低かった。

4) 畜種と副資材あるいは処理方式を組合わせた堆肥の特徴

表5-4には、畜種別に各副資材を用いた場合、また、表5-5には、畜種別に各堆肥化処理方式を用いた場合の培養無機態窒素

率が示されている。いずれの畜種においても、副資材として「戻し堆肥」を用いたり、副資材を使用せずで、培養無機態窒素率は一般に高くなった。また、いずれの畜種においても、密閉型発酵方式を用いた場合に高くなる傾向がみられ、採卵鶏で密閉型の場合の培養無機態窒素率は、平均23.6%の高い値となった。

第4章 家畜ふん堆肥と化学肥料等による肥料成分の調整法

堆肥の培養無機態窒素量（化学肥料の窒素に相当する速効性窒素）が、堆肥の成分分析値から堆肥ごとに算出できるようになったことを踏まえ、複数の堆肥の調整（混合）や化学肥料を併用して、各作物への養分供給量が各地域（都道府県等）で設定した施肥基準を満足し、できるだけ過剰にならないような手法を開発した。

なお、本プログラムでは、Excelのアドインソフトである「ソルバー、solver」を使用する。

1. 成分調整の手順

堆肥の培養無機態窒素率および成分調整の手順および堆肥の肥料成分調整支援システムの代表メニューを、それぞれ、図4-1および図4-2に示した。

1) 使用する堆肥およびその価格の把握

成分調整に使用する候補の堆肥を選ぶ。畜種に関係なく5種類の堆肥まで選べる。また、各堆肥の価格を把握する。本プログラムでは、価格が最小になるように解を求め、堆肥価格の情報は必須である。

2) 堆肥の成分分析および可給態養分の算出

使用候補の数種（1～5品目の堆肥の入力可能）の堆肥を決定し、それらの成分分析を行う。堆肥の分析項目は、水分、灰分、

pH、EC、全窒素、全炭素、C/N比、発芽率、酸素消費量、塩酸抽出無機態窒素（硝酸態窒素およびアンモニア態窒素）、リン酸およびカリの14項目であるが、培養無機態窒素率の推定にはリン酸およびカリを除く12項目を用いる。このうち、酸素消費量および塩酸抽出無機態窒素（硝酸態窒素およびアンモニア態窒素）の測定値がなくても推定はできるが、表2-2に示したように推定精度は低下する。

なお、現在、堆肥の分析項目が、酸素消費量および塩酸抽出無機態窒素以外にいくつか欠けている場合にも培養無機態窒素率が推定可能なように、プログラムの改良を行っている。

これらの分析値を入力すると、分析項目に応じた重回帰式により培養無機態窒素率が算出され、各堆肥の可給態窒素量が自動的に求まる。

培養無機態窒素率がマイナスに算出された場合はゼロとみなして、当該堆肥の可給態窒素含量はゼロとする。培養無機態窒素率がマイナスになったことは、培養中に無機態窒素が土壌微生物の働きで微生物体内に取り込まれて有機態窒素に変わったことを意味している。この無機態窒素の有機化は堆肥のC/N比が高いほど著しく、この程度が大きい場合には作物に対して「窒素飢餓」の現象を引き起こす。家畜ふん堆肥の場合には一般にC/N比は低く、また、培養無機態窒素率はせいぜいマイナス数%であ

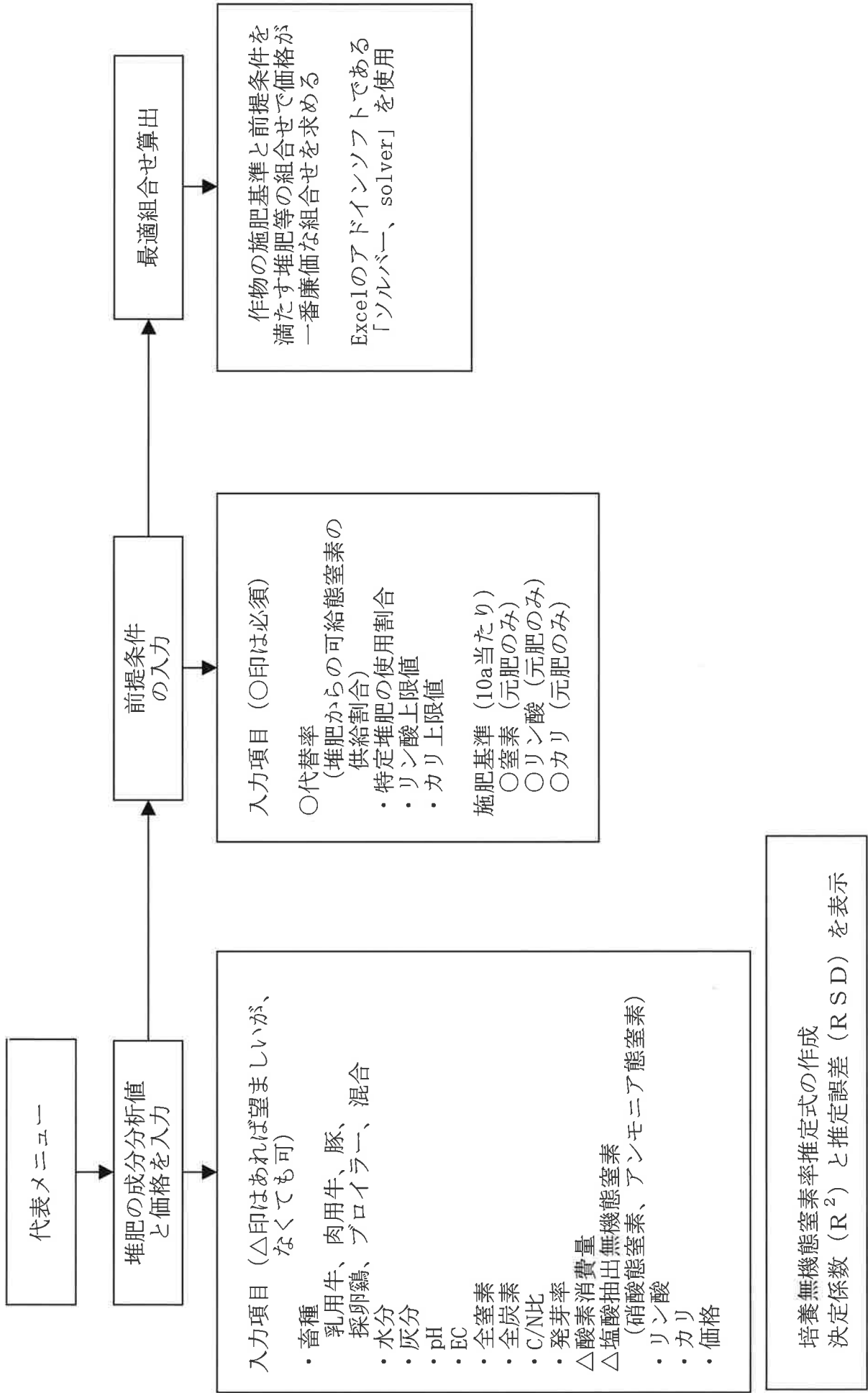


図4-1 堆肥の可給態養分の算出と成分調整のフロー

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<div data-bbox="311 638 438 1512" style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: fit-content;"> <h2 style="text-align: center;">堆肥の肥料成分調整支援システム</h2> </div> <div data-bbox="518 616 694 1579" style="margin-top: 20px;"> <p>I 堆肥等の成分分析結果入力と堆肥の登録</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 堆肥成分と価格の入力 ② 畜種、入力項目から培養無機態窒素率の推定 ③ 堆肥の登録 </div> <div data-bbox="790 380 925 1579" style="margin-top: 20px;"> <p>II 前提条件の設定</p> <p>代替率、肥効率、堆肥最大施用量、施肥量の上限などの指定</p> <p>対象作物と耕作面積の入力</p> </div> <div data-bbox="1037 974 1085 1579" style="margin-top: 20px;"> <p>III 堆肥の最適使用割合を求めめる</p> </div>												
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

図4-2 代表メニュー

り（第2章、表2-1参照）、あまり問題にならないが、この培養無機態窒素率が大きくマイナスに推定された場合には、その堆肥の使用については再考するか、もしくは回避する必要がある。

また、培養無機態窒素率の上限値は、牛および豚ふん堆肥では50%、鶏ふん堆肥では60%とする。

リン酸およびカリの肥効率は、それぞれ、80および90%の一定値として可給態養分を算出するが、この肥効率には任意の数値が入力できるようになっている。

3) 対象作物のその地域における施肥基準を求める

土壌診断によって、土壌の可給態養分量が明らかになっている場合はそれを勘案して、養分の要求量を決める。

4) 堆肥の代替率を決める

窒素の施肥基準のうち、堆肥から供給する可給態窒素の割合(代替率)を決める。化学肥料との代率は、一般に30~60%とされるが、任意に設定できる。

5) 特定堆肥の使用割合の指定

堆肥の生産、供給状況により、ある特定堆肥をどれだけ使用したいということがあれば、その割合を指定することができる。これにより、堆肥の需給量に見合った堆肥の混合が可能になる。

6) リン酸およびカリの上限の設定

リン酸およびカリの施肥基準が堆肥で満たされない場合は、化学肥料で補給する。過剰になる場合、可給態リン酸およびカリの上限について、120%などと設定することができる。設定しなければ成り行きとなる。

7) 各堆肥の最適使用割合の決定

設定したすべての条件を満たし、堆肥の価格が最小になるように各堆肥の使用割合を決定する。もし、解が求まらなかった場合は、前提条件を変えて再計算させる。

2. 成分調整の実例

(促成栽培キュウリの場合)

1) 堆肥の成分と価格の入力

図4-3の画面により、堆肥成分と価格を入力する。水分以外は乾物中の含量である。使用する堆肥の種類だけこれを繰り返す。この場合は堆肥A~Dを使用した。入力すると自動的に培養無機態窒素率が算出され、同時に推定精度(RSD)が示される。図4-3には、乳用牛ふん堆肥(堆肥A)を入力した例を示した。この場合は、全ての分析項目を用いた重回帰式で培養無機態窒素率を推定したが、その結果、培養無機態窒素率は6.0%となり、また、RSDは2.4%と十分に小さかった。

ここで推定された培養無機態窒素率とリン酸およびカリの肥効率、それぞれ、80および90%を用いると、可給態養分含量は、それぞれ、0.6、6.9および12.0kg/トン(現

物堆肥中)と算出される。

図4-4は、登録した4つの堆肥の内容を確認する画面である。堆肥の分析値、価格、培養無機態窒素率、可給態養分含量などが示される。堆肥D(鶏ふん堆肥)では、塩酸抽出無機態窒素の分析値がないため、9項目で推定したが、RSDはやや大きくなっている。

2) 堆肥の代替率などの条件を設定

図4-5の画面により、堆肥からの可給態窒素の供給割合(代替率)を挿入する。この場合は代替率を30%とし、化学肥料で残りの70%を賄うが、任意に設定できる。

リン酸およびカリの肥効率は一定値を使用した。変更は可能である。堆肥の施用量は10トン/10a以下に制限した。

つぎに、栽培する作物とその施肥基準を入力する。この場合は、促成キュウリの元肥としての基準(茨城県)を入力した。

可給態窒素の要求量に対する堆肥および化学肥料からの供給割合は100%とした。リン酸およびカリについては、上限をいずれも200%に設定した。

図4-6の上部の画面には、各堆肥の各可給態養分と価格、作物の施肥基準、堆肥の最大施用量、可給態窒素の堆肥での代替率など、前提条件の一覧が示される。また、事情によって特定堆肥の使用割合を指定したい場合は、ここで入力する。この場合には、堆肥B(肉用牛ふん堆肥)を堆肥全体のうち現物重量で50%使用するものとしたが、それ以上あるいはそれ以下の指定も可

能である。

3) 計算の実行、結果の表示

設定条件を満たし、堆肥価格が最も安くなるように計算が実行され、図4-6に、耕作面積(この場合は10a)当たりの各堆肥の現物使用量および化学肥料の施用量が表示される。この結果では、肉牛ふん堆肥の他に鶏ふん堆肥が選ばれ、いずれも1.1トン/10aとなり、肉牛ふん堆肥は50%の使用で前提条件を満たした。可給態窒素は化学肥料で140kg/10a補う必要がある。リン酸およびカリの養分供給量は、必要量に対して、それぞれ、134および200%となり、堆肥だけで充足した。

以上のように、堆肥分析から求めた培養無機態窒素率と全窒素含量から可給態窒素量を求め、窒素の代替率などの前提条件を入力すれば、当該作物の施肥基準にもとづいた最適解が得られる。

なお、Excelの「ソルバー、solver」は比較的簡単に使用できるが、堆肥分析および培養無機態窒素率のデータは、当機構の畜産環境技術研究所で蓄積しており、本プログラムの使用に当たっては当該研究所に問い合わせさせていただきたい。

1-① 下記畜種から選ぶようにする

- ・乳用牛
- ・肉用牛
- ・豚
- ・採卵鶏
- ・ブロイラー
- ・混合畜種 (畜種不明を含む)

1-② 入力がないときはコメントを表示する

2 堆肥の名前

4-② 登録された堆肥の一覧

4-③ 登録された堆肥の一覧画面へ

3-① 「試算」を開始する

3 分析項目の指定

4-① 堆肥の登録をする 最大5つまで

4 試算

5 堆肥登録

「試算」が完了しました「堆肥登録」をしてください

分析項目	分析値	単位	可給態養分含量 (現物中)(kg/t)
水分	52.2	%	
灰分	28.6	%	
pH	8.6		
EC	5.6		
全窒素	2.2	%	
全炭素	36.6	%	
C/N比	17.6		
発芽率	97.0	%	
酸素消費量	7	μg/g/min	
無機態窒素	177	mg/g	
有機態窒素	182	mg/g	
硝酸態窒素	0.594	mg/g	
リン酸 (P205)	1.8	%	6.9
カリ (K2O)	2.8	%	12.0
価格	¥3,500	円/t	

12 項目 ※ 分析値は水分以外は乾物中含量

メニューへ

前提条件へ

最適調整へ

3-② 重回帰分析から求めたR²、RSD、無機態窒素率を表示する

決定係数 R ²	RSD	培養無機態窒素率
0.7	2.4	6.0

3-③ 推定精度が低いときはコメントを表示する RSD: 5%以上

3-④ 現物中の可給態養分含量(kg/t)を表示

2-② 入力した分析値が過去の最大、最小を超えるときは最大、最小を超過するコメントを表示する

2-① 分析値を入れる

4-④ 左端の□印にチェックを入れこのボタンを押すと削除

図4-3 堆肥の成分分析値と価格の入力および重回帰分析結果の表示画面

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
堆肥登録内容の確認													印刷 このシート
1	項目	A		B		C		D		E			
2	堆肥の名前	乳用牛ふん堆肥		肉用牛ふん堆肥		豚ふん堆肥		鶏ふん堆肥		豚			
3	畜種	乳用牛		肉用牛		豚		豚		探卵鶏			
4		分析値	現物中 可給態差分 (kg/t)	分析値	現物中 可給態差分 (kg/t)	分析値	現物中 可給態差分 (kg/t)	分析値	現物中 可給態差分 (kg/t)	分析値	現物中 可給態差分 (kg/t)		
5	水分	%	52.2	52.2	%	36.6	36.6	22.4	22.4	50.4	50.4		
6	灰分	%	28.6	23.3	%	8.2	8.3	9.0	9.0	7.9	7.9		
7	pH		5.6	5.9		6.7	6.7	7.9	7.9	4.5	4.5		
8	EC		2.2	2.2		3.5	3.5	2.9	2.9	26.3	26.3		
9	全窒素	%	36.6	39.3	%	11.4	11.4	9.5	9.5	90.6	90.6		
10	全炭素	%	17.6	19.0	%	96.4	96.4	4.0	4.0	-	-		
11	C/N比		97.0	96.4		2.7	2.7	-	-	-	-		
12	発芽率	%	1.7	1.5		6.473	6.473	-	-	-	-		
13	酸素消費量	μg/g/min	1.077	5.346		5.676	5.676	-	-	-	-		
14	無機態窒素	mg/g	0.482	3.277		0.798	0.798	6.2	6.2	38.5	38.5		
15	有機態窒素	mg/g	0.594	2.071		2.7	2.7	15.4	15.4	25.1	25.1		
16	リン酸 (P ₂ O ₅)	%	1.8	2.6	%	9.9	9.9	12.0	12.0	¥3,500	¥3,500		
17	カリ (K ₂ O)	%	2.8	2.8	%	4,000	4,000	0.7	0.7	0.6	0.6		
18	価格	円/t	¥3,500	¥4,000		3.5	3.5	5.4	5.4	20.1	20.1		
19	決定係数 R ²		0.7	0.7		8.2	8.2						
20	R.S.D		2.4	4.2									
21	培養無機態窒素率	%	6.0	8.2									
22													
23													
24													
25													
26													

図4-4 堆肥登録内容の確認画面

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	前提条件設定												
2													
3													
4													
5	① 可給態窒素の代替率 (%)												
6	30												
7													
8													
9	② リン酸およびカリの肥効率 (%)												
10	リン酸 (P ₂ O ₅) 80												
11	カリ (K ₂ O) 90												
12													
13													
14	③ 10a 当たりの堆肥最大施用量 (t/10a)												
15	最大施用量 10												
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24	④ 作物／耕作面積 (a)												
25	きゅうり 10 (a)												
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													



図4-5 前提条件設定入力画面

堆肥の最適組合せ

作物名

さゆうり 耕作面積(a)
10

作物要求量(元肥)/土壌診断

	作物必要値 kg/10a	使用上限 (%)
N	20	100
P ₂ O ₅	40	200
K ₂ O	20	200

堆肥最大施用量

10a当たり t/10a

可給態窒素の堆肥での代替率

%

使用堆肥の可給態養分(現物堆肥中kg/t)と価格(円/t)

登録堆肥
印刷

堆肥名 畜種	A B C D E				
	乳用牛ふん 堆肥	肉用牛ふん 堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	鶏ふん堆肥
N	0.6	0.9	3.2	4.5	4.5
P ₂ O ₅	6.9	9.9	28.4	38.5	38.5
K ₂ O	12.0	12.0	15.4	25.1	25.1
価格	¥3,500	¥4,000	¥3,000	¥3,500	¥3,500
使用割合	50%				

計算前にクリアーする

最適値(結果)

	A B C D E					合計	必要値 上限	制限値(max)	制約値(min)	足りない分 及び超過割	堆肥使用の割合									
	乳用牛ふん 堆肥	肉用牛ふん 堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥	鶏ふん堆肥						化学肥料等 使用量(kg)	代替率	A	B	C	D	E			
使用量(t)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.2							50%							
N(kg)	1	1	5	5	5	6	20		20	14	30%									
P ₂ O ₅ (kg)	11	11	43	43	43	54	80		40	-14	134%									
K ₂ O(kg)	13	13	27	27	27	40	40		20	-20	200%									
金額						¥3,889														
合計金額						¥8,333														

印刷
このシート

メニューへ

堆肥登録へ

前提条件へ

計算実行

図4-6 堆肥の最適組合せ算出画面

第5章 家畜ふん堆肥の肥料成分と可給態養分含量（表）

表5-1 畜種別の堆肥成分と可給態養分量

表5-2 副資材別の堆肥成分と可給態養分量

表5-3 堆肥化処理方法別の堆肥成分と可給態養分量

表5-4 畜種・副資材別の堆肥成分と可給態養分量

表5-5 畜種・堆肥化処理方法別の堆肥成分と可給態養分量

表5-1 畜種別の堆肥成分と可給態養分含量

畜種	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH	*** 電導率 EC mS/cm	全窒素 %	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アンモニア態 窒素 mg/g	硝酸態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	銅 ppm	亜鉛 ppm	発芽率 %	酸素 消費量 μg/g/min	培養無機 態窒素率 %	1) 可給態養分含量(現物中)			2)
																					N kg/トン	P ₂ O ₅ kg/トン	K ₂ O kg/トン	
乳用牛	318	平均	52.2	28.6	8.6	5.6	2.2	36.6	17.6	0.489	0.668	1.8	2.8	4.4	1.5	49	167	97.0	1.7	5.5	0.1	1.5	2.5	
		標準偏差	14.0	11.3	0.6	1.4	0.7	6.4	5.2	0.847	0.775	1.1	1.2	2.2	0.8	71	92	6.5	1.3	4.0	0.1	0.9	1.0	
肉用牛	304	平均	52.2	23.3	8.2	5.9	2.2	39.3	19.0	3.190	2.086	2.6	2.8	3.0	1.3	31	149	96.4	1.5	11.0	0.2	2.1	2.5	
		標準偏差	13.1	8.3	0.8	1.3	0.6	4.5	5.4	2.482	2.948	1.2	1.0	2.8	0.6	27	76	7.1	1.3	8.8	0.2	1.0	0.9	
豚	144	平均	36.6	30.0	8.3	6.7	3.5	36.5	11.4	6.473	0.798	5.6	2.7	8.3	2.4	227	608	90.9	2.7	15.3	0.5	4.5	2.4	
		標準偏差	13.0	9.9	1.1	1.6	1.1	4.7	3.8	3.948	1.687	2.8	1.1	6.4	1.0	114	332	19.5	3.1	7.6	0.3	2.2	1.0	
採卵鶏	127	平均	22.4	50.4	9.0	7.9	2.9	26.3	9.5	4.230	0.042	6.2	3.6	25.7	2.2	59	440	90.6	4.0	19.8	0.6	5.0	3.3	
		標準偏差	9.7	10.4	0.6	2.0	0.9	5.2	2.8	1.503	1.492	0.032	2.5	1.1	0.8	18	137	17.7	3.3	10.9	0.6	2.0	1.0	
ブロイラー	27	平均	33.0	27.5	7.9	8.5	3.8	37.4	10.8	5.167	0.053	4.2	3.6	8.9	1.9	68	351	67.5	6.2	12.4	0.6	3.4	3.2	
		標準偏差	12.8	11.0	1.1	2.5	1.1	5.6	3.5	2.724	2.771	0.083	1.8	1.4	6.3	21	138	41.3	7.2	11.6	0.5	1.4	1.2	
混合**	536	平均	45.5	27.4	8.5	6.4	2.5	37.7	16.2	2.489	2.081	3.2	2.9	5.9	1.6	69	257	94.3	1.9	10.8	0.3	2.6	2.6	
		標準偏差	14.3	8.9	0.6	1.6	0.8	4.5	5.3	1.706	1.688	0.777	1.8	1.1	4.2	57	165	14.6	2.1	6.1	0.2	1.4	1.0	
全体	1,456	平均	45.2	29.1	8.5	6.3	2.6	36.7	15.9	3.851	3.077	3.3	2.9	7.0	1.7	71	267	94.2	2.2	11.0	0.3	2.6	2.6	
		標準偏差	16.1	11.9	0.8	1.7	0.9	6.1	5.7	3.083	2.885	1.671	2.2	1.1	7.7	81	213	14.5	2.5	8.2	0.3	1.8	1.0	

* 水分は 現物中 それ以外は 乾物中

**混合とは複数の畜種からなる

***現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定したものを、常法(風乾堆肥と蒸留水を1:10)に補正

補正式は 常法によるEC=1.45×本調査によるEC+0.049×水分(%) - 0.37

1) 堆肥成分分析から推定した、30°C、4週間の畑条件培養による無機態窒素率(%)

2) 窒素は全窒素の分析値と培養無機態窒素率(%)から算出、また、リン酸およびカリの肥効率は、それぞれ、80%および90%とする文献値を用いて算出

表5-2 副資材別の堆肥成分と可給態養分含量

副資材	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH	*** 電気伝導率 EC mS/cm	全窒素 %	全炭素 %	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アミノ酸態 窒素 mg/g	硝酸態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	銅 ppm	亜鉛 ppm	発芽率 %	酵素 消費量 μg/g/min	1) 可給態養分含量 (現物中)			
																					培養無機 態窒素率 %	N kg/トン	P ₂ O ₅ kg/トン	K ₂ O kg/トン
なし	174	平均	31.2	39.7	8.7	7.8	3.4	31.5	10.1	4.786	4.465	0.321	5.2	3.3	16.5	2.1	103	415	86.8	3.2	16.2	0.6	4.2	2.9
		標準偏差	16.7	15.1	0.8	1.9	1.2	7.8	3.8	2.492	2.681	1.041	3.0	1.2	12.8	1.0	113	264	26.3	3.2	11.3	0.5	2.4	1.1
「戻し堆肥」	45	平均	28.6	39.2	8.7	8.1	3.2	32.1	10.8	5.374	5.330	0.044	4.8	3.5	15.9	2.2	82	454	84.4	3.8	15.5	0.5	3.8	3.1
		標準偏差	14.7	14.5	0.7	1.9	1.1	7.3	4.2	3.169	3.189	0.034	2.5	1.3	11.7	1.0	105	338	28.7	4.0	7.8	0.3	2.0	1.2
モミガラ ワラ類	99	平均	46.0	33.7	8.6	6.2	2.5	34.0	14.9	2.849	2.728	0.120	3.5	3.0	6.5	1.7	73	281	95.8	2.7	9.4	0.2	2.8	2.7
		標準偏差	15.8	10.0	0.7	1.6	0.9	5.4	5.0	1.844	1.876	0.215	2.1	1.1	6.3	0.8	66	205	10.2	2.8	7.6	0.2	1.7	1.0
木質系 (おが屑・パルク)	250	平均	49.0	24.4	8.3	6.2	2.4	38.8	17.4	4.044	2.706	1.339	3.0	2.9	4.9	1.6	55	223	93.4	2.5	10.5	0.3	2.4	2.6
		標準偏差	14.8	10.1	0.8	1.6	0.8	5.2	5.5	3.529	2.519	2.542	1.7	1.1	5.1	0.6	61	162	14.9	3.5	8.2	0.2	1.3	1.0
複合**	844	平均	47.8	27.1	8.4	5.9	2.4	37.7	17.2	3.404	2.547	0.857	2.9	2.8	5.2	1.6	69	239	96.3	1.7	9.9	0.2	2.3	2.5
		標準偏差	14.2	9.6	0.7	1.4	0.7	5.0	5.4	3.062	2.906	1.500	1.9	1.1	4.5	0.8	79	189	8.2	1.7	6.8	0.2	1.5	1.0

* 水分は 現物中 それ以外は 乾物中

**複合とは複数の副資材からなる

***現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定したものを、常法(風乾堆肥と蒸留水を1:10)に補正
補正式は 常法によるEC=1.45×本調査によるEC+0.049×水分(%)−0.37

1) 堆肥成分分析から推定した、30°C、4週間の畑条件培養による無機態窒素率(%)

2) 窒素は全窒素の分析値と培養無機態窒素率(%)から算出、また、リン酸およびカリの肥効率は、それぞれ、80%および90%とする文献値を用いて算出

表5-3 処理方式別の堆肥成分と可給態養分含量

処理方式	試料数	集計方法	水分 [*]	灰分	pH	EC ^{***} 電導率 mS/cm	全窒素 ^{***}	全炭素	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アミノ態 窒素 mg/g	硝酸態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	銅 ppm	亜鉛 ppm	発芽率 %	酵素 消費量 μE/g/min	培養無機 態窒素率 %	1) 可給態養分含量(現物中)		
																						N kg/トン	P ₂ O ₅ kg/トン	K ₂ O kg/トン
堆積発酵方式	385	平均	52.9	28.0	8.3	5.8	2.4	37.1	17.4	4.710	3.496	1.214	2.7	2.7	5.2	1.5	54	205	94.3	1.9	10.7	0.3	2.1	2.4
		標準偏差	14.8	11.6	0.8	1.5	0.8	5.9	6.0	3.376	2.971	2.449	1.6	1.2	5.8	0.7	49	139	14.4	2.6	8.0	0.3	1.3	1.0
機械攪拌方式	220	平均	38.4	31.3	8.6	6.6	2.6	35.8	14.8	3.968	3.446	0.521	3.8	3.1	9.2	1.8	83	330	93.9	2.5	10.6	0.3	3.1	2.8
		標準偏差	14.9	12.8	0.9	1.6	0.8	6.7	5.3	3.493	3.540	0.733	2.5	1.1	10.5	1.0	99	261	14.2	2.5	8.3	0.3	2.0	1.0
密閉型発酵方式	54	平均	27.1	38.1	8.6	7.2	3.4	31.7	10.4	4.323	4.262	0.062	5.2	3.0	15.3	2.0	110	433	85.0	4.2	18.1	0.7	4.2	2.7
		標準偏差	9.8	12.3	0.6	2.0	1.2	6.3	4.7	1.977	2.007	0.124	2.3	1.1	10.7	0.9	103	305	28.2	3.6	11.1	0.6	1.9	1.0
混合 ^{**}	710	平均	44.2	27.7	8.5	6.5	2.6	37.4	16.0	3.531	2.893	0.639	3.3	3.0	6.6	1.7	74	270	94.7	2.1	10.8	0.3	2.7	2.7
		標準偏差	14.8	11.0	0.7	1.6	0.9	5.6	5.5	2.854	2.815	1.231	2.3	1.1	6.9	0.8	87	213	13.5	2.4	7.8	0.3	1.8	0.9

* 水分は 現物中 それ以外は 乾燥中

**混合とは複数の処理方式からなる

***現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定したものを、常法(風乾堆肥と蒸留水を1:10)に補正

補正式は 常法によるEC=1.45×本調査によるEC+0.049×水分(%) - 0.37

- 堆肥成分分析から推定した、30℃、4週間の畑条件培養による無機態窒素率(%)
- 窒素は全窒素の分析値と培養無機態窒素率(%)から算出、また、リン酸およびカリの肥効率は、それぞれ、80%および90%とする文献値を用いて算出

表5-4 畜種・副資材別の堆肥成分と可給態養分含量

畜種	副資材	試料数	集計方法	水分*	灰分	pH	*** 電阻率 mS/cm	全窒素	全炭素	C/N比	無機態 窒素	アンモニア態 窒素	硝酸態 窒素	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	銅	亜鉛	発芽率	酵素 消費量	培養無機 窒素率	可給態養分含量(視物中)			
																							kg/ト	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
乳用牛	なし	10	平均	56.3	34.0	8.5	6.8	2.8	31.1	10.8	2.897	0.628	2.270	1.8	3.0	4.1	1.5	38	173	88.8	2.0	6.7	0.3	1.5	2.7	
			標準偏差	19.2	16.3	0.7	2.5	1.5	13.6	5.2	13.6	0.342	2.316	1.0	1.3	2.5	0.6	25	78	26.5	1.4	7.0	0.3	0.8	1.2	1.2
	「戻し堆肥」	2	平均	32.4	34.2	9.1	9.0	0.4	0.4	4.9	2.3	-	-	-	4.2	5.5	10.2	3.1	117	552	95.8	1.0	8.9	0.4	3.3	4.9
			標準偏差	7.5	5.0	0.4	1.4	0.4	0.4	0.4	4.9	2.3	-	-	-	2.1	0.9	1.5	1.6	149	395	6.0	4.0	0.2	1.7	0.8
	モミガラ ワラ類	28	平均	54.0	35.2	8.6	5.6	2.1	33.3	17.0	0.647	0.110	0.110	0.110	2.1	2.7	3.8	1.5	44	163	98.5	2.3	5.1	0.1	1.6	2.5
			標準偏差	12.7	9.5	0.6	1.3	0.6	4.6	4.3	0.800	0.143	0.143	0.143	1.3	1.2	1.5	0.7	26	74	2.8	1.9	3.2	0.1	1.0	1.1
	木質系 (おが屑・パーク)	59	平均	53.6	28.8	8.6	5.5	2.2	35.9	17.0	0.451	0.740	0.18	0.657	0.7	2.8	4.6	1.7	51	172	97.1	1.8	5.5	0.1	1.4	2.5
			標準偏差	12.8	12.8	0.5	1.4	0.5	7.2	4.2	0.688	0.317	0.657	0.7	1.3	1.8	1.8	0.6	27	64	4.7	1.2	4.1	0.1	0.6	1.1
	混合**	207	平均	51.8	27.2	8.6	5.5	2.2	37.6	18.4	0.938	0.438	0.500	0.500	1.8	2.8	4.4	1.5	50	180	97.1	1.6	5.5	0.1	1.4	2.5
			標準偏差	14.1	10.3	0.6	1.3	0.6	5.4	5.1	0.716	0.500	0.565	1.1	1.1	2.3	0.8	85	90	4.7	1.1	3.8	0.1	0.9	1.0	1.0
なし	17	平均	56.7	23.7	8.2	6.7	2.8	39.0	14.6	3.646	1.343	2.303	2.6	2.7	4.3	1.4	4.0	189	189	91.9	1.0	13.0	0.3	2.1	2.4	
		標準偏差	10.6	4.9	0.7	1.4	0.5	2.7	2.7	3.063	1.129	2.901	1.6	0.9	2.4	0.7	74	128	15.9	0.0	7.0	0.2	1.3	0.8		
「戻し堆肥」	0	平均	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		標準偏差	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
肉用牛	モミガラ ワラ類	15	平均	47.0	31.3	8.3	5.8	2.2	35.1	16.3	1.405	1.390	0.015	3.0	3.1	3.1	1.5	22	157	97.9	1.2	9.8	0.2	2.4	2.8	
			標準偏差	12.0	9.6	0.9	0.9	0.5	5.6	3.7	41.1	19.6	6.368	3.567	2.804	2.7	2.8	2.8	1.3	29	88	3.8	0.4	8.4	0.2	0.9
	木質系 (おが屑・パーク)	102	平均	52.9	19.9	8.0	5.9	2.2	41.1	19.6	6.368	3.567	2.804	2.7	2.8	2.8	1.3	29	151	95.7	1.4	11.3	0.2	2.2	2.5	
			標準偏差	13.5	5.3	0.9	1.3	0.6	2.7	5.5	3.995	2.108	3.853	1.0	1.0	1.7	0.5	25	76	8.1	1.3	9.0	0.2	0.8	0.9	
	混合**	168	平均	52.1	24.6	8.2	5.9	2.1	38.7	19.4	4.744	3.138	1.607	2.4	2.7	2.9	1.3	32	145	97.0	1.6	10.6	0.2	2.0	2.5	
			標準偏差	13.1	9.1	0.8	1.3	0.5	5.0	5.4	3.276	2.822	2.112	1.2	1.1	3.3	0.6	19	69	4.8	1.3	8.8	0.2	1.0	1.0	
	なし	36	平均	28.3	32.9	8.8	7.6	4.4	35.6	8.7	6.931	6.876	0.054	6.3	2.9	11.6	2.8	2.8	282	699	89.8	2.5	13.3	0.7	5.0	2.6
			標準偏差	8.6	13.3	1.2	1.9	1.3	5.4	2.4	2.751	2.809	0.098	2.5	1.3	11.3	1.0	1.0	127	337	20.3	2.8	10.8	0.4	2.0	1.2
	「戻し堆肥」	4	平均	28.7	28.6	8.0	6.5	4.4	37.3	8.9	10.082	10.041	0.011	6.3	2.3	8.3	2.9	3.76	1.56	1.56	97.7	2.7	14.9	0.6	5.1	2.1
			標準偏差	10.8	6.7	0.8	2.2	1.1	3.6	2.7	3.478	3.477	0.001	2.1	0.7	2.8	1.0	134	608	2.7	3.1	4.4	0.1	1.7	0.6	
モミガラ ワラ類	11	平均	28.7	30.4	8.5	6.4	3.5	35.5	11.1	3.230	2.838	0.392	5.6	3.2	7.3	2.3	205	546	93.7	3.6	17.8	0.6	4.5	2.8		
		標準偏差	9.9	5.7	0.4	1.4	1.0	3.2	3.4	0.122	0.668	0.546	2.5	0.9	3.4	1.0	73	224	6.5	3.7	6.1	0.2	2.0	0.8		
木質系 (おが屑・パーク)	15	平均	41.3	28.3	8.6	6.9	3.2	37.4	12.6	6.395	5.756	0.639	5.3	2.9	6.3	2.2	218	576	88.1	5.0	13.6	0.4	4.2	2.7		
		標準偏差	13.1	6.7	1.1	1.3	0.9	3.0	3.9	3.008	2.766	1.158	2.1	1.0	2.0	0.7	127	276	18.3	4.9	5.7	0.2	1.6	0.9		
混合**	76	平均	41.3	29.1	8.0	6.2	3.1	36.7	12.8	6.227	4.922	1.307	5.4	2.5	7.3	2.3	200	560	91.7	2.2	16.2	0.5	4.3	2.3		
		標準偏差	12.9	9.1	1.0	1.3	0.7	4.8	3.7	3.940	4.507	2.138	3.1	1.1	3.0	1.0	95	309	20.9	2.7	6.4	0.3	2.5	1.0		
なし	77	平均	19.9	51.6	9.0	8.1	3.1	25.6	8.5	4.139	4.093	0.046	6.4	3.7	26.9	2.2	60	446	90.2	3.9	21.6	0.8	5.1	3.4		
		標準偏差	5.3	9.2	0.5	1.5	0.9	4.5	1.7	1.117	1.109	0.035	2.7	1.0	9.5	0.8	16	128	20.3	3.0	10.9	0.6	2.2	0.9		
「戻し堆肥」	20	平均	18.2	52.0	8.9	8.0	3.0	25.6	8.9	4.989	4.923	0.046	6.6	3.9	26.3	2.5	58	493	92.0	5.0	18.3	0.6	5.2	3.5		
		標準偏差	6.2	9.7	0.4	1.1	0.7	4.3	1.6	1.526	1.518	0.029	1.9	0.6	9.4	0.6	14	128	7.4	4.5	8.4	0.4	1.5	0.6		
モミガラ ワラ類	6	平均	34.9	50.1	8.9	6.5	2.2	25.3	12.2	3.838	3.831	0.007	5.3	3.3	22.2	1.8	62	383	98.8	2.5	20.0	0.4	4.2	3.0		
		標準偏差	8.7	5.6	0.4	1.5	0.4	2.7	3.2	-	-	-	-	1.4	1.1	10.3	0.7	24	95	2.0	2.1	9.5	0.3	1.1	1.0	
木質系 (おが屑・パーク)	6	平均	30.0	50.2	9.3	8.4	2.4	26.7	11.6	-	-	-	-	7.0	3.8	26.1	2.5	63	451	82.2	-	16.1	0.4	5.6	3.4	
		標準偏差	9.7	9.6	0.5	0.9	0.8	4.6	2.5	-	-	-	-	3.3	0.8	16.5	1.0	19	227	23.3	-	4.9	0.2	2.7	0.7	
混合**	14	平均	32.1	41.1	8.7	7.4	2.4	30.6	13.4	4.156	4.128	0.030	4.9	2.7	21.1	1.9	49	367	91.1	3.1	15.7	0.4	3.9	2.5		
		標準偏差	16.6	15.0	0.7	4.5	0.7	6.6	4.2	2.339	2.320	0.020	1.6	1.3	12.9	0.6	20	142	14.8	3.0	7.3	0.2	1.3	1.2		

1) 2)

畜種	副資材	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH	EC mS/cm	全窒素 %	全炭素 %	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アミノ酸 窒素 mg/g	硝態態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	銅 ppm	亜鉛 ppm	発芽率 %	陽養 消費量 μE/g/min	培養機構 態窒素率 %	可給態養分含量(現物中)			
																							N kg/トン	P ₂ O ₅ kg/トン	K ₂ O kg/トン	
ブロイラー	なし	5	平均	35.6	31.2	7.7	9.5	4.2	35.9	9.3	5.225	5.116	0.110	4.1	3.4	11.5	2.3	72	295	38.4	1.0	10.5	0.6	3.3	3.1	
			標準偏差	15.4	16.3	1.4	3.5	1.6	8.4	3.6	4.608	4.768	0.173	1.6	1.5	8.7	0.5	21	97	52.6	1.0	18.5	0.9	1.3	1.3	
	「臭い堆肥」	1	平均	29.9	22.0	6.1	11.8	5.0	40.1	6.0	8.839	8.837	0.002	3.6	4.1	6.5	2.0	65	278	0.0	0.0	19.7	1.0	2.8	3.7	
			標準偏差	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	モミガラ ワラ類	なし	4	平均	37.2	39.2	8.9	8.2	3.3	30.9	9.6	4.078	3.956	0.123	6.2	4.3	13.2	2.4	96	495	90.8	3.5	0.8	0.1	4.9	3.9
				標準偏差	8.4	8.8	0.3	1.2	0.8	5.4	1.1	0.380	0.289	0.110	2.1	0.5	9.9	0.2	20	84	8.7	0.7	11.6	0.4	1.7	0.5
		木質系 (おが屑・パルク)	11	平均	29.8	22.4	8.1	8.4	3.9	39.7	10.4	4.979	4.953	0.026	3.9	3.8	6.7	1.7	63	373	71.4	11.9	16.4	0.7	3.1	3.4
				標準偏差	10.6	3.3	0.7	1.8	0.7	1.7	2.5	2.375	2.375	0.019	1.3	1.5	0.7	0.4	14	142	38.2	7.5	5.3	0.3	1.0	1.4
	混合**	なし	4	平均	28.9	29.6	8.3	7.7	3.2	37.1	12.7	3.391	3.347	0.044	4.4	3.4	10.1	1.7	60	318	93.5	3.0	9.3	0.4	3.5	3.0
				標準偏差	18.2	14.4	0.8	3.4	1.0	7.4	5.0	1.511	1.490	0.021	2.2	1.5	8.6	0.8	22	137	6.4	4.2	10.0	0.4	1.7	1.3
		なし	29	平均	40.8	29.7	8.2	7.9	3.1	37.4	13.4	2.728	2.661	0.067	3.9	3.0	7.2	1.5	61	229	78.7	3.0	11.7	0.4	3.1	2.7
			標準偏差	16.2	9.1	0.6	2.2	0.9	4.1	5.4	3.074	3.130	0.056	2.9	1.4	4.4	1.0	49	171	36.2	5.3	8.6	0.4	2.4	1.3	
混合**	「臭い堆肥」	18	平均	39.7	28.8	8.6	8.3	3.1	37.2	13.6	0.785	0.693	0.092	2.6	3.1	7.3	1.7	39	252	76.5	2.0	13.1	0.4	2.1	2.8	
			標準偏差	15.2	8.4	0.7	2.4	1.3	4.7	5.2	0.691	0.694	0.003	1.4	1.7	5.4	1.2	30	199	38.1	0.0	7.3	0.3	1.2	1.5	
	モミガラ ワラ類	35	平均	47.5	31.1	8.6	6.4	2.7	35.6	14.8	3.723	3.680	0.044	3.7	3.0	6.4	1.7	77	303	93.3	3.0	9.1	0.3	2.9	2.7	
			標準偏差	17.5	9.4	0.8	1.8	1.0	5.3	5.7	2.384	2.432	0.049	2.0	1.2	4.8	0.8	52	219	15.7	3.7	5.0	0.2	1.6	1.1	
木質系 (おが屑・パルク)	57	平均	45.3	24.7	8.5	6.6	2.5	39.2	17.0	2.499	1.855	0.644	3.4	3.0	6.2	1.6	62	259	92.3	2.3	11.8	0.3	2.7	2.7		
		標準偏差	14.7	8.6	0.6	1.6	0.8	3.7	5.4	1.937	1.612	0.945	1.6	0.8	4.8	0.7	46	136	17.5	1.9	9.0	0.3	1.3	0.7		
混合**	なし	375	平均	45.7	27.1	8.5	6.1	2.5	37.8	16.6	2.451	1.942	0.510	3.1	2.9	5.6	1.5	71	255	96.7	1.7	10.6	0.3	2.5	2.6	
			標準偏差	13.6	8.7	0.6	1.3	0.7	4.4	5.1	1.613	1.595	0.817	1.6	1.0	3.9	0.7	60	158	5.3	1.6	5.5	0.2	1.3	0.9	

***現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定したものを、常法(風乾堆肥と蒸留水を1:10)に修正

**水分は、現物中 それ以外は 乾燥中
**混合とは、堆肥の量種・副資材からなる

1) 堆肥成分分析から推定した、30℃、4週間の畑条件培養による無機態窒素率(%)
2) 窒素は全窒素の分析値と培養無機態窒素率(%)から算出、また、リン酸およびカリの肥効率は、それぞれ、80%および90%とする文献値を用いて算出

表5-5 畜種・処理方式別の堆肥成分と可給態養分含量

畜種	処理方式	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH	*** 電伝導率 EC mS/cm	全窒素 %	全炭素 %	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アミノ態 窒素 mg/g	硝態態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	銅 ppm	亜鉛 ppm	発芽率 %	糞量 消費量 μg/g/min	培養無機 態窒素率 %	可給態養分含量(現物中)			
																							N kg/ト	P ₂ O ₅ kg/ト	K ₂ O kg/ト	
乳用牛	堆積発酵方式	80	平均	56.9	31.7	8.3	5.2	2.2	34.9	16.9	1.469	0.991	1.078	1.7	2.6	4.7	1.4	44	156	98.0	1.5	6.5	0.2	1.4	2.3	
			標準偏差	13.8	12.9	0.6	1.2	0.7	6.7	5.2	1.364	0.266	1.368	1.0	1.2	2.9	0.7	28	83	3.4	1.2	3.3	0.1	0.8	1.1	
	機械攪拌方式	38	平均	45.0	28.5	8.6	6.1	2.3	36.0	16.5	1.199	0.519	0.675	2.5	3.3	4.5	1.8	53	208	96.3	1.7	5.6	0.1	2.0	3.0	
			標準偏差	12.8	7.4	0.5	1.3	0.7	7.4	5.9	0.720	0.638	0.656	2.2	1.2	1.9	1.2	39	170	5.8	1.3	3.7	0.1	1.7	1.1	
	密閉型発酵方式	7	平均	38.1	34.3	8.3	4.8	1.9	33.7	17.7	1.583	1.570	0.013	1.8	2.3	3.4	1.6	29	116	97.8	2.3	7.8	0.1	1.5	2.1	
			標準偏差	10.2	5.5	0.7	1.4	0.4	2.4	2.5				1.0	0.8	1.1	0.8	10	42	2.1	1.5	3.3	0.1	0.8	0.7	
	複合	171	平均	51.5	25.2	8.7	5.8	2.2	38.6	18.6	1.037	0.506	0.631	1.8	2.9	4.4	1.5	51	166	96.6	1.6	4.7	0.1	1.4	2.6	
			標準偏差	13.8	9.3	0.5	1.4	0.6	4.9	5.1	0.711	0.482	0.541	0.8	1.1	1.9	0.6	93	74	7.9	1.4	3.9	0.1	0.6	1.0	
	肉用牛	堆積発酵方式	123	平均	57.3	24.7	8.0	5.5	2.0	38.4	20.0	5.153	2.226	2.929	2.3	2.5	3.0	1.2	29	137	96.0	1.3	11.2	0.2	1.8	2.2
				標準偏差	11.5	10.4	0.9	1.1	0.6	5.7	5.9	3.971	1.487	3.516	1.2	1.0	3.7	0.6	18	76	7.9	0.9	10.1	0.3	0.9	0.9
機械攪拌方式		35	平均	41.0	23.2	8.0	6.4	2.4	39.5	17.1	5.186	4.176	1.015	3.0	3.0	3.0	1.4	30	164	96.2	2.3	9.1	0.2	2.4	2.7	
			標準偏差	14.9	6.0	1.0	1.3	0.6	3.4	4.4	1.390	1.704	0.966	1.4	0.9	2.4	0.5	20	62	7.0	2.2	7.3	0.2	1.1	0.8	
密閉型発酵方式		0	平均	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			標準偏差	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
複合		132	平均	49.6	22.0	8.4	6.3	2.3	40.2	18.4	4.936	3.767	1.170	2.7	3.0	2.9	1.4	32	155	96.6	1.5	11.1	0.2	2.2	2.7	
			標準偏差	11.0	6.2	0.6	1.3	0.5	3.0	4.8	3.568	3.230	1.600	1.1	1.0	1.7	0.6	35	79	6.5	1.3	7.9	0.2	0.9	0.9	
豚		堆積発酵方式	31	平均	42.1	27.6	8.2	6.7	3.1	38.2	13.0	7.134	7.032	0.104	4.6	2.6	6.2	1.9	169	417	86.9	3.5	14.3	0.4	3.7	2.3
				標準偏差	14.5	7.7	1.0	1.5	0.8	3.6	3.9	3.174	3.145	0.106	1.7	1.1	2.1	0.7	54	149	23.1	3.9	6.5	0.3	1.3	1.0
	機械攪拌方式	26	平均	32.0	36.4	9.2	7.7	3.3	34.0	10.7	8.448	7.901	0.545	6.4	3.3	13.6	2.9	279	771	91.2	2.2	12.7	0.5	5.1	2.9	
			標準偏差	7.6	14.3	1.4	2.1	0.9	5.6	2.5	6.142	6.381	0.945	3.1	1.5	12.9	1.4	159	371	19.1	1.8	12.3	0.4	2.5	1.3	
	密閉型発酵方式	16	平均	28.4	26.8	8.3	6.3	4.3	37.6	10.0	5.651	5.638	0.016	5.4	2.4	7.9	2.3	232	597	81.8	2.8	17.9	0.8	4.3	2.1	
			標準偏差	10.5	7.1	0.5	1.2	1.4	3.8	5.1	2.343	2.336	0.009	2.2	0.7	3.6	0.9	109	438	32.2	3.6	5.5	0.4	1.8	0.6	
	複合	65	平均	36.5	29.2	8.1	6.4	3.6	36.5	11.2	6.127	4.960	1.167	6.0	2.6	7.4	2.6	237	645	94.9	2.7	16.4	0.6	4.8	2.4	
			標準偏差	12.6	8.5	0.9	1.3	1.1	4.6	3.6	2.918	3.616	2.181	3.0	1.0	2.8	0.9	99	313	12.7	3.3	5.9	0.2	2.4	0.9	
	採卵鶏	堆積発酵方式	13	平均	28.9	53.3	9.0	7.5	2.7	25.0	9.9	4.981	4.925	0.056	5.2	3.5	26.0	1.9	47	363	92.4	2.3	22.7	0.6	4.2	3.1
				標準偏差	14.7	11.7	0.5	1.6	0.7	5.2	4.0	1.344	1.331	0.018	2.3	1.4	12.3	0.7	14	145	16.0	1.2	9.6	0.4	1.9	1.3
機械攪拌方式		33	平均	21.5	50.4	9.1	7.3	2.6	26.4	10.4	4.059	4.003	0.056	5.8	3.6	26.7	2.3	61	448	92.1	3.5	16.6	0.5	4.7	3.2	
			標準偏差	11.2	11.4	0.5	1.4	0.7	5.5	2.6	0.436	0.431	0.035	1.8	0.9	11.5	0.6	17	115	18.0	2.7	9.3	0.4	1.5	0.8	
密閉型発酵方式		25	平均	22.1	47.3	8.8	8.3	3.4	26.9	8.1	3.902	3.861	0.042	6.1	3.5	24.4	2.0	59	415	84.0	5.2	23.6	0.9	4.9	3.2	
			標準偏差	5.1	7.9	0.4	1.8	0.9	3.6	1.4	1.784	1.766	0.054	2.0	1.0	7.6	1.0	18	152	28.2	3.2	11.2	0.7	1.6	0.9	
複合		47	平均	22.1	52.9	9.0	8.0	2.9	25.2	9.2	4.558	4.521	0.037	6.7	3.8	26.8	2.4	62	475	93.5	3.9	21.2	0.7	5.4	3.5	
			標準偏差	8.5	9.5	0.4	1.4	0.8	4.7	2.5	1.437	1.430	0.026	2.9	1.0	10.1	0.7	15	136	7.4	3.9	9.5	0.6	2.3	0.9	

1) 2)

蓄種	処理方式	試験枚数	統計方法	水分*	灰分	pH	電導度 mS/cm	*** C	全窒素	全炭素	C/N比	無機態 窒素 mg/g	アミノ酸 窒素 mg/g	硝酸態 窒素 mg/g	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	銅	亜鉛	発芽率	酸素 消費量 μg/g/min	増量無機 態窒素	可給態養分含量(現物中)		
																								kg/t	N	P ₂ O ₅
プロイラー	堆積発酵方式	10	平均	36.8	21.7	7.3	8.0	3.8	40.3	12.0	7.074	7.050	0.025	2.9	2.9	6.3	1.7	56	258	51.4	5.6	16.0	0.7	2.3	2.6	
				標準偏差	15.4	3.5	1.2	3.0	1.3	1.6	4.9	0.025	2.236	0.025	1.2	1.3	1.4	0.6	16	110	44.6	8.9	7.7	0.5	1.0	1.2
	機械攪拌方式	3	平均	20.1	30.0	8.5	7.4	3.3	35.7	10.8	2.476	2.449	0.027	3.8	3.2	12.3	1.8	53	328	98.6	10.7	12.6	0.5	3.1	2.9	
				標準偏差	5.6	17.5	0.5	0.8	0.7	8.0	0.2	0.217	0.203	0.020	1.2	0.3	9.1	0.5	10	83	1.2	4.5	15.0	0.5	0.9	0.3
	密閉型発酵方式	1	平均	18.9	58.4	9.7	9.6	2.7	21.6	7.9	5.697	5.678	0.019	5.6	5.3	26.9	2.4	55	349	91.8	2.0	-17.4	-0.5	4.5	4.8	
				標準偏差	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
混合**	複合**	13	平均	34.1	29.1	8.2	9.0	4.0	36.7	9.6	4.005	3.890	0.115	5.1	4.1	8.8	2.0	82	427	70.9	5.2	11.9	0.6	4.1	3.7	
				標準偏差	10.1	9.3	0.8	2.4	1.0	5.2	2.1	2.628	2.725	0.134	1.8	1.4	5.8	0.5	18	132	41.0	6.7	11.1	0.5	1.4	1.2
	堆積発酵方式	128	平均	52.6	26.8	8.5	6.0	2.4	37.9	17.4	2.764	2.297	0.467	2.9	2.8	5.3	1.5	57	230	95.9	1.8	10.3	0.3	2.3	2.6	
				標準偏差	14.0	9.2	0.6	1.3	0.7	4.3	5.8	1.731	1.708	1.382	1.6	1.2	4.1	0.7	44	142	9.6	1.9	6.1	0.2	1.3	1.1
	機械攪拌方式	85	平均	43.7	26.8	8.5	6.3	2.6	38.4	16.1	2.404	1.731	0.673	3.3	2.9	5.7	1.4	68	274	93.3	1.9	10.4	0.3	2.6	2.6	
				標準偏差	12.9	8.2	0.7	1.6	0.9	4.2	5.3	1.444	0.947	0.766	2.1	1.1	4.4	0.7	58	172	15.9	1.6	6.2	0.2	1.7	1.0
密閉型発酵方式	5	平均	33.7	29.5	8.7	7.2	3.0	36.1	13.2	4.064	3.837	0.226	4.7	2.8	7.4	1.8	104	460	80.9	4.7	12.4	0.4	3.7	2.5		
			標準偏差	10.6	11.9	0.4	1.1	0.9	6.4	6.0	1.891	2.193	0.301	1.9	1.1	4.8	0.6	81	288	38.6	6.4	3.7	0.2	1.5	1.0	
複合**	282	平均	43.1	27.3	8.6	6.6	2.6	37.7	15.9	2.407	1.946	0.461	3.3	3.0	6.0	1.6	72	259	93.8	1.8	11.2	0.3	2.6	2.7		
			標準偏差	13.3	8.8	0.6	1.6	0.8	4.5	5.0	1.798	1.814	0.624	1.7	1.0	4.3	0.8	60	169	18.0	2.1	6.2	0.2	1.4	0.9	

* 水分は、現物中、それ以外は、乾燥中

**混合とは、蓄種の蓄種複合とは、蓄種の処理方式からなる

***現物窒素と蓄留水を1:15で懸濁させて測定したもの。常法(風乾異記と蓄留水を1:10)に補正

補正式は、蓄種による無機態窒素率(%)

1) 堆肥成分分析から推定した、30℃、4週間の畑条件培養による無機態窒素率(%)

2) 窒素は全窒素の分析値と培養無機態窒素率(%)から算出、また、リン酸およびカリの肥料率は、それぞれ、80%および90%とする文献値を用いて算出

標準堆肥成分表・堆肥生産マニュアル作成委員会委員

- 猪股 敏郎 財団法人日本土壌協会専務理事
- 木村 武 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター資源循環・溶脱低減研究チーム長
- 畠中 哲哉 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
(座長) 畜産草地研究所飼料生産性向上研究チーム上席研究員
- 原 正之 三重県科学技術振興センター農業研究部鈴鹿駐在主幹研究員
- 小柳 渉 新潟県農業総合研究所畜産研究センター
環境・飼料科主任研究員
- 山本 克巳 元九州・沖縄農業研究センター環境資源研究部上席研究官

家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法

発行年月日 平成19年3月31日

発行 財団法人畜産環境整備機構
〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目19番13号
スピリットビル4階
TEL 03-2459-6300 (代) FAX 03-3459-6315

印刷 有限会社 野中印刷所
福島県白河市東前町1-86
TEL 0248-22-5221 (代)

正誤表

「家畜ふん堆肥の肥効を取り入れた堆肥成分表と利用法」

P 3 7 ~ P 4 3 (表 5 - 1 ~ 表 5 - 5) 中

※「可給態養分含量(現物中)」とあるのは「可給態養分含量(乾物中)」の誤りです。
また、各数値の単位(kg/ト)は%に訂正願います。

