

第4章

混合堆肥複合肥料原料に適する堆肥 の生産供給について

第1節 要約

混合堆肥複合肥料に用いることのできる堆肥には、成分含量等の制限事項が設定されている。しかしながら制限事項を満たしていれば直ちに原料として用いることができる訳ではない。堆肥は原料や製造法によりその特性が様々なこと、並びに混合堆肥複合肥料の生産には、造粒・乾燥が必須の工程となるため各堆肥の造粒・加工適性等の評価も重要である。

このため本章では、混合堆肥複合肥料の原料堆肥の具備すべき条件を「肥料取締法における原料堆肥の制限事項」と「堆肥の造粒・加工適性（物性）」の面から解説する。特に牛ふん堆肥については、混合堆肥複合肥料原料として使用が難しいため、その留意点について解説する。これらの事項については、本章の最後に「原料堆肥受け渡し時のチェック表」として整理しているので、参照いただきたい。また、「原料堆肥の選定・マッチング事例」として本プロジェクト研究での堆肥の選定事例を紹介しているので、参考にいただきたい。さらに、本章の堆肥生産コラムでは、混合堆肥複合肥料の原料に適した堆肥の製造法や堆肥の肥効評価などについて解説しているので、併せて参照いただきたい。

第2節 混合堆肥複合肥料の原料となる堆肥の具備すべき条件

(1) 肥料取締法における混合堆肥複合肥料の原料堆肥の制限事項

混合堆肥複合肥料の公定規格の概要を図4-1に示す。原料堆肥は、動物の排せつ物を主原料（5割以上使用すること）とするものについては、乾物として窒素全量が2.0%以上であり、かつ窒素全量、りん酸全量又は加里全量の合計量が5.0%以上であり、かつC/N比15以下であるものを使用する。また、食品由来の有機物を主原料（5割以上使用すること）とするものについては、乾物として窒素全量が3.0%以上であり、かつ窒素全量、りん酸全量又は加里全量の合計量が5.0%以上であり、かつC/N比15以下であるものを使用するとされている。さらに、堆肥の配合割合は50%以下とされている。なお、堆肥は原料としての品質を確保するため、原則として特殊肥料の届出がされたものを使用するよう指導されている。

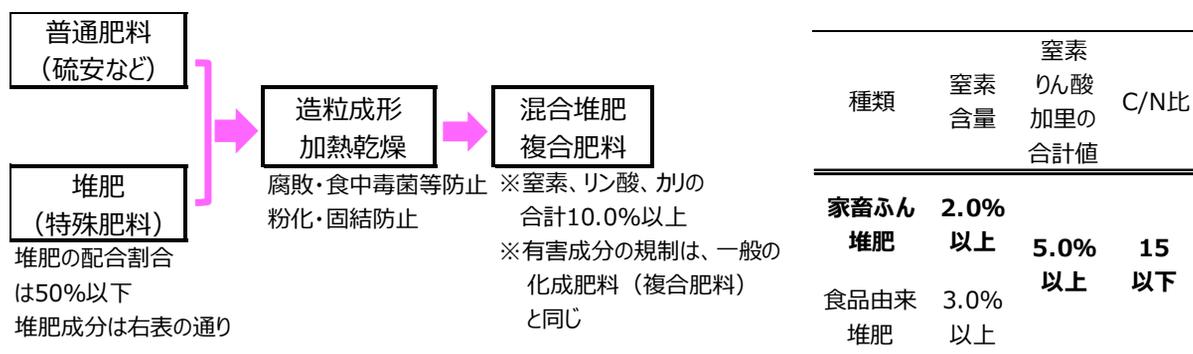


図4-1 混合堆肥複合肥料公定規格の概要
(小宮山・辻あづみ(2013)を改変)

表4-1、2に2003年に一般財団法人畜産環境整備機構が実施した家畜ふん堆肥の成分の実態調査の結果を示す。

畜種別で見ると、すべての畜種で窒素全量及びC/N比が肥料取締法の公定規格を逸脱するものがあることがわかる(表4-1)。このため、供給する予定の堆肥の成分分析を行って、肥料取締法における混合堆肥複合肥料の公定規格に適合しているかを確認することが必要である。堆肥はロットや生産する季節などによって成分値が変動することにも留意し、特に乳用牛、肉牛ふんの堆肥では、C/N比の平均値が公定規格から外れていることなどから複数回確認することが必要である。

一方、副資材別(表4-2)で見ると、副資材なしや戻し堆肥利用の堆肥に比べ、おが屑、バーク、もみ殻など副資材を使用した場合、窒素全量は低く、C/N比は高い傾向にある。副資材の混合は、堆肥化に至適な水分条件や仮比重の設定のために重要である一方、混合比が高いと肥料成分の低下、C/N比の上昇が生じる。

C/N比の低い堆肥の製造法の一例として、戻し堆肥による牛ふん堆肥生産方法について、堆肥生産コラム①(P55)にて説明しているので参照いただきたい。

以上、表4-1、2に示したように、堆肥の成分値は、畜種や副資材の種類、配合比によって異なるため、常に公定規格の基準に適合する堆肥を供給するためには、これらの事項に留意することが必要である。表4-3に主な副資材の成分特性を示したので、原料配合の参考としていただきたい。

表4-1 家畜ふん堆肥の成分特性（畜種別）

畜種	試料数	項目	水分 %*	全窒素%	C/N比	りん酸%	加里%	三要素合計%
公定規格	--	--	--	2%以上	15以下	--	--	5%以上
乳用牛	319	平均	52.3	2.2	17.6	1.8	2.8	6.8
		最大	82.9	5.6	40.8	13.3	7.7	--
		最小	15.7	0.9	7.0	0.5	0.2	--
肉牛	303	平均	52.2	2.2	19.0	2.5	2.7	7.4
		最大	76.6	4.1	39.3	6.7	7.1	--
		最小	10.5	0.9	9.6	0.5	0.4	--
豚	144	平均	36.7	3.5	11.4	5.6	2.7	11.8
		最大	72.0	7.2	26.6	22.7	6.6	--
		最小	16.6	1.4	6.0	1.6	0.3	--
採卵鶏	129	平均	22.9	2.9	9.5	6.2	3.6	12.7
		最大	58.7	6.2	21.5	20.9	5.8	--
		最小	6.4	1.4	4.9	1.7	1.2	--
ブロイラー	27	平均	33.0	3.8	10.6	4.2	3.6	11.6
		最大	60.1	5.6	20.1	9.2	7.6	--
		最小	15.4	2.1	7.3	1.0	1.1	--

*水分は現物、他は乾物当たりの値

堆肥の品質実態調査結果 堆肥の品質実態報告書（畜産環境整備機構（2005）より作成）

表4-2 家畜ふん堆肥の成分特性（副資材別）

副資材種	試料数	水分%*	全窒素%	全炭素	C/N比	りん酸	加里%	三要素合計%
公定規格	--	--	2%以上	--	15以下	--	--	5%以上
なし	198	33.5	3.2	32.3	11.3	4.9	3.2	11.3
戻し堆肥	48	28.1	3.5	32.1	10.5	4.8	3.4	11.7
もみ殻	74	46.2	2.4	33.8	15.6	3.5	2.9	8.8
バーク	20	56.2	2.6	39.0	16.4	1.9	2.1	6.6
おが屑	234	48.1	2.4	38.8	17.6	3.0	2.9	8.3
その他	928	47.7	2.4	37.4	16.9	2.9	2.8	8.1
全体	1502	45.3	2.5	36.6	16.0	3.3	2.9	8.7

*水分は現物、他は乾物当たりの値

堆肥の品質実態調査結果 堆肥の品質実態報告書（畜産環境整備機構（2005）より作成）

表 4-3 主な副資材の成分特性

副資材種	水分% *	全窒素%	全炭素%	C/N比	りん酸%	加里%
稲わら	約10	0.5-1.0	30-40	50-60	0.2-0.5	2.0-2.5
麦わら	約10	0.5-1.0	40-45	60-70	0.1-0.3	2.0-2.5
おが屑 (広葉樹)	約10	0.0-0.1	45-50	500-	0.0-0.1	0.1-0.2
バーク (樹皮)	約30	0.0-0.1	45-50	500-	0.1-0.2	3.0-4.0
もみ殻	約10	0.3-0.5	35-40	70-80	0.1-0.3	0.5
米ぬか	約15	2.0-3.0	45-50	20-25	4.0-5.0	1.5-2.0
ソバ殻	約15	2.0-2.5	40-50	20-30	1.0-1.5	1.0-1.5
コーヒー粕	約75	2.5-3.0	45-50	15-20	0.1	0.1

*水分は現物、他は乾物当たりの値
堆肥化施設設計マニュアル (中央畜産会 (2003) より引用)

(2) 混合堆肥複合肥料原料堆肥の造粒・加工適性 (物性) について

混合堆肥複合肥料生産では、造粒・乾燥することが必須となる。一方、堆肥の生産方法は、各種の方式があり、生産方法や原料配合により堆肥の物性は異なる。このため、使用する堆肥の造粒・加工特性等の物性を把握することが必要である。堆肥の配合割合の多少や造粒方法 (図 3-1 前出) により多少造粒適性が異なるが、ここでは最も堆肥造粒適性が高い押出造粒 (ペレット造粒) での原料適性について、水分、粒度、異物混入、熟度、かさ比重、保水性の項目ごとに解説し、判断指針を示す。

1. 水分 (含水率)

原料堆肥の水分は、一般的に密閉型の施設で堆肥化した場合は 40%以下と低いが、開放型の施設で堆肥化した場合は 50~60%程度と高く、さらに夏場に比べて冬場に高くなる。**保管・輸送の際、高水分の堆肥をフレコンバックに充てんとすると、嫌気状態となり堆肥品質が悪化したり、フレコン内で固まり排出不良**となったりする可能性があるため、注意が必要である。

水分が高くなると、粘り、付着性が増加し、搬送工程でのコンベアへの付着や造粒機のローラーの滑りなどが生じ通過性、生産性が悪化する。一方、水分が低くなると凝集力低下による粉化や、高硬度による詰まりを発生する。このように水分は高すぎても、低すぎても弊害が生じる。一般的には水分が低い場合、加水することにより造粒条件の調整を容易に行える。**押出造粒法により造粒する場合、堆肥の水分を 40%程度以下に調整することが必要である。**堆肥製品の水分を低くするためには、堆肥化時操作では、通気を多めにおこなうことなどにより水分蒸散を促進する、もしくは、原料堆肥の乾燥工程を導入することが必要になる。

なお、造粒方法によっては、造粒を含水率が高い条件で行うことが可能である。この場合、原料堆肥の水分は比較的高くてよい。しかしながら、造粒後の肥料乾燥時のエネルギー負荷が大きくなるため、より能力の高い加熱乾燥設備が必要となる。堆肥の水分低減方法については、堆肥生産コラム③ (P57) にて紹介しているので参照いただきたい。

2. 粒度

原料堆肥の粒度が大きいかかさ比重も低くなるため、フレコンバックでの輸送、在庫にあたって、一度に輸送可能な重量が減少し、貯蔵に要するスペースも必要となる。また、肥料生産にあたっては、粒度が大きければ、凝集性も低下し、生産効率が下がりやすい。このため、混合堆肥複合肥料の原料とする場合、切り返しなどの際になるべく、粒度が細くなるように攪拌操作を念入りに行う、もしくは、ふるいがけをして細粒の堆肥をより分けるなど、粒度を細かくするための取り組みが必要となる。

ディスクダイ方式の押出造粒では、加圧力が強く水分が適正であれば、破碎しながらの造粒が可能である。ある事例では、原料堆肥の粒の最大径が 30mm 以下、かつ、4mm 径超の堆肥の粒数の全粒数に対する割合が 20%以下の条件であれば、良好な造粒が可能であった。

3. 異物混入

造粒時に金属や石などの異物が混入した場合、造粒機に極めて重大な障害を生じる恐れがある。磁石で吸着可能な鉄製のものであれば、磁力選別などで選別可能だが、石など磁力選別できない異物の混入の可能性がある場合は、注意が必要である。このため、これらの異物は予め除去する対策を講じるか、鉄製のものであれば、磁力選別などの導入を検討することが必要となる。

4. 熟度（臭気・安全性）

堆肥は、堆肥化処理の過程で微生物分解により易分解性有機物、水分が減少し、無機成分割合が上昇するため（窒素成分はアンモニアガスとして揮散し、減少することもある）（図 4-2）、その分解状況（熟度）にも留意することが必要である。また、堆肥化時には微生物の活動により品温が60℃程度まで上昇するが、これにより病原菌や混入した雑草種子を死滅させる効果もある。このため十分に温度上昇が認められた堆肥を生産することが必要である。

堆肥化が不十分な場合のふん臭などの悪臭、pHが高い場合、アンモニアガスの揮散などが想定される場合は十分な臭気対策が必要である。堆肥保管時でも40%以上と水分が高い場合、分解の進行による臭気発生も懸念される。

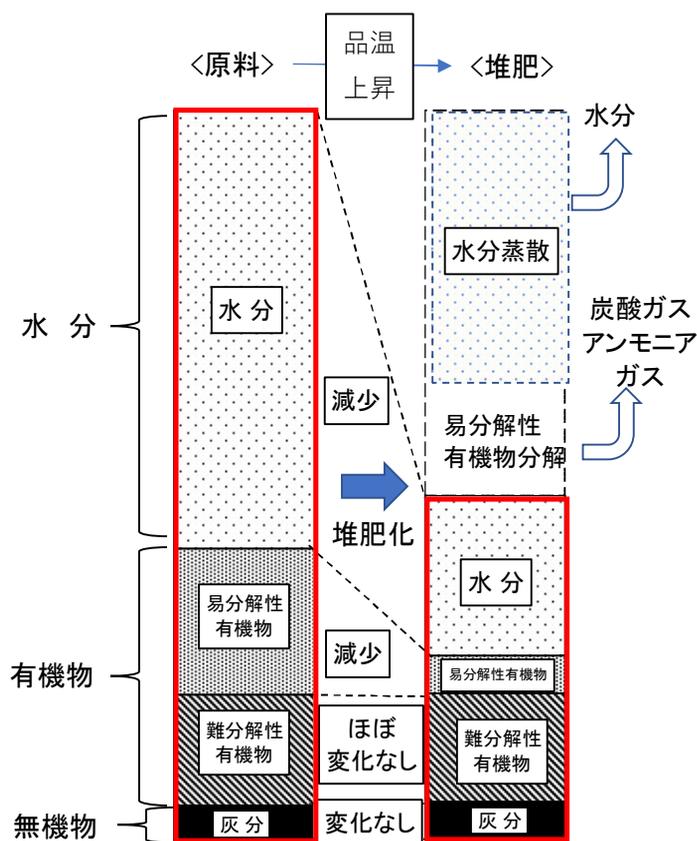


図 4-2 堆肥化時の物質変化の模式図（竹本原図）

このため、堆肥を混合堆肥複合肥料原料として使用する場合、水分を低下させるとともに、十分な堆肥化を行うことが必要となる。

5. かさ比重・保水性

かさ比重（容積重）が小さいと一度に輸送可能な重量が減少し、原料堆肥の運搬の経費、労力の増加が生じる。また、原料堆肥のかさ比重が小さい場合、配合によっては、混合堆肥複合肥料製品の比重も小さくなり、肥料散布の際、多容量の散布が必要となるなどの弊害が生じる可能性がある。おが屑などの副資材の混合が多いとかさ比重は小さくなる。主な副資材の成分特性を表4-3に、容積重や吸水率（保水量）などを表4-4に示したので、配合検討の参考にしていただきたい。堆肥化を十分に行うことで、資材の分解により、材料の形状を認められなくなるとともに、細粒化し、かさ比重も大きくなる。

堆肥は一般の有機原料と比較し、保水性が高く、造粒適正水分も高い。しかし上記の通り、一般に原料水分が高いとハンドリング性で問題を生じ易い。ハンドリング性の改善方法としては、水分が低く、保水性の高い副資材の添加等があるが、木質系の場合、添加量が多いとC/N比が高くなり、混合堆肥複合肥料の原料堆肥の規格を外れる場合があるので注意が必要となる。

以上のように、混合堆肥複合肥料の原料堆肥の製造においては、かさ比重、保水性の両面の特性を考慮した副資材の選定、配合比の検討が必要である。

表4-4 各種副資材の性状

資材	水分 (%)	容積重 (t/m ³)	吸水率 (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N比	セルロース (%)	ヘミセルロース (%)	リグニン (%)
オガクズ	25~45	0.2~0.25	280~450	44~60	0.03~0.53	230~1670	50~60	10~25	20~38
スギ	17.1~26	---	310	45.2~50.9	0.08~0.16	283~636	49~56.6	13.5~21.1	28~37
マツ	15.2~29	---	280	44.8	0.13	345	48.6~58.3	13.7~23.8	24.9~31
ヒノキ	24.5~31	---	350	43.9~51.6	0.04~0.19	231~1295	50.8~58.1	12.3~20.7	25.7~35
ラワン	23.7~27	---	280	46.0~48	0.11~0.13	354~436	---	---	28.9
ペイマツ	15.2	---	---	50~60.1	0.03~0.53	1150~1670	---	---	25.6
ハムツク樹皮 (パーク)	45	---	---	52.4	0.24	218	21.9	11.7	38.1
チップ	19.3	0.1	152	45	0.1	450	---	---	---
稲わら	9.7~15	0.05	300~430	35.6	0.61	58	24.7	20.6	7.7
小麦わら	9.2~11.9	0.03	226~498	37.3	0.3	124	---	---	---
大麦わら	12~15	0.02	285~443	---	---	---	---	---	---
もみ殻	9.5~15.0	0.1~0.13	75~80	33.5~39.8	0.56	60~72	32~42	29~37	1.3~38
粉碎もみ殻	8.3~9.1	0.2	136~250	---	---	---	---	---	---

堆肥化施設設計マニュアル（中央畜産会（2003）より引用）

(3) 混合堆肥複合肥料原料としての牛ふん堆肥の適性

豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥は副資材なしで密閉型発酵装置などで堆肥化されることが多い。このため、均質で、水分が比較的低いなど取り扱い易い堆肥が多いことから、混合堆肥複合肥料原料としての適性が高く、利用が進んでいる。以下に豚ふん堆肥での品質基準（例）を示す（表 4-5）。

表 4-5 豚ふん堆肥の混合堆肥複合肥料原料としての品質基準の例

1) 豚ふん堆肥の望ましい成分値					
	TN（窒素全量）	TP（りん酸全量）	TK（加里全量）	C/N 比	水分
最低基準	2%以上	TN、TP、TK 合計で 5%以上		15 以下	
希望値	3%以上	4%以上	2%以上	10 以下	25%以下

2) 物性
異物の混入がないこと。トロンメル（回転篩）等による粒度調整が望ましいこと。
試験機による造粒試験で造粒性、ハンドリング性に問題がないこと。

3) 堆肥生産方式
密閉縦型方式が品質として望ましい。
2 次発酵ヤードを保有し、熟成保管可能が望ましい。
生産規模は、品質・供給の安定性から 200 トン/年規模以上が望ましい。

4) 腐熟度
発酵は好気性発酵を維持していること。
幼植物試験での発芽生育に障害が認められないこと。

5) 臭気
臭気センサー及びガス検知管の確認で臭気上の問題がないこと。

6) 特殊肥料の届出
完了していることが望ましい。

（浅野智孝（2017）より引用）

これに対し、牛ふんは他の家畜ふんと比較し、水分が高いため堆肥化時に副資材が多く使用されている。このため、出来上がる堆肥の成分、物性に幅がある。前述のように成分面では、窒素全量が低いものや C/N 比が 15 を超えるものが多い。このため、牛ふん堆肥を混合堆肥複合肥料原料として使用したい場合、なるべく副資材の使用量を低減するなどの取り組みが必要である。また、物性面（かさ比重や保水性など）も変化するため、留意が必要である（P50 第 5 項を参照）。

堆肥生産コラム②（P56）に副資材の造粒への影響評価の取り組みを掲載しているので、ご参照いただきたい。

以上のような混合堆肥複合肥料原料として留意すべき堆肥の原料特性について、表 4-6 に原料堆肥の品質チェックリストとして整理した。原料堆肥の取引の協議などの際にご活用いただきたい。

第3節 その他

堆肥成分の肥効特性について

混合堆肥複合肥料の公定規格では全成分量を保証するよう規定されている。しかしながら堆肥に含まれる成分はそのすべてが化学肥料と同等の肥効を示すわけではない。特に牛ふん堆肥では窒素の8～9割は有効ではない。堆肥生産コラム④、⑤（P58～60）に堆肥成分の肥効について説明しているので参照いただきたい。

マッチング事例について

原料堆肥のマッチング事例として本プロジェクト研究での堆肥の選定事例を紹介する（P61～70）。原料を輸入する場合と違って、原料堆肥の大量生産は難しい。そのため混合堆肥複合肥料は小ロット生産になる傾向がある。肥料の製造効率を上げるためには、混合堆肥複合肥料原料に適する品質を備えた原料堆肥の年間を通じた安定供給が前提となる。

供給側の畜産農家と製造を担う肥料メーカーが密接に連携することが重要である。畜産農家は耕種農家に販売している堆肥とは異なる管理が必要になることも多い。肥料メーカー側受入上の設備改善等が必要となってくるであろう。耕種農家の求める規格に合致した肥料を製造する上で、何が課題なのかを両者が情報共有し、意見交換を重ねる中で信頼関係を醸成することが必要となってくると思われる。混合堆肥複合肥料は、循環型社会の実現を目指す社会のニーズに合致している。両者が密接に連携し目標を一にして、混合堆肥複合肥料の安定生産を実現していただきたい。

表 4-6 原料堆肥受け渡し時のチェック表（例）

混合堆肥複合肥料原料としての品質基準項目	チェック欄	概 要
1. 法的規制（肥料取締法）		
肥料取締法 届出	<input type="checkbox"/>	(1)肥料取締法に基づく堆肥（特殊肥料）の届出が完了しているか？
肥料取締法 公定規格	<input type="checkbox"/>	(2)肥料取締法に基づく混合堆肥複合肥料の公定規格（*1）を満たしているか？
		*1 ① 全窒素含量（家畜ふん堆肥 2% 食品残渣堆肥 3%）以上 ② 窒素、りん酸、加里含量の合計が 5%以上 ③ C/N 比が 15 以下
2. 有害性		
塩分濃度	<input type="checkbox"/>	(1)必要に応じて、確認しているか？
クロピラリド残留程度	<input type="checkbox"/>	(2)必要に応じて、確認しているか？
副資材の種類	<input type="checkbox"/>	(3)建築廃材等、有害物の混入の可能性のある資材の利用はないか？
3. 異物混入	<input type="checkbox"/>	(1)堆肥以外の異物（*2）の混入がないか？ *2 石や金属（釘など）、プラスチック、ガラス片など
4. 原料の物性		
含水率	<input type="checkbox"/>	(1)含水率は、低い値になっているか？ 低いほうが成形の際の配合調整が容易である。 高いと運搬性も低下する。
かさ比重	<input type="checkbox"/>	(2)あまり軽いと運搬性が低下する。 また、製品かさ比重が低くなる可能性がある。 含水率が低いと低下する。
粒径（粒度）	<input type="checkbox"/>	(3)なるべく細かいことが望ましい。
粉塵	<input type="checkbox"/>	(4)粉体状になると粉塵発生の問題が生じる可能性があるため、粉体状でないことが望ましい。
5. 臭気	<input type="checkbox"/>	(1)堆肥臭、もしくは臭気が低いことが望ましい。

第4章 混合堆肥複合肥料原料に適する堆肥の生産供給について

受け渡し品質基準 記入欄 ※	受け渡し品質基準 記載例	備考
特殊肥料の届出（済・未・その他） 全窒素含量（ ）%以上 全加里含量（ ）%以上 C/N比（ ）以下 その他 （ ） 塩分濃度 （ ）%以下 クロピラリド残留 （ ）	全窒素含量 2.5%以上 全加里含量 3.0%以上 C/N比 12 以下 塩分濃度 Cl 1%以下 クロピラリド残留 生物検定で反応しない	<ul style="list-style-type: none"> ・ 副資材の種類・配合によっては、成分が低く（C/N比は高く）なり、混合堆肥複合肥料の公定規格に適しない場合も生じる。 ・ 塩分濃度、Cl濃度、Na濃度、ECなどで判定する。 ・ 塩分濃度、クロピラリド残留程度が高いと、使用できない場合もある。
異物混入	異物混入 目視で検出されないこと	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆肥原料や施設部材の混入により発生する
含水率 （ ）%以下	含水率 40%以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 牛ふんの含水率は通常、80%以上であるため、堆肥化のため、副資材と混合し、含水率を60～70%程度に調整する。 ・ 牛ふん堆肥の水分は、造粒に適する水分条件より高い場合が多い。
かさ比重（ ）以上	かさ比重 0.7 以上	<ul style="list-style-type: none"> ・ おが屑などかさ比重が低く、吸水性の高いものが使用されるため、副資材の配合比が高いと堆肥のかさ比重は低くなる場合が多い。
粒径 （ ）mm 以上が（ ）%以下	粒径 40mm 以上が 10%以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆肥粒度は、細かいほうが適するが、一方、粉体状になると粉塵発生の問題が生じる可能性がある。
粉塵発生 （ ）	粉体状でないこと	
臭気 （ ）	ふん臭がしないこと	<ul style="list-style-type: none"> ・ 堆肥化が未熟であると、ふん臭の生じる可能性が高い。

※ それぞれの項目の適正值については、造粒の方式や製造工場の設備等によって異なる。

堆肥の受け渡しに際しては、生産者、使用者間で協議し、引き渡しの基準を作成することが望ましい。

【堆肥生産コラム①】

原料堆肥規格に適合した C/N 比の牛ふん堆肥生産方法

乳牛ふんは含水率が高いため、堆肥化時には副資材を用いて水分調整をします。副資材は C/N 比が高いものが多く、副資材の混合割合によってはできた堆肥の C/N 比も高くなります。

混合堆肥複合肥料の原料として使用するには、C/N 比の低い牛ふん堆肥が必要です（C/N 比 15 以下）。C/N 比の低い牛ふん堆肥の生産方法として、戻し堆肥を水分調整材として利用した堆肥化方法を紹介します。

○ 戻し堆肥を用いた家畜ふんの堆肥化方法

製品堆肥を生ふんの水分調節材として用いて、連続的に生ふんを堆肥化する方法で、その概要は次のとおりです。

- ① 乾燥床で天日により生ふんの含水率を 60%程度 of 半乾燥（生乾き）状態にします。
- ② これを 2～3 日堆積すると、60～70℃以上に温度上昇します。3 日に 1 回程度の割合で攪拌を繰り返すと約 2 週間後に温度はやや低下し、この間の発酵熱により含水率は 40%程度に低下して、取り扱いやすい状態になります。
- ③ これをタネ堆肥とし、ほぼ同容積（冬の低温時は 0.6～0.7 容積程度）の生ふんを混合し、乾燥床で攪拌します。続いてこれを堆積すると、2～3 日で 60～70℃以上に温度上昇します。その後 3～4 日に 1 回の割合で堆積物を攪拌すると、含水率が低下していきます。
- ④ この一部は製品堆肥として出荷し、残りに、同容積（冬の低温時は 0.6～0.7 容積程度）の生ふんを混合し、③の攪拌・堆積の操作を繰り返します。

本方法は、製品堆肥を水分調節材として用いるため、他の副資材が不要という利点があり、肥料成分が高く、C/N 比も低い製品が得られます。一方で、繰り返し処理するうちに堆肥の塩類濃度が上昇したり、タネ堆肥のみで水分調整を行うと通気性が低下する場合がありますので、注意が必要です。

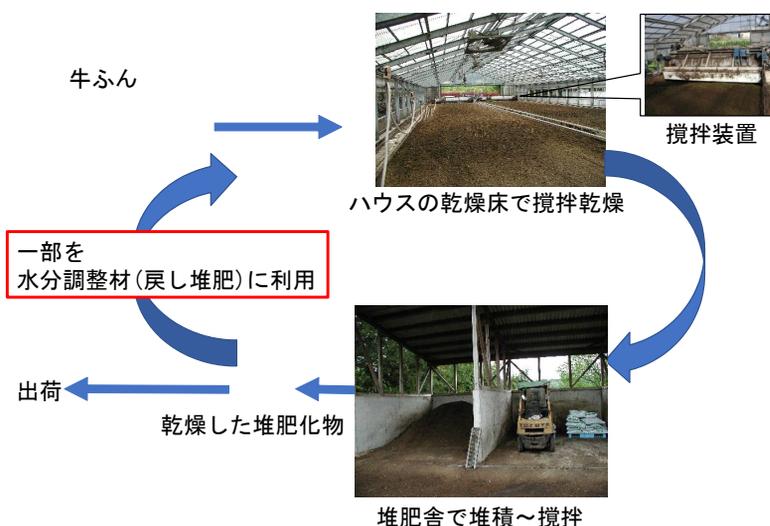


図 4-3 戻し堆肥による堆肥化（竹本原図）

詳細は、神奈川県作物別施肥基準の「有機質資材の施用～家畜ふん堆肥の堆肥化法」の項を参考にしてください。<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/f6k/cnt/f6802/index.html>

【堆肥生産コラム②】

堆肥の副資材の違いが造粒性に及ぼす影響は？

牛ふんは含水率が高いため、堆肥化する際の水分調整に副資材を多く使います。水分調整に使われる副資材には、剪定枝のような硬いものから、稲わらのような柔らかいものまで、さまざまなものが使われており、副資材の違いが、混合堆肥複合肥料を製造する際の造粒性に大きく影響する可能性が考えられました。

そこで、下図に示したような副資材や熟度の異なる堆肥を製造し、小型の造粒試験機で造粒試験を実施して、堆肥の副資材や熟度がペレットの生産効率と造粒性に与える影響を調べてみました。その結果、堆肥化が順調に進んでいけば、副資材の影響は8週間の堆積でほとんど目立たなくなり、乾式造粒法での造粒に与える影響は小さいことがわかりました。

こうしたことから、造粒方法が異なれば、副資材の影響がある可能性もありますが、乾式造粒法であれば、牛ふん堆肥に含まれる副資材は、混合堆肥複合肥料の製造の際に、あまり気にしなくてもよいようです。



図 4-4 副資材別牛ふん堆肥の性状変化と製品肥料の特性 (竹本原図)

- ※ 1 歩留：製品肥料のうち、形状が崩れていないものの割合。図中では、2mm を通過しないものの割合で示した。
- ※ 2 硬度：製品肥料の粒の硬さで 2kgf 以上の値であれば問題ない。

【堆肥生産コラム③】

堆肥の造粒適正水分への調整方法

牛ふんの場合、含水率が80%以上と高いので、副資材の添加などにより、含水率を70%程度まで調整して堆肥化を行います。このため、堆肥化の終了した時点での牛ふん堆肥の含水率は50~60%になります。しかし、混合堆肥複合肥料の原料としては、造粒面（造粒時の水分調整が容易）や流通面（含水率が高いと水を運んでいるようなもの）から見た場合、堆肥の含水率は40%以下にすることが必要でした。

ここでは、畜産農家側で水分低下を行う方法についてご紹介します。

○乾燥に使用する敷地に余裕がある場合：

ガラスハウス内に牛ふんを広げて攪拌を行うことで、10日（6月実施 最高外気温 34.1℃）で75%から40%まで低減でき、更に20日では10%程度まで低減できました（図4-5）。

○乾燥に使用する敷地に余裕がない場合：

堆積した山に通気を行うことによって、水分の低減が可能です。牛ふん堆肥を山に堆積（約2m³）し200L/minで通気、切り返しを1~2週1回実施することにより、40日間で約70%から55%程度まで低下させることができました。さらに米ぬかのような易分解性有機物を添加して高温状態を維持すると、50%以下まで堆肥水分を低減することができました（図4-6）。

混合堆肥複合肥料原料として堆肥を利用する場合、これらの手法を参考に現場に適用し、できる限り堆肥水分の低減を図ることが必要です。

	①	②	③	④	⑤
期間	6/12 ~6/17	6/18 ~6/19	6/20 ~6/24	6/25 ~6/26	6/27 ~7/2
最高気温	29.5	28.5	28.4	31.9	34.1
平均気温	19.7	21.0	21.3	25.9	27.6
最低気温	14.5	16.7	18.0	18.9	23.7
平均湿度(%)	89.9	87.3	93.6	81.4	82.0
降水量(mm/日)	0.1	1.75	16.9	0.0	0

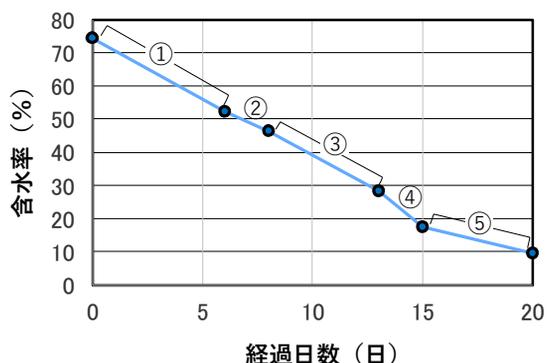


図4-5 乾燥床での含水率変化（竹本原図）

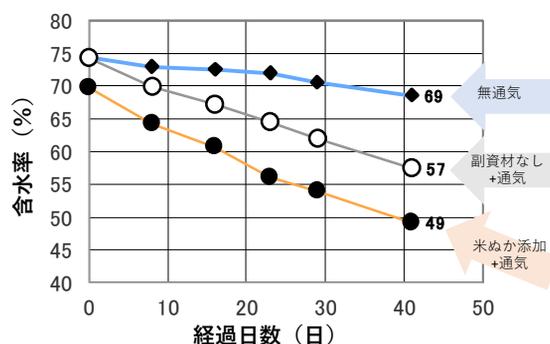


図4-6 堆積条件での含水率変化（竹本原図）

【堆肥生産コラム④】

家畜ふん堆肥の窒素肥効推定法

家畜ふん堆肥に含まれる窒素成分のほとんどは有機態ですが、土壌中ではその有機態の一部が無機態窒素となり、もともと含まれている無機態窒素とともに植物に吸収されます。そのため混合堆肥複合肥料の設計にあたっては堆肥由来の無機態窒素の発現（窒素肥効といいます）を勘案することも重要です。

家畜ふん堆肥の窒素肥効とそのパターンを化学分析により推定する方法は、岐阜県農業研究センター「家畜ふん堆肥の肥効評価の解説と分析マニュアル」に提示されています。

http://www.g-agri.rd.pref.gifu.lg.jp/taihi_manual/index.html

以下にその概要を示します。

1. 牛ふん堆肥・豚ふん堆肥

酸性デタージェント分析（利用コラム②P13 参照）により AD 可溶有機物を測定し、250mg/g 乾物未満か以上かで分別します（図 4-7）。250 未満であれば無機態窒素のみを測定し、その数値を速効性窒素とし、緩効性はゼロとします。250 以上の豚ふん堆肥であれば無機態窒素、AD 可溶窒素を測定し、それらの数値と地温から速効性窒素と緩効性窒素を推定します。

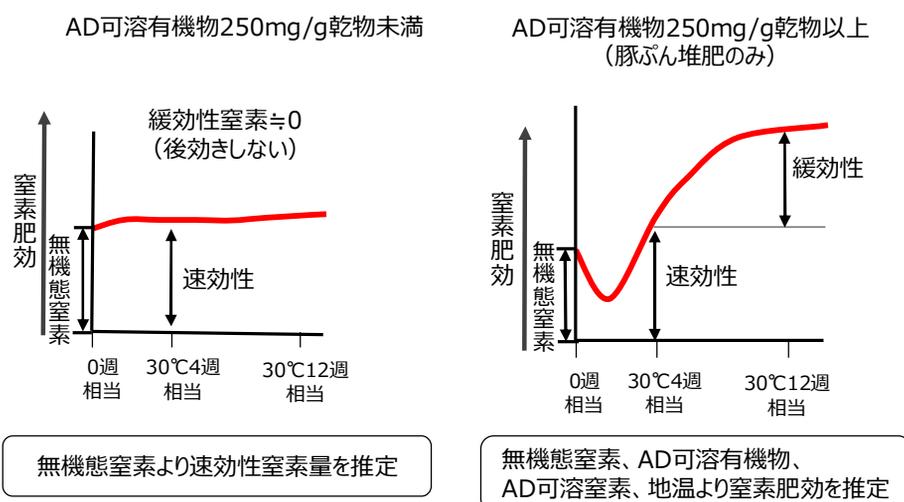


図 4-7 牛ふん堆肥と豚ふん堆肥の窒素肥効パターンと推定に必要な分析値（小柳原図）

推定に必要な分析値については同 URL にて簡易な分析法が示されています（図 4-8）。高価な機器を必要とせず、概ね 2 日以内に分析可能です。また、無機態窒素分析に用いた塩酸抽出液を小型反射式光度計に供試することにより、加里、酸可溶性りん酸、カルシウム、マグネシウムの分析も可能です。

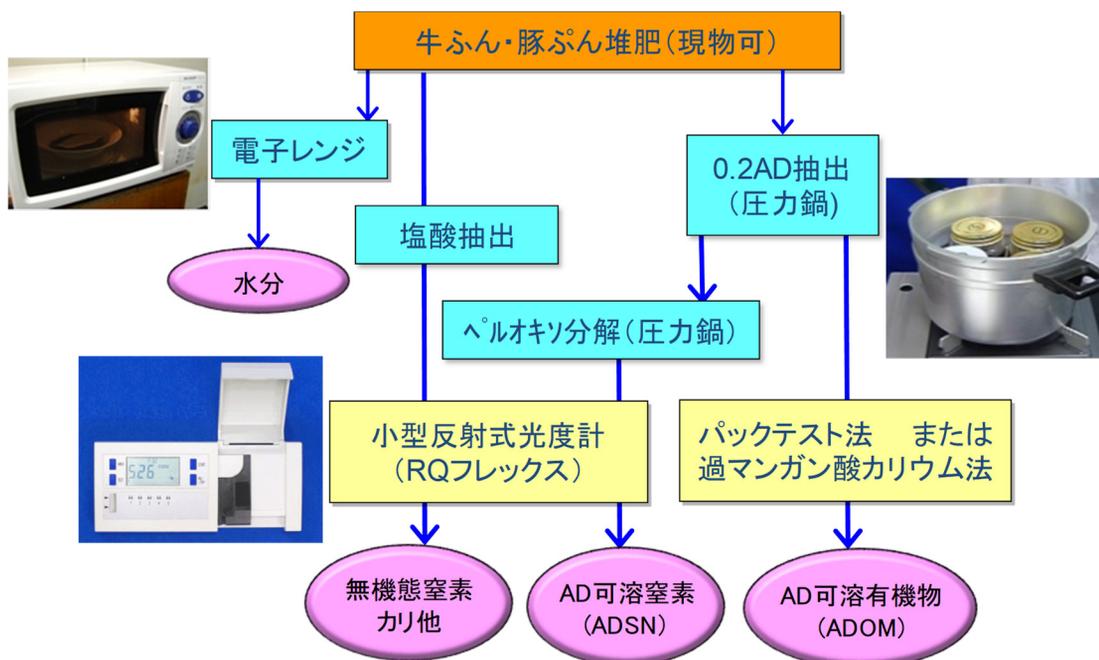


図 4-8 牛ふん堆肥と豚ふん堆肥の簡易分析法 (小柳原図)

2. 鶏ふん堆肥 (採卵鶏・副資材なし)

速効性窒素は乾物あたりの窒素全量より推定します (図 4-9)。速効性窒素 (乾物%) は窒素全量 (乾物%) を二乗した値を 10 で割り 0.2 を差し引いて推定値を求めます。流通している鶏ふん堆肥は窒素全量の表示が義務付けられています。窒素全量の表示は現物当たりで示されているので、この数値を乾物当りに換算して推定します。緩効性窒素は速効性窒素の大小にかかわらず一律 0.2% とします。なお本法は副資材を用いていない採卵鶏ふん堆肥にのみ適用できます。

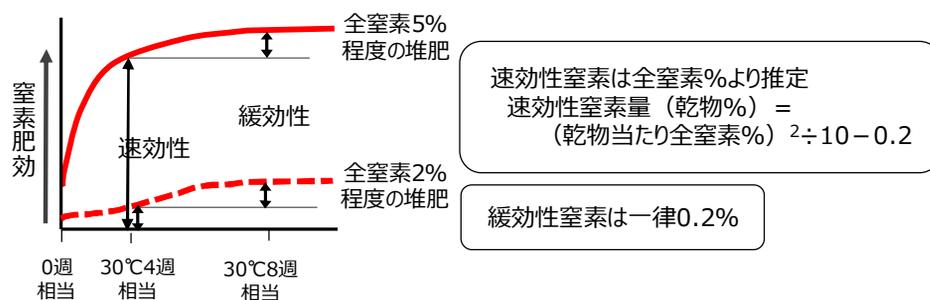


図 4-9 鶏ふん堆肥 (採卵鶏。副資材なし) の窒素肥効パターンと推定法 (小柳原図)

【堆肥生産コラム⑤】

家畜ふん堆肥の加里の形態と肥効

家畜ふん堆肥中の加里の肥効率（堆肥中加里成分の肥効を化学肥料中加里成分の肥効で除した数値）は一般的には 90%以上と化学肥料と同等とされています。この裏付けとして家畜ふん堆肥中加里成分の形態と栽培試験で確認したデータを紹介します。

図 4-10 に示すように家畜ふん堆肥に含まれる加里成分の 70%程度が硫酸加里や塩化加里と同様な性質である水溶性、25%程度がク溶性（水には溶けないが 2%クエン酸に溶ける成分）です。このク溶性加里の存在が家畜ふん堆肥では特徴的で、土壌中ではゆっくり溶けます。水溶性とク溶性を合わせた 95%以上の加里成分が少なくとも植物に吸収される形態です。

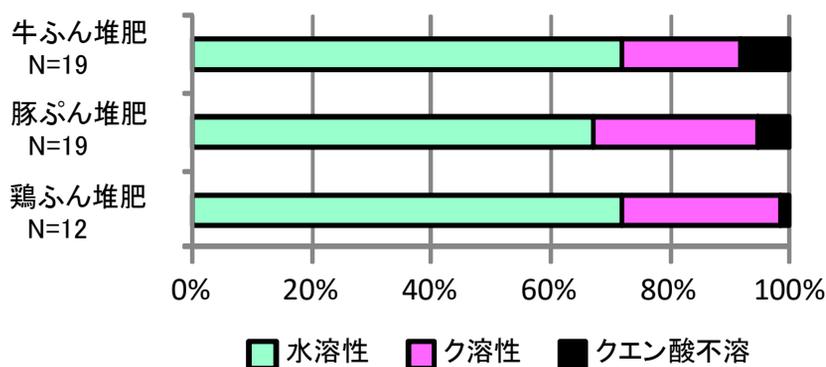


図 4-10 家畜ふん堆肥に含まれる加里の形態（小柳ら,2004 より作図）

キャベツの栽培試験で加里全量を牛ふん堆肥中加里成分で代替した結果、加里利用率は化学肥料より大きい数値でした。このことから堆肥中の加里の肥効は少なくとも化学肥料と同等であることが確認されました。

表 4-7 キャベツ栽培における収量、加里吸収量、加里利用率

	加里施用量 (kg/10a)	結球部収量 (kg/10a)	外葉部収量 (kg/10a)	加里吸収量 (kg/10a)	加里利用率 %
牛ふん堆肥 A	22	7,276	3,368	34.0	119
牛ふん堆肥 B	22	8,410	3,593	39.4	143
化学肥料（硫酸加里）	22	6,017	3,661	29.6	99
無肥料区	—	1,253	305	7.9	—

堆肥区は基肥加里施用量の全量を堆肥中加里で代替した

堆肥区の窒素、リン酸は化学肥料で上乗せ施用した

加里利用率% = (試験区加里吸収量 - 無肥料区加里吸収量) / 加里施用量 × 100

神奈川県農業技術センター（2013）から引用

マッチング事例 ①

すすき牧場 キャトルパワー（牛ふん堆肥）

この堆肥の
セールスポイント

- 低水分、低 C/N 比で取扱い性と肥効に優れた堆肥
- 堆積期間が長く熟度の高い堆肥
- 大型処理施設により夾雑物が少なく品質の安定した堆肥

【堆肥生産者】 福岡県宗像市（株）すすき牧場

○設立からこれまでに至る沿革

- ・ 昭和 45 年から肉牛生産を開始、48 年から農事組合法人薄牧場として肉用牛繁殖・肥育事業を拡大。
- ・ 平成 19 年から株式会社すすき牧場に組織変更、ブランド牛肉「むなかた牛」を生産。
- ・ 平成 26 年、国際認証規格 SQ F レベル 3 を取得。

○主な施設

肉牛舎 19 棟、堆肥発酵・乾燥施設 計 7 棟、ペレット造粒施設 1 施設

【生産している堆肥の特性】

含水率 34%	pH 7.7	かさ比重 414 g/L
乾物あたり成分		安息角 44.9°
窒素全量 2.1%		粒度分布
りん酸全量 2.7%		> 4 mm 8.1% 2-4 mm 14.5%
加里全量 2.4%		1-2 mm 17.9% 0.5-1 mm 17.7%
C/N 比 15		<0.5 mm 41.9%

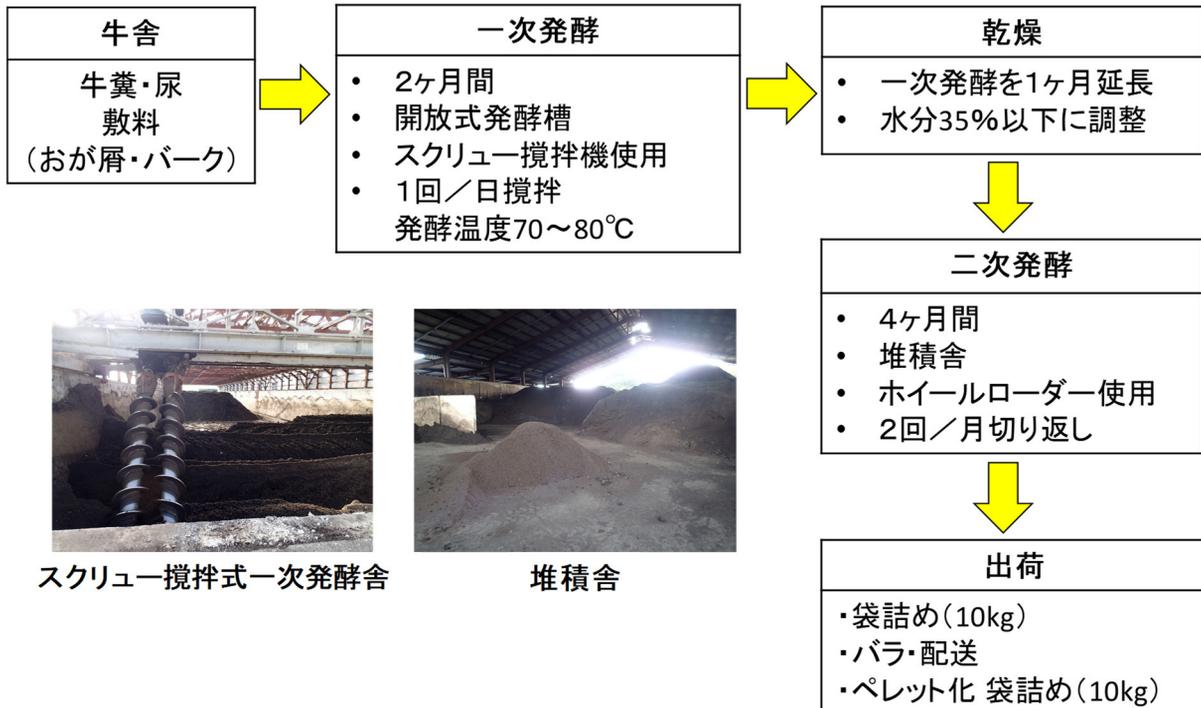
【堆肥供給先（肥料メーカー）とのマッチングの経緯】

肥料専門メーカーとはマッチングしておらず、福岡県農林業総合試験場が今回の混合堆肥複合肥料の開発・設計を行う中で、もともとペレット堆肥の製造を副業的に行っていた肉用牛生産会社である当社が参画し、自社の牛ふんの販売方法を拡充するため、混合堆肥複合肥料の製造を開始しました。

堆肥納入先のコメント（堆肥選定の理由）

- ・ 自社の堆肥による混合堆肥複合肥料製造である
- ・ ペレット堆肥および他社の混合堆肥複合肥料の原料として使用された実績がある

【原料堆肥の製造工程】



- 使用原料名と混合割合
 - 肉牛ふん 100%(うち敷料のバーク8%、オガクズ17%を含む)
- 良質堆肥生産のための工夫や品質管理への取り組み
 - 一次発酵後に1ヶ月の継続的発酵を行い、水分を35%以下に調整。
 - 最終工程で篩分け機を利用し、粒度の均一化を図る。
- 堆肥の販売形態
 - 主にJ A向けの袋詰め販売、個別農家向けのバラ売り

【今後の課題及び展望】

- より混合堆肥複合肥料原料に適した水分27~28%の堆肥の製造。
- 混合堆肥複合肥料を通じた堆肥販売量の拡大。

【堆肥供給先(肥料メーカー)】(株)すすき牧場

【肥料共同開発先】福岡県農林業総合試験場

【本堆肥で生産されている肥料名】

「すすき混合433号」(生第103493号:混合堆肥複合肥料)

マッチング事例 ②

村田孵化場 鶏糞堆肥（鶏ふん堆肥）

この堆肥の
セールスポイント

- 低水分で臭気と団塊が少ない取扱い性に優れた堆肥
- りん酸、加里含量が高く肥料原料に好適
- ケージ飼い鶏ふんのため夾雑物の少ない堆肥

【堆肥生産者】 福岡県久留米市 (株)村田孵化場

○設立からこれまでに至る沿革

- ・ 昭和初期からひなの孵化販売を開始。
- ・ 昭和 40 年から会社事業として生産を本格化。
- ・ 平成 5 年から養鶏と鶏卵販売を開始、現在約 6 万羽を飼養。

○主な施設

採卵鶏舎 2 棟、堆肥製造所 1 施設、孵化施設 1 棟



【生産している堆肥の特性】

含水率 34%	pH 9.2	かさ比重 1,030 g/L
乾物あたり成分		安息角 36.8°
窒素全量 2.1%		粒度分布
りん酸全量 7.0%		> 4 mm 20.8% 2-4 mm 15.2%
加里全量 5.8%		1-2 mm 22.4% 0.5-1 mm 14.3%
C/N 比 11		<0.5 mm 27.3%

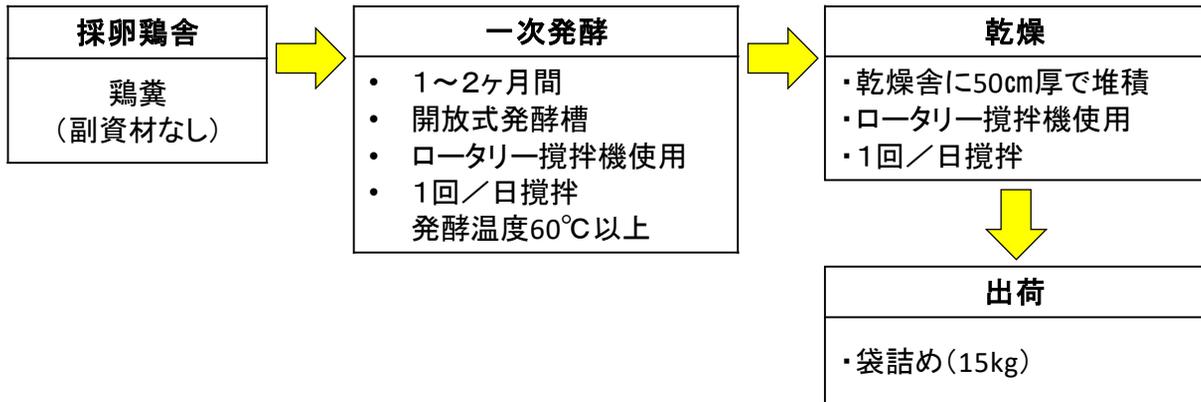
【堆肥供給先（肥料メーカー）とのマッチングの経緯】

福岡県農林業総合試験場が今回の混合堆肥複合肥料の開発・設計を行う中で、県内の数軒の養鶏場が販売する鶏ふんを分析調査した結果、当社の鶏ふんが特にりん酸、加里含量が高く、原材料として好適であったため選定されました。選定された時点では特殊肥料の「動物の排せつ物」の届出で販売しており、法的に混合堆肥複合肥料の原料に合致しませんでした。すすき牧場と試験場からの要望により、特殊肥料の「堆肥」での届出を行いました。

堆肥納入先のコメント（堆肥選定の理由）

- ・ りん酸、加里含有量が高く、肥料成分の供給源として好適である
- ・ 低水分で、団塊が少なく粒度が小さいため配合に適する

【原料堆肥の製造工程】



- 使用原料名と混合割合
ケージ飼い採卵鶏ふん 100%(夾雑物なし)
- 良質堆肥生産のための工夫や品質管理への取り組み
 - 一次発酵促進のため、仕上がり堆肥を水分調整材として戻し発酵。
 - 乾燥工程における1回／日の攪拌を徹底し、低水分で団塊の少ない仕上がりの部分から出荷。
- 堆肥の販売形態
主にJA向けの袋詰め販売、個別農家向けのバラ売り。

【今後の課題及び展望】

- 肥料原料として多量に搬出する場合の、水分過多状態の防止。
(堆積上層の低水分部分を予め充分にストックする。)
- 混合堆肥複合肥料を通じた堆肥販売量の拡大。

【堆肥供給先(肥料メーカー)】株式会社すすき牧場

【肥料共同開発先】福岡県農林業総合試験場

【本堆肥で生産されている肥料名】

「すすき混合433号」(生第10393号：混合堆肥複合肥料)

マッチング事例 ③

わかとりふみん（畜種混合堆肥）

この堆肥の
セールスポイント

- 牛、豚、鶏の3種のふん尿を混合した堆肥
- 全施設でマニュアルに沿って統一した堆肥を製造
- 年間を通じ品質の安定した堆肥を製造

【堆肥生産者】 鳥取県東伯郡琴浦町 鳥取中央農業協同組合 畜産部 みどり有機課

○設立からこれまでに至る沿革

- ・ 昭和54年から国庫補助事業により合併前の旧農協ごとに堆肥化施設を設置。
- ・ 平成10年及び同19年の農協合併により、現在の体制となる。

○主な施設

- ・ 堆肥製造施設 9施設、堆肥保管庫 4施設、ショベルローダー 13台



【生産している堆肥の特性】

含水率 24.1%	pH 9.2	かさ比重 312.5 g/L
乾物あたり成分		安息角 45.7°
窒素全量 2.8%		粒度分布
りん酸全量 4.5%		> 4 mm 2.8% 2-4 mm 17.5%
加里全量 5.0%		1-2 mm 27.4% 0.5-1mm 26.5%
C/N比 12.9		<0.5mm 25.9%

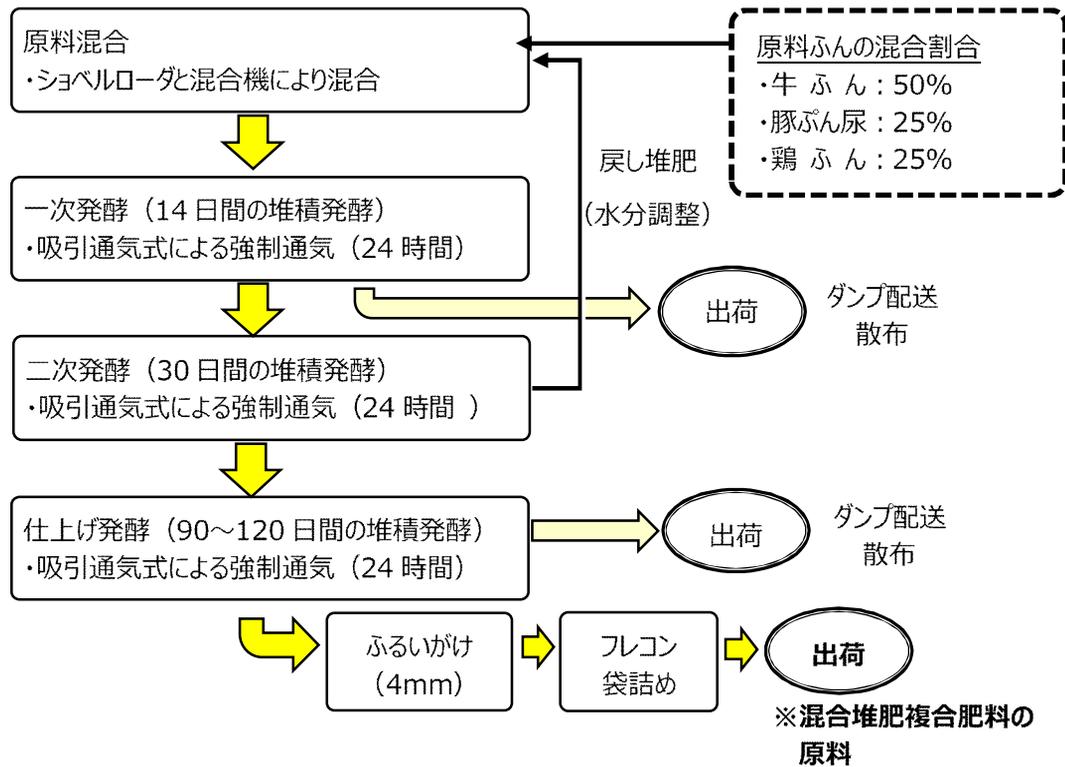
【堆肥供給先（肥料メーカー）とのマッチングの経緯】

肥料原料となる高品質堆肥を探していた肥料メーカー側からの要請で、よりペレット化に適した堆肥にするための試行錯誤を経て品質の安定化などの改善を行いました。

堆肥納入先のコメント（堆肥選定の理由）

- ・ ペレット堆肥の原料として使用された実績
- ・ 堆肥による発芽障害がない

【原料堆肥の製造工程】



- 使用原料名と混合割合
牛ふん (50%)、豚ふん尿 (25%)、鶏ふん (25%)
- 良質堆肥生産のための工夫や品質管理への取り組み
 - 全施設でマニュアルに沿って統一した堆肥を製造している。
 - 完成堆肥の成分分析を外部委託している (年1回)。
- 堆肥の販売形態
 - バラ、フレコンまたは袋 (1~17kg)、有償での運搬、ほ場散布あり。

【今後の課題及び展望】

- 年間を通じてペレット化に適した水分 25%前後の維持。
- 年間を通じて品質の安定した堆肥の提供による取引の拡大。

【堆肥供給先 (肥料メーカー)】三興 (株)

【肥料共同開発先】岡山県農林水産総合センター

【本堆肥で生産されている肥料名】

- 「キャベツ一発堆肥入り037」 (生第 102424 号 : 混合堆肥複合肥料)
- 「エコペレ水稻中生一発221」 (混合堆肥複合肥料 (生第 103291 号) と被覆尿素のバルクブレンド肥料)

マッチング事例 ④

完熟 発酵堆肥（牛ふん堆肥）

この堆肥の
セールスポイント

- 匂いが少なく、使用しやすい形状。
- C/N比が約13で、1年を通じて成分が安定。
- 堆積期間が長く熟度が高い堆肥。

【堆肥生産者】 静岡県牧之原市 切山坂口堆肥生産利用組合

○設立からこれまでに至る沿革

- ・ 1998年度畜産環境対策事業の補助金を受けて設立。
- ・ 1999年4月より運営。

○主な施設

SKコンポ4500型攪拌機、ホイールローダ



【生産している堆肥の特性】

含水率 43.8%	pH 8.59	かさ比重 524g/L
乾物あたり成分		安息角 42.3°
窒素全量 3.1%		粒度分布
りん酸全量 4.0%		>4 mm 41.4% 2-4 mm 22.9%
加里全量 4.2%		1-2 mm 12.3% 0.5-1mm 8.7%
C/N比 13		<0.5mm 14.7%

【堆肥供給先（肥料メーカー）とのマッチングの経緯】

混合堆肥複合肥料に適した牛ふん堆肥を選抜するため、静岡県堆肥共励会に出品された堆肥を静岡県農林技術研究所が分析した結果、C/N比、成分量が基準に適していたことから選定されました。

堆肥納入先のコメント（堆肥選定の理由）

- ・ 水分が低く、造粒に適している
- ・ 臭気が少なく扱いやすい

【原料堆肥の製造工程】

一次発酵

- ・ 約 30 日間
- ・ プロアによる強制発酵
- ・ ホイールローダにより週 1 回の切返し
- ・ 発酵温度 最高 80℃ 平均約 60℃



堆積・発酵

- ・ 約 50 日間
- ・ 開放・回行型堆肥化装置による
- ・ 1 日 2～4 回の切返し
- ・ 発酵温度 最高 60℃ 平均約 35℃



開放・回行型堆肥化装置



熟成・選別

- ・ 約 30 日間堆積・熟成
- ・ 回転ふるい機で選別



出荷

- ・ 袋詰め (10 kg)
- ・ パラ



回転ふるい機

○使用原料名と混合割合

牛ふん・尿 (60%)、キノコ廃菌床 (20%)、おが屑 (20%)

○良質堆肥生産のための工夫や品質管理への取り組み

- ・ 一次発酵時に水分量を調整。
- ・ 最終工程で篩分け機を利用し、形状の均一化を図る。

○堆肥の販売形態

主に家庭菜園向けの無人販売。

【今後の課題及び展望】

農家の大規模化などにより、年々販売量が減少していることを食い止めるために、堆肥の利用価値を高めたい。

【堆肥供給先 (肥料メーカー)】 (株) ホーチ・アグリコ

【肥料共同開発先】 静岡県農林技術研究所

【本堆肥で生産されている肥料名】

- ・ 「静岡混合堆肥複合肥料 5-2-3」 (生第 103501 号 : 混合堆肥複合肥料)
- ・ 「静岡混合堆肥複合肥料 7-2-5」 (生第 104866 号 : 混合堆肥複合肥料)

マッチング事例 ⑤

牛ふん堆肥（乳用牛ふん）

この堆肥の
セールスポイント

- C/N 比が低く、肥料効果の高い高品質の堆肥です。
- 副資材が少ない良質の堆肥です。

【堆肥生産者】 神奈川県秦野市 田中勲

○主な施設

つなぎ飼い 飼養頭数 35 頭

攪拌機（乾燥ハウス内） 岡田製作所 D500-6

軽トラック、マニユアスプレッダー タカキタ DL-700Z ホイールローダ 他

【生産している堆肥の特性】

含水率 60%	pH 8~9	かさ比重 500 g/L
乾物あたり成分		安息角 45°
窒素全量 2.3%		粒度分布
りん酸全量 3.5%		10-20 mm 20%以下
加里全量 3.8%		<10 mm 80%以上
C/N 比 12		

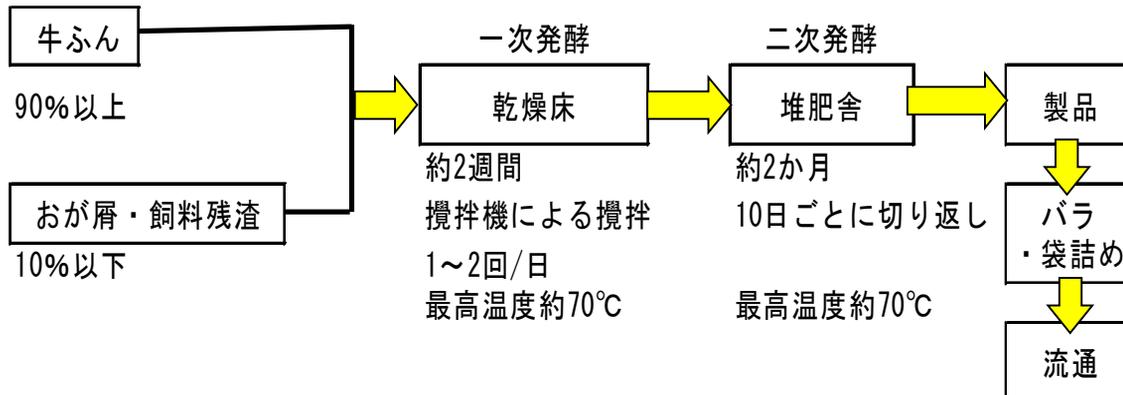
【堆肥供給先（肥料メーカー）とのマッチングの経緯】

肥料メーカーの朝日工業（株）と神奈川県農業技術センターで成分分析や堆肥形状、副資材の配合割合などを検討し、混合堆肥複合肥料の原料として適する堆肥（副資材割合が少ない、C/N 比が低いなど）を選定し、堆肥生産者に依頼しました。

堆肥納入先のコメント（堆肥選定の理由）

- ・ C/N 比が低く肥料取締法の混合堆肥複合肥料の原料規格に適した堆肥であった
- ・ 副資材の使用割合が少ない堆肥であった

【原料堆肥の製造工程】



乾燥床

- 使用原料名と混合割合
牛ふん（90%以上）、おが屑、飼料残渣（10%以下）
- 良質堆肥生産のための工夫や品質管理への取り組み
 - 一次発酵時に天日乾燥により水分低下、調整して良好な堆肥化を実施。
 - 副資材混合率を低くして、良質堆肥を製造。
- 堆肥の販売形態
主にバラで近隣農家に販売。

【今後の課題及び展望】

- ・ 混合堆肥複合肥料原料に適した堆肥物性への改善。
(天日乾燥による水分低減、篩の導入による異物除去や粒度調整など)

【堆肥供給先（肥料メーカー）】朝日工業（株）

【肥料共同開発先】神奈川県農業技術センター

【本堆肥で生産されている肥料名】

- 「堆肥・有機入り複合肥料 644 号」（生第 101895 号：混合堆肥複合肥料）