

第5章

鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の生産

第1節 要約

農林水産省による推計では、採卵鶏とブロイラー合わせて年間 1,300 万トンの鶏ふんが発生している。鶏ふんの処理方法は、採卵鶏では「強制発酵」が最も多く約 50%、次いで「堆積発酵」が約 37%となっている。また、ブロイラーでは「堆積発酵」が最も多く約 37%、次いで「焼却」が 31%となっている。鶏ふんはりん酸やカルシウム含量の高い優れた有機質の肥料となりうるが、一部の鶏ふん処理物は発酵（処理）期間が不完全なため低品質なまま流通している実態がある。

鶏ふん処理物由来の肥料には様々な種類があり、処理方法によっては化成肥料や混合堆肥複合肥料の原料として用いることができ、成分などの要件を満たせば、加工家きんふん肥料として普通肥料登録も可能である。そこで、第2節ではこれら鶏ふん処理物が法令上どのような位置づけになるかを解説する。第3節、第4節では鶏ふん堆肥の付加価値を高める先進事例について紹介する。鶏ふん堆肥の施用時の課題として、風による飛散や周囲への臭気が挙げられる。特に低水分で粒子が細かい堆肥ほどその問題は顕著である。そこで、第3節では堆肥発酵と同時に造粒を行う堆肥化システムについて紹介するとともに、その応用として腐植酸質資材の添加による造粒促進効果について示す。第4節では、九州特有の有機性廃棄物である焼酎粕（焼酎廃液）と鶏ふんの混合堆肥化により腐植酸含量の高い肥料を生産する方法について紹介する。

第2節 鶏ふん処理物の法令上の位置づけについて

肥料取締法では、肥料を特殊肥料と普通肥料に大別している。鶏ふんを原料とする肥料では、特殊肥料の堆肥などがあるが、普通肥料として加工家きんふん肥料の公定規格が定められている（図 5-1）。

【動物の排せつ物（特殊肥料）】 鶏ふんを集めたもの、または、これらを単に乾燥したものは「動物の排せつ物」に分類される。乾燥方法は天日乾燥または火力乾燥がとられる。鶏ふんの炭化物に限り、化成肥料や混合堆肥複合肥料の原料として用いることができる。

【動物の排せつ物の燃焼灰（特殊肥料）】 鶏ふんをボイラーで燃焼したもの。燃焼によるふんの減量化率が非常に高く、熱利用が可能である。鶏ふんの燃焼灰には窒素はほとんど含まれず、りん酸、加里、石灰の含有率が高い。原料が鶏ふんであるので有機系肥料として利用できる。化成肥料や混合堆肥複合肥料の原料の一部として用いることもできるが、強アルカリ性である点に注意が必要である。

【堆肥（特殊肥料）】 鶏ふんを堆積または攪拌し、腐熟させた堆肥を肥料として流通させたものは、「堆肥」として分類される。堆肥化では発酵しやすいように稲わらやおが屑等の植物質の有機質(副資材)を混合する場合も多い。鶏ふん堆肥は混合堆肥複合肥料の原料として用いることができる。

【加工家きんふん肥料（普通肥料）】 ①鶏ふんに硫酸等を混合して火力乾燥したもの、②鶏ふんを加圧蒸煮した後乾燥したもの、③鶏ふんについて熱風乾燥及び粉碎を行ったもの、あるいは、④鶏ふんを発酵乾燥させたものをいう。水分は 20%以下であること。窒素全量及びりん酸全量をそれぞれ 2.5%以上並びに加里全量を 1.0%以上含む。加工家きんふん肥料として小売販売されるほか、指定配合肥料や化成肥料の原料としても使用されている。

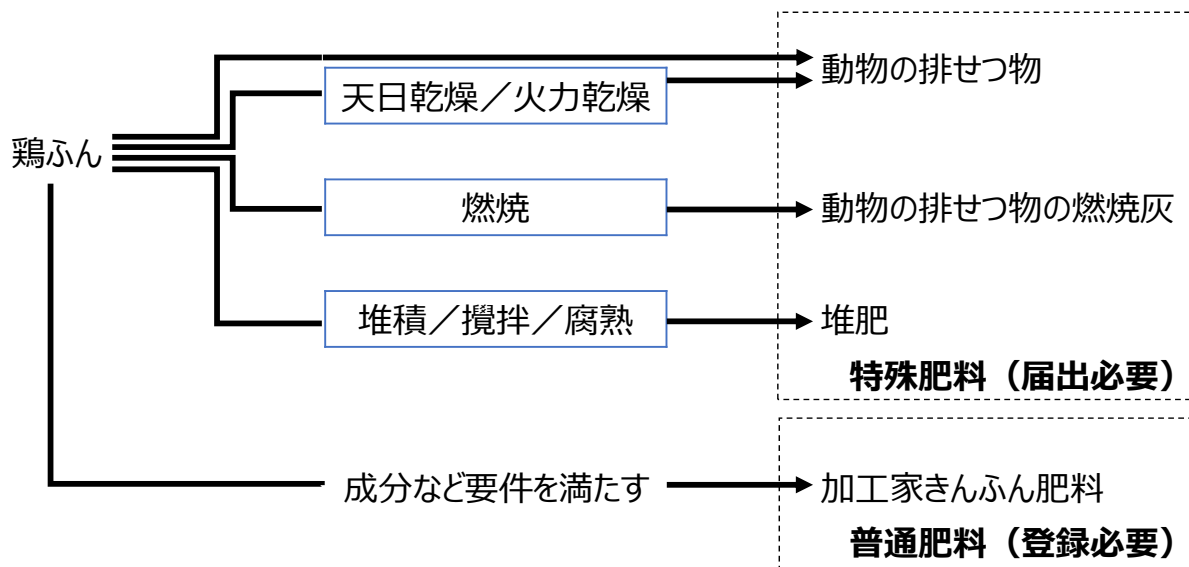


図 5-1 鶏ふんの処理物の肥料取締法上の位置づけについて

第3節 ロータリー式攪拌発酵装置による採卵鶏ふんの発酵造粒

ロータリー式攪拌発酵装置は良好な好気発酵を維持でき、かつランニングコストが比較的安いという特徴をもつことから、畜産農家に広く導入されている。本装置では条件を整えることで採卵鶏ふんの堆肥化と同時に造粒（発酵造粒）を行うことができる。

(1) 造粒の仕組み

造粒適正水分に調整した原料は、ロータリー式攪拌発酵装置により均一に練り返されて塊が成形される（図5-2）。この工程では原料粒子のすき間にある空気が押し出されて密度が高まり、粒子間の接着力が生まれるため（混練効果）、最終製品の強度や歩留まりが高まる。その後、塊がナタ爪によって削り取られ、削り取られた原料がナタ爪の表面を一定距離転がることにより造粒物が生じる。粒の転がり距離は①ナタ爪の種類（図5-3）、②攪拌ロータリーの回転数、③機械の走行回数により概ね決定される。ナタ爪幅（ $L1$ ）が広い、軸に対する爪の取り付け角度（ θ ）が広いほど、爪上転がり距離（ π ）は長くなる。しかし、爪の幅や取り付け角度によっては、機械負荷が大きくなることから、適切な爪を選定する必要がある。造粒の仕組みの詳細については、浄水ケーキの造粒システムおよび造粒方法（特許第4474501号）を参考にされたい。

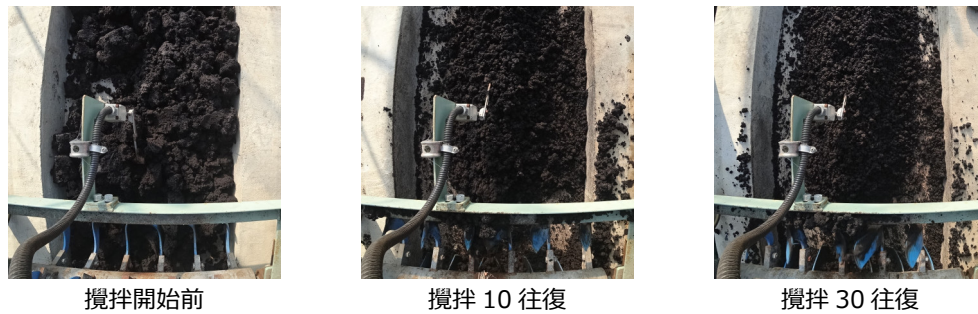


図5-2 ロータリー式小型造粒装置における造粒中の堆肥形状変化（荒川原図）

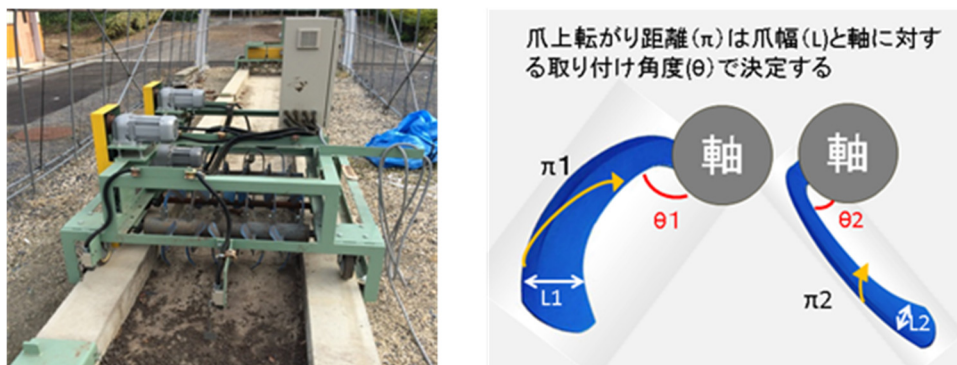


図5-3 ロータリー式小型造粒装置と造粒の仕組み（堂本原図）

(2) ロータリー式攪拌発酵装置の導入事例（参照：設定条件表 5-1、P78）

以下、三重県鈴鹿市の A 養鶏場における導入事例を紹介しながら発酵造粒過程について説明する（図 5-4）。

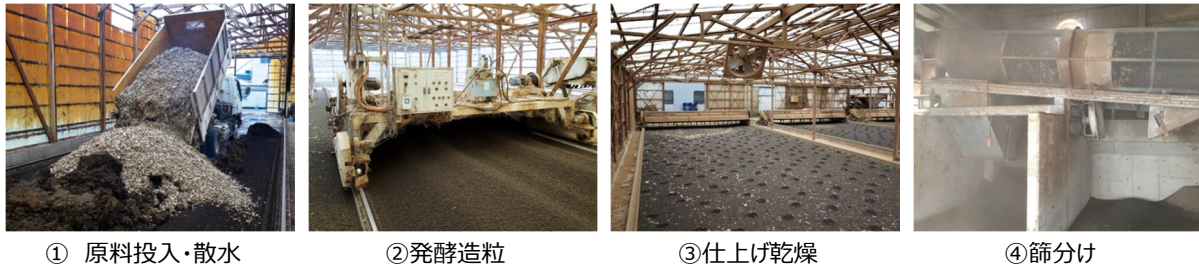


図 5-4 攪拌発酵造粒の概要（堂本原図）

1. 鶏ふんの造粒適正水分

発酵造粒の成否に大きく影響するのは水分である。そこでロータリー式小型造粒装置（図 5-3）を用いて鶏ふんの造粒に適する含水率を詳細に検討した。原料には、ウインドウレス鶏舎より排ふんされた採卵鶏ふんの乾燥粉碎物に腐植酸質資材（P79 参照）を乾物比で 5% 添加して調整したものを用いた。その結果、原料の含水率が 55% 以下では大部分が細粒（粒径 3mm 以下）のまま残った。一方、含水率 65% では大部分が粒径 10mm 以上の塊となった。含水率 60~63% の間で攪拌した場合に目標とする粒径 3~10mm の割合が 7 割以上となった。（図 5-5）。

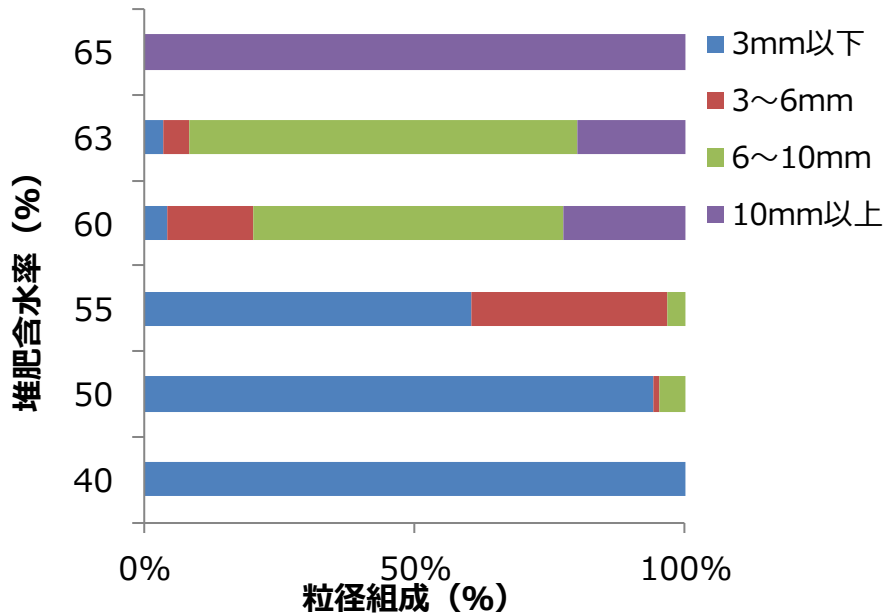


図 5-5 造粒時の原料含水率が造粒後粒径組成に与える影響（堂本原図）

※ロータリー式小型造粒装置（図 5-3）による結果

以上から採卵鶏ふんに腐植酸質資材を乾物比で5%混合した場合の造粒適正水分範囲は60~63%であると言える。この水分範囲は、一般的に鶏ふんの堆肥化に適しているとされる含水率と同程度かやや高い程度であった。

なお、後述(図5-13)のように、粒度が2mm以下の副資材であれば乾物比10%まで混合しても無添加の場合と同様の適正水分範囲で攪拌することにより造粒可能である。

2. 生産工程

1) 原料投入・水分調整

原料の鶏ふんを、発酵造粒レーンに高さ45cm程度となるように投入する。攪拌開始前に、原料含水率が60~65%となるよう水分調整する。好気発酵により発生する熱によって水分が蒸発し、造粒適正水分範囲を下回ってしまうため、投入後3日間は毎日加水する必要がある。

A 養鶏場のウインドウレス鶏舎から排ふんされた鶏ふんの含水率は約50%と乾燥しているため、投入直後から加水をしている。鶏ふんへの加水を建屋天井部(レーン手前20m程度散水可能)に設置したノズルから自動散水することにより、省力化している(図5-6)。なお、夏季は堆肥舎屋内が高温で、発酵造粒中に水分が蒸発しやすいため加水量を多めに設定している。

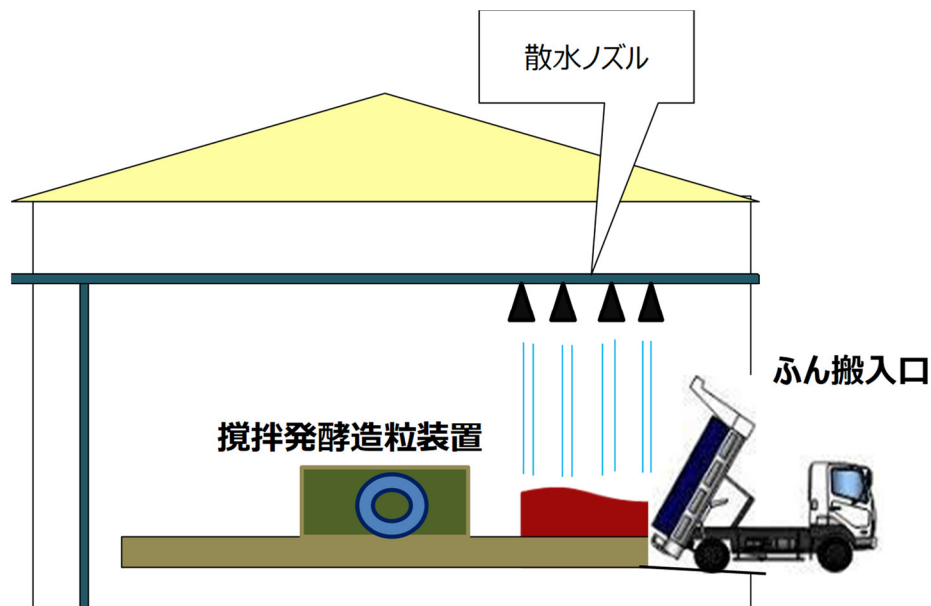


図5-6 天井部に設置した散水ノズル模式図(堂本原図)

2) 発酵造粒

ロータリー式攪拌発酵装置 KN-4000 発酵装置（攪拌羽根回転回数 146rpm、自走速度 65cm/min、走行回数 6 回/日）で攪拌し、発酵造粒する（図 5-7）。造粒適正水分範囲内で 20 回程度攪拌走行後、造粒物が目視で確認され始める。水分が蒸発し、堆肥含水率が 30～35%に低下した後も攪拌を続けると造粒物が崩れて細粒化するため、速やかに堆肥を乾燥レーンに搬出する。



図 5-7 ロータリー式攪拌発酵装置（株晃伸製機製）（堂本原図）

3) 仕上げ乾燥

搬出した含水率 30～35%の堆肥を約 7 cmの高さに積み、ロータリー式攪拌乾燥装置（KS-4000 型（株）晃伸製機）により転がしながら天日乾燥する（図 5-8）。堆肥含水率が低いほど製品粒の硬度が高くなる（図 5-9）。また、堆肥含水率が高いと保管中にカビが発生するなどの問題もある。



図 5-8 仕上げ乾燥の様子（堂本原図）

A 養鶏場では、堆肥の上を歩いた際に乾いた音がする程度（含水率 10%未満）で製品として袋詰めしている。含水率 10%未満あれば、硬度、製品安定性ともに十分である。

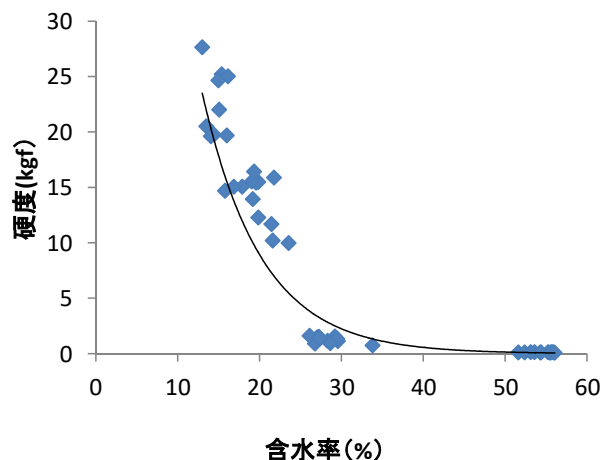


図 5-9 堆肥含水率と硬度の関係（堂本原図）

4) 篩い分け

乾燥を終えた堆肥をふるいに通し、細粒画分および粗大画分を除去することにより、粒の大きさを整える（図 5-10）。このことにより、堆肥の外観品質が向上すると共に散布機械の目詰まりが抑制される。

A 養鶏場では、トロンメル式回転フルイで 3~10mm を選別して製品としている。その他の画分は戻し堆肥として利用している。



図 5-10 トロンメル式回転フルイによる篩い分け（堂本原図）

5) 生産される肥料の特性

以上の工程により生産される粒状鶏ふん肥料は粒状（3～10mm）であり、風による飛散や周囲への臭気発生がないため、散布しやすい。窒素肥効はないが、他畜種と比較してりん酸・加里・石灰・苦土の肥料成分を多く含むため、本肥料に尿素などの窒素単肥を併用するだけで基肥資材として用いることができる（図5-11）。

含水率	窒素	りん酸	加里	石灰	苦土
9.0%	2.6%	5.4%	3.1%	15.5%	1.7%



図5-11 生産される肥料の成分組成及び写真（堂本原図）

表5-1 設定条件表

設定条件（処理鶏ふん量 450tDW/年）

生鶏ふん量	450tDW/年	
処理対象	1,240(kgDW/日)	0.031kgDW*40,000羽=1,240kgDW/日
発酵造粒レーン	4×68m×2基	ロータリー式攪拌発酵装置 型式：晃伸製機(KN-4000型) 連続投入式 投入間隔 7日 約18tFW/回 発酵造粒期間 約14日 造粒後含水率30～35%程度まで
仕上げ乾燥レーン	4×50m×3基	ロータリー式攪拌乾燥装置 型式：晃伸製機(KS-4000S型) 乾燥期間 約14日 含水率10%未満となるまで
肥料生成量	年間 約330t	販売実績より算出
肥料貯蔵面積	100㎡以上	

イニシャルコスト

ロータリー式攪拌発酵装置(KN4000型)	785万円×2基
ロータリー式攪拌乾燥装置(KS-4000S型)	255万円×3基 換気扇 33万円
計	2368万円

その他

発酵・造粒レーン	68m(L)×8m(4m×2列)(W)
仕上げ乾燥レーン	50m(L)×12m(4m×3列)(W)

※建築費、配管工事、電気工事、機械運搬費、現地据付費別途、消費税10%

(3) 応用事例 (腐植酸粒状鶏ふん肥料)

1) 腐植酸質資材添加による嫌気状態の発生抑制と粒度分布の改善

ロータリー式攪拌発酵装置における発酵造粒のために、鶏ふんに加水を行なうと一時的かつ局所的に高水分になることが想定される。その場合、嫌気状態となり乳酸など有機酸が生成され、堆肥 pH が低下することにより、局所的に堆肥化が停滞する恐れがある。そこで、pH 緩衝作用を有し、資材内に空気を含む腐植酸質資材 (デンカ株式会社 細粒アヅミン 2 mm以下) 添加により、嫌気状態の発生による pH 低下を抑制可能かどうか検討した。

乾物比で 5% または 10% 腐植酸質資材を添加した鶏ふん (5% 区、10% 区) 並びに腐植酸質資材を添加していない鶏ふん (0% 区) について、高水分条件 (含水率 73%) になるように加水した。これを培養瓶に入れて、インキュベーターにて定温で培養した場合の pH 変化を観察した。0% 区では、pH が低下したことから、嫌気条件になり有機酸が生成していることが示唆された。一方、5% 区及び 10% 区では pH が低下しなかった (図 5-12)。このことは、腐植酸質資材の添加により、堆肥が嫌気状態にならず、好気発酵が維持されることを示している。また、腐植酸質資材添加量に応じて造粒促進作用が認められた (図 5-13)。

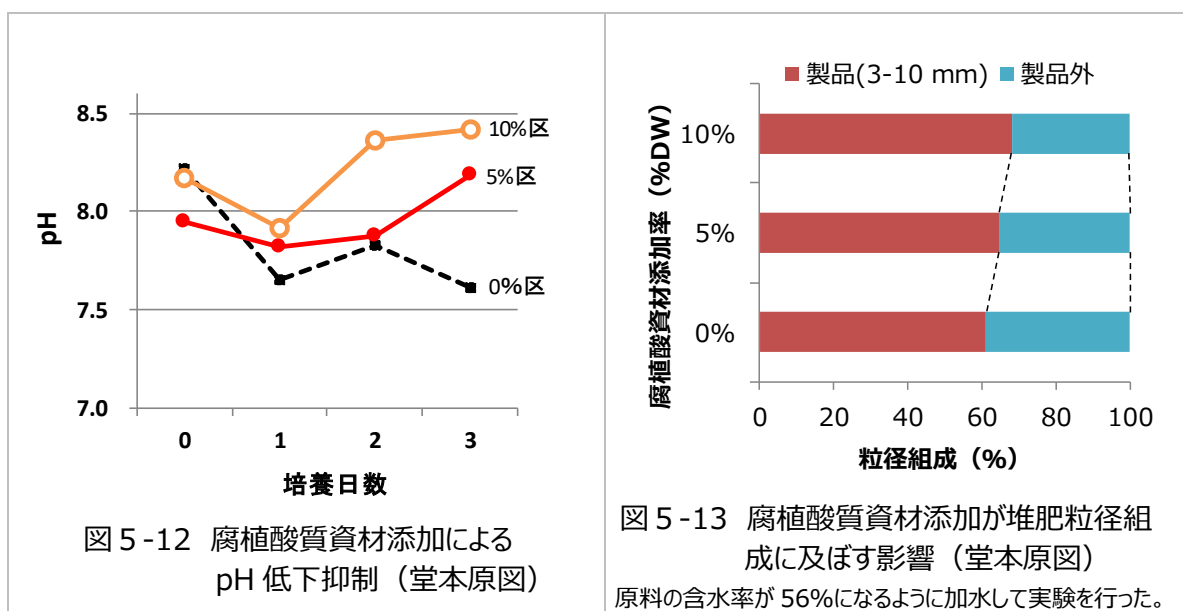


図 5-12 腐植酸質資材添加による pH 低下抑制 (堂本原図)

図 5-13 腐植酸質資材添加が堆肥粒度組成に及ぼす影響 (堂本原図)

原料の含水率が 56% になるように加水して実験を行った。

2) 生産される肥料の特性

腐植酸粒状鶏ふん肥料には窒素肥効はないが、他畜種の堆肥と比較してりん酸・加里・石灰・苦土の肥料成分を多く含むとともに、従来の鶏ふん堆肥では低かった土づくり効果が高いという特徴をもつ。粒状のため散布時に粉が飛散せず、悪臭発生がないことから、堆肥を散布しにくい場所の土づくり資材として用いることができる。

採卵鶏農家は従来の堆肥よりも高い価格設定で販売することが可能になり（表5-2）、耕種農家にとっては施肥コスト削減が見込めるため、両者にメリットがある。第6章では、腐植酸粒状鶏ふん肥料（腐植酸質資材5%添加）を用いたキャベツの栽培事例を紹介する。

表5-2 腐植酸粒状鶏ふん肥料の年間生産コスト

	イニシャルコスト (千円) ^{※1}	ランニングコスト (千円) ^{※2}	生産量(t)	製造コスト試算 (円/kg)	販売価格 (円/kg)
粒状鶏ふん堆肥	4736	1142	330	16.8	10 ^{※3}
腐植酸粒状鶏ふん肥料	4736	2942	350	21.9	30 ^{※4}

※1: 機械費を5年償却で計算
 ※2: 電気代及び腐植酸資材費
 ※3: 実際の販売価格
 ※4: 販売想定価格

腐植酸とは

腐植酸は土壌有機物の約50%を占めている腐植物質の主要成分である。腐植物質は黒から褐色の暗色の物質群であり、土壌の緩衝作用や保肥力の発現、団粒の形成等様々な役割を担っており、農業生産性維持のためにその量を維持・増加することが重要である。腐植酸は腐植物質の特性を最も反映している。

腐植酸を多く含む堆肥を施用することで、効果的に土づくりができると考えられる。

本技術についての問い合わせは三重県農業研究所基盤技術研究室フード・循環研究課（電話 0598-42-6361）まで。

第4節 ブロイラー鶏ふんと焼酎粕（焼酎廃液）の混合堆肥化

南九州は畜産業が集中立地しており、近年の畜産経営の大規模化や一部地域への偏在化により家畜排せつ物をいかに有効に活用していくかが課題である。鶏ふんは、牛ふんや豚ふんに比べて肥料としての価値が高いが、その反面堆肥としての土づくり効果は小さいと考えられている。また、南九州の特産品である焼酎の製造により副生する焼酎粕（焼酎廃液・図5-14）は一部飼料として利用されているが、中小酒造会社においては、その処分に苦慮している実態がある。こうした中、ブロイラー鶏ふんと焼酎粕の混合堆肥化による鶏ふん堆肥の高付加価値化（腐植酸含量の増加）の事例について述べる。（特開 2018-030777 号）

（1）ブロイラー鶏ふん、焼酎粕同時堆肥化の導入事例（参照：設定条件表 5-3、P85）

鹿児島県鹿屋市において株式会社テクノマックス南日本の開発した堆肥製造法により鹿児島県内で発生する鶏ふんと焼酎粕の堆肥化を行っていた。一次発酵は、スクリー式 L 型地走式攪拌機を用いている。一次発酵槽床にはブローア装置を設置し、堆積高 2 m に積まれた原料の通気を確保している。堆肥化の水分調整に焼酎粕を用いており、間欠的に散布を行うことが特徴である。

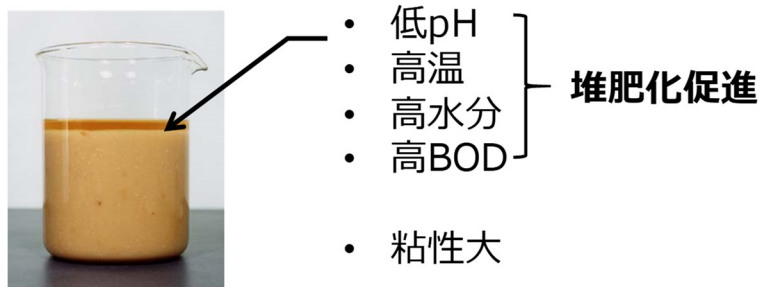


図 5-14 焼酎粕（焼酎廃液）（荒川原図）

1. 生産工程

1) 一次発酵槽

ブロイラー鶏ふんを受入槽に搬入し、適宜一次発酵槽に搬入する。一次発酵槽にはスクリー式 L 型地走式攪拌機（(株)天神製作所）が設置されており、鶏ふん原料を高さ 2 m に堆積する（図 5-15 左）。スクリー式の場合は幅が 10 m 程度取れるため 1 槽のオープン型とし、堆肥はほとんど移動しないが、1 日 1 往復は攪拌する。スクリー式開放攪拌の堆肥化では通気量が大幅に不足するため一次発酵槽の下部よりブローアにより空気を十分に供給する必要がある（図 5-15 右）。

基本ブローアの設置は幅約 10 m の槽に対し、1 m 間隔で床に 10 cm (W) × 10 cm (H) × 8 m (L) の溝を作り φ60~70mm の塩ビパイプ (VP65) を設置し、そのパイプに 10~20 cm 間隔で散気口を設ける。ブローアは 7.5 kW の場合、約 30 m (ブローア管 3 1 本) に 1 基の割合で設置する。



図 5-15 一次発酵槽(左)と通気設備 (右) (遠矢原図)

2) 焼酎粕の散布

鶏ふん（含水率 50%に調整したもの）に焼酎粕を約 1 カ月間、間欠的（10 回以上）散布、混合発酵させる。焼酎粕は、スクリー式攪拌機と同期させて、攪拌機の移動に合わせて必ずスクリーの移動方向の手前から堆肥の攪拌箇所散布する（図 5-16）。1 回に鶏ふんの総体積の約 1～2 %の量を散布するが、堆肥化物の含水率を考え、ポンプ出口の流量調整バルブとリターンバルブで散布流量を調整する。なお、行きに散布無し攪拌をまず行い、堆積物内の蒸気を吐き出し、戻りに散布を行う。

焼酎粕は吊りホースで発酵槽へ供給される。このホースの伸縮が前後及び左右の移動の役割を行う。吐出口には分散用反射板を設け堆肥と焼酎粕が効率よく混ざるようにする。ロータリー攪拌機の場合は攪拌機の前や前方に散布し、攪拌前堆肥に焼酎粕が均一に散布できるようにする。

焼酎粕は固形物が含まれており沈殿しやすい。そのため、焼酎粕タンクには供給用ポンプと循環用ポンプを併設する。毎日の作業の開始前に 30 分程度焼酎粕を循環して内部を攪拌した後、作業を開始する。循環ポンプや供給配管も固形物堆積による配管の閉塞を防ぐために使用前後で水洗浄を行う。



図 5-16 スクリュー式 L 型地走式攪拌機による攪拌の様子 (遠矢原図)

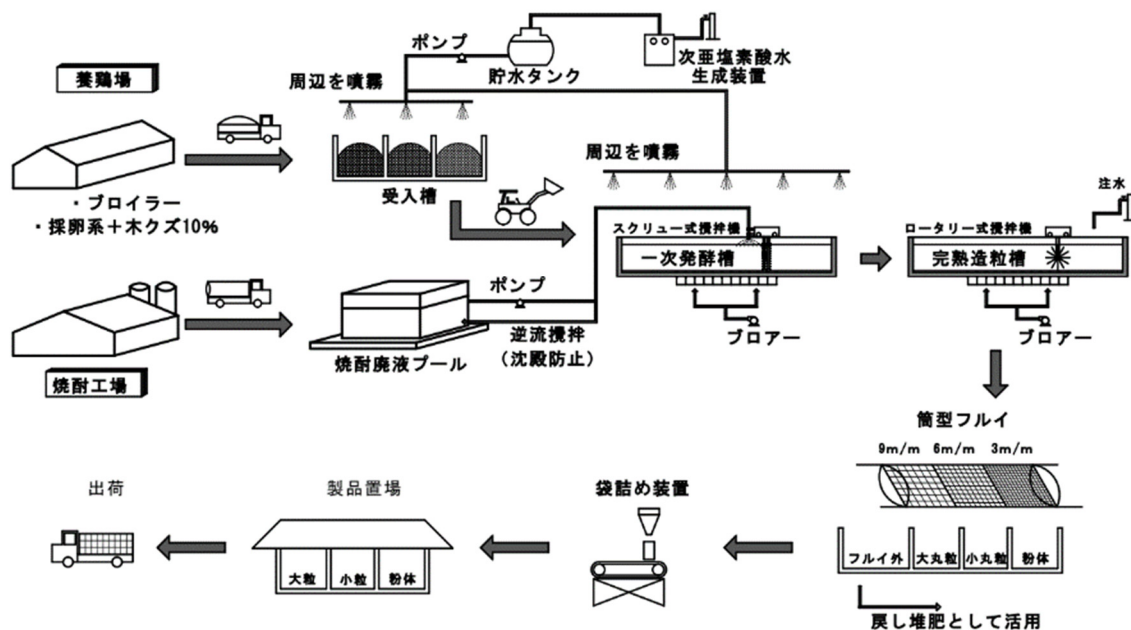
3) 二次発酵・造粒工程

一次発酵が終わった堆肥は、ロータリー式攪拌機が設置された完熟・造粒槽へ移送し、高さ1.5mに堆積する。ロータリーマシンの走行速度を勘案し必ず1日に往復できる槽の長さとする。その時ロータリーマシンの刃は両方向に攪拌造粒できる様に配置する。投入初期にロータリー式攪拌機とブローアーにより乾燥を行い中盤から水を加えて含水率42~44%を目標に調整しながら、約10日間程度攪拌を繰り返して造粒化を行う。さらに10日間乾燥して完熟させる。

4) ふるいがけ

円筒状のスクリーンを回転させて、肥料を粒度別に選別する。ふるいがけの残渣は戻し堆肥として活用する。目開きの異なる円筒状のスクリーンを回転させて、肥料を粒度別に選別する。スクリーン内部の羽根で掻き上げられた肥料が網に落下して選別される仕組みである。

以下に、1) ~ 4) に記載した生産工程の概要を図5-17に示した。



プロイラー鶏ふん受入数量 4,000トン/年 廃酸(焼酎粕)受入数量 1,650トン/年
 生産肥料(粉体) 2,232トン/年 (丸粒体の場合約20%減の約1800トン/年)

図5-17 生産工程の概要(遠矢原図)

2. 生産される肥料の特性

通常の鶏ふん堆肥に比べて色味が黒く、鶏ふん臭がしないのが特徴である。腐植酸が通常の鶏ふん堆肥の約3倍量（現物当たり15%以上）含まれている。腐植酸は、土壌の保肥力を高め土壌の養分バランスを整えるほか、根の活性を高める働きがある（P80 参照）。

窒素	りん酸	加里	C/N
2.6%	6.3%	5.5%	8.3



図5-18 生産される肥料の成分組成及び丸粒体の写真（荒川原図）

表5-3 設定条件表

設定条件

発酵槽 スクリュー式攪拌装置 2軸地走式 完熟槽 ローター攪拌機		処理鶏ふん量 4,000トン/年
①生鶏ふん量	4,000トン/年	
②処理対象	10,960 (kg/日)	0.0274kg*400,000羽 = 10.96 k g /日
③発酵槽 500m ³	発酵期間35日	年間8バッチ発酵 4,000トン ÷ 8 ≒ 500トン 容量は500トン ÷ 0.6トン / m ³ ≒ 833m ³ 戻し肥料10% 発酵初期容量は 833m ³ × 1.1 ≒ 920m ³ 50m × 10m × 2m (平均高さ) = 1,000m ³
④焼酎廃液 散布装置	1,650トン/年	920m ³ × 80% × 300日 ÷ 2 × 1.5% ≒ 1,650 t /年 攪拌機のスクリュー移動に同期させた散布ノズルから散布
⑤通気設備	プロアー設置	床面に通気配管を設置しプロアー通気可能な設備
⑥完熟・造粒槽 375m ³	発酵期間30日	年間8バッチ発酵 発酵後の容積は60%となる 920m ³ × 0.6 = 552m ³ 平均高さ1.5m 552m ³ ÷ 1.5m ≒ 375m ³ 5m × 75m = 375 または 5m × 38m × 2列 水散布により造粒が容易となる。
⑦肥料生成量 容積重	年間2,232トン 600kg/1m ³	552m ³ の内 920m ³ - 833m ³ = 87m ³ は戻し肥料として使用 1バッチ当たり 552m ³ - 87m ³ = 465m ³ 465m ³ × 8バッチ / 年 = 3,720m ³ 3,720m ³ × 0.6 ≒ 2,232トン / 年
⑧肥料貯蔵面積		3,720m ³ / 年 ÷ 12月 / 年 × 3ヶ月 / 2m (高さ) = 465m ² 以上

イニシャルコスト

スクリュー式攪拌装置	2,500万円
ロータリー攪拌機	1,200万円
焼酎廃液散布設備 (プール300m ³ 含む)	1,000万円
プロアー (配管工事含む)	500万円
フルイ、コンベア、ホッパー	800万円
全自動袋詰め装置	1,000万円
脱臭装置	500万円
小計	7,500万円

その他

・一次発酵槽	50m (L) × 10m (5m × 2列) (W) × 2m (H) (実質 L = 50m × 1.2 = 60m)
・完熟造粒槽	38m (L) × 10m (5m × 2列) (W) × 1.5m (H) (実質 L = 38m × 1.2 = 46m)
・受入れ槽	(L = 10m W = 5m H = 2.2m) × 10槽
・フルイ・袋詰めスペース	8m × 20m = 160m ²
・製品置き場 (倉庫)	40m (L) × 15m = 600m ²
・ポンプ室 (脱臭装置含む)	4m × 5m = 20m ²
・管理事務所	

※設計費、建築費、配管工事、電気工事、車輛費は別途

本技術についての問い合わせは株式会社テクノマックス南日本 (099-298-5276) まで。