SOP20-114K

禁転載

鶏ふんを原料とする
腐植酸高含有肥料生産
標準作業手順書

－ HP　公開版　－

農研機構

改訂履歴

版　数	発行日	改訂者	改訂内容
第 1 版	2021 年 5 月 26 日	森田　敏	初版発行

最終更新日　2023 年 5 月 17 日

目次

はじめに **1**

免責事項 **3**

Ⅰ．鶏ふんの堆肥化技術の現状と開発技術の特徴 **4**

１．　鶏ふん肥料の現状　4

２．　開発した技術の特徴　5

コラム１：腐植酸とは　5

Ⅱ．ブロイラー鶏ふん、焼酎廃液同時堆肥化 **6**

１．　堆肥化について　6

２．　ブロイラー鶏ふんと焼酎廃液の同時堆肥化の工程　7

（１）　原料の搬入　8

（２）　一次発酵（焼酎廃液の間欠散布）　8

（３）　二次発酵・造粒工程　10

（４）　フルイ分け　11

コラム２：焼酎廃液とは　11

コラム３：代表的な堆肥化方法と特徴について　12

3.　生産される肥料の特性　13

III．製造された堆肥の利用場面と施用効果 **15**

１．　想定される堆肥の利用場面　15

２．　キャベツ栽培への施用事例　15

３．　かんしょ栽培への施用事例　16

普及対象 **19**

その他 **19**

参考資料 **20**

担当窓口、連絡先 **20**

はじめに

わが国は化学肥料原料の大半を輸入に依存しており、特にりん酸質肥料の原料であるリン鉱石とりん酸アンモニウム、加里質肥料の原料である塩化カリウムはいずれも 100%が輸入である。肥料資源を輸入に頼る現状には、世界的な肥料市況の影響により価格が高騰することや、武力紛争や感染症の世界的大流行の影響で船舶輸送に支障をきたすなど安定調達への懸念がある。

一方、家畜ふん堆肥や農林業および周辺の食品産業から生じる多くの副産物は国内で調達可能で、国際市況に左右されず、比較的安価であること、有機物のほか微量要素などの養分を含み、土壌肥沃度の改善に役立つこと、地域の資源の有効活用や環境保全に役立つことなどの利点が認められている。

このような堆肥や副産物を原料とした肥料の生産拡大に向けて、2019 年 12 月の肥料取締法（昭和 25 年法律第 127 号）の改正により肥料の配合に関する規制の抜本的な見直しが行われ、制度面からの条件整備も進んでいる。

南九州はわが国有数の畜産集中地帯であり、日々大量の家畜排せつ物が発生している。特に輸入飼料に頼る養鶏では、規模拡大に伴い増加した鶏ふんの処理が大きな課題である。鶏ふんは、家畜排せつ物の中でも最も栄養素に富み、適切に堆肥化すれば優れた有機質肥料となるが、費用対効果等の問題で活用しきれていない。また、南九州の特産品である焼酎の製造現場では、焼酎の 1～2 倍量副生される焼酎蒸留廃液が酸性で腐敗しやすいため、処理設備を導入できない中小酒造会社では、外注処理コストが収益を圧迫しているという課題がある。

こうした中、鶏ふんに焼酎蒸留廃液（P12 のコラム参照、以下焼酎廃液）を間欠的に散布しながら堆肥化を行うことで、良質で土づくりに有用な腐植酸

含量の高い肥料を製造する技術を株式会社テクノマックス南日本と農研機構が共同開発した（特許第 7021430 号）。この肥料は、化学肥料（りん酸、加里）の減肥栽培に貢献することも明らかになってきており、本技術によって、環境保全と農産物の生産性向上の両立、そして養鶏業者あるいは食品企業と農業者が Win-Win の関係になることが期待される。

本手順書では、スクリュー攪拌式の堆肥化装置の利用を前提として鶏ふんと焼酎廃液から腐植酸高含有肥料を生産する方法とその施用事例について解説する。

免責事項

- 本手順書に紹介された、腐植酸高含有鶏ふん肥料の作成技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、農研機構は責任を負いません。
- 本手順書に示した経営上の効果は、実証プラントでの実測値を基に試算した概算値です。地域、気候条件、プラントの仕様と規模、原料品質、その他の条件により変動することにご留意ください。本手順書に記載の技術の利用より、この通りの効果を得られることを保証したものではありません。

Ⅰ．鶏ふんの堆肥化技術の現状と開発技術の特徴

１．鶏ふん処理の現状

農林水産省による統計では、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。採卵鶏では、強制通気攪拌発酵槽で数日～数週間堆肥化する「強制発酵」が最も多く約 50%、次いで堆肥盤、堆肥舎に高さ 1.5-2m 程度で堆積し、時々切り返しながら堆肥化する「堆積発酵」が約 37%となっている。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。以上のように鶏ふんの多くが堆肥化処理されている。鶏ふん堆肥はりん酸やカルシウム含量の高い優れた有機質の肥料であるが、養鶏の経営規模拡大に伴い、多量の製品を販売しなければならなかったり、一部の製品は発酵（処理）期間が不十分なため品質が安定しなかったりして余剰在庫となる実態がある。

2．開発した堆肥化技術の特徴

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。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。

ここで紹介するブロイラー鶏ふんと焼酎廃液（アルコール発酵した「もろみ」を蒸留した後に残った液体）の同時堆肥化技術（特許第 7021430 号）を用いることで、通常の鶏ふん堆肥に比べて粒状で色味が黒く（表紙写真）、鶏ふん臭がしない特徴を持つ堆肥を生産できる。生産した堆肥は作物生産に

有用な腐植酸が一般的な鶏ふん堆肥の 1.6 倍以上と高く、これを土壌に施用することで、鶏ふんに元来含まれていた肥料成分とともに栽培過程で土壌から消耗しやすい腐植酸を効率よく補うことができる。

また、鶏ふんの堆肥化の際に撹拌機の攪拌羽をナタ爪とすることによって混錬効果によって攪拌造粒を行うことができる。造粒することにより取扱性が良くなり、機械施用しやすくなる。施用時の風による飛散と悪臭の防止にも効果的である。

コラム１　腐植酸とは

「腐植酸」は石炭、泥炭、堆肥および土壌の成分である「腐植物質」の主要な成分である。腐植物質は動植物遺体などが微生物による分解を経て最終的に形成された黒から褐色の暗色を呈する物質群であり、土壌の陽イオン交換容量並びに pH 緩衝能を増加させたり、リン酸の土壌固定を抑制したり、土壌構造の維持に関与するなど土壌が持つ様々な機能を担っている。腐植物質が適度に含まれた土壌は保水性と砕土性にすぐれることから、作物生産性の向上に非常に有益である。

腐植物質のうち、アルカリ可溶で、酸で沈殿する画分を腐植酸という。腐植酸はその構造内にカルボキシル基、フェノール性水酸基を含み、酸としての性質を示すほか、メトキシ基、アルコール性水酸基などを含み錯形成に関与するなど、土壌中での養分動態に影響する。

腐植酸は天然の土壌改良資材であり、農業や生物学的環境修復（バイオリメディエーション）の用途で使用されている。世界の腐植酸質資材の市場は持続可能な農業に対する需要の高まりなどを背景に 2018 年の 388.02 百万米ドルから年平均成長率 6.1%で成長し、2026 年には 624.98 百万米ドルに達すると予測されている。これら腐植酸は、褐炭（亜炭、リグナイト）やレオナルダイトと呼ばれる堆積層から抽出されて製品化される。我が国では、褐炭を硝酸処理し、中和して製品化された資材が肥料養分の保持力を高める土壌改良資材として政令指定されており、その国内市場規模はおよそ 5 億円である。一方、堆肥化された有機物も副次的であるが重要な腐植酸の供給源である。しかしながら、堆肥中の腐植酸の含有量は、原料の違い、堆肥化の期間の長さ、堆肥化の方法により様々である。

II. ブロイラー鶏ふん、焼酎廃液同時堆肥化

1．堆肥化について

家畜排せつ物や食品加工残渣等の有機性廃棄物は、微生物の栄養源になりやすい炭水化物やタンパク質など易分解性有機物を多く含むうえ、水分も高いことから腐敗（変質）しやすい。こうした有機性廃棄物を制御された好気的条件で、取り扱いやすく、環境に害を及ぼすことなく安全に土壌還元が可能な状態まで微生物分解することを堆肥化という。

堆肥化は、微生物による易分解性有機物の酸化分解であることから、堆肥化を順調に進行させるためには、好気的条件を確保し、微生物が活発に活動できるよう、栄養分、水分、通気性などの条件を整えることが重要である。堆肥化処理は大きく「一次発酵」と「二次発酵」の二工程に分けられる。

一次発酵では、有機性廃棄物中の易分解性の有機物がまず分解され、微生物はこれらをエネルギー源として利用して増殖する。易分解性有機物の分解に伴い発生する反応熱が堆積物の温度を上げ、50～80℃に達することもある。こうした高温状態では、病原菌や有害な寄生虫卵、雑草種子などは死滅または活性を失う。その後、易分解性有機物が分解し尽くされた一次発酵後半では、堆積物の温度が低下し始め、それと同時にそれまで優占していた好熱性細菌の減少、真菌や放線菌などの増殖が起こり、微生物群集が多様化する。

二次発酵は、追熟や後熟とも呼ばれ、一次発酵で分解しきれなかったタンパク質、脂肪、セルロースやリグニンなどの有機物を、30～40℃程度で数カ月間かけてゆっくり生物分解する工程になる。二次発酵中は一次発酵中と比べ、多種多様な微生物が増殖する。例えば、亜硝酸菌、硝酸菌、セルロース分解菌、真菌や放線菌が確認されており、それら微生物により、有機物の無機化が促進され、最終的に均質・良質で衛生的な堆肥が完成する。

こうして出来上がった堆肥の施用は土壌微生物に栄養を与え、土壌構造を改善する。土壌の通気が良くなり、より多くの水を吸収して保持する。養分は団粒構造が発達した土壌によって最適に保持される。堆肥は作物の成長のための養分を提供し、堆肥中の腐植物質は、養分の可給化を助ける働きをもつ。以上のように堆肥化により有機性廃棄物を食料生産に役立つ資源に変換することができる。

2．ブロイラー鶏ふんと焼酎廃液の同時堆肥化の工程

鶏ふんと焼酎廃液を原料とする堆肥製造工程の概要を図 2-1 に示す。養鶏場より搬入された鶏ふんと焼酎工場より搬入された焼酎廃液は、それぞれ受入槽と焼酎廃液プールに貯蔵される。受入槽から一次発酵槽に搬入した鶏ふんに焼酎廃液を散布し一次発酵を行う。一次発酵後、完熟造粒槽で二次発酵と造粒を行う。粒度別に選別した後、製品として出荷される。

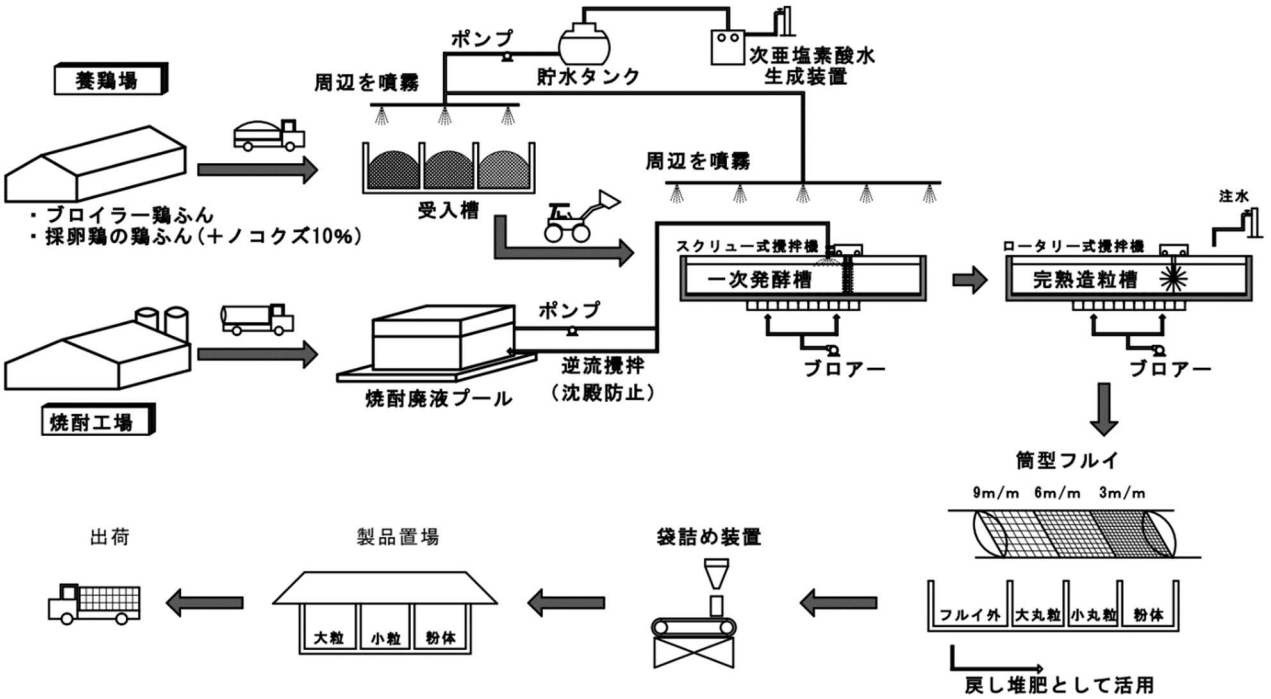

図 2-1 生産工程の概要 (参考資料１より引用)

以下では、鹿児島県鹿屋市での実証事例を基に、各工程の詳細を示す。この実証地（あるいは工場）では、年間約 4,000 トン（ブロイラー250,000 羽相当）のブロイラー鶏ふんと約 1,650 トンの芋焼酎・麦焼酎製造由来の焼酎廃液を受け入れている（あるいは受け入れ可能である）。肥料の生産量は、年間約 2,200 トンである。図 2-1 の設定条件表も合わせて参照いただきたい。

（１）原料の搬入

養鶏場から運搬されたブロイラー鶏ふんを受入槽に搬入する。受入槽周辺は次亜塩素酸水を噴霧するなどして悪臭防止に努める（図 2-1）。なお、水分を多く含むケージ飼いの採卵鶏の鶏ふんを用いる場合には、あらかじめ水分調整と通気確保のためノコクズを体積比 10%混合することとしている。焼酎工場より運搬された焼酎廃液は焼酎廃液プール（300 ㎥）に搬入する。

（２）一次発酵（焼酎廃液の間欠散布）

実証事例では、横行型スクリュー式（L 型２軸地走式撹拌機、株式会社天神製作所・宮崎県都城市）の撹拌機を備えた堆肥化施設を用いた。幅 10m、長さ 50mの 500m^2 の発酵槽で堆積高さ２mとして約 900m^3 の容積が確保できる（図 2-2 左）。発酵期間５週間として年間 8 回転することで年間 4,000 トンの鶏ふんを処理可能である。

スクリュー式は、撹拌による品温低下が少ないため、寒冷期での堆肥化に有利な反面、ロータリー式等他の撹拌機に比べて酸素の供給力が小さいため、一次発酵槽床より、ブロアーにより空気を十分に供給する必要がある（図 2-2 右）。空気供給のため長さ約 50 m の槽に対し、長辺方向に垂直に１m間隔で床に 10 cm（W）×10 cm（H）×８m（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。ブロアーは 7.5 kW の場合、長さ方向に約 30 m（ブロアー

管 31 本）に 1 基の割合で設置する。

一次発酵槽に搬入した鶏ふんに含水率*50%を目途に焼酎廃液を約 5 週間、間欠的に散布し、混合発酵させる。年間に必要な焼酎廃液の量はおよそ 1,650 トンである。

*鶏ふん現物の含水率をハロゲン水分計又は赤外線水分計にて正確に測定し、含水率 50%を目途に、必要な焼酎廃液の散布量を計算する。現物の含水率が x %（x<50）の時、焼酎廃液の散布量は鶏ふん現物 1 トンあたり、1000-20x kg となる。

図 2-2 一次発酵槽(左)と通気設備（右） （参考資料 1 より引用）

焼酎廃液は吊りホースで発酵槽へ供給する。吊りホースの伸縮により、吐出口が撹拌機と同期して前後及び左右に移動する（図 2-3 左）。吐出口は撹拌機のやや前方に位置し、拡散板を設け堆積物に焼酎廃液が効率よく混ざるようにする（図 2-3 右）。発酵により蒸発する水分を補う目的で 1 回に散布する焼酎廃液量は堆積物の総体積の約 1～2 %の量*となるが、堆積物が水分過多ないし過少とならないよう、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、行きに散布無しで撹拌を行い、堆積物内の蒸気を吐き出させる。堆積物の中間地域の上部、中部、下部の深さ 50 cm から試料を採取し、3 か所分を混合して含水率を測定するサンプルとする。戻り

の撹拌の際に必要量の焼酎廃液を散布する。腐植酸高含有肥料を得るためには焼酎廃液を２日に１回程度、10 回以上繰り返して散布する必要がある。

焼酎廃液には固形物が含まれており沈殿しやすい。そのため、焼酎廃液プール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 分程度焼酎廃液を循環して内部を撹拌した後、作業を開始する。循環ポンプや供給配管の固形物堆積による閉塞を防ぐために使用前後に水洗浄を行う。

図 2-3　横行型スクリュー式撹拌機による撹拌の様子

スクリュー式撹拌機と同期させて、堆肥に焼酎廃液を均一に散布する。

（３）二次発酵・造粒工程

５週間の一次発酵が完了した堆肥は、容積がおよそ 60%に減る。これをロータリー式撹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。

撹拌機の攪拌羽をナタ爪とすることによって混錬効果によって攪拌造粒を行うことができる。すなわち、ナタ爪によって削り取られた材料がナタ爪の表面を転動することにより造粒物が生じる。この過程で、材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じる。完熟・造粒槽は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。ロータリ

ーマシンに取り付けられるナタ爪は、往復どちらの方向でも撹拌造粒できる様に右曲りの爪と左曲がりの爪を交互に配置する。投入初期にロータリー式撹拌機とブロ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 日間程度撹拌を繰り返して造粒化を行う。さらにブロアーのみで 10 日間乾燥して完熟させる。完熟した堆肥のうち、87 ㎥は戻し堆肥として一次発酵槽に戻す（戻し堆肥には、堆肥化をする微生物が大量に含まれているので、堆肥発酵が起こりやすくなる。）。

（４）フルイ分け

トロンメル回転式選別機（筒形フルイ）にて、堆肥を粒度別（3 ㎜未満、３～6 ㎜、6~9 ㎜）の肥料として選別する。筒形のフルイ内部の羽根で回転により掻き上げられた肥料が目の大きさの異なるフルイの目から落下して選別される仕組みである。フルイ外の堆肥も戻し堆肥として活用できる。

コラム２　焼酎廃液とは

主に九州地域で生産される単式蒸留焼酎（旧焼酎乙類）はかんしょ、麦、米などを原料とし、伝統的な単式蒸留器で蒸留して造る我が国固有の蒸留酒である。焼酎廃液は、焼酎蒸留の際に釜に残る蒸留残渣で、米、麦焼酎では製品とほぼ同量が、芋焼酎では製品の約２倍量が発生する。焼酎廃液は、原料や麹菌、酵母に由来する有機物と 90%以上の水分を含み、そのままでは腐敗しやすく貯蔵性が低い。焼酎廃液の pH は４前後と低いことから、廃棄物処理法上は廃酸として取り扱われる。

焼酎廃液の発生時期は、秋から冬に集中すること、また、腐敗しやすく貯蔵できないことから、鹿児島県（2015 年）では、年間 258 千トン発生する焼酎廃液のうち、肥料・飼料化できないおよそ 60 千トンが直接農地に散布されている。限られた圃場に集中して施用すると作物の生育障害や悪臭の発生及び地下水汚染などの問題を引き起こす可能性があるため、県が定めたガイドラインに基づく適正な処理が事業者などに求められている。

コラム３　代表的な堆肥化方式と特徴について

堆肥化方式は大別すると堆積発酵と強制発酵に分けられる。前者は堆肥盤や堆肥舎で堆肥材料を堆積し、堆肥の山を定期的にホイールローダー等により切り返すことで、全体に酸素がいきわたるようにして堆肥化を促進する。後者には上面が開放された発酵槽上部に懸垂した撹拌機が走行し、堆肥材料を定期的に撹拌し少しずつ移動させる開放型と密閉された円筒状の発酵槽に堆肥材料を投入し内部の撹拌羽根によって撹拌しながら堆肥化する密閉型がある。撹拌方式は堆積方式に比べて労力負担が小さい。

開放型の堆肥化方式では、堆肥化槽の形状と撹拌機の動作方向によって直線型、円型、回行型並びに横行型に分けられる。撹拌機には、ロータリー、スクープ、スクリュー並びにクレーンが用いられる。横行型は、隔壁のない堆肥舎の構造を利用し、三方を壁に囲まれた空間に堆肥材料を投入し、堆肥舎奥側の壁に撹拌装置を懸垂し、壁に沿って走行しながら堆肥材料を撹拌する。主にスクリュー式の撹拌機が用いられる。開口方向には、装置を支え走行を補助する車輪が取り付けられる（図 2-2）。

堆肥化槽の種類

直線型：撹拌機が発酵槽の側壁レールあるいは上部レールを直線状に走行しながら堆肥材料を撹拌混合する。

円型：発酵槽の形状が円形状で撹拌機の中心と偏心しており、発酵槽の外周部に投入された堆肥材料を撹拌混合に伴い、発酵槽中心部に徐々に移送しながら堆肥化する。

円行型：発酵槽の形状が周回走路となっており、撹拌機が発酵槽の側壁レールを、直線走行と旋回走行を繰り返しながら堆肥材料の撹拌混合と移送を行う。

横行型：上述の通り。

撹拌機の種類

ロータリー式：水平軸に螺旋状に取り付けられた撹拌爪や撹拌棒等が回転と同時に堆肥材料を後方に掻き上げながら撹拌混合する。撹拌爪をなた爪とすることで、堆肥を造粒することができる。

スクープ式：チェーンに取り付けられたコンベア状の掻き上げ板が堆肥材料を斜め上に拾い上げ、進行方向に落としながら撹拌混合する。

スクリュー式：垂直もしくは傾斜をつけた片持ちのオーガースクリューを回転させて撹拌混合する。オーガースクリューは１本の他、２本組、４本組があり、複数本のオーガースクリューを用いる場合、反対に回転する２本が対となって動作する。

クレーン式：発酵槽内にある堆肥材料を自動的に掴み、次の発酵槽に移し替えながら撹拌・混合を行う。

3．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、鶏ふん臭がしないこと、造粒されているので機械散布に適することが特徴である。腐植酸成分が九州各地で入手した鶏ふん堆肥 15 品のうち最も高い品の 1.6 倍（現物当たり 15%）含まれている（図 2-4）。この肥料の主成分組成は一般的な鶏ふん堆肥と違いがない（図 2-5）が、窒素の肥効は極めて小さいことが、肥効試験等から明らかとなっている。従って、りん酸、加里肥料の代替肥料とみなせる。

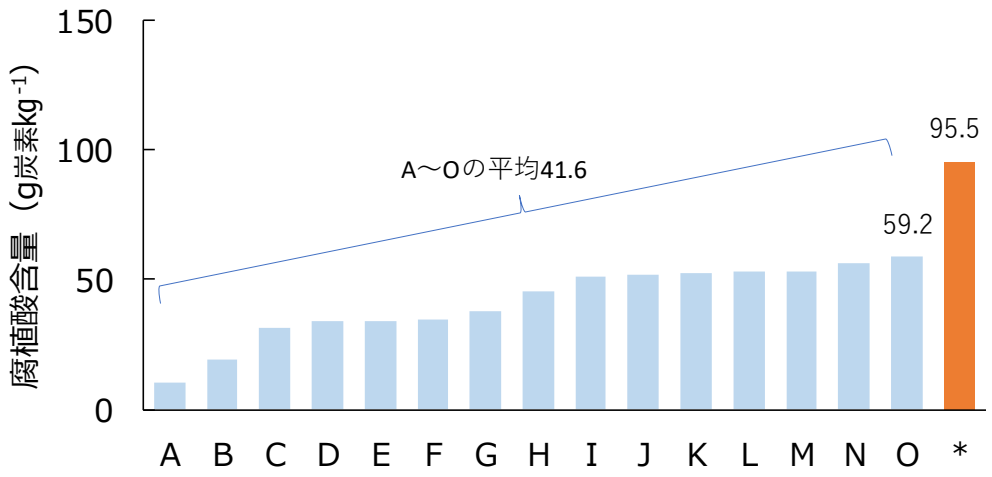

図 2-4　九州地域で販売されている鶏ふん堆肥の腐植酸含量

九州各地から入手した鶏ふん堆肥（A～O）と本技術により生産した肥料（図中オレンジの棒）のアルカリ可溶性かつ酸不溶性画分（腐植酸相当）の含量を乾物当たりの炭素含量として示した。A~O の方法については参考資料 4 を参照のこと。

窒素	りん酸	加里	C/N
2.6%	6.3%	5.5%	8.3

図 2-5　生産される肥料の成分組成及び丸粒体の写真

（参考資料 1 より引用）

表２-1　実証事例の設定条件（処理鶏ふん量　4,000 トン/年）

発酵槽　スクリュー式撹拌装置 ２軸地走式 完熟槽　ロータリー撹拌機		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	10.75（kg/日）	0.043 kg×250,000 羽＝10.75kg/日
③発酵槽 500 ㎡	発酵期間 35 日 （５週間）	年間 8 バッチ発酵 4,000 トン÷８≒500 トン　体積は 500 トン÷0.6 トン／㎥≒833 ㎥ 戻し堆肥 10%（87 ㎥）を加える。発酵開始時の体積は 833 ㎥×1.1≒920 ㎥ 50m×10m×2m（平均堆積高さ）＝1,000 ㎥ 堆肥の体積は発酵に伴い約 6 割に減少する（920 ㎥→552 ㎥）。
④焼酎廃液 散布装置	1,650 トン/年 撹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 ２日に１回散布。堆肥の容積の 1～２%量を散布。	920 ㎥×　80%×　300 日÷２×　1.5%≒　1,650 t /年
⑤通気設備	ブロアー設置	床面に通気配管を設置しブロアー通気可能な設備
⑥完熟・造粒槽 375 ㎡	発酵期間 30 日	年間 8 バッチ発酵 一次発酵後の堆肥容積：552 ㎥ 平均堆積高さ 1.5m　552 ㎥÷1.5m≒375 ㎡ 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 0.6 トン/㎥	552 ㎥の内、一部（87 ㎥）を戻し堆肥として使用。 1 バッチ当たり　552 ㎥　－　87 ㎥　＝　465 ㎥ 465 ㎥×8 バッチ／年＝3,720 ㎥ 3,720 ㎥　×0.6（トン/㎥）≒2232 トン／年
⑧肥料貯蔵面積		3,720 ㎥　/年÷12 月/年×3 ヶ月/2m（高さ）＝465 ㎡以上

イニシャルコスト

スクリュー式撹拌装置	2,500 万円
ロータリー撹拌機	1,200 万円
焼酎廃液散布設備（プール 300 ㎥含む）	1,000 万円
ブロアー（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　＝160 ㎡
・製品置き場（倉庫）	40m（Ｌ）　×　15m　＝　600 ㎡
・ポンプ室（脱臭装置含む）	4m　×　5m　＝　20 ㎡
・管理事務所	

※設計費、建築費、配管工事、電気工事、車輌費は別途

III　製造された堆肥の利用場面と施用効果

１．想定される堆肥の利用場面

これまで、鶏ふんは潜在的に有機質肥料として価値が高いとされてきた一方で、一部で未熟な質の悪い製品が流通していた実態があり、良質な肥料としての普及が進まなかった。ここで紹介した腐植酸高含有肥料は、肥料成分と有機物を同時に供給できる特徴に加えて、施肥の作業性も高く、畑作や露地野菜作の基肥として安心して利用できる。

２．キャベツ栽培への施用事例

慣行施肥成分相当量のりん酸、加里を腐植酸高含有肥料に置き換えて施肥効果の検証を行った。ポット栽培試験等の結果からこの肥料の窒素肥効は期待できないため、窒素成分は、慣行区と等量になるように化成肥料ないし硫安で施用した（表 3-１）。

表3-1　施肥設計（キャベツ）

試験区	資材および施用量（kg/10a）	化学肥料由来施用量（kg/10a）		
		窒素	りん酸	加里
①腐植酸高含有肥料上乗せ区	基肥：化成肥料60 腐植酸高含有肥料240 追肥：硫安38	17.0	9.0	9.0
②腐植酸高含有肥料減化学肥料区	基肥：硫安43 腐植酸高含有肥料240 追肥：硫安38	17.0	0	0
③慣行区	基肥：化成肥料60, 苦土重焼燐20 苦土石灰120, 牛ふん堆肥2000 追肥：化成肥料50	17.0	18.0	15.2
④無施肥区	なし　0	0	0	0

高腐植酸含有肥料施用によるりん酸、加里の投入量は、各々17.5、14.8kg/10aであった。

キャベツの収量（図 3-1）は、化成肥料のりん酸と加里を腐植酸高含有肥料で置き換えた腐植酸高含有肥料減化学肥料区（②区）において、慣行区と同等の収量を得ることができた。また、化成肥料に腐植酸高含有肥料を上乗せ施用した①区では慣行施肥（③区）に比べて有意に高かった。以上から、腐植酸高含有肥料により化学肥料のりん酸、加里を代替できると推定された。

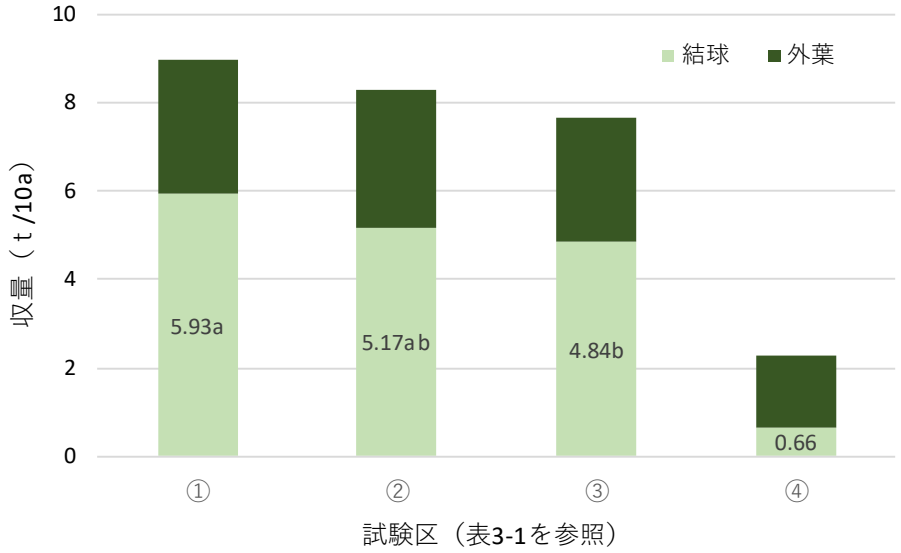

図 3-1　キャベツの収量

2015 年 11 月 11 日より 2016 年 4 月 22 日まで熊本県合志市の農研機構九州沖縄農業研究センター内圃場（腐植質普通黒ボク土）にて試験を実施した。1 区の面積は 14.4 ㎡で、試験区をラテン方格法（L4）により配置した。用いたキャベツ品種は「中早生 1788」で、栽植密度 4.17 株/㎡とした。図中の数値は、結球収量を示す。数字の後の英小文字に同じ文字を含む場合有意差は無い（p=0.05）。

3．かんしょ栽培への施用事例

かんしょ新品種「ふくむらさき」について、腐植酸高含有肥料の施用効果を腐植酸質資材（アヅミン®　デンカ株式会社より販売）とともに比較した。

アヅミンは、地力増進法指定資材で、亜炭を硝酸で酸化分解した後中和した土壌改良資材（腐植酸質資材）である。アヅミンの推奨施用量は 60 kg

/10a なので、等量の腐植酸（24.8 kg/10a）が投入されるよう、腐植酸高含有肥料を 177 kg/10a 施用する試験を行った。化学肥料の施用量は慣行量を施用し、地温上昇効果の異なる透明マルチと白黒マルチの二条件で行った。（表 3-2）。

表3-２　施肥設計（かんしょ）

試験区	資材および施用量（kg/10a）	化学肥料由来施用量（kg/10a）		
		窒素	りん酸	加里
①高腐植酸含有肥料区	基肥：化成肥料60 高濃度腐植酸肥料*177	4.8	7.2	12.0
②アヅミン区	基肥：化成肥料60 アヅミン*60	4.8	7.2	12.0
③慣行区	基肥：化成肥料60	4.8	7.2	12.0

*高腐植酸含有肥料177kg、アヅミン60kgに含まれる腐植酸の量は同量の24.8kgである。

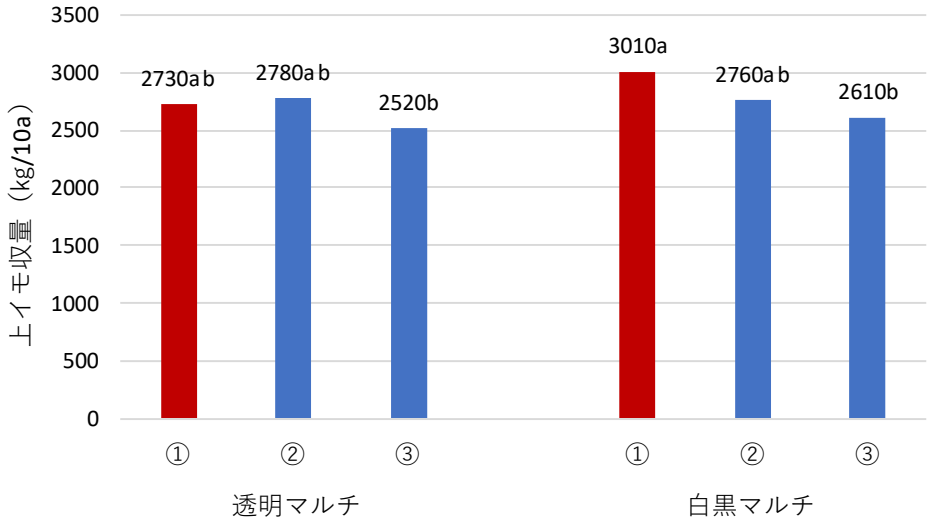

図 3-2　かんしょの上イモ収量

2019 年 5 月 10 日より 2019 年 10 月 11 日まで宮崎県都城市の農研機構九州沖縄農業研究センター内圃場（腐植質普通黒ボク土）にて試験を実施した。1 区の面積は 17.28 ㎡で、第一主効果をマルチの種類、第二主効果を資材投入とした分割区法（反復数 3 ）により試験区を配置した。用いたかんしょ品種は「ふくむらさき」で、栽植密度は 2.78 株/㎡とした。丸数字は試験区の番号を示す（表 3-2 を参照）。数字の後の英小文字に同じ文字を含む場合有意差は無い（p=0.05）。

「ふくむらさき」の上イモ収量（図 3-2）はいずれの試験区も目標収量の2500 kg/10a を上回った。腐植酸質資材の施用により、増収する傾向が認められ、腐植酸高含有肥料区（①区）では慣行区（③区）に比べて有意に増収した（図 3-2）。白黒マルチと腐植酸高含有肥料の使用は各々、11.0 千円/10a、10.6 千円/10a のかかりましとなる（表 3-3）。かんしょ単価125 円/kg の場合の粗収益等の比較を表 3-4 に示した。かかりまし経費が増えたとしても、慣行区よりも粗収益が増加することが期待できる。なお、農研機構での栽培事例を元に試算した結果であり、参考情報として扱って頂きたい。

表3-３　かかりまし経費*

資材	仕様	単価（円/本・袋）	10aあたり資材費（円）	かかりまし（円/10a）
透明マルチ	200m	2,894	15,917	-
白黒マルチ	200m	4,892	26,906	10,989
アヅミン®	20kg	2,607	7,821	7,821
腐植酸高含有肥料	15kg	900	10,620	10,620

*収量増加に伴う出荷関連費用増加は含んでいない。

表3-4　かんしょ栽培における粗収益等の比較

マルチ種類	資材施用区分	粗収益（円/10a）	マルチ費（円/10a）	追加肥料費（円/10a）	粗収益-資材費(円/10a)	透明マルチ・慣行との差額
透明マルチ	腐植酸高含有肥料区	341,250	15,917	10,620	314,713	15,630
透明マルチ	アヅミン区	347,500	15,917	7,821	323,762	24,679
透明マルチ	慣行区	315,000	15,917	-	299,083	(基準)
白黒マルチ	腐植酸高含有肥料区	376,250	26,906	10,620	338,724	39,641
白黒マルチ	アヅミン区	345,000	26,906	7,821	310,273	11,190
白黒マルチ	慣行区	326,250	26,906	-	299,344	261

かんしょ単価125円/kg として、図3-2,表3-3から計算。
参考資料6によれば生食用かんしょの販売単価の全国平均は、平成27年度から平成30年度で202.7円~228.8円/kgであった.

普及対象

本技術の適用には鶏ふんと焼酎蒸留廃液の安定調達が必要であるため、両者が調達可能な九州管内の農業生産法人、産業廃棄物中間処理業者（肥料化）、農協を普及対象とする。堆肥化処理方法については、比較的多くの養鶏業者が既存施設として所有しているロータリー式攪拌堆肥化装置でも製造できるよう焼酎廃液の散布方法に工夫が必要となる。また、敷地面積の狭隘等により既存堆肥化施設の改修・増築が不可能な場合においては、施設の有効活用と肥料製品の品質安定のため、一次発酵までを養鶏業者の既設の堆肥舎で行い、二次発酵以降の加工と調製を広域化、共同化するなどスケールメリットを生かして効率的な管理を行うことが有効な手法と考えられる。

その他

本技術導入（鶏ふんと焼酎廃液の同時堆肥化に係る特許利用）にあたっては、特許利用の事前承認の手続きが必要である。手続きの詳細については、農研機構本部知的財産部知的財産課特許ライセンスチーム（Email:naro-kyodaku@naro.go.jp、電話:029-838-6515）まで問い合わせのこと。

参考資料

1．　技術マニュアル「混合堆肥複合肥料の製造とその利用～家畜ふん堆肥の肥料原料化の促進～」（農研機構九州沖縄農業研究センター刊、2020 年４月）https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/133583.html からダウンロード可能　（P81～85 参照）

2．　肥料等試験法(2020) http://www.famic.go.jp/ffis/fert/bunseki/sub9_shiken2020.html からダウンロード可能

3．　高腐植酸含有率の完熟肥料を製造する方法（特許第 7021430 号）

4．　Sánchez-Monedero, M. A., et al. "A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances. Relationships between total organic carbon and oxidable carbon." Bioresource Technology 57.3 (1996): 291-295.

5．　2019 年度普及成果情報「土づくりにも役立つ家畜ふん堆肥を活用した肥料の製造と利用」https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/karc/2019/19_019.html

6．　令和元年度いも・でん粉に関する資料　（2020）https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/imo/r1shiryou.html からダウンロード可能（P22 参照）

担当窓口、連絡先

農研機構　九州沖縄農業研究センター　事業化推進室

096-242-7555

農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。