

## 乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討

## 乳牛ふん堆肥化における新規副資材利用の検討

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産研究部門  
主任研究員 小島陽一郎

### 1. はじめに

畜産現場では、オガクズに代表される低水分の資材が家畜の敷料や、堆肥化時の副資材として利用されてきた。しかし、近年、国内の木材生産量が低下し、かつ、バイオマス発電が普及したことなどによる燃料需要が高くなったことにより、木質系資材は畜産現場で入手が難しくなりつつある。特に、ふん尿の水分が高い乳牛のふん尿処理において、北海道など一部地域では、スラリー体系や固液分離体系で処理しているものの、全国的には副資材を利用した堆肥化処理体系が一般的であり、副資材が入手できないことは、経営上の大きな負担となりえる。一方で、従来から利用されてきた他の副資材についても利用するためにはいくつかの課題がある。例えば、モミガラは、発生する季節が偏在しており、通年利用するためには貯留する必要があること、戻し堆肥は、副資材としては水分が高い場合が多く、循環回数が増えると塩類濃度が上昇する傾向があるため、他の資材と併用しながら利用する必要があること、などである。今後も大規模化が見込まれる畜産経営において、日々発生するふん尿を確実に処理することは重要な課題であり、新たな副資材を探索する必要がある。

そこで、著者らは、畜産利用される新たな副資材候補として、これまで、キノコ栽培後の廃培地(以後、廃菌床)と、園芸資材であるココヤシ殻粉砕物(以後、ココピート)について、副資材としての利用特性を検討してきたことから、本稿で報告する。

### 2. 資材の特徴

#### 1)廃菌床

近年のキノコ栽培は、通年栽培可能な集約型の生産方式により、企業やJAなどで大規模な生産がおこなわれている。これを可能にしているのは、オガクズやコーンコブを主体とする基材に米ぬかなどの栄養剤等を混合して種菌を接種し、短期間でキノコを生育させる菌床栽培方式である。菌床栽培方式後に廃棄される菌床は、一部土壌改良剤などで使用されているものの余剰部分については、産業廃棄物として処理せざるを得ない。キノコ栽培は、長野県や新潟県の生産量が大きいものの、全国的に生産がされており、松村ら(2006)および農林水産省(2017)の調査結果から、廃菌床の発生量は全国で100万tに達すると試算される。廃菌床は、排出時の水分が、60%程度とオガクズなどの副資材に比べて高いものの、キノコの生産状況からみて、通年安定的に排出されるため、適切な利用方法が示されれば有用な資材となりえる。

これまで、廃菌床の堆肥化副資材利用について、複数のグループが検討してきた。例えば、吉田・阿部(2006)は、コーンコブを主体とした廃菌床を乳牛ふんと混合して堆肥化するこ

とで、処理容積は増えるものの、良好に堆肥化できたとしている。それに対して、小柳ら(2003)は、コーンコブやオガクズを主体とした廃菌床の副資材利用は可能であるものの、独特の臭気があり、牛ふんに対する廃菌床の混合割合が多くなるため、現実的には難しいとしている。以上より、廃菌床を利用するためには、水分の高さに起因する混合量の多さが課題として挙げられる。そこで、本稿では、廃菌床の前処理を含めた副資材利用の可能性を検討した。

## 2) ココピート

ココピートは、ココヤシ生産時の副産物として発生する外皮(殻)を粉砕・乾燥したものである。日本国内においてココピートは園芸資材としての利用が中心であり、その高い吸水性(Awang et al., 2009)から、土壌物性改善のために用いられる。流通価格は、数10L単位の小容積に圧縮梱包されたもので、500~2000円/kg程度である。日本においては、ヤシ殻は主にスリランカ、ベトナム、インドなどから輸入されており、特にスリランカからの輸入量が多い。現状では、日本への輸入量は2000t/年程度であるが、アジアにおける潜在量だけで1000万t以上に達する(途上国森林ビジネスデータベース, 2016)。

これまで、ココピートの堆肥化副資材利用については、ほとんど報告されていないが、水分の低さや吸水性の高さから、副資材としても有用であると考えられる。本稿では、特にその特性を活かし、高水分条件での堆肥化特性を検討した。

## 3. 実験方法

供試資材の堆肥化試験には、充てん高さ93cm、容積431Lのステンレス製発酵槽(阿部ら, 2003)を用いた。この発酵槽では、原料の底部をファンで吸引することにより、原料表面から内部に空気を供給できる(図1)。通気量は、薬師堂(2000)の報告を参考に調節した。堆肥化期間は28日間とし、約1週間ごとに発酵槽内部の原料が上下反転するように人力で切り返しをおこない、切り返しと同時にサンプリングをおこなった。

供試乳牛ふん尿は、フリーストール牛舎から採取したものであり、各副資材について所定の条件で混合し堆肥化をおこなった。

### 1) 廃菌床

供試した廃菌床は、エノキタケ等栽培より排出されたコーンコブ主体のもので試験前に1ヶ月程度無通気で2~3mに堆積したものであった。まず、(1)発酵熱による乾燥(発酵乾燥)を目的に、廃菌床のみで28日間の堆肥化をおこない、その乾燥程度を明らかにした。

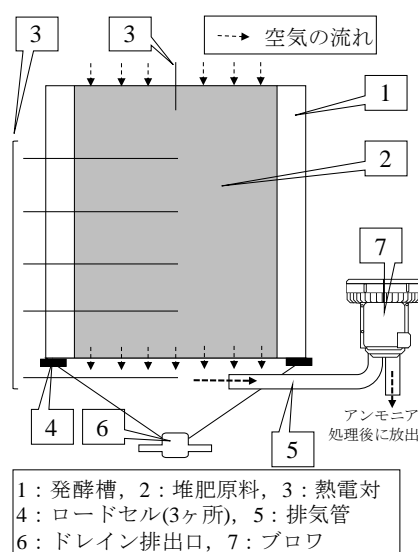


図1 実験装置の概略

また、(2)発酵乾燥前の廃菌床(堆積廃菌床；SMC-P 区) および、発酵乾燥後の廃菌床(乾燥廃菌床；SMC-C 区)を用い、それぞれ乳牛ふんと容積比で牛ふん：廃菌床=1：2 となるように混合した。また、対照区として、既存の代替副資材であるモミガラを乳牛ふんと容積比 1：2 で混合した条件(RH 区)でも試験をおこなった。

## 2)ココピート

供試材料として 300×300×100 mm 程度のココピートブロックを用いた(写真 1)。このココピートを粒径 1 mm 程度まで飼料用ミキサーで粉砕したものを使用した。このココピートと乳牛ふんを水分 70, 74, 78, 82 %<sub>w.b.</sub>になるように混合した(順に、CP70, CP74, CP78, CP82)。また、対照区としてモミガラを用い、水分 70 %<sub>w.b.</sub>になるように調整した条件(RH70)でも試験をおこなった。



写真 1 ココピート外観(粉砕前)

## 4. 各資材の堆肥化過程

### 1)廃菌床

#### (1)廃菌床の発酵乾燥処理

図 2 に、発酵乾燥時の原料温度の推移および水分の変化を示した。廃菌床は単独でも堆肥化は順調に進展し、堆肥化開始後 24 時間以内に、原料温度はピークに達したのち、4 日目には 40 °Cを下回るなど、変化が速やかであった。また、各切り返

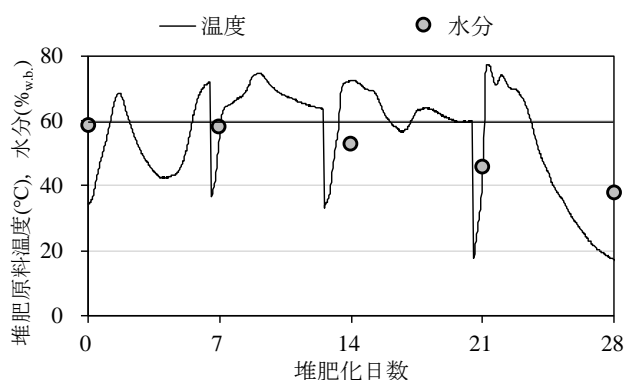


図 2 発酵乾燥中の原料温度と水分の推移

し後に 70 °Cを超えており、原料温度の上昇は良好であった。この時、原料の水分は堆肥化の進展に伴って減少し、最終的には 40 %<sub>w.b.</sub>以下まで低下した。さらに、堆肥化開始前の廃菌床の pH は 5.5 と低かったが、堆肥化後には、7.7 と中性域まで上昇した。

#### (2)廃菌床の発酵乾燥処理による副資材としての効果

堆肥化開始時の各条件の水分は、SMC-C 区が 67.0 %<sub>w.b.</sub>、SMC-P 区が 75.0 %<sub>w.b.</sub>、および RH 区が 73.6%<sub>w.b.</sub>であり、乾燥廃菌床条件は 70 %<sub>w.b.</sub>以下まで水分が低下した。かさ密度は、SMC-C 区が 666 kg/m<sup>3</sup>、SMC-P 区が 885 kg/m<sup>3</sup>、RH 区が 530 kg/m<sup>3</sup>であった。ここで、図 3 に、各試験区の原料中心部の温度の推移を示した。モミガラ区(RH 区)および乾

乾燥菌床(SMC-C)区は、1週目から原料温度が上昇し、SMC-C区では78.6℃、RH70.2℃まで温度が上昇した。一方、SMC-P区は1週目には原料温度がほとんど上昇せず、3週目にピークに達した。堆肥化後の有機物分解率は、SMC-C区が38.3%、SMC-P区が35.1%、およびRH区が29.2%と、廃菌床を混合した条件で高かった。

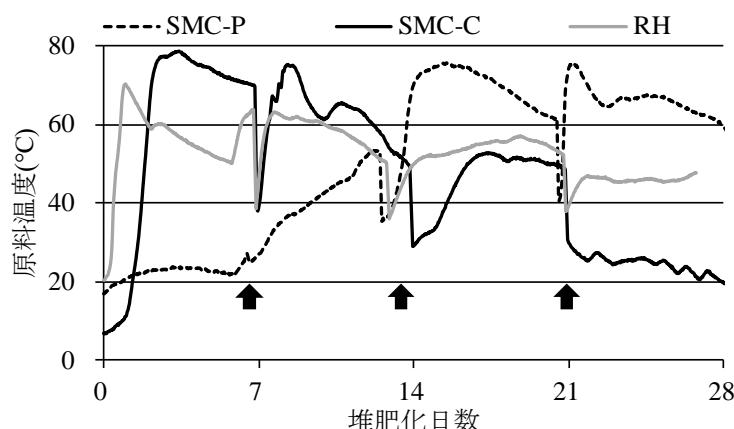


図3 廃菌床混合条件の原料温度推移

堆積廃菌床を混合したSMC-P区は、水分はRH区と同程度であったものの、初期のかさ密度が堆肥化における適切なかさ比重(阿部ら, 2009)よりも大きかった。そのため、原料の通気性が悪く、温度上昇が緩慢だった。終了時の有機物分解率は、大きくは変わらないものの、SMC-C区が、3週目から60℃以上に温度が上昇しなかったのに対して、SMC-P区は、28日目でも60℃程度まで温度が上がっておりより長い堆肥化期間が必要であったといえる。また、コマツナ種子発芽率による生物検定においても、SMC-C区が2週目に発芽率100%に達するのに対し、SMC-P区は4週目(堆肥化終了時)まで発芽率が100%に達しなかった。この堆積廃菌床による堆肥化の遅延は既往の報告と同様であり、堆積廃菌床区の積み込み時の水分はモミガラ区と同等であったことを考えると、水分のみを指標にした調整では堆肥化が順調に進展しない可能性が示唆された。

## 2) ココピート

表1に供試したココピート、モミガラおよび、比較として、農研機構畜産研究部門畜産飼料作研究拠点で使用し

表1 ココピートおよび対照資材の性状

|       | 水分<br>(%w.b.) | 有機物<br>(%DM <sup>†</sup> ) | pH<br>(-) | EC<br>(mS/cm) | かさ密度<br>(g/L) | 吸水率<br>(g/g <sup>‡</sup> ) |
|-------|---------------|----------------------------|-----------|---------------|---------------|----------------------------|
| ココピート | 15.1          | 93.5                       | 4.8       | 5.14          | 190           | 4.29                       |
| モミガラ  | 10.2          | 81.8                       | 7.1       | 0.58          | 96            | 0.85                       |
| オガクズ  | 26.9          | 99.5                       | -         | -             | 166           | 2.62                       |

<sup>†</sup>DM: 乾物

<sup>‡</sup>吸水率は現物あたりの値

ているオガクズの物性を示した。ココピートは、モミガラと同水準の低水分であり、pHは低く、電気伝導度(EC)は高かった。吸水率は、他の2資材に比べて高く、モミガラの5倍程度であった。そのため、ココピートはモミガラと同水分条件でありながら、水分調整に要する混合容積は小さく、堆肥原料の水分を78%w.b.にするために、乳牛ふんよりも少ない混合容積でよかった。

図4に各条件における原料中心部の温度変化を示した。すべての条件で堆肥化開始1週目から温度が上昇した。温度ピークへの到達時間はモミガラ区(RH70)が最も早く、次いでCP82が早かった。その後、CP条件については水分が低くなるほど温度上昇が遅い傾向

がみられた。2週目以降も温度は上昇したが、3週目以降は、CP70、CP74、およびRH70条件では顕著な温度上昇はみられなかった。ココピート混合条件(CP70～CP82)において、質量減少率、容積減少率、乾物分解率、有機物分解率は、ともに水分が高い条件ほど高かった。RH70を基準とすると、水分78%条件(CP78)で同程度の乾物分解率および有機物分解率を示し

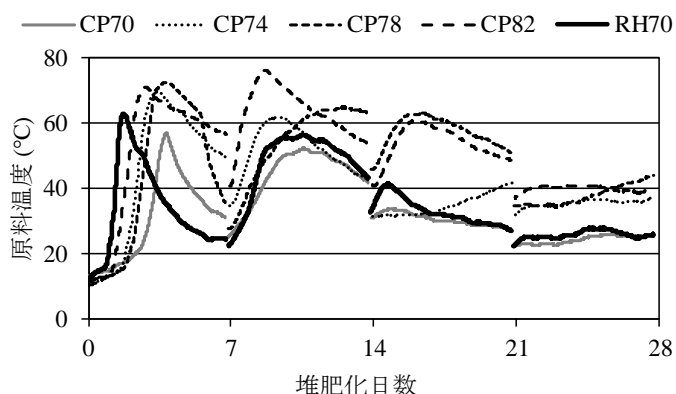


図4 ココピート混合条件の原料温度推移

たが、質量減少率はRH70が大きく、堆肥化後の水分もCP混合条件は高止まりする傾向があった。さらに、ココピートの混合によりアンモニア揮散抑制効果がみられた。1週目には原料温度上昇とともにすべての吸引排気中のアンモニアガス(NH<sub>3</sub>)濃度が上昇したが、RH70における最高のNH<sub>3</sub>濃度が310 ppmであるのに対して、CP条件では最高で8~26 ppmであった。また、堆肥化開始後2週におけるCP条件の平均NH<sub>3</sub>濃度は、RH70の7分の1~59分の1程度であった。

##### 5. 各資材の利用法の検討とまとめ

以上のように、各資材の堆肥化過程および特性を検討した。

廃菌床については、乾燥前の廃菌床を使用する場合、通常の混合比で顕著に堆肥化が停滞した。一方発酵乾燥することによって既存の副資材と変わらない効果が示された。ただし、乾燥のために1ヶ月程度の発酵期間が必要なことに留意が必要である。キノコ1kgあたり、約1~2kgの廃菌床が発生することから、廃菌床を産業廃棄物として全量処理する場合、経営上の大きな負担となると推察される。発酵乾燥によって廃菌床に資材的な価値が付加されることから、余剰の廃菌床が発生する地域などでは、地域内で連携した廃菌床の利用システムの構築が必要であろう。

また、ココピートについては、現在では500~2000円/kgとオガクズ等の資材に比べて高いものの、水分78%程度の高水分でも良好に堆肥化が可能であった。粉砕したココピートを使用して水分78%に調整する場合、モミガラを使用して水分70%に調整する場合に比べて、ココピートの使用量は体積比でモミガラの1/4程度まで抑えられる。さらに、園芸資材としては圧縮した状態で流通していることから、従来資材に比べて国内の運送にかかるコストは大きく低減できる可能性がある。ただし、現状では、ココピートは粉砕工程が必要で、粉砕物は粉塵が発生するなど利用上の課題もある。ココピートを利用する場合は、アンモニアの揮散抑制効果と合わせて、従来資材とは異なる使用方法を検討する必要がある。

## 6. まとめ

畜産現場でのオガクズ不足は1990年代後半から予見されており、これまでも多くの資材が堆肥の副資材利用が検討されてきた(例えば、代永ら, 1999; 小柳, 2001; 勝野ら, 2006など)。実際の利用場面に近い、使用方法を検討した事例((例えば、梨剪定枝; 榊原ら, 2002, 竹粉碎物; 竹下・小山, 2014)も報告されており、本稿で報告した2つの資材も含めて、今後も地域に賦存する資材などを利用する場面が増えてくるものと想定される。ただ、いずれの場合においても資材の特徴を把握し、従来から積み重ねられてきた堆肥化に関する知見や、地域の社会的要求にこたえられるような適切に利用することが重要である。

## 引用文献

- 1)阿部佳之ら(2009): 吸引通気式堆肥化処理におけるアンモニア回収と資源化, におい・かおり環境学会誌, 40(4), 221-22.
- 2)Awang Y et al., (2009): Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(1), 63-71.
- 3)勝野伸吾ら(2006): 高吸収水性樹脂の添加が牛ふんの堆肥化に及ぼす影響, 愛知農総試研報 38, 187-191.
- 4)松村ゆかり・藤本清彦・高野勉(2006): キノコ廃菌床発生量の推定, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 56, PT026.
- 5)農林水産省(2017): 特用林産物生産統計調査, <http://www.estat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001172683>(2017年9月14日参照).
- 6)小柳渉(2001): シュレッダー裁断紙を利用した乳牛分の堆肥化, 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告, 13, 16-17.
- 7)小柳渉ら(2003): 副資材としての生キノコ廃床の特性と乳牛ふんとの混合堆肥化, 新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告, 14, 30-35.
- 8)榊原幹男ら(2002): 家畜ふん堆肥化に対する梨せん定枝粉碎形状の影響, 愛知県農業総合試験場研究報告, 34, 201-206.
- 9)竹下美保子・小山太(2014): 乳牛ふん堆肥化における副資材としての竹粉碎物の利用, 福岡県農業総合試験場研究報告, 33, 34-38.
- 10)途上国森林ビジネスデータベース(2016): ヤシガラ資材, <https://jifpro.or.jp/bfpro/business-model/case1/> (2017年9月14日参照).
- 11)代永道裕ら(1999): 古紙類に堆肥化副資材適性の評価について, 日本家畜管理学会誌, 35, 16-17.
- 12)吉田周司・阿部正八郎(2006)家畜ふん尿等の低コスト処理方法の確立(10)きのこ廃菌床を副資材とした乳牛ふんの堆肥処理技術, 大分県畜産試験場試験成績報告書, 35, 10.

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 平 29-3 資料

平成 29 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門  
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8593、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 29 年 11 月 9 日

印刷所