

廃珪藻土を利用した堆肥化試験

田中航輝・齊藤健一

Study on Composting Dairy Cow Feces with Waste Diatomaceous

TANAKA Koki And SAITO Kenichi

要 約

乳牛糞の堆肥化における副資材としてスターチ工場より発生する廃珪藻土の特性を調査した。試験では、副資材として廃珪藻土のみを使用した廃珪藻土区、オガクズのみを使用した対照区、廃珪藻土とオガクズを半量ずつ混合した混合区の3区を設定した。

その結果、混合区はピーク時の発酵温度が70.7℃に到達し、試験終了時の幼植物発芽率は88%となり発芽阻害は確認されなかった。一方、廃珪藻土のみの利用は、通気性の低下による堆肥化の進展の遅れが見られた。これらのことから、廃珪藻土はオガクズなど通気性の良い副資材と併用することにより、堆肥化の副資材として有効であることが明らかとなった。

緒 言

高品質な家畜糞堆肥の製造には水分調整が重要である。特に搾乳牛の糞は水分が約86%（畜産環境整備機構2020）と高く、堆肥化処理には乾燥処理または水分調整用の副資材を用いて、容積重を700kg/m³程度まで低下させる必要がある（畜産環境整備機構2005）。

これまで酪農現場で副資材として主に用いられてきたオガクズは、輸入木材の高騰（日本銀行2021）およびバイオマスエネルギー用の燃料としての需要増大（農林水産省2021）に伴い価格高騰を招き、畜産農家でのオガクズ利用が困難な状況になりつつある。現在、オガクズ以外の副資材として戻し堆肥、モミガラ（畜産環境整備機構2020）の他、キノコ廃菌床（酒井ら2005）、廃白土（加藤ら2015）などの利用が報告されている。一方、スターチ工場より廃棄物として発生する廃珪藻土については、これまで畜産現場での利用がほとんど行われてこなかった。そこで、今回オガクズに代わる安価な副資材として、廃珪藻土の利用性について検証を行ったので報告する。

材料および方法

1. 供試材料

試験に用いた廃珪藻土は、千葉県内のスターチ工場

内においてとうもろこしを原料とした糖化液の精製過程で生成される水分率24.3%、有機物率59.4%の食品副産物（図1）で、若干の活性炭を含んでいる。廃珪藻土中の成分値、易分解性有機物、熱量は表1および表2のとおりである。

生牛糞は、当センター搾乳牛舎からバーンクリーナーにて固液分離を行わずに回収された糞を使用した。またオガクズは、ベイマツから製造されたオガクズ（水分率15.4%、容積重100kg/m³）を用いた。



図1 廃珪藻土（黒い部分は活性炭）

令和3年8月31日受付

表1 廃珪藻土の成分値

成分値	含有率 (%)						重金属	六価クロム	pH
	水分	有機物	全窒素	リン	カリ	カルシウム			
廃珪藻土	24.3	59.4	2.4	0.7	0.0	0.1	未検出	未検出	3.8

注) 含有率は水分以外はすべて乾物あたりの数値とする。

表2 副資材の易分解性有機物と熱量

副資材	易分解性有機物 (%)	熱量 (cal/g)
廃珪藻土	14.1	4,407
オガクズ	1.7	5,227

注) すべて乾物あたりの数値とする。

2. 試験区分および試験方法

試験区分は表3に示したとおり、副資材に廃珪藻土を用いた廃珪藻土区、オガクズを用いた対照区、廃珪藻土とオガクズを半量ずつ混合した副資材を用いた混合区の3区を設定した。各試験区とも容積重が650kg/m³以下になるように牛糞と混合し、原料を十分混合したのち、堆肥舎（間口18.9m、奥行5.4m、棟高4.3m）で2020年10月14日～2021年1月6日の12週間堆積し、発酵させた（図2）。堆積物はホイールローダを用いて4週ごとに繰り返し作業を実施した。

3. 測定項目

発酵温度は堆肥中央部（底面から20cm部）に設置した温度センサー（おんどとりTR-72WF、㈱テイアンドデイ）により、1時間ごとに自動計測した。外気温は

同温度センサーを用い堆肥化施設内の地上1.5m高さ部分の温度を計測した。堆積物の性状把握のため、1週間ごとに堆積物よりサンプリングを実施し水分、灰分、pH、ECを測定した。サンプル採取は肥料のサンプリング方法（消費安全技術センター2020）に準じて実施した。さらに、試験開始時と終了時のサンプルから窒素、リン、カリウムを肥料等試験法（消費安全技術センター2020）に従い分析し、有機物分解率は下記の推定式（張ら2003）により推定した。

※推定式

有機物分解率 (%) = $(1-X_0/X_i \times (1-X_i/100) / (1-X_0/100)) \times 100$
 (X₀:試験前の乾物あたり灰分率 X_i:日目の乾物あたり灰分率)

堆肥の腐熟度を判定するため試験終了後、発芽試験および酸素消費量による腐熟度判定を実施した。発芽試験は山口ら（2003）の方法に基づき、サンプルを蒸留水で乾物あたり10倍希釈し、30分間振とう後の抽出液を、シャーレ内のコマツナ種子50個に注入し30℃で3日間静置した。静置後に発芽した種子の数を、蒸留水を注入し発芽した種子の数で割ったものを発芽率とした。腐熟度判定では堆肥熟度判定機（コンポテスター、㈱富士平工業）を用いて腐熟度の評価を行った。

表3 副資材の配合割合

試験区分	混合量 (kg)				堆肥容積 (m ³)	容積重 (kg/m ³)
	牛糞	廃珪藻土	オガクズ	合計		
廃珪藻土区	845	1,600	-	2,445	3.76	650
混合区	1,260	275	275	1,810	2.92	620
対照区	1,350	-	450	1,800	3.00	610



図2 堆肥化試験の様子

結果および考察

1. 発酵温度および水分、有機物分解率の推移

試験期間中の発酵温度の推移を図3に示した。最高発酵温度は混合区が70.7℃と他区と比べ最高値を示し、到達日数も38日目と短かった。廃珪藻土区は60℃以上の期間が36日目から73日目の37日間持続しており、発酵温度が高い状態が長期間保持された。対照区は最高発酵温度が53.1℃と、全体として廃珪藻土区、混合区と比較して低く推移した。なお試験期間中の外気温の平均は9.7℃、最高は23.9℃、最低は-4.0℃であった。

今回、廃珪藻土区および混合区は対照区と比較して

田中ら:廃珪藻土を利用した堆肥化試験

発酵温度が高く、また栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針（農林水産省2011）で定められた堆肥製造基準（堆積物の発酵温度を55℃3日間以上維持）も満たしていた。発酵温度が高く維持された理由として試験に用いた廃珪藻土は、製糖の濾過過程において不純物である糖類やタンパク質などの有機物を吸着しており、オガクズと比較して易分解性有機物の含有量が多く、堆積物中の微生物にエネルギー源として利用されたためと推測された。加藤ら（2015）によると易分解性有機物として油脂を含む廃白土は、堆肥の発酵温度上昇効果が高いとの報告があることから、易分解性有機物を多く含むという点で廃珪藻土においても廃白土と同

じ効果が期待できると考えられる。

廃珪藻土区では、試験開始時の発酵温度上昇が他の試験区より遅かった。これは、廃珪藻土の性状が粉末状であり、水分を含むと粘土状になることから、オガクズと同等の通気性を確保できなかったためと考えられた。

水分と有機物分解率の推移を図4および図5に示した。水分は廃珪藻土区で、50.6%から24.5%、混合区は71.8%から61.2%と堆肥化の経過日数が進むにつれて減少した。試験終了時の有機物分解率は廃珪藻土区において33.6%、混合区においては36.5%に達した。

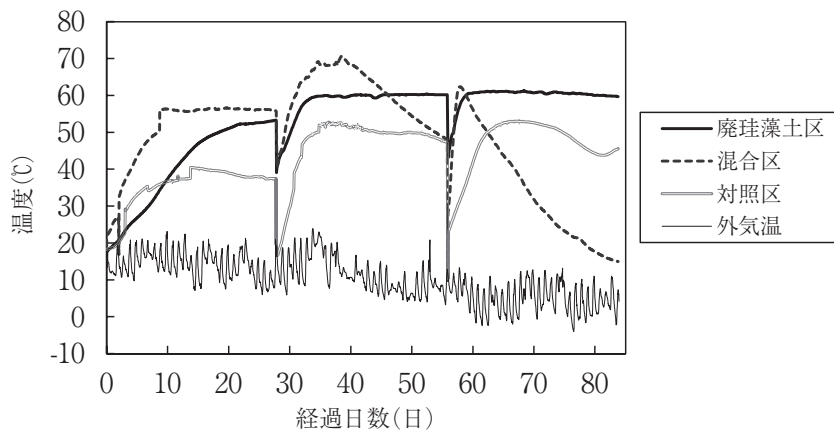


図3 発酵温度の推移

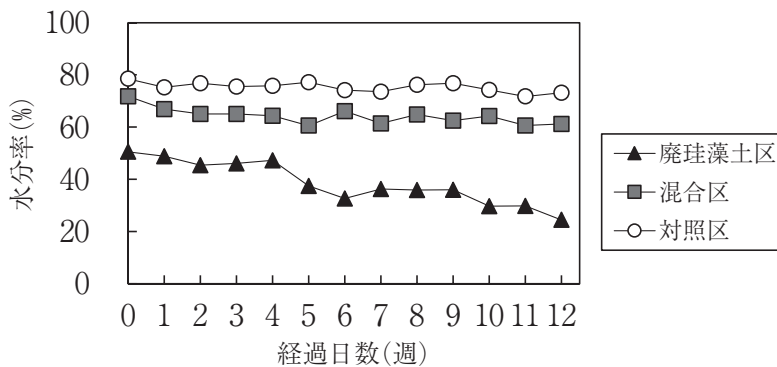


図4 水分の推移

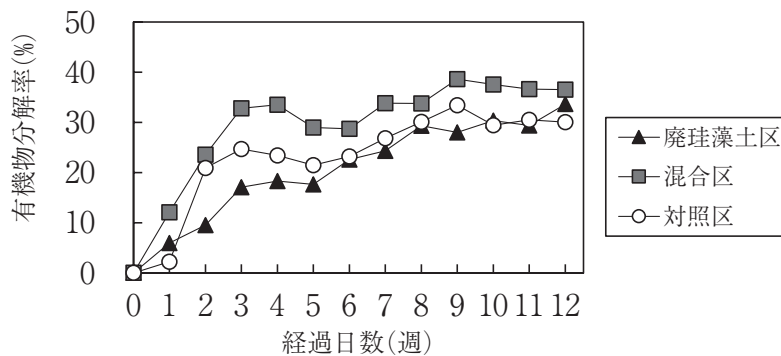


図5 有機物分解率の推移

2. 堆積物のpH、ECの推移

試験開始時と試験終了時における堆積物のpHとECの推移を図6および図7に示した。混合区のpHは試験開始時に5.83であったが、堆肥化の進行に伴い試験開始2週目には8.18と中性域まで上昇した。その後pHは徐々に低下し試験終了時には6.77となった。一方、廃珪藻土区と対照区は試験期間中に大きなpHの変動は見られなかった。混合区のpH変動の理由として、試験開始後はアンモニアの発生によりpHが上昇し、その後堆肥中のアンモニアが硝化されることによりpHが低下したと考えられる。ECについては対照区が試験開始時に

8.15であったが、試験開始3週目には5.28まで低下していたのに対し、廃珪藻土区と混合区は試験期間中に大きな変動は見られなかった。この試験開始後に対照区のECが低下した理由として、堆肥からのイオン成分の流出が考えられる。田邊ら(2005)によると、堆肥化過程で発生する浸出液の流出は堆肥化の初期に多い傾向にあり、浸出液は高濃度のイオン成分を含むとの報告がある。対照区は試験開始時の水分率が他の試験区に比べ高かったことから、牛糞中のイオン成分が浸出液とともに流出したことが要因と考えられた。

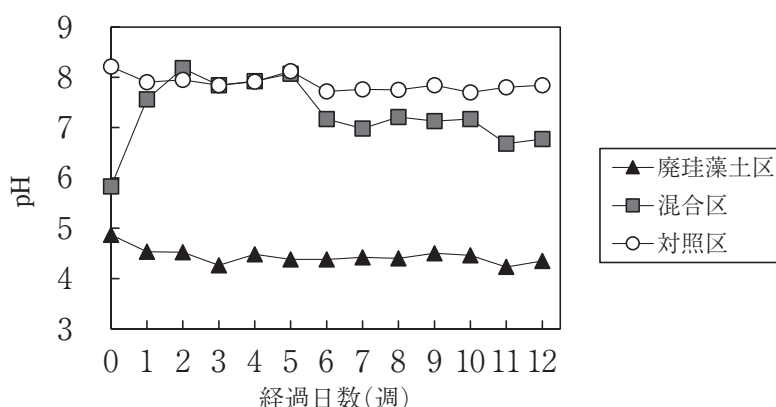


図6 pHの推移

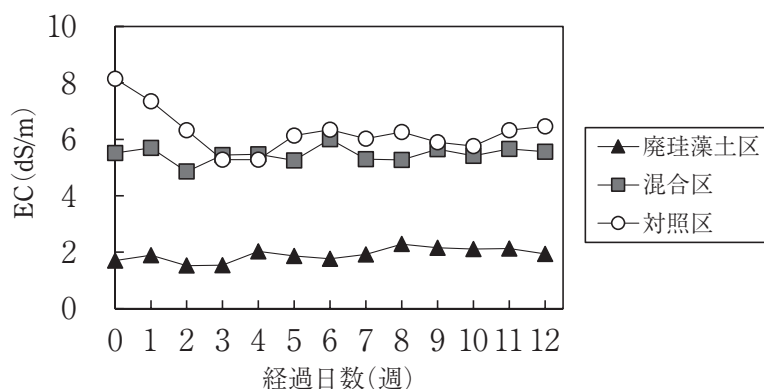


図7 ECの推移

3. 堆積物の発芽阻害および酸素消費量による腐熟度判定

発芽率の推移を図8に示した。発芽率は、混合区、対照区ともに試験終了時には発芽阻害がほぼ無いとされる80%以上に到達した。一方、廃珪藻土区は試験終了時の堆肥化12週終了時で10%程度とかなり低くなっていたことから、さらに12週間の堆肥化を継続したところ、堆肥化24週終了時で発芽率が96%まで上昇した。なお、堆肥化12週終了時の廃珪藻土区で発芽阻害が見られた原因として廃珪藻土に含まれる糖類がアルコール発酵によりエタノールに変わり、これが発芽に影響した可能性が考えられた。REZVANIら(2018)によるとエタ

ノール希釈液を用いた発芽試験で、パセリなど複数の植物で発芽率が低下したとの報告があることから、この点についてはさらに検討を行う必要がある。

酸素消費量の推移を図9に示した。今回、全試験区の試験開始時に酸素消費量は6 μ g/g/min以上であったが、試験開始3週間後以降は概ね3 μ g/g/min以下となった。一般的に、堆肥の酸素消費量は、堆肥が未熟な場合、微生物が利用できる易分解性有機物が多く含まれていることから高くなり、堆肥化が進行するに従い減少する。古谷ら(2004)の報告によれば、酸素消費量が3 μ g/g/min以下であれば十分易分解性有機物が分解

田中ら:廃珪藻土を利用した堆肥化試験

されており、施肥に適した堆肥であるとされていることから、今回用いた廃珪藻土については3週間以上の堆肥化を行うことで十分易分解性有機物が分解され、

酸素消費量の観点では施肥に適した堆肥の条件を満たすものと考えられる。

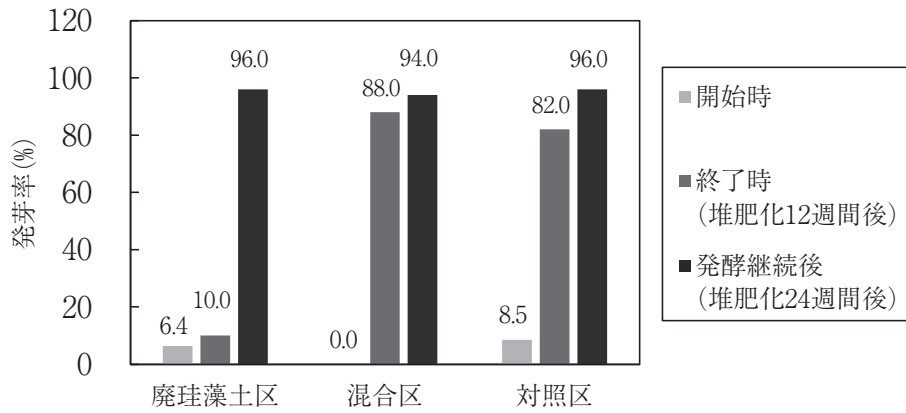


図8 堆積物の発芽率

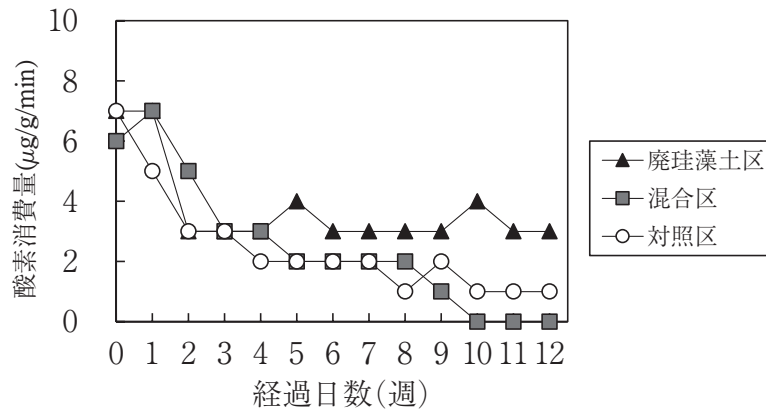


図9 酸素消費量の推移

4. 堆積物の肥料成分

試験開始時と試験終了時における堆積物の各種肥料成分値を表4に示した。試験終了時の成分値を試験開始時と比較したところ、リン、カリの含有率はすべての試験区で増加した。また、廃珪藻土にカリが含まれていないことから、対照区に比べ、廃珪藻土区および混合区のカリ含量が少なくなっていた。

N比)はすべての試験区で減少し、特に廃珪藻土の配合割合が高いほどC/N比は低かった。山田と鎌田(1980)によればC/N比20以下の堆肥は窒素の無機化率が上昇すると報告があり、窒素の無機化率は肥効に大きな影響を及ぼすことから、廃珪藻土の使用によるC/N比の低下は堆肥の肥効性改善につながるものと考えられる。

一方、炭素含有率および炭素量と窒素量の比率 (C/

表4 堆積物の成分値

試験区分		窒素 (DM%)	リン (DM%)	カリ (DM%)	炭素 (DM%)	C/N比
廃珪藻土区	開始時	1.6	0.9	0.4	36.9	23.1
	終了時	2.1	1.1	0.5	31.4	15.0
混合区	開始時	1.6	0.9	0.1	44.0	27.5
	終了時	1.7	1.2	0.2	38.4	22.6
対照区	開始時	1.5	0.9	1.5	47.2	31.4
	終了時	1.5	1.3	2.3	43.3	28.9

注) すべて乾燥あたりの数値とする。

本研究の結果より、通気性の問題等から廃珪藻土単独での使用は推奨できないものの、通気性の改善効果のあるオガクズを併用し、かつ十分な堆肥化期間を設けることにより、副資材の購入コスト低減に寄与する他、冬季における堆肥の発酵温度の上昇にも貢献することから、廃珪藻土は代替副資材の一つとして有望であると考えられた。

稿を終えるにあたり、試験に御協力いただいた王子コーンスターチ株式会社および日本環境開発株式会社の皆様に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 畜産環境整備機構、2005、家畜ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック
- 畜産環境整備機構、2020、堆肥化施設設計マニュアル
- 張建国・加茂幹男・阿部佳之・河木英憲・青木康治、2003、粗灰分量を指標として堆肥化過程における乾物および有機物の分解率を推定する簡便な方法、日本畜産学会報 75 (1):61-66
- 古谷修・古川智子・伊藤稔、2004、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、日本土壤肥料学会 74 (5):645-648
- 加藤淳・市川あゆみ・柳沢淳二、2015、廃白土を用いた敷料向け堆肥生産技術の開発、愛知農試研報 47:97-104
- 日本銀行、2021、企業物価指数 (2021年度10月速報)
- 農林水産省、2011、栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針 (第2版):26-27
- 農林水産省、2021、令和2年度木質バイオマスエネルギー利用動向調査
- 農林水産消費安全技術センター、2020、肥料等試験法
- 農林水産消費安全技術センター、2020、肥料のサンプリング方法
- REZVANI, M・SADATIAN, S.A・NIKKHAHKOUCHEKARSARAEI, H, 2018, FACTORS AFFECTING SEED DORMANCY AND GERMINATION OF GREATER BUR-PARSLEY (*Turgenia latifolia*), *Planta Daninha* 2018:6-7
- 坂井隆宏・脇屋裕一郎・式町秀明、2005、キノコ廃菌床および竹チップを副資材として利用した乳牛ふんの堆肥化、西日本畜産学会報 48:57-63
- 田邊眞・川村英輔・倉田直亮、2005、家畜ふん堆肥化過程で発生する滲出液の環境負荷、神奈川県畜産研究所研究報告 90:40-45
- 山口武則、2003、幼植物試験等による堆肥の簡易品質評価法、環境保全型施肥・土壤管理技術:21-22
- 山田裕・鎌田春海、1980、有機質資材の品質特性について、神奈川県農業総合研究所土壤肥料研究成績 12:1-9