

畜ふんと生ゴミの混合堆肥化処理における発酵温度、発生臭気及び堆肥成分

滝本英二・北村直起・白石 誠・脇本進行・奥田宏健

Fermentation temperature, generated stench and compost element in processing of mixture compost of cattle dung and raw garbage

Eiji TAKIMOTO, Naoki KITAMURA, Makoto SHIRAIISHI, Nobuyuki WAKIMOTO and Kouken OKUDA

要 約

有機資源リサイクルシステム確立のため、牛ふんと生ゴミ混合堆肥化の実証試験をした。

- 1 畜ふんと生ゴミの混合堆肥化における平均発酵温度は、概ね60 以上となり、病原菌、寄生虫卵および雑草種子などを死滅させるのに十分な発酵温度が確保された。
- 2 発生臭気は、生ゴミ投入から1ヶ月程度までは、アンモニア、トリメチルアミン、硫化水素が高濃度に発生するため、高水分の生ゴミ投入には、投入量や通気性の検討などの臭気対策を講じる必要がある。
- 3 堆肥成分は、季節や生ゴミの投入により、大きく変動した成分はなく、一般的な牛ふん・オガクズ堆肥と同程度以上の成分が確保された。

以上のことから、畜ふんに生ゴミを混合しても、牛ふん・オガクズ堆肥と同程度以上の成分を含有した堆肥生産が可能であるが、有機資源リサイクルシステム確立のためには、肥効性や農作物および公衆衛生上の安全性などを更に調査・検討していく必要がある。

キーワード： 畜ふん、生ゴミ、回行型スクープ式堆肥化施設、発酵温度、発生臭気、堆肥成分

緒 言

本邦の畜産バイオマスの利活用は、循環型社会の形成および農業・農村の活性化などに向けて、種々の取り組みが進められている¹⁾。このなかで、畜ふんについては、約80%が土壌還元として利用されているが、家庭や外食産業などから排出される生ゴミなどの食品廃棄物の利活用は、肥飼料として0.3%しか再資源化されておらず、そのほとんどが焼却・埋立処分されているのが現状である²⁾。

そこで、地域からの生ゴミを畜ふんと一体的に処理することで、有機資源による地域リサイクルシステムを構築し、畜産業と地域との共存を図ることを目的に、生ゴミ混合堆肥の生産実証試験をした。

この畜ふんと生ゴミを混合して堆肥化する取り組みは、最近全国的に増加しているが、まだ取り組みが浅く、生ゴミも構成要素が多様であるため、良質な堆肥を生産していくための実証規模での基礎データが少ない。そこで、今回、有機資源リサイクルシステム確立のための基礎データを得るため、生ゴミが搬入されるスクープ式堆肥化施設における投入量、発酵温度、発生臭気および堆肥成分などの調査をしたので報告する。

材料及び方法

1 調査対象施設の概要

調査対象施設は、回行型スクープ式堆肥化施設（移送攪拌機：(株)ナカミチ技研製サークルコンボ）であり、施設配置図は、図1のとおりである。

堆肥化作業は、敷料混合肉用牛ふんおよび水分調整後の乳牛ふんを主体に、発酵豚ふんおよび乾燥鶏ふんを水分調整を兼ねて混合した。更に副資材として、戻し堆肥およびオガクズにより投入時水分を約70%に調整後、施設へ投入した。

なお、攪拌については1日1回攪拌機により行い、堆肥化施設における堆積期間

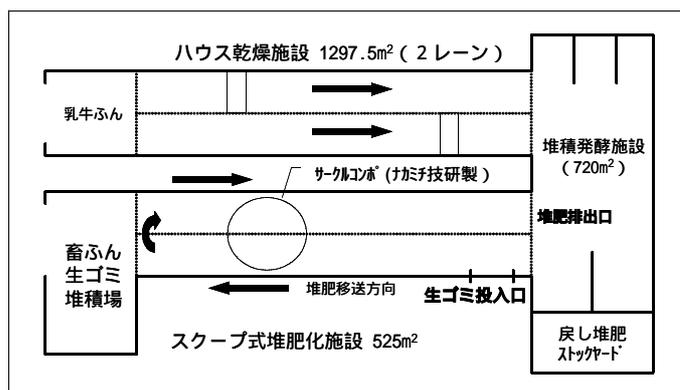


図1 スクープ式堆肥化施設の概要

は、約2ヶ月間とした。

2 畜ふんなど投入量および堆肥生産量

畜ふん、戻し堆肥、副資材および堆肥生産量の日量平均を月毎に表1に示した。投入量の合計では、2月が約15tで最も多く、逆に9月、10月が約8tと最も少なかった。その他の月は10t程度であった。また、生産量は3t前後で、最も多かったのは、2月が6.3tであった。

3 生ゴミの投入

生ゴミは、地元町の各家庭および近隣2ヶ所のス - パ - などの事業所と福祉施設から排出されたものを利用した。

また、地元町および福祉施設からの生ゴミは、生分解性プラスチック製の生ゴミ専用収集袋に封入後、当センターへ搬入した。

生ゴミの構成は、各家庭と福祉施設では、主に食べ残しや調理くずなどで、ご飯や野菜くずをはじめとして多岐にわたり、ス - パ - などの事業所では、主に売れ残り商品で、野菜類、肉類、魚類およびパン類が中心であった。また、堆肥化不可能な異物の分別は、ごみ収集時および投入時に行った。

なお、搬入された生ゴミは、水分調整せずに図1に示す生ゴミ投入口よりそのまま投入した。

次に、投入量については、日量平均投入量および投入畜ふんに対する混合率を図2に示した。日量平均投入量は、7月まで概ね0.5t前後で推移していたが、地元町の全戸を対象とした生ゴミ分別収集が本格的に開始された8月以降徐々に増加し、11月、12月には、0.78tに達した。畜ふん投入量に対する生ゴミの混合率も、8月以降徐々に増加し、10月には10.4%に達した。

表1 畜ふんなど投入量および堆肥生産量（日量平均）

| 月 日 | 畜ふん | 戻し堆肥 | 副資材 | 投入量合計 | 生産量 |
|--------|-------|------|------|-------|------|
| H15.1月 | 8.59 | 2.37 | - | 10.96 | 3.50 |
| 2月 | 12.45 | 2.67 | 0.37 | 15.49 | 6.30 |
| 3月 | 9.46 | 2.18 | 0.40 | 12.04 | 4.93 |
| 4月 | 9.25 | 2.00 | 0.63 | 11.88 | 4.91 |
| 5月 | 8.33 | 2.00 | 0.40 | 10.73 | 4.77 |
| 6月 | 9.08 | 2.00 | - | 11.08 | 4.42 |
| 7月 | 7.53 | 2.00 | 0.67 | 10.20 | 3.14 |
| 8月 | 8.09 | 2.00 | 0.50 | 10.59 | 2.91 |
| 9月 | 6.05 | 2.00 | - | 8.05 | 3.47 |
| 10月 | 6.84 | 2.00 | - | 8.84 | 2.60 |
| 11月 | 9.12 | 2.00 | - | 11.12 | 2.69 |
| 12月 | 10.23 | 2.00 | 0.44 | 12.23 | 2.97 |

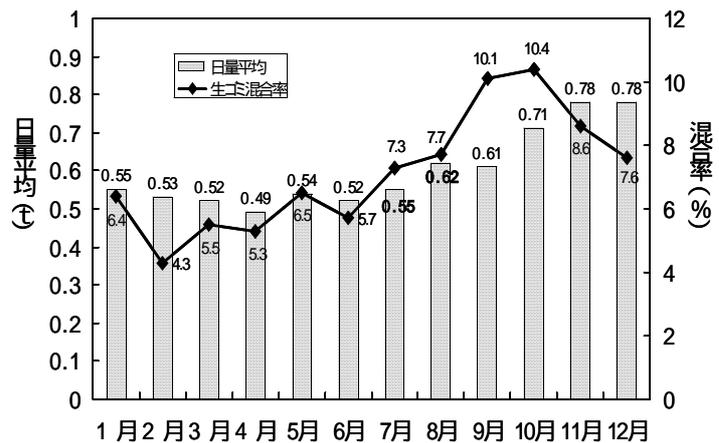


図2 生ゴミ投入量および生ゴミ混合率

4 調査項目および方法

投入量は、畜ふん、生ゴミ、副資材毎に毎日記録し、発酵温度は、平成15年1月から12月までをバイメタル温度計により図1に示す ~ 地点の1m深部を毎日10時から11時の間に測定した。

また、堆肥化過程の臭気発生状況は、 ~ および ~ 地点において、アンモニア、トリメチルアミン、硫化水素、メチルメルカプタン、アセトアルデヒドを検知管法により攪拌機上（堆肥直上1m）から隔週で測定した。

次に、堆肥成分は、臭気測定地点、投入物および生産物を臭気測定日に採材し、水分、有機物含量、灰分、全炭素(T-C)、全窒素(T-N)、リン(P)、カリ(K)、ナトリウム(Na)、カルシウム(Ca)およびマグネシウム(Mg)を分析した。なお、風乾物の水分は、105 で5時間乾燥後、デシケ - タ内で放冷後、秤量して求めた。有機物および灰分は強熱減量法、T-CおよびT-NはCNコ - ダ - 、Pはバナドモリブデン酸法により、その他の無機成分は、乾式灰化法による原子吸光分光光度法で分析測定した。

結 果

1 発酵温度の推移

回行型スク - プ式堆肥化施設の ~ 地点の平均発酵温度および最高発酵温度を月別に図3に示した。

平均発酵温度は、堆肥化の進行とともに低下し、生ゴミ投入口となっている ~ 地点よりも4、5

日経過した 地点が最も高くなる傾向を示し、 地点の年間平均は72 であった。

また、 地点から1ヶ月程度経過した 地点までは、概ね60 以上の高温で発酵が進行し、堆肥化過程の後半の ~ 地点では、 および 地点で再度発酵温度の上昇が認められたものの、緩やかに温度は低下し、概ね50 前後で安定していた。

なお、気温の最も低かった2月は、いずれの測定地点も平均発酵温度が低くなった。

次に最高発酵温度は、平均発酵温度と同様の傾向を示し、いずれの月も 地点が最も高くなり、最高で4月~6月に84 を記録した。また、1ヶ月程度経過した 地点までは、概ね70 以上の高温で発酵が進行した。

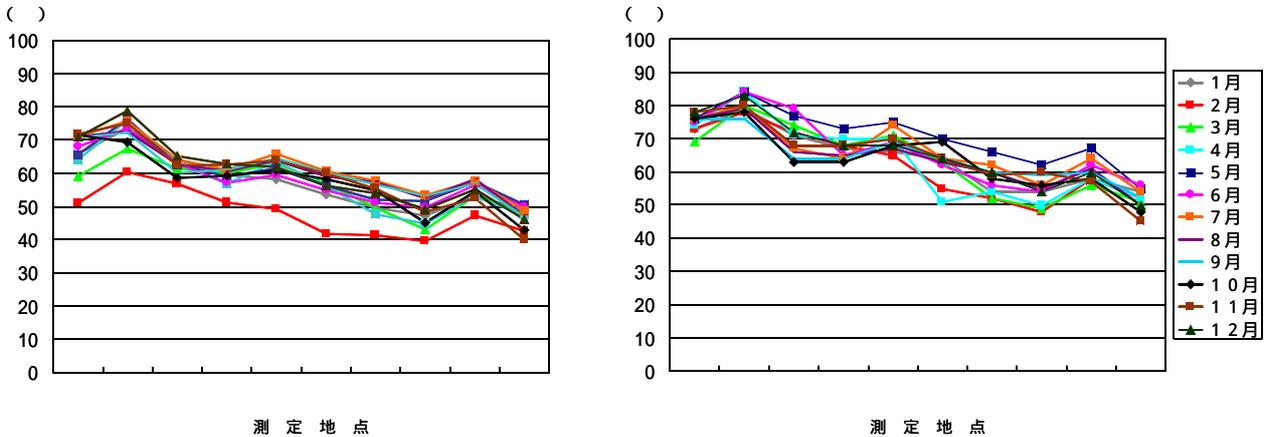


図3 発酵温度の推移 (左：平均発酵温度， 右：最高発酵温度)

2 臭気の発生状況

、 、 および 地点の発生臭気を測定したが、メチルメルカプタンとアセトアルデヒドについては検出限界以下であったため、アンモニア、トリメチルアミンおよび硫化水素の測定地点別の平均値を図4に示した。

3種類の臭気とも、堆肥化の進行に伴い減少する傾向を示し、アンモニアおよび硫化水素は、生ゴミ投入口の 地点で最も発生が多く、それぞれ175.2ppm、5.4ppmであった。一方、トリメチルアミンは、生ゴミの投入から3週間程度経過した 地点で最も多くの発生が見られ87.8ppmであった。

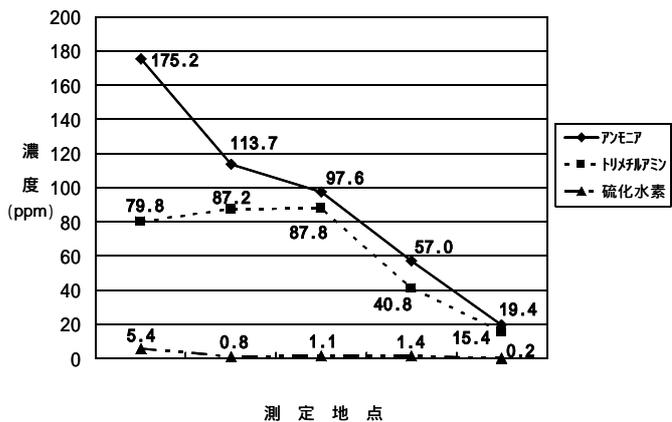


図4 臭気の発生状況

また、生ゴミ投入から1ヶ月程度経過した から 地点の区間について、3種類の臭気とも顕著な発生が認められたが、生ゴミ投入量の違いによる特徴的な傾向は見られなかった。

3 堆肥成分

堆肥化過程における肥料成分の推移について、投入物、各測定地点および生産物の水分、有機物含量、T-C、T-N、C/N比、5種類の無機成分の平均値を表2に示した。

水分含量は、投入物が71.3%で、生ゴミ投入口から約1ヶ月目の 地点までに12.6%減少し58.7%となり、最終的には生産物は50.7%であった。有機物含量およびT-Cは、ともに堆肥化の進行に伴って緩やかに減少し、生産物はそれぞれ74.1%、31.8%であった。T-Nについては、投入物から生産物に至るまで、大きな変化は見られず、最終的に生産物のC/N比は、20.69となった。

次に、無機成分については、ナトリウム以外の成分は堆肥化によって増加し、最終的にリン5.55%、カリ4.12%、ナトリウム0.53%、カルシウム2.44%、マグネシウム3.88%となった。特に、カリ、カルシウムおよびマグネシウムが、増加割合が大きく、生産物は投入物と比較して、1.5~1.6倍量の増加となった。

表2 堆肥成分の推移

(乾物中%)

| 区分 | 水分 | 有機物 | T-C | T-N | C/N比 | リン | カリ | ナトリウム | カルシウム | マグネシウム |
|-----|------|------|------|-----|-------|------|------|-------|-------|--------|
| 投入物 | 71.3 | 81.6 | 36.0 | 1.3 | 28.25 | 5.49 | 2.78 | 0.47 | 1.55 | 2.45 |
| | 64.8 | 77.5 | 34.8 | 1.5 | 23.02 | 5.39 | 3.54 | 0.52 | 1.97 | 3.26 |
| | 62.3 | 77.8 | 34.6 | 1.5 | 23.66 | 5.03 | 3.49 | 0.52 | 1.88 | 3.25 |
| | 62.6 | 77.8 | 34.8 | 1.5 | 23.88 | 5.47 | 3.63 | 0.53 | 1.93 | 3.34 |
| | 58.7 | 76.5 | 34.0 | 1.5 | 22.88 | 5.77 | 3.84 | 0.53 | 2.04 | 3.54 |
| | 54.7 | 75.9 | 32.9 | 1.5 | 21.89 | 5.50 | 4.01 | 0.54 | 2.23 | 3.76 |
| 生産物 | 50.7 | 74.1 | 31.8 | 1.6 | 20.69 | 5.55 | 4.12 | 0.53 | 2.44 | 3.88 |

考 察

1 発酵温度の推移

生ゴミ投入から1ヶ月程度は、平均発酵温度は概ね60℃以上、最高発酵温度も概ね70℃以上と高温で発酵が進行した。これは、0-157などの病原性大腸菌、クリプトスポリジウムなどの原虫および外来強害雑草種子を死滅させるのに十分な発酵温度が確保された⁸⁾。

また、生ゴミ投入の地点よりも4、5日経過した地点において、最も発酵温度が高くなったのは、生ゴミの種類によって異なるが、85~95%⁵⁾の高水分の生ゴミが、地点付近で、畜ふんと十分に混合され、水分含量と通気が最適な条件となったため、発酵温度が最も高くなったものと考えられた。

また、2月の平均発酵温度が最も低くなったのは、外気温が低かったことに加えて、畜ふんなど投入量が最も多く、攪拌を1日2回としたため、より外気温の影響を受けたものと考えられた。

なお、地点の発酵温度の上昇が再度見られたのは、～地点での攪拌・移送時に新鮮な投入物が混入した結果と考えられた。この地点は、堆肥排出口に近いので、生産物への未熟堆肥の混入が危惧されることから、生ゴミ投入付近では、発酵槽内への中仕切り設置などの施設の改善を考える必要がある。

2 臭気の発生状況

今回測定した5種類の臭気のうち検出された臭気は、いずれも地点で高濃度の発生が見られ、特にアンモニアがその傾向が強かった。アンモニアは、新鮮なふん尿中に存在するほか、嫌気分解時や発酵熱などの温度上昇とともに発生量が多くなる¹¹⁾。したがって、発酵温度は地点よりも地点が高温であったことから、地点で高濃度の発生が見られたのは、高水分の生ゴミ投入による通気性の悪化により嫌気状態になったものと考えられた。このことは、嫌気状態で著しく発生し⁴⁾、通常の牛ふんの堆肥化過程では検出されることない硫化水素が⁹⁾、地点で高濃度に発生していたことから重ねて示唆された。

なお、地点付近の通気時間を6時間から12時間の2倍に変更することで、変更直前ではアンモニア220ppm、トリメチルアミン160ppm、硫化水素1.5ppmであったが、変更直後にはアンモニア140ppm、トリメチルアミン80ppm、硫化水素1.0ppmまで低下し、臭気発生を一時的に抑えることができた。

したがって、生ゴミ投入から1ヶ月程度経過するまでは、高濃度に悪臭が発生し続けていたことから、この区間において重点的に投入量や通気性などの臭気対策を講じる必要がある。

3 堆肥成分

原田¹⁰⁾が解析した牛ふん・オガクズ堆肥の平均的な値は、水分57%、T-C37.0%、T-N1.9%、C/N比21であり、当センターの堆肥成分では、T-N以外は堆肥化の進行とともに減少し、生産物では、水分が51%、T-C31.8%、T-N1.6%、C/N比21となり、オガクズを副資材や敷き料として大量に使用しているにもかかわらず、C/N比は高くなく、また、生ゴミ混合による大きな成分の変動も見られなかった。また、当センター堆肥の有機物については、全国農業協同組合中央会が示した家畜ふん堆肥の品質基準(乾物当たり60%以上)以上¹⁰⁾の成分を確保することができた。

次に、堆肥成分のうち無機成分を見ると、ほとんどの成分が堆肥化に伴って増加しているが、特にカリ、マグネシウムでその傾向が大きかった。羽賀⁶⁾が示した牛ふん・オガクズ堆肥の無機成分は、リン1.79%、カリ1.96%、ナトリウム0.52%、カルシウム2.96%、マグネシウム0.7%であり、一方

で、当センタ - の生産物の無機成分では、リン、カリ、マグネシウムが2～5倍量の高い数値を示した。これは、リン、カリについては、投入畜ふんに若干量の豚ふん、鶏ふんおよび牛尿が混入していることによるものと考えられるが、マグネシウムについては、原因を特定することは困難であった。一般的に牛ふん堆肥は、肥料成分含量が低く、また土壌中での分解も遅いために、土壌改良資材としてみられている⁷⁾。しかしながら、スク - プ式堆肥化施設で生産された畜ふん・生ゴミ混合堆肥は、無機成分含量が比較的高く、土壌改良資材だけでなく肥料としての効果も期待できる。

また、いずれの堆肥成分も、季節や生ゴミの投入量の違いによって、大きく変動した値はなく、年間を通じて一般的な牛ふん・オガクズ堆肥と同程度以上の成分が確保された。

以上のことから、畜ふんに生ゴミを混合しても、牛ふん・オガクズ堆肥と同程度以上の成分を含有した混合堆肥を生産することが可能である。

しかしながら、安全で品質の安定した良質堆肥を供給し、有機資源による地域リサイクルシステムを構築するためには、今後更に、

- ・腐熟度が高く、流通過程や使用時に成分が不変的なものを製造する技術の検討。
- ・生ゴミ混合堆肥の施用にあたっての農作物及び公衆衛生上の安全性の検討。
- ・畜ふん・生ゴミの混合堆肥化の初期段階で、悪臭が高濃度に発生することから、簡易な臭気の捕集方法及び効果の高い脱臭方法の検討。
- ・農作物等に対する肥効性の調査による適正な施用方法の検討。
- ・地域有機資源リサイクルシステム確立のための推進。

などの製造及び利用技術について、調査・検討していく必要がある。

引用文献

- 1) バイオマス・ニッポン総合戦略：平成14年12月27日，閣議決定
- 2) 遠藤保雄：循環型社会への挑戦，84-89．
- 3) 古川陽一・光井武・白石誠・田原鈴子(1997)：家畜ふん利用による生ゴミの堆肥化．岡山総畜セ研報，8，57-60．
- 4) 公害対策技術同友会(1988)：悪臭防止技術マニュアル - 総集編 - ，25-36．
- 5) 松崎敏英：土と堆肥と有機物，144．
- 6) 農林水産省草地試験場(1983)：家畜ふん尿処理利用研究会資料，45-61．
- 7) 社団法人農山漁村文化協会(1995)：畜産環境対策大事典，119-125．
- 8) 堆肥化設計マニュアル(2000)：中央畜産会，15．
- 9) 横山郁代ら(1996)：悪臭防除試験(4)，岐阜県畜産試験場研究報告第22号，47-55．
- 10) 財団法人畜産環境整備機構(1998)：畜産環境アドバイザー養成研修会資料(家畜ふん尿処理・利用の手引き)，57-63．
- 11) 財団法人畜産環境整備機構(1998)：畜産環境アドバイザー養成研修会資料(家畜ふん尿処理・利用の手引き)，79．