

# 大腸菌死滅を目的とした間欠通気による牛糞の高温発酵堆肥化

誌名	大阪府立農林技術センター研究報告 = Bulletin of Osaka Prefectural Agricultural and Forestry Research Center
ISSN	03888592
巻/号	35
掲載ページ	p. 60-63
発行年月	1999年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 大腸菌死滅を目的とした間欠通気による牛糞の高温発酵堆肥化

森 達摩・崎元道男

## A High Temperature-composting of Cattle Feces by Intermittent Aeration for Heat Killing of *Escherihia coli*

Tatsuma MORI and Michio SAKIMOTO

### Summary

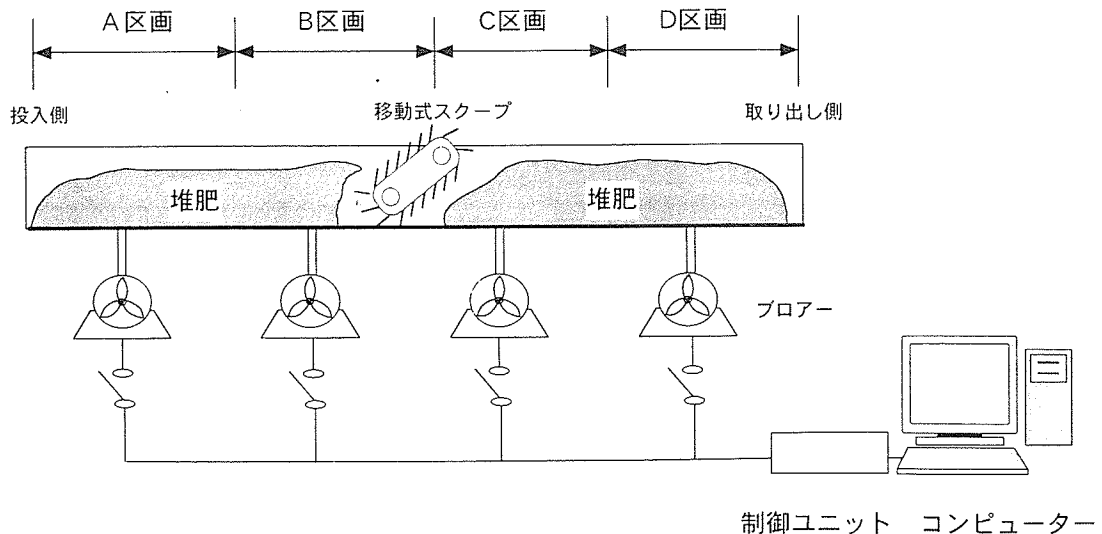
A blower control system that could adjusted amount of aeration by intermittent operation for a composting was developed. The system enables to avoid an excessive or a short air supply during composting. When cattle feces were composted under the system, fermentation temperature rose rapidly over 75°C and maintained over 60°C until 30 days of the fermentation. *Escherihia coli* in the feces were killed within 24 hours and were not detected throughout the period.

### I. はじめに

腸管出血性大腸菌O157は、ヒトに感染すると重篤な症状を引き起こす<sup>7)</sup>。その感染源は家畜糞に起因することが多いため<sup>5)</sup>、堆肥センターにおいては、O157に汚染された糞が搬入された場合の作業員への安全性が懸念されている。O157は熱に弱く、68.5°Cでは数分で死滅することが知られている<sup>6)</sup>。そのため、堆肥化処理においては、発酵温度を急速に立ち上げ、しかも高温を

維持することが安全性を確保する上で重要である。

発酵温度を上昇させるためには、強制通気が有効な手段であることは知られている<sup>3)</sup>。ところが、大量の酸素を必要としない発酵中期から後期においては、過剰な通気によって温度の低下をかえって招いてしまうことがある。そこで、ブローアを間欠運転することによって堆肥化過程に合わせて空気量を調整し、発酵温度を急速に立ち上げて大腸菌を早期に死滅させ、中～後期でも高温を維持することができる通気システムについて検討した。



第1図 発酵槽の構造およびブローアの設置

## II. 材料および方法

### 1. 堆肥施設の概要と発酵促進用ブロアーの設置

長さ68m, 幅4m, 堆積高1.8mのコンクリート製一次発酵槽(屋根付き)を試験に用いた。この発酵槽は、移動式スクープ(かき上げ能力; 幅4m×深さ1.8m, 1日6時間稼働時の堆肥の送り幅2m)によって堆肥をかき上げて送り、30日間かけて発酵させる方式である(第1図)。1日に肥育肉牛1,434頭分(11農家)の糞約3.5tが搬入されている。前処理として、糞に1.2tの完熟堆肥(一次発酵後、さらに40日間堆積させ完熟させたもの)を混合し、水分を65%程度に調整している。水分を調整した糞は(容量12.7m<sup>3</sup>)、1日1回、一次発酵槽に投入され、発酵処理されている。

発酵促進用ブロアーは、次のように設置した。発酵槽の17m毎(AからDの4区画、A区画は発酵0日から7日目、B区画は発酵8日から15日目、C区画は発酵16日から23日目、D区画は発酵24日から30日目に相当)にブロアー(通気能力9.3m<sup>3</sup>/分, 0.6kw)をそれぞれ設置した。エアーを送るため、100φのトリカルパイプを1区画当たり4本配列し、その上部に粗殻を敷き詰めた(厚さ10cm)。各ブロアーは、間欠運転サイクルをコンピューターによって制御した。1区画のブロアーの通気量は、堆肥m<sup>3</sup>当たり80ℓ/分であった。

### 2. ブロアーの間欠通気サイクル設定試験

発酵温度を急速に立ちあげ、高温を維持するためのブロアーの間欠運転サイクルを検討した。ブロアーの通気時間は、50分(1日総通気時間, 12.5時間)、20分(1日総通気時間, 7時間)および10分(1日総通気時間, 4時間)の3種類の通気時間に設定し、停止時間をそれぞれ50分間とし、通気-停止を繰り返し、間欠運転を行った。比較のために連続通気も行い、それぞれの通気条件における発酵温度を比較した。発酵温度の測定は、堆肥表面から30cm下部で行い、水銀温度計を用いた。

### 3. 間欠通気による堆肥化処理中の糞の大腸菌および大腸菌群の消長検査

前述の間欠通気サイクル設定試験の結果から、A区画のブロアーの通気サイクルを50分通気-50分停止条件に設定し、その他の3区画は、20分通気-50分停止条件に設定した。この制御条件下で堆肥化処理を行った場合の発酵温度および堆肥中の大腸菌と大腸菌群の消長を調べた。測定は、発酵0日、1日、2日、4日、6日、10日、20日および30日目の堆肥について行った。比較のため、全区画の通気サイクルを20分通気-50分停止条件に設定した場合についても同様に測定した。

堆肥中の大腸菌および大腸菌群の検査は、次のように行った。堆肥約1kgを滅菌したビニル袋に採取し、室温で30分間放置した。以後の操作は、全て無菌的に行った。放置後、採取した堆肥3gをプロメディアXMプロス(株式会社エルメックス, 東京)を27ml入れた滅菌済み培養フラスコに入れ、10分間よく振盪し、これを10倍希釈サンプル液とした。次に10倍希釈サンプル液1mlを9mlの滅菌0.85%食塩水に入れよく攪拌し、これを10<sup>2</sup>倍希釈サンプル液とした。同様の操作で10<sup>3</sup>から10<sup>9</sup>倍希釈サンプル液を順次作製した。10倍希釈サンプル液は、培養フラスコに綿栓をし、そのまま培養した。10<sup>2</sup>から10<sup>9</sup>倍希釈サンプル液については、それぞれ1mlを9mlのプロメディアXMプロス入りの試験管3本に接種し、培養した。培養は、37℃で24時間行った。24時間後、菌の増殖が認められ、かつ、培養液が青変したもの(β-ガラクトシターゼ陽性)を大腸菌群陽性とし、さらに、紫外線照射(366nm)によって蛍光を発するもの(β-グルクロニターゼ陽性)を大腸菌陽性とした。24時間培養後に菌の増殖の見られないものは、さらに24時間培養し、同様に判定した。菌数は、3段階希釈における陽性試験管数から求めた最確数(3-3-3法)で表した<sup>4)</sup>。

実験は3回繰り返し、通気サイクルの違いが発酵温度、大腸菌数、大腸菌群数に与える影響は、分散分析によって統計学的に解析した。

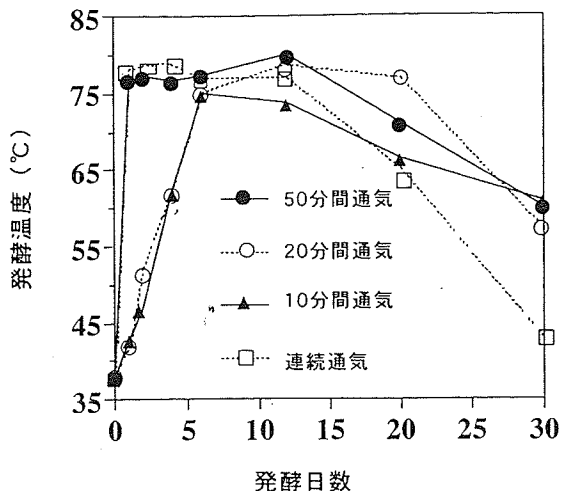
## III. 結果および考察

### 1. ブロアーの間欠通気サイクル設定試験

ブロアーの間欠通気サイクルの違いによる発酵温度の変化を第2図に示す。連続通気および50分間通気条件では、発酵温度は1日で急速に立ち上がり、75℃以上に達した。12日目においても発酵温度は75℃以上を維持した。50分間通気条件では、20日目においても70℃以上を維持し、30日目においても60℃を維持した。しかし、連続通気条件では、温度の低下は50分間通気条件より激しく、20日目には65℃に低下し、30日目には45℃まで低下した。

一方、20分間通気条件および10分間通気条件では、発酵温度の急速な立ち上がりはみられず、70℃に達するのに6日を要した。20分間通気条件では、6日目以降高温を維持し、20日目においても75℃以上を維持した。30日目における温度は、50分通気条件とほぼ同じであった。10分間通気条件では、75℃以上には達しなかった。

これらの結果から、発酵温度を急速に立ち上げるためには、50分間通気条件が最適であり、発酵中期から後期にかけては20分間通気条件が最適であると考えられた。



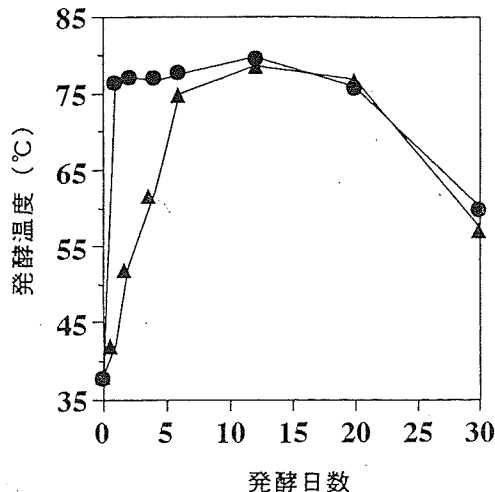
第2図 ブローアの間欠通気サイクルの違いによる発酵温度の変化

50分通気-50分停止サイクル (●), 20分通気-50分停止サイクル (○), 10分通気-50分停止サイクル (▲) でブローアを間欠運転した。比較のため、連続通気 (□) も行った。

2. 発酵日数にあわせて間欠通気を行った場合の発酵温度の変化

ブローアの間欠通気サイクル設定試験の結果を基にして、50分間通気-50分間停止条件でA区画のブローアを制御し、BからC区画は20分間通気-50分間停止条件で堆肥化を行った。この時の発酵温度の変化を第3図に示す。この条件では、1日目に発酵温度は急速に立ち上がり、76.8°Cに達した。75°C以上の状態は20日目まで維持された。それ以降、温度は徐々に低下したが、30日目においても60.1°Cを維持した。

一方、全区画を20分間通気条件に設定した場合は、発酵温度が75°C以上に達するのに6日を要した。それ以降の発酵温度は、50分間通気条件での同時期とはほぼ同じであった。この結果から、大量の酸素が必要な発酵初期においては50分間通気条件に設定し、以降は20分間通気条



第3図 間欠通気によって通気量を調整した場合の発酵温度の変化

発酵0日から7日目は、50分通気-50分停止サイクル、以後20分通気-50分停止サイクルで間欠通気した (●)、対照は、発酵期間中20分通気-50分停止サイクルで間欠通気した (▲)

件に設定すれば、温度の立ち上がりが早く、しかも高温を持続できることが明らかになった。

堆肥中の大腸菌および大腸菌群数の変化を第1表に示す。発酵初期に50分間通気、以後20分通気条件では、発酵温度が75°C以上に上昇した1日目に大腸菌および大腸菌群数は検出限界以下になり、それ以降も検出されなかった。

一方、全区画を20分間通気条件に設定した場合は、発酵温度が62°Cに上昇した4日目においても大腸菌および大腸菌群が検出された。それ以降、大腸菌および大腸菌群とも検出されなくなったが、30日目の堆肥からは大腸菌群が再び検出された。30日目の堆肥から大腸菌群が検出されたのは3回試験を行ったうちの1回だけであった。この時の発酵温度は56.6°Cであり、他の2回の試験における温度が57.6°Cおよび57.7°Cであったのに比べ、やや

第1表 間欠通気によって通気量を調整した場合の堆肥中の大腸菌数および大腸菌群数の変化

発酵日数	大腸菌数 (個/g)		大腸菌群数 (個/g)	
	通気量調整 <sup>A</sup>	対照 <sup>B</sup>	通気量調整 <sup>A</sup>	対照 <sup>B</sup>
0日目	6.5×10 <sup>6</sup>	6.5×10 <sup>6</sup>	1.02×10 <sup>7</sup>	1.0×10 <sup>7</sup>
1日目	N.D.	5.8×10 <sup>5</sup>	N.D.	6.5×10 <sup>6</sup>
2日目	N.D.	1.5×10 <sup>3</sup>	N.D.	2.8×10 <sup>4</sup>
4日目	N.D.	1.5×10 <sup>1</sup>	N.D.	1.5×10 <sup>1</sup>
6日目	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
12日目	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
20日目	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
30日目	N.D.	N.D.	N.D.	2.8×10 <sup>2</sup>

A; 発酵0~7日目に50分通気-50分停止サイクル、以後20分通気-50分停止サイクルで間欠通気した。

B; 発酵期間中50分通気-50分停止サイクルで間欠通気した。数値は3回の試験の平均値を表す。

N.D.; 検出限界以下。

低かった。堆肥の発酵温度が低下すると再び大腸菌群が検出されることは既に報告されている<sup>1, 2)</sup>。今回の試験の結果から、おそらく堆肥温を57℃以上に維持していれば、大腸菌群の再増殖は防げるものと考えられる。50分間通気条件での30日目の発酵温度は60.1℃であり、大腸菌群の再増殖が阻止できたものと考えられる。

今回の試験では、発酵槽を発酵日数によって区画してブローアを設置し、発酵温度を急速に立ち上げるためのブローアの制御と高温を維持するための制御を別々に行った。この制御システムは発酵温度の立ち上がりが高く、しかも、間欠通気により過剰な通気を是正することによって発酵後期にかけても高温を持続できることがわかった。このことによって、牛糞中の大腸菌を早期に死滅させ、しかも再増殖も防げることが明らかになった。この制御システムは、ブローアの通気-停止サイクルをコンピュータで制御することによって、高温発酵を容易にできるシステムであり、調整弁やインバーター等の機器を用いて通気量を調整する方法と比べ、管理が簡単で、設備費がかからないメリットがある。

#### IV. 摘要

ブローアを間欠運転することによって通気量を調整する牛糞発酵槽の通気制御システムを開発した。このシステムによって、堆肥化過程において発生する通気量の過不足を是正できる。このシステムで牛糞を発酵堆肥化したところ、発酵温度は1日目に75℃以上に急速に立ち上がり、30日目においても60℃以上に維持することができた。発酵処理によって牛糞の大腸菌は24時間以内に死滅し、発酵終了時においても検出されなかった。

#### V. 謝辞

この論文の内容の一部は、平成9年度の依頼試験（依頼者；株式会社モリプラント、大阪市阿倍野区昭和町2丁目3番3号）の結果に基づくものである。結果の公表にあたり、株式会社モリプラントの関係各位に感謝いたします。

#### VI. 引用文献

- 1) Carroll, E. J. and Jasper, D. E. (1978). Distribution of enterobacteriaceae in recycled manure bedding on california dairies. *J. Dairy Sci.* 61. 1498-1508.
- 2) Mote, C.R. (1988). Survival of coliform bacteria in static compost piles of dairy waste solids intended for freestall bedding. *J. Dairy Sci.* 71, 1676-1681.
- 3) 中山隆司・森本善明・中井貞夫 (1985). 家畜ふん尿の省力的な処理技術に関する試験 (第3報) : 豚舎内ふん尿混合発酵処理における発酵堆肥再利用技術. 兵庫県畜産試験場研究報告. 22:130-136.
- 4) 日本下水道協会 (1974). 下水試験方法. 日本下水道協会. 248-255.
- 5) 仁科徳啓・品川邦汎 (1996). 家畜および食肉におけるVero毒素産生性大腸菌汚染. 臨床と微生物. 23 (臨時増刊) : 835-842.
- 6) 大阪府獣医師会 (1996). 「O-157関連」資料. 大阪府獣医師会. 26-27.
- 7) 山本達男 (1996). 臨床と微生物. 病原性大腸菌 O157とは. 23 (臨時増刊) : 781-784.