



Title	乳牛ふん尿の液肥利用を目的とした固液分離併用型好気性発酵〔論文内容及び審査の要旨〕
Author(s)	山下, 善道
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11831号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58616
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshimichi_Yamashita_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士 (農学)

氏 名 山 下 善 道

学 位 論 文 題 名

乳牛ふん尿の液肥利用を目的とした固液分離併用型好気性発酵

日本では年間 8295 万トンもの家畜ふん尿が発生している。このうち乳牛ふん尿の発生量は約 2400 万トンであり、北海道では約 1340 万トン発生している。乳牛ふん尿は含水率が高く、堆肥化には水分調整用としての大量の副資材と長い堆肥化期間が必要となる。また、酪農経営の大規模化に伴い、つなぎ飼育方式に比べ敷き料使用量が少ないフリーストール牛舎が導入され、高水分なスラリー状、セミソリッド状のふん尿が排出される傾向にある。高水分な有機性廃棄物の堆肥化以外の処理方法として液肥化処理があげられるが、北海道を含め全国で曝気処理などを行わない貯留がほとんどであり、メタン発酵や従来の肥培かんがい施設（曝気処理による好気性発酵）は少ない。また、乳牛ふん尿を機械的に固液分離するものは少なく、生産される液肥は夾雑物を多く含むため、そのほとんどが牧草地などの畜産分野に限定されている。また、近年のバイオマスイエネギーとの競合による敷き料の高騰、および化学肥料の高騰という情勢からも畜産分野以外での利用、即ち農園芸分野で利用可能な肥料、特に利用が遅れている液肥を生産する必要がある。これらの問題を解決するために、農園芸での利用、特に直径 0.5 mm の点滴孔を通り、灌水同時施肥に使用できる液肥を作成することを目的に、乳牛ふん尿を機械的に固液分離し、固形分は堆肥化を行い、搾汁液は好気性発酵による液肥化を行う新しいシステムを構築した。本研究の目的は、乳牛ふん尿を固液分離し、固形分および搾汁液の物質収支およびその物理特性、および液肥化プロセスを明らかにし、作成した液肥の灌水同時施肥栽培での利用可能性を明らかにすることである。

第 2 章では、乳牛ふん尿を機械的に圧搾分離する際に、背圧を操作した際の固液分離特性と、固液分離後固形分ならびに搾汁液の性状について調査した。また、固液分離を用いた堆肥化・液肥化システムを導入する上で固液分離前後の質量収支および、分離後材料の物性を明らかにすることは極めて重要であるため、固液分離前後の物質収支に加え、固液分離機時の背圧操作による乳牛ふん尿の物性の変化を検討した。

背圧を変えて固液分離することで、固形分と液分の流量比がおおよそ 5 : 5 ~ 3 : 7 で排出された。また、背圧を高めることにより搾汁液が増加した。分離効率などから流量比変化の要因を検討した結果、水分の移動が主に影響しており、乾物の移動割合は小さいことがわかった。既往研究では、原料含水率と分離後固形分含水率には相関があることが認められていたが、本研究では背圧を変化させることで異なる含水率の固形分を製造できることが示唆され、搾汁液の液肥生産量の設計に資すると考えられた。

分離後固形分は堆肥材料として適切と考えられる含水率 70 % に脱水でき、かさ密度も平均 265 kg・m⁻³ と、既存の水分調整材を用いた堆肥材料と比較すると極めて低く空気の通りやすい堆肥化に適した材料が作成できた。また、易分解性有機物の割合が 37.7 % と通常の堆肥化材料と近い値を示した。一方、搾汁液は背圧を上げるにつれ乾物量はわずかながら増加し、TS 6 ~ 7 % DM であった。また、乾物中の有機物量 VM は主に易分解性有機物であり、C/N も低いことから窒素成分の多くが搾汁液側へ移動したことが確認された。これにより、搾汁液の曝気による好気性発酵を始めとした微生物分解をするうえで、機械的に固液分離することが効果的であることが示唆された。

第 3 章では、固液分離後の固形分を堆肥として利用するために、背圧操作をして含水率を変化させた固形分の堆肥化一次発酵過程を明らかにすることを目的に行った。堆肥化反応に大きく関

わる水分、かさ密度、有機物分解とその組成、温度の経時変化に基づいて検討した。

背圧を変えることにより含水率 70 %前後の堆肥材料が得られた。固液分離した堆肥は含水率 76 %のような条件であってもかさ密度が低いことから通気性が良く、堆肥温度も 70℃前後まで上昇した。また、堆肥パイルの質量が 200 kg 前後と十分にあれば 60～70 °C の品温を保つことができ、有機物分解率は約 50 %に到達できた。このため、固液分離した堆肥はそのまま堆積し、適宜切り返すだけで十分に堆肥化が行え、雑草の種子や病原菌などの衛生面も問題ないと考えられる。また、固液分離した堆肥は易解性有機物の割合が 350 mg/gDM 前後と低いことから、堆肥化期間を短縮できる可能性が示唆された。

第 4 章では、乳牛ふん尿を固液分離して得られた搾汁液を、2 つの発酵槽にて連続的に曝気処理を行い、液肥化プロセスの検討を行った。一般的に搾汁液は曝気時に著しく発泡し、操作に支障を来することが多いため、消泡機やオイル添加で発泡抑制し曝気処理を行っている。さらに搾汁液は粘性が高く、酸素供給効率の低さも課題である。そこでオイル添加無しで消泡し、かつ効率的な酸素供給を図るため、以下の方法を考案した。即ち、好気性処理済み搾汁液と新鮮な搾汁液との混合による発泡抑制、ブロワーや曝気レータといった曝気装置と循環ポンプの組み合わせによる十分な酸素供給、そして搾汁液の霧化散布による発泡抑制と酸素供給を同時に行う方法である。その結果、発酵槽では従来の曝気処理に用いる曝気量の 10 倍にあたる、単位体積当たり 1000 m³ 以上の曝気を行うことができた。また、発酵槽で処理された搾汁液は最大で約 20 %の有機物分解が行われ臭気も減少し、牧草地へ表面散布が可能な性状であった。その後、半年間の貯留および間欠通気を 160 m³ 前後で行うことで TS2 %DM 以下の有機液肥を作成できることが明らかになった。

第 5 章では第 4 章で作成した有機液肥について、含まれる夾雑物の大きさおよびその量について従来方法による液肥との比較を行った。また、実際に灌水チューブ式養液土耕栽培システムに有機液肥を用いて、キュウリの栽培を行い、ふん尿搾汁液肥の灌水同時施肥への利用可能性と化学肥料の代替可能性を検討した。

ふん尿搾汁液肥は従来の肥培かんがい施設の液肥に比べて夾雑物が少なく、夾雑物の大きさも直径 0.5 mm の灌水チューブの点滴孔以下であった。これは、機械的に固液分離したことにより、後に十分に微生物分解が行われたことが原因であると考えられた。実際にキュウリの灌水同時施肥栽培に用いた結果、2 ヶ月間チューブの目詰まりを起こすことなく順調にシステムを運用できた。また、化学肥料区と収量において差が無く、化学肥料の代替に使用できることがわかった。

本研究論文によって、乳牛ふん尿を原料とし灌水同時施肥に用いることができる有機液肥の性状が明らかになり、その作成過程において必要な固液分離操作に関する特性を明らかにした。また、乳牛ふん尿由来の液肥が持つ、肥料成分が比較的少ないこと、基肥として一度に施用すると水分過多になってしまうこと、液状であるため堆肥に比べ散布が困難であることは灌水同時施肥に用いることで解決されうる。他の農園芸分野、たとえば花卉栽培時の液肥散布や、果樹園などでの利用が行われれば、畜産分野以外への出口が広がり、適切な家畜排せつ物管理に資すると考えられる。