

## 神奈川県内の酪農家における牛ふん堆肥化施設での塩類と重金属の動態

田邊眞・川村英輔・倉田直亮

Studies on Movement of Salts and Heavy Metals at the Animal Waste Composting Facilities  
in the Dairy Farm in Kanagawa Prefecture

Makoto TANABE, Eisuke KAWAMURA and Naosuke KURATA

家畜ふん堆肥化施設における環境負荷物質の環境への流出を把握するため、県内酪農家において堆肥化過程での塩類（K、Na、Mg）および重金属（Cu、Zn）の動態を調査した。

調査した 12 施設のうち、施設内に雨水の浸入が防止できている 10 施設では、堆肥化が進んでも灰分に対する塩類や重金属成分の割合は一定で、堆肥化施設内に保持されていた。

一方、施設内に雨水が浸入する可能性があった残りの 2 施設では、堆肥化が進むにつれて 1 施設では塩類と重金属成分の割合の減少が、他の 1 施設では塩類成分の割合の減少がみられた。

堆肥中の塩類は水で高率に抽出されたことから、堆肥化過程において塩類が雨水により施設外に流出したと考えられた。

キーワード：牛ふん、堆肥化、塩類、重金属、水抽出

近年、家畜排せつ物の不適切な管理が悪臭や水質汚濁などの環境汚染の原因となっていると指摘されている<sup>1)</sup>。また、家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）が 1999 年 11 月に施行され、畜産農家は家畜排せつ物を適正に管理することが求められている。

家畜排せつ物を適正に管理し、環境負荷を低減させるためにも、家畜ふん堆肥化過程における物質収支を把握する必要があるが、このような報告は少ない<sup>2) 3)</sup>。

本研究では、環境負荷物質である塩類及び重金属の環境への流出状況を把握するため、県内酪農家において堆肥化過程における塩類や重金属の動態を調査した。

### 材料及び方法

#### 1. 調査施設

調査は、県内の酪農家 12 戸に設置されている牛ふん堆肥化施設 12 ヶ所で行った。酪農家の飼養頭数は 10～120 頭であった。これらの酪農家で

は、牛ふんをロータリー式攪拌装置を備えた発酵乾燥ハウスで一次処理した後、堆積型堆肥化施設で堆肥化を行っていた。

調査した施設のうち、ふん尿混合物を処理している施設は 1 ヶ所であった。堆肥化調整資材を使用している施設は 4 ヶ所で、おがくず、もみがら、そばがら、コーヒークず、カカオカすを使用していた。

また 12 ヶ所の施設のうち、10 ヶ所の施設では堆積型堆肥化施設内に雨水の浸入が防止できている構造であったが、2 ヶ所の施設では雨水浸入防止策が不十分で堆肥はその堆肥化過程で雨水に暴露される構造であった。

#### 2. 分析試料

試料は、①発酵乾燥ハウスで堆肥化処理を行う牛ふんあるいは牛ふんと堆肥化調整資材の混合物（以下、牛ふん）、②発酵乾燥ハウスで処理した直後の堆肥（以下、堆肥 1）、③堆積型堆肥化発酵施設での堆積期間が 1 ヶ月未満の堆肥（以下、堆肥 2）、④堆積型堆肥化発酵施設での堆積期間

が1ヶ月以上の堆肥（以下、堆肥3）の計4種類とした。試料の採材は、2000年5月～6月に実施した。

### 3. 分析・測定方法

試料の採材時に試料の温度を測定した。試料は風乾した後、粉碎して分析材料とした。分析項目は、水分、灰分、pH、塩類としてナトリウム（Na）、カリウム（K）、マグネシウム（Mg）、重金属として銅（Cu）と亜鉛（Zn）を肥料分析法<sup>4)</sup>に準じて分析した。

堆肥から塩類や重金属成分の抽出には、堆肥に5倍重量の蒸留水（塩類）あるいは0.1M塩酸（重金属）を加えて1時間振とうを行い、ろ液を検体とした。

## 結 果

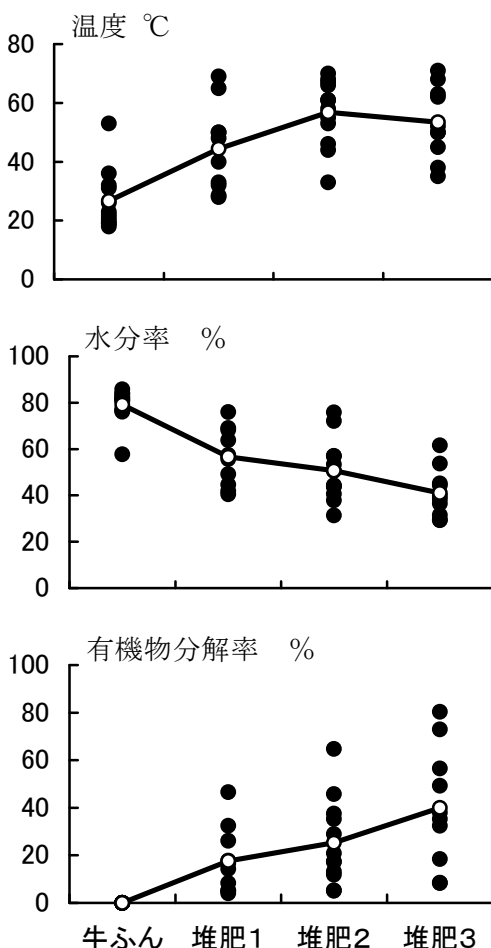


図1 堆肥化過程における家畜ふんの物性の変化  
 上段；温度、中段；水分率  
 下段；有機物分解率  
 （太線白丸は平均値）

### 1. 堆肥化状況

調査した堆肥化施設における牛ふんの堆肥化状況を図1に示した。温度は、平均で牛ふんが26.7℃、堆肥1が44.4℃、堆肥2が56.8℃と堆肥化が進むにつれ上昇した。堆肥3では53.4℃と温度はやや低下した。最高温度は、12施設すべてで50℃を超えていた。

水分率は、牛ふんが79.1%、堆肥1が56.6%、堆肥2が50.7%、堆肥3が41.0%と堆肥化が進むにつれて低下した。

有機物分解率は、堆肥1が17.6%、堆肥2が25.3%、堆肥3が40.0%と堆肥化が進むにつれて上昇した。なお、有機物の分解程度は処理施設によりかなり差がみられ、特に堆肥3の有機物分解率は8.3～80.3%とばらついていた。

### 2. 塩類の動態

家畜ふんの堆肥化過程では、ふん中の水分は蒸発し有機物は微生物により分解されるため、堆肥化が進むにつれて水分量や有機物量は一般に減少する。一方、堆肥化過程において灰分はほとんどその量は変化しない。このことを利用して、堆肥化過程における塩類成分の変化を灰分に対する割合で比較した。

施設内に雨水の浸入が防止できる構造であった10ヶ所の堆積型堆肥化施設（施設1～10）における塩類成分の変化を図2に示した。Kの割合は平均で堆肥1が13.2%、堆肥2が12.0%、堆肥3が13.4%、Naの割合は堆肥1が1.6%、堆肥2が2.1%、堆肥3が1.7%、Mgの割合は堆肥1が4.0%、堆肥2が3.6%、堆肥3が3.7%であった。

10ヶ所の施設ごとの変化を図2の細線で示したが、堆肥化が進んでも塩類の割合に大きな変化はみられずほぼ一定であった。このことから、施設1～10では、塩類成分は堆肥化過程の間、堆肥化処理施設内に保持されていることが明らかになった。

一方、雨水浸入防止策が不十分であった2ヶ所の施設（施設11、施設12）では、堆肥化が進むにつれて塩類の割合が減少した（図3）。特に堆肥2から堆肥3にかけてKとNaの割合に顕著な減少がみられた。Kの割合は施設11では堆肥2の13.6%が堆肥3で4.8%に、施設12では堆肥2の13.6%が堆肥3で9.6%となった。Naの割合は施設11では堆肥2の2.7%が堆肥3で0.9%に、施設12では堆肥2の1.8%が堆肥3で1.0%となった。Mgの割合は堆肥化が進むにつれ徐々に割合が低下した。

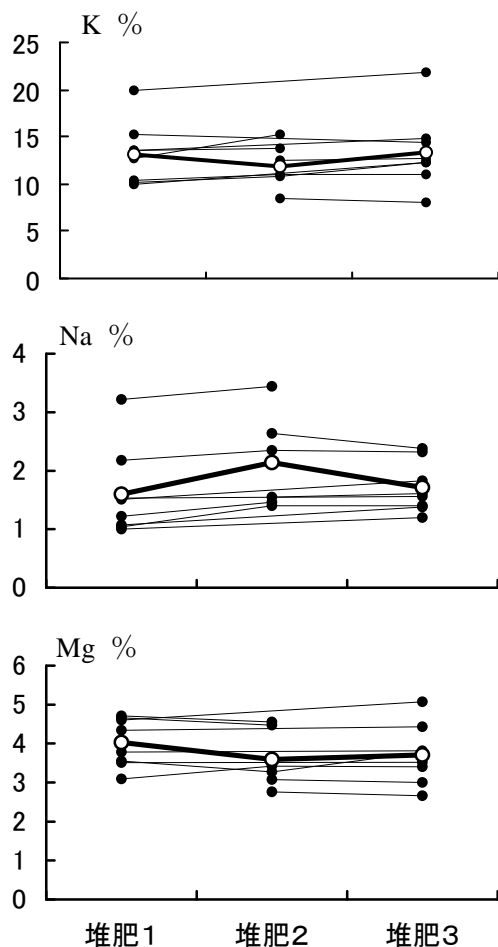


図2 堆肥化過程における堆肥中の塩類の灰分に対する割合の変化  
(施設 1~10)  
上段 ; K、中段 ; Na、下段 ; Mg  
(太線白丸は平均値)

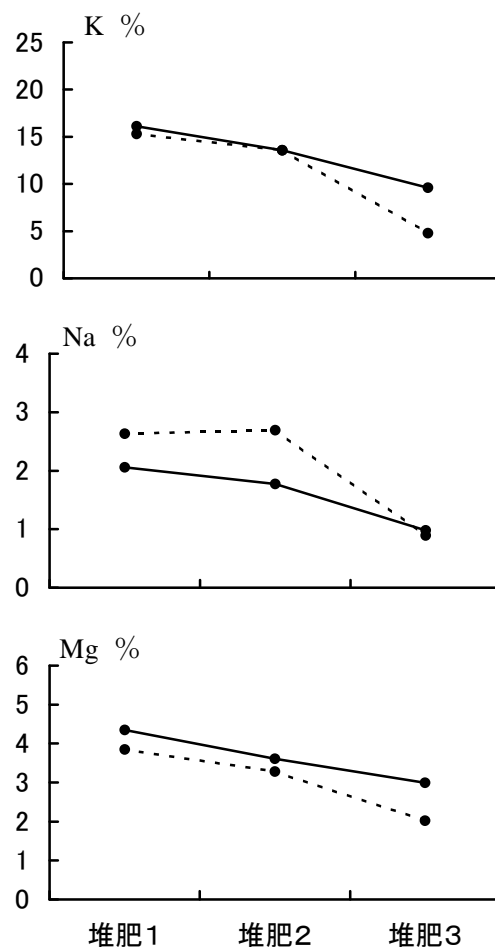


図3 堆肥化過程における堆肥中の塩類の灰分に対する割合の変化  
(施設 11 : 点線、施設 12 : 実線)  
上段 ; K、中段 ; Na、下段 ; Mg

### 3. 重金属の動態

施設 1~10 における灰分に対する Cu 及び Zn の割合を図 4 に示した。Cu の割合は、平均で堆肥 1 が 0.018%、堆肥 2 が 0.015%、堆肥 3 が 0.020%、Zn の割合は堆肥 1 が 0.080%、堆肥 2 が 0.070%、堆肥 3 が 0.080%であった。施設ごとの変化を図 5 の細線で示したが、堆肥化が進んでも Cu や Zn の割合に変化はみられず一定であった。このことから、堆肥化過程において Cu 及び Zn 成分は、堆肥化施設内に保持されていることが明らかになった。

図 5 には施設 11 と施設 12 における Cu 及び Zn の割合を示した。施設 11 (図 6 の点線) では、塩類と同様に堆肥化が進むにつれて Cu 及び Zn の割合は減少した。Cu の割合は、堆肥 1 が 0.09%、堆肥 2 が 0.07%、堆肥 3 が 0.06%、Zn の割合は堆肥 1 が 0.13%、堆肥 2 が 0.12%、堆肥 3

が 0.05%となった。特に堆肥 2 から堆肥 3 にかけて Zn の減少が顕著であった。一方、施設 12 (図 6 の実線) では施設 11 とは異なり堆肥化が進んでも Cu 及び Zn の割合の減少はみられなかった。

### 4. 水抽出による塩類、重金属成分の抽出

堆肥から水抽出により塩類及び重金属の抽出を行ったところ、抽出率は K が 105.6%、Na が 105.5%と極めて高かった (図 6)。一方、Mg の抽出率は、17.5%で中程度であった。Cu と Zn の抽出率は、それぞれ 2.8%、2.5%と低かった。

堆肥化が進むにつれて Mg の抽出率は低下し、堆肥 1 が 26.2%、堆肥 2 が 15.9%、堆肥 3 が 8.4%となった (図 7)。Mg 以外の塩類や Cu、Zn については、堆肥化の進み具合による抽出率の差はみられなかった。

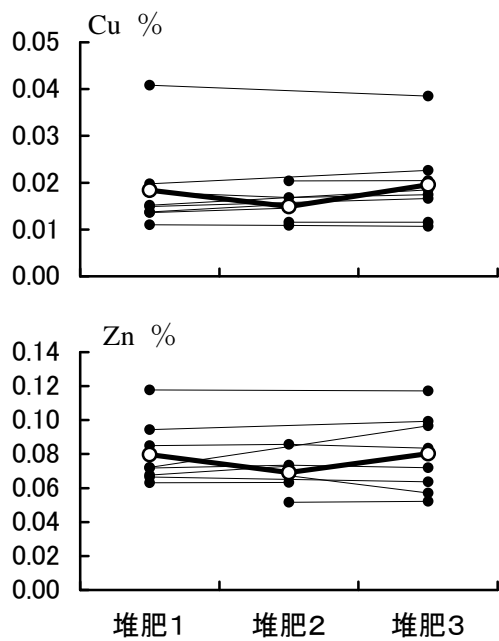


図4 堆肥化過程における堆肥中の重金属の灰分に対する割合の変化  
(施設 1~10)  
上段 ; Cu、下段 ; Zn  
(太線白丸は平均値)

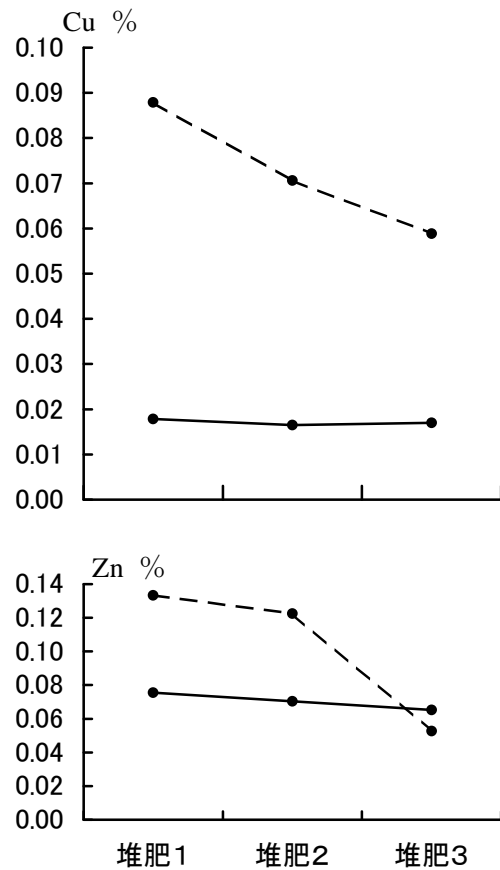


図5 灰分に対する重金属の割合の変化  
(施設 11 : 点線、施設 12 : 実線)  
上段 ; Cu、下段 ; Zn

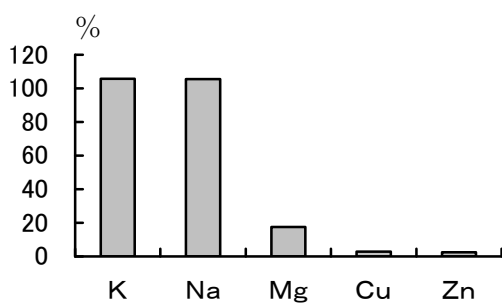


図6 水抽出における堆肥中の塩類及び重金属成分の抽出率

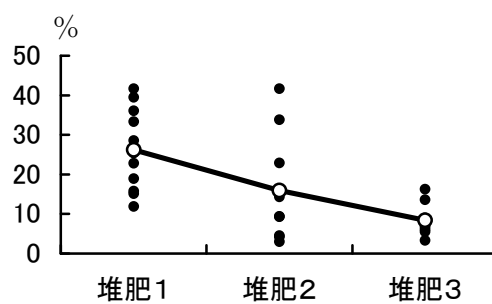


図7 水抽出による堆肥中のマグネシウムの抽出率の変化  
(太線白丸は平均値)

## 考 察

今回の調査から、堆積型堆肥化施設内に雨水の浸入が防止できている構造の 10 ヶ所の施設では、堆肥中の塩類や重金属成分は施設内に保持されていることが確認された。一方、雨水浸入防止策が不十分であった 2 ヶ所の施設では、塩類成分が施設から流出していることが明らかとなり、その原因は堆肥がその堆肥化過程で雨水に暴露されることが強く疑われた。

このことから、牛ふんを堆肥化施設で適切に管理すれば、環境負荷物質である塩類や重金属成分を環境中に流出させないことがわかった。末國は家畜排せつ物の適正処理の必要性和環境汚染防止における家畜排せつ物法の意義を述べている<sup>5)</sup>。家畜排せつ物処理による環境汚染を防止するためには、家畜排せつ物を適切な施設で堆肥化するとともに、堆肥化施設の維持管理や運転管理を適切に行うことが重要である。

雨水浸入防止策が不十分であった施設 11 では堆肥化過程で重金属 Cu 及び Zn の割合が減少したが、今回の調査結果からはその原因については明らかにできなかった。環境汚染を防止する観点から、今後この原因を究明する必要があると考える。

堆肥の水抽出による抽出率では、堆肥化が進むにつれて Mg の抽出率が低下した。堆肥中の灰分あたりの Mg の割合は堆肥化過程にかかわらず一定であったことから、Mg は堆肥化が進むにつれて水に不溶性の形態に変化していると考えられる。リン酸、アンモニウム、Mg は pH を高くすると MAP 反応により不溶性の結晶となることを利用して、鈴木らは汚水中からの資源回収技術を報告している<sup>6)</sup>。堆肥化過程では大量のアンモニアが発生することから、堆肥中で MAP 反応が生じ Mg が不溶性になったため、堆肥化が進むにつれて Mg の抽出率が低下したと推察される。

## 引用文献

- 1) 農林水産省生産局ホームページ  
<http://www.maff.go.jp/chikukan/index.html>
- 2) 猫本健司・鈴木一好・長田隆・干場信司・河上博美・大川典子・森田茂・松本光司. 酪農場の糞尿処理過程と飼料生産過程における窒素負荷の評価. 北海道畜産学会報, 第 45 巻 : 45-50. 2003.
- 3) 阿部佳之・福重直輝、伊藤信雄・加茂幹男. 乳牛ふんの堆肥化過程における窒素収支. 畜産草地研究成果情報, No.2 : 79-80. 2003.
- 4) 農業環境技術研究所. 肥料分析法

5) 末國富雄. 畜産を取り巻く環境規制. 畜産の研究, 第 57 巻第 1 号 : 3 - 8. 2003.

6) 鈴木一好・田中康男・黒田和孝・花島大・福本泰之・長田隆・和木美代子. MAP 付着回収法による豚舎汚水中リンの回収技術. 畜産草地研究成果情報, No.3 : 59-60. 2004.