



Title	液状家畜ふん尿の好気性発酵による堆肥化 : II. 最適曝気量と発生熱量
Author(s)	樋元, 淳一; HIMOTO, Jun-ichi; 岩淵, 和則 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(3), 266-271
Issue Date	1987-03-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12069">https://hdl.handle.net/2115/12069</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(3)_p266-271.pdf



# 液状家畜ふん尿の好気性発酵による堆肥化

## II. 最適曝気量と発生熱量

樋元淳一・岩淵和則・松田従三

(北海道大学農学部農畜産加工機械学教室)

(昭和61年12月1日受理)

## Aerobic Composting of Liquid Animal Waste

### II. The Optimum Aeration Rate and the Estimation of Heat Production

Jun-ichi HIMOTO, Kazunori IWABUCHI  
and Juzo MATSUDA

(Laboratory of Agricultural Process Engineering, Faculty of agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

#### I. 緒言

筆者らは液状家畜ふん尿の好気性発酵による急速堆肥化を目的として基礎実験装置を試作し、乳牛ふん尿を用いて実験を行い、高温で急速に堆肥化できることを確認した<sup>1)</sup>。本報では好気性発酵の最適条件、(主として曝気量)を求めるために行った実験について報告する。また好気性発酵による発酵熱を有機物の分解による反応熱としてとらえ、熱回収の可能性を検討した。

#### II. 実験方法

##### 1. 供試試料

前報と同様に、北海道大学第2農場乳牛舎より、ふん

と尿をそれぞれ採取し、混合して水分を91~93%に調整して供試した。

##### 2. 実験方法

前報と同様反復回分操作による発酵処理実験を行った。新鮮ふん尿、発酵前(新鮮ふん尿投入直後)、発酵後の試料について物性を分析した。

##### 3. 実験条件

実験条件を Table 1 に示す。平均滞留日数を20日、投入間隔を2, 4, 6, 8日、曝気量を0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.90, 1.50 ( $\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg}$ ) とし、各条件を適宜組み合わせ、それぞれの条件で3反復の実験を行った。

##### 4. 測定項目

① 温度, ②  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  濃度, ③ 水分, ④ pH, ⑤ 有機

Table 1. Experimental conditions

Residence time (days)	Interval of pour (days)	Quantity of pour (kg)	(%)	Aeration rate ( $\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg}$ )
20	2	4	10	0.15*, 0.30, 0.45
	4	8	20	0.15*, 0.30, 0.45
	6	12	30	0.15*, 0.30, 0.45, 0.60, 0.90, 1.20
	8	16	40	0.15*, 0.30, 0.45
10	1	4	10	0.30*
	2	8	20	0.30*
	4	16	40	0.30*
	6	24	60	0.30*

\* reported in preceding paper.

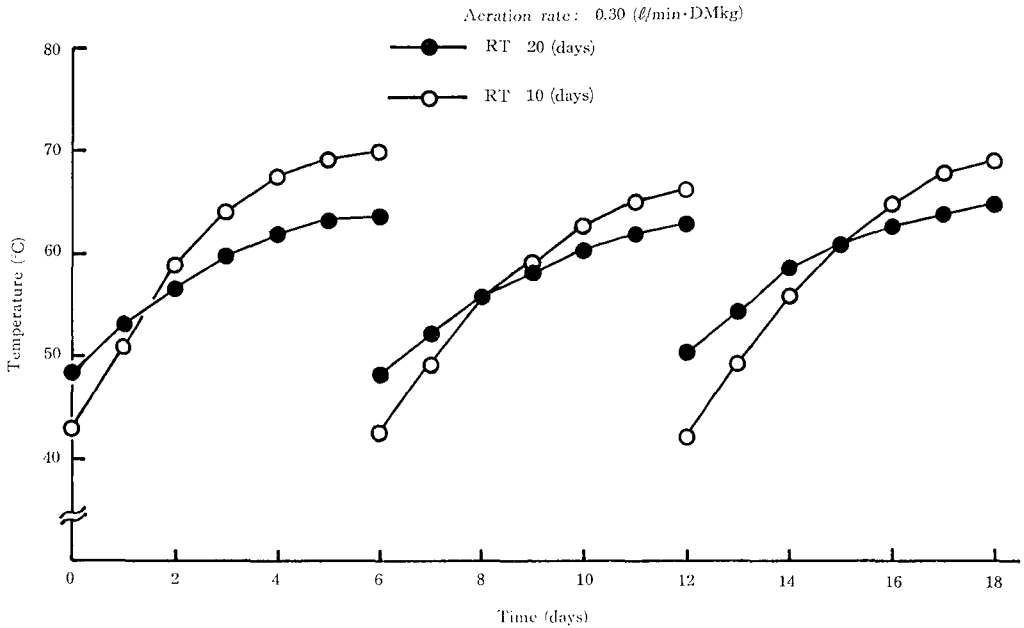


Fig. 1. Changes in temperature.

物濃度, ⑥ C/N 比, ⑦ 粘度: 以上については前報と同様の方法で測定した。

⑧ 総発熱量 試料を風乾, 粉碎し, 絶乾した後, ボンブカロリメータ (島津 CA-4) で測定した。

III. 結果及び考察

1. 平均滞留日数 (RT)

Fig. 1 に RT 10 日と 20 日で, 投入間隔, 曝気量が同一の条件で行った実験の温度経過を示す。RT 10 日では 1 回投の入量が 24 kg と, RT 20 日の 2 倍であり, 初期温度は 42°C と低くなっているが, その後の温度上昇率が RT 20 日の場合を上まわり, 最高温度も上まわっている。しかも有機物分解率は RT の違いによる差はなく (Table 2) 同一曝気量であっても RT 10 日で充分な分解が可能であることが明らかになった。

Table 2. Volatile solid reduction rate (%)

R.T. (days) I.P. (days)	20	I.P. (days)	10
2	23.2	1	28.0
4	25.8	2	22.1
6	20.3	4	28.2
8	26.7	6	29.5

Aeration rate: 0.30 (l/min·DMkg)

2. 最高温度

Fig. 2 に曝気量と最高温度の関係を示す。0.45 (l/min·DMkg) で最も温度が高くなり, 65 (°C) に達した。これ以上の曝気量では, 過剰空気によって発酵槽内の液温が低下したと考えられる。また 0.3 (l/min·DMkg) では曝気量不足と考えられ, 最高温度は 40°C に達しなかった。

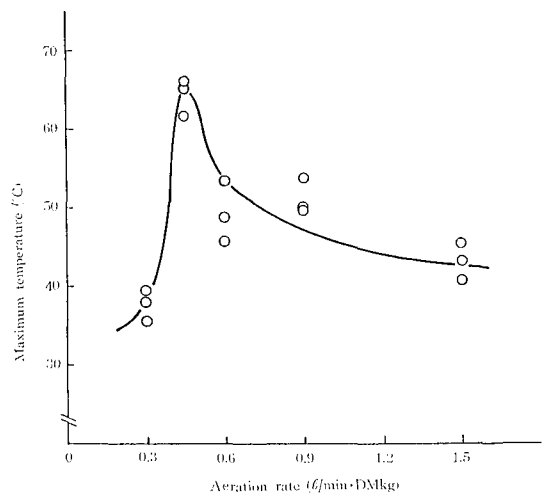


Fig. 2. The effects of aeration rate on the maximum temperature.

3. 有機物分解率

Fig. 3 に曝気量と有機物分解率の関係を示す。浦野らは、有機物分解率が腐熱の判定指標となり、25~30%で仕上がりと判定できるのではないかと提案している<sup>4)</sup>。本実験においては曝気量 0.45 (ℓ/min・DMkg) の時33%の分解率を得た。従ってこの条件においてふん尿はほぼ腐熱したものと考えられる。その他の条件では分解率は20%前後の低い値となっており、過剰の曝気によって液温が低下したために、発酵分解が抑制されたことがわかった。

4. C/N 比

Fig. 4 に曝気量と、C/N 比低下量との関係を示す。0.30 (ℓ/min・DMkg) 以下では、発酵による炭素の消費が

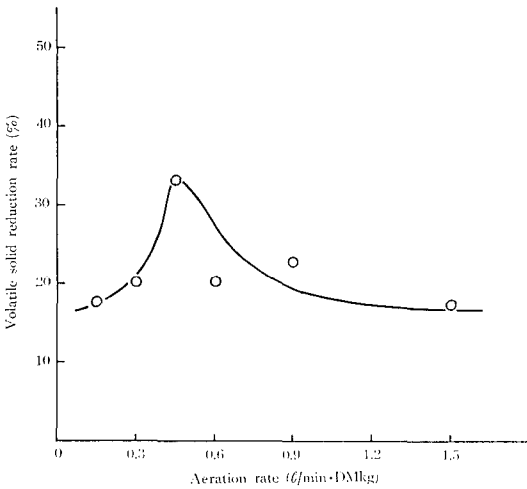


Fig. 3. The effects of aeration rate on the volatile solid reduction rate.

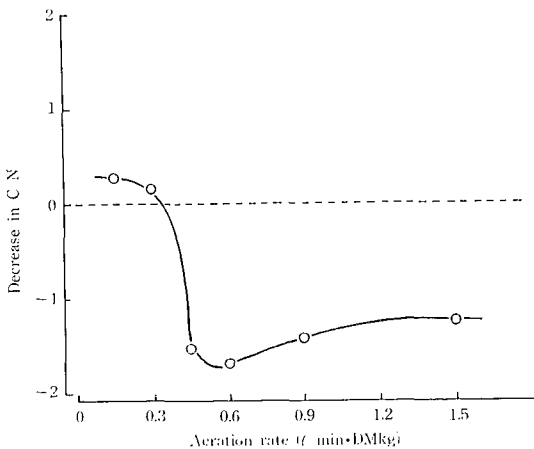


Fig. 4. The effects of aeration rate on the decrease in C/N.

非常に少なく、曝気によるアンモニアガスの揮散による窒素の低下量が多かったと考えられ、初期 C/N 比より発酵終了時の方が高くなっている。また 0.45 (ℓ/min・DMkg) 以上では低下しているがその低下量は -1.2~-1.6 といずれも低い値となっており、これも窒素の揮散量が多かったことを示している。すなわち前報でも述べたように、本装置の曝気方式では酸素の利用効率が低く、過剰の曝気が必要であったために、アンモニアガスの揮散が避けられなかったと考えられる。従って、さらに酸素利用効率の高い、イジェクター方式、深層曝気槽等の検討が必要である。

5. 粘度

Fig. 5 に曝気量と見掛け粘度の関係を示す。0.45 (ℓ/min・DMkg) で最も粘度が低くなっている。これは最も高温を経過したこと、水分の上昇が最も大きかったこと、有機物分解率が高く、粒子が細くなったためであると考えられる。また、その他の条件においても、新鮮ふん尿と比較すると大幅に低下しており、高温や有機物分解だけでなく、機械的な攪拌が粘度低下の一因となっていることが推察される。

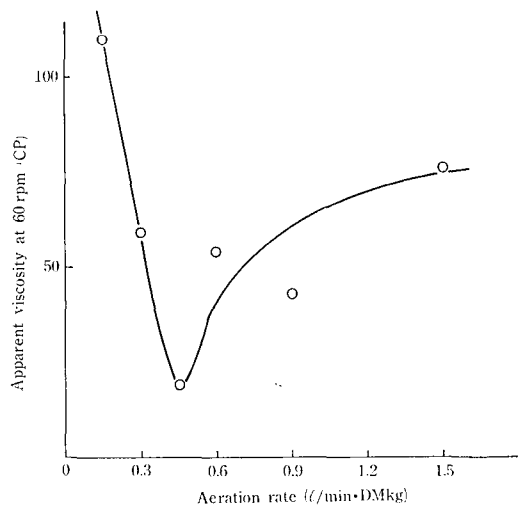


Fig. 5. The effects of aeration rate on the apparent viscosity.

6. 水分・pH

水分と pH の変化を Table 3 に示す。有機物分解率の最も高い 0.45 (ℓ/min・DMkg) で水分の上昇が大きくなっている。

pH は発酵初期においては、酸生成菌によって低下し、その後アンモニアの生成によって急激に上昇してピークに達し、再びアンモニアの揮散、硝酸への変化、脱窒等

**Table 3.** Changes in moisture content (%) and pH

Aeration rate ( $\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg}$ )	0.15	0.30	0.45	0.60	0.90	1.20
Moisture B.C.	91.6	93.6	94.3	93.5	93.5	94.0
content A.C.	92.2	94.0	95.0	94.0	94.1	94.2
(%) Dif.	0.6	0.4	0.7	0.5	0.6	0.2
pH B.C.	8.05	7.73	7.93	8.12	7.49	7.56
A.C.	8.92	8.68	9.08	9.00	9.00	9.23
Dif.	0.86	0.95	1.15	0.88	1.51	1.67

B.C.: Before composting A.C.: After composting

によって低下して安定すると言われている<sup>2)</sup>。有機物分解率から見て曝気量  $0.6 (\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg})$  以上では pH 上昇のピーク付近にあり、 $0.45 (\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg})$  ではピーク後の下降期に、 $0.3, 0.6 (\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg})$  では上昇期にあると推察できるが、本実験装置では、pH の経時変化を測定していないため明らかではない。

**6. 発生熱量**

発生熱量  $U (\text{kcal}/\text{kg} \cdot \text{day})$  は以下の式より求めた。

$$U = (u_1 - u_2) / W \cdot T$$

- 但し  $u_1$ : 初期試料の総発熱量 (kcal)
- $u_2$ : 発酵終了時の総発熱量 (kcal)
- $W$ : ふん尿重量 (kg)
- $T$ : 発酵期間 (day)

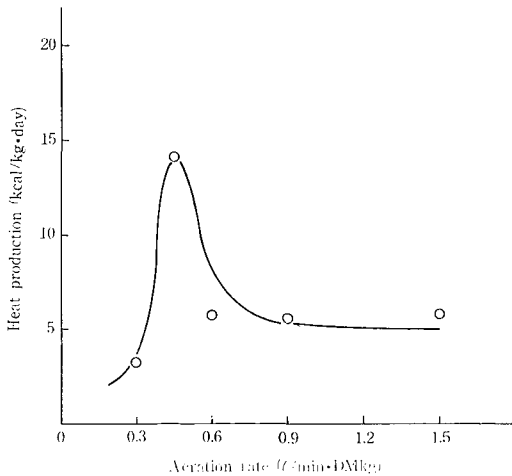
また  $u_1, u_2$  は次の式より求めた。

$$u = C \cdot W \cdot (100 - M) / 100$$

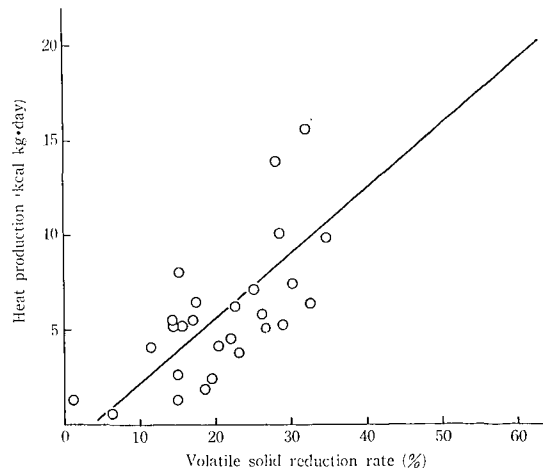
- 但し  $C$ : 絶乾試料の高位発熱量 (kcal/kg)
- $M$ : 試料水分 (%)

Fig. 6 に発生熱量と曝気量との関係を示す。有機物分解率と曝気量との関係と同様の傾向であり、有機物分解率の最も高い  $0.45 (\ell/\text{min} \cdot \text{DMkg})$  の時に最高の発生熱量を示し、 $14 (\text{kcal}/\text{kg} \cdot \text{day})$  となった。また有機物分解率と発生熱量との関係を Fig. 7 に示しているが、発生熱量は有機物分解率に比例して増加することがわかった。この発生熱量を基に次のような試算を行った。

北海道における酪農の飼養規模は1戸当り平均35頭(1980年)となっている。またスラリー方式を採用している農家のうち、30~49頭が55%、50頭以上が33%と、30頭以上の規模が大部分を占めている<sup>5)</sup>。そこでスラリー方式を採用する最低規模と言える30頭規模の酪農において、好気性発酵によって液状ふん尿を処理すること



**Fig. 6.** The effects of aeration rate on the heat production.



**Fig. 7.** The relationship between the volatile solid reduction rate and the heat production.

を想定して、発生熱量を計算した。乳牛1頭当たり1日のふん尿排泄量を50(kg)とし、 $RT$ を10日、投入間隔を3日とすると、1回の投入量は4,500(kg)となり、発酵槽内ふん尿総重量  $W$ (kg)は

$$W = 4,500 \times 10 \div 3 = 15,000 \text{ (kg)}$$

となる。

従って1日の発生熱量  $U$ (kcal/day)は

$$U = 14 \times 15,000 = 210,000 \text{ (kcal/day)}$$

となる。仮にこの発生熱量の4分の1を回収できるとして、10°Cの水を50°Cまで昇温させて利用すると、1日に約1.3 tonの温水が得られることになる。30頭規模の酪農における牛舎の給湯負荷は約20,000(kcal/day)とされており<sup>3)</sup>、発酵熱の回収によって充分供給できる値である。しかし得られる温水の温度は低いため、補助熱源が必要である。

一方ふん尿水分92%、乾物中有機物濃度80%とすると、1日に排出される有機物は

$$30 \times (50 \times (100 - 92) \div 100) \times 0.8 = 96 \text{ (kg)}$$

でありメタン発酵におけるガス発生量を平均0.4(m<sup>3</sup>/VS kg·day)、(メタン率60%)、ガスの発熱量を5,400(kcal/m<sup>3</sup>)とすると<sup>3)</sup>、発生熱量  $U$ は

$$U = 90 \times 0.4 \times 5,400 = 207,360 \text{ (kcal/day)}$$

となり、好気性発酵による発熱量はメタン発酵による発熱量とほぼ等しいことがわかった。しかし発酵熱はメタンガスに比較して利用価値の低い熱源であり、且つ回収可能な熱量はさらに少量であるため、熱回収を主目的とすることは不利である。しかし施設の簡易性、安全性、腐熟の短期化、発酵のための補助熱源を必要としない等の利点があり、特に北海道のような寒冷地においては、有効な発酵処理法であると考えられる。また好気性発酵とメタン発酵を組み合わせ、好気性発酵の発酵熱をメタン発酵の熱源として利用できれば、さらに高度の熱回収が可能であると考えられる。

#### IV. 摘 要

液状家畜ふん尿の好気性発酵による堆肥化のための最適曝気量を求めることを目的として、乳牛ふん尿を用いて実験を行った。また好気性発酵による発酵熱を測定し、熱回収の可能性を検討した。得られた結果は以下のとおりである。

(1) 最高温度、有機物分解率、粘度の低下、発生熱量から、本実験装置においては曝気量は0.45(ℓ/min·DMkg)

が最適であることがわかった。このとき有機物分解率は33%に達した。

(2) 発生熱量は有機物分解率に比例し、曝気量0.45(ℓ/min·DMkg)のとき14(kcal/kg·day)となった。

(3) 好気性発酵による発生熱量は、メタン発酵による発生ガスの発熱量とほぼ等しいことがわかった。また30頭規模の酪農において発生する熱量は約210,000(kcal/day)と試算した。

(4) 本実験装置では、酸素利用効率が低く、イジェクタ方式、深層曝気槽等の曝気方式を検討する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 樋元淳一・岩淵和則・松田従三：液状家畜ふん尿の好気性発酵による堆肥化(I)、実験装置の試作、北大農研紀要, 15: 257-265. 1986
- 2) MARKEL, J. A.: Managing livestock wastes, AVI, : 306-324. 1981
- 3) 高畑英彦：農畜産廃棄物からのエネルギー回収技術について、農業のエネルギー利用技術に関するシンポジウム、農業機械学会, : 47-60. 1981
- 4) 浦野慎一・小野長治・小山司朗：牛ふん尿の液状堆肥化と農地への施用指標、農業土木学会誌, 50(12): 1013-1020. 1982
- 5) 内村忠道：寒冷地におけるスラリー処理と施肥利用、新しい牛ふん尿の処理と利用、デーリィ・ジャパン, 26(12): 57-72. 1981

#### Summary

This investigation was carried out to find out the optimum aeration rate for aerobic composting of daily waste slurry. And the possibility of recovery from the heat produced by aerobic fermentation was discussed. The results obtained were summarized as follows.

(1) It was found that the optimum aeration rate of this apparatus was 0.45(ℓ/min·DMkg) from the results of maximum temperature, volatile solid reduction rate, decrease of viscosity and heat production.

Under this condition the volatile solid reduction rate was reached 33%.

(2) The quantity of heat production was in proportion to the volatile solid reduction rate, and was 14(kcal/kg·day) under the condition of the optimum aeration rate.

(3) It was found that the quantity of heat pro-

duction by aerobic fermentation was equal to the calorie of the biogas produced by methan fermentation.

The quantity of heat production by aerobic fermentation from 30 head of daily cattle waste

slurry was estimated to be 210,000(kcal/day).

(4) The efficiency of oxygen solution of this apparatus was low, so it is necessary to investigate another aeration systems using the ejector or the deep shaft process etc.