

吸引通気式堆肥化システムで回収される液体肥料, 発酵排熱, 未利用酸素を利用した成分調整型堆肥の製造*

宮竹史仁^{*1†}・阿部佳之^{*2}・本田善文^{*3}

Production of Quality Regulated Compost Using Ammonia, Waste Heat and Available Oxygen Recovered by Vacuum-Induced Aeration Composting System*

Fumihito MIYATAKE^{*1†}, Yoshiyuki ABE^{*2}, Yoshifumi HONDA^{*3}

[キーワード] 成分調整型堆肥, アンモニア, 排熱, 酸素, 二次発酵, 吸引通気式堆肥化システム

[Keywords] quality regulated compost, ammonia, waste heat, oxygen, maturation phase, vacuum-induced aeration composting system

I 緒 言

吸引通気式堆肥化システムは, 堆肥材料の底面から空気を吸い込むことで通気を行うと同時に, 発生するアンモニアガスや発酵熱を回収するシステムである。(Abe et al., 2008 ; Miyatake et al., 2009)。回収したアンモニアガスは, 酸性水溶液(水道水で希釈したリン酸または硫酸)による洗浄装置に通すことで液体肥料(リン酸アンモニウムまたは硫酸アンモニウム)となる。リン酸水溶液で回収した場合, 生成された液体肥料には約6%濃度のアンモニア態窒素, 約14%のリン酸(P_2O_5)が含まれる。また回収された発酵排気には, 熱エネルギーや通気で利用しきれなかった酸素(未利用酸素)が含まれている。そこで本研究では, 実規模の吸引通気式堆肥舎から回収された液体肥料, 発酵排熱および未利用酸素を10 m³規模の二次発酵堆肥に添加・供給することで, 肥料成分を調整した堆肥の製造を試みた。特に, 二次発酵期間を約2ヶ月間と限定し, 肥料成分としてN-P₂O₅-K₂Oが約5-5-5(乾物割合; %_{DM})となるような成分調整型堆肥の作製を目指した。

II 材料および方法

1. 実験材料

堆肥材料は, 畜産草地研究所(那須研究拠点)の吸引通気式堆肥舎で一次発酵(約30日間)した乳牛ふんオグズ堆肥を供試した。供試材料のN-P₂O₅-K₂Oは2.1-2.6-4.9(2-3-5)%_{DM}であった。

2. 堆肥化施設

図1に堆肥化施設の概略図を示した。一次発酵槽が4槽(第1~4槽)あり, 1週間毎にリニアクレーンで順次切り返しされる。各槽にはアンモニアガスを回収するための洗浄装置が併設されており, アンモニア回収後の発酵排気は熱エネルギーとして利用されている。本実験では, 一次発酵4週目に当たる第4槽からの発酵排熱および未利用酸素のみを二次発酵堆肥(約10 m³)に供給するように設定した。

3. 二次発酵試験

二次発酵期間は62日間であり, 0, 3, 9, 15, 27, 34, 42, 49日目に回収したアンモニアを含む液体肥料を二次発酵堆肥に切り返しを行いながら均一に添加した。なお最終的な堆肥のリン酸濃度を約5%_{DM}に調整するために, 0~15日目まではリン酸水溶液でアンモニアを回収した液体肥料を, 27日目以降は硫酸水溶液で回収した液

* 2009年9月 農業環境工学関連2009年度合同大会(東京大学)にて一部講演

*1 会員, Corresponding author, 帯広畜産大学地域環境学研究部門(〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地 TEL 0155-49-5516) Department of Agro-Environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi, 080-8555 Japan

*2 会員, (独)農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所(〒329-2793 那須塩原市千本松768 TEL 0287-37-7814) National Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization, Nasuobara-shi, 329-2793 Japan

*3 会員, (独)農業・食品産業技術総合研究機構(〒305-8517 つくば市観音台3-1-1 TEL 020-838-7947) National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba-shi, 305-8517 Japan

† Corresponding author : miyaf@obihiro.ac.jp

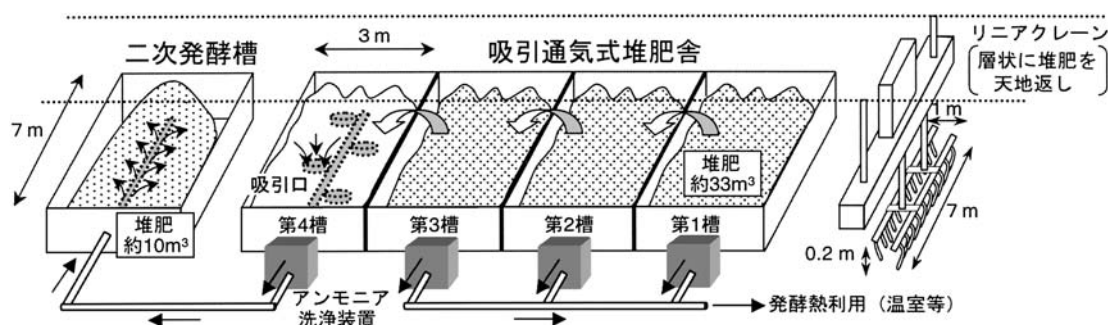


図 1 堆肥化施設の概略図

Fig. 1 Schematic diagram of composting facilities

表 1 堆肥成分

Table. 1 Composition of compost

		日数		
		0日目(開始時)	34日目(約1ヶ月後)	62日目(終了時)
全窒素	% _{DM}	2.1	2.8	4.1
有機態窒素	% _{DM}	2.1	2.0	2.0
アンモニア態窒素	% _{DM}	0.0	0.4	1.6
硝酸態窒素	% _{DM}	0.0	0.4	0.5
P ₂ O ₅	% _{DM}	2.6	5.8	5.6
K ₂ O	% _{DM}	4.9	5.0	4.8
C/N 比	—	17.7	12.5	7.6
pH	—	9.6	6.9	6.2
EC	ms·cm ⁻¹	6.4	9.4	18.0
含水率	%w.b.	50.9	50.2	55.2
有機物分解率	%	0	17.2	22.1

%_{DM}(Dry matter), % w.b. (wet basis)

体肥料を添加した。添加量は順に 46, 53, 54, 154, 164, 218, 300, 219 kg であり，少量から段階的に増量するように設定した。リン酸水溶液で回収した液体肥料の総添加量は 307 kg，硫酸水溶液の場合は 901 kg，合計 1,208 kg であった。この液体肥料の添加量は，初期堆肥の窒素濃度 2.1%_{DM} およびリン酸濃度 2.6%_{DM} を最終的に約 5%_{DM} まで上昇させるために必要な量として計算されたものである。なお，この液体肥料の量は 60 頭規模の吸引通気式堆肥化システムにおいて約 2 ヶ月程度で回収される量に相当する。試験期間中は，第 4 槽から供給される発酵排熱の温度，酸素濃度ならびに二次発酵中の堆肥温度，アンモニア揮散濃度を測定した。酸素濃度は酸素ガス濃度計（国際測器工業株式会社，OX-25C），アンモニア揮散濃度は検知管（株式会社ガステック，No. 3L）を使用して測定した。また第 4 槽から供給される発酵排熱量は既報（Miyatake et al., 2009）に従い計算した。

4. 堆肥分析

試験開始時，34 日目，終了時の堆肥を採取し，アンモニア態窒素濃度，硝酸態窒素濃度が測定された。それらの分析は，「堆肥等有機物分析法」（Japan soil association, 2000）に記述されているインドフェノール青法ならびにサリチル硫酸法に従った。また 0, 34, 62 d の堆肥は，全窒素，リン酸（P₂O₅），カリ（K₂O），CN 比，pH，EC，

含水率，灰分率が測定された。なお灰分率からは，有機物分解率を算出した（Miyatake et al., 2003）。

III 結果および考察

表 1 に 0, 34, 62 d に採取した堆肥の成分を示した。0 d で 2.1-2.6-4.9%_{DM} であった N-P₂O₅-K₂O は 62 d には 4.1-5.6-4.8 (4-6-5) %_{DM} にまで上昇した。当初の目的である 5-5-5%_{DM} よりも窒素割合が若干低かったが，ほぼ目的通りの成分調整型堆肥が作製できたと考えられる。一般的に牛ふん堆肥に含まれる窒素は有機態が主であり，緩効性肥料として認識されている。本試験で作製した成分調整型堆肥には有機態，無機態窒素がそれぞれ 2.0, 2.1%_{DM} と同程度ずつ含まれており，緩効性および速効性双方の機能を有する窒素肥料であると考えられる。なお，二次発酵過程における堆肥表面からのアンモニア揮散は，平均濃度で約 2.4 ppm と僅かであった。アンモニア揮散は堆肥からの窒素損失を意味するため，その揮散を低濃度に抑えることは重要である。一般的にアンモニア揮散は，堆肥の pH が 8 以上で活発になると報告されている（Nakasaki et al., 1992）。二次発酵堆肥の pH は，0 d で 9.6 とアルカリ性であったが，34 d で 6.9, 62 d では 6.2 と中性から弱酸性まで低下した。これは添加した液体肥料中のアンモニア態窒素が硝酸態窒素に硝

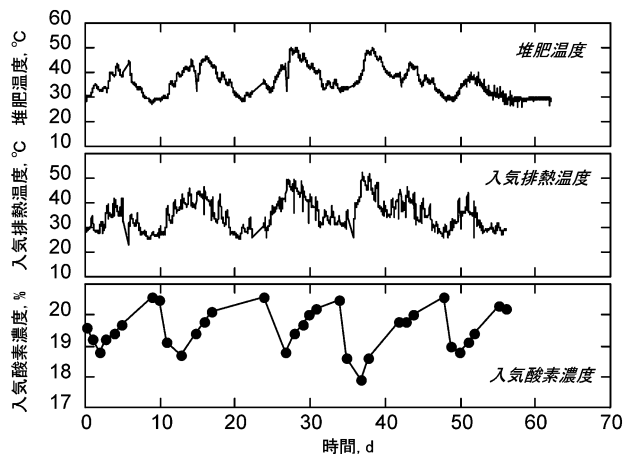


図2 堆肥温度, 排熱温度, 酸素濃度の変化

Fig. 2 Changes of compost temperature, waste heat temperature and oxygen concentration

化され, それ蓄積した為である。液体肥料の添加は, 堆肥の pH 低下をもたらすと同時にアンモニア揮散を抑制し, その結果として堆肥の窒素損失を低減させると考えられる。

図2に二次発酵堆肥の温度, 二次発酵槽に供給される排熱温度および酸素濃度の変化を示した。二次発酵堆肥の温度は排熱温度に依存し, 約30~50°Cで推移した。一次発酵槽(第4槽)から取得可能な発酵排熱の平均の温度および熱量は, 約35.4°C, 10.7 MJ・h⁻¹であった。また, 二次発酵槽に供給される未利用酸素の平均濃度は平均19.6%(最低濃度17.9%)であった。堆肥化は好気性微生物による有機物分解反応のため, 空気を供給することが発酵の促進に繋がる。本実験では約2ヶ月の二次発

酵過程において約22%の有機物分解率が得られた(表1)。本実験のように, 発酵排熱や未利用酸素の供給は二次発酵堆肥の温度上昇を促し, 好気性微生物の活動を活性化させると考えられる。

以上により, 回収したアンモニアを含む液体肥料, 発酵排熱, 未利用酸素を二次発酵堆肥に添加・供給することで, アンモニア揮散を抑えつつ, 2ヶ月間で約4-6-5%_{DM}の成分調整型堆肥の製造に成功した。これは, 液体肥料の添加量を変えることで窒素およびリン酸の肥料成分割合を任意に設定できることを示唆する。また, 発酵排熱および未利用酸素の供給が, 二次発酵を促進させると考えられる。

References

- Abe, Y., Ibuki, T., Miyatake, F., Honda, Y., 2008. Development of a composting system with vacuum-type aeration (Part 3). *Nougyo Shisetsu*, 38 (4), 249-262.
- Japan soil association, 2000. Analysis methods of compost (Taihi tou yuukibutsu bunsekihou) (in Japanese). Japan soil association, Tokyo.
- Miyatake, F., Abe, Y., Honda, Y., Iwabuchi, K., 2009. Effect of turning frequency on heat recovery and emitted carbon dioxide concentration in dairy manure composting with vacuum-induced aeration system. *Nougyo Shisetsu*, 39 (4), 295-302.
- Miyatake, F., Iwabuchi, K., Kimura, T., 2003. Activated temperature of microorganisms contributing to cattle manure composting. *Journal of JSAM*, 65 (2), 101-105.
- Nakasaki, K., Watanabe, A., Suehara, K., Kubota, H., 1992. Evaluation of effect of seeding on the reaction rate of thermophilic composting. *Journal of the Japan Society of Waste Management Experts*, 3 (4), 78-85.
- (原稿受理: 2010年1月19日・質問期限: 2010年9月30日)