

新規下水汚泥堆肥のきのこ栽培への適用

鹿児島高専 松木大真 新原悠太郎 徳田裕二郎 木原正人 山田真義 山内正仁
長岡技大 池田匠児 山口隆司 都城高専 黒田恭平 鹿児島大学名誉教授 八木史郎

1. はじめに

全国各地で下水処理場由来のバイオマスを食料生産に利用した取組みが産学官民の連携により盛んに行われている。筆者等はこれまでに、下水処理場由来のバイオマスの利用拡大を目指し、市販の下水汚泥堆肥を用いてマッシュルーム (*Agaricus bisporus*) 栽培試験を実施した。その結果、下水汚泥堆肥は牛糞堆肥と併用することでマッシュルーム栽培における培地材料として利用できることを明らかにした¹⁾。また、菌糸蔓延後の培地表面被覆材に吸水率が低いピートモスを利用することで、収量が大幅に改善され、マッシュルームの経営指標 (150~250kg/1,000kg 堆肥)²⁾と同等の収量を得ることができるとも明らかにした³⁾。しかしながら、既存の下水汚泥堆肥は保水性が悪く、加えて菌糸の基質となる放線菌などの有用微生物やセルロース、リグニン等の繊維成分が少ない。このため、下水汚泥堆肥のマッシュルーム培地への配合割合は、17.5~30.0%に留まっている状況にある。今後、下水汚泥堆肥の培地への配合割合を増加させ、更なる汚泥堆肥の利用促進を図るためにはマッシュルーム菌糸が利用可能な繊維成分を多く含む新規下水汚泥堆肥の製造が必要である。

そこで本研究では、まず下水汚泥 (脱水汚泥) に地域バイオマスを混合した新規下水汚泥堆肥の製造を試みた。つぎに、本試験で製造した新規下水汚泥堆肥を用いてマッシュルーム栽培試験を実施し、新規下水汚泥堆肥の子実体収量に与える効果を確認した。

2. 試験方法

2.1 新規下水汚泥堆肥の調製

表-1 に堆肥材料の配合割合を示す。本試験では鹿児島県霧島市の国分隼人クリーンセンターで発生する下水汚泥 (脱水汚泥: 水分率 75.5%)、竹おが屑 (鹿児島県湧水町産: 水分率 44.8%) の配合割合をそれぞれ 40%, 30% (何れも乾物重量%) に固定し、米糠 (水分率 12.0%)、および甘藷焼酎粕固形物 (水分率 5.9%) の配合割合を変化させ、混合資材の水分率を 60% (乾物重量 2.5kg, 現物重量 6.25kg) に調製後、小型堆肥化実験装置「かぐやひめ」(富士平工業 (株)) を用いて堆肥化試験を実施した。混合資材の切り返しは、堆肥化開始後、一週間以上経過し、温度が低下し始めた時期に実施した。また、切り返し後の温度上昇が 5℃以下で堆肥化終了とした。堆肥の品質評価は、温度の経時変化、堆肥の物性・色、コンポテスターによる腐熟度判定の結果から総合的に判断し、最適な配合割合を決定した。また、最適な配合割合で調製した新規下水汚泥堆肥の窒素 (ケルダール法)、無機成分 (P: バナドモリブデン酸吸光度法, K, Ca, Mg: 原子吸光度法) および重金属成分 (T-Hg: 還元気化原子吸光度法, Ni: フレーム原子吸光度法, Cd, Pb, As, Cr: ICP 質量分析法) を分析し、成分特性を評価した。さらに、各材料の C, N 量を全窒素・全炭素測定装置 (NC-22A, (株) 住化分析センター) で定量し、C/N 比を算出した。加えて各材料に含まれる繊維成分である ADF (酸性デタージェント繊維), NDF (中性デタージェント繊維) はデタージェント分析法⁴⁾で、リグニン量は P. J. Van Soest らの方法⁵⁾で定量し、NDF と ADF の差からヘミセルロース、ADF とリグニンの差からセルロースを求めた。

2.2 新規下水汚泥堆肥を用いたマッシュルーム栽培試験

表-2 に培地配合割合を示す。培地水分率を菌糸伸長に適した 60% に調整した場合、堆肥から水分が分離し、培地底面に水分が溜まり易くなること、培地が硬く通気性が悪くなることから、水分調整基材として広葉樹おが屑を使用し、栽培試験を実施した。なお、既存の下水汚泥堆肥は牛糞堆肥と比較して保水性が悪いので、広葉樹おが屑の使用量を増加させた。また、新規下水汚泥堆肥の子実体収量への効果を確認するため、試験区 1 と試験区 2 の水分調整材の割合は同じとした。

これらの各配合割合で調製した培地は角形培養袋 (MT-S25B, (有) 三鬼工業) に 2.5kg ずつ充填し、60℃で 4 時間培地を殺菌した。殺菌した培地は 6 日間、培養室 (温度 20±1℃, 湿度 70±5%) に静置した。その後、培地の温度上昇 (発酵) がないことを確認後、マッシュルーム種菌 (日農 100, ブラウン種, 日本農林種菌 (株)) をクリーンブース内で 100g ずつ培地に添加し、培地に種菌を混込み、密閉後再び培養室 (温度 20±1℃, 湿度 70±5%) で 30 日間静置した。その後、培養室で培養袋の封を切り、マッシュルーム菌糸に物理的刺激を与えるために、pH を 7.0 前後に炭酸カルシウムで調整したピートモス (総合園材 (株), 北海道ピートモス A 級, 水分率 65.0%) で培地表面を 3cm 程度被覆し、ピートモス表面が乾かないように 1 日 1 回培地ごとに水道水を霧吹きで散布し、10 日間さらに培養室で培養を続けた。ピートモス表面に菌糸が伸長したことを確認後、発生室 (温度 18±1℃, 湿度 90±5%) に培地を移し、60 日間、子実体形成を促した。発生室においても、培地表面が乾かないように、1 日 1 回、水道水を霧吹きで散布した。なお、培養

表-1 堆肥材料の配合割合

試験区	堆肥材料 (乾物重量%)			
	下水汚泥 (脱水汚泥)	竹おが屑	米糠	甘藷 焼酎粕
1			30	-
2			20	10
3	40	30	15	15
4			10	20
5			-	30

表-2 培地配合条件

試験区	配合割合(乾物重量%)			袋詰め 重量	培地 水分率
	水分調整材	栄養材			
	広葉樹 おが屑	牛糞堆肥	下水汚泥 堆肥	(kg)	(%)
1 牛糞堆肥(50%)+ 下水汚泥堆肥(50%)	40	30	30		60.4
2 牛糞堆肥(50%)+ 新規下水汚泥堆肥(50%)	40	30	30	2.5	60.5
3 牛糞堆肥(100%)	15	85	—		60.6

室、発生室では作業時のみ蛍光灯を点灯し、各試験区 3 菌床ずつ作製した。収穫は、子実体の傘と柄の間に隙間が見られる程度で行った。その後、収量（生重量）を調査し、子実体のサイズ分けを行った。子実体のサイズは、L(30g 以上)、M(15g 以上 30g 未満)、S(15g 未満)の3段階とした。

3. 試験結果と考察

3.1 新規下水汚泥堆肥の調製

図-1 に各試験区の堆肥温度の推移を示す。米糠の含有率が高い試験区1、試験区2では同様な温度上昇が見られ、特に試験区2では堆肥温度が70℃まで達した。切り返しも4回実施され、堆肥化終了後の堆肥の色は黒褐色で塊も崩れやすく、資材の原形が殆ど認められない状況であった。またコンポテスター値も堆肥化が進んでいる目安とされる3以下であり、これらのことから、試験区2の脱水汚泥40%、竹おが屑30%、米糠20%、甘藷焼酎粕10%が最適な配合割合とした。

表-3 に新規下水汚泥堆肥の成分

分析結果を示す。新規下水汚泥堆肥は既存の下水汚泥堆肥と比較してC/N比が6.7から11.0に上昇し、また竹おが屑を添加すること

で堆肥中の繊維成分が増加した。また、新規下水汚泥堆肥はカルシウム含有量が大幅に減少した。本堆肥調製では焼酎粕原液でなく、焼酎粕乾燥固形物を利用したために、資材のpH調整に炭酸カルシウムを添加しなかったためである。重金属含有量は汚泥肥料公定規格(Cd:5mg/kg, Pb:100mg/kg, As:50mg/kg, T-Hg:2mg/kg, Ni:300mg/kg, Cr:500mg/kg)以下であった。

表-4にマッシュルーム子実体の収量(生)、発生個数を示す。収量は新

規下水汚泥堆肥を用いた試験区2において、試験区3(対照区)の1.7倍、既存の下水汚泥堆肥を利用した試験区1の1.2倍に増加した。これは、下水汚泥に繊維成分を添加し、堆肥化したことで、菌糸の栄養生長、生殖生長過程で利用可能な有用微生物やリグニン、セルロース、さらにリグニン腐植複合体が既存の下水汚泥堆肥よりも多く含まれていたことが影響していると推察される。一方、菌床あたりの発生個数、サイズ別個数は試験区1と試験区2

の間に有意な差は無く、両培地とも

15g未満の小型のマッシュルームが多かった。マッシュルーム栽培では、培地が乾燥し易い場合、培地表面からの蒸散を防ぐために、自己防衛として子実体は小型化し易いことが報告されている⁶⁾。本試験では、培地表面が乾かないように、1日1回、培地に水道水を霧吹きで散布したが、この量では不十分だったと考えられた。

4. おわりに

本研究では、下水汚泥と地域農業副産物を用いて新規下水汚泥堆肥を調製し、その最適配合割合を検討した。その結果、堆肥温度の経時変化、堆肥の物性・色、コンポテスターによる腐熟度判定値から総合的に判断し、新規下水汚泥堆肥の最適配合割合を脱水汚泥40%、竹おが屑30%、米糠20%、甘藷焼酎粕10%とした。また、新規下水汚泥堆肥を用いたマッシュルーム栽培試験を実施し、下水汚泥堆肥中の繊維成分を増加させると、菌糸の栄養生長、生殖生長が活発になり、子実体収量が牛糞堆肥区(対照区)の1.7倍、既存の下水汚泥堆肥を使用した試験区の1.2倍に増加することがわかった。今後は、本配合割合を用いて実規模の堆肥製造を試み、マッシュルームの量産化試験を実施する予定である。

参考文献 1) 山内ら：下水汚泥堆肥を用いたマッシュルーム栽培技術の開発，土木学会論文集G(環境)，Vol173，No.7，Ⅲ_397-Ⅲ_405，2017. 2) 岡野ら：ツクリタケ (*Agaricus bisporus*) 栽培によるオガクズを敷料とした乾燥牛糞の腐朽，日本きのこ学会誌Vol.12 No.2，pp.99-104，2004. 3) 新原ら：下水汚泥堆肥を用いたきのこ栽培技術の開発，廃棄物資源循環学会春の研究発表会，ポスター発表，2017. 4) 自給飼料品質評価研究会編：三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック，(社)日本草地畜産種子協会，pp.6-21，pp.38-42，2009. 5) P.J. Van Soest etc. : Proc. Nutr. Soc.，32，p.123，1973. 6) きのこの基礎科学と最新技術：マッシュルーム栽培技術(橋本一哉 著)，(株)農村文化社，pp.246-256.1991.

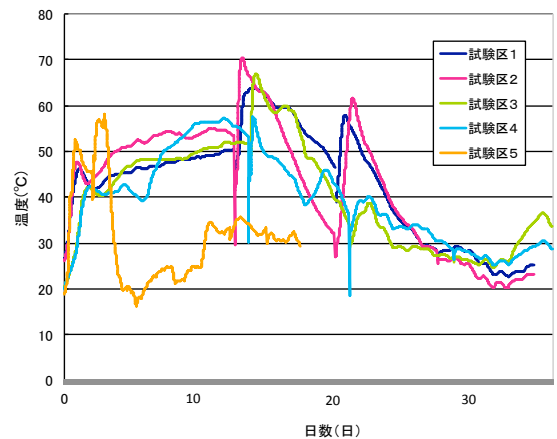


図-1 堆肥の温度変化

表-3 培地材料の成分特性

培地材料	C/N比	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	(mg/kg乾物)							
							(mg/100g乾物)				(mg/kg乾物)			
下水汚泥堆肥	6.7	4,400	5,828	687	11,715	956	0.9	11.0	7.8	0.5	31.8	25.2		
牛糞堆肥	16.4	1,872	3,170	4,321	1,375	1,236	N.D.	1.0	0.5	N.D.	3.2	1.9		
新規下水汚泥堆肥	11.0	3,950	3,180	1,460	375	930	0.4	3.8	2.6	N.D.	4.7	8.9		

培地材料	(g/kg乾物)		
	リグニン	セルロース	ヘミセルロース
下水汚泥堆肥	4.8	13.6	N.D.
牛糞堆肥	24.9	29.0	N.D.
新規下水汚泥堆肥	13.9	28.6	1.1

表-4 マッシュルーム栽培試験結果

試験区	収量(生) (平均値±標準偏差)	個数 (個/菌床)	サイズ別個数		
			(平均値±標準偏差)		
			S (15g未満)	M (15g以上30g未満)	L (30g以上)
			(個/菌床)	(個/菌床)	(個/菌床)
1 牛糞堆肥(50%)+ 下水汚泥堆肥(50%)	363.3±10.6	34.0±5.2	27.0±6.2	6.3±2.5	1.3±1.2
2 牛糞堆肥(50%)+ 新規下水汚泥堆肥(50%)	428.8±8.7	28.7±3.2	18.3±5.5	7.7±2.9	2.7±0.6
3 牛糞堆肥(100%) (対照区)	252.1±22.0	17.6±3.1	11.0±3.6	5.3±1.2	1.3±1.5

N=3