

II-446

下水汚泥のコンポスト化に伴う可溶性有機物の挙動

長岡技術科学大学 学 〇 伊 藤 道 明  
 正 原 田 秀 樹  
 正 桃 井 清 至  
 (株)新菱冷熱 北 島 善 孝

1. はじめに; 下水汚泥のコンポスト化反応において一次発酵過程での固形性基質の分解過程並びに生産される代謝物のコンポストマイクロフロラに及ぼす阻害効果等を検討することは、一次発酵のプロセスの微生物反応メカニズムを解明する上で重要である。そこで本報告は小型反応器により回分実験を行い、試料抽出液の有機溶媒抽出分画を行い、その成分を分析した。また、その各分画について生物学的検定法によって微生物数の推移を検討した。

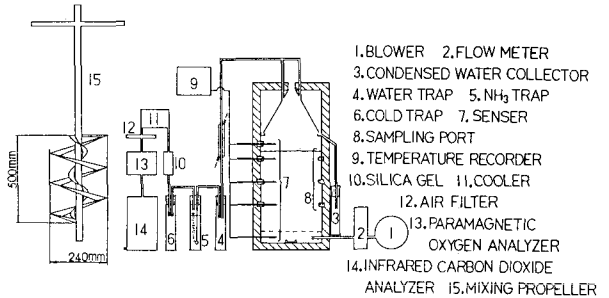


図-1 実験装置図

表-1 実験条件

Run 1						
		Input			Output	
		Raw Material	Bulk (kg)	Recycle	Mixture	Mixture
Total Weight	kg	6.58	7.40	0.41	14.39	11.63
Dry Weight	kg	1.12	5.11	0.32	6.55	5.66
Moisture	%	82.98	30.95	23.10	54.43	51.33
Ignition Loss	%	64.61	63.36	45.05	62.64	59.03
pH		8.28	7.16	6.62	7.58	8.77
BOD <sub>5</sub>	mg/gos	529	221	41	286	145
COD <sub>Cr</sub>	mg/gos	1035	1069	672	1068	969
T-N	%os	4.73	4.60	3.70	4.65	3.91
T-C	%os	34.46	33.43	23.51	31.39	29.50
C/N Ratio		7.33	7.27	6.34	6.75	7.35
Apparent Density	1/m <sup>3</sup>	0.626				
Aeration Rate	hr/ft <sup>3</sup>	129				
Detention Time	hr	16.6				
Water Production	ml	1287				

供試汚泥 : Y村処理場の生脱下水汚泥  
 送込コンポスト : 上記の汚泥を一次発酵させ、乾燥後、フルイ(5mm)を通したものを水分調整剤 : 上記の汚泥を乾燥させ、フルイ(5mm)を通したものを

2. 実験方法; 図-1に実験装置を示す。発酵槽はφ30×50cmで、有効内容物は3.5Lである。外側は約8cmの断熱材で覆われている。槽内を完全混合状態にするためステンレス製の攪拌翼により断続的な切返しを行った。発酵槽内温度、外気温、排ガス中の酸素・炭酸ガス濃度は連続的に測定した。表-1に投入時、排出時の分析値を示す。一次発酵過程でのサンプリングは投入時、温度ピーク時、排出時に行い、抽出液と生物懸濁液の作製を行った。可溶性有機物の抽出は、試料を懸濁させた後、20℃で超音波抽出し、遠心分離した上澄液を0.45μmのメンブレンフィルターで減圧ろ過した。次に、この抽出液を凍結乾燥し、メタノール→酢酸→60%メタノールの順で抽出を行った。各分画液の溶媒を除去した後、その成分分析と阻害効果を検討した。各分画液の成分分析は、アミノ酸、蛋白質、全糖類、ウロン酸、アミノ糖について行い、また試料抽出液のアミノ酸組成、中性糖組成、揮発性脂肪酸濃度を表-2に示す方法で測定した。各微生物の計数用平板培地を表-3に示すが、中温菌は30℃、高温菌は55℃で3〜7日間培養した。さらに、コンポスト化過程において生産される代謝物のマイクロフロラに及ぼす影響を調べるため、試料抽出液の有機溶媒抽出分画で得た水と各分画液を細菌用培地に塗抹し阻害率を求めた。

表-2 分画液および抽出液の分析法

成分	比色試験	分析名	種別	分析法
アミノ酸	ニンヒドリン法	アミノ酸	高速液体クロマトグラフィー	ニンヒドリン
蛋白質	ミクロビレット法	中性糖	高速液体クロマトグラフィー	シアノアセトアミド
全糖類	フェノール硫酸法	揮発性脂肪酸	ガスクロマトグラフィー	F I D
ウロン酸	カルバゾール硫酸法			
アミノ糖	Elson-Morgan法			

表-3 計数用平板培地

微生物名	培地名
細菌	トリプテカーゼ・ソイ寒天培地
放線菌	麦芽・酵母エキスイ寒天培地
菌類	ポテト・デキストロース寒天培地

3. 結果と考察; 図-2に温度と排ガス組成の経時変化を示す。

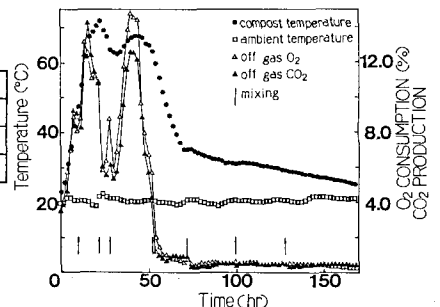


図-2 温度・排ガス組成の経時変化

発酵槽内温度およびO<sub>2</sub>消費, CO<sub>2</sub>生成の変化パターンは, 多少攪拌の影響はあるものの2段階ピークがみられた。また表-1の実験条件からは, 乾物重量, 強熱減量, BOB, CO<sub>2</sub>の減少が明確に表われ, 良好な一次発酵が行われたといえる。さらに, 下水汚泥のコンポスト化における溶解性物質の変化を把握し, 固形性基質の消長・代謝物の生成等を調べるために, 試料抽出液を有機溶媒抽出分画し, それらのアミノ酸, 蛋白質, 全糖類, ウロン酸, アミノ糖等の含量を調べた結果を表-4に示す。表中のTotalは, 抽出液の各成分の値を示すが, コンポスト化に伴う発酵熱により有機物が熱変性して可溶化するため, 抽出され易くなり, 温度ピーク時, 排出時には各成分とも投入時よりも大きい。各成分の全体に対する割合に着目すると, アミノ酸の割合が発酵に伴い減少している。また, 蛋白質, 全糖類, アミノ糖が増加している。投入時, 温度ピーク時, 排出時のアミノ酸組成, 中性糖組成, 揮発性脂肪酸濃度を表-5に示す。アミノ酸組成においては, 投入時でスレオニン, グリシン, アラニン, イソロイシンが多く, 温度ピーク時, 排出時ではアスパラギン酸, グルタミン酸, リジンが多くみられた。中性糖においては, 投入時, 温度ピーク時, 排出時を比較するとそれぞれ糖の構成比には, あまり変化が認められずラムノース, グルコースの構成比が高いことがみられた。揮発性脂肪酸は, 投入時には少ないが温度ピーク時で大量に蓄積している。これは酸素の拡散状態の悪い部分で嫌氣的発酵が行われたためによるもので, 排出時には速やかに消失している。図-3は各画分について平板培地法で細菌に対して生物学的検定を行い, その阻害率を検討したものである。これによると投入時および温度ピーク時の60%メタノール画分, 残渣画分において著しい阻害効果が見られた。この結果と表-4の各画分の成分割合を対照すると阻害率とアミノ糖の割合がよく一致していることから, アミノ糖が阻害因子ではないかと推測される。図-4に微生物数の推移を示す。中温細菌は温度ピーク時で, 温度の失活によって $4.2 \times 10^6$  cells/gDS から  $2 \times 10^7$  cells/gDS と減り, 高温放線菌は発酵期間を通じてほぼ一定量存在していた。また排出時には中温細菌の復活が確認された。

表-4 分画液および抽出液の成分

	Fraction	Amino acid	Protein	Carbohydrate	Uronic acid	Amino sugar
Input	MeOH Ext.	6.19 (90.5)	NS	0.26 (3.8)	0.25 (3.7)	0.14 (2.0)
	Ac Ext.	3.19 (43.3)	NS	0.03 (0.9)	0.08 (2.4)	0.08 (2.4)
	60%MeOH Ext.	1.88 (23.6)	NS	0.19 (8.4)	0.06 (2.7)	0.12 (5.3)
	Residue	NS	1.83 (23.2)	0.20 (9.1)	0.07 (3.2)	0.10 (4.5)
	Total	11.26 (76.9)	1.83 (12.4)	0.68 (4.6)	0.46 (3.1)	0.44 (3.0)
Temp.peak	MeOH Ext.	4.91 (29.5)	NS	3.28 (6.0)	0.94 (1.7)	1.54 (2.8)
	Ac Ext.	14.99 (26.1)	NS	0.84 (4.8)	1.09 (6.3)	0.48 (2.8)
	60%MeOH Ext.	5.06 (19.3)	12.75 (48.7)	5.18 (9.6)	0.99 (3.8)	2.20 (8.4)
	Residue	0.82 (4.2)	11.56 (58.4)	4.36 (22.2)	1.07 (5.4)	1.92 (9.8)
Total	69.99 (69.2)	24.26 (20.5)	13.66 (11.6)	4.09 (3.5)	6.14 (5.2)	
Output	MeOH Ext.	15.34 (81.8)	NS	3.55 (10.3)	0.76 (2.2)	1.97 (5.7)
	Ac Ext.	13.18 (46.5)	NS	0.48 (3.4)	0.12 (0.9)	0.15 (1.1)
	60%MeOH Ext.	17.81 (27.7)	11.60 (27.9)	8.10 (19.5)	1.27 (3.4)	2.84 (6.8)
	Residue	NS	15.48 (23.3)	4.92 (19.8)	1.55 (6.2)	2.91 (11.7)
	Total	59.33 (51.7)	27.08 (23.5)	17.05 (14.8)	3.70 (3.2)	7.87 (6.8)

\* [mg/gDS]  
\*\* (%), weight percent

表-5 アミノ酸, 中性糖組成および揮発性脂肪酸濃度

Amino acid	molar ratio (%)			weight percent (%)			
	Input	Temp.peak	Output	Sugar	Input	Temp.peak	Output
Asp	4.46	11.72	12.67	Rhamnose	37.32	32.93	36.73
The	9.47	5.22	5.86	Ribose	—	1.83	1.37
Ser	4.55	3.09	4.28	Mannose	17.28	17.46	16.07
Glu	8.68	13.08	11.62	Galactose	16.68	17.41	17.04
Gly	13.61	10.91	12.37	Xylose	5.79	5.32	5.36
Ala	16.88	12.78	11.28	Glucose	22.93	25.08	23.47
Val	11.80	10.47	13.80	Total	100.00	100.00	100.00
Met	2.26	1.93	3.03	(mg/gDS)			
Ile	5.00	0.61	0.55	VFA	Input	Temp.peak	Output
Leu	9.50	2.55	3.45	Ac	0.209	12.580	0.462
Tyr	3.03	8.19	7.04	Pr	—	1.828	—
Lys	6.22	14.52	8.53	n-But	0.066	0.421	0.229
His	1.38	1.41	1.21	i-Val	—	5.819	0.055
Arg	3.16	3.52	4.31	i-But	—	2.623	—
Total	100.00	100.00	100.00	Total	0.275	23.271	0.746

図-3 各分画液に対する阻害率

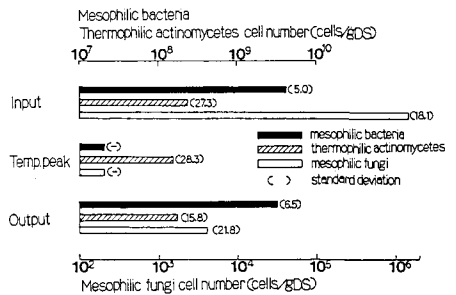
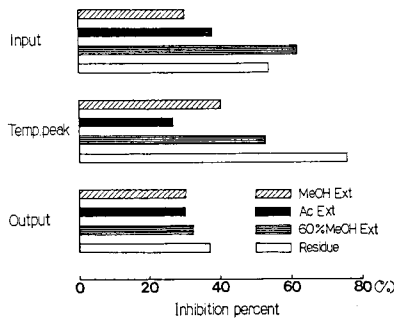


図-4 微生物数の推移

とがみられた。揮発性脂肪酸は, 投入時には少ないが温度ピーク時で大量に蓄積している。これは酸素の拡散状態の悪い部分で嫌氣的発酵が行われたためによるもので, 排出時には速やかに消失している。図-3は各画分について平板培地法で細菌に対して生物学的検定を行い, その阻害率を検討したものである。これによると投入時および温度ピーク時の60%メタノール画分, 残渣画分において著しい阻害効果が見られた。この結果と表-4の各画分の成分割合を対照すると阻害率とアミノ糖の割合がよく一致していることから, アミノ糖が阻害因子ではないかと推測される。図-4に微生物数の推移を示す。中温細菌は温度ピーク時で, 温度の失活によって $4.2 \times 10^6$  cells/gDS から  $2 \times 10^7$  cells/gDS と減り, 高温放線菌は発酵期間を通じてほぼ一定量存在していた。また排出時には中温細菌の復活が確認された。

4. おわりに; 発酵に伴い固形性基質の可溶化が生じ基質としてアミノ酸が分解され, 代謝物として蛋白質, 全糖類, アミノ糖が生成された。また各画分の成分割合と生物学的検定法による阻害率がアミノ糖が阻害因子ではないかと推測され, 中温細菌の熱失活と高温放線菌が一定量存在していることが本報告で確認された。