

肥料原料としての食品工業汚泥の成分調査

結城 修・南 直樹*・平野 譲**

Keywords: 食品工業汚泥; 成分分析; 肥料.

1 はじめに

近年, 食品産業をはじめとする各種の産業活動から多種多様な廃棄物が大量に発生しており, 最終処分場の逼迫など廃棄物の処理・処分に起因する問題が社会的関心を集めている. この解決のためには, 廃棄物を資源として再利用する資源循環型の経済社会システムの構築が必要とされている¹⁾.

平成5年度新潟県産業廃棄物実態調査報告書²⁾によると県内の食品工業から発生する有機性汚泥は99,000トン/年であり, 一部は再資源化されているが, 大部分は埋立処分

や焼却処分されており, 一層の再資源化が望まれる. 食品工業から発生するこれらの廃棄物は基本的には有害物を含まないと考えられることから, 肥料への利用が適当である.

製品としての肥料には肥料取締法等により, 肥効成分や重金属等の規制成分に基準値が定められている. 汚泥から肥料を製造する場合, 原料としての汚泥の成分分析は製品肥料の品質を予測する上で重要なことである. 著者らはこのような観点から食品工業汚泥の成分調査を実施し, 肥料原料としての評価を行ったので報告する.

表1 汚泥の成分調査実施事業所の概要

事業所No	事業内容	脱水機の種類	脱水助剤
1	肉製品製造業	ベルトプレス	PAC (ポリ塩化アルミニウム)
2	乳製品製造業	フィルタープレス	塩化第二鉄
3	エキス製造業	ベルトプレス	高分子
4	魚肉ハム・ソーセージ製造業	多重円板	高分子
5	水産練製品製造業	ベルトプレス	PAC
6	水産練製品製造業	ベルトプレス	高分子
7	農産保存食品製造業	ベルトプレス	高分子
8	農産保存食品製造業	ベルトプレス	高分子
9	農産保存食品製造業	ベルトプレス	PAC
10	漬物製造業	ベルトプレス	ポリ鉄
11	漬物製造業	ベルトプレス	PAC
12	味噌製造業	真空脱水	塩化第二鉄
13	食酢製造業	真空脱水	ポリ鉄
14	米菓製造業	フィルタープレス	塩化第二鉄
15	米菓等製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄
16	米菓製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄, 高分子
17	米菓製造業	多重円板	PAC, 高分子
18	米菓製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄
19	冷凍食品製造業	ベルトプレス	ポリ鉄, 高分子
20	惣菜製造業	ベルトプレス	高分子
21	惣菜製造業	多重円板	高分子
22	惣菜製造業	ベルトプレス	ポリ鉄
23	米飯製造業	ベルトプレス	高分子
24	餅製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄
25	餅等製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄
26	清涼飲料製造業	ベルトプレス	—
27	単体飼料製造業	ベルトプレス	塩化第二鉄, 高分子

*新潟県消防防災課, **新潟県六日町保健所

2 調査方法

県内の代表的な食品産業である米菓製造業、水産練製品製造業などの事業所から排水処理汚泥27検体を採取した。事業場の事業内容、脱水機の種類、脱水助剤の種類を表1に示した。脱水機の種類ではベルトプレスが20事業場で最も多く、次に多重円板3事業場、フィルタープレス2事業場、真空脱水2事業場の順であった。脱水助剤では高分子が12事業場で最も多く、次いで塩化第二鉄、PAC、ポリ鉄の順であった。

これらの汚泥を原料として、肥料の製造をする場合、製品としての肥料の品質は有機質肥料等推奨基準³⁾及び肥料取締法によりそれぞれ表2及び表3に示すとおり規定されている。したがって、これらの項目につき汚泥の成分分析を行った。分析方法については、含有試験は肥料分析法⁴⁾、溶出試験は環境庁告示第13号（昭和48年2月17日）によった。

表2 有機質肥料等推奨基準

品質表示	食品工業汚泥肥料	
	種類	定義
		食品工業排水をばっ気処理又は発酵処理して得られるもの及びその処理物
品質表示	基準項目	基準値
必要	有機物	乾物当たり 50%以上
	C/N 比	10以下
	N 全量	乾物当たり 2.5%以上
	リン酸(P ₂ O ₅)全量	乾物当たり 2%以上
	アルカリ分	乾物当たり 25%以下
不要	水分	現物当たり 30%以下
	Cu 含有量	乾物当たり 600mg/kg以下
	Zn 含有量	乾物当たり 1,800mg/kg以下

3 結果及び考察

3.1 成分分析結果の概要

汚泥の含有試験結果の一覧を肥効成分、規制成分、その他の成分につき表4に示した。肥効成分である有機物、C/N 比、C、N、リン酸、カリの平均値はそれぞれ82%、7.1、41%、6.5%、3.7%、0.56%であった。また、各成分間の相関係数を表5に示した。リン酸とカリ間など5組に有意水準1%で正の相関が、C/N 比とNの間に有意水準1%で負の相関が認められた。さらに、ClとCu間に有意水準5%で正の相関が、C/N 比とリン酸など3組に有意水準5%で負の相関が認められた。

3.2 肥料の基準値との比較

食品工業の汚泥から製造される特殊肥料には、表2に示した食品工業汚泥肥料の他に食品工業汚泥堆肥があり、これについても基準値が定められている。食品工業汚泥肥料は表2中の定義で述べたように食品工業排水をばっ気処理又は発酵処理して得られるものであるのに対して、食品工業汚泥堆肥は堆積腐熟の工程を経て製造されるものである。今回採取した排水処理汚泥は通常ばっ気処理されたものである。したがって、汚泥の成分分析結果を食品工業汚泥肥料の基準値と比較することとした。なお、表2の食品工業汚泥肥料の基準値は乾物当たりの数値であることから、汚泥の分析値は乾物当たりの数値を用いた。

3.2.1 肥効成分

肥効成分の分析結果をヒストグラムで表して、食品工業汚泥肥料の基準値との比較を行った。有機物のヒストグラムを図1に示した。全検体が有機物の基準値（50%以上）

表3 肥料取締法による基準

食品工業汚泥肥料			
(1) 含有量試験			
基準項目	基準値		
As 含有量	乾物当たり 500mg/kg 以下		
Cd 含有量	乾物当たり 5mg/kg 以下		
Hg 含有量	乾物当たり 2mg/kg 以下		
(2) 溶出試験（金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令）			
基準項目	基準値	基準項目	基準値
アルキル水銀化合物	検出されないこと	四塩化炭素	0.02mg/l以下
水銀又はその化合物	0.005mg/l以下	1,2-ジクロロエタン	0.04mg/l以下
カドミウム又はその化合物	0.3 mg/l以下	1,1-ジクロロエチレン	0.2 mg/l以下
鉛又はその化合物	0.3 mg/l以下	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4 mg/l以下
有機リン化合物	1 mg/l以下	1,1,1-トリクロロエタン	3 mg/l以下
六価クロム化合物	1.5 mg/l以下	1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/l以下
ヒ素又はその化合物	0.3 mg/l以下	1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/l以下
シアン化合物	1 mg/l以下	チウラム	0.06mg/l以下
PCB	0.003mg/l以下	シマジン	0.03mg/l以下
トリクロロエチレン	0.3 mg/l以下	チオベンカルブ	0.2 mg/l以下
テトラクロロエチレン	0.1 mg/l以下	ベンゼン	0.1 mg/l以下
ジクロロメタン	0.2 mg/l以下	セレン又はその化合物	0.3 mg/l以下

表4 食品工業汚泥含有試験結果

数値は乾物当たりの濃度である(水分を除く)。

数値は乾物当たりの濃度である（水分を除く）。

事業所No	肥 効 成 分							規 制 成 分					その他の成分				
	水分 (%)	有機物 (%)	C/N比	C (%)	N (%)	リン酸 (P ₂ O ₅)(%)	カリ (K ₂ O)(%)	アルカリ分 (%)	Cu (mg/kg)	Zu (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cl (mg/kg)	
1	87	83	5.3	39	7.4	4.9	0.59	<2.5	96	410	< 2	< 1	<0.1	<10	2,700	60	
2	82	86	5.5	41	7.5	2.7	0.26	<2.5	100	88	< 2	2	<0.1	55	41,000	280	
3	88	62	12	37	3.0	1.7	0.15	<2.5	12	150	< 2	< 1	<0.1	<10	2,200	190	
4	86	84	4.5	43	9.5	10	2.0	<2.5	76	280	< 2	< 1	<0.1	16	2,900	130	
5	85	81	7.9	41	5.2	1.8	0.17	<2.5	180	180	3	< 1	<0.1	<10	2,800	660	
6	87	92	6.5	50	7.7	2.2	0.28	<2.5	180	830	2	< 1	<0.1	19	4,300	30	
7	86	83	8.5	44	5.2	2.7	0.29	<2.5	22	240	< 2	< 1	<0.1	<10	2,000	150	
8	89	63	7.8	26	3.3	0.9	0.07	<2.5	23	160	4	1	<0.1	16	7,600	270	
9	80	84	5.4	39	7.2	4.8	1.2	<2.5	35	250	< 2	< 1	<0.1	<10	3,500	750	
10	81	89	4.8	45	9.4	2.4	0.36	<2.5	12	140	< 2	< 1	<0.1	<10	38,000	720	
11	84	81	6.0	39	6.4	3.1	0.55	<2.5	2000	130	< 2	< 1	<0.1	27	9,500	1,100	
12	84	88	6.4	43	6.7	3.7	0.96	<2.5	65	380	< 2	< 1	<0.1	18	25,000	240	
13	78	72	5.1	33	6.5	2.8	0.52	<2.5	86	1500	< 2	1	<0.1	27	37,000	110	
14	87	86	5.7	42	7.3	4.5	0.60	<2.5	39	190	2	< 1	<0.1	15	36,000	500	
15	87	80	5.7	39	6.8	5.5	0.65	<2.5	69	580	7	< 1	<0.1	<10	38,000	120	
16	87	76	5.8	35	6.1	2.0	0.48	<2.5	93	650	4	< 1	<0.1	18	91,000	360	
17	89	66	20	35	1.7	2.2	0.15	<2.5	26	240	< 2	< 1	<0.1	<10	2,000	50	
18	84	81	5.8	39	6.8	3.7	0.83	<2.5	73	70	< 2	< 1	<0.1	12	71,000	610	
19	91	89	6.6	43	6.5	4.0	0.32	<2.5	48	290	< 2	< 1	<0.1	<10	27,000	100	
20	85	95	15	60	4.0	1.2	0.20	<2.5	43	310	< 2	< 1	<0.1	<10	3,900	60	
21	80	88	6.1	49	8.0	3.8	0.47	<2.5	130	200	< 2	< 1	<0.1	<10	600	100	
22	86	85	5.3	42	7.9	5.1	0.81	<2.5	170	710	7	2	<0.1	35	28,000	80	
23	88	82	7.1	39	5.5	7.0	0.52	<2.5	60	490	< 2	< 1	<0.1	<10	2,500	10	
24	82	83	5.5	40	7.3	6.8	0.55	<2.5	93	450	3	< 1	<0.1	11	35,000	160	
25	81	87	5.8	42	7.2	4.5	0.44	<2.5	50	130	< 2	< 1	<0.1	<10	34,000	1,000	
26	74	95	6.5	42	6.4	1.0	0.18	<2.5	32	56	< 2	< 1	0.3	<10	5,400	60	
27	83	86	4.6	42	9.1	5.7	1.4	<2.5	23	160	< 2	< 1	<0.1	<10	41,000	620	
平均値	84	82	7.1	41	6.5	3.7	0.56		142	343					22,000	316	
最大値	91	95	20	60	9.5	10	2.0		2000	1500					91,000	1,100	
最小値	74	62	4.5	26	1.7	0.9	0.07		12	56					600	10	
変動係数(%)	5	10	48	15	29	57	77		264	90					105	99	

表5 成分間の相関関数

肥効成分						
	有機物	C/N比	C	N	リン酸	カリ
有機物	-					
C/N比	-0.360	-				
C	0.793**	0.091	-			
N	0.616**	-0.828**	0.290	-		
リン酸	0.172	-0.427*	0.020	0.556**	-	
カリ	0.186	-0.454*	0.036	0.617**	0.787**	-
規制成分等						
	Cl	Cu	Zn	Fe		
Cl	-					
Cu	0.476*	-				
Zn	-0.403*	-0.085	-			
Fe	0.261	-0.105	0.167	-		

**：有意水準1%で相関関係あり

*：有意水準5%で相関関係あり

を満足し、最大頻度は80%以上90%未満であった。C/N比のヒストグラムを図2に示した。C/N比の基準値(10以下)を満たさない検体は3検体であり、最大頻度は4以上6未満であった。Nのヒストグラムを図3に示した。Nの基準値(2.5%以上)に達しなかった検体は1検体であり、最大頻度は6%以上8%未満であった。リン酸のヒストグラムを図4に示した。リン酸の基準値(2%以上)に達しなかった検体は5検体であり、基準値を満たした検体の大部分は2%~5%の範囲であった。カリのヒストグラムを図5に示した。最大頻度は0.4%以上0.6%未満であった。なお、食品工業汚泥肥料にはカリの基準値は規定されていない。

3.2.2 規制成分

Cuについては、漬物製造業の1検体が基準値(600mg/kg以下)を超過した。この原因の可能性として、漬物等の着

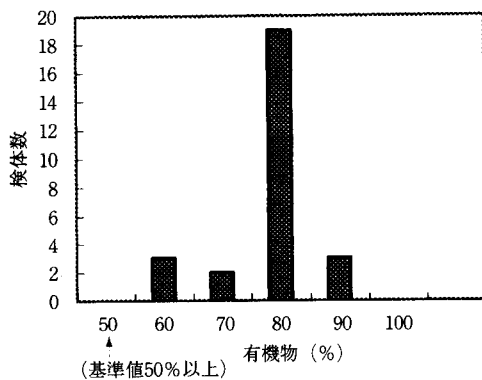


図1 有機物のヒストグラム

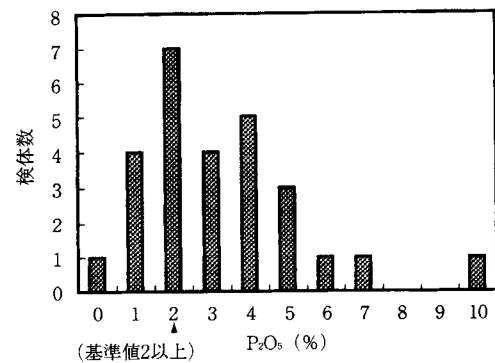


図4 リン酸のヒストグラム

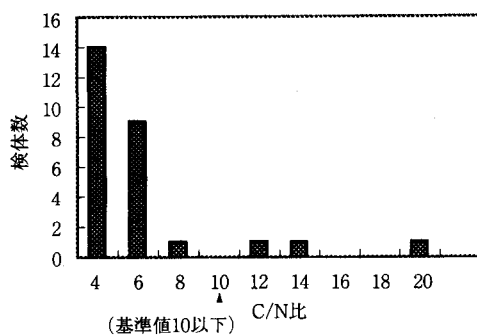


図2 C/N比のヒストグラム

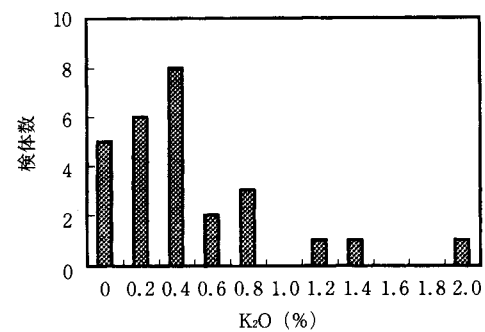


図5 カリのヒストグラム

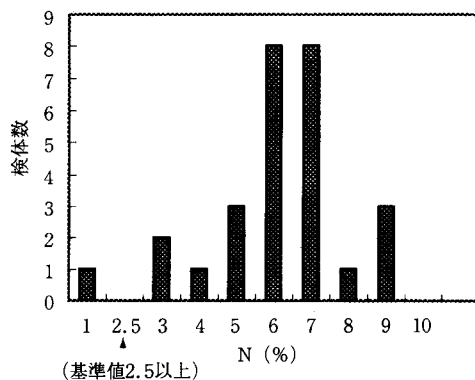


図3 Nのヒストグラム

色に使用される銅クロロフィル色素との関連が考えられた。その他の重金属 Zn, As, Cd, Hg については全検体が基準値を満足した。なお、アルカリ分についても全検体が基準値を満足した。溶出試験は検出可能性のある金属 (Hg, Cd, Pb, Cr (VI), As, Se) について実施したが、その結果はすべて検出されず、溶出基準値を満足した。

3.2.3 その他の成分

Pb, Cl は基準値が規定されていないが、高濃度に含有することは肥料原料として好ましくないため、確認のため測定した。Pb の最大値は55mg/kg であり、一般土壌中の Pb の平均値 (範囲) である10mg/kg (2~200mg/kg)⁵⁾ と比較しても特に高濃度ではない。汚泥の Cl の平均値は

320mg/kg、最大値は1100mg/kg であり、食品産業の汚泥であることから、一般土壌中の平均値100mg/kg⁵⁾ より高い傾向であった。なお、脱水助剤として、塩化第二鉄又はポリ鉄を使用している事業所の汚泥の Fe 濃度は数万mg/kg のオーダーであった。

前に述べた肥効成分、規制成分の基準適合状況を総合すると、調査した27検体のうち20検体が食品工業汚泥肥料の基準値を満足していた。このように、食品工業から発生する汚泥は肥効成分を豊富に含み、有害重金属については安全性が高いことを裏付ける結果であった。食品工業汚泥肥料の現物の水分は30%以下 (表2) と規定されている。一方、排水処理汚泥の水分は平均84% (表4) であるので、水分30%以下に乾燥させれば、大部分の排水処理汚泥は食品工業汚泥肥料になり得る。

3.3 主な業種別汚泥成分の特徴

調査を行った事業場のうち、使用原料が比較的似かよっていると思われる4業種毎の汚泥中肥効成分の平均値等を表6に示した。これらのデータを比較すると相対的に次のことがいえる。水産練製品製造業は、有機物は高いがカリが低い傾向であった。漬物製造業は、N が高く C/N 比が4業種の中で最も低くなった。米菓製造業は、有機物が低くカリが高い特徴であった。米飯・餅製造業はリン酸が4業種の中で最も高かった。

3.4 食品工業汚泥と他の有機質資材との比較

肥料原料としては食品工業汚泥以外にも各種の資材があるが、ここでは、食品工業以外の事業活動から発生する汚

表6 主な業種別肥効成分の平均値

業 種	有機物(%)	C/N比	N(%)	リン酸(%)	カリ(%)
水産練り製品製造業(n=2)	87	7.2	6.5	2	0.23
漬物製造業(n=2)	85	5.4	7.9	2.8	0.46
米菓製造業(n=5)	78	8.6	5.7	3.6	0.54
米飯, 餅製造業(n=3)	84	6.1	6.7	6.1	0.50

泥として下水汚泥を, また, 単一な素材として家畜ふんを取り上げ, 食品工業汚泥と比較することにより, 食品工業汚泥の特徴を明らかにする. 下水脱水汚泥⁶⁾, 家畜ふん⁷⁾の成分の文献値を表7に示した. この値と食品工業汚泥含有試験結果(表4)より, 食品工業汚泥は次の特徴がある.

肥効成分については, 下水脱水汚泥に比べて有機物が多く, N, リン酸, カリはほぼ同程度である. また, 家畜ふんと比べると, Nが多くてC/N比が小さくなり, カリが鶏ふんより少ない. 重金属については, 下水脱水汚泥に比べて全般的に少ない. 食品工業汚泥は多くの検体で重金属含有量は少ないが, 今回の調査では1検体がCuの基準値を超過しており, 肥料原料としての使用に当たっては, 安全を期して, 重金属含有量の確認が必要である.

4 ま と め

県内の米菓製造業等の食品工業の事業所から排水処理汚泥を採取して, 肥効成分, 重金属等の規制成分を分析し, 肥料の基準値と比較することにより, 肥料原料としての評価を行った. その結果, 調査した27検体のうち20検体が食

表7 下水汚泥, 家畜ふんの成分の文献値

種 類	有機物 (%)	C/N比	N (%)	リン酸 (%)	カリ (%)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
下水脱水汚泥	65.4	6.9	4.7	5.3	0.3	240	872	6.4	2.1	0.88
牛ふん	72.6	23	1.8	2.7	0.7	-	-	-	-	-
豚ふん	80.9	11	3.9	4.8	0.4	-	-	-	-	-
鶏ふん	72.9	9	4.6	8.6	2.3	-	-	-	-	-

品工業汚泥肥料の基準値を満足し, 食品工業から発生する汚泥は肥効成分が豊富であり, 一部試料を除いて重金属含有量に関しても安全性が高いデータが得られた.

文 献

- 1) 環境庁:平成9年度版環境白書, p.209 (1997).
- 2) 新潟県環境保健部:新潟県産業廃棄物実態調査報告書(平成5年度値) (1995).
- 3) 全国農業協同組合中央会:有機質肥料等推奨基準(民間基準) (1994).
- 4) 越野正義編著:第二改訂詳解肥料分析法, (株)養賢堂, (1998).
- 5) 半谷高久監修:日本環境図譜, 共立出版, p.111 (1983).
- 6) 下水汚泥緑農地利用マニュアル調査専門委員会:下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル, 下水汚泥資源利用協議会, p.86 (1996).
- 7) 有機質資源化推進会議編:有機廃棄物資源化大事典, (社)農産漁村文化協会, p.335 (1997).