

食品工場廃液の処理と利用に関する研究

余剰活性汚泥について

赤木盛郎・山田哲也[※]・谷田孝雄^{※※}

Treatment and Utilization of Waste Liquor Produced in Food Plants On the Activated Sludge

Morio AKAKI, Tetsuya YAMADA[※] and Takao TANIDA^{※※}

緒 言

1914年活性汚泥法が開発されて以来、同法が有機性廃水の処理に広い適応性をもち、操作が順調に行われれば、高い浄化効果がえられることが明らかにされた。現在では多くの産業、とくに食品工場において有機物を多く含む工場廃水や、生活廃水の処理に広く採用されている。しかしながらこの方法による廃水浄化は副次的に多量の余剰スラッジを生ずるばあいが多く、その再処理法として工場で専用燃焼炉による焼却とか埋立てによる廃棄処理が行われている。環境規制の強化に伴い、廃水処理法として活性汚泥法を採用する工場が激増し、余剰スラッジの増加とともにその再処理、利用法が重大な問題となっている。

筆者らは、食品工場においては、その廃液成分の相当部分がそれぞれの食品原料の流失に起因するものであることに着目し、また活性汚泥法が曝気操作に相当量の動力を必要とすることと考え合せ、生じた食品工場の余剰スラッジを単に廃棄するのではなく何らかの利用価値を見出すことができるならば、この方法の方向性を再検討する必要も生ずるはずである。これらの総合的見地から、主として飼料、タンパク源としての利用面の検討を行う基礎資料をえるために、本報では余剰スラッジ成分分析を行った結果を報告する。

※三重大学
※※中塾酢店

実験の部

1. 実験材料および実験方法

1・1 食品工場の廃水処理の概要

余剰スラッジの採取は食品工場を対象として、コーンスターチ工場3社、製菓工場、みそ工場、しょうゆ工場各1社であり、夏、秋、冬の三季に採取した。

各工場の廃水処理の基本的な工程は、最初沈澱池→曝気槽→最終沈澱池→排水、であり、いずれの工場もほぼ類似の方式であるが、Table 1に示したように、廃水の種類、曝気方法、凝集剤使用の有無などの点で多少異なっている。

Table 1. 廃水処理の概要

		廃水種類	曝気方法	凝集剤
コーンスターチ工場 A		洗 浄 水		+
B		濃縮冷却水		+
C				-
醸 造 工 場	味 噌	原料浸漬水 洗 浄 水 煮 汁	ブローア-式	+
	醬 油	原料浸漬水 洗 浄 水		+
製 菓 工 場		洗 浄 水	表面曝気式	+

廃水の種類については、食品工場では原料の浸漬水、洗浄水が主なものであった。本研究での製菓工場においては、冬期と夏期とで主製品が異なるため廃水の成分に多少変動があると考えられる。

曝気方式については、製菓工場では表面曝気式を採用していたが、他はブローア-式を用いていた。表面曝気式を採用するばあいは、冬期に温度低下の影響を受けやすいようであった。

活性汚泥法を成功させるには最終沈澱池で活性汚泥と処理水の分離が非常に重要である。それで活性汚泥の沈降性をよくするための凝集剤を添加している工場が多かった。

1・2 試料の調製

各工場から採取した余剰スラッジ（水分85～90%）は、減圧乾燥器を用いて90℃で乾燥させ、粉碎し、40 meshの篩を通して試料を調製した。

1・3 分析方法

試料の分析は主として京都大学農芸化学教室編、農芸化学実験書を参考にして行った。

粗脂肪：ソックスレー抽出法により求めた。

粗タンパク質：ケールダール分解法により総窒素を測定し、6.25を乗じて求めた。

純タンパク質：バルンスタイン法¹⁾により求めた。試料を乳針でよく磨碎し、0.4 gを200 mlのビーカーに精秤し、つぎに水40 mlを加え加熱し沸騰するまでよく攪拌した。6%の硫酸銅溶液10 mlを加え、さらに1.25%水酸化ナトリウム溶液を10 ml加えよく攪拌し、水酸化銅を生成させると同時にタンパク質を回収した。すなわち静置後上澄み液をろ紙にあげ、沈澱に水を加えて静置し、傾斜ろ過を5回以上くり返し、銅イオンまたは硫酸イオンの反応がほとんどなくなったら沈澱を全部ろ紙にそそいだ。その後沈澱を水で数回洗浄した。沈澱とろ紙は乾燥後、粗タンパク質と同様にケールダール分解法により総窒素を測定し、6.25を乗じて求めた。

リン酸：Allen法²⁾による灰化とモリブデンブルーの比色定量法により行った。試料8 mgを精秤し30 mlの分解ビンに入れ60%の過塩素酸40 mlを添加後、マイクロケールダール分解装置で、火炎が分解ビンの約1 cm程下になるような比較的弱い炎で加熱分解した。液は褐色となり白い煙が分解ビンを環流するようになり無色透明になるまで加熱した。(褐色が消えないばあいは、一時冷却し30%の過酸化水素水を1滴加え再び加熱した。)無色となった後も数分間加熱し完全に過酸化水素を除いた。放冷後少量の蒸留水を加え、沸騰湯浴上で15分加熱しピロリン酸を完全に正リン酸に変えた。再び放冷後、定量的に50 mlのメスフラスコに移し、Amidol試薬4 ml、モリブデンアンモニウム液2 mlを加え、水で50 mlにして直ちに混和した。20~25℃の湯浴中に5分保ち発色させ室温で10~15分放置後、日立分光光度計を用い750nmで測定した。ブランクとして60%過塩素酸4 ml、Amidol試薬4 ml、モリブデンアンモニウム液2 mlを加え、水で50 mlにメスアップし混和して用いた。

リン酸測定のため作製した標準曲線はFig. 1の如くであった。

水分、灰分の測定：常法に従った。

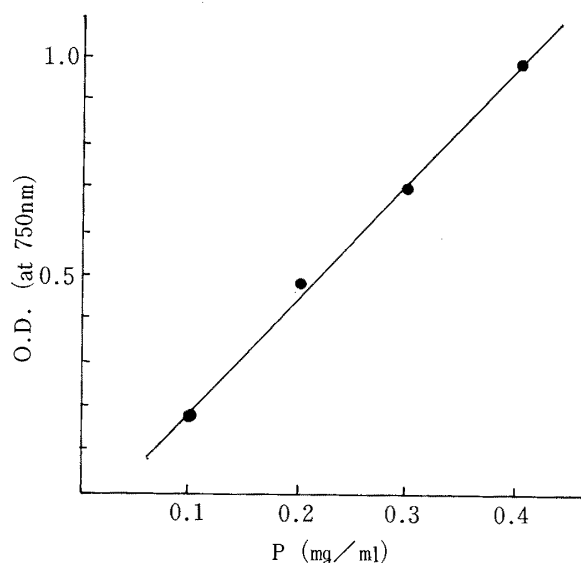


Fig. 1. Standard Curve for Phosphorus.

2. 実験結果ならびに考察

2・1 余剰活性スラッジの一般分析

各試料についての分析結果をTable 2 に示した。

Table 2. Proxymate Analysis of Activated Sludge Produced in Food Plants. (dry weight%)

	Date	N %	Protein%	Fat%	P ₂ O ₅ %	Ash%	Coagulant	
Corn starch Plant A	Jun.26	8.53	53.7(46.4)	0.70	6.19	11.8	+	
	B	Jun.25	7.78	48.6(32.8)	0.78	8.88	26.1	+
		Jul.17	7.35	45.9(42.9)	0.73	9.84	23.9	+
		Nov.20	8.36	52.3(45.8)	0.60	6.47	19.8	+
		Jan.24	8.06	50.3(41.1)	0.66	8.84	19.3	+
		C	Jul. 9	9.89	61.8(51.5)	0.71	5.22	7.6
	Nov.19		9.66	60.4(48.0)	1.41	5.49	8.6	-
	Jan.27		9.70	60.6(51.0)	1.17	4.64	7.7	-
	Confectionery Plant	Jul. 3	7.49	46.8(41.3)	0.90	2.27	14.3	+
Oct.16		8.23	51.4(44.5)	0.67	4.20	16.8	+	
Nov.26		7.88	49.3(45.0)	0.59	3.90	16.7	+	
Jan.25		5.57	34.8(31.8)	1.41	3.47	15.0	+	
Fermentation Plant	MISO	Oct.25	7.05	44.0(40.0)	0.75	6.17	19.1	+
		Nov.28	7.26	45.3(39.5)	1.17	6.33	18.6	+
		Jan.29	8.29	51.8(32.7)	1.17	4.93	21.4	+
	SOJA	Oct.28	4.66	29.1(26.6)	0.93	5.95	48.6	+
		Dec. 2	4.80	30.3(25.8)	1.23	4.52	47.7	+
		Jan.29	6.47	40.4(27.5)	1.37	3.71	47.2	+

() : by Barnstein's Method.

粗タンパク質含量についてみると、コーンスターチ工場Cの余剰スラッジが61%の値を示し、最低ではしょうゆ工場の余剰スラッジの29%であった。これら以外の工場の余剰スラッジでは大体50%前後の値を示した。灰分を除いて計算してみると、コーンスターチ工場の余剰スラッジは3社とも60~66%と同程度の値を示した。また製菓工場、しょうゆ工場の一部の値を除き、コーンスターチ工場以外の食品工場の余剰スラッジでは54~65%の値となりかなり良い値を示し、いずれの余剰スラッジもほぼ同程度のタンパク質含量を示すことがわかった。

これらの値は、酵母 (*Torula*) の58%や大豆粕の57%³⁾ と比較してみても十分高い値といえる。またほとんどの余剰スラッジで純タンパク質が粗タンパク質の80%以上を占めていた。

余剰スラッジのタンパク質源としてのリサイクルを考えるには灰分量が問題となろう。従って、コーンスターチ工場Cのように凝集剤の添加なしに廃水処理を行うことが望ましい。このばあい事実灰分は8%と少なかった。また前述のように余剰スラッジのリサイクルの観点からは凝集剤自身も問題となろう。

粗脂肪含量はいずれの余剰スラッジでもほぼ1%前後であった。

リン酸はコーンスターチ工場Bの余剰スラッジに多く含まれており、この工場の余剰スラッジでは季節的な一部を除き8%以上であり、酵母 (*Torula*) の7.7%を上まわる値を示した。他の工場の余剰スラッジでは2~6%の値であった。

灰分では、しょうゆ工場の余剰スラッジの値が非常に高い値となったが、その原因の一つは食塩の混入があるのではないと思われる。

以上これら一般分析の結果は、星野ら³⁾の大豆製油工場や酵母工場のスラッジの分析値と類似していた。

2・2 活性汚泥法余剰スラッジ成分の季節的変動

余剰スラッジの再利用を考えるばあい、年間を通じてスラッジ成分に変動が少ないことが望ましいので、季節の変化に伴うスラッジ成分の変動を調べた。余剰スラッジの採取は夏、秋、冬の三季に行った。結果はFig. 2に示した

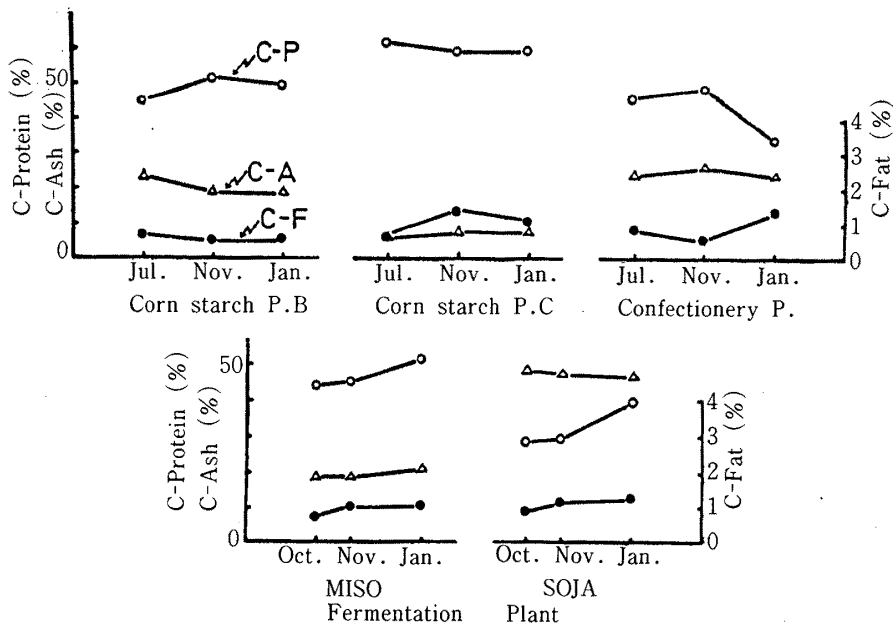


Fig. 2 Seasonal Variation of Activated Sludge Components in Food Plants. (dry weight%)

コーンスターチ工場の余剰スラッジでは採取時期による変動はほとんどみられなかったが、製菓工場の余剰スラッジは冬季においてタンパク質含量の低下がみられた。この製菓工場では冬期と夏期において生産する製品が異なるため、廃水の成分が変動しているのが主な原因であると思われる。前述のように製菓工場のみ曝気法として表面曝気式を採用しており、これは他の工場で行っているブローア式が冬期においても曝気槽での温度低下がみられないのに反し、

外気の温度の影響をうけやすく、冬期に温度低下を招きやすいことも原因の一つではないかと考えられる。

以上のように多くの工場の余剰スラッジは年間を通じてほとんど変動がなく、成分的にもすぐれており、とくにコーンスターチ工場Cのように、凝集剤を使用せず灰分の少ない余剰スラッジは第一に再利用への道が開かれるものと考えられる。

つぎに食品工場の余剰スラッジについて肥料面の検討、考察を行った。とくに魚粉や大豆粕⁴⁾との比較をTable 3に示した。

Table 3. Comparison Nitrogen and Phosphate Content of Activated Sludge with organic Fertilizer.

	(dry weight %)		
	N%	P ₂ O ₅ %	N+P ₂ O ₅ %
Corn starch Plant A	8.53	6.19	14.72
B	7.89	8.51	16.40
C	9.75	5.12	14.87
Fermentation Plant			
MISO	7.53	4.73	12.26
SOJA	5.31	3.46	8.77
Confectionery Plant	7.87	5.81	13.68
Fish meal	8.02	6.93	14.95
Soy bean	6.67	1.48	8.15

窒素含有量は、しょうゆ工場の余剰スラッジ以外は、全て大豆粕のそれを上まわり魚粉の値に匹敵する値を示し、リン酸含有量でも大豆粕の値より全ての工場の余剰スラッジが上まわった。

魚粉の肥粉としての公定規格値（窒素、リン酸、窒素+リン酸）と比較すると、しょうゆ工場の余剰スラッジを除き、他の工場の余剰スラッジはこの規格を満足していた。

以上のように肥料として成分的には十分価値のあることがわかった。

山下、吉田らは、醸酵工場や食品加工工場のスラッジについて、土壤に施用したばあいの分解状況⁵⁾や、肥効に及ぼす凝集剤の影響⁵⁾についての検討を行っている。また、栗原⁶⁾も食品・醸酵工業など天然物加工業種のスラッジについては有害成分混入の危険性も少ないと述べている。

2・3 廃水の元素分析

各工場より曝気槽流入直前の廃水を採取し、減圧濃縮後凍結乾燥してえた試料について元素分析を行った。結果はTable 4に示した。

Table 4. Elemental Analysis of Liquid Waste.

	N %	C %	C / N
Corn starch P.B	3.21	26.55	8.27
C	8.45	37.23	4.41
Fer. P. MISO	0.98	19.27	19.66
SOJA	1.80	17.51	9.73
Confectionery P.	0.72	35.95	49.93

工場廃水のC/N比の相違が曝気槽内の生物相に影響をおよぼし、ひいてはスラッジ成分にも変化を与えるのではないかと考えこの分析を行った。しかし食品・発酵工場のC/N比は4.4～49.9と大きな差があるにもかかわらず、それぞれの余剰スラッジ成分には、Table 2 に示したようにそれ程大きな差はみられなかった。その理由として、製菓工場では曝気槽において窒素源を添加しある程度炭素とのバランスをとっているためと考えられた。

要 約

廃水処理に Activated Sludge Process を採用している食品工場の余剰スラッジが、主に生物体から成ることに着目し、その利用価値をみ出すため、余剰スラッジの一般分析および成分の季節的変動などを調べた。

- 1) 一般分析の結果、乾物中にタンパク質は29～61%、リン酸2～9%、灰分7～26% (しょうゆ工場のスラッジは47%)、粗脂肪1%前後が含まれていた。
- 2) 余剰スラッジ成分の季節的変動を調べたが変動はほとんどみられなかった。
- 3) 余剰スラッジの成分を、肥料として用いられる魚粉や大豆のそれと比較した結果、それらの窒素、リン酸含量と同程度あるいはそれ以上の含量を示す余剰スラッジのあることがわかった。
- 4) 廃水中のC/N比は、工場の種類によって大きな差があるにもかかわらず、余剰スラッジの成分組成にはそれほど差異はなかった。

本研究の一部は日本農芸化学会中部支部第72回例会において発表した。

文 献

- 1) 小野哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之: 食品分析ハンドブック, 建帛社, 1969, p.45
- 2) R.J.L. ALLEN: *Biochem. J.* 34, 858 (1940)
- 3) 星野直司, 松尾俊樹, 小野英男: 食品工試, 16, 87 (1969)
- 4) 奥田 東: 肥料学概論, 養賢堂, 1973, p.331
- 5) 山下 弘, 吉田 環: 日本土壤肥料学会講演要旨, 1973, p.140
- 6) 栗原 淳: 日本土壤肥料学会講演要旨, 1974, p.141