ディスポーザ排水処理研究のための 合成モデル排水の検討

Design of Synthetic Wastewater to Study the Microbiological Treatment of Wastewater from Disposer System

竹崎義則¹、高木敏宏¹、清水康利¹、大坪貞視²

¹東陶機器(株)／〒802-8601 福岡県北九州市小倉北区中島二丁目1-1

²新潟県農業総合研究所 食品研究センター／〒959-1381 新潟県加茂市新栄町2番25号

YOSHINORI TAKEZAKI¹, TOSHIHIRO TAKAKI¹, YASUTOSHI SHIMIZU¹, and SADAMI OHTSUBO²

¹TOTO LTD./2-1-1 Nakashima, Kokurakita-ku, Kitakyusyu, 802-8601, Japan

²Niigata Prefectural Food Research Center/2-1 Shin-ei cho, Kamo, Niigata 959-1381, Japan

Abstract

The Disposer has gone heralded the disposer's wastewater treatment systems form by public, and is expecting an increase of the setting number. The synthetic wastewater, that is composed of glucose, potato starch, soybean oil and cellulose, was designed for the basic study of the treatment of wastewater from disposer system.

Key words : disposer, garbage, recycle, unit, wastewater treatment

1. はじめに

現在、家庭から発生するごみのうち、ビン、缶、ペットボトル、新聞紙などはリサイクル体制が整い始めているが、生ごみは紙ごみやビニールくずと混在され、一般ごみ（可燃ごみ）としてごみ収集車で回収後、焼却処分されている。一方で、一般ごみの場合はそのごみ出しや保管に際し、生ごみに起因する液だれや悪臭、犬・猫・カラスなどによるごみの散在といった衛生上の問題を抱えている。また、事業所から発生する生ごみは、旧来、豚などの飼料として有効利用されていたが、現在は、そのまま飼料化されている量は少なく、その大部分は焼却処分されているのが現状である。更に、平成12年に食品系廃棄物リサイクル法が制定された結果、今後は肥料や飼料へのリサイクルが進むことが予想され、生ごみの処理、運搬、再利用のシステムを構築しようとする機運が高まっている。生ごみリサイクルの一つの方策として台

所や厨房にディスポーザを設置して生ごみを処理する方法が注目を浴びている。しかし、日本では長年、ディスポーザの設置は建設省の要請により自粛されていた。都市部の下水処理施設は尿尿や雑排水と同時に雨水も流入する合流式であるため、降雨時に生ごみ粉碎排水が処理されずに河川や海洋に放流される懸念があること、下水処理施設への流入負荷が高くなり処理施設の処理能力がその限界を超えるおそれがあることがその理由である。

ところが、平成6年から平成8年にかけて建設省は総合技術開発プロジェクト「ディスポーザによる生ごみリサイクルシステム」を実施し、我が国に適したディスポーザの設置条件について検討を行った。その結果、ディスポーザから排出された生ごみ粉碎排水を専用排水配管から經由して排水処理施設で処理した後に排水を下水道へ放流するシステムであれば設置が認められることになった。これに付随して、ディスポーザ排水処理施設の検討・設計に必要な標準生ごみ組成とディスポーザ排水負

荷原単位も『総合技術開発プロジェクト』において新たに設定されている^{1)~3)}。しかしながら、標準生ごみは実際のごみ成分を混合して調製するため¹⁾、調製が煩雑であり、かつ調製物のバラツキも避けることができないため、デイスポーザ排水処理に関する基礎実験に適した基質であるとは言い難い。そこで本研究では、標準生ごみの成分分析を行い、その結果に基づいてデイスポーザ排水用の合成モデル排水の検討を行った。以下にその結果を報告する。

2. 分析方法

2.1 分析試料の調整

分析試料として使用した標準生ごみは建設省の『総合技術開発プロジェクト』で設定されたものであり、その組成をTable 1に示した。

家庭から発生する生ごみを粉碎したデイスポーザ排水の負荷原単位は、生ごみ量 $250\text{g} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$ 、水量 $5\text{l} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$ であり、一方、事業所の場合は、生ごみ 1kg を粉碎するのに 20l の水が必要であることが知られている¹⁾。

本研究においては、標準生ごみ 50g をデイスポーザに投入・破碎した後、蒸留水を 1l 加えて破碎物を全量容器に受け、これを分析試料とした。分析の前に、家庭用ミキサーで10分間、次いで超音波破碎機で10分間破碎処理を行った。

Table 1 Components of Standard Garbage

Material	Wet Weight(g)	Ratio(%)
Carrot	45	18
Cabbage	45	18
Banana Peel	25	10
Apple	25	10
Grapefruit Peel	25	10
Bone of Chicken	20	8
Fish	25	10
Eggshell	5	2
Rice	25	10
Used Tea Leaves	10	4
Total	250	100

2.2 定量分析方法

2.2.1 澱粉質定量

澱粉質は、全糖と可溶性糖をフェノール硫酸法によって分析し、それらの差分をとることで算定した^{4),5)}。

全糖分析では⁴⁾、分析試料 0.5ml に蒸留水 4.5ml を加え、湯煎にて15分間加熱して澱粉質を可溶化した後、室温まで冷却した。次に、60%過塩素酸 5ml を添加し、室温で20分間適宜攪拌しながら抽出した後、蒸留水 20ml 添加した。 $3,000\text{rpm} \times 10$ 分間の遠心分離によって上清を回収した後、沈殿物に60%過塩素酸を等量(2.5ml)添加して再抽出を行った。2回の抽出で回収した上清を混合し、蒸留水を加えて容量を 50ml に調整した後、フェノール硫酸法による分析に供した。ブドウ糖を標準物質として、試料中の全糖量を OD_{490} の比色法により定量した。

可溶性糖分析では⁵⁾、分析試料 0.5ml に80%エタノール水溶液 25ml を添加し、一晚攪拌した後、 $3,000\text{rpm} \times 10$ 分間の遠心分離により上清を回収した。容量を蒸留水で 30ml に調整し、この試料をフェノール硫酸法による分析に供した。澱粉質含量は、下記の式で算定した。

$$\text{澱粉質}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = (\text{全糖}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) - \text{可溶性糖}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})) \times 0.9$$

2.2.2 蛋白質定量

蛋白質定量分析は、Lowry法⁶⁾に従った。

分析試料 0.5ml に 1N 水酸化ナトリウム水溶液 0.25ml を添加して 100°C 、10分間加熱することで水に不溶な蛋白質を溶解し、炭酸ナトリウムアルカリ性水溶液(2%炭酸ナトリウム水溶液 50ml を0.5%硫酸第二銅・五水和物、1%クエン酸ナトリウム混合水溶液 1ml に添加して調整)を 2ml 添加して10分間静置した後、 1N Folin試薬 0.25ml を添加して混合・発色させた。30分間の静置後、牛血清アルブミンを標準物質($10 \sim 100\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)として OD_{750} で比色定量した。

2.2.3 脂質定量

脂質定量分析は、Bligh-Dyer法⁷⁾に従った。

分析試料 25ml にクロロホルム-メタノール(1:2) 94ml を加え、1時間攪拌した後、 $3,000\text{rpm} \times 10$ 分間の遠心分離によって上澄みを回収した。上澄み液を分液ロートに移し、クロロホルム 30ml と蒸留水 30ml を加えて二相分離させ、クロロホルム層を分取し、ロータリーエバポレータで減圧下、濃縮乾固した。乾固物にクロロホルム-メタノール(1:2)溶液約 1ml 、クロロホルム約

1 mlを加えて順次溶出させながら脂質分を回収し、あらかじめ恒量した秤量瓶に移した後、デシケータ内で6時間以上吸引してクロロホルムを除去し、秤量により油脂量を定量した。

2. 2. 4 繊維質定量

繊維質の分析は、クロロホルム-メタノール溶液による脂質抽出後の残渣を試料として、デタージェント法⁸⁻¹⁰⁾に準じて行った。

すなわち、各試料についてセルロース、ヘミセルロースとリグニンの総量であるNDF (Neutral detergent fiber) 値、セルロースとリグニンの合計量であるADF (Acid detergent fiber) 値、およびリグニン量を測定し、これらの値に基づいてセルロース、ヘミセルロースとリグニンの各量を算出した。

NDF値の測定は、以下の手順でおこなった。脂質抽出後に残った水層約80mlを5分間煮沸して、澱粉質を溶解した。次に、70 mMリン酸緩衝液 (pH6.8) 30 mlを加え、1% α -アミラーゼ水溶液20 mlと3 M塩化ナトリウム0.4 mlを加えて37℃、30分間で澱粉質を酵素分解した。遠心分離 (3,000rpm、10min) により残渣を回収して、中性デタージェント溶液 (SDS, 30g; EDTA・2 Na, 18.61g; Na₂B₄O₇・10H₂O, 6.81g; Na₂HPO₄, 4.56g; 2-ethoxy-ethanol, 10ml) 100mlに懸濁し、亜硫酸ナトリウム0.5gとデカヒドロナフタレン2 mlを加えて60分間煮沸した。煮沸後、試料をガラス繊維ろ紙で吸引ろ過し、ガラス繊維ろ紙上の残渣を加熱蒸留水で洗浄した後、アセトンで2回洗浄して風乾し、105℃で乾燥させて秤量した。さらに500℃で6時間加熱し、得られた灰分を秤量した。NDF値は下式により算出した。

$$\text{NDF}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \frac{[105^\circ\text{C乾燥重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})] - [\text{灰分重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})]}{100}$$

ADF値の測定は、以下の手順で行った。脂質抽出後の残渣に酸性デタージェント溶液 (20g・l⁻¹セチルトリメチルアンモニウムブロミド; 1 N H₂SO₄) 100mlとデカヒドロナフタレン2 mlを加えて、60分間煮沸した。煮沸後、試料をガラス繊維ろ紙で吸引ろ過し、ガラス繊維ろ紙上の残渣を加熱蒸留水で洗浄した後、アセトンで2回洗浄して風乾し、105℃で乾燥・秤量した。さらに500℃で6時間加熱し、灰分を得た。ADF値は下式により算出した。

$$\text{ADF}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \frac{[105^\circ\text{C乾燥重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})] - [\text{灰分重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})]}{100}$$

リグニンの測定は、以下の手順で行った。ADF値測定時に調製したアセトン洗浄ガラス繊維ろ紙を20mlの

72%冷硫酸水溶液中に浸して4時間攪拌し、その後、ガラス繊維ろ紙上の試料を蒸留水で洗い流して回収した。次いで、回収した懸濁液の容量を400mlに調整してから室温で一晩放置した。懸濁液をガラス繊維ろ紙で吸引ろ過し、熱水で試料を洗浄後、105℃で乾燥し、秤量した。さらに500℃、6時間の加熱により灰分を得て、リグニン値を下式により算出した。

$$\text{リグニン}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \frac{[105^\circ\text{C乾燥重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})] - [\text{灰分重量}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})]}{100}$$

NDF値、ADF値とリグニン値から、それぞれ以下の算出式により、各繊維量を求めた。

$$\text{セルロース}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \text{ADF}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) - \text{リグニン}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})$$

$$\text{ヘミセルロース}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \text{NDF}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) - \text{ADF}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})$$

$$\text{リグニン}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1}) = \text{リグニン}(\text{g} \cdot \text{l}^{-1})$$

2. 2. 5 灰分定量

標準生ごみ250gを予め恒量した秤量瓶に移し、乾燥機で105℃、24時間乾燥させた。秤量瓶を取り出してデシケータ内で30分間放冷した後、乾燥重量を秤量し、次に、加熱炉で650℃、2時間加熱させた。加熱後、常温まで冷却させ、灰分を含む秤量瓶を秤量し、予め恒量した秤量瓶の重量との差分から灰分重量とした。

3. 結果および考察

3. 1 標準生ごみの成分分析結果

標準生ごみについて澱粉質、蛋白質、脂質、可溶性糖、繊維質 (セルロース、ヘミセルロース、リグニン) の定量分析結果をTable 2に示す。水分は、標準生ごみ湿重量から各成分値の合計を差し引いて求めた。定量分析は3回行い、表にはその平均値を示した。

標準生ごみに含まれる成分は、蛋白質が28.7% (乾燥重量比) と最も多く、次いで、脂質、可溶性糖の順であったが、蛋白質、脂質と可溶性糖の量は同程度であった。また、SSの原因物質となる繊維質は全体の9.4%であり、内訳はセルロース、ヘミセルロースとリグニンがそれぞれ7.4%、0.6%、1.4%であった。標準生ごみは野菜、魚、米などの多種類の食物で構成されているため、特定の栄養分に偏ることなく、各成分が同じ程度に含まれていることがわかった。

3. 2 ディスポーザ排水水質分析結果

生ごみ250g・人⁻¹・日⁻¹を水量5 l・人⁻¹・日⁻¹の上水で粉砕するとしての建設省『総合技術開発プロジェクト』

Table 2 Composition of Standard Garbage
(Wet Weight 250g)

Material	Content (g)	Wet weight %	Dry weight %
Starch	3.3	1.3	6.6
Protein	14.3	5.7	28.7
Fat	10.0	4.0	20.1
Soluble Sugar	9.7	3.9	19.5
Fiber	Cellulose	3.7	0.2
	Hemicellulose	0.3	1.5
	Lignin	0.7	0.2
Ash	7.8	3.1	15.7
Water	200.2	80.1	—
Total	250	100	100

の標準化に従い、生ごみのディスポーザ粉碎排水を調整した。本排水（以下、標準ディスポーザ排水と記す。）の水質分析結果をTable 3に示す。結果は3回分析の平均値とした。BODは $5,690\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、SSは、 $7,480\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、n-Hexane抽出物は $794\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であり、建設省『総合技術開発プロジェクト』で得られた値BOD： $5,251\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、SS： $7,149\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、n-Hexane抽出物： $701\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ とほぼ同じであった。今回の分析結果と『総合技術開発プロジェクト』の結果¹⁾から、標準ディスポーザ排水の負荷原単位は、BOD： $5,500\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、SS： $7,000\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、n-Hexane抽出物： $700\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ と設定した。また、COD、T-NとT-Pの負荷原単位についても、それぞれ $5,000\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、 $280\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ と $60\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ とした。

3. 3 合成モデル排水

(1) 構成成分の水質分析結果

標準生ごみの成分組成と標準ディスポーザ排水の水質分析結果に基づいて、合成モデル排水の検討を行った。

合成モデル排水を調製するための成分としては、排水処理基礎実験に使用する都合上、入手が容易であること、比較的安価であること、溶解度が高いことの条件を満たすものを選定した。なお、基礎実験はその性質上、BOD濃度を設定したモデル排水を用い、その流入量を変化させることによって生物処理性能を把握することに主眼をおくことから、BOD濃度を基準として各成分量を設定することにした。Table 4に合成モデル排水を構成する成分、ならびに各0.1%水溶液（大豆油はエマルジョン）の水質分析結果を示す。使用した成分は、デンプンとして馬鈴薯デンプン（和光純薬）、蛋白質としてペプトン（極

Table 3 Water Quality of Disposer Wastewater

	Analytical results ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	Standard concentration ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
BOD	5,690	5,500
COD _{Mn}	5,120	5,000
TOC	5,850	6,000
SS	7,480	7,000
T-N	261	280
T-P	49.4	60
n-Hexane	794	700

Table 4 Analytical Results of each Component
($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ of 0.1% Solution or Emulsion)

Material	Component	BOD	TOC	T-N	T-P
Starch	Potato Starch	1,360	520	0.1	0.3
Protein	Peptone	910	545	215	2.9
Fat	Soybean Oil	1,110	ND	1.1	0.3
Soluble Sugar	Glucose	1,070	400	0.0	0.0
Fiber	Cellulose	17	390	0.5	0.3

ND : not determined

東製薬工業）、油脂として大豆油（和光純薬）、可溶性糖としてグルコース（和光純薬）を選定した。SSの構成成分にはセルロース（和光純薬）を用いた。馬鈴薯デンプン、大豆油とグルコースには窒素とリンはほとんど含まれていなかったが、ペプトンの窒素とリンは、それぞれT-N： $215\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、T-P： $2.9\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。また、セルロースは、BOD/TOC比が非常に小さいため、BOD源としてではなく、SS源としてのみ考慮した。

(2) 合成モデル排水の成分量

Table 2に示した標準生ごみを構成する成分重量比とTable 4に示した各成分の水質分析の結果から、標準生ごみをディスポーザによって粉碎したBOD濃度： $5,500\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に調整するための馬鈴薯デンプン、ペプトン、大豆油、グルコースの添加濃度を設定した。結果をTable 5に示す。この成分量で合成モデル排水を調整し水質分析を行った結果、BODは、標準生ごみの設定濃度である $5,500\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ と同程度の濃度である実測値 $5,450\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ を示しており、設定した組成、成分量および濃度が妥当であることが示唆された。なお、SS濃度を調整する必要がある場合には、粉末セルロースを添加して標準生ごみ

のSS濃度設定値 $7,000\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に調整する。Table 5では、SS濃度も加味して設定を行っている。更に、窒素とリンの栄養塩類は、 NH_4NO_3 と KH_2PO_4 を用いて調整した(T-N： $280\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、T-P： $60\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)。

生ごみは生鮮品であるため長期保管がむずかしく、また、入手に苦慮する場合がある。

今回設定したモデルデイスボーザ排水は、その水質安定性、調製の簡便性と保存性の点で、排水処理基礎実験において有益であると考えられる。

4. まとめ

デイスボーザ排水処理の基礎的実験を行うために必要な合成モデル排水について検討し、以下の知見を得た。

- 1) 建設省『総合技術開発プロジェクト』で設定された標準生ごみについて、その成分分析を行った結果、乾燥重量比では蛋白質が28.7%と最も多く、次いで脂質、可溶性糖の順であり、繊維質は合計で9.4%であった。
- 2) 標準デイスボーザ排水の水質分析に基づいて、BOD： $5,500\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 、SS： $7,000\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ を設定濃度とした。
- 3) 合成モデル排水を調製するための化合物として、容易に入手が可能であること、比較的安価であること、溶解度が高いこと等の条件から、馬鈴薯デンプン、ペプトン、大豆油、グルコースを使用した。それぞれの水質分析結果からBOD： $5,500\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ を設定濃度とし、合成モデル排水の成分組成を決定した。
- 4) SS濃度を調整する必要がある場合には、粉末セルロースを添加して標準生ごみのSS濃度の設定値 $7,000\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に調整するものとした。

参考文献

- 1) 山海敏弘：デイスボーザによる生ごみリサイクルシステムの開発, ビルディングレター, 8, 1-14(1999)
- 2) 山海敏弘, 小塩晃彦：デイスボーザ排水の水質特性, 日本水処理生物学会誌別巻, 16, 84 (1996)
- 3) 廃棄物学会誌投稿中
- 4) Hassid, W. Z., Neufeld, E. F. : Quantitative Determination of Starch in Plant Tissues, Methods in Carbohydrate Chemistry, 4, 33, Academic Press (1964)
- 5) McReady, R. M. et al. : Determination of Starch and Amylose in Vegetables, Anal. Chem., 22, 1156 (1950)
- 6) Lowry, O. H., Rowebrough, N. J., Farr, A. L. Randall, R. J. : Protein measurement with the Folin-Phenol reagents, J. Biol. Chem., 193, 265 (1951)
- 7) Bligh, E. G., Dyer, W. J. : A Rapid Method of Total Lipid Extraction, Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911 (1959)
- 8) Van Soest, P. J. : Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. I. Preparation of Fiber Residues of Low Nitrogen Content, J. Assoc. Off. Anal. Chem., 46, 825-829 (1963)
- 9) Van Soest, P. J. : Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin, J. Assoc. Off. Anal. Chem., 46, 829-835 (1963)
- 10) Van Soest, P. J., Wine, R. H. : Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. VI. Determination of Plant Cell-Wall Constituents, J. Assoc. Off. Anal. Chem., 50, 50-55 (1967)

(受付 2001. 5. 25)

(受理 2001. 6. 16)

Table 5 Concentration of Component in Synthetic Wastewater

Component	Concentration ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	BOD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	SS ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
Potato Starch	0.46	5,500	7,000
Peptone	2.02		
Soybean Oil	1.41		
Glucose	1.37		
Cellulose	7.00		
NH_4NO_3	4.00		
KH_2PO_4	4.70		