

有機系廃棄物の水系処理による最適化

－下水管渠内性状変化に関する基礎研究－

日大生産工(院) ○鈴木 藍 日大生産工 森田 弘昭
東京農業大学 農芸化学科 吉田 綾子 (株) エックス都市研究所 鶴巻 峰夫
国土技術政策総合研究所 濱田 知幸

1. 序文

人口減少社会の到来に伴い、地域の行政サービス（下水道・廃棄物）は、徹底的なコスト削減、効率化が求められている。このような状況の中、直投型ディスポーザー（以下、DP と記す）の導入が検討されている。DP の導入により、日々家庭内から発生する生ごみを下水道施設で収集・処理することは、既存インフラを活用した効率的な有機物の処理方法として期待される。特に、下水道管渠は生ごみを汚水とともに自然流下で輸送する施設として、下水道施設の新たな役割を提案することになる。

DP の導入は、地域のごみ処理の効率化が期待できる一方、堆積物や処理場への負荷増大が懸念され、導入に慎重な対応がなされてきた。しかし、国土交通省が実施した社会実験¹⁾およびその後の長期追跡調査結果²⁾によれば、下水処理場への流入負荷量の増加は確認されていない。これは、下水道管渠内で生ごみが輸送される際、管渠内微生物による浄化作用が働いていると考えられるが、詳細な検討はなされていない。

本研究は、管渠の浄化作用を把握することを目的に、実際の流入下水（以下、生下水）および管渠模型を用いた DP 排水流下試験を実施した。

2. DP 社会実験における実管渠の流下実験

前述した国土交通省による社会実験は、北海道枝幸町にある歌登下水処理区域（特別環境保全公共下水道、区域面積 110ha、分流式、2002 年度の水洗化率 90.2%）で実施された。自然流下区間の約 2200m の上流マンホールから DP 排水を 10%含む下水を流下させ、下流マンホールにて採水水質分析を行った。

「下水のみ」「DP 排水混合下水」の 2 ケースで実験を行った。上流地点にて下水を 1.5m³ 投入し採水地点では、流下してきたサンプルを全量採水するとともに、流下時間、流量を測定した。2 ケースともに、約 1 時間の流下時間を経て採水地点に到達し 1.5m³ 全量を採水するまでに 3 時間を要した。投入地点と流下後の BOD 値から減少率を求めたところ、「下水のみ」89%、「DP 排水混合下水」85%と両ケースともに大幅な BOD の減少が観測された。実験結果を表-1 に示す。

表-1 実管渠による流下実験結果

下水のみ	流下時間(min)	0	62.1	84.5	177.2
	流量(L/s)	-	0.593	0.205	0.054
	BOD(mg/L)	135	120	42.3	15
DP排水10% 混合下水	流下時間(min)	0	62.8	85.1	183.5
	流量(L/s)	-	0.604	0.259	0.051
	BOD(mg/L)	490	312	220	75.2

Optimization of organic waste by aqueous treatment

-Basic study on property changes in sewer pipes-

Ai SUZUKI, Hiroaki MORITA, Ayako YOSHIDA, Mineo TSURUMAKI, Tomoyuki HAMADA

3. 模型実験

3. 1 管渠模型の概要

管渠模型の概略図を図-1 に示す。管路長は4000mm (2000mm×2 本) と管路接合部270mm の計 4270mm とした。管路の材質はアクリル製、断面形状は管理・測定の簡易化を図るため、コの字の矩形 (幅 10cm, 高さ 10cm) とした。流下過程での水温保持のために、貯留槽に電熱線を設置し水温の調整を行った。循環方式は、排水の到達点である貯留槽 (容量約 80L) から水中ポンプでくみ上げ、上部槽へ流入させる方式とし、流下時は藻類等の発生抑制のため、アルミホイルで養生し日光を遮断した。

管路土台を、ラボジャッキにより勾配の微調整を行い、流速 0.2m/s, 流量 0.0004m³/s の条件で実験を行った。

3. 2 実験試料

本実験では日本下水道協会「ディスポーザー排水処理システム規格 (JSWAS K-2020)」³⁾ に記載のある標準生ごみ (表-2) を 250g 作成し、一人一日当たりの平均使用水量である水道水 5L と混合させたものを人工 DP 排水として使用した。標準生ごみは計量した後に前処理として DP にて粉碎し、ジュース状とした。使用した DP の外観・仕様を図-2 に示す。

3. 3 生物膜の培養

実際の下水管渠内では、壁面に生物膜が付着しており、これらが浄化作用に影響していると予見される。本研究では、生物膜を培養した状態 (以下、膜有り) と生物膜を生成していない状態 (以下、膜無し) での実験を行った。膜有りの場合は、前処理として管渠模型に生下水を約 1 週間流下させ、膜が目視

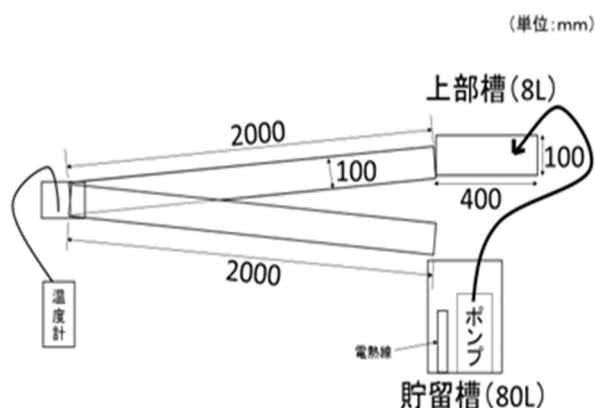
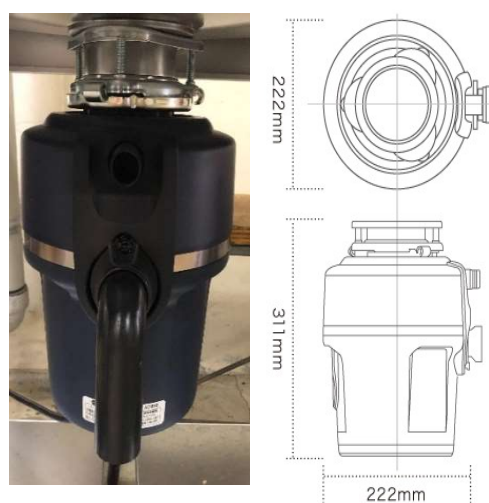


図-1 管渠模型

表-2 標準生ごみ組成

生ごみ種類	湿潤重量 g/人・日
にんじん	45
キャベツ	45
バナナの皮	25
リンゴ	25
グレープフルーツの皮	25
卵殻	5
手羽元の骨	20
鰯の開き(干物)	25
茶殻	10
米飯	25
合計(g/人・日)	250



株式会社 ISE ジャパン 製品ページより引用

図-2 使用ディスポーザー (AC105-B)

で確認可能な状態且つ、「ぬめり」が確認できた状態で実験を行った。また、同一の生下水を流下させ続けると塩類の蓄積が生じ、微生物の活動に影響する可能性があるため、2日に1回生下水の全量交換を行い極力新鮮な下水成分が流下する環境とした。生物膜培養期間中は藻類の発生抑制のためにアルミホイルを用いて養生を行った。生下水はN市浄化センターにて採取を行ったものを使用した。

3. 4 実験条件

生物膜による分解作用の算出のため、DP排水および生下水による流下実験を行った。膜有りと膜無しでの実験結果の比較のため、流下させる試料を水道水+DP排水、下水+DP排水のケースをそれぞれ膜有り、膜無しの状態にて実験を行った。温度環境は20℃に設定し、DP排水使用時は水道水または生下水をDP排水と9:1の割合で混合させ実験を行った。測定項目は生物化学的酸素要求量(BOD)、全リン(T-P)とした。表-3に実験条件を示す。

4. 実験結果および考察

4. 1 BOD 測定結果

図-3にBODの残存率、図-4に生物膜有りの条件下におけるBODの経時変化を示す。

BODの残存率は生物膜の有無により大きく差が生じ、いずれの条件においても膜有りの方が残存率が小さい結果となった。このことから、BODにおいて管渠模型内の生物膜がBOD値の減少に大きく寄与していることが確認できた。膜有りの条件下においてM-2>D-2>S-2の順で残存率が小さいことが確認できた。つまり、生下水よりもDP排水の方がBOD残存率が低く、さらに生下水とDP排水を混合した方が、それぞれを単独で流下させた場合よりもBOD残存率が低いことが分かった。

図-4において3時間後までBOD値が上昇

表-3 実験条件

CASE	投入物質	生物膜
Run D-1	水道水+DP排水	無
Run D-2	水道水+DP排水	有
Run S-1	生下水	無
Run S-2	生下水	有
Run M-1	生下水+DP排水	無
Run M-2	生下水+DP排水	有

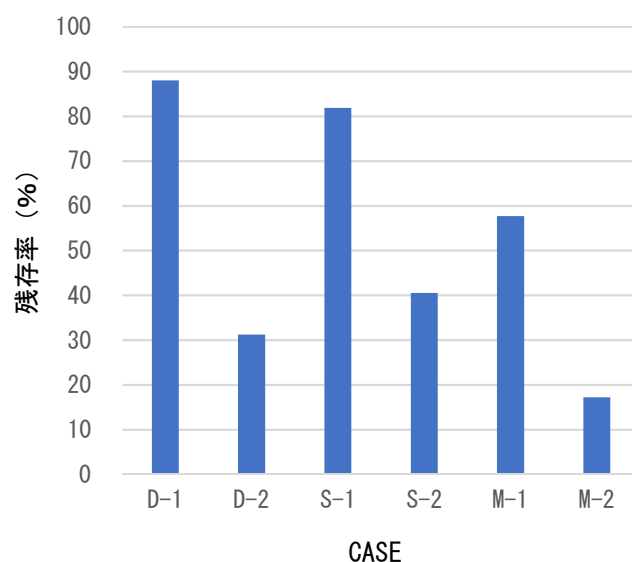


図-3 BOD 残存率

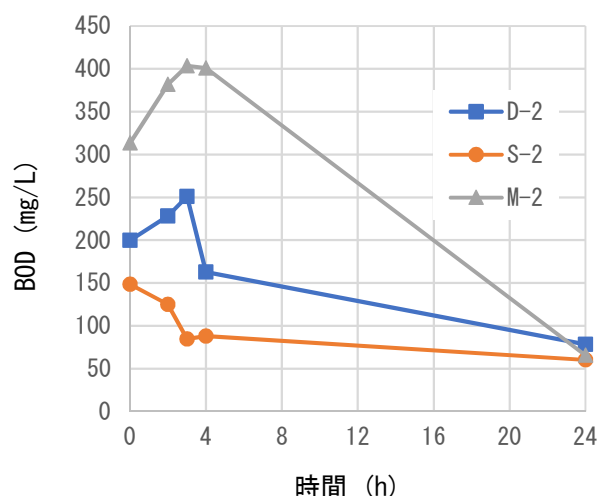


図-4 BOD 経時変化

し、その後大きく減少を示していることが確認できた。これは、DP 排水には溶解していない生ごみ粉碎物が含まれており、それらが流下する過程で微細化し BOD 濃度を高めていると考えられる。

4. 2 全リン測定結果

表-4 に各ケース別の T-P 残存率と BOD/T-P を示す。図-5 に各ケース別の BOD/T-P と DP 排水の BOD/T-P (D-0) と生下水の BOD/T-P (S-0) を示す。

D-0 に関しては DP 排水自体の初期値が未測定であるため、D-1 の値を採用している。

いずれのケースでも生物膜有りの方が BOD/T-P 比率が下がっていることから、DP 排水や下水が一律の吸着作用や沈殿によって除去されるよりも BOD が生物による浄化作用の方が寄与率が高いことが示唆された。また、生下水と DP 排水を比較すると、DP 排水の方が BOD/T-P 比率が高く、このことは DP 排水が生下水よりも浄化されやすい要因の一つと想定される。

5. まとめ

管渠内物質収支の把握のため、分解に寄与していると考えられる生物膜を培養し管渠模型を用いて DP 排水および生下水の浄化実験を実施した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 下水道管渠内で有機物の浄化作用が起きていたことが確認できた。
- (2) 下水道管渠内の有機物の浄化には、生物膜が寄与している。
- (3) 生下水よりも DP 排水の方が浄化されやすい。
- (4) DP 排水には、BOD としてカウントされない溶解していない大きな生ごみ粉碎物が存在するが、流下過程で微細化され BOD として測定可能になることが確認できた。

表-4 T-P 測定結果

CASE	生物膜	T-P 残存率(%)	BOD/T-P
Run D-1	無	77.6	59
Run D-2	有	63.0	28
Run S-1	無	80.1	16
Run S-2	有	82.5	7
Run M-1	無	62.8	28
Run M-2	有	50.6	9

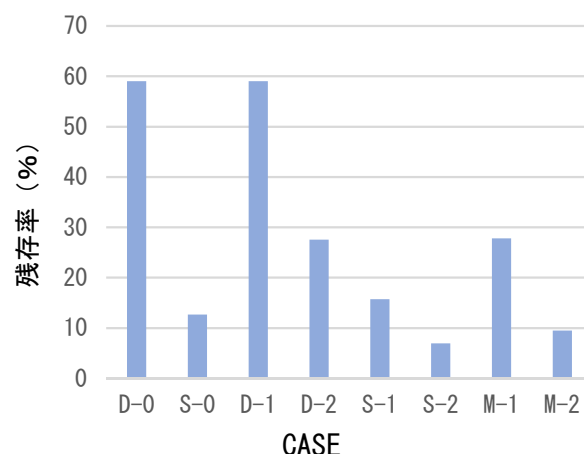


図-5 BOD/T-P 比率

(5) 生物膜有りのケースの方が BOD/T-P 比率が低下していることから下水道管渠内の浄化作用は、一律の吸着や沈殿よりも生物反応の寄与が大きいことが示唆された。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所下水道研究部、国土交通省都市・地域整備局下水道部「デイスポージャー導入時の影響判定に関する研究-デイスポージャー導入時の影響判定の考え方-」国総研試料 No.222 (2005)
- 2) 鈴木藍・森田弘昭・吉田綾子・鶴巻峰夫・濱田知幸、有機系廃棄物の水系処理による最適化-下水管渠内正常変化に関する基礎研究-、第 58 回下水道研究発表会講演集、(2021)
- 3) 公益社団法人日本下水道協会：デイスポージャー排水処理システム-デイスポージャー部・排水処理部 JSWAS K-18-2020,p21