

有機系廃棄物の水系処理による最適化

- 下水管渠内の性状変化に関する基礎研究 -

日大生産工 (院) ○岡崎 祐介 日大生産工 森田 弘昭
 東京農業大学 農芸化学科 吉田 綾子
 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 轟巻 峰夫

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。そのような状況の中、直投型ディスポーザー（以下、DPと称す）の導入により、日々家庭内で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地域内の有機系廃棄物の効率的な処理方法として期待される。特に、下水管渠は、生ごみを汚水と共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となる。

DPの導入は、管渠内の堆積物の増加や下水処理場への負荷増大等、下水道への影響が懸念され、これまでに一般家庭にDPを設置したDP導入社会実験¹⁾や管渠内堆積物の掃流実験等が実施されている。それらの研究では、DP導入による管渠の閉塞、清掃頻度の増加は認められていない。さらに、社会実験実施地区の下水処理場について、流入水や汚泥量を長期継続調査した追跡調査では、処理場への流入負荷量の増加は確認できないと報告されている²⁾。管渠内微生物による有機物の分解作用（以下、浄化作用）が影響していると予見されるが、詳細な検討はなされていない。本研究は、管渠内での浄化作用を明らかにすることを目的に、管渠模型を用いたDP排水流下試験を実施した。

2 管路模型および管渠内生物膜

2. 1 管路模型の概要

管路模型の概略図を図-1に示す。

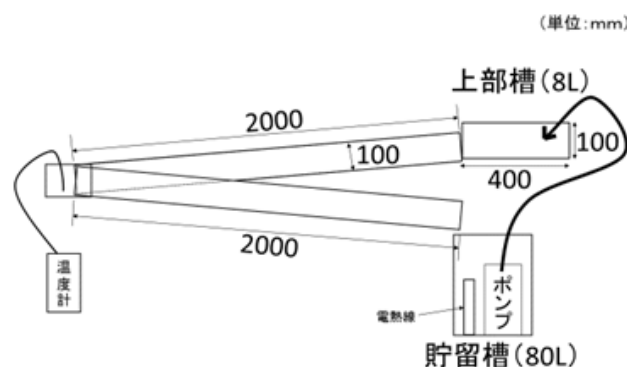


図1 管路模型概略図



図2 生物膜外観（左：流下前 右：流下後）

管路長は主管路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・測定の見易化を図るため、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。

Optimization of organic waste by waterborne
 -Basic study on property changes in sewer pipes-
 Yusuke OKAZAKI, Hiroaki MORITA, Ayako YOSHIDA, Mineo TSURUMAKI

循環方式は、排水の到達点である貯留槽（容量約80L）から水中ポンプで汲み上げ、上部槽へと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。

管路土台は、ジャッキにより勾配の微調整を可能とし、流速0.2m/s、流量0.0004m³/sの条件で流下するよう調整を行った。

2. 2 管路内生物膜

実際の下水管内では、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。そこで、本研究では、生物膜を付着させるため、管路模型内に人工下水を継続的に流下させた。

人工下水は、栄養素が豊富で人工基質成分としても使用されるスキムミルクを水道水と混合し、一般的な水質指標である生物化学的酸素要求量を下水処理場への流入下水の平均的な値である BOD=200mg/L に調整したものを使用した。また、同一の人工下水を流下させ続けると塩類等の蓄積が発生し、微生物の活動に影響する可能性がある。そこで、生物膜生成過程期間中は、一日毎に人工下水の入れ替え、上部槽・貯留槽の清掃を行い、極力新鮮な下水成分が流下するよう努めた。

人工下水流下前の管路表面と流下一週間後の管路表面の様子を図2に示す。人工下水流下後は管路側面が確認できないほどの白い付着物が管路全体に確認された。また、人工下水の BOD 値が初期の 200mg/L から 24 時間で 165mg/L まで値が低下したため、白い付着物が人工下水の浄化を行っている微生物膜であると仮定し、DP 排水の流下実験を行った。

3 実験条件

3. 1 人工DP排水

本実験では日本下水道協会「ディスポーザ排水処理システム暫定規格（JSWAS K-18-2012）」³⁾に記載のある標準生ごみ（表1）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外観・仕様を図3および表2に示す。

表1 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

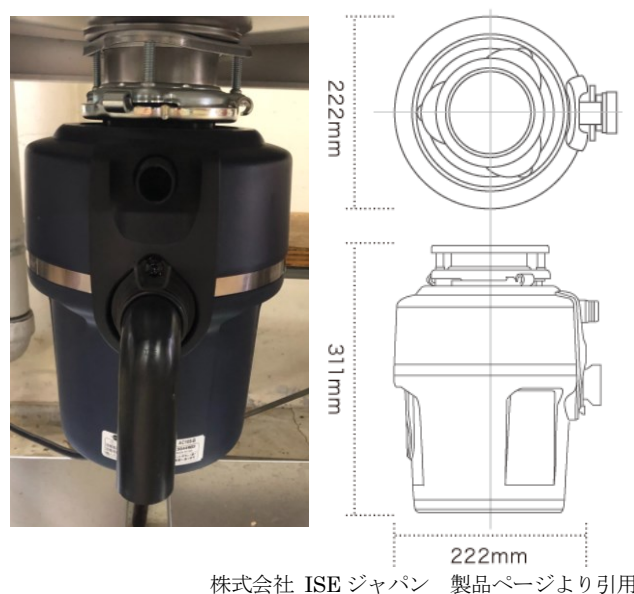


図3 使用ディスポーザ(AC105-B)

表2 ディスポーザ仕様

設置場所	流し台シンク下部
使用可能水温	0度～60度
使用周囲温度	90%RH以下
定格時間	2分
ごみの投入方式	連続投入式
粉碎方式	ハンマーミル方式
処理室容量	1リットル
安全装置	オーバーロードスイッチ(過負荷保護装置) 漏電遮断器付き電源プラグ
本体質量	7.5kg
使用水量	8リットル/分
外形寸法	H311mm x D222mm

3. 2 流下実験

生物膜による分解性能の算出のため、人工排水の流下実験を行う。家庭から排出されたDP粉砕物を含んだ排水が既に流下している下水と合流した後の状況を再現し、人工下水：人工DP排水＝9：1にて混合（以後、混合水と記す）し、電熱線にて水温を20℃もしくは30℃に調整したものを使用した。

本実験条件下では混合水を作成し、ポンプを作動させた点をt=0minとし流下時間は最大t=300minまで間、60min毎に採水を行い、水質解析を行った。測定項目は、生物化学的酸素要求量（BOD）、二クロム酸カリウム法による化学的酸素要求量（CODcr）、全リン量（T-P）である。また、対照実験として生物膜生成前の膜無し条件下での流下実験も行い、比較検討を行った。

4 実験結果および考察

4. 1 BODおよびCODcr測定結果

図4および図5にBODおよびCODcr測定結果、図8に除去率、図9に濃度減少量を示す。

生物膜有りの条件下において、BODは水温20℃および30℃双方にて減少傾向を示した。水温20℃条件下では、BOD濃度は124mg/L減少し、BOD除去率は35%であった。CODcr値もBODと同様の傾向が確認され、CODcr濃度は258mg/L減少し、CODcr除去率は42%となった。水温30℃条件下ではBOD除去率45%となり、20℃条件下と比較し、10%の除去率向上が確認された。また、CODcrにおいても30℃条件下では、除去率52%となり、10%の除去率向上が確認された。以上の結果より、水温条件が高い方が、濃度減少量・除去率共に高い浄化性能を有しており、微生物の一般的な温度依存性が確認され、微生物による管路内浄化作用が働いていると推測された。

また、対照実験として行った、膜無し条件下においては、水温20℃の時、BOD濃度は37mg/L減少、除去率12%となり、CODcr濃度は224mg/L減少、除去率34%であった。同様に、水温30℃の時、BOD濃度は61mg/L減少、除去率20%となり、CODcr濃度は226mg/L減少、除去率36%であり、どちらの水温条件においても膜有り条件下よりも低い値を示した。膜無し条件下の酸素要求量の減少は実験施設への吸着作用によるものと考えられ、膜有りと膜無しの除去率の差分が付着性微生物による浄化作用と考えられる。

これらの結果から、最終的にはBOD、CODcr共に生物膜による分解作用が働き、DP導入後も

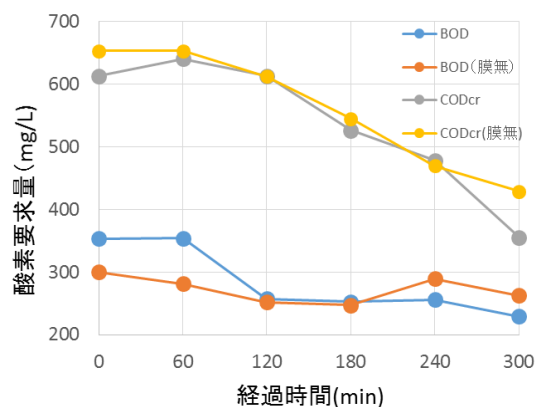


図4 排水流下による酸素要求量変化 (20℃)

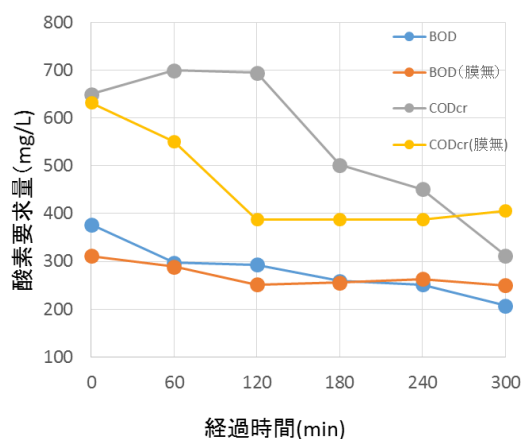


図5 排水流下による酸素要求量変化 (30℃)

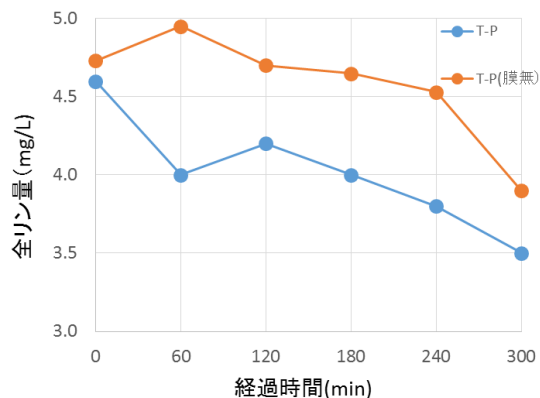


図6 排水流下による全リン量変化 (20℃)

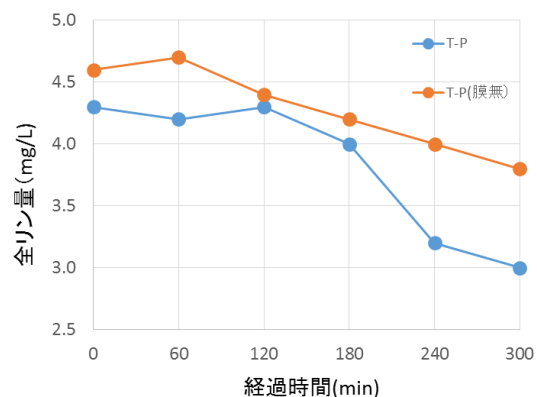


図7 排水流下による全リン量変化 (30℃)

下水処理場への単純な負荷増大には繋がらないと考えられる。

4. 2 T-P測定結果

図6および図7にT-P測定結果を示す。

生物膜有りの条件下において、T-PもBODやCODcr同様に減少傾向を示した。水温20℃条件下ではT-P濃度は1.1mg/L減少し、T-P除去率は24%であった。水温30℃条件下では、T-P濃度は1.3mg/L減少し、T-P除去率は30%であった。

以上の結果より、リンは減少傾向を示したものの、その減少量は1mg/L程度と微少な変化であった。リンは保存性物質であることから、流下中に浮遊性微生物や付着性微生物に物理的に吸着したものと考えられる。

5 まとめ

本研究では、ディスポーザーと下水道の連携による生ごみ処理システムにおいて未解明な管路内物質収支を明らかにするために、管路内で有機物分解を行っていると推測される生物膜を培養した簡易管路模型を用い、人工的に作成した排水を流下させ経時的に観測を行い、以下の知見を得た。

1) 生物化学的酸素要求量 (BOD) は生物膜有りの条件下において減少傾向が確認され、水温20℃条件下では濃度減少量124mg/L、除去率35%となり、水温30℃条件下では濃度減少量170mg/L、除去率45%となった。

2) 二クロム酸カリウム法による化学的酸素要求量 (CODcr) では生物膜有りの条件下において減少傾向が確認され、水温20℃条件下では濃度減少量258mg/L、除去率42%となり、水温30℃条件下では濃度減少量338mg/L、除去率52%となった。

2) BOD・CODcr共に水温条件30℃の方が高い除去率を示したことから、微生物の一般的な温度依存性を示したと推測でき、微生物による下水管路内浄化作用が働いていると考えられる。

3) 対照実験として行った、生物膜無しの条件下では、BOD・CODcr共に除去率・濃度減少量が膜有り条件下よりも低い値となった。

4) 膜無し条件下での酸素要求量減少は実験設備への吸着によるものと考えられ、膜有り条件下との除去率の差分が付着性微生物によるものだと考えられる。

5) 以上のことからDP導入後も下水処理場への単純な負荷増大には繋がらないと考えられる。

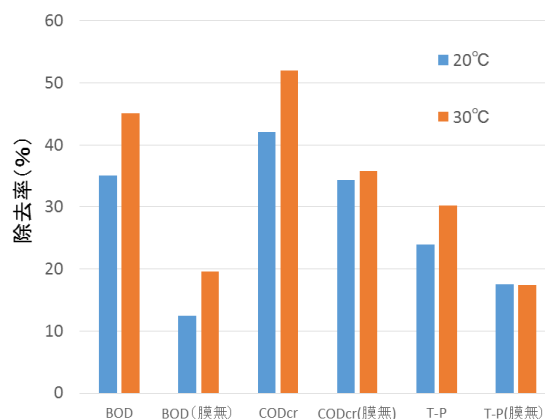


図8 測定項目別除去率

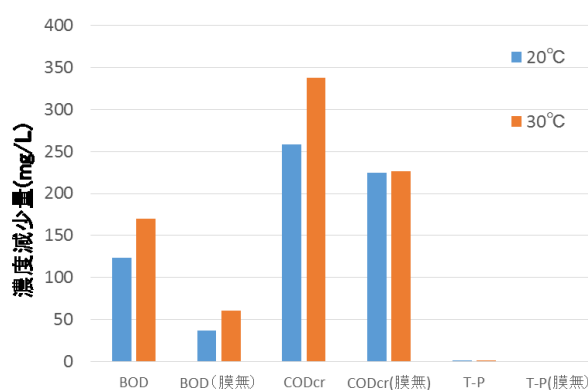


図9 測定項目別濃度減少量

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究C (16K06560代表者：和歌山高専・鶴巻峰夫) の支援を受けて実施されました。ここに記して感謝の意を表します。

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「ディスポーザー導入時の影響判定に関する研究ーディスポーザー導入時の影響判定の考え方ー」国総研資料No. 222 (2005)
- 2) 森田弘昭・吉田綾子・高橋正宏, 全国のディスポーザー導入状況と導入地域の実態, 第50回下水道研究発表会講演要旨集, 502-504 (2013)
- 3) 公益社団法人日本下水道協会, ディスポーザ排水処理システム - ディスポーザ部・排水処理部 - 暫定規格 JSWAS K-18 19-20 (2012)