

# 分子量及びポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール比が異なる水系ポリマーの嫌気条件下における分解特性の解明

長岡技術科学大学 ○古川裕基, (正) 渡利高大, (正) 幡本将史, (正) 山口隆司  
住友理工株式会社 米山史紀, 脇坂治

## 1. はじめに

現代の工場では様々な化学物質が使用されている。高分子化合物であるポリエチレングリコール (PEG) とポリプロピレングリコール (PPG) を含む水系ポリマーは界面活性剤, 洗浄液, 塗料, 不凍液など様々な用途で使用されている。しかし, 多くの水系ポリマーは難分解性であり, 標準活性汚泥法による生物処理が困難である<sup>1)</sup>。したがって産業利用後に焼却処理等が行われており, 廃水処理に関わるコストや環境への負荷が問題となっている。

現在, 我々の研究グループでは, PEG と PPG の共重合体である難分解性水系ポリマーに対し, Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) リアクターを用いた連続処理実験を行い, COD の除去とメタンガスの発生を確認した<sup>2)</sup>。しかしながら, これまでの回分試験で分子量や結合構造が異なる水系ポリマーを供したところ生分解が確認できず, 水系ポリマーの分解にはPEG/PPG比や分子量が関与していると考えられる。本研究では分子量が異なる難分解性水系ポリマーの嫌気条件下における分解特性の解明を目的とし, 回分試験及び連続処理実験を行った。

## 2. 実験方法

表-1 に本研究で使用した水系ポリマーの条件を示す。各水系ポリマーは水道水で希釈し, 模擬水系ポリマー含有廃水として連続処理実験に使用した。

表-1 各水系ポリマーの条件

サンプル名	平均分子量	COD <sub>cr</sub> (mg-COD/L)	PEG/PPG
PEG300	300	1,664,000	1/0
PPG1,000	1,000	1,876,000	0/1
PPG2,000	2,000	1,945,000	1/1

### 2.1 回分試験

720 mL バイアル瓶に窒素パージを行いながら, 各水系ポリマーと培地 (還元剤, 栄養塩を含む), 長岡中央浄化センターからサンプリングした中温消化汚泥を加えた。バイアル内の COD を 2,000 mg-COD/L, 汚泥濃度を 7,500 mg-VSS/L, pH を 7.0 ± 0.2 に調整し, 37°C の恒温槽で 50 日間の振とう培養を行った。

発生したガスは, 3 日ごとにサンプリングし, ガスクロマトグラフィーを用いてメタンガス濃度を測定し, メタンガス生成量を算出した。また 10 日ごとにバイアル内の pH, 溶解性 COD を測定した。

### 2.2 連続処理実験

図-1 に実験装置概要図を示す。実験では容量 1 L の UASB リアクターを用いた。植種汚泥は食品工場廃水を処理する UASB リアクターから採取したグラニューク汚泥を用いた。基質は各水系ポリマーを希釈して, 1,000 mg-COD/L に調節した。窒素源に塩化アンモニウム, リン源にリン酸水素二カリウムを用いて, COD : N : P 比が 100 : 5 : 1 となるように調整した。また, 炭酸水素ナトリウムを添加し pH を 8.0 ± 0.2 に調節した。水理的滞留時間を 12 時間として汚泥の馴化を目的にリアクターを運転した。

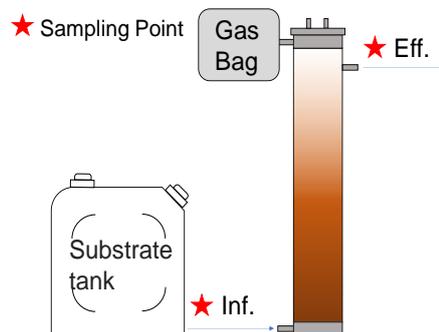


図-1 実験装置概要図

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 回分試験の実験結果

図-2 に各水系ポリマーからのメタンガス生成量の経時変化を示す。PEG300 の実験系では, 実験開始後 40 日目でバイアル内に添加した COD の 95% がメタンガスに転換された。PEG300 は生分解経路が単純な EG の単独重合体であり, 分子量も少ないため各水系ポリマーの中で最もメタン生成が行われたと考えられる<sup>3)4)</sup>。PPG1,000 の実験系ではメタン生成量があまり観察されず, 実験開始後 30~50 日目には Control 系よりもメタン生成量が低い結果となった。PPG1,000 は PEG300 と比較して分子量が多く, 生分解経路が複雑な PG が含まれているため, メタン生成が行われにくいと考えられる<sup>5)</sup>。PPG2,000 の

実験系では、実験開始後 50 日目でバイアル内 COD の 40%メタンガスに変換された。PPG2,000 は EG と PG の共重合体であり、PG の単独重合体である PPG1,000 より生分解しやすいと考えられる。

### 3.2 連続処理実験の実験結果

図-3 に UASB リアクターの COD 除去率を示す。PEG300 の COD 除去率は、30 日目において他の水系ポリマーと比較して最も高い 89%であった。PPG1,000、PPG2,000 の COD 除去率は 27 日間で 10%以下と PEG300 と比較して低い結果となった。一方、pH は PPG1,000 の inf.で  $8.3 \pm 0.1$  であったのが eff.で  $7.9 \pm 0.3$ 、PPG2,000 の inf.で  $8.4 \pm 0.3$  であったのが eff.で  $7.9 \pm 0.4$  と低下していることから酸生成が生じていると考えられる。図-4 に 25 日間の各水系ポリマーの BOD を示す。PPG1,000 の BOD 値は inf.で  $58 \pm 12$  mg/L, eff.で  $154 \pm 37$  mg/L, PPG2,000 の BOD 値は inf.で  $27 \pm 23$  mg/L, eff.で  $90 \pm 23$  mg/L であり、inf.より eff.の BOD 値が高いことがわかった。水系ポリマーが UASB を通過することにより、生分解性の有機物が生成されていると考えられる。

### 4. まとめ及び今後の展望

各水系ポリマーを用いて回分試験、連続処理実験を行った結果 PEG300 が最も分解されていることがわかった。PPG1,000、PPG2,000 に関しては pH の低下から酸生成が生じていることが示唆された。本研究より嫌気生分解には分子量と PEG/PPG 比が関係することが示唆された。今後は連続処理実験の継続と各水系ポリマーの分解特性の解明のため、微生物菌叢解析を行う予定である。

### 参考文献

- 1) Zhe Kong et al, Journal of Cleaner Production, Volume 231 P913-927 (2019).
- 2) 酒井優也, 日本水環境学会シンポジウム講演集, 第 22 回 P80 (2019).
- 3) Kawai Fusako, Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 58 Issue1 P30-38 (2002).
- 4) 松村秀一, 繊維学会誌, 第 52 巻 5 号 P 209-215 (1996).
- 5) Jong hyuk Seok et al, Water Research, Volume 37 Issue 7 P1515-1526 (2003).

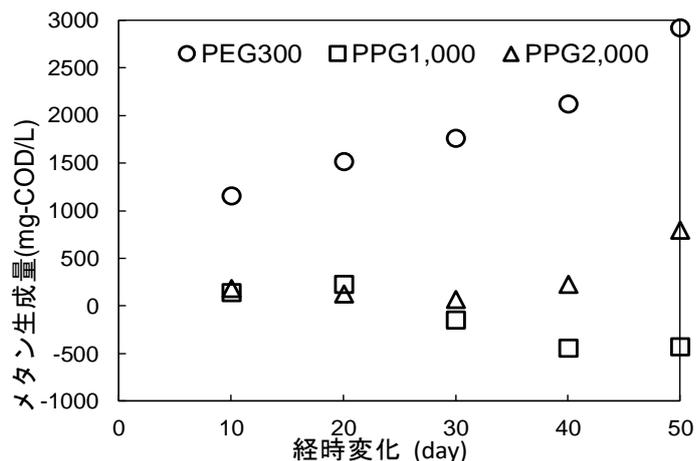


図-2 メタンガス生成量の経時変化. メタン生成量は汚泥のみを培養したコントロール系のメタン生成量を差し引いた数値を示す。

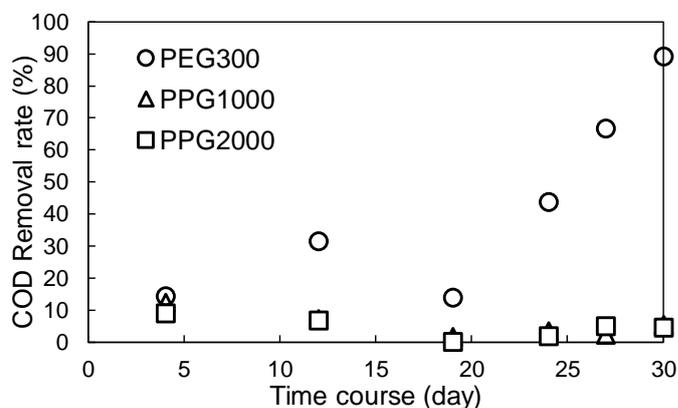


図-3 COD 除去率の経時変化

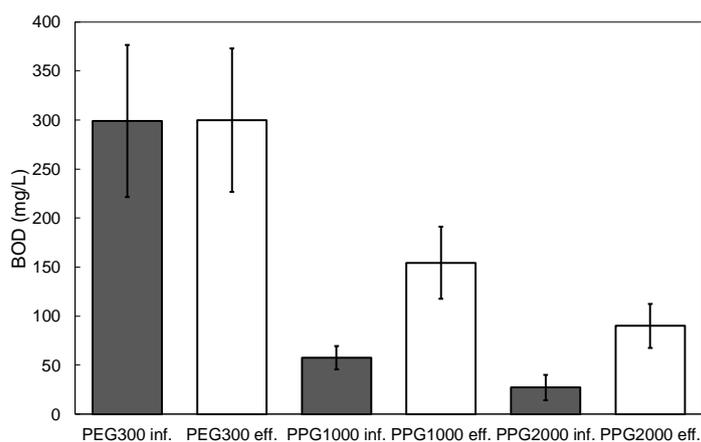


図-4 各水系ポリマーの BOD (day 0~25)