

嫌気条件下におけるポリエチレングリコール及びポリプロピレングリコールの分解特性の評価

長岡技大・院 ○(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

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自動車部品工場で界面活性剤, 洗浄液などの用途で大量に使用されている。しかし, これら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¹⁾。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²⁾。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。本研究では嫌気条件下における PEG 及び PPG の分解特性の評価を目的とし, 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。回分試験は 720 mL バイアル瓶に窒素パージを行いながら, 各水系ポリマーと長岡中央浄化センターから採取した中温消化汚泥を加えた。培地には無機栄養塩を添加した。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 日間保温した。発生したガスはガラスシリンジを用いて定量し, ガスクロマトグラフィーを用いてメタンの濃度を測定し, メタンガス生成量を算出した。

連続処理実験は容量 1.0 L の UASB リアクターを用いた。植種汚泥には, 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。リアクター運転条件は水理学的滞留時間を 12 時間とし, 基質は PEG300, PPG1,000, Co-polymer2,000 を希釈して, 1,000 mg-COD/L に調節し, 無機栄養塩として NaHCO_3 , NH_4Cl , K_2HPO_4 を添加した。

表-1 各水系ポリマーの条件

Sample	Average mol weight	PEG/PPG
PEG300	300	1/0
PPG1,000	1,000	0/1
Co-polymer2,000	2,000	1.39/1
Co-polymer2,700	2,700	4/6
Co-polymer2,900	2,900	4/6
Co-polymer4,400	4,400	3/7
Co-polymer5,600	5,600	3/7
Co-polymer8,400	8,400	8/2

3. 実験結果及び考察

図-1 に回分試験における経時変化ごとの各水系ポリマーからの積算メタンガス生成量を示す。PEG300 及び Co-polymer8,400 の実験系では, 実験開始後 30 日目でバイアル内に添加した COD の 85% 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メタン生成量が多かったことが示唆された³⁾。Co-polymer8,400 は分子量が高いポリマーではあるが, PEG の割合が高いためメタン生成が顕著に行われたことが示唆された。

PPG1,000 の実験系では, メタン生成量が少なく実験開始後 30~50 日目では Control 系よりもメタン生成量が低い結果となった。PPG1,000 は生分解経路が複雑な PG の単独重合体であるため, メタン生成が行われにくいことが示唆された⁴⁾。Co-polymer2,000~5,600 の実験系では, 実験開始後 50 日目でバイアル内 COD の 40~45% がメタンガスに変換された。Co-polymer2,000~5,600 は EG と PG の共重合体であり, PG の割合は 56~70% である。そのため, PG の単独重合体である PPG1,000 より生分解しやすいことが示唆された。一方, Co-polymer2,000~5,600 は分子量が異なるが, 実験開始後 50 日目のメタンガス量がほぼ同じであった。結果から難分解性ポリマーの嫌気性分解には, 分子量の影響は少なく PEG/PPG が関与すること示唆された。

図-2 に UASB リアクターにおける経時変化ごとの COD 除去率, 図-3 に経時変化ごとの pH を示す。

キーワード 高分子化合物, UASB リアクター, 嫌気性処理

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境研究室 Tel 0258-47-1611-6646

PEG300 は実験開始から 30 日目以降の COD 除去率が $93 \pm 6.0\%$ であり、顕著に有機物が除去されていることが判明した。PPG1,000 の COD 除去率は、実験開始から 10 %以下と PEG300 と比較して低い結果となった。Co-polymer2,000 の COD 除去率は実験開始後 44~67 日目と 150~191 日目で $40 \pm 9.1\%$ であった。一方、pH は PPG1,000 の inf. で 8.3 ± 0.1 であったのが eff. で 7.8 ± 0.3 、Co-polymer2,000 の inf. で 8.3 ± 0.2 であったのが eff. で 7.7 ± 0.4 と低下していることから酸生成が生じていることが示唆された。

図-4 に 200 日間の各水系ポリマーの BOD を示す。PPG1,000 の BOD 値は inf. で 26 ± 6.5 mg/L, eff. で 403 ± 51 mg/L, Co-polymer2,000 の BOD 値は inf. で 11 ± 2.6 mg/L, eff. で 87 ± 15 mg/L であり、inf. より eff. の BOD 値が高かった。結果から、PPG1,000 及び Co-polymer2,000 は嫌気性処理によって、生分解性の有機物が生成されることが示唆された。

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を行った結果、難分解性ポリマーの嫌気生分解には分子量の影響は少なく PEG/PPG が関与していることが示唆された。UASB を用いた連続処理実験を行った結果、pH と BOD 値から PPG1,000 及び Cp-polymer2,000 が生分解性の有機物を生成されていることが示唆された。今後は自動車部品工場で実際に使用されている PPG 含有の難分解性水系ポリマーの分解実験と、UASB リアクターの菌叢解析及び GC/MS による PEG と PPG の定量を行う予定である。

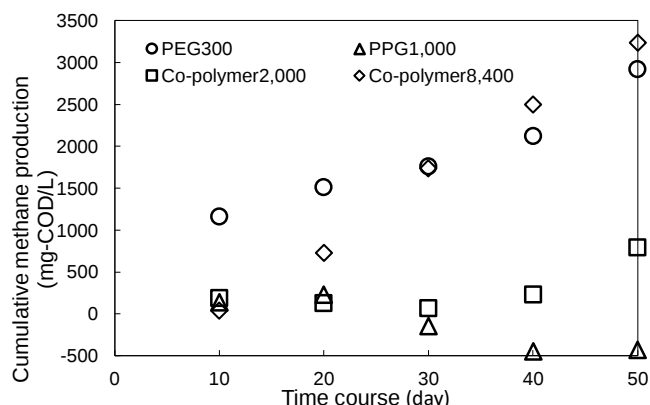


図-1 回分試験における経時変化ごとのメタンガス生成量

※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。

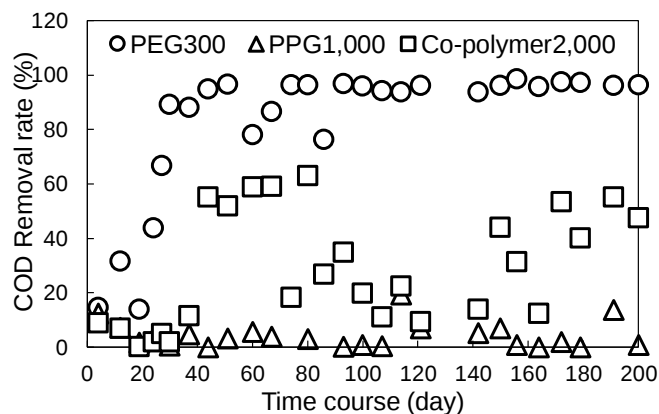


図-2 UASB リアクターにおける経時変化ごとの COD 除去率

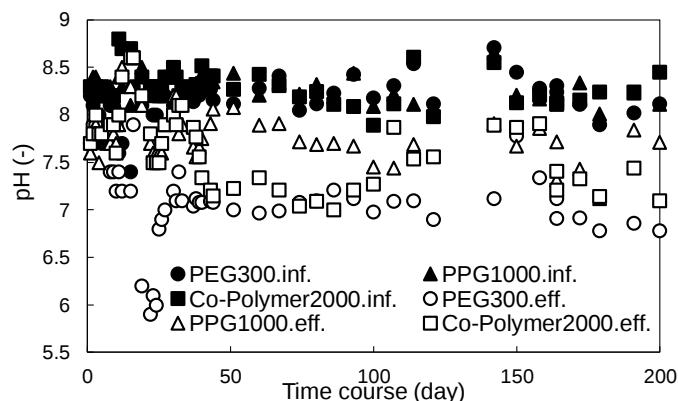


図-3 UASB リアクターにおける経時変化ごとの pH

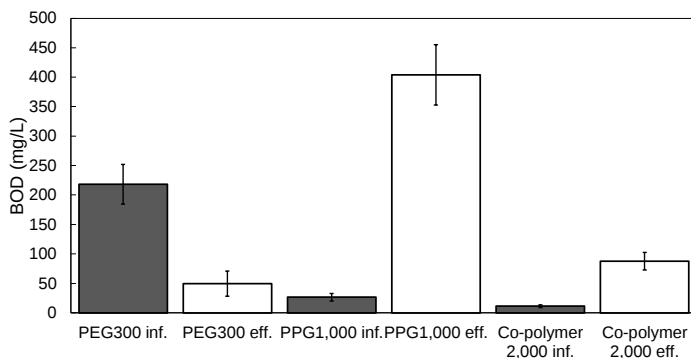


図-4 UASB リアクターにおける 200 日間の各水系ポリマーの BOD 値

・参考文献

- 1) Zhe Kong et al, Journal of Cleaner Production, Volume 231 pp.913-927 (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 p.80 (2019).
- 3) Kawai Fusako, Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 58 Issue1 pp.30-38 (2002).
- 4) Jong hyuk Seok et al, Water Research, Volume 37 Issue 7 pp.1515-1526 (2003).