

## 嫌気性ラグーンにおけるパームオイル圧搾廃液 (POME) の分解挙動

東北大学 ○川内真 (学生会員), 久保田健吾, 谷川大輔, 李玉友, 原田秀樹  
 国立環境研究所 珠坪一晃, 長岡技科大 山口隆司, 産業総合研究所 関口勇地

### 1. 目的

パームオイルは世界で1番多く生産されている植物油である。生産量は年々増加しており2007年の全世界生産量は3,800万tに達した。しかし生産量の増加に伴い, 生成過程で発生する圧搾廃液 (Palm Oil Mill Effluent : POME)も増加している。1tの粗パームオイルを生成する過程で0.9~1.5 m<sup>3</sup>のPOMEが排出されると言われており<sup>1)</sup>,これをふまえると2007年は4,560万 m<sup>3</sup>程度のPOMEが排出されたことになる。現在POMEの95%は嫌気性ラグーン法によって処理されている。POMEの特徴として脂質濃度が高く, 処理が困難であることが挙げられる。脂質の加水分解によって生じるLCFA (長鎖脂肪酸)は, 汚泥の活性を阻害するという報告がある<sup>2)</sup>。我々はこの難分解性のPOMEが嫌気性ラグーン法によってどのように分解されているかを調査した。更にラグーン中の汚泥の性質を明らかにすることを試みた。

### 2. 対象ラグーン

調査を実施したラグーンは, マレーシアのSelangor州にあるSeri Ulu Langat Millというやや小規模のパームオイル圧搾工場に設置されている。この工場から排出されたPOMEは合計27個のラグーンを通過することにより処理されている。第1ラグーン (44 m×35 m) と第2ラグーン (55 m×35 m) の水面から目視で気体発生が確認された。第1ラグーン (acidification pond) のpHは4.6程度, 第2ラグーン (methanogenic pond) のpHは7.1程度であり, 本研究では第2ラグーンを調査対象とした。

### 3. サンプルングおよび実験方法

サンプルングは工場から排出されてすぐの廃水(Raw), 第2ラグーン流入廃水 (Inf.), 第2ラグーン (L1: 廃水の流入口付近, L2: 廃水の流出口付近), 第2ラグーン流出水 (Eff.)の計5ヶ所において行った。サンプルは, COD<sub>Cr</sub>, 炭水化物濃度, 蛋白質濃度, LCFA濃度について測定した。また第2ラグーンの汚泥を用いて, メタン生成試験を行った。その後, 汚泥からDNAを抽出し微生物群集構造を解析した。

### 4. 実験結果と考察

#### 4.1. 有機物の分解挙動

各サンプルングポイントにおける全CODとその組成を図1に, 溶解性CODとその組成を図2に示す。全CODと全炭水化物は, 第2ラグーン通過後にそれぞれ71.7%, 90.5%が除去されていた。しかし全蛋白質は26.2%しか除去されていなかった。溶解性の場合第2ラグーン通過後にCOD 90.4%, 炭水化物 98.2%, 蛋白質 75.1%除去されており, 大部分の有機物は第2ラグーンで除去されていた。

#### 4.2. LCFAの分解挙動

各サンプルングポイントにおけるLCFA濃度を図3に示す。工場を出た直後のPOMEはオレイン酸 2280 mg-COD/L, パルミチン酸 2810 mg-COD/Lを含んでいた。第2ラグーン流入廃水のオレイン酸, パルミチン酸の濃度はこれよりも上昇していた。POMEは日によって廃水の濃度変動があるため一概には言えないが, 第1ラグーンにおいてこれらのLCFAの分解はほとんどないと推察される。

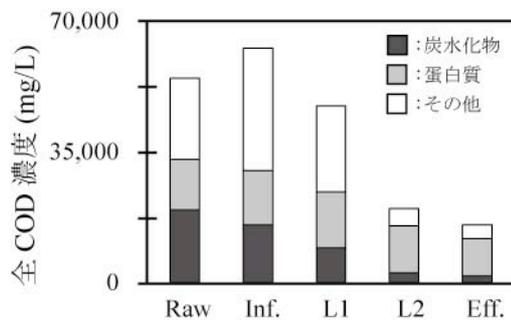


図1 全CODと組成

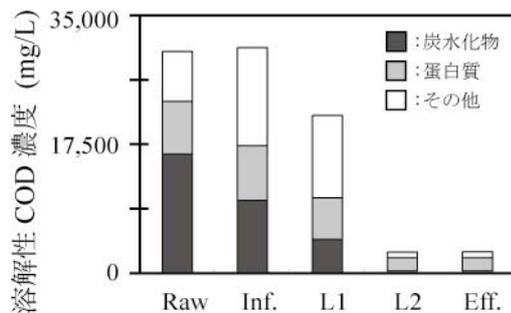


図2 溶解性CODと組成

キーワード パームオイル, POME, 群集構造解析, LCFA 分解細菌, メタン生成細菌

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院 環境保全工学研究室 TEL 022-795-3584

オレイン酸, パルミチン酸は第2ラグーンのL1からL2にかけて大きく減少しており, それぞれ83.1%, 80.2%が除去されていたことから, LCFAの分解は主に第2ラグーンで進行していると考えられる.

4.3. メタン生成活性試験

LCFAの分解は主にL1からL2にかけて行われていた. そこで, L2付近から2種類の汚泥を採取した. 1つはL2において浮遊している汚泥(以下, 浮遊汚泥), もう1つは浮遊汚泥を採取した場所の水深約2mの底部に沈殿している汚泥(以下, 沈殿汚泥)である. 水素及び酢酸を基質としたメタン生成活性試験の結果を図4に示す. 沈殿汚泥の活性値は水素を基質にした場合0.065 g-COD/g-VSS/dayであり, 酢酸を基質にした場合は, ほとんど0であった. 一方, 浮遊汚泥の活性値は水素を基質にした場合0.13 g-COD/g-VSS/dayであり, 酢酸を基質にした場合は0.32 g-COD/g-VSS/dayであった. 浮遊汚泥は沈殿汚泥よりも活性が高く, POMEを処理しているリアクターの汚泥の活性値と比較すると, 水素基質の場合約1/13, 酢酸基質の場合約1/2であった<sup>3)</sup>.

4.4. 微生物群集解析

浮遊汚泥と沈殿汚泥を対象に, *Bacteria* 及び *Archaea* の16S rRNA 遺伝子に基づいたクローン解析を行った. *Bacteria* に関しては Bac8f と UNIV1500r のプライマーセットにより, 浮遊汚泥67クローン, 沈殿汚泥61クローンを得た. *Archaea* に関しては Arc109f と Arc934b のプライマーセットにより, 浮遊汚泥22クローン, 沈殿汚泥21クローンを得た. これらのクローンの塩基配列を解読し, BLAST を用いて相同性検索を行った.

*Bacteria* の群集構造解析の結果, 浮遊汚泥から *Syntrophomonas palmitatica* に近縁なクローンを9.0%, *S. wolfei* に近縁なクローンを4.5%得られた. 一方, 沈殿汚泥からは *S. palmitatica* に近縁なクローンのみが4.9%得られた. *S. palmitatica* はPOMEを処理するUASBリアクターの汚泥から分離されたLCFA分解細菌である<sup>4)</sup>. *S. wolfei* もLCFA分解細菌である. 浮遊汚泥には, 沈殿汚泥よりも多い割合で, LCFA分解細菌が存在していることが示唆された. *Archaea* の群集構造解析の結果, 両方の汚泥から酢酸資化性のメタン生成細菌である *Metahanosaeta concilii* に近縁なクローンを80%以上得られた.

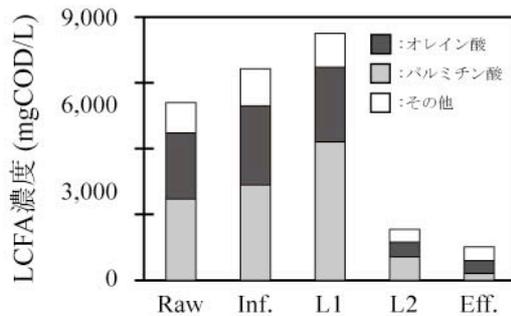


図3 LCFAの組成

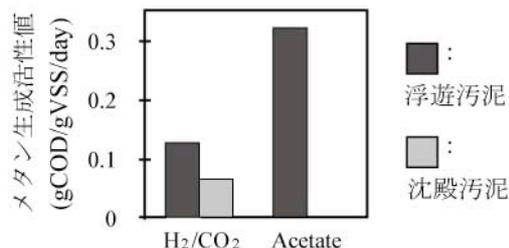


図4 汚泥のメタン生成活性値

5. 結論と今後の展開

嫌気性ラグーン法における有機物の分解挙動を調査した. その結果, 第2ラグーンで大部分の炭水化物と蛋白質が除去されていることが明らかになった. 難分解性のLCFAも第2ラグーンにおいてほとんどが除去されていた. 第2ラグーンの浮遊汚泥は沈殿汚泥よりも高いメタン生成活性を示した. また浮遊汚泥と沈殿汚泥でLCFA分解細菌の存在割合が異なっていた.

現在, 別のラグーンで長期的な調査を実施している. この調査では水質分析に加え, 水面から発生する気体の分析も行っている. これらのデータと比較することによって, より詳細な分解挙動の把握を試みている.

参考文献

- 1) S. Sumathi et al., 2008, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12:2404-2421
- 2) 多川ら, 1998, 環境工学研究論文集, 35巻, 51-60
- 3) クーシヴィライら, 2003, 環境工学研究論文集, 40巻, 441-449
- 4) Hatamoto et al., 2007, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 57:2137-2142

謝辞

この研究は環境省の補助を受けて実施したものである.ここに記して感謝いたします.